

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE
SEGÚN MÉTODO DE TERZAGUI Y MEYERHOF DEL SUELO DE
FUNDACIÓN, PROYECTO HOSPITAL EL CARMEN, HUANCAYO**

Línea de investigación institucional: Transporte y Urbanismo.

Línea de investigación de la escuela profesional: Estructuras.

PRESENTADO POR:

Bach. Walter Dennis Cairo Sanchez

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2024

Dr. SEVERO SIMEON CALDERON SAMANIEGO
ASESOR

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico a mis padres y familiares quienes fueron el pilar en el camino de la superación como profesional, a los docentes de la universidad quienes fueron un referente durante el desarrollo de la carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

A la universidad Peruana los Andes, que me forjo académicamente y confirió las tecnologías adecuadas.

A los catedráticos, que intervinieron con su conocimiento y experiencia en mi formación.

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0170- FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la Tesis; titulada:

COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE SEGÚN MÉTODO DE TERZAGUI Y MEYERHOF DEL SUELO DE FUNDACIÓN, PROYECTO HOSPITAL EL CARMEN, HUANCAYO

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : Bach. CAIRO SANCHEZ WALTER DENNIS
Facultad : INGENIERÍA
Escuela Académica : INGENIERÍA CIVIL
Asesor(a) : Dr. SEVERO SIMEON CALDERON SAMANIEGO

Fue analizado con fecha **02/05/2024**; con **91 págs.**; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

Excluye citas.

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

Otro criterio (especificar)

X
X
X

El documento presenta un porcentaje de similitud de **17 %**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.**

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.



Huancayo, 02 de mayo del 2024.

MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI
JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

Dr. RUBEN TAPIA SILGUERA
PRESIDENTE

JURADO

JURADO

JURADO

Mg. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA
SECRETARIO GENERAL

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE.....	VIII
INDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN	XV
CAPITULO I.....	176
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	176
1.1. Planteamiento del problema	176
1.2. Formulación y sistematización del problema	187
1.2.1. Problema general	187
1.2.2. Problemas específicos	198
1.3. Justificación	198
1.3.1. Práctica	198
1.3.2. Teórica	198
1.3.3. Metodológica.....	19
1.4. Delimitaciones	210
1.4.1. Delimitación temporal	210
1.4.2. Delimitación espacial.....	210
1.4.3. Delimitación económica.....	243
1.5. Limitaciones.....	243
1.6. Objetivos.....	243
1.6.1. Objetivo general	243
1.6.2. Objetivos específicos.....	243
CAPITULO II	265
MARCO TEÓRICO	265
2.1. Antecedentes.....	265
2.1.1. Nacionales.....	265
2.1.2. Internacionales	287

2.2. Marco conceptual	29
2.2.1. Teorías de la Investigación.....	29
2.2.1.1 Capacidad de carga de los suelos.....	311
2.2.1.2 Propiedades mecánicas de los suelos	321
2.2.1.3 Propiedades físicas de los suelos	343
2.2.1.4 Cimentaciones.....	387
2.2.1.5 Teoría de la capacidad de carga de Terzaghi	410
2.2.1.6 Teoría de la capacidad de carga de Meyerhof	421
2.2.1.7 Factores de seguridad.....	487
2.3. Definición de términos	498
2.4. Hipótesis.....	521
2.4.1. Hipótesis general.....	521
2.4.2. Hipótesis específicas.....	532
2.5. Variables.....	532
2.5.1. Definición conceptual de la variable	532
2.5.2. Definición operacional de la variable	543
2.5.3. Operacionalización de la Variable	554
CAPÍTULO III	587
METODOLOGÍA	587
3.1. Método de investigación	587
3.2. Tipo de Investigación.....	587
3.3. Nivel de investigación	598
3.4. Diseño de investigación.....	598
3.5. Población y muestra	59
3.5.1. Población.....	59
3.5.2. Muestra	59
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	610
3.7. Procesamiento de la información.....	621
3.8. Técnicas y análisis de datos	621
CAPÍTULO IV.....	643
RESULTADOS.....	643
4.1. Presentación de resultados específicos	643
CAPÍTULO V.....	854

DISCUSIÓN DE RESULTADOS	854
5.1. Discusión de resultados específicos.....	854
CONCLUSIONES	89
RECOMENDACIONES	921
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	931
ANEXOS	965

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Factores de carga en función del ángulo de fricción interna del suelo.	42
Tabla 2 – The footing has width B and length L, and we assume that: $B \leq L$...	42
Tabla 3 – Factores de capacidad de carga para la teoría de Meyerhof.	46
Tabla 4 – Operacionalización de las variables.	56
Tabla 5 – Dimensiones propuestas de la cimentación.	68
Tabla 6 – Capacidad portante admisible en platea de cimentación.	68
Tabla 7 – Capacidad portante admisible en zapata corrida.	69
Tabla 8 – Capacidad portante admisible en zapata conectada.	69
Tabla 9 – Capacidad portante admisible en cimiento corrido (0.50m).	70
Tabla 10 – Capacidad portante admisible en cimiento corrido (0.70m).	70
Tabla 11 – Dimensiones propuestas de la cimentación.	71
Tabla 12 – Capacidad portante admisible en platea de cimentación.	72
Tabla 13 – Capacidad portante admisible en zapata corrida.	73
Tabla 14 – Capacidad portante admisible en zapata conectada.	74
Tabla 15 – Capacidad portante admisible en cimiento corrido (0.50m).	75
Tabla 16 – Capacidad portante admisible en cimiento corrido (0.70m).	76
Tabla 17 – Capacidad portante admisible para platea de cimentación.	77
Tabla 18 – Capacidad portante admisible para zapata corrida.	77
Tabla 19 – Capacidad portante admisible para zapata conectada.	78
Tabla 20 – Capacidad portante admisible para cimiento corrido (0.50m).	78
Tabla 21 – Capacidad portante admisible para cimiento corrido (0.70m).	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Ubicación departamental de la zona de investigación.	22
Figura 2 - Ubicación provincial de la zona de investigación.	22
Figura 3 - Ubicación distrital de la zona de investigación.....	23
Figura 4 - Localización del lugar de investigación.....	23
Figura 5 – Presiones internas en la masa del suelo.....	33
Figura 6 – Mecanismos de falla propuestos por Meyerhof.....	43
Figura 7 – Capacidad portante admisible en platea de cimentación.	80
Figura 8 – Capacidad portante admisible en zapata corrida.	81
Figura 9 – Capacidad portante admisible en zapata conectada.	82
Figura 10 – Capacidad portante admisible en cimiento corrido (0.50m).	83
Figura 11 – Capacidad portante admisible en cimiento corrido (0.70m).	84

RESUMEN

La investigación se desarrolló teniendo como problema general: ¿ En que difieren los métodos de Terzagui y Meyerhof en la determinación de la capacidad portante admisible del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo?, el objetivo general fue: Realizar un estudio comparativo de la capacidad portante admisible por los métodos de Terzagui y Meyerhof según las características del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo, y la hipótesis general fue: El método de Terzagui es más conservador que el método de Meyerhof en la determinación de la capacidad portante admisible del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo.

El método de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue aplicado, el nivel de investigación fue descriptivo - explicativo y el diseño de investigación fue no experimental. La población estuvo constituida por el proyecto Hospital El Carmen, distrito de Huancayo, Provincia de Huancayo y Departamento de Junín, la muestra fue del tipo no probabilística discrecional y se considero a los puntos de investigación que se realizó, que fue de 05 calicatas para la extracción de la muestra investigada.

La conclusión general fue: de acuerdo a los resultados obtenidos en la determinación de la capacidad portante admisible, para un tipo de cimentación (platea y zapata corrida), se infiere que es conveniente utilizar los valores arrojados por Meyerhof y para el tipo de cimentación (zapata conectada y cimiento corrido), se infiere que es conveniente utilizar los valores arrojados por Terzagui, en ambos casos para diseñar correctamente la cimentación y con ello lograr que la edificación sea estructuralmente más segura ante un evento más crítico.

Palabras claves: Capacidad portante admisible, teoría de Terzagui, teoría de Meyerhof, suelo y cimentaciones.

ABSTRACT

The research was developed with the general problem: How do the methods of Terzagui and Meyerhof differ in determining the admissible bearing capacity of the foundation soil of the Hospital El Carmen project, Huancayo? The general objective was: To carry out a comparative study of the admissible bearing capacity by the Terzagui and Meyerhof methods according to the characteristics of the foundation soil of the Hospital El Carmen project, Huancayo, and the general hypothesis was: The Terzagui method is more conservative than the Meyerhof method in determining the capacity Admissible load bearing of the foundation soil of the Hospital El Carmen project, Huancayo.

The research method was scientific, the type of research was applied, the level of research was descriptive - explanatory and the research design was non-experimental. The population was constituted by the Hospital El Carmen project, district of Huancayo, Province of Huancayo and Department of Junín, the sample was of the discretionary non-probabilistic type and the research points that were carried out were considered, which was 05 test pits for the extraction of the investigated sample.

The general conclusion was: according to the results obtained in the determination of the admissible bearing capacity, for a type of foundation (platform and continuous footing), it is inferred that it is convenient to use the values given by Meyerhof and for the type of foundation (connected footing and continuous foundation), it is inferred that it is convenient to use the values given by Terzagui, in both cases to correctly design the foundation and thereby make the building structurally safer in the event of a more critical event.

Keywords: Allowable bearing capacity, Terzagui's theory, Meyerhof's theory, soil and foundations.

INTRODUCCIÓN

Toda las obra de ingeniería, la cimentación se podría decir que es lo más importante, por cuanto, sirve de base y fundamento de las cargas que transmite la súper estructura (techos, vigas, columnas, entre otros), por lo que se hace indispensable que se determine la capacidad admisible del suelo y se diseñe la geometría de la cimentación, considerando la estabilidad y seguridad estructural, en consecuencia como principal problema de toda edificación es la resistencia del suelo frente a las cargas de la edificación. Existen diferentes soluciones teóricas para el cálculo de la capacidad portante de cimentaciones superficiales, siendo los métodos principales las teorías de Terzagui y Meyerhof, las cuales se sustentan en pruebas experimentales. A pesar de que las metodologías aplicadas por Terzagui y Meyerhof están orientadas a determinar la capacidad portante existen una diferencia en los resultados debido a las consideraciones propias de cada autor.

Las teorías de Terzagui y Meyerhof son los métodos más usados en el mundo de la geotecnia para determinar la capacidad portante del suelo, caracterizándose por su generalidad y aplicabilidad a diversas condiciones de cimentación, sin embargo, Meyerhof perfecciona la teoría original de Terzagui incluyendo en la ecuación general de capacidad de carga factores de inclinación, profundidad y forma de la cimentación para un análisis más completo.

Una de las primeras teorías propuestas fue la teoría de Terzagui, la cual ha sido ampliamente utilizada por su gran facilidad de uso, a diferencia de la teoría de Mayerhof, que también se usa para calcular la capacidad portante, pero no de la misma manera que Terzagui, ya que este requiere del cálculo de factores de forma, profundidad e inclinación.

La tesis denominada “COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE SEGÚN MÉTODO DE TERZAGUI Y MEYERHOF DEL SUELO DE FUNDACIÓN, PROYECTO HOSPITAL EL CARMEN, HUANCAYO”, consistió en realizar un estudio comparativo de la capacidad portante admisible aplicando los métodos de Terzagui y Meyerhof con fines de cimentación como platea de

cimentacion, zapata corrida, zapata conectada y cimientos corridos, con la finalidad de determinar que método ofrece valores más conservadores para la determinación de la capacidad portante admisible.

Para la comprensión del tema de investigación, el desarrollo de la tesis se encuentra dividido en capítulos, donde se explica en cada capítulo de una manera directa y concreta en relación al tema investigado.

En el primer capítulo se plantea el problema, los objetivos, la justificación e importancia, las delimitaciones y limitaciones.

En el segundo capítulo se desarrolla el marco teórico, que incluye los antecedentes revisados y los aspectos básicos del tema investigado, así como las bases teóricas para su desarrollo, la definición de términos, el planteamiento de las hipótesis y la identificación de variables de la investigación.

En el tercer capítulo se establece la metodología aplicada, describiéndose el método, tipo, nivel, diseño, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información y técnicas de análisis de datos de la investigación.

En el cuarto capítulo, se plasma los resultados obtenidos.

En el quinto capítulo se analizan los resultados y discusiones.

Finalmente, se encuentran las conclusiones, recomendaciones, lista de referencias y anexos.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

A nivel nacional uno de los mayores problemas latentes que enfrentan las estructuras en el Perú es la falta de investigaciones geotécnicas para llevar a cabo un buen estudio de suelos, etapa fundamental para calcular la capacidad portante admisible del suelo, el cual es importante para determinar la máxima presión que se va ejercer en el suelo antes de su colapso. Según una investigación realizada por el Sr. Hernando Tavera, presidente ejecutivo del Instituto Geofísico del Perú (IGP), afirma que edificaciones mal construidas y levantadas, sobre suelos inapropiados corren el riesgo de colapsar en su totalidad o parcialmente durante un evento sísmico de gran magnitud.

Actualmente viene dándose una expansión urbana considerable a causa del incremento poblacional, el cual con el paso de los años produce la creación de urbanizaciones, asentamientos humanos e invasiones, y por ende la construcción masiva de edificaciones (centros y/o establecimientos de salud).

La investigación de la capacidad portante de los suelos, tuvo sus inicios con Prandtl (1920) quién resolvió un problema para una cimentación de longitud infinita y ancho B , sobre un terreno arcilloso con ángulo de rozamiento nulo y peso despreciable, mientras que Terzaghi (1943), propuso una fórmula sencilla para la carga máxima que tuvo como base teórica la solución de Prandtl.

Veinte años después en 1961, el ingeniero (Hansen 1970) logró obtener una fórmula que incluye como casos particulares la fórmula de Terzaghi y la fórmula de Skempton que incluye efectos de forma, profundidad e inclinación, usando una fórmula de mayor rango de aplicabilidad. Vesic (1963) realizó varias pruebas de capacidad de carga sobre placas

circulares y rectangulares soportadas por arena a varias densidades relativas de compactación.

Investigaciones recientes proporcionan algunos resultados de pruebas para la capacidad de carga. Estas pruebas se realizaron utilizando placas cuadradas y circulares con B variando entre 6 y 12 pulg. Ante la amenaza eventual de los valores de la capacidad de carga tomados empíricamente, pueden producir colapsos de las estructuras, así como también asentamientos diferenciales por el desconocimiento del tipo de suelo (Cerato y Lutenecker, 2006).

Debido a la continuidad de la construcción del Hospital El Carmen, yace la importancia de estudiar las características mecánicas y físicas del terreno sobre el que se continuara con su construcción y por considerarse componentes de duración más del tiempo de vida de la infraestructura, es de suma importancia realizar estudios de capacidad portante del suelo, ello implica a realizar los estudios mediante el análisis de propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo en que se continuara con su construcción la infraestructura, dicha información servirá de herramienta para el proyecto de ingeniería, para aportar mejoras necesarias del terreno de fundación.

En este contexto, la presente investigación plantea un estudio comparativo de la capacidad portante aplicando los métodos de Terzagui y Meyerhof de las características del suelo del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo.

1.2. Formulación y sistematización del problema

Ante esta disposición se plantea la siguiente interrogante como problema general:

1.2.1. Problema general

¿En que difieren los métodos de Terzagui y Meyerhof en la determinación de la capacidad portante admisible del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo?

1.2.2. Problemas específicos

a) ¿Cuál será el valor de la capacidad portante admisible mediante el método de Terzagui según las características del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo?

b) ¿Cuál será el valor de la capacidad portante admisible mediante el método de Meyerhof según las características del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo?

1.3. Justificación

1.3.1. Práctica

Tafur (1995), afirma que, “justificar prácticamente una investigación consiste en señalar su uso aplicativo”. Se investiga para solucionar problemas de casos reales que se dan en las diferentes organizaciones.

Bernal (2016), señala que, “una investigación tiene justificación practica cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o, por lo menos, propone estrategias que al aplicarse contribuirían a resolverlo”.

Lo que se pretende con este trabajo de investigación, es dar a conocer que las construcciones que se vayan a realizar deberán contar con un estudio geotécnico, ya que mediante este se determinará los parámetros de resistencia del suelo, el cual es importante para posteriormente determinar la capacidad portante del suelo, y así poder realizar construcciones de forma segura.

1.3.2. Teórica

Bernal (2016), señala “una investigación tiene justificación teórica cuando el propósito del estudio es general reflexión y debate académico sobre el conocimiento existente, confrontar una teoría, contrastar resultados o hacer epistemología del conocimiento existente”.

Parella y Martins (2012), indican que la justificación teórica esta “dirigido a resaltar los que pretende profundizar el investigador, sea para avanzar en el conocimiento planteado o para encontrar nuevas explicaciones que modifiquen el conocimiento inicial. En este caso se puede tomar como guía la siguiente interrogante ¿los resultados de la investigación complementan los postulados teóricos que la fundamentan?”.

La investigación se basara en la idea de realizar un estudio comparativo de la capacidad portante admisible por los métodos de Terzagui y Meyerhof aplicada al suelo del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo, siendo la determinación de la capacidad portante la más importante, ya que esta es la presión máxima que resiste el suelo antes de acontecer un colapso, por lo que se realizará un estudio de suelos, para conocer las características geotécnicas, sus parámetros de resistencia, la capacidad portante admisible del suelo; así como la evaluación de la condición del terreno con el objeto de diseñar correctamente la cimentación.

1.3.3. Metodológica

Espinoza (2014), señala que, “la justificación metodológica se da cuando se propone como novedad, la formulación del nuevo método o técnica en la aplicación de la investigación”.

