



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL ESTUDIO DEL DISEÑO DE CIMENTACIONES  
SUPERFICIALES EN EDIFICIOS DE 5 O MÁS NIVELES EN CIUDAD DE GUATEMALA DE  
ACUERDO CON LA NORMA AGIES NSE 2 2018**

**Iram Abel Luna Montejo**

Asesorado por el M. Sc. Ing. Luis Estuardo Saravia Ramírez

Guatemala, enero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL ESTUDIO DEL DISEÑO DE CIMENTACIONES  
SUPERFICIALES EN EDIFICIOS DE 5 O MÁS NIVELES EN CIUDAD DE GUATEMALA DE  
ACUERDO CON LA NORMA AGIES NSE 2 2018**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**IRAM ABEL LUNA MONTEJO**

ASESORADO POR EL M. SC. ING. LUIS ESTUARDO SARAVIA RAMÍREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, ENERO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Darío Francisco Lucas Mazariegos
EXAMINADOR	Ing. José Mauricio Arriola Donis
EXAMINADORA	Inga. Karla Giovanna Pérez Loarca
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL ESTUDIO DEL DISEÑO DE CIMENTACIONES  
SUPERFICIALES EN EDIFICIOS DE 5 O MÁS NIVELES EN CIUDAD DE GUATEMALA DE  
ACUERDO CON LA NORMA AGIES NSE 2 2018**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado, con fecha 11 de noviembre de 2022.

**Iram Abel Luna Montejo**



EEPFI-PP-1819-2022

Guatemala, 11 de noviembre de 2022

Director  
Armando Fuentes Roca  
Escuela De Ingeniería Civil  
Presente.

Estimado Mtro. Fuentes

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL ESTUDIO DEL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EDIFICIOS DE 5 O MÁS NIVELES EN CIUDAD DE GUATEMALA DE ACUERDO CON LA NORMA AGIES NSE 2 2018**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Cimentaciones Especiales - Aplicaciones**, presentado por el estudiante **Iram Abel Luna Montejo** carné número **200517900**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en CIENCIAS en Ingeniería Geotécnica.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

Mtro. Luis Estuardo Saravia Ramirez  
Asesor(a)  
LUIS ESTUARDO SARAVIA RAMIREZ  
M. Sc. Ing. Civil  
Colegiado 3988

Mtro. Armando Fuentes Roca  
Coordinador(a) de Maestría



Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería





EEP.EIC.1469.2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL ESTUDIO DEL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EDIFICIOS DE 5 O MÁS NIVELES EN CIUDAD DE GUATEMALA DE ACUERDO CON LA NORMA AGIES NSE 2 2018**, presentado por el estudiante universitario **Iram Abel Luna Montejo**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Mtro. Armando Fuentes Roca  
Director  
Escuela De Ingenieria Civil


Guatemala, noviembre de 2022




LNG.DECANATO.OI.121.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL ESTUDIO DEL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EDIFICIOS DE 5 O MÁS NIVELES EN CIUDAD DE GUATEMALA DE ACUERDO CON LA NORMA AGIES NSE 2 2018**, presentado por: **Iram Abel Luna Montejo**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, enero de 2023

AACE/gaoc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por que sin yo saberlo, él me estaba preparando desde niño para lograr este título.
- Mis padres** María Montejo y Mario Luna por darme el apoyo moral cuando más lo necesité y por tenerme siempre en sus oraciones. Este triunfo es para ustedes.
- Mis hermanos** Ervin Luna, Fredy Luna, por ser parte importante en mi vida y ser ejemplos de lucha y perseverancia. Gracias por inspirarme y motivarme cada día.
- Mis abuelos** Teresa de Jesús Fuego (q. e. p. d.) y Feliciano Montejo Mendoza, por guiarme en el camino correcto con sus sabios consejos. Este triunfo también es para ustedes.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por permitirme formarme como profesional y porque de no existir, no hubiese podido estudiar una carrera universitaria.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por darme conocimientos valiosos que podré aplicar en el ejercicio de mi profesión.
<b>Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería</b>	Por permitirme expandir mis conocimientos y por medio de ello, alcanzar una nueva meta académica.
<b>Mis amigos</b>	Por apoyarme y motivarme para terminar mis estudios.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	11
3.1. Contexto general .....	11
3.2. Descripción del problema .....	11
3.3. Formulación del problema .....	12
4. JUSTIFICACIÓN .....	15
5. OBJETIVOS .....	17
5.1. General.....	17
5.2. Específicos .....	17
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN .....	19
7. MARCO TEÓRICO.....	21
7.1. Cimentaciones.....	21
7.2. Cimentaciones superficiales .....	22
7.3. Tipos de cimentaciones superficiales .....	23