Parella y Martins (2012), señala que “la justificación metodológica se encuentra referido al uso o propuesta de métodos y técnicas específicas que pueden servir de aporte y/o aplicación para otros investigadores que aborden problemas similares”.

A nivel metodológico la investigación tiene por finalidad determinar la capacidad portante admisible a través de un estudio comparativo por los métodos de Terzagui y Meyerhof. Este estudio comparativo es muy importante en la actualidad porque nos permitirá realizar una detallada evaluación geotécnica del suelo de fundación del proyecto Hospital el Carmen, Huancayo.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Delimitación temporal

UAP (2009), señala que, “en la delimitación temporal se debe indicar el mes y año en la que se inicia y finaliza el proyecto, asimismo los aspectos más resaltantes de su realización a tratar en cada una de ellas”.

Carrasco (2006), señala que, “la delimitación temporal está referida al periodo de tiempo que se toma en cuenta, con relación a hechos, fenómenos y sujetos de la realidad, y deben ser de uno, dos o más años”.

El trabajo de investigación se llevó a cabo en siete (07) meses, comprendidos del mes de julio del 2022 hasta el mes de enero del 2023.

1.4.2. Delimitación espacial

Bernal (2016), señala que, “la delimitación espacial son aquellas demarcaciones del espacio geográfico dentro del cual tendrá lugar una investigación. Las investigaciones pueden limitarse a una zona geográfica de una ciudad, a una ciudad, una región, un país, un continente, etc”.

Carrasco (2006), señala que, “la delimitación espacial consiste en señalar expresamente el lugar donde se realiza la investigación, para ello es necesario consignar el nombre del lugar, centro poblado, distrito, provincia, departamento, etc”.

La investigación se realizó en las instalaciones de la obra “mejoramiento de la capacidad resolutive del hospital el Carmen”, el cual se ubica en la Avenida Callmell del Solar (cuadra 16), urbanización San Antonio, distrito y provincia de Huancayo, en el Departamento de Junín.

Figura 1 - Ubicación departamental de la zona de investigación.



Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

Figura 2 - Ubicación provincial de la zona de investigación.



Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

Figura 3 - Ubicación distrital de la zona de investigación.

Distritos de la provincia de Huancayo



Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>.

Figura 4 - Localización del lugar de investigación.



Fuente: Elaboración propia.

1.4.3. Delimitación económica

Bernal (2016), señala que, “la delimitación económica hace referencia a la disponibilidad de los recursos financieros para la realización del proyecto de investigación”.

En concordancia con la definición de la delimitación económica, se indica que no hubo inconveniente financiero por el gasto incurrido de preparar este esfuerzo de investigación. El gasto incurrido en el desarrollo de la investigación fue asumido íntegramente por el investigador de esta tesis.

1.5. Limitaciones

Arias (1999), indica que las limitaciones “son obstáculos que eventualmente pudieran presentarse durante el desarrollo de la investigación. La falta de cooperación de los encuestados al suministrar la información es un ejemplo de una limitación u obstáculo confrontado por el investigador”.

UAP (2009), menciona que, “las limitaciones de la investigación se refieren a las restricciones de tiempo, recursos humanos y financieros que tiene el investigador para desarrollar la investigación”.

Principalmente la limitación de la investigación se centró en los escasos trabajos de investigación relacionados a las comparaciones de la capacidad portante admisible mediante los métodos de Terzagui y Meyerhof.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Realizar un estudio comparativo de la capacidad portante admisible por los métodos de Terzagui y Meyerhof según las características del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo.

1.6.2. Objetivos específicos

a) Determinar el valor de la capacidad portante admisible mediante el método de Terzagui según las características del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo.

b) Determinar el valor de la capacidad portante admisible mediante el método de Meyerhof según las características del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Nacionales

Palomino (2018), desarrolló la tesis. “Evaluación geotécnica aplicada al diseño de cimentaciones superficiales, en el distrito de Ventanilla, Lima – 2018” en la Universidad César Vallejo, menciona que el objetivo principal es analizar de qué modo influye la evaluación geotécnica, en el diseño de cimentaciones superficiales del distrito de Ventanilla, Lima-2018. Concluyendo que la teoría de Terzaghi cuenta con un 32% a diferencia de la teoría de Meyerhof con un 68%, lo cual nos indica que la teoría de Terzaghi brinda valores mucho más conservadores que la teoría de Meyerhof, estos datos de capacidad portante se van a contrastar con la presión admisible del terreno debido a que se diseñó una edificación de tres pisos con cimentación corrida y una propuesta con zapatas, vigas de cimentación y cimiento corrido.

Beltrán y Díaz (2018), realizó la investigación: “Análisis de la capacidad de carga admisible de los suelos de cimentación del complejo arqueológico Chan Chan debido al ascenso del nivel freático”, cuyo objetivo principal fue realizar un estudio de la alteración de la capacidad de carga admisible del suelo sobre la carga actuante del muro perimétrico del palacio Tschudi debido al incremento del nivel freático. Finalmente, se obtuvo las siguientes características del suelo del complejo arqueológico Chan Chan: peso específico, límite líquido y plástico, contenido de humedad, gravedad específica de los sólidos, ángulo de fricción y cohesión de ($\phi = 32.72^\circ$) ($c = 0.03 \text{ kg/cm}^2$), los cuales fueron fundamentales en la determinación de la capacidad de carga de suelo. Además, durante la excavación de los puntos de investigación (calicatas) se pudo observar que la estratigrafía del suelo estuvo compuesta por

arenas y finos en su mayoría, de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS) se determinó tres estratos de suelo: (SM -SC) para 0.00 m – 1.00 m; (GM) para 1.00m – 2.00 m y (SM) para 2.00m – 3.00 m.

Archenti (2018), realizó la investigación titulada: “Zonificación de la capacidad portante del suelo en la localidad de Lagunas distrito de Lagunas, Alto Amazonas – región de Loreto”. Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, el autor menciona que el objetivo principal fue definir la capacidad portante y características del suelo de la localidad de Lagunas, con la finalidad de elaborar un mapa de zonificación de capacidad portante. Finalmente, de acuerdo a los resultados obtenidos de la capacidad portante, propiedades físicas y mecánicas del suelo, se logró elaborar un plano de zonificación, identificando así dos zonas: zona I con un q_{adm} de 0.529 – 0.968 kg/cm² considerada como zona de habitabilidad aceptable o media y la zona II con un q_{adm} de 1.018 – 1.178 kg/cm² considerada como una zona de habitabilidad buena a excelente, tomando en cuenta que un suelo se considera aceptable cuando la capacidad portante admisible pasa de los 0.50 kg/cm².

Teniente (2016), en su investigación. “Análisis comparativo en la determinación de la capacidad admisibles por los métodos de Terzagui y Meyerhof, para el diseño de cimentaciones superficiales según las características del suelo de Inquilpata del distrito de Anta”. Universidad Andina del Cusco, menciona que el objetivo principal de esta investigación es determinar la capacidad admisible por los métodos de Terzagui y Meyerhof aplicado al diseño de cimentaciones superficiales en Inquilpata, distrito de Anta. Concluyendo que de acuerdo a los resultados arrojados se pudo demostrar que el método de Terzagui a diferencia del método de Meyerhof brinda mayor seguridad estructural, ya que este arroja un menor valor en la determinación de la capacidad portante

aplicado al diseño de cimentaciones superficiales, por lo que resulta más conservador que el de Meyerhof.

Ortiz (2017), en su tesis “Influencia del nivel freático en la determinación de capacidad portante de suelos, en cimentaciones superficiales, Distrito de Pilcomayo”, presentada ante la Universidad Nacional del Centro-Huancayo. En una de sus conclusiones referentes al tema de la capacidad portante del suelo manifiesta que varía de acuerdo a profundidad del nivel freático, indicando a una profundidad de desplante de 1.80 m y para una profundidad de nivel freático de 1.80 m a 2.00 m está en un rango de 1.50 kg/cm² a 2.30 kg/cm², de acuerdo a la geometría de la cimentación, cuanto más profundo se encuentre el nivel freático y más alejado del nivel de cimentación, esta se verá menos influenciada por la presencia del nivel freático, (Ortiz, R. 2017, pág. 110).

2.1.2. Internacionales

Vanegas (2020), desarrolló la tesis titulada: “Determinación de factores de resistencia para cimentaciones superficiales y profundas, a nivel local”, en la Escuela Colombiana de Ingeniería, cuyo objetivo es determinar factores de resistencia para cimentaciones superficiales y profundas tomando en cuenta las características del suelo que se muestran a nivel local. Concluyendo que la variabilidad en los factores de resistencia no solo depende del tipo de suelo o unidad geotécnica, si no que estos también son variables dependiendo del origen de los parámetros de resistencia (ensayos de campo o laboratorio). Los factores de resistencia también varían dependiendo del método y variables usadas para definir la capacidad portante o resistencia, del tipo de distribución.

Gonzáles (2017), desarrollo la investigación. “Determinación de la capacidad de carga en cimentaciones superficiales sobre bases

estratificadas en suelos friccionales”, de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, tiene como objetivo principal determinar la capacidad de carga en cimentaciones superficiales sobre bases estratificadas en suelos friccionales, empleando el software ABAQUS CAE versión 6.14. Concluyendo que la formulación analítica propuesta por Meyerhof y Hanna para el cálculo de la capacidad de carga, resultan ser muy conservadores, por lo que se recomienda usarlo para el diseño de cimentaciones superficiales en bases friccionales estratificadas.

Castillo (2017), en su tesis, presentada ante la Universidad Técnica de Ambato - Ecuador, titulada “estudio de zonificación en base a la determinación de la capacidad portante del suelo en las cimentaciones de las viviendas del Casco Urbano de la Parroquia la Matriz del Cantón Patate provincia de Tungurahua”, En cuyo objetivo se propone zonificar los mediante la resistencia del suelo, (Castillo, M.2017, pág. 2). Entre otras concluye que, mediante los resultados obtenidos que en las zonas 1 y 7 la resistencia del suelo es de 32.86 Tn/m^2 , 33.06 Tn/m^2 respectivamente y manifiesta que las cimentaciones serán estables, para las cuales ha diseñado con una profundidad de desplante de 1.50 m. En las zonas 2, 3, 4, 5, 6 su resistencia 28.12TN/m^2 , 10.83TN/m^2 , 18.48TN/m^2 , 19.00TN/m^2 , 18.89TN/m^2 , respectivamente. Para la zona 3 manifiesta que existe presencia de nivel freático y propone un mejoramiento de suelo y un sistema de drenaje y propone que las cimentaciones sean reforzadas para evitar el asentamiento progresivo. (Castillo, M. 2017, pág.137).

Espinoza (2014), desarrolló la tesis titulada: “Análisis de la capacidad de soporte del suelo de cimentación del edificio de laboratorio de ingeniería Julio y Adolfo López de la Fuente, S.J de la Universidad Centroamericana”, en la Universidad Centroamericana, cuyo objetivo principal es estudiar la capacidad de soporte del suelo del edificio donde se encuentra el laboratorio

de ingeniería “Julio y Adolfo López de la Fuente, S.J” de la Universidad Centroamericana, usando los métodos (Mayerhof, Hansen, Vesic y Terzagui). Concluyendo que, en base a las metodologías de cálculo utilizados (Mayerhof, Hansen, Vesic y Terzagui), el método de Meyerhof presentó una menor capacidad de carga admisible a diferencia de los demás métodos.

Cañar, G. (2012). En su tesis titulada “La resistencia del suelo y su incidencia en el tipo de cimentación para la línea de subtransmisión A 69 KV Puyo - Mushullacta”, presentada ante la Universidad Técnica de Ambato-Ecuador. Se plantea diseñar la cimentación para las subestructuras en tramo de la línea de subtransmisión y lógicamente identificar sus características de los suelos y que satisfagan las solicitaciones de las estructuras consideradas, (Cañar, G. 2012, pág. 5). En una de sus conclusiones manifiesta que, de los ensayos de campo y laboratorio se obtiene que el suelo es similar en toda la extensión que comprende la línea, es decir las mismas características físicas y mecánicas. Llegando a determinar que la capacidad portante del suelo a lo largo de todo el proyecto es de $5 \text{ Ton}/m^2$, manifiesta que al ser la capacidad de carga muy baja no permite realizar un determinado tipo de cimentación por lo que se debe optar por una cimentación que garantice la estabilidad estructural. (Cañar, G. 2012, pág. 42).

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Teorías de la Investigación

Es importante que toda investigación establezca bases de información a partir de la cual pueda entenderse el planteamiento del problema y la posible solución, determinando los conceptos más básicos del proyecto en cuestión, a fin de poder tener una idea clara de lo que se está estudiando.

2.2.1.1 Capacidad de carga de los suelos

Es el esfuerzo último que es capaz de resistir el suelo, en respuesta a una presión impuesta por la estructura modulada estructuralmente, en la cual se realiza el cálculo de las cargas de servicio por todos los efectos (Carga Muerta más Carga Viva) y estas cargas serán transmitidas a través de la cimentación, en forma de presión al suelo a nivel de cimentación y luego se distribuye en la profundidad del subsuelo. Por lo tanto, la capacidad de carga estará condicionada a las características, de la carga de servicio, profundidad de la cimentación, presencia del nivel freático, propiedades físicas y resistencia al esfuerzo cortante del suelo que producirá el tipo de falla, (Das, B. 2007, pág. 136).

1.- Tipos de capacidad de carga:

Capacidad de carga última: Viene hacer el esfuerzo último que se aplica a un suelo y se transmite a través de una cimentación, hasta que se produzca una falla, por resistencia al esfuerzo cortante en la profundidad del suelo, bajo el nivel de cimentación. (Das, B. 2007, pág. 138).

Capacidad de carga admisible: Se define como el esfuerzo admisible que se aplica a un suelo y se transmite a través de una cimentación y queda determinado mediante la división de la capacidad última carga entre un factor de seguridad (FS) cuyo valor está en el intervalo de $2 \leq FS \leq 4$ y se da generalmente por la incertidumbre de los parámetros característicos físicos y mecánicos. (Das, B. 2007, pág. 140).

2.- Tipos de falla del suelo:

Falla general: Se define como falla general producida de forma súbita de la resistencia al corte del suelo, por la aplicación de una presión a través de una cimentación, produciéndose en suelos duros compactos, que pueden ser granulares (Gravosos y Arenosos), o blandos (Limosos y Arcillosos). (Das, B. 2007, pág. 134).

Falla local: Se define como falla general producida por la pérdida gradual de la resistencia al corte del suelo, por la aplicación de una presión a través de una cimentación, produciéndose en suelos duros compactos, que pueden ser granulares (Gravosos y Arenosos), o blandos (Limosos y Arcillosos). (Das, B. 2007, pág. 134).

Falla por punzonamiento: Este tipo de falla por punzonamiento se produce en suelos sueltos, en los cuales la resistencia al corte del suelo prácticamente tiende a cero. (Das, B. 2007, pág. 134).

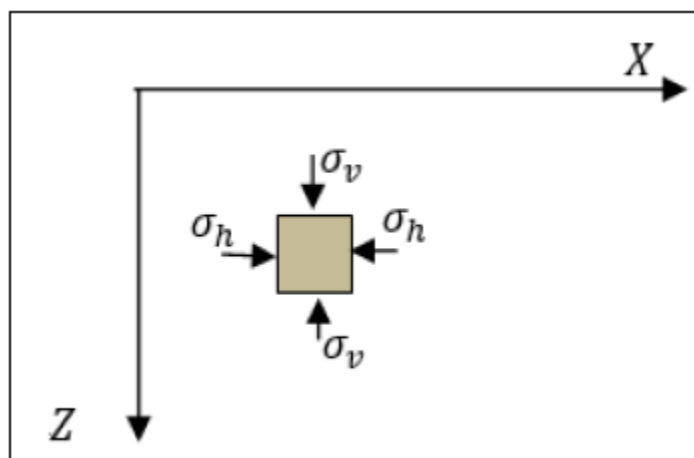
2.2.1.2 Propiedades mecánicas de los suelos

1.- Resistencia al corte de los Suelos: En la naturaleza el suelo está en equilibrio, pero cuando lo sometemos a un incremento de presión por la construcción de una cimentación, la cual recibe la carga vertical de la estructura, como por ejemplo un edificio, un puente, etc. En la masa del suelo se generan esfuerzos, los cuales trataran de mantener el equilibrio. Pero cuando el incremento de presión supera a los esfuerzos internos de la masa del suelo, entonces se romperá el equilibrio y se produce la rotura o deslizamiento en los que llamaremos planos de falla. A estos movimientos dentro de la masa interna de un suelo tienden a ser contrarrestados por el

llamado esfuerzo cortante de los suelos, (Crespo, C. 2004, pág. 161).

En todos los casos, entre la masa de los suelos en la profundidad Z, se presentan las tensiones, verticales (σ_v), Horizontales o de corte (σ_h) y las presiones de poros del agua ((μ)), y la resistencia al corte se determina mediante la ecuación:

Figura 5 – Presiones internas en la masa del suelo.



Fuente: Elaboración propia.

$$\tau' = c' + \sigma_{ev} \tan \phi' \dots \dots \dots (1)$$

Dónde:

τ' : es la resistencia al corte en condiciones saturadas.

c' : es la cohesión.

ϕ' : es el ángulo de fricción interna.

Así observamos en la ecuación que los parámetros que intervienen en la resistencia al corte de los suelos son la cohesión y la fricción:

a.- Ángulo de fricción interna: El ángulo de fricción depende de la uniformidad, tamaño y forma de las partículas, la resistencia que ofrecen las partículas de una masa de suelo frente al deslizamiento sobre otra de iguales características, depende de las fuerzas

friccionantes que se desarrollan entre grano a grano. Esto significa que cuando más granos entren en contacto entre sí por unidad de superficie, mayor será la fuerza por unidad de área para que ocurra el deslizamiento, este aspecto está íntimamente ligado a la compacidad relativa de los suelos granulares, (Crespo, C. 2004, pág.162).

b.- Cohesión: La cohesión podemos definirla como la unión entre partículas debida a la atracción de las fuerzas eléctricas entre ellas, esta característica de los suelos blandos como las arcillas, contribuyen como factores que se suman al momento de evaluar la resistencia final al esfuerzo de corte, (Crespo, C. 2004, pág. 162).

2.2.1.3 Propiedades físicas de los suelos

Son aquellas que se presentan como indicativo de su comportamiento de los suelos frente a fuerzas externas. Dichas propiedades son la apariencia de la textura, la estructura, la densidad, el contenido de humedad, el tamaño de los granos (granulometría), la consistencia, la permeabilidad y la compresibilidad. (Crespo, C. 2004, pág. 46).

Pero para estudiar las propiedades de los suelos, requiere de la identificación y recolección de muestras alteradas e inalteradas de suelo In Situ, es una etapa previa para el estudio geotécnico, de ahí su gran importancia. A pesar de que los ensayos son muy simples de realizar, la identificación visual requiere de conocimiento en la tarea de campo y la investigación de laboratorio, para poder diferenciar los distintos tipos de suelos. Pero el trabajo previo a los indicado es la exploración de los suelos la misma que se realizará con el método apropiado y siendo el más simple a través de calicatas a cielo abierto, pero

en el cual se puede observar las capas de las distintas formaciones y desde el punto de vista de su origen. (Apuntes de clase. Ing. Martínez 2019).

1.- Contenido de humedad: El contenido de humedad de una masa de suelo, está formado por la suma de sus aguas libre y capilar e higroscópica.

En la ingeniería civil tiene una gran importancia cuantificar el contenido de agua que presenta una masa de suelo, este parámetro físico representa junto con la cantidad de aire, una de las características más importantes para explicar y comprender el comportamiento de este, especialmente en aquellos suelos blandos, como cambios de volumen, cohesión, estabilidad mecánica. (Crespo, C. 2004, pág. 61).

2.- Análisis granulométrico: Viene hacer el estudio y determinación de los diferentes tamaños de las partículas de los suelos, que mediante el uso de mallas con diámetros entre los intervalos de 75mm y hasta la malla de 0.075mm, se clasifican como suelos granulares (friccionantes), los que pasan la malla de 0.075 mm se clasifican como suelos blandos (cohesivos). (Crespo, C. 2004, pág. 47).

3.- Límite líquido y límite plástico: Es la propiedad de la masa de un suelo, por el cual es capaz de soportar deformaciones rápidas sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable, sin deformarse ni agrietarse. En los suelos cohesivos (arcillas, limos, margas, arcillas arenosas, limos arenosos) debe averiguarse el comportamiento que tienen por la plasticidad, (Crespo, C. 2004, pág. 68).

4.- Peso específico relativo de los sólidos: El peso específico de un suelo (γ_s) se define como el cociente entre el peso al aire de las partículas sólidas y el peso al aire de un volumen igual de agua destilada, considerando igual temperatura y el mismo volumen. Su determinación se basa en la gran importancia de la aplicación en los laboratorios de mecánica de suelos, por a través de este parámetro podemos inferir otras propiedades de uso en la ingeniería civil, en general la gravedad específica de un suelo (G_s) se define como el peso unitario del material dividido por el peso unitario del agua destilada a 4°C, (Crespo, C. 2004, pág. 63).

5.- Clasificación unificada de los suelos (SUCS) (NTP 339.134, ASTM D2487): Está basado en la identificación de los suelos según sus cualidades estructurales, la plasticidad y la agrupación con relación a su comportamiento como materiales de construcción y toma en cuenta, el porcentaje de la fracción que pasa el tamiz N° 200, la forma de la curva de distribución granulométrica, características de plasticidad y compresibilidad. Considera a los suelos que se separan en tres grupos, suelos de grano grueso, suelos de grano fino, suelos altamente orgánicos, (Crespo, C. 2004, pág. 87).

Agrupar suelos por la semejanza en sus características, correlacionar propiedades con los grupos de un sistema de clasificación, permite resolver multitud de problemas sencillos. Sin embargo, en ingeniería civil se debe hacer un análisis con mucho criterio y responsabilidad y no debemos tomarlo esta información como para utilizarla en soluciones de proyectos, se debe utilizar como

información para profundizar la investigación, (Crespo, C. 2004, pág. 87).

6.- Peso unitario del suelo: El peso volumétrico es la relación directamente proporcional que existe entre el peso de una cierta masa de suelo e inversamente proporcional al volumen que ocupa. Es un parámetro que es determinable en el terreno y así verificar los resultados obtenidos en actividades de compactación de suelos, en las que existen especificaciones en cuanto a la humedad y la densidad. Entre los métodos utilizados, se encuentran el método del cono de arena, el del balón de caucho e instrumentos nucleares entre otros. (Das, B. 2007).

7.- Descripción visual: La identificación y recolección de muestras de suelo In Situ es una etapa previa para el estudio de Mecánica de Suelos, de ahí su gran importancia. A pesar de que los ensayos son muy simples de realizar, la identificación visual requiere de conocimiento para poder diferenciar los distintos tipos de suelos. Identificar el suelo de manera visual, viene hacer el reconocimiento preliminar del suelo sin necesidad de empleo de equipos o ensayos de laboratorio, los cuales con los ensayos de laboratorio nos darán una confirmación y permitirán ampliar la información obtenida en el terreno. Las muestras deberán identificarse cuidadosamente con respecto a su origen geológico, hacer la descripción del lugar y alrededores, asignarle su ubicación, localización y otros de importancia para su identificación en el laboratorio, (MTC, 2013, pág. 32).

8.- Contenido de sales solubles totales en el suelo: Nos permitirá identificar y determinar los posibles efectos de deterioro en las estructuras de la cimentación por

presencia de sulfatos, según lo dispuesto por el Reglamento Nacional de edificaciones, (Norma E 050 Suelos y Cimentaciones).

9.- Ensayo de corte directo: La finalidad de los ensayos de corte, es determinar la resistencia de una muestra de suelo, sometida a fatigas y/o deformaciones que simulen las que existen o existirán en el terreno producto de la aplicación de una carga. Para conocer una de estas resistencias en el laboratorio se usa el aparato de corte directo, siendo el más típico una caja de sección cuadrada o circular dividida horizontalmente en dos mitades, donde la superior desliza sobre la inferior. Dentro de ella se coloca la muestra de suelo con piedras porosas en ambos extremos, se aplica una carga vertical de confinamiento (P_v) y luego una carga horizontal (P_h) creciente que origina el desplazamiento de la mitad móvil de la caja originando el corte de la muestra, (NTP 339.171, ASTM D 3080).

2.2.1.4 Cimentaciones

Las estructuras de material noble (concreto armado) e incluso porque no los materiales convencionales, así todas estructuras necesitan ser sustentados en el suelo, esto ha ocurrido en todos los tiempos, pero no se tiene evidencias que en el pasado se haya tenido en cuenta las características físicas y mecánicas de los suelos, menos los estudios geotécnicos, esto queda evidenciado con las deformaciones y colapso de algunas estructuras, como por ejemplo la torre de Pisa entre otras.

Bozozuk (1972) y mencionado por Das, B. (2007). Reporto la falla de la cimentación de un silo, el cual fue construido sobre arcilla suave y sustentado sobre una

cimentación en anillo, manifiesta que estudios hechos a posteriori se determinó que el nivel freático se ubicó a 6 m bajo el nivel del terreno natural. Expresa que justo después de que se llenó a su carga de servicio, colapso la estructura debido a la falla por capacidad de carga, (Das, B. 2007, pág. 148).

Toda estructura tiene dos partes bien definidas, la superestructura, conformada por vigas, losas, columnas, que se soporta en la infraestructura, conocida como cimentación y esta se soporta sobre el suelo y este debe ser capaz de resistir las cargas impuestas por el conjunto y proveer de la estabilidad a la estructura y garantizar la seguridad de los habitantes en el tiempo y espacio, (Crespo, C. 2004, pág. 259)

1.- Tipos de cimentación: En la actualidad y de manera general las cimentaciones podemos clasificarlas en dos grandes grupos, las cimentaciones superficiales, son las que reciben de los elementos estructurales y entregan en forma directa al terreno de fundación, donde descansan directamente sobre el mediante la cimentación. De este tipo son las zapatas aisladas, conectadas, corridas, los emparrillados, losas de cimentación. Las cimentaciones profundas estas se consideran cuando el suelo superficialmente no es duro compacto o semicompacto, requiriéndose que las cargas se entreguen a suelos más profundos y que sean capaz de resistir las cargas impuestas por la superestructura, (Tomlinson, M. 2005, pág. 169).

El ingeniero civil deberá elegir con criterio técnico y económico un determinado tipo de cimentación, por lo que primero. El ingeniero estructural conceptualizará la

modulación del proyecto, en donde determinará el tipo de cargas y hará la compatibilidad entre las cargas y las características del suelo a la profundidad requerida. Segundo el ingeniero especialista en geotecnia determinara la capacidad de carga del suelo de fundación por corte y asentamiento. Tercero el geotecnista deberá analizar la estabilidad de la estructura y elegir la cimentación más adecuada, (Crespo, C. 2004, pág. 261).

2.- Tipos de carga que reciben las cimentaciones:

Para realizar la estructuración de las cargas en un determinado proyecto de estructuras es necesario considerar la Norma E 020 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Las cargas gravitantes en una estructura son las cargas muertas que corresponden al peso propio de la estructura y las cargas vivas permanentes son la que están presente en la estructura en forma continua como muebles y personas y las cargas vivas accidentales, son las que actúan de forma irregular como las generadas por los sismos, en nuestra región tienen importancia su evaluación. (Crespo, C. 2004, pág. 262).

3.- Profundidad de desplante de las cimentaciones:

Viene hacer la profundidad medida desde el nivel del terreno natural, hasta el nivel de cimentación de acuerdo a lo manifestado por Terzaghi (1943), la profundidad de desplante es mayor o igual al ancho de la zapata, pero también se puede inferir de acuerdo a las siguientes formulas, (Crespo, C. 2004, pág. 270).

En suelos cohesivos (CL):

$$D_f = \frac{[(0.83 - 0.017 IP)IP]}{\gamma_n} \dots \dots \dots (2)$$

En suelos no cohesivos:

$$D_f = \frac{q_d \left[\tan^4 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \right]}{\gamma_n} \dots \dots \dots (3)$$

Dónde: q_d : es la capacidad de carga admisible en TN/m^2 , como primera aproximación, el $FS = 3$, con esta ecuación se espera un asentamiento de 2.5 cm.

2.2.1.5 Teoría de la capacidad de carga de Terzaghi

Según Das, B. (2007, pág. 136), describe que Terzaghi (1943) presentó su teoría completa para evaluar la capacidad de carga última de cimentaciones superficiales. En la cual considera que una cimentación es superficial, si la profundidad de desplante (D_f) de la cimentación es menor o igual que el ancho de la cimentación (B) y queda definida mediante la ecuación 4, descrita en la norma E 050 suelos y cimentaciones (MS 050, pág. 28) y los coeficientes según apuntes de clase (Ing. Martínez, 2019).

$$q_u = c N_c S_c i_c + q N_q S_q i_q + \frac{1}{2} \gamma B \gamma N_\gamma S_\gamma i_\gamma \dots \dots \dots (4)$$

Tabla 1 – Factores de carga en función del ángulo de fricción interna del suelo.

Authors	N_c	N_q	N_γ
Meyerhof	$(N_q - 1)cot\phi$	$\tan^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)e^{\pi\tan\phi}$	$(N_q - 1)\tan(1.4\phi)$
Hansen	$(N_q - 1)cot\phi$	$\tan^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)e^{\pi\tan\phi}$	$1.5(N_q - 1)\tan\phi$
Vesic	$(N_q - 1)cot\phi$ Sí $\phi = 0 \rightarrow N_c = 5.14$	$\tan^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)e^{\pi\tan\phi}$	$2(N_q + 1)\tan\phi$

Fuente: J.-G. Siefert and Ch. Bay-Gress en file:///C:/Users/Usuario/Downloads/european_bearing_capacity.pdf.

Tabla 2 – The footing has width B and length L, and we assume that: $B \leq L$.

Authors	S_c	S_q	S_γ
Terzaghi (square)	1.2	1	0.8
Meyerhof $K_p = \tan^2\left[\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right]$	$1 + 0.2K_p \frac{B}{L}$	$1 + 0.1K_p \frac{B}{L} \quad \phi > 10^\circ$ $1 \quad \phi = 0^\circ$	$1 + 0.1K_p \frac{B}{L} \quad \phi > 10^\circ$ $1 \quad \phi = 0^\circ$
Hansen	$1 + \frac{N_q B}{N_c L} \quad \phi \neq 10^\circ$ $1 + 0.2 \frac{B}{L} \quad \phi = 0^\circ$	$1 + \frac{B}{L} \sin\phi$	$1 - 0.4 \frac{B}{L} \geq 0.6$
Vesic	$1 + \frac{B}{L} \tan\phi$	$1 + \frac{N_q B}{N_c L}$	$1 - 0.4 \frac{B}{L} \geq 0.6$

Fuente: J.-G. Siefert and Ch. Bay-Gress en file:///C:/Users/Usuario/Downloads/european_bearing_capacity.pdf.

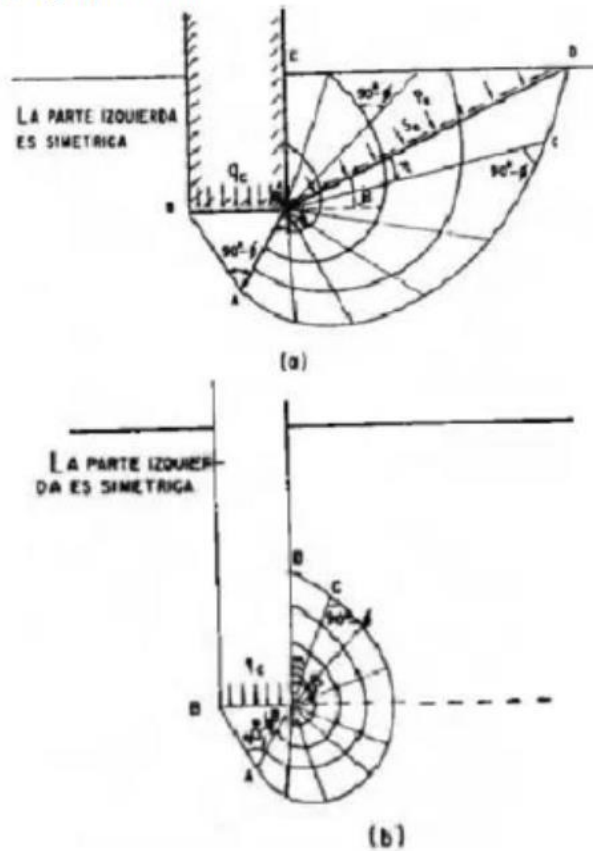
2.2.1.6 Teoría de la capacidad de carga de Meyerhof

Para Meyerhof (1963), la capacidad de carga toma en cuenta los esfuerzos cortantes desarrollados en el suelo arriba del nivel de desplante del cimiento. Además, que las cimentaciones pueden tener carga inclinada. La zona de deslizamiento con la que falla el cimiento tiene la forma de la figura 6. (Armando, 2018, p.34)

Figura 6 – Mecanismos de falla propuestos por Meyerhof.

Mecanismos de falla propuestos por Meyerhof.

- a) A poca profundidad
- b) A gran profundidad



Fuente: Mecánica de suelos – tomo II de Juárez y Rico.

Según Meyerhof, la zona de falla de una cimentación superficial está dividido en tres zonas:

1. La cuña ABB' es una zona de esfuerzos uniformes, a la que se puede considerar en estado activo Rankine.
2. La cuña ABC, limitada por un arco de espiral logarítmica, es una zona de esfuerzo cortante radial.
3. La cuña BCDE es una zona de transición en que los esfuerzos varían desde los correspondientes al estado de corte radial, hasta los de una zona en estado plástico pasivo.

“La extensión del estado plástico en esta última zona depende de la profundidad del cimient y de la rugosidad de la cimentación. La línea BD es llamada por Meyerhof

la superficie libre equivalente y en ella actúan los esfuerzos normales, p_0 , y tangenciales, s_0 , correspondientes al efecto del material contenido en la cuña BDE”. (Juárez & Rico, 2004)

“Meyerhof (1963) sugirió la forma siguiente de la ecuación general de la capacidad de carga”. (Das, 2011)

$$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Donde:

c = cohesión.

γ = peso específico del suelo.

q = esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación

B = ancho de la cimentación.

$F_{cs} F_{qs} F_{\gamma s}$ = factores de forma.

$F_{cd} F_{qd} F_{\gamma d}$ = factores de profundidad.

$F_{ci} F_{qi} F_{\gamma i}$ = factores de inclinación de la carga.

$N_c N_q N_\gamma$ = factores de capacidad de carga.

1.- Factores de capacidad de carga: “El ángulo α está más cercano a $45 + \phi'/2$ que a ϕ' . Si se acepta este cambio, los valores de N_c , N_q y N_γ para un ángulo de fricción del suelo dado también cambiarán respecto a los dados de la tabla de factores de capacidad de carga de Terzaghi (Das, 2011)

Con $\alpha = 45 + \phi'/2$, se puede demostrar que:

$$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right) e^{\pi \tan \phi'}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$

“La ecuación para N_c la dedujo originalmente Prandtl y la ecuación para N_q la presentó Reissner (1924). Caquot y Kerisel (1953) y Vesic (1973) proporcionaron la relación para N_γ como”: (Das, 2011)

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi'$$

En la tabla 3 “se muestra la variación de los factores de capacidad de carga anteriores con los ángulos de fricción del suelo”. (Das, 2011, p.144)

Tabla 3 – Factores de capacidad de carga para la teoría de Meyerhof.