7.3.1.	Cimiento o zapata corrida.....	23
7.3.2.	Zapata aislada.....	24
7.3.3.	Zapata combinada.....	25
7.3.4.	Zapata combinada sin viga rígida.....	26
7.3.5.	Zapata combinada con viga rígida .....	26
7.3.6.	Losa de cimentación .....	27
7.4.	Capacidad de carga .....	28
7.4.1.	Falla por corte general .....	29
7.4.2.	Falla por corte local .....	29
7.4.3.	Falla por punzonamiento .....	30
7.5.	Teoría de la capacidad de carga de Terzaghi .....	31
7.6.	Teoría de capacidad de carga de Meyerhof.....	36
7.6.1.	Factores de capacidad de carga .....	37
7.6.2.	Factores de forma .....	39
7.6.3.	Factores de profundidad.....	39
7.6.4.	Factores de inclinación.....	40
7.7.	Factor de seguridad y capacidad de carga admisible .....	40
8.	HIPÓTESIS.....	43
8.1.	Definición conceptual .....	43
8.2.	Definición operacional.....	43
9.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	45
10.	METODOLOGÍA .....	49
10.1.	Tipo de investigación.....	49
10.1.1.	Propósito .....	49
10.1.2.	Alcance.....	49
10.1.3.	Enfoque.....	50

	10.1.4.	Temporalidad.....	50
	10.1.5.	Diseño de investigación.....	50
10.2.		Variables.....	50
	10.2.1.	Variable a analizar.....	50
	10.2.2.	Definición conceptual.....	51
10.3.		Técnicas a considerar.....	51
	10.3.1.	Sondeo exploratorio <i>in situ</i> .....	51
	10.3.2.	Pozos a cielo abierto (calicatas).....	51
10.4.		Instrumentos.....	52
10.5.		Fases de la investigación.....	52
	10.5.1.	Fase 1.....	52
	10.5.2.	Fase 2.....	53
	10.5.3.	Fase 3.....	53
	10.5.4.	Fase 4.....	54
	10.5.5.	Fase 5.....	54
11.		TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	55
12.		CRONOGRAMA.....	57
13.		FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO.....	59
	13.1.	Equipo y materiales.....	59
	13.2.	Recurso humano.....	59
	13.3.	Recurso financiero.....	59
	13.4.	Recurso tecnológico.....	60
14.		REFERENCIAS.....	61



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Falla por corte general .....	22
2.	Zapata corrida .....	24
3.	Zapata aislada.....	25
4.	Zapata combinada sin viga rígida.....	26
5.	Zapata combinada con viga rígida .....	27
6.	Falla por corte general .....	29
7.	Falla por corte local .....	30
8.	Falla por punzonamiento .....	31
9.	Falla por capacidad de carga en un suelo bajo una cimentación rígida corrida .....	32
10.	Cronograma .....	57

### TABLAS

I.	Factores de capacidad de carga de Terzaghi .....	34
II.	Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi .....	36
III.	Factores de capacidad de carga para la teoría de Meyerhof .....	38
IV.	Definición operacional de variable .....	43
V.	Presupuesto .....	59



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>B</b>	Ancho de la cimentación
<b><math>\phi</math></b>	Ángulo de fricción del suelo
<b><math>q_{adm}</math></b>	Capacidad de carga admisible
<b><math>q_{neta}</math></b>	Capacidad de carga última neta
<b><math>q_u</math></b>	Capacidad de carga última
<b><math>K_{py}</math></b>	Coefficiente de empuje pasivo del suelo
<b><math>c'</math></b>	Cohesión del suelo
<b>q</b>	Esfuerzo efectivo en la profundidad de la cimentación
<b>FS</b>	Factor de seguridad
<b><math>N'_c, N'_q, N'_\gamma</math></b>	Factores de capacidad de carga modificados
<b><math>N_c, N_q, N_\gamma</math></b>	Factores de capacidad de carga
<b><math>F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}</math></b>	Factores de forma de la cimentación
<b><math>F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}</math></b>	Factores de inclinación de carga sobre la cimentación
<b><math>F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}</math></b>	Factores de profundidad de la cimentación
<b><math>\gamma</math></b>	Peso específico del suelo
<b>Df</b>	Profundidad de la cimentación





## **GLOSARIO**

<b>AGIES</b>	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, es una entidad privada no lucrativa, cultural, académica, gremial formativa y científica que promueve la investigación y divulgación de conocimientos científicos y tecnológicos en el campo de las estructuras, la sismología y áreas afines, así como el mejoramiento de los niveles docentes y profesionales en dichos campos, y el mejor y mayor uso de los recursos materiales y humanos conexos con el mismo.
<b>Análisis granulométrico</b>	Análisis de las proporciones relativas para dimensionar las partículas de materiales granulares, las cuales estarán comprendidas en rangos definidos de diámetro, mediante un proceso de separación utilizando tamices de XVI distintas aberturas o bien a través de la exploración por medios visuales. (Normas ASTM D422 y D1140).
<b>Calicata</b>	Son una de las técnicas de prospección empleadas para facilitar el reconocimiento geotécnico, estudios edafológicos o pedológicos de un terreno. Son excavaciones de profundidad pequeña a media, realizadas normalmente con pala retroexcavadora.