ϕ'	N_c	N_q	N_γ	ϕ'	N_c	N_q	N_γ
0	5.14	1.00	0.00	26	22.25	11.85	12.54
1	5.38	1.09	0.07	27	23.94	13.20	14.47
2	5.63	1.20	0.15	28	25.80	14.72	16.72
3	5.90	1.31	0.24	29	27.86	16.44	19.34
4	6.19	1.43	0.34	30	30.14	18.40	22.40
5	6.49	1.57	0.45	31	32.67	20.63	25.99
6	6.81	1.72	0.57	32	35.49	23.18	30.22
7	7.16	1.88	0.71	33	38.64	26.09	35.19
8	7.53	2.06	0.86	34	42.16	29.44	41.06
9	7.92	2.25	1.03	35	46.12	33.30	48.03
10	8.35	2.47	1.22	36	50.59	37.75	56.31
11	8.80	2.71	1.44	37	55.63	42.92	66.19
12	9.28	2.97	1.69	38	61.35	48.93	78.03
13	9.81	3.26	1.97	39	67.87	55.96	92.25
14	10.37	3.59	2.29	40	75.31	64.20	109.41
15	10.98	3.94	2.65	41	83.86	73.90	130.22
16	11.63	4.34	3.06	42	93.71	85.38	155.55
17	12.34	4.77	3.53	43	105.11	99.02	186.54
18	13.10	5.26	4.07	44	118.37	115.31	224.64
19	13.93	5.80	4.68	45	133.88	134.88	271.76
20	14.83	6.40	5.39	46	152.10	158.51	330.35
21	15.82	7.07	6.20	47	173.64	187.21	403.67
22	16.88	7.82	7.13	48	199.26	222.31	496.01
23	18.05	8.66	8.20	49	229.93	265.51	613.16
24	19.32	9.60	9.44	50	266.89	319.07	762.89
25	20.72	10.66	10.88				

Fuente: Fundamentos de ingeniería de cimentaciones de Das.

Factores de forma: Se muestra a continuación:

$$F_{CS} = 1 + \frac{N_g}{N_c} \cdot \frac{B}{L}$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \cdot \tan \phi$$

$$F_{ys} = 1 + 0.4 \times \frac{B}{L}$$

Factores de profundidad: Se muestra a continuación:

- Si; $\frac{Df}{B} \leq 1$

Para $\phi = 0$:

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{Df}{B} \right)$$

$$F_{qd} = 1$$

$$F_{yd} = 1$$

Para $\phi > 0$:

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot \left(\frac{Df}{B} \right)$$

$$F_{yd} = 1$$

- Si; $\frac{Df}{B} > 1$

Para $\phi = 0$:

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \tan^{-1} \left(\frac{Df}{B} \right)$$

$$F_{qd} = 1$$

$$F_{yd} = 1$$

Para $\phi > 0$:

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$$

$$F_{yd} = 1$$

Factores de inclinación: Se muestra a continuación:

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ} \right)^2$$

$$F_{yi} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi} \right)$$

2.2.1.7 Factores de seguridad

“El cálculo de la capacidad de carga admisible total en cimentaciones superficiales requiere la aplicación de un factor de seguridad (FS) a la capacidad de carga total última”. (Das, 2011)

$$q_{perm} = \frac{q_u}{FS} \quad \dots\dots\dots (1)$$

Sin embargo, algunos profesionales emplean el siguiente factor de seguridad:

$$\text{Incremento neto del esfuerzo en el suelo} = \frac{\text{capacidad de carga última neta}}{FS} \quad \dots (2)$$

“La capacidad de carga última neta se define como la presión última por área unitaria de la cimentación que puede soportar el suelo en exceso de la presión causada

por el suelo circundante al nivel de la cimentación. Si la diferencia entre el peso específico del concreto utilizado en la cimentación y el peso específico del suelo circundante se supone que es insignificante, entonces”. (Das, 2011, p.141)

$$q_{neta(u)} = q_u - q \quad \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

$q_{neta(u)}$ = capacidad de carga última neta

$$q = \gamma Df$$

Reemplazando este término en la ecuación (2) resulta en aumento neto del esfuerzo sobre el suelo.

Carga de la superestructura por unidad de área de la cimentación.

$$q_{adm(neta)} = \frac{q_u - q}{FS} \quad \dots\dots\dots (4)$$

“El factor de seguridad definido por la ecuación (4) puede ser al menos 3 en todos los casos”. (Das, 2013)

2.3. Definición de términos

1. **Arcilla:** Se deriva de la roca sedimentaria, formada a partir de depósitos de grano muy fino, compuesta esencialmente por silicatos de aluminio hidratados con partículas menores a 0.002mm, (Das, B. 2007, pág. 696).

2. **Arena:** Conjunto de partículas desagregadas de rocas y acumuladas en las orillas del mar, del río, o en capas de los terrenos de acarreo de granulometría comprendida de mayor a 0.075 mm a 4.75mm, (MTC-2013, pág. 36).

3. **Calicata:** Se realiza en un terreno, con la finalidad de permitir la observación de los estratos del suelo a diferentes profundidades y eventualmente obtener muestras disturbadas, (MTC-2013, pág. 29).
4. **Capacidad de carga:** Es la capacidad del terreno reducida por efecto de la sobrecarga, el peso del suelo y el peso de la zapata, (Das, B. 2007, pág. 136)
5. **Cimentación:** Se denomina cimentación al conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la edificación al suelo, (Crespo, C. 2004, pág. 259)
6. **Cimentación Continua:** Cimentación superficial en la que el largo (L) es igual o mayor que diez veces el ancho (B), (Das, B. 2007, pág. 133).
7. **Cimentación Superficial:** Aquella en la cual la relación profundidad/ancho (Df/B) es menor o igual a 5, siendo Df la profundidad de la cimentación y B el ancho o diámetro de la misma, (Das, B. 2007, pág. 136).
8. **Falla de corte por punzonamiento:** Es un tipo de falla que se da en arenas sueltas o arcillas blandas, la superficie de falla no se extenderá a la superficie del terreno, (Das, B. 2007, pág. 134).
9. **Falla general por corte:** Es un tipo de falla súbita del suelo, que va acompañada por una falla en la superficie del terreno, se presenta en arenas densas o arcillas duras, (Das, B. 2007, pág. 134).
10. **Falla local por corte:** Es un tipo de falla que se da en suelos arenosos o arcillosos de compacidad media, un incremento de la carga en la cimentación estará acompañado por un incremento considerable en los asentamientos, (Das, B. 2007, pág. 134).
11. **Límite líquido:** Es el contenido de agua de un suelo arcillosos con el cual empieza fluir si se agita ligeramente varias veces. También podemos decir que es el contenido de agua por debajo del cual el suelo

tiene comportamiento plástico, (Juárez, B. y Rodríguez, R. 2005, pág. 127).

12. Límite plástico: Es el contenido de agua con el cual el suelo puede moldearse en cilindros de 3 mm de diámetro sin que se rompan o desmoronen, (Juárez, B. y Rodríguez, R. 2005, pág. 127).

13. Muestras alteradas: Se obtienen tanto en pozos a cielo abierto como en perforaciones, (MTC. 2013, pág. 32).

14. Muestras inalteradas: Conservan su estado original (la compacidad natural, peso volumétrico original, entre otros, (MTC. 2013, pág. 32).

15. Muestreo aleatorio estratificado: Consiste en la división previa de la población de estudio en grupos o clases que se suponen homogéneos respecto a características a estudiar, (MTC. 2013, pág. 32).

16. Muestreo: Técnica para la selección de una muestra a partir de una población, (MTC. 2013, pág. 32).

17. Nivel Freático: Nivel superior del agua subterráneo en el momento de la exploración. El nivel se puede dar respecto a la superficie del terreno o a una cota de referencia, (Das, B. 2007, pág. 142)

18. Suelo: Es el producto del desgaste o desintegración de las rocas de la corteza terrestre, debido a los agentes atmosféricos y a los diferentes procesos físico - químicos en la naturaleza, (Juárez, B. y Rodríguez, R. 2005, pág. 34).

19. Suelos cohesivos: Existen partículas muy pequeñas donde predominan los efectos electroquímicos superficiales. Las partículas tienden a juntarse (interacción agua/partícula) en suelos plásticos como las arcillas, (Juárez, B. y Rodríguez, R. 2005, pág. 38).

20. Suelos Colapsables: Suelos que al ser humedecidos sufren un asentamiento o colapso relativamente rápido, que pone en peligro a las estructuras cimentadas sobre ellos, (Das, B. 2007, pág. 636).

21. Suelos Expansivos: Suelos que al ser humedecidos sufren una expansión que pone en peligro a las estructuras cimentadas sobre ellos, (Das, B. 2007, pág. 695).

22. Suelos no cohesivos: Las partículas no tienden a juntarse ni adherirse, sus partículas son relativamente grandes, también llamados suelos granulares o friccionantes (arenas, gravas y limos), (Juárez, B. y Rodríguez, R. 2005, pág. 37).

23. Suelos orgánicos: Son suelos esponjosos, con grumos y compresibles. Estos están prohibidos para soportes de estructuras de ingeniería, (Juárez, B. y Rodríguez, R. 2005, pág. 37).

24. Suelos residuales: Son producto del ataque de los agentes del intemperismo, suelen quedarse en el lugar directamente sobre la roca de la cual se derivan, (Juárez, B. y Rodríguez, R. 2005, pág. 35).

25. Suelos Transportados: Pueden ser removidos del lugar de formación por los mismos agentes geológicos y redepositados en otra zona, (Juárez, B. y Rodríguez, R. 2005, pág. 35).

26. Mecánica de suelos: Es la ciencia semiempírica que estudia las características del suelo y se sirve de los resultados de laboratorio, (Das, B. 2007, pág. 1).

27. Geotecnia: Uso de la tecnología para el estudio de la mecánica de suelos, (Das, B. 2007, pág. 1).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El método de Terzagui es más conservador que el método de Meyerhof en la determinación de la capacidad portante admisible del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo.

2.4.2. Hipótesis específicas

a) La aplicación del método de Terzagui permite determinar el valor de la capacidad portante admisible según las características del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo.

b) La aplicación del método de Meyerhof permite determinar el valor de la capacidad portante admisible según las características del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo.

2.5. Variables

Carrasco (2006) señala que, “las variables pueden definirse como aspectos de los problemas de investigación que expresan un conjunto de propiedades, cualidades y características observables de las unidades de análisis, tales como individuos, grupos sociales, hechos, procesos y fenómenos sociales o naturales”.

Arias (1999), señala que, “una variable es una cualidad susceptible de sufrir cambios. Un sistema de variables consiste, por lo tanto, en una serie de características por estudiar, definidas de manera operacional, es decir, en función de sus indicadores o unidades de medida.

2.5.1. Definición conceptual de la variable

Para Carrasco (2006) la definición conceptual de la variable, “consiste en definir la variable diciendo ¿qué es?, es decir, describir y conceptualizar la variable empleando otros términos”.

Para Palella y Martins (2012), “la definición conceptual de la variable se limita a explicar el significado de la variable utilizando palabras conocidas. Esta definición designa un objeto o fenómeno de acuerdo con una convención lingüística mediante un enunciado general. Se trata simplemente de llamar a algo de una manera determinada, sin hacer ninguna afirmación sustantiva sobre ese fenómeno u objeto”.

Variable independiente: Para Carrasco (2006), “pertenecen a este grupo las que ejercen influencia o causan efecto o determinan a otras dependientes y son las que permiten explicar a éstas”.

Arias (2012), señala que, “las variables independientes son las causas que generan y explican los cambios en la variable dependiente”.

Para la investigación desarrollado se consideró como variable dependiente a las: **Teorías de capacidad de carga**, las teorías de capacidad de carga que parten del Método del equilibrio límite se refieren a la penetración de un sólido rígido de base plana en un medio semi-infinito, isótropo, bajo condiciones de deformación plana.

Variable dependiente: Para Carrasco (2006), variable dependiente “son aquellas que reciben la influencia, el efecto o son consecuencia de otras variables o situaciones fácticas, es decir son las que se explican en función a otras”.

Arias (2012), señala que, “las variables dependientes son aquellas que se modifican por acción de la variable independiente. Constituyen los efectos o consecuencias que se miden y que dan origen a los resultados de la investigación”.

Para la investigación desarrollado se consideró como variable independiente a la: **Capacidad portante admisible**, en cimentaciones se denomina capacidad portante a la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él.

2.5.2. Definición operacional de la variable

Para Carrasco (2006) la definición operacional de la variable, “es aquella que permite observar y medir la manifestación empírica de las variables, en otras palabras, es la definición por desagregación o descomposición de las variables en sus referentes empíricos,

mediante un proceso de deducción, es decir, de lo más general a lo más específico”.

Para la investigación se ha considerado las siguientes definiciones operacionales de las variables:

Capacidad portante admisible: Técnicamente la capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzcan un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo.

Teorías de capacidad de carga: Las teorías para la determinación de la capacidad de carga establecen modelos para el diseño de cimientos sobre suelos en estado natural y aplicable a rellenos artificiales con un correcto control de calidad. Existen diferentes teorías para determinar la capacidad de carga de un suelo; Prandtl, Hill, Terzagui, Skempton, Meyerhof, etc, todas en función de las propiedades y características del suelo; así como también en función de las características de la cimentación.

2.5.3. Operacionalización de la Variable

Arias (2012), señala que, “la operacionalización de la variable se emplea en la investigación científica para designar al proceso mediante el cual se transforma la variable de conceptos abstractos a términos concretos, observables y medibles, es decir, dimensiones e indicadores”.

Moreno (1999), señala que, “la operacionalización de la variable consiste en hacer deliberadamente un manejo operativo de cada variable, es decir, definir los indicadores e índices con los cuales se va a expresar concretamente la variable con base en los conceptos y elementos que intervienen en el problema de investigación”.

Tabla 4 – Operacionalización de las variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
Capacidad portante admisible.	En cimentaciones se denomina capacidad portante a la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él.	Técnicamente la capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzcan un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo	Propiedades físicas del suelo	Análisis granulométrico Contenido de Humedad Límites de Atterberg Peso específico Corte directo	Ensayo de laboratorio
Teorías de capacidad de carga	Las teorías de capacidad de carga que parten del Método del equilibrio límite se refieren a la penetración de un sólido rígido de base plana en un medio semi-infinito, isótropo, bajo condiciones de deformación plana.	Las teorías para la determinación de la capacidad de carga establecen modelos para el diseño de cimientos sobre suelos en estado natural y aplicable a rellenos artificiales con un correcto control de calidad. Existen diferentes teorías para determinar la capacidad de carga de un suelo; Prandtl, Hill, Terzagui, Skempton, Meyerhof, etc, todas en función de las propiedades y características del suelo; así como también en	Métodos de cálculo.	Métodos de Terzagui Método de Meyerhof	Formulario

función de las características de la
cimentación.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

Para Quezada (2015), “el método científico, se caracteriza por ser reflexiva, sistemática y metódica; que tiene por finalidad obtener información relevante y fidedigna, con el fin de entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento”.

En el desarrollo de la investigación se utilizó el método científico, dado que el conocimiento científico intenta establecer relaciones causales entre variables expresadas, primero en forma de hipótesis y, después en forma de leyes y teorías, la investigación científica sólo puede justificarse por la aplicación rigurosa de los métodos y procedimientos que, en conjunto, integran el método científico, cuya estructura básica constituye la única garantía del conocimiento científico. Pimienta y De la Orden (2012)

3.2. Tipo de Investigación

Carrasco (2006) considera que la investigación aplicada “se distingue por tener propósitos prácticos inmediatos bien definidos, es decir, se investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad”.

Ante la definición conceptual del tipo de investigación, se indica que en el desarrollo de la investigación se tuvo en cuenta el tipo de investigación aplicada, ello debido a que la investigación se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos teóricos a determinada situación concreta y las consecuencias prácticas que de ellas se derivan. La investigación aplicada busca conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar, le preocupa la aplicación inmediata sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de un conocimiento del valor universal.

3.3. Nivel de investigación

Carrasco (2006) considera que el nivel de investigación descriptivo “responde a la pregunta ¿cómo son?, ¿dónde están?, ¿cuántos son?, ¿quiénes son?, etc; es decir, nos dice y refiere sobre las características, cualidades internas y externas, propiedades y rasgos esenciales de los hechos y fenómenos de la realidad, en un momento y tiempo histórico concreto y determinado”. Así mismo:

Carrasco (2006) considera que el nivel de investigación explicativa “responde a la pregunta ¿por qué?, es decir, con este estudio podemos conocer por qué un hecho o fenómeno de la realidad tiene tales y cuales características, cualidades, propiedades, etc, en síntesis, por qué la variable en estudio es como es”.

Ante las definiciones conceptuales del nivel de investigación, se menciona que en el desarrollo de la investigación se tuvo en cuenta el nivel de investigación descriptivo – explicativo, debido que se pretende medir y recoger la información de la situación actual de la zona de estudio.

3.4. Diseño de investigación

Carrasco (2006) define a los diseños no experimentales de investigación, “como aquellos cuyas variables independientes carecen de manipulación intencional y no poseen grupo de control, ni mucho menos experimental. Analizan y estudian los hechos y fenómenos de la realidad después de su ocurrencia”.