<b>Caracterización</b>	Determinar los atributos peculiares de alguien o de algo, de modo que claramente se distinga de los demás.
<b>Cohesión</b>	Resistencia al corte de los suelos expresado por c. Siendo la cohesión un distintivo propio de los materiales donde sus partículas se mantienen unidas, por los esfuerzos internos a las que están sometidos.
<b>Estudio geotécnico</b>	Generación y evaluación de la información sobre las características de un terreno, dirigidas a mejorar las condiciones de una obra y el diseño de sus cimentaciones o bien su análisis de estabilidad en taludes para su conservación.
<b>Geotecnia</b>	Parte de la geología aplicada que estudia la composición y propiedades de la zona más superficial de la corteza terrestre, para el asiento de todo tipo de construcciones y obras públicas.
<b>Muestra</b>	Fracción de material que se extrae para determinar sus propiedades o bien las características ya sea parcial o en su totalidad.
<b>Muestra inalterada</b>	Muestra de suelo obtenida de un pozo de tal forma que esta mantiene sus propiedades mecánicas y características físicas en todo momento.
<b>NSE</b>	Norma de Seguridad Estructural.

# 1. INTRODUCCIÓN

El uso de normativas de seguridad estructural para el desarrollo de proyectos de construcción es de suma importancia, ya que, por medio de estas se establecen los parámetros mínimos para el análisis y diseño de elementos estructurales de una edificación, que estarán sometidos a un evento sísmico en algún momento.

En los últimos años, en la ciudad de Guatemala, ha habido un incremento en el desarrollo de proyectos de edificios de 5 o más niveles, que en muchos casos son de tipo habitacional, lo cual se debe a la demanda de vivienda en la población, lo cual viene a ser una solución importante para cubrir esta necesidad.

Sin embargo, en el año 2021, la Coordinadora para la Reducción de Desastres, a través del acuerdo gubernativo 01-2021, eliminó la obligatoriedad de la aplicación de las Normas de Seguridad Estructural (NSE) 2018 a las edificaciones con categorías Utilitarias y Ordinarias, la cuales comprenden, por poner un ejemplo, hasta edificios de 6 niveles y que podrían albergar hasta 300 personas, con alta vulnerabilidad y riesgo sobre sus ocupantes. (Comunicado AGIES, julio 21,2021)

En la presente investigación se pretende demostrar la importancia del uso de la normativa AGIES NSE 2 2018 Demandas Estructurales y Condiciones de Sitio, Capítulo 9, aplicado al diseño de cimientos, en el que se analiza un caso real de un edificio existente de 5 o más niveles, dado en la Ciudad de Guatemala y donde se aplican los lineamientos y la verificación del cumplimiento de esta haciendo uso de datos geotécnicos del sitio.



## 2. ANTECEDENTES

La importancia de la aplicación de las normas de seguridad estructural se debe a la alta vulnerabilidad sísmica de la región. Históricamente, se sabe que han existido distintos eventos, que han provocado daños estructurales en edificaciones, por causa de fallas en elementos de resistencia lateral o bien por asentamientos en las bases de los cimientos, las cuales son capaces de colapsar estructuras de gran tamaño y que ponen en riesgo la vida de sus ocupantes.

Para la realización de un diseño de cimentación, se debe de contar un estudio geotécnico, por medio del cual se obtienen datos relevantes concernientes al suelo, en donde irán las bases de la edificación. Sin embargo, en la ciudad de Guatemala, se han dado casos en donde se realizan edificaciones sin asesoría de un profesional especialista, que vele por el cumplimiento de las normativas de seguridad estructural del proyecto. Como parte de la presente investigación se tienen de referencia los siguientes antecedentes.

Como aporte en el ámbito de la geotecnia, AGIES (2018), desarrolló una nueva actualización del documento *Normas de Seguridad Estructural para Guatemala NSE 2.1 Estudios Geotécnicos*, en donde se dan los “lineamientos geotécnicos que se deben de tomar en cuenta en el análisis y diseño de cimentaciones, así también se establecen los parámetros mecánicos del suelo para el desarrollo de edificaciones, obras de infraestructura y estabilidad de taludes y laderas”. (p.1-50)

Así mismo AGIES (2018), desarrolla una nueva versión del documento *Normas de Seguridad Estructural para Guatemala NSE 2 Demandas Estructurales y Condiciones de Sitio*, en donde:

Se establecen los niveles mínimos de protección sísmica para el diseño de edificaciones, así también, en el capítulo 9, se dan los lineamientos para diseño de cimientos, lo cual es de beneficio para el diseñador, ya que establece los parámetros mínimos que deben de cumplir dichos elementos estructurales. (p. 1-110)

Con relación a diseño de cimentaciones, Pérez (2022) en su investigación *Diseño estructural de la cimentación superficial más adecuado en la IEP. Miguel Grau de la ciudad de Puno 2022*, en donde realiza:

Una comparativa entre cimentaciones con zapatas aisladas, combinadas y losas de cimentación en la que se busca la más adecuada para una edificación, tomando en consideración que en la mayoría de edificaciones del sector las cimentaciones más comunes son zapatas aisladas. (p. VIII)

Loeza (2019) en su investigación *Revisión de criterios para el diseño por capacidad de cimentaciones de edificios de concreto reforzado*, busca “validar las recomendaciones de norma para el diseño de cimentaciones y generar criterios de diseño de cimentaciones en edificaciones de concreto armado que han sido realizados por el método de diseño por capacidad, considerando la interacción suelo estructura”. (p.10)

Quispe (2022) en su investigación *Influencia del efecto geotécnico en cimentaciones para la respuesta sísmica de edificación en concreto armado 08 pisos - Lima - Perú 2022*, determina la respuesta sísmica de una edificación de

concreto reforzado de 8 niveles, haciendo uso del programa de diseño ETABS y su interacción con diferentes condiciones de suelo. Entre los resultados obtenidos se pudo observar que la cortante basal y las deformaciones laterales disminuyen conforme la condición del suelo mejora.