Ante la definición conceptual del diseño de investigación, se indica que en el desarrollo de la investigación se tuvo en cuenta el diseño de investigación no experimental, ya que las variables no fueron manipuladas y la investigación se centra en analizar cuál es el nivel o modalidad de variables en un momento dado.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

De acuerdo con Fracica (1988), población es “el conjunto de todos los elementos a los cuales se refiere la investigación. Se puede definir también como el conjunto de todas las unidades de muestreo”. En tanto que, para Jany (1994), la población es “la totalidad de elementos o individuos que tienen ciertas características similares y sobre las cuales se desea hacer inferencia o bien, unidad de análisis”. Por otro lado, para Silvia (2012), “la población es el conjunto de todas unidades de análisis (individuos, eventos, sucesos, objetos, entre otros), en los cuales se pretende realizar una investigación de acuerdo a posibles características en común entre ellos, los cuales se encuentran en un determinado tiempo y espacio dado”.

En concordancia con la definición conceptual de población, se tiene que la población está constituida por el proyecto Hospital El Carmen, distrito de Huancayo, Provincia de Huancayo y Departamento de Junín.

3.5.2. Muestra

Para Bernal (2016), muestra “es la parte de la población que se selecciona, de la cual realmente se obtiene la información para el desarrollo de la investigación y sobre la cual se efectuaran la medición y la observación de las variables objeto de estudio”. En tanto que para Silvia (2012), “la muestra es un conjunto representativo de la población, la cual es determinado de acuerdo a la investigación que se realice y tomando ciertos criterios de selección que permitan extraer unidades de estudio representativo”.

La muestra de estudio para la investigación fue de tipo no probabilística discrecional y se considera los puntos de

investigación que se realizó, que fue de 05 calicatas para la extracción de la muestra.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para Bavaresco (2001), “las técnicas de recolección de datos son procedimientos y actividades que permiten comprobar el problema planteado de la variable estudiada en la investigación, por lo tanto, el tipo de investigación determinará la técnica a emplear y los instrumentos son las herramientas que se emplean para obtener los datos de la realidad que se estudia”.

Mientras que para Arias (2020):

“las técnicas son las respuestas al ¿Cómo hacer?, permiten el desarrollo científico y metodológico de la investigación, en este caso las técnicas no son el fin, sino, el medio, y los instrumentos son las herramientas que sirven como apoyo para lograr el propósito del estudio, en el caso de un músico su instrumento es una guitarra o un piano, su técnica es la afinación o la interpretación, en el caso de un pintor sus instrumentos son los pinceles y las pinturas, y las técnicas serían sus trazos y mediciones. Los instrumentos se aplican a la población y/o la muestra del estudio, todo estudio debe tener una técnica y un instrumento por lo menos, puede tener más depende del alcance y tiempo del estudio, solo las encuestas y los test deben ser validados para poder ser aplicados”.

De la definición de técnicas e instrumentos de recolección de datos, para el desarrollo de la investigación se utilizó como:

Técnicas de recolección de datos:

- ✓ Observación
- ✓ Análisis documentario

Instrumentos de recolección de datos:

- ✓ Ficha de observación
- ✓ Revisión bibliográfica de libros

3.7. Procesamiento de la información

Munch y Ángeles (2009), “señalan que el procesamiento de la información consiste en revisar los datos para detectar errores u omisiones, procesarlos y organizarlos en la forma más clara posible, ordenarlos de manera uniforme, eliminar respuestas contradictorias o erróneas y ordenarlas para facilitar su tabulación. Generalmente, se realiza al mismo tiempo que la codificación”.

El procesamiento de la información, es el proceso mediante el cual los datos individuales se agrupan y estructuran con el propósito de responder a:

- ✓ Problema de Investigación
- ✓ Objetivos
- ✓ Hipótesis del estudio

Para el análisis y procesamiento de datos se utilizaron modelos tabulares, numéricos y gráficos, además de softwares aplicativos de ingeniería donde se consideró.

Microsoft Excel: Se exportó cuadros, datos estadísticos de los resultados, datos obtenidos de las diferentes etapas en el proceso del desarrollo del presente trabajo de investigación.

Microsoft Word: Con lo cual se elaboró la parte descriptiva del presente trabajo de investigación.

3.8. Técnicas y análisis de datos

Para Arias (1999), “las técnicas y análisis de datos describen las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos que se obtengan: clasificación, registro, tabulación y codificación si fuere el caso”.

Munch y Ángeles (2009), “señalan; una vez que se ha recopilado y tabulado la información, es necesario analizarla para presentar los resultados. El análisis de datos dependerá de la complejidad de la hipótesis y del cuidado con que se haya elaborado el plan de investigación, ya que sí este se

diseñó en forma adecuada, los resultados de la investigación proporcionarán el análisis casi automáticamente”.

De acuerdo con la definición de técnicas y análisis de datos, en el desarrollo de la presente investigación, se tuvo en cuenta como técnica y análisis de datos la estadística descriptiva e inferencial, haciéndose uso de los modelos tabulares gráficos y numéricos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados específicos

4.1.1. Trabajos preliminares

1.- Trabajos de campo: Con la finalidad de definir el perfil estratigráfico del área de estudio, se ejecutaron 05 calicatas de exploración hasta una profundidad máxima de 3.60 metros.

2.- Excavación por medio de calicatas: Se excavaron cinco (05 calicatas) o pozos de exploración a cielo abierto, designándole como C-1, C-2, C-3, C-4 y C-5, las cuales fueron convenientemente ubicadas en la zona de investigación.

3.- Conformación del subsuelo (perfiles estratigráficos): El subsuelo investigado presenta una conformación homogénea como se detalla a continuación:

Calicata C-1: Cota 0.00m – 0.60m, compuesto por material de cobertura. Suelo semi organico de color oscuro, superficialmente presenta gravillas sub angulares bien dispersas, raices de pastos y arbustos. Cota 0.60m – 3.60m, compuesto por material de arenas limosas de color beige oscuro, la mezcla areno limoso alto contenido de finos, la matriz areno limosa se caracteriza por presentar mediana plasticidad y se encuentra en estado de compacidad semi compacta a compacta. Sin presencia de nivel freatico.

Calicata C-2: Cota 0.00m – 0.60m, compuesto por material de cobertura. Suelo semi organico de color oscuro, superficialmente presenta gravillas sub angulares bien dispersas, raices de pastos y arbustos. Cota 0.60m – 3.30m, compuesto por material de arenas limosas de color marron rojizo, la mezcla areno limoso alto contenido de finos y se caracteriza por presentar mediana

plasticidad, se encuentra en estado de compacidad semi compacta a compacta. Sin presencia de nivel freatico.

Calicata C-3: Cota 0.00m – 0.60m, compuesto por material de cobertura. Suelo semi organico de color oscuro, superficialmente presenta gravillas sub angulares bien dispersas, raices de pastos y arbustos. Cota 0.60m – 3.00m, compuesto por material de arenas limosas de color beige, la mezcla areno limoso engloba gravas y gravillas de formas sub angulares, se caracteriza por presentar mediana plasticidad y se encuentra en estado de compacidad semi compacta a compacta. Sin presencia de nivel freatico.

Calicata C-4: Cota 0.00m – 0.40m, compuesto por material de cobertura. Suelo semi organico de color oscuro, superficialmente presenta gravillas sub angulares bien dispersas, raices de pastos y arbustos. Cota 0.40m – 3.00m, compuesto por material de arenas limosas de color beige oscuro, la mezcla areno limoso contiene alto porcentaje de finos, se caracteriza por presentar mediana plasticidad y se encuentra en estado de compacidad semi compacta a compacta. Sin presencia de nivel freatico.

Calicata C-5: Cota 0.00m – 0.40m, compuesto por material de cobertura. Suelo semi organico de color oscuro, superficialmente presenta gravillas sub angulares bien dispersas, raices de pastos y arbustos. Cota 0.40m – 3.00m, compuesto por material de arenas limosas de color marron oscuro, la mezcla areno limoso engloba gravas y gravillas de formas sub angulares, se caracteriza por presentar mediana plasticidad y se encuentra en estado de compacidad semi compacta a compacta.

4.- Ensayos de laboratorio: De cada uno de los horizontes representativos de suelos se extrajeron muestras alteradas que debidamente identificadas se remitieron al laboratorio para los ensayos correspondientes para la identificación y clasificación de

suelos. A continuación, se describe los resultados de los ensayos determinativos:

Calicata C-1: Según el ensayo de análisis granulométrico por tamizado, el suelo ensayado corresponde a arenas limosas de mediana plasticidad de clasificación SUCS (SM). Estos suelos están constituidos por 0.88% de gravas, 53.15% de arenas y 45.97% de finos. El ángulo de fricción interna y la cohesión se han determinado partir del ensayo de corte directo; ángulo de fricción de 26.3° y una cohesión de 0.00 kg/cm^2 . A la profundidad de 0.60m – 3.60m el suelo presenta el valor de límite líquido de 42.72%, índice plástico 14.20%. Se tiene como peso específico de la muestra de suelo el valor de 1.63 Ton/m^3 .

Calicata C-2: Según el ensayo de análisis granulométrico por tamizado, el suelo ensayado corresponde a arenas arcillosas de mediana plasticidad de clasificación SUCS (SC). Estos suelos están constituidos por 0.38% de gravas, 51.02% de arenas y 48.60% de finos. El ángulo de fricción interna y la cohesión se han determinado partir del ensayo de corte directo; ángulo de fricción de 26.7° y una cohesión de 0.00 kg/cm^2 . A la profundidad de 0.60m – 3.30m el suelo presenta el valor de límite líquido de 35.23%, índice plástico 12.98%. Se tiene como peso específico de la muestra de suelo el valor de 1.63 Ton/m^3 .

Calicata C-3: Según el ensayo de análisis granulométrico por tamizado, el suelo ensayado corresponde a arenas limosas de mediana plasticidad de clasificación SUCS (SM). Estos suelos están constituidos por 37.99% de gravas, 47.38% de arenas y 14.63% de finos. El ángulo de fricción interna y la cohesión se han determinado partir del ensayo de corte directo; ángulo de fricción de 31.60° y una cohesión de 0.00 kg/cm^2 . A la profundidad de 0.60m – 3.00m el suelo presenta el valor de límite líquido de 30.66%, índice plástico 9.38%. Se tiene como peso específico de la muestra de suelo el valor de 1.63 Ton/m^3 .

Calicata C-4: Según el ensayo de análisis granulométrico por tamizado, el suelo ensayado corresponde a arenas limosas de mediana plasticidad de clasificación SUCS (SM). Estos suelos están constituidos por 10.10% de gravas, 51.63% de arenas y 38.27% de finos. El ángulo de fricción interna y la cohesión se han determinado partir del ensayo de corte directo; ángulo de fricción de 27.60° y una cohesión de 0.00 kg/cm^2 . A la profundidad de 0.40m – 3.00m el suelo presenta el valor de límite líquido de 54.16%, índice plástico 10.70%. Se tiene como peso específico de la muestra de suelo el valor de 1.63 Ton/m^3 .

Calicata C-5: Según el ensayo de análisis granulométrico por tamizado, el suelo ensayado corresponde a arenas limosas de mediana plasticidad de clasificación SUCS (SM). Estos suelos están constituidos por 0.69% de gravas, 61.23% de arenas y 38.08% de finos. El ángulo de fricción interna y la cohesión se han determinado partir del ensayo de corte directo; ángulo de fricción de 31.50° y una cohesión de 0.00 kg/cm^2 . A la profundidad de 0.40m – 3.00m el suelo presenta el valor de límite líquido de 38.23%, índice plástico 8.27%. Se tiene como peso específico de la muestra de suelo el valor de 1.63 Ton/m^3 .

4.1.2. Valor de la capacidad portante admisible mediante el método de Terzagui

1.- Cálculo de la capacidad portante admisible: Se ha determinado la capacidad portante admisible del terreno en base a las características del subsuelo y se han propuesto dimensiones para la cimentación como se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 5 – Dimensiones propuestas de la cimentación.

TIPO DE CIMENTACIÓN	ANCHO DE LA CIMENTACIÓN (B)	PROFUNDIDAD DE LA CIMENTACIÓN (Df)
Platea de cimentación	9.00m	0.50m
Zapata corrida	4.00m	0.80m
Zapata conectada	2.00m	1.40m
Cimiento corrido (0.50m)	0.50m	1.10m
Cimiento corrido (0.70m)	0.70m	1.10m

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la capacidad portante fue necesario considerar los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos, además de conocer los parámetros de resistencia del suelo obtenidos en el ensayo de corte directo, como la cohesión (c) y ángulo de fricción interna (ϕ), dichos valores son importantes para el cálculo de la capacidad portante.

2.- Determinación de la capacidad portante ultima según la Teoría de Terzagui: Para calcular la capacidad de carga última del suelo bajo la aplicación del método de Terzagui fue necesario relacionar los factores del suelo tales como su peso específico, cohesión y ángulo de fricción. Al aplicar el método de Terzagui para definir la capacidad portante admisible, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 6 – Capacidad portante admisible en platea de cimentación.

DESCRIPCIÓN	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05
Cohesión (kg/cm ²)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Angulo de fricción (°)	26.30°	26.70°	31.60°	27.60°	31.50°
Peso específico del suelo (Ton/m ³)	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63
Profundidad de desplante (m)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Ancho de cimentación (m)	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
	Factores de capacidad de carga				
Nq	14.21	14.21	25.282	15.896	25.282
Nc	27.085	27.085	40.411	29.236	40.411
Ny	14.837	14.837	31.583	17.218	31.583
Capacidad ultima de carga (Kg/cm ²) Qult	12.04	12.04	25.23	13.93	25.53
Factor de seguridad (FS)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Capacidad admisible de carga (kg/cm ²) Qadm	4.01	4.01	8.41	4.64	8.41

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 6, muestra los valores de capacidad de carga para platea de cimentación obtenidos desde el enfoque de Terzagui para una

profundidad de desplante de 0.50m, considerando el ancho de la platea de cimentación de 9.0m, los resultados de la capacidad de carga para las 05 muestras obtenidas son: 4.01, 4.01, 8.41, 4.64 y 8.41 kg/cm².

Tabla 7 – Capacidad portante admisible en zapata corrida.

DESCRIPCIÓN	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05
Cohesión (kg/cm ²)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Angulo de fricción (°)	26.30°	26.70°	31.60°	27.60°	31.50°
Peso específico del suelo (Ton/m ³)	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63
Profundidad de desplante (m)	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Ancho de cimentación (m)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	Factores de capacidad de carga				
Nq	14.21	14.21	25.282	15.896	25.282
Nc	27.085	27.085	40.411	29.236	40.411
Ny	14.837	14.837	31.583	17.218	31.583
Capacidad ultima de carga (Kg/cm ²) Qult	6.69	6.69	13.60	7.69	13.60
Factor de seguridad (FS)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Capacidad admisible de carga (kg/cm ²) Qadm	2.23	2.23	4.53	2.56	4.53

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 7, muestra los valores de capacidad de carga para zapata corrida obtenidos desde el enfoque de Terzagui para una profundidad de desplante de 0.80m, considerando el ancho de la zapata corrida de 4.0m, los resultados de la capacidad de carga para las 05 muestras obtenidas son: 2.23, 2.23, 4.53, 2.56 y 4.53 kg/cm².

Tabla 8 – Capacidad portante admisible en zapata conectada.

DESCRIPCIÓN	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05
Cohesión (kg/cm ²)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Angulo de fricción (°)	26.30°	26.70°	31.60°	27.60°	31.50°
Peso específico del suelo (Ton/m ³)	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63
Profundidad de desplante (m)	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
Ancho de cimentación (m)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	Factores de capacidad de carga				
Nq	14.21	14.21	25.282	15.896	25.282
Nc	27.085	27.085	40.411	29.236	40.411
Ny	14.837	14.837	31.583	17.218	31.583
Capacidad ultima de carga (Kg/cm ²) Qult	5.18	5.18	9.89	5.87	9.89
Factor de seguridad (FS)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Capacidad admisible de carga (kg/cm ²) Qadm	1.73	1.73	3.30	1.96	3.30

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 8, muestra los valores de capacidad de carga para zapata conectada obtenidos desde el enfoque de Terzagui para una

profundidad de desplante de 1.40m, considerando el ancho de la zapata conectada de 2.0m, los resultados de la capacidad de carga para las 05 muestras obtenidas son: 1.73, 1.73, 3.30, 1.96 y 3.30 kg/cm².

Tabla 9 – Capacidad portante admisible en cimiento corrido (0.50m).

DESCRIPCIÓN	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05
Cohesión (kg/cm ²)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Angulo de fricción (°)	26.30°	26.70°	31.60°	27.60°	31.50°
Peso específico del suelo (Ton/m ³)	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63
Profundidad de desplante (m)	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Ancho de cimentación (m)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	Factores de capacidad de carga				
Nq	14.21	14.21	25.282	15.896	25.282
Nc	27.085	27.085	40.411	29.236	40.411
Ny	14.837	14.837	31.583	17.218	31.583
Capacidad ultima de carga (Kg/cm ²) Qult	3.15	3.15	5.82	3.55	5.82
Factor de seguridad (FS)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Capacidad admisible de carga (kg/cm ²) Qadm	1.05	1.05	1.94	1.18	1.94

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 9, muestra los valores de capacidad de carga para cimiento corrido obtenidos desde el enfoque de Terzagui para una profundidad de desplante de 1.10m, considerando el ancho del cimiento corrido de 0.50m, los resultados de la capacidad de carga para las 05 muestras obtenidas son: 1.05, 1.05, 1.94, 1.18 y 1.94 kg/cm².

Tabla 10 – Capacidad portante admisible en cimiento corrido (0.70m).

DESCRIPCIÓN	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05
Cohesión (kg/cm ²)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Angulo de fricción (°)	26.30°	26.70°	31.60°	27.60°	31.50°
Peso específico del suelo (Ton/m ³)	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63
Profundidad de desplante (m)	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Ancho de cimentación (m)	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
	Factores de capacidad de carga				
Nq	14.21	14.21	25.282	15.896	25.282
Nc	27.085	27.085	40.411	29.236	40.411
Ny	14.837	14.837	31.583	17.218	31.583
Capacidad ultima de carga (Kg/cm ²) Qult	3.40	3.40	6.34	3.83	6.34
Factor de seguridad (FS)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Capacidad admisible de carga (kg/cm ²) Qadm	1.13	1.13	2.11	1.28	2.11

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 10, muestra los valores de capacidad de carga para cimiento corrido obtenidos desde el enfoque de Terzagui para una

profundidad de desplante de 1.10m, considerando el ancho del cimiento corrido de 0.70m, los resultados de la capacidad de carga para las 05 muestras obtenidas son: 1.13, 1.13, 2.11, 1.28 y 2.11 kg/cm².

4.1.3. Valor de la capacidad portante admisible mediante el método de Meyerhof

1.- **Cálculo de la capacidad portante admisible:** Se ha determinado la capacidad portante admisible del terreno en base a las características del subsuelo y se han propuesto dimensiones para la cimentación como se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 11 – Dimensiones propuestas de la cimentación.

TIPO DE CIMENTACIÓN	DIMENSIONES DE LA CIMENTACIÓN (BxL)	PROFUNDIDAD DE LA CIMENTACIÓN (Df)
Plata de cimentación	9.00m x 9.00m	0.50m
Zapata corrida	4.00m x 4.00m	0.80m
Zapata conectada	2.00m x 2.00m	1.40m
Cimiento corrido (0.50m)	0.50m x 10.00m	1.10m
Cimiento corrido (0.70m)	0.70m x 10.00m	1.10m

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la capacidad portante fue necesario considerar los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos, además de conocer los parámetros de resistencia del suelo obtenidos en el ensayo de corte directo, como la cohesión (c) y ángulo de fricción interna (ϕ), dichos valores son importantes para el cálculo de la capacidad portante.

2.- **Determinación de la capacidad portante última según la Teoría de Meyerhof:** Para determinar la capacidad de carga última del suelo según el método de Meyerhof fue necesario considerar los factores de capacidad de carga, forma, profundidad e inclinación, por lo que este último factor toma el valor de 1 al estar sometido a una carga vertical.

Con los factores establecidos acorde al método se procedió a determinar la capacidad portante admisible por el método de Meyerhof.

Tabla 12 – Capacidad portante admisible en platea de cimentación.

DESCRIPCIÓN	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05
Cohesión (kg/cm ²)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Angulo de fricción (°)	26.30°	26.70°	31.60°	27.60°	31.50°
Peso específico del suelo (Ton/m ³)	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63
Profundidad de desplante (m)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Ancho de cimentación (m)	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
Largo de cimentación (m)	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
Factores de capacidad de carga					
Nq	12.2407	12.7783	22.1172	14.0889	21.8611
Nc	22.7437	23.4186	34.3256	25.0367	34.0423
Ny	8.4152	8.9987	20.5643	10.4637	20.2159
Factores de forma					
Fqs	1.2591	1.2632	1.3202	1.2726	1.3189
Fcs	1.5182	1.5264	1.6403	1.5453	1.6377
Fys	1.2591	1.2632	1.3202	1.2726	1.3189
Factores de profundidad					
Fqd	1.0089	1.0090	1.0099	1.0092	1.3189
Fcd	1.0178	1.0180	1.0199	1.0184	1.6377
Fyd	1.0089	1.0090	1.0099	1.0092	1.3189
Factores de inclinación					
Fqi	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Fci	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Fyi	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Capacidad ultima de carga (Kg/cm ²) Qult	9.11	9.74	22.52	11.34	22.13
Factor de seguridad (FS)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Capacidad admisible de carga (kg/cm ²) Qadm	3.04	3.25	7.51	3.78	7.38

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 12, muestra los valores de capacidad de carga para platea de cimentación obtenidos desde el enfoque de Meyerhof para una profundidad de desplante de 0.50m, considerando el ancho y largo de platea de cimentación de 9.00m y 9.00m respectivamente, los resultados de la capacidad de carga para las 05 muestras obtenidas son: 3.04, 3.25, 7.51, 3.78 y 7.38 kg/cm².

Tabla 13 – Capacidad portante admisible en zapata corrida.

DESCRIPCIÓN	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05
Cohesión (kg/cm ²)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Angulo de fricción (°)	26.30°	26.70°	31.60°	27.60°	31.50°
Peso específico del suelo (Ton/m ³)	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63
Profundidad de desplante (m)	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Ancho de cimentación (m)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Largo de cimentación (m)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Factores de capacidad de carga					
Nq	12.2407	12.7783	22.1172	14.0889	21.8611
Nc	22.7437	23.4186	34.3256	25.0367	34.0423
Ny	8.4152	8.9987	20.5643	10.4637	20.2159
Factores de forma					
Fqs	1.2591	1.2632	1.3202	1.2726	1.3189
Fcs	1.5182	1.5264	1.6403	1.5453	1.6377
Fys	1.2591	1.2632	1.3202	1.2726	1.3189
Factores de profundidad					
Fqd	1.0322	1.0325	1.0358	1.0330	1.0357
Fcd	1.0644	1.0649	1.0716	1.0661	1.0714
Fyd	1.0322	1.0325	1.0358	1.0330	1.0357
Factores de inclinación					
Fqi	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Fci	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Fyi	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Capacidad ultima de carga (Kg/cm ²) Qult	5.64	6.00	13.11	6.90	12.90
Factor de seguridad (FS)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Capacidad admisible de carga (kg/cm ²) Qadm	1.88	2.00	4.37	2.30	4.30

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 13, muestra los valores de capacidad de carga para zapata corrida obtenidos desde el enfoque de Meyerhof para una profundidad de desplante de 0.80m, considerando el ancho y largo de la zapata corrida de 4.00m y 4.00m respectivamente, los resultados de la capacidad de carga para las 05 muestras obtenidas son: 1.88, 2.00, 4.37, 2.30 y 4.30 kg/cm².

Tabla 14 – Capacidad portante admisible en zapata conectada.

DESCRIPCIÓN	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05
Cohesión (kg/cm ²)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Angulo de fricción (°)	26.30°	26.70°	31.60°	27.60°	31.50°
Peso específico del suelo (Ton/m ³)	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63
Profundidad de desplante (m)	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
Ancho de cimentación (m)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Largo de cimentación (m)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Factores de capacidad de carga					
Nq	12.2407	12.7783	22.1172	14.0889	21.8611
Nc	22.7437	23.4186	34.3256	25.0367	34.0423
Ny	8.4152	8.9987	20.5643	10.4637	20.2159
Factores de forma					
Fqs	1.2591	1.2632	1.3202	1.2726	1.3189
Fcs	1.5182	1.5264	1.6403	1.5453	1.6377
Fys	1.2591	1.2632	1.3202	1.2726	1.3189
Factores de profundidad					
Fqd	1.1127	1.1136	1.1253	1.1156	1.1250
Fcd	1.2254	1.2271	1.2505	1.2312	1.2499
Fyd	1.1127	1.1136	1.1253	1.1156	1.1250
Factores de inclinación					
Fqi	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Fci	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Fyi	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Capacidad ultima de carga (Kg/cm ²) Qult	5.84	6.17	12.48	6.99	12.99
Factor de seguridad (FS)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Capacidad admisible de carga (kg/cm ²) Qadm	1.95	2.06	4.16	2.33	4.10

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 14, muestra los valores de capacidad de carga para zapata conectada obtenidos desde el enfoque de Meyerhof para una profundidad de desplante de 1.40m, considerando el ancho y largo de la zapata conectada de 2.00m y 2.00m respectivamente, los resultados de la capacidad de carga para las 05 muestras obtenidas son: 1.95, 2.06, 4.16, 2.33 y 4.10 kg/cm².

Tabla 15 – Capacidad portante admisible en cimiento corrido (0.50m).

DESCRIPCIÓN	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05
Cohesión (kg/cm ²)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Angulo de fricción (°)	26.30°	26.70°	31.60°	27.60°	31.50°
Peso específico del suelo (Ton/m ³)	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63
Profundidad de desplante (m)	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Ancho de cimentación (m)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Largo de cimentación (m)	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Factores de capacidad de carga					
Nq	12.2407	12.7783	22.1172	14.0889	21.8611
Nc	22.7437	23.4186	34.3256	25.0367	34.0423
Ny	8.4152	8.9987	20.5643	10.4637	20.2159
Factores de forma					
Fqs	1.0130	1.0132	1.0160	1.0136	1.0159
Fcs	1.0259	1.0263	1.0320	1.0273	1.0319
Fys	1.0130	1.0132	1.0160	1.0136	1.0159
Factores de profundidad					
Fqd	1.3541	1.3569	1.3936	1.3633	1.3928
Fcd	1.7083	1.7138	1.7873	1.7265	1.7857
Fyd	1.3541	1.3569	1.3936	1.3633	1.3928
Factores de inclinación					
Fqi	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Fci	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Fyi	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Capacidad ultima de carga (Kg/cm ²) Qult	3.48	3.66	6.80	4.08	6.71
Factor de seguridad (FS)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Capacidad admisible de carga (kg/cm ²) Qadm	1.16	1.22	2.27	1.36	2.24

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 15, muestra los valores de capacidad de carga para cimiento corrido obtenidos desde el enfoque de Meyerhof para una profundidad de desplante de 1.10m, considerando el ancho y largo de la zapata conectada de 0.50m y 10.00m respectivamente, los resultados de la capacidad de carga para las 05 muestras obtenidas son: 1.16, 1.22, 2.27, 1.36 y 2.24 kg/cm².

Tabla 16 – Capacidad portante admisible en cimiento corrido (0.70m).

DESCRIPCIÓN	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05
Cohesión (kg/cm ²)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Angulo de fricción (°)	26.30°	26.70°	31.60°	27.60°	31.50°
Peso específico del suelo (Ton/m ³)	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63
Profundidad de desplante (m)	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Ancho de cimentación (m)	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Largo de cimentación (m)	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Factores de capacidad de carga					
Nq	12.2407	12.7783	22.1172	14.0889	21.8611
Nc	22.7437	23.4186	34.3256	25.0367	34.0423
Ny	8.4152	8.9987	20.5643	10.4637	20.2159
Factores de forma					
Fqs	1.0181	1.0184	1.0224	1.0191	1.0223
Fcs	1.0363	1.0369	1.0448	1.0382	1.0446
Fys	1.0181	1.0184	1.0224	1.0191	1.0223
Factores de profundidad					
Fqd	1.2529	1.2549	1.2812	1.2595	1.2806
Fcd	1.5059	1.5099	1.5624	1.5189	1.5612
Fyd	1.2529	1.2549	1.2812	1.2595	1.2806
Factores de inclinación					
Fqi	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Fci	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Fyi	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Capacidad ultima de carga (Kg/cm ²) Qult	3.41	3.59	6.73	4.01	6.64
Factor de seguridad (FS)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Capacidad admisible de carga (kg/cm ²) Qadm	1.14	1.20	2.24	1.34	2.21

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 16, muestra los valores de capacidad de carga para cimiento corrido obtenidos desde el enfoque de Meyerhof para una profundidad de desplante de 1.10m, considerando el ancho y largo de la zapata conectada de 0.70m y 10.00m respectivamente, los resultados de la capacidad de carga para las 05 muestras obtenidas son: 1.14, 1.20, 2.24, 1.34 y 2.21 kg/cm².

4.1.4. Estudio comparativo de la capacidad portante admisible por los métodos de Terzagui y Meyerhof

A continuación, se aprecia las tablas 17, 18, 19, 20 y 21, las cuales plasma las proyecciones en relación a la profundidad de desplante y dimensiones de las cimentaciones consideradas como estudio en el desarrollo de la presente investigación: platea de cimentación, zapata corrida, zapata conectada y cimiento corrido.

Tabla 17 – Capacidad portante admisible para platea de cimentación.

PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (Df) - (m)	ANCHO (B) - (m)	LONGITUD (L) - (m)	MÉTODO	Qult (kg/cm ²)	Qadm (kg/cm ²)
0.50	9.00	9.00	Terzagui	12.04	4.01
			Meyerhof	9.11	3.04
0.50	9.00	9.00	Terzagui	12.04	4.01
			Meyerhof	9.74	3.25
0.50	9.00	9.00	Terzagui	25.23	8.41
			Meyerhof	22.52	7.51
0.50	9.00	9.00	Terzagui	13.93	4.64
			Meyerhof	11.34	3.78
0.50	9.00	9.00	Terzagui	25.53	8.41
			Meyerhof	22.13	7.38

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 17, evidencia los valores de capacidad de carga ultima y capacidad portante admisible para platea de cimentación, los cuales fueron obtenidos a partir del enfoque de Terzagui y Meyerhof, teniendo en consideración las profundidades de desplante de 0.50m y considerando el ancho y longitud de la platea de cimentación de 9.00m x 9.00m respectivamente.

Tabla 18 – Capacidad portante admisible para zapata corrida.

PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (Df) - (m)	ANCHO (B) - (m)	LONGITUD (L) - (m)	MÉTODO	Qult (kg/cm ²)	Qadm (kg/cm ²)
0.80	4.00	4.00	Terzagui	6.69	2.23
			Meyerhof	5.64	1.88
0.80	4.00	4.00	Terzagui	6.69	2.23
			Meyerhof	6.00	2.00
0.80	4.00	4.00	Terzagui	13.60	4.53
			Meyerhof	13.11	4.37
0.80	4.00	4.00	Terzagui	7.69	2.56
			Meyerhof	6.90	2.30
0.80	4.00	4.00	Terzagui	13.60	4.53
			Meyerhof	12.90	4.30

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 18, evidencia los valores de capacidad de carga ultima y capacidad portante admisible para zapata corrida, los cuales fueron obtenidos a partir del enfoque de Terzagui y Meyerhof, teniendo en consideración las profundidades de desplante de 0.80m y

considerando el ancho y longitud de la zapata corrida de 4.00m x 4.00m respectivamente.

Tabla 19 – Capacidad portante admisible para zapata conectada.

PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (Df) – (m)	ANCHO (B) - (m)	LONGITUD (L) - (m)	MÉTODO	Qult (kg/cm ²)	Qadm (kg/cm ²)
1.40	2.00	2.00	Terzagui	5.18	1.73
			Meyerhof	5.84	1.95
1.40	2.00	2.00	Terzagui	5.18	1.73
			Meyerhof	6.17	2.06
1.40	2.00	2.00	Terzagui	9.89	3.30
			Meyerhof	12.48	4.16
1.40	2.00	2.00	Terzagui	5.87	1.96
			Meyerhof	6.99	2.33
1.40	2.00	2.00	Terzagui	9.89	3.30
			Meyerhof	12.99	4.10

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 19, evidencia los valores de capacidad de carga ultima y capacidad portante admisible para zapata conectada, los cuales fueron obtenidos a partir del enfoque de Terzagui y Meyerhof, teniendo en consideración las profundidades de desplante de 1.40m y considerando el ancho y longitud de la zapata conectada de 2.00m x 2.00m respectivamente.

Tabla 20 – Capacidad portante admisible para cimiento corrido (0.50m).

PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (Df) – (m)	ANCHO (B) - (m)	LONGITUD (L) - (m)	MÉTODO	Qult (kg/cm ²)	Qadm (kg/cm ²)
1.10	0.50	10.00	Terzagui	3.15	1.05
			Meyerhof	3.48	1.16
1.10	0.50	10.00	Terzagui	3.15	1.05
			Meyerhof	3.66	1.22
1.10	0.50	10.00	Terzagui	5.82	1.94
			Meyerhof	6.80	2.27
1.10	0.50	10.00	Terzagui	3.55	1.18
			Meyerhof	4.08	1.36
1.10	0.50	10.00	Terzagui	5.82	1.94
			Meyerhof	6.71	2.24

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 20, evidencia los valores de capacidad de carga ultima y capacidad portante admisible para cimiento corrido, los cuales fueron obtenidos a partir del enfoque de Terzagui y Meyerhof, teniendo en

consideración las profundidades de desplante de 1.10m y considerando el ancho y longitud del cimiento corrido de 0.50m x 10.00m respectivamente.

Tabla 21 – Capacidad portante admisible para cimiento corrido (0.70m).

PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (Df) – (m)	ANCHO (B) - (m)	LONGITUD (L) - (m)	MÉTODO	Qult (kg/cm ²)	Qadm (kg/cm ²)
1.10	0.70	10.00	Terzagui	3.40	1.13
			Meyerhof	3.41	1.14
1.10	0.70	10.00	Terzagui	3.40	1.13
			Meyerhof	3.59	1.20
1.10	0.70	10.00	Terzagui	6.34	2.11
			Meyerhof	6.73	2.24
1.10	0.70	10.00	Terzagui	3.83	1.28
			Meyerhof	4.01	1.34
1.10	0.70	10.00	Terzagui	6.34	2.11
			Meyerhof	6.64	2.21

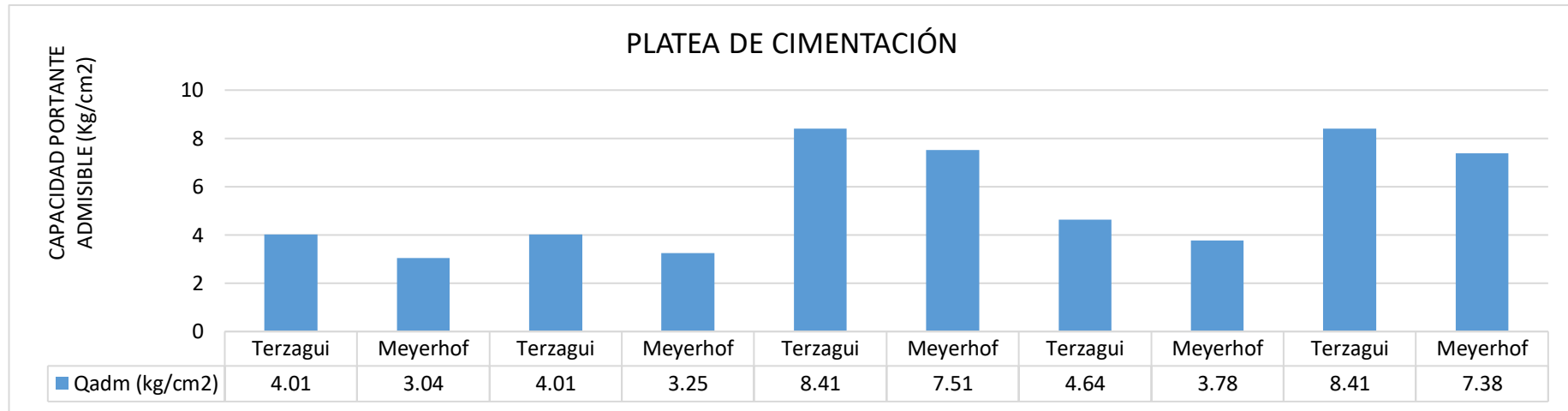
Fuente: Elaboración propia.

La tabla 21, evidencia los valores de capacidad de carga ultima y capacidad portante admisible para cimiento corrido, los cuales fueron obtenidos a partir del enfoque de Terzagui y Meyerhof, teniendo en consideración las profundidades de desplante de 1.10m y considerando el ancho y longitud del cimiento corrido de 0.70m x 10.00m respectivamente.

A continuación, mediante la elaboración de gráficos estadísticos se puede evidenciar cuál de los dos métodos (Terzagui y Meyerhof) resulta ser el más indicado en el cálculo de la capacidad de carga ultima y capacidad portante de las cimentaciones consideradas como estudio en el desarrollo de la presente investigación: platea de cimentación, zapata corrida, zapata conectada y cimiento corrido.

Se muestran los gráficos del cálculo de capacidad portante admisible por el método de Terzagui y Meyerhof para una platea de cimentación, zapata corrida, zapata conectada y cimiento corrido.

Figura 7 – Capacidad portante admisible en platea de cimentación.

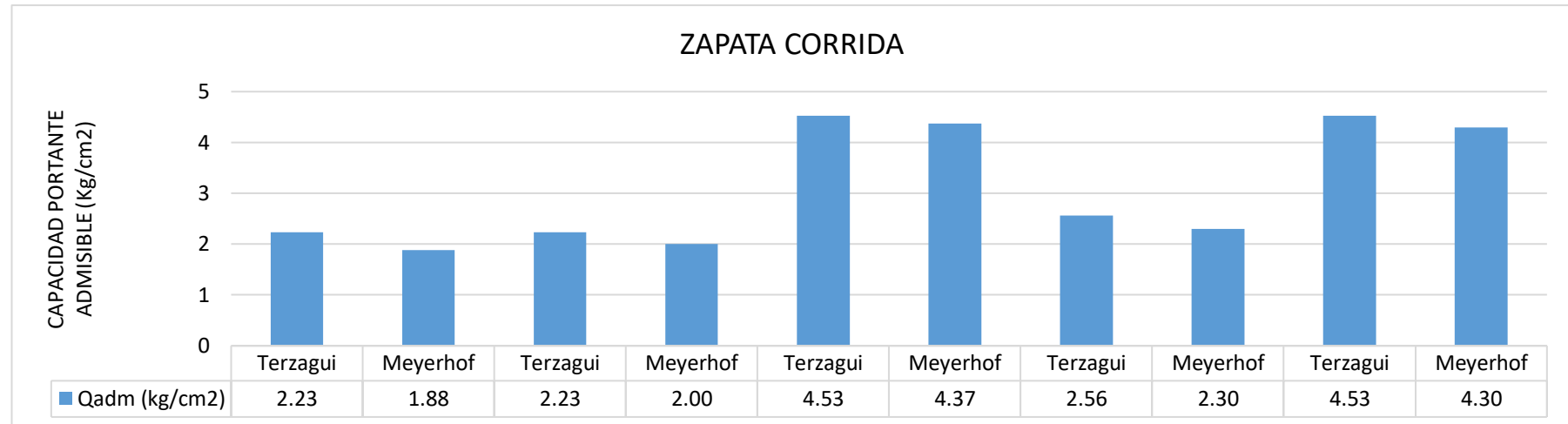


Fuente: Elaboración propia.

En la figura 7, se puede apreciar que sobre las cinco (05) muestras de suelo obtenidas, el método de Terzagui da como resultado un valor de la capacidad portante admisible mayor que del método de Meyerhof, dicho valor de la capacidad portante admisible fue considerando una platea de cimentación, siendo los valores para el caso Terzagui 4.01, 4.01, 8.41, 4.64 y 8.41 kg/cm² y de Meyerhof 3.04, 3.25, 7.51, 3.78 y 7.38 kg/cm², siendo así, que el método de Meyerhof resulta ser el más conservador para el tipo de cimentación y según las características de suelo encontrado en la investigación.

Por otro lado, de la figura 7, se puede deducir que, al obtener un valor de capacidad portante admisible menor, ello conlleva en aplicar un mayor factor seguridad, de acuerdo a lo indicado en el RNE Norma E.050 y con ello lograr diseños más eficientes y seguros.

Figura 8 – Capacidad portante admisible en zapata corrida.

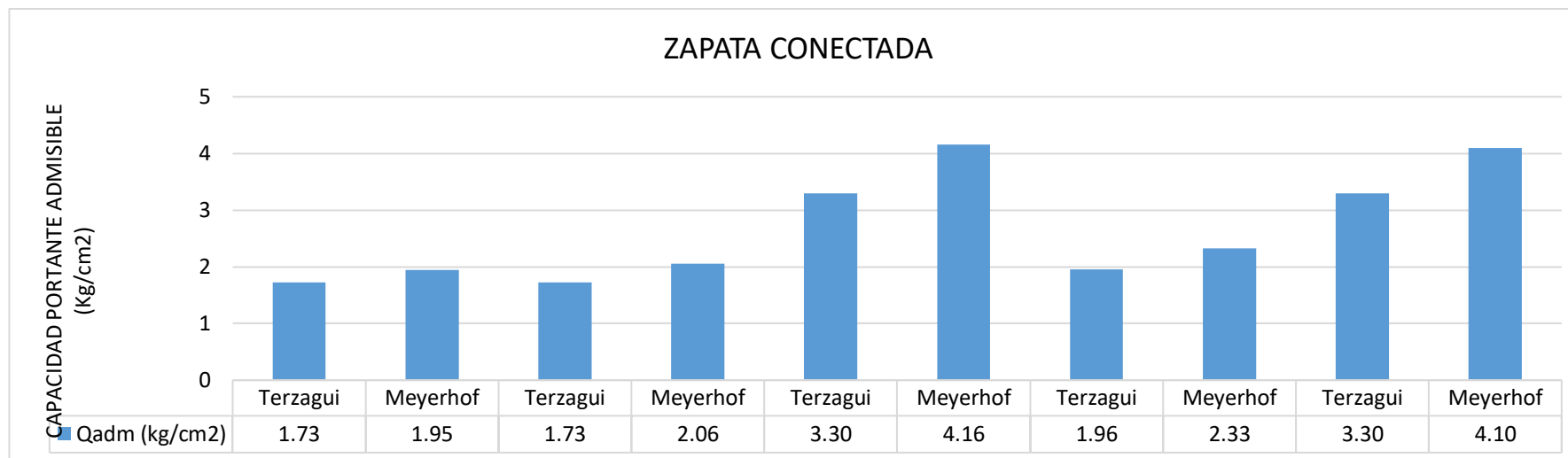


Fuente: Elaboración propia.

En la figura 8, se puede apreciar que sobre las cinco (05) muestras de suelo obtenidas, el método de Terzagui da como resultado un valor de la capacidad portante admisible mayor que del método de Meyerhof, dicho valor de la capacidad portante admisible fue considerando una zapata corrida, siendo los valores para el caso Terzagui 2.23, 2.23, 4.53, 2.56 y 4.53 kg/cm² y de Meyerhof 1.88, 2.00, 4.37, 2.30 y 4.30 kg/cm², siendo así, que el método de Meyerhof resulta ser el más conservador para el tipo de cimentación y según las características de suelo encontrado en la investigación.

Por otro lado, de la figura 8, se puede deducir que, al obtener un valor de capacidad portante admisible menor, ello conlleva en aplicar un mayor factor seguridad, de acuerdo a lo indicado en el RNE Norma E.050 y con ello lograr diseños más eficientes y seguros.

Figura 9 – Capacidad portante admisible en zapata conectada.

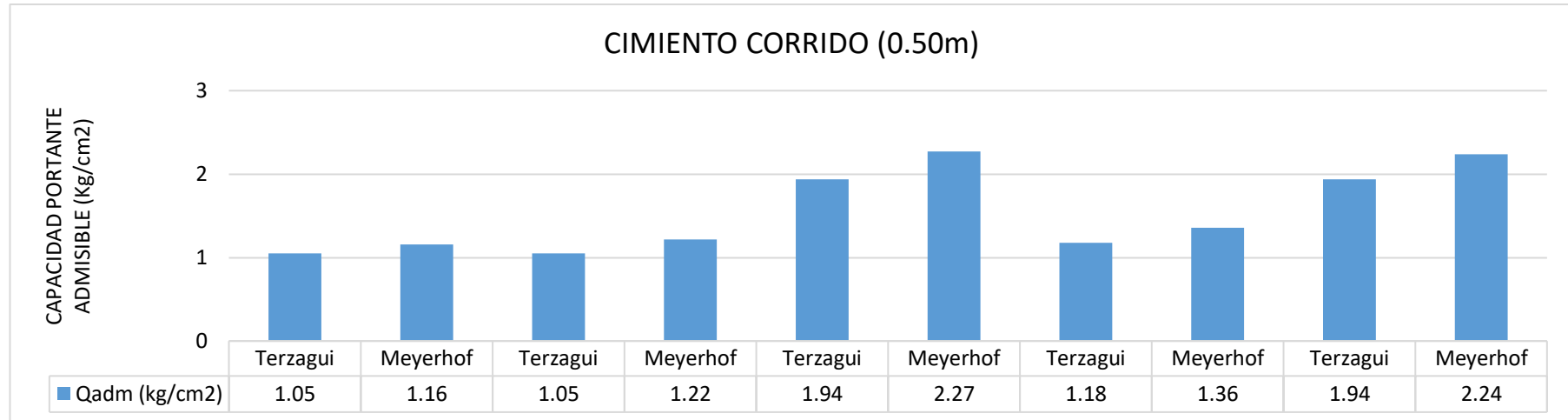


Fuente: Elaboración propia.

En la figura 9, se puede apreciar que sobre las cinco (05) muestras de suelo obtenidas, el método de Terzagui da como resultado un valor de la capacidad portante admisible menor que del método de Meyerhof, dicho valor de la capacidad portante admisible fue considerando una zapata conectada, siendo los valores para el caso Terzagui 1.73, 1.73, 3.30, 1.96 y 3.30 kg/cm² y de Meyerhof 1.95, 2.06, 4.16, 2.33 y 4.10 kg/cm², siendo así, que el método de Terzagui resulta ser el más conservador para el tipo de cimentación y según las características de suelo encontrado en la investigación.

Por otro lado, de la figura 9, se puede deducir que, al obtener un valor de capacidad portante admisible menor, ello conlleva en aplicar un mayor factor seguridad, de acuerdo a lo indicado en el RNE Norma E.050 y con ello lograr diseños más eficientes y seguros.

Figura 10 – Capacidad portante admisible en cimiento corrido (0.50m).

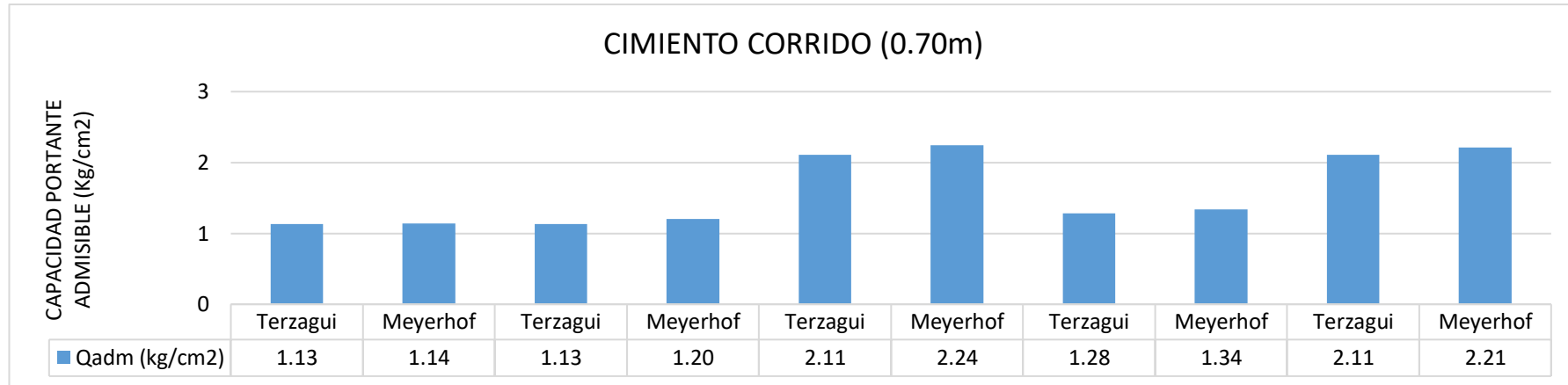


Fuente: Elaboración propia.

En la figura 10, se puede apreciar que sobre las cinco (05) muestras de suelo obtenidas, el método de Terzagui da como resultado un valor de la capacidad portante admisible menor que del método de Meyerhof, dicho valor de la capacidad portante admisible fue considerando un cimiento corrido, siendo los valores para el caso Terzagui 1.05, 1.05, 1.94, 1.18 y 1.94 kg/cm² y de Meyerhof 1.16, 1.22, 2.27, 1.36 y 2.24 kg/cm², siendo así, que el método de Terzagui resulta ser el más conservador para el tipo de cimentación y según las características de suelo encontrado en la investigación.

Por otro lado, de la figura 10, se puede deducir que, al obtener un valor de capacidad portante admisible menor, ello conlleva en aplicar un mayor factor seguridad, de acuerdo a lo indicado en el RNE Norma E.050 y con ello lograr diseños más eficientes y seguros.

Figura 11 – Capacidad portante admisible en cimiento corrido (0.70m).



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 11, se puede apreciar que sobre las cinco (05) muestras de suelo obtenidas, el método de Terzagui da como resultado un valor de la capacidad portante admisible menor que del método de Meyerhof, dicho valor de la capacidad portante admisible fue considerando un cimiento corrido, siendo los valores para el caso Terzagui 1.13, 1.13, 2.11, 1.28 y 2.11 kg/cm² y de Meyerhof 1.14, 1.20, 2.24, 1.34 y 2.21 kg/cm², siendo así, que el método de Terzagui resulta ser el más conservador para el tipo de cimentación y según las características de suelo encontrado en la investigación.

Por otro lado, de la figura 11, se puede deducir que, al obtener un valor de capacidad portante admisible menor, ello conlleva en aplicar un mayor factor seguridad, de acuerdo a lo indicado en el RNE Norma E.050 y con ello lograr diseños más eficientes y seguros.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Discusión de resultados específicos

1.- Como objetivo específico 1, se ha planteado: “Determinar el valor de la capacidad portante admisible mediante el método de Terzagui según las características del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo”. Se pudo determinar la capacidad portante admisible del suelo mediante la aplicación del método de Terzagui, a partir de los resultados obtenidos en la presente investigación sobre las cinco (05) muestras de suelo investigado y considerando los tipos de cimentación, de la aplicación de la teoría de Terzagui, se calculó las capacidades portantes de 4.01, 4.01, 8.41, 4.64 y 8.41 kg/cm² para una platea de cimentación, 2.23, 2.23, 4.53, 2.56 y 4.53 kg/cm² para una zapata corrida, 1.73, 1.73, 3.30, 1.96 y 3.30 kg/cm² para una zapata conectada, 1.05, 1.05, 1.94, 1.18 y 1.94 kg/cm² para un cimiento corrido (0.50m) y 1.13, 1.13, 2.11, 1.28 y 2.11 kg/cm² para un cimiento corrido (0.70m).

En la investigación se planteó la siguiente hipótesis específica 1, “La aplicación del método de Terzagui permite determinar el valor de la capacidad portante admisible según las características del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo”, ante ello se indica, que el método de Terzagui permitió obtener valores más conservadores en el cálculo de la capacidad portante admisible, teniendo en cuenta las características geotécnicas, parámetros de resistencia y tipo de suelo de la zona de estudio para zapatas conectadas y cimientos corridos.