Sosa (2021) en su tesis de licenciatura que lleva por título *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-Huánaco 2020*, realiza una comparativa de la “capacidad de carga admisible en cimentaciones superficiales por medio de los métodos de Terzaghi y Meyerhof, aplicando una metodología a nivel descriptivo y de diseño no experimental”. (p. X)

Dentro de los resultados obtenidos se determinó que para el diseño de cimentaciones superficiales, el método de Terzagui proporciona valores más conservadores en comparación con el método de Meyerhof.

Castro (2022) en su investigación *Análisis Comparativo entre la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC (2015) y la Norma Oficial Mexicana (2019), para el Diseño de Cimentaciones*, realiza una comparativa en análisis y diseño de cimentaciones, haciendo uso de la norma ecuatoriana y la norma mexicana, por medio del modelado de una edificación sismo resistente de 13 pisos, apoyándose del programa ETABS. Se resalta dentro los resultados la evidencia del proceso de diseño de una zapata aislada.

García (2021) en su tesis de licenciatura titulada *Importancia de los resultados obtenidos mediante el ensayo de penetración estándar en el diseño de las cimentaciones superficiales*, realiza la relevancia de “los resultados del



ensayo de penetración estándar (SPT) y su aplicación en el diseño de cimentaciones superficiales, así también las diversas correlaciones que se pueden dar con el número de golpes, tanto en suelos cohesivos como en no cohesivos”. (p. XII)

Dentro de los resultados se resaltan las correlaciones que se puedan dar con el número de golpes y el suelo, tales como la cohesión, cohesión no drenada, ángulo de fricción, módulo elástico, coeficiente de balasto y capacidad admisible.

Morales, (2018), en su tesis de investigación *Alternativas de cimentaciones superficiales para edificaciones cimentadas en un terreno con asentamiento diferencial*, busca hallar alternativas en el diseño de cimentaciones superficiales sobre suelos con asentamiento diferencial tomando como referencia un edificio existente de 12 pisos existente, el cual presenta asentamientos diferenciales. “Para realizar la validación se aplicó la metodología de Terzaghi y dentro de los resultados obtenidos se tiene que las zapatas conectadas con áreas menores al 50% del área total de la cimentación, tienden a ser la solución mas conveniente”. (p. 4-5)

Velásquez (2018), en su investigación *Eficiencia teórica de cuatro tipos de cimentación superficial para una institución educativa*, realiza un estudio para “determinar la eficiencia teórica de cuatro tipos de cimentaciones superficiales, en la cual se analizan los asentamientos y las reacciones ante las cargas de servicio” (p.xii).

Dentro de los resultados obtenidos, se resalta la eficiencia de las zapatas conectadas, las cuales responden adecuadamente ante la acción de las cargas actuantes.

Palaco y Rodríguez (2022), en su proyecto de investigación *Influencia de la capacidad portante del suelo en el análisis y diseño de una edificación de concreto armado, Tacna, 2022*, evaluaron la influencia de:

La capacidad portante del suelo en el análisis y diseño de una edificación de 5 pisos haciendo uso de las normas de diseño de concreto armado y cimentaciones, así también de un estudio de suelos del cual se obtuvieron datos como capacidad portante y parámetros sísmicos.

De los resultados se determinó que la capacidad portante del suelo para el análisis sísmico y diseño de elementos principales, tiene influencia indirecta e influencia directa para el caso del diseño de cimentaciones. (p. XXI)

Crisanto (2020), en su investigación *Capacidades admisibles de los suelos mediante análisis granulométrico para cimentaciones superficiales en la ciudad de Piura. 2020*, analiza:

Las capacidades admisibles de las cimentaciones superficiales de la ciudad de Piura por medio de análisis granulométricos de suelos utilizando los métodos de Terzaghi y Vesic. Los resultados se determinaron que los suelos arenosos y limosos comparten características físicas similares, con lo cual pueden relacionarse sus parámetros físicos, haciendo uso del ensayo de granulometría para obtener el ángulo de fricción interna. (p. IX)

Solórzano (2021) desarrolló la tesis de investigación que lleva por título *Análisis comparativo de cimentaciones superficiales en un edificio sismo resistente de concreto armado con sótano y otro similar sin sótano*, en la cual demuestra:

La influencia de los sótanos en una edificación sismo resistente y sobre todo en el diseño de las cimentaciones superficiales tomando como referencia las normas estructurales. También señala que dentro de los resultados obtenidos se tiene que la presencia de los sótanos en una edificación de varios pisos mejora el desempeño estructural de la cimentación. (p. XIII)

Escobar y Guim (2019) en su investigación *Comparación de metodologías de análisis en el diseño geotécnico-estructural de cimentaciones superficiales en depósitos con suelos blandos*, realiza:

Una comparación de tres metodologías de análisis geotécnico-estructural para cimentaciones superficiales, entre ellas la metodología convencional, método Winkler y Método por Elementos finitos. Dentro de los resultados obtenidos se tiene que el método convencional es bastante conservador, el método Winkler poco preciso y el Método de Elementos Finitos necesita un análisis experimentado. (p. 102)

Poma y Flores (2021) desarrollaron la tesis de investigación *Análisis comparativo en la estimación de la capacidad portante de un suelo cohesivo para diferentes tipos de cimentaciones superficiales, usando ecuaciones de cálculo y ensayo SPT según las características físico mecánicas del sector Tambocancha – Chinchero*, la cual tiene por objetivo realiza:

Un análisis comparativo de la estimación de la capacidad portante usando 4 ecuaciones de cálculo para diseño de cimentaciones superficiales y un ensayo SPT, dichas ecuaciones pertenecen a: Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic. Las ecuaciones de cálculo tienen un valor mayor de

capacidad admisible obtenido con respecto a los resultados del ensayo SPT. (p. 3)

Como ha quedado ampliamente demostrado en los trabajos citados, algunos han comparado la capacidad portante de diferentes tipos de cimentaciones superficiales, según métodos conocidos en la materia, para demostrar su desempeño en edificios de cinco o más plantas o superior. en edificaciones Ingeniería geotécnica, como Terzaghi, Meyerhof, Vesic, etc., sin embargo, no se encontró evidencia que demuestre la capacidad portante de las cimentaciones superficiales de edificaciones existentes, mediante ensayos de campo y laboratorio para obtener los datos geotécnicos del sitio, los cuales fue diseñado para ser llevado a cabo en este estudio.



### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1. Contexto general**

En la ciudad de Guatemala, en los últimos años, ha habido un incremento en la construcción informal de edificios de 5 o más niveles, lo cual en mucho de los casos se ha venido realizando sin información geotécnica del lugar que asegure el diseño de las cimentaciones y, por consiguiente, la integridad de la edificación.

El uso de normativas de seguridad estructural para el diseño de cimentaciones es de suma importancia para garantizar la integridad de los elementos portantes de una edificación ya que con esto se garantiza poder cumplir al menos con los parámetros mínimos, lo cual minimiza el riesgo de colapso de una edificación por una cimentación inadecuada.

#### **3.2. Descripción del problema**

Las cimentaciones en edificios de 5 o más niveles, deben cumplir al menos con los parámetros mínimos de diseño, para evitar riesgos potenciales de colapso en la estructura, para esto es necesario hacer uso de las normativas de seguridad estructural.

El objetivo de la presente investigación es dar a conocer la importancia del uso de la normativa AGIES NSE 2 2018 y su aplicación en cimentaciones superficiales en un caso real dado en la ciudad de Guatemala.

### 3.3. Formulación del problema

De acuerdo con el problema descrito, se identifican los parámetros más importantes dentro de la norma AGIES NSE 2 2018, con el fin de plantear las interrogantes que sean necesarias para el abordaje del mismo.

- Pregunta central

¿Cuál es el factor de seguridad del suelo con base en las presiones admisibles y la capacidad soporte de la cimentación superficial de un edificio existente de 5 o más niveles, en condiciones de servicio, con información geotécnica del sitio?

- Preguntas específicas

- ¿De qué manera influyen las propiedades geotécnicas del suelo en la determinación de la capacidad soporte de la cimentación superficial del caso en estudio?
- ¿Cuál metodología entre Terzaghi y Meyerhof proporcionará una capacidad soporte superior para la cimentación superficial del caso en estudio?
- ¿De qué forma influyen las presiones admisibles resultantes de las combinaciones de carga de la sección 9.2, de la norma AGIES NSE 2 2018 en la geometría de la cimentación superficial del caso en estudio?

- ¿Cómo influye el factor  $KT$  en la capacidad soporte admisible, durante cargas transitorias, de la cimentación superficial del caso en estudio?





## 4. JUSTIFICACIÓN

En la ciudad de Guatemala ha habido un incremento en la construcción de edificaciones de 5 o más niveles, los cuáles en algún momento podrán llegar a albergar hasta más de 300 personas, lo cual supondrá en algún momento, un riesgo para el usuario si este no cumpliera con los requisitos mínimos de diseño.

La presente investigación es de suma importancia, ya que pretende promover el uso adecuado de la norma AGIES NSE 2 2018, para el diseño de cimentaciones y con esto asegurar, en buena parte, la capacidad de los elementos estructurales que interactuarán entre el suelo y la edificación.

El beneficio en el uso de normativas de diseño es hacia los usuarios finales de la edificación, ya que, por medio de la aplicación de los parámetros mínimos de diseño, se minimiza el riesgo de colapso de los elementos estructurales ante un evento sísmico.

Esta investigación tendrá un gran aporte hacia la comunidad profesional, que práctica la ingeniería geotécnica, ingeniería estructural, entes municipales y, sobre todo, hacia el bien común de la población. Por medio de esta se podrá hacer conciencia de los riesgos que se corren, al hacer uso de una edificación que no cumple con parámetros mínimos de diseño de cimentaciones, lo cual es parte vital de las estructuras.



## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Calcular el factor de seguridad del suelo con base en las presiones admisibles y la capacidad soporte de la cimentación superficial de un edificio existente de 5 o más niveles, en condiciones de servicio, con información geotécnica del sitio.

### **5.2. Específicos**

- Identificar las propiedades geotécnicas del suelo y su influencia, en la determinación de la capacidad soporte, de la cimentación superficial del caso en estudio.
- Determinar la capacidad soporte de la cimentación superficial del caso en estudio, por medio de los métodos de Terzaghi y Meyerhof.
- Evaluar la geometría de la cimentación superficial del caso en estudio, con respecto a las presiones admisibles resultantes de las combinaciones de carga, de la sección 9.2 de la norma AGIES NSE 2 2018.
- Evaluar la capacidad soporte admisible de la cimentación superficial del caso en estudio, durante cargas transitorias, haciendo uso del factor KT.



## **6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN**

El presente estudio se encuentra definido sobre la línea de investigación de cimentaciones especiales y es de tipo descriptivo, ya que por medio de una fuente de campo o no experimental, se definirá si los valores encontrados en una cimentación en sitio se encuentran dentro de los parámetros mínimos de diseño de la norma AGIES NSE 2 2018.

Por medio de un estudio geotécnico tipo 2, se obtendrán datos del lugar y con estos valores se realizará el diseño de una cimentación, que vaya de acuerdo con los parámetros de la norma AGIES NSE 2 2018. Se podrá inferir una capacidad aproximada de la cimentación en sitio, lo cual se podrá comparar con el dato obtenido a partir de cálculos reales, haciendo uso de información del lugar y uso de la normativa antes mencionada.

Esta investigación pretende brindar un aporte a la población, ya que, a partir de los datos obtenidos, se podrá hacer conciencia del uso de las normativas de diseño, las cuales son relevantes en edificios con alta vulnerabilidad.



## 7. MARCO TEÓRICO

### 7.1. Cimentaciones

Escobar y Guim (2019) en su trabajo de titulación a nivel licenciatura emplean la siguiente definición:

La cimentación es el elemento que permite transmitir las cargas que soporta la subestructura al suelo. Su análisis y diseño debe efectuarse de modo tal que el esfuerzo de contacto no sobrepase la capacidad portante del suelo utilizando factores de seguridad adecuados y normados. (p. 5)

Así también, con respecto a las cimentaciones hacen la siguiente anotación:

La distribución de esfuerzos depende no solo de las propiedades físicas y elásticas del suelo y de la cimentación sino también del sistema de cargas aplicado. El buen funcionamiento de la cimentación dependerá de la correcta determinación de las propiedades del suelo y del correcto diseño de la subestructura. (Escobar y Guim, 2019, p. 5)

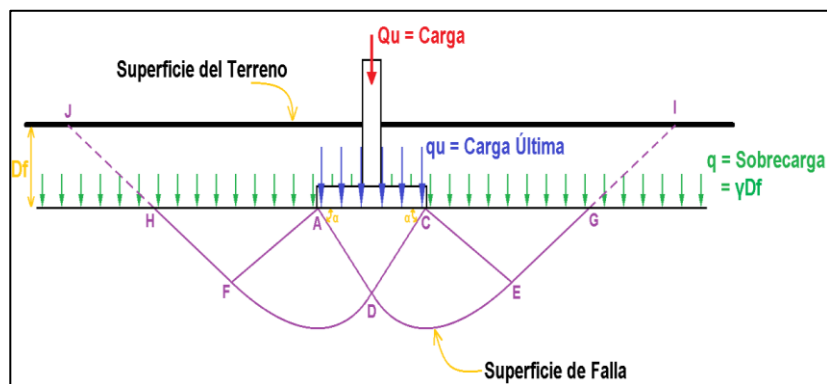
En resumen, una cimentación es un elemento estructural que tiene como función, la transmisión de cargas de una superestructura al suelo. Una cimentación tiene gran importancia, ya que se encarga de soportar una edificación, considerando la capacidad portante y las deformaciones del suelo.

Cordero (2018) con relación a cimentaciones indica que:



A la hora de diseñar una cimentación hay que tener muy en cuenta las características del terreno en el que nos encontramos. Teniendo en cuentas las características y el tipo de estructura prevista se llevará a cabo el tipo de cimentación que sea más adecuado. (p. 29)

Figura 1. **Falla por corte general**



Fuente: Cossio. (2009). *Diseño Geotécnico*. Consultado el 30 de abril de 2022. Recuperado de [http://icc.ucv.cl/geotecnia/03\\_docencia/02\\_laboratorio/manual\\_laboratorio/compression\\_no\\_confinada.pdf](http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/02_laboratorio/manual_laboratorio/compression_no_confinada.pdf).

Las cimentaciones, por su forma de transmisión de cargas al suelo, pueden ser superficiales y profundas. La presente investigación, se limitará a las cimentaciones superficiales, por ser lo más utilizado en la región en la construcción de edificaciones.

## 7.2. Cimentaciones superficiales

Las cimentaciones superficiales se definen por su geometría, en donde la profundidad del desplante no sobrepasa el doble del ancho de la misma. Son capaces de transmitir las cargas o esfuerzos inducidos por la superestructura al suelo.