2.- Como objetivo específico 2, se ha planteado: “Determinar el valor de la capacidad portante admisible mediante el método de Meyerhof según las características del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo”. Se pudo determinar la capacidad portante admisible del suelo mediante la aplicación del método de Meyerhof, a partir de los resultados obtenidos en la presente investigación sobre las cinco (05) muestras de

suelo investigado y considerando los tipos de cimentación, de la aplicación de la teoría de Meyerhof, se calculó las capacidades portantes de 3.04, 3.25, 7.51, 3.78 y 7.38 kg/cm² para una platea de cimentación, 1.88, 2.00, 4.37, 2.30 y 4.30 kg/cm² para una zapata corrida, 11.95, 2.06, 4.162.33 y 4.10 kg/cm² para una zapata conectada, 1.16, 1.22, 2.27, 1.36 y 2.24 kg/cm² para un cimiento corrido (0.50m) y 1.14, 1.20, 2.24, 1.34 y 2.21 kg/cm² para un cimiento corrido (0.70m).

En la investigación se planteó la siguiente hipótesis específica 2, “La aplicación del método de Meyerhof permite determinar el valor de la capacidad portante admisible según las características del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo”, ante ello se indica, que el método de Meyerhof permitió obtener valores más conservadores en el cálculo de la capacidad portante admisible, teniendo en cuenta las características geotécnicas, parámetros de resistencia y tipo de suelo de la zona de estudio para plateas de cimentación y zapata corrida.

3.- Como objetivo general se ha definido lo siguiente: “Realizar un estudio comparativo de la capacidad portante admisible por los métodos de Terzagui y Meyerhof según las características del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo”. Se pudo determinar la capacidad portante admisible del suelo mediante la aplicación del método de Terzagui, a partir de los resultados obtenidos en la presente investigación sobre las cinco (05) muestras de suelo investigado y considerando los tipos de cimentación, de la aplicación de la teoría de Terzagui, se calculó las capacidades portantes de 4.01, 4.01, 8.41, 4.64 y 8.41 kg/cm² para una platea de cimentación, 2.23, 2.23, 4.53, 2.56 y 4.53 kg/cm² para una zapata corrida, 1.73, 1.73, 3.30, 1.96 y 3.30 kg/cm² para una zapata conectada, 1.05, 1.05, 1.94, 1.18 y 1.94 kg/cm² para un cimiento corrido (0.50m) y 1.13, 1.13, 2.11, 1.28 y 2.11 kg/cm² para un cimiento corrido (0.70m), a diferencia de la aplicación de la teoría de Meyerhof, se calculó las capacidades portantes de 3.04, 3.25, 7.51, 3.78 y 7.38 kg/cm² para una platea de cimentación, 1.88, 2.00, 4.37, 2.30 y 4.30 kg/cm² para una zapata corrida, 11.95, 2.06, 4.162.33 y 4.10 kg/cm² para una zapata conectada, 1.16, 1.22,

2.27, 1.36 y 2.24 kg/cm² para un cimiento corrido (0.50m) y 1.14, 1.20, 2.24, 1.34 y 2.21 kg/cm² para un cimiento corrido (0.70m), dando como resultado que la teoría de Terzagui presenta una mayor capacidad portante admisible para platea de cimentación y zapata corrida en comparación a la teoría de Meyerhof, por otro lado, la teoría de Terzagui presenta una menor capacidad portante admisible para zapata conectada y cimientos corridos en comparación a la teoría de Meyerhof.

En la investigación se planteó la siguiente hipótesis general, “El método de Terzagui es más conservador que el método de Meyerhof en la determinación de la capacidad portante admisible del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo”, ante ello se indica, que de acuerdo a los resultados obtenidos en la determinación de la capacidad portante admisible tal como se evidencia en la presentación de resultados (Capítulo IV), para un tipo de cimentación (platea y zapata corrida), se infiere que es conveniente utilizar los valores arrojados por Meyerhof y para el tipo de cimentación (zapata conectada y cimiento corrido), se infiere que es conveniente utilizar los valores arrojados por Terzagui, en ambos casos para diseñar correctamente la cimentación buscando que la edificación sea estructuralmente más segura ante un evento más crítico.

Los resultados obtenidos se relaciona con la investigación de Teniente (2016), en su tesis titulada “Análisis comparativo en la determinación de la capacidad admisible por los métodos de Terzagui y Meyerhof, para el diseño de cimentaciones superficiales según las características del suelo de Inquilpata del distrito de Anta”, desarrolló un estudio similar al que se realizó en la presente investigación, en la que concluye que del análisis comparativo realizado para determinar la capacidad admisible por ambos métodos considerando un tipo de cimentación corrida y cuadrada, la teoría de Terzagui arroja valores menores de capacidad portante a diferencia de la Teoría de Meyerhof y ciertamente se corrobora lo que el autor menciona pues luego de haber realizado el cálculo correspondiente para determinar la capacidad portante a partir de los resultados obtenidos, se concluye que efectivamente la teoría de Terzagui brinda valores más conservadores que

la teoría de Meyerhof, por tal motivo y buscando que la edificación sea estructuralmente más segura se utilizaran los valores arrojados por Terzagui.

Los resultados obtenidos se relaciona con la investigación de Palomino (2018), en su tesis titulada “Evaluación geotécnica aplicada al diseño de cimentaciones superficiales, en el distrito de Ventanilla, Lima – 2018”, concluye que la teoría de Terzagui presenta una capacidad portante de 1.07 kg/cm² para un tipo de cimentación corrida y 1.90 kg/cm² para un tipo de zapata cuadrada, a diferencia de la teoría de Meyerhof presenta una capacidad portante de 2.07 kg/cm² para un tipo de cimientto corrido y 3.37 kg/cm² para un tipo de zapata cuadrada, lo cual indica que la teoría de Terzagui brinda valores muchos más conservadores que la teoría de Meyerhof. Y en efecto tiene toda la razón, pues de acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación se determinó que efectivamente la teoría de Terzagui brinda valores más conservadores que la teoría de Meyerohf, estos valores serán utilizados para el diseño de la cimentación.

Sosa (2021), en su tesis titulada “estudio comparativo de la capacidad portante admisible para el diseño de cimentaciones superficiales por los métodos de Terzagui y Meyerhof según las características del suelo del Centro Poblado de Yanag del distrito de Pillco Marca – Huánuco 2020”, concluye lo siguiente; determinó la capacidad portante del suelo aplicando las teorías de Terzagui y Meyerhof para el diseño de cimentaciones superficiales, Terzagui presenta una capacidad portante admisible de 7.844 Tn/m² a diferencia de Meyerhof el cual determina un valor de 13.228 Tn/m², ambas analizadas para un tipo de cimentación corrida, lo cual nos permite concluir que la ecuación de Terzagui brinda valores más conservadores a diferencia de la ecuación Meyerhof para el tipo de suelo que presenta la zona de estudio, mientras que para una zapata cuadrada, Terzagui presenta una capacidad portante admisible de 12.598 Tn/m² a diferencia de Meyerhof el cual determina un valor de 18.995 Tn/m², lo cual nos permite concluir que la ecuación de Terzagui brinda valores más

conservadores a diferencia de la ecuación Meyerhof para el tipo de suelo que presenta la zona de estudio.

CONCLUSIONES

- A. De acuerdo al objetivo general planteado, que es; Realizar un estudio comparativo de la capacidad portante admisible por los métodos de Terzagui y Meyerhof según las características del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo, se concluye que, de acuerdo a los resultados obtenidos en la determinación de la capacidad portante admisible, para un tipo de cimentación (platea y zapata corrida), se infiere que es conveniente utilizar los valores arrojados por Meyerhof y para el tipo de cimentación (zapata conectada y cimiento corrido), se infiere que es conveniente utilizar los valores arrojados por Terzagui, en ambos casos para diseñar correctamente la cimentación y con ello lograr que la edificación sea estructuralmente más segura ante un evento más crítico.
- B. De acuerdo al primer objetivo específico planteado, que es; Determinar el valor de la capacidad portante admisible mediante el método de Terzagui según las características del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo, se concluye que, se logró determinar la capacidad portante admisible del suelo mediante la aplicación del método de Terzagui, a partir de los resultados obtenidos en la presente investigación sobre las cinco (05) muestras de suelo investigado y considerando los tipos de cimentación, de la aplicación de la teoría de Terzagui, se calculó las capacidades portantes de 4.01, 4.01, 8.41, 4.64 y 8.41 kg/cm² para una platea de cimentación, 2.23, 2.23, 4.53, 2.56 y 4.53 kg/cm² para una zapata corrida, 1.73, 1.73, 3.30, 1.96 y 3.30 kg/cm² para una zapata conectada, 1.05, 1.05, 1.94, 1.18 y 1.94 kg/cm² para un cimiento corrido (0.50m) y 1.13, 1.13, 2.11, 1.28 y 2.11 kg/cm² para un cimiento corrido (0.70m). Por lo que, se indica, que el método de Terzagui permitió obtener valores más conservadores en el cálculo de la capacidad portante admisible, teniendo en cuenta las características geotécnicas, parámetros de resistencia y tipo de suelo de la zona de estudio para zapatas conectadas y cimientos corridos.

- C. De acuerdo al segundo objetivo específico planteado, que es; Determinar el valor de la capacidad portante admisible mediante el método de Meyerhof según las características del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo, se concluye que, se logró determinar la capacidad portante admisible del suelo mediante la aplicación del método de Meyerhof, a partir de los resultados obtenidos en la presente investigación sobre las cinco (05) muestras de suelo investigado y considerando los tipos de cimentación, de la aplicación de la teoría de Meyerhof, se calculó las capacidades portantes de 3.04, 3.25, 7.51, 3.78 y 7.38 kg/cm² para una platea de cimentación, 1.88, 2.00, 4.37, 2.30 y 4.30 kg/cm² para una zapata corrida, 11.95, 2.06, 4.162.33 y 4.10 kg/cm² para una zapata conectada, 1.16, 1.22, 2.27, 1.36 y 2.24 kg/cm² para un cimiento corrido (0.50m) y 1.14, 1.20, 2.24, 1.34 y 2.21 kg/cm² para un cimiento corrido (0.70m). Por lo que, se indica, que el método de Meyerhof permitió obtener valores más conservadores en el cálculo de la capacidad portante admisible, teniendo en cuenta las características geotécnicas, parámetros de resistencia y tipo de suelo de la zona de estudio para plateas de cimentación y zapata corrida.

RECOMENDACIONES

1. Para determinar la capacidad portante del suelo, se recomienda utilizar al menos dos métodos para comparar los valores obtenidos por ambos métodos; en caso de discrepancia, se recomienda utilizar un tercer método para obtener resultados precisos y fiables de los tres métodos utilizados para calcular el valor de Q_{adm} .
2. Se recomienda la aplicación del método de Terzagui, el cual brinda una capacidad portante admisible menor que el método de Meyerhof para el diseño zapatas conectas y cimientos corridos.
3. Se recomienda la aplicación del método de Meyerhof, el cual brinda una capacidad portante admisible menor que el método de Terzagui para el diseño plateas de cimentación y zapatas corridas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Archenti Zegarra, J. F. (2018). *Zonificación de la capacidad portante del suelo en la localidad de Lagunas distrito de Lagunas, Alto Amazonas – región de Loreto*. [Tesis]. Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, Tarapoto, Perú.
2. Arias, F. (1999). *El proyecto de investigación, guía para su elaboración*. 3ra. Edición: Episteme Oriol Ediciones. 980-07- 3868-1
3. Arias, J. (2020). *El proyecto de investigación, guía para su elaboración*. 1ra. Edición: José Luis Arias Gonzales. 978-612-00-5416-1
4. Arias, J. (2012). *El proyecto de investigación, guía para su elaboración*. 6ta. Edición: Episteme. 980-07-8529-9
5. Beltrán Cueva, J., & Días Vargas, D. (2018). *Análisis de la capacidad de carga admisible de los suelos de cimentación del Complejo Arqueológico Chan Chan debido al ascenso del nivel freático*. [Tesis]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
6. Bavaresco, A. (2001). *Proceso metodológico en la investigación*. 4ta. Edición: Imprenta Internacional, CA. 978-980-12-6758-4
7. Bernal, C. (2016). *Metodología de la investigación*. 4ta. Edición: Pearson. 978-958-699-309-8
8. Castillo, M. (2017). “*estudio de zonificación en base a la determinación de la capacidad portante del suelo en las cimentaciones de las viviendas del Casco Urbano de la Parroquia la Matriz del Cantón Patate provincia de Tungurahua*”, 2017, Ambato- Ecuador. [Tesis].
9. Carrasco, S. (2006). *Metodología de la investigación científica*. 1ra. Edición: San Marcos. 9972-34-242-5
10. Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones* (Quinta ed.). México D.F, México: Limusa, S.A.
11. Das, B. M. (2001). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. México D.F, México: Internacional Thomson Learning, S.A.
12. Das, B. M. (2011). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. (Séptima ed.). México D.F, México: Cengage Learning.

13. Das, B. M. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. (Cuarta ed.). México D.F, México: Cengage Learning.
14. Espinoza, C. (2014). *Metodología de investigación tecnológica*. 2da. Edición: Soluciones graficas SAC. 978-612-00-1667-1
15. Espinoza, H. A. (2014). “*Análisis de la capacidad de soporte del suelo de cimentación del edificio de laboratorio de ingeniería Julio y Adolfo López de la fuente, S.J.* [Tesis]. Universidad Centroamericana, Managua, Nicaragua.
16. Fracica, G. (1988). *Modelo de simulación en muestreo*. 1ra. Edición: Universidad de la Sabana. 978-958-12-0173-0
17. Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez A. (2004). *Mecánica de Suelos*. México D.F, México: Limusa, S.A.
18. Juárez Badillo, Eulalio y Rico Rodriguez, Alonso. 2005. *Mecánica de Suelos tomo 1, Fundamentos de Mecánica de Suelos*. 3ra Edición. Editorial Limusa S.A. 2005. México. p. 33-615.
19. Munch, L. y Ángeles, E. (2009). *Métodos y técnicas de investigación*. 4ta. Edición: Trillas. 978-607-17-0306-4.
20. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013, *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, geotecnia y Pavimentos*, Resolución N°005-2013-MTC/14.
21. Moreno, A. (1999). *Aprende a investigar*. 3ra. Edición: Arfo editores LTDA. 958-9279-14-7
22. Ortiz, R. (2017) “*Influencia del nivel freático en la determinación de capacidad portante de suelos, en cimentaciones superficiales, Distrito de Pilcomayo*”, 2017, Huancayo – Perú. [Tesis].
23. Palella, S. y Martins, F. (2012). *Metodología de la investigación cuantitativa*. 3ra. Edición: Fedupel.
24. Pimienta, J. y De la Orden, A. (2012). *Metodología de la investigación: competencias + aprendizaje + vida*. 1ra. Edición: Pearson Educación. 978-607-32-1027-0
25. Palomino Aguilar, A. C. (2018). *Evaluación geotécnica aplicada al diseño de cimentaciones superficiales en el distrito de Ventanilla - Lima*. [Tesis]. Universidad César Vallejo, Lima, Perú.

26. Quezada, N. (2015). *Metodología de la investigación; estadística aplica en la investigación*. 1ra. Edición: Macro. 978-612-3045-76-0
27. Sosa, B. (2021). *Estudio comparativo de la capacidad portante admisible para el diseño de cimentaciones superficiales por los métodos de Terzagui y Meyerhof según las características del suelo del Centro Poblado de Yanag del distrito de Pillco Marca – Huánuco 2020*. [Tesis]. Universidad de Huanuco.
28. Tafur, R. (1995). *La tesis universitaria*. Lima: Mantaro. 429p
29. Teniente Paucar, A. J. (2016). *Análisis comparativo en la determinación de la capacidad admisible por los métodos de Terzagui y Meyerhof, para el diseño de cimentaciones superficiales según las características del suelo de Inquilpata del distrito de Anta*. [Tesis]. Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú.
30. Tomlinson, M. J, 2005, *Cimentaciones: Diseño y Construcción*, segunda edición 2005, Editorial trillas, S.A. de C.V, p, 5 - 519
31. Universidad Alas Peruanas (2009). *Manual para elaborar los trabajos de investigación de los cursos de proyectos de sistemas de información I y II*. Perú: Lima. 43p
32. Vanegas Aguirre, Y. E. (2020). *Determinación de factores de resistencia para cimentaciones superficiales y profundas, a nivel local*. [Tesis de maestría]. Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, Colombia.

ANEXOS

ANEXO 01 – Matriz de consistencia.

ANEXO 02 – Resultados de ensayos.

ANEXO 03 – Calculo de la capacidad portante admisible.

ANEXO 04 – Plano de Calicatas

Anexo 01: Matriz de consistencia

PROBLEMA	II. OBJETIVO	III. HIPÓTESIS	IV: VARIABLES	V. METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿En que difieren los métodos de Terzagui y Meyerhof en la determinación de la capacidad portante admisible del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>a) ¿Cuál será el valor de la capacidad portante admisible mediante el método de Terzagui según las características del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo?</p> <p>b) ¿Cuál será el valor de la capacidad portante admisible mediante el método de Meyerhof según las características del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Realizar un estudio comparativo de la capacidad portante admisible por los métodos de Terzagui y Meyerhof según las características del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICO</p> <p>a) Determinar el valor de la capacidad portante admisible mediante el método de Terzagui según las características del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo.</p> <p>b) Determinar el valor de la capacidad portante admisible mediante el método de Meyerhof según las características del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>El método de Terzagui es más conservador que el método de Meyerhof en la determinación de la capacidad portante admisible del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>a) La aplicación del método de Terzagui permite determinar el valor de la capacidad portante admisible según las características del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo.</p> <p>b) La aplicación del método de Meyerhof permite determinar el valor de la capacidad portante admisible según las características del suelo de fundación del proyecto Hospital El Carmen, Huancayo.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>X = Capacidad portante admisible.</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Y = Teorías de capacidad de carga.</p>	<p>METODO GENERAL: Científico.</p> <p>TIPO DE INVESTIGACION: Aplicada.</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACION: Descriptivo - explicativo.</p> <p>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: No experimental.</p>