Escobar y Guim (2019) en su tesis de licenciatura con respecto a cimentaciones superficiales mencionan que “En las cimentaciones superficiales la profundidad del cimiento es pequeña, es decir, esta se encuentra sobre los primeros estratos del suelo debido a sus aceptables propiedades mecánicas o porque la subestructura no representa un peso significativo”. (p. 6)

Mejía y Chu (2022) en su tesis de licenciatura definen las cimentaciones superficiales como “aquellas que tienen una razón de profundidad de empotramiento a ancho de aproximadamente menor de cuatro; como las zapatas corridas y losas de cimentación”. (p. 54)

### **7.3. Tipos de cimentaciones superficiales**

Las cimentaciones superficiales se pueden derivar en varios tipos, entre ellas se hallan las siguientes:

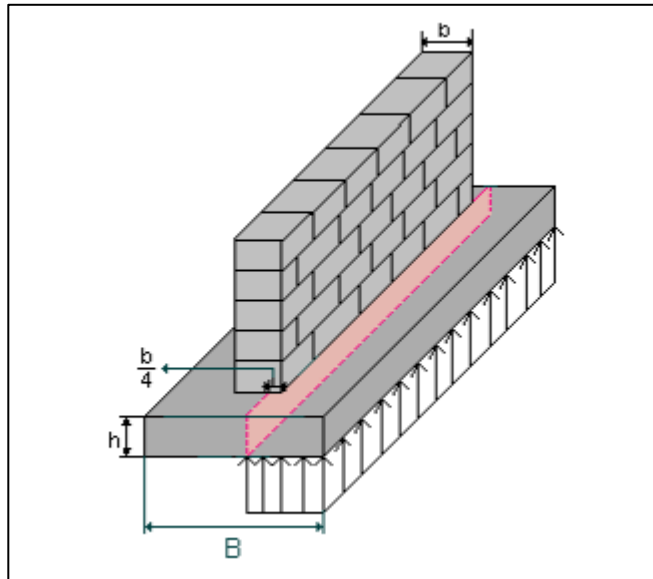
- Lineales: cimiento o zapata corrida
- Puntuales: zapata aislada, combinada
- Superficiales: losa de cimentación

#### **7.3.1. Cimiento o zapata corrida**

Cimentación utilizada comúnmente en sistemas de mampostería y es la que se encarga de distribuir la carga de los muros hacia el suelo.

Pinzón y Villafañe (2022), lo definen como “la que se utiliza cuando se quiere transmitir las cargas que soporta un muro al suelo. Su principal característica es que el cimiento tiene la misma o un poco más de longitud que el muro”. (p.30)

Figura 2. **Zapata corrida**



Fuente: Garza. (2004). *Diseño de estructuras de cimentación de acuerdo a NSR-10*. Consultado el 30 de abril de 2022. Recuperado de <https://topodata.com/wp-content/uploads/2019/09/DISEÑO-DE-ESTRUCTURAS-DE-CIMENTACION.pdf>.

### 7.3.2. **Zapata aislada**

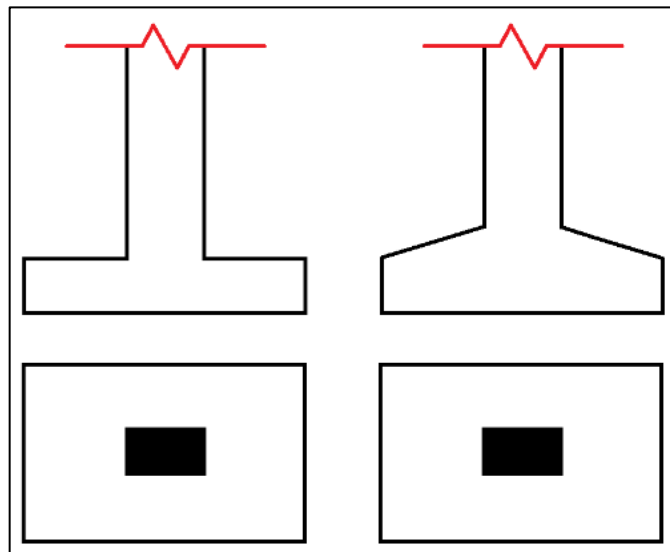
La zapata aislada es aquella que recibe la carga puntual de una columna, que proviene de un sistema de resistencia lateral y la transmite al suelo. Las zapatas aisladas son utilizadas mayormente en marcos de concreto reforzado como puntos de apoyo sobre el suelo.

Olarte y Ureta (2019) definen una zapata aislada de la siguiente manera:

Es el tipo de zapata más usado. Son elementos estructurales que reciben un solo sistema de carga, que transmite un muro o columna, además de

su peso propio, en una determinada área de terreno. Una zapata aislada, en una estructura puede ser concéntrica, medianera o esquinera. (p. 54)

Figura 3. **Zapata aislada**



Fuente: UPM. (2013). *Cimentaciones*.

### 7.3.3. **Zapata combinada**

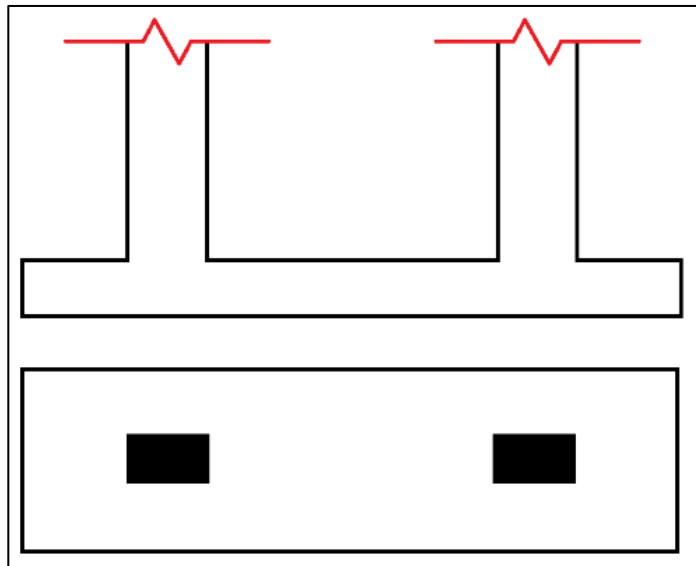
Este tipo de cimentación se utiliza cuando se tiene limitantes de propiedad, en estos casos las columnas exteriores inducen excentricidades en la zapata que no pueden ser controladas por la columna. Los esfuerzos tienden a incrementar y superar la capacidad portante del suelo, ya que la presión en el suelo no es uniforme.

“La zapata combinada es aquella sobre la que se apoyan dos o más columnas, siempre que las cargas no sean muy grandes”. (Piqueras, 2020, p. 18)

#### 7.3.4. Zapata combinada sin viga rígida

Este tipo de cimentación funciona como una losa invertida, con columnas de apoyo, es decir que en la losa se generan esfuerzos cortantes y momentos flectores.

Figura 4. Zapata combinada sin viga rígida

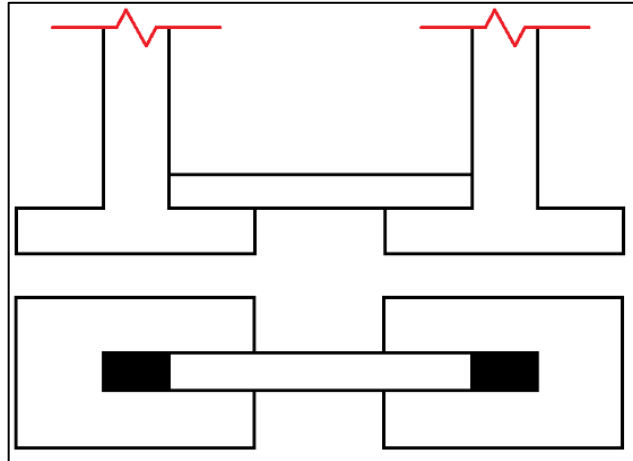


Fuente: UPM. (2013). *Cimentaciones*.

#### 7.3.5. Zapata combinada con viga rígida

En estas zapatas, las columnas están conectadas entre sí por vigas rígidas. La función de la viga es absorber el momento flector y el esfuerzo cortante en la dirección longitudinal de la cimentación, y en la dirección transversal por la placa. (UPM, 2013, p. 25)

Figura 5. **Zapata combinada con viga rígida**



Fuente: UPM. (2013). *Cimentaciones*.

### 7.3.6. **Losa de cimentación**

Las losas de cimentación son muy utilizadas en edificios donde la resistencia del suelo es baja y la carga aplicada por la estructura es superior a este valor. Este tipo de cimentación no es más que una losa de hormigón armado que resiste las cargas de muros, columnas, pisos y todo lo que conforma la estructura del edificio y se encarga de distribuirlas sobre el terreno en todo el recinto. (UPM, 2013, p. 26)

La losa de cimentación por tener mayor rigidez y mejor comportamiento estructural disminuye los asentamientos diferenciales, lo cual puede ser significativo comparado con otros tipos de cimentación.

La analogía de este tipo de cimentación son los entrepisos invertidos, en donde las reacciones del suelo actúan como cargas distribuidas de abajo hacia arriba, en donde las columnas y muros hacen la función de apoyos.

Estas cimentaciones se pueden clasificar en dos tipos:

- **Directas:** son aquellas que se apoyan toda su área a cualquier profundidad del suelo.
- **Flotantes:** Se basa en el principio de Arquímedes, que para este caso consiste en situar la placa a cierta profundidad tal que el peso del suelo extraído sea igual al que trasmite la cimentación. Se utiliza comúnmente en lugares con nivel freático profundo o en suelos secos.

#### **7.4. Capacidad de carga**

La capacidad de carga del suelo es la máxima presión que puede soportar el suelo sin que sufra daños, ni asentamientos excesivos. Cuando excede este valor, el suelo falla teniendo deformaciones considerables como grietas y fisuras en la estructura pudiendo provocar el colapso de la edificación. (Escobar y Guim, 2019, p. 8)

AGIES (2018) define la capacidad soporte permisible como “el máximo esfuerzo al que puede someterse el suelo bajo la acción de cargas de servicio”. (p. 74)

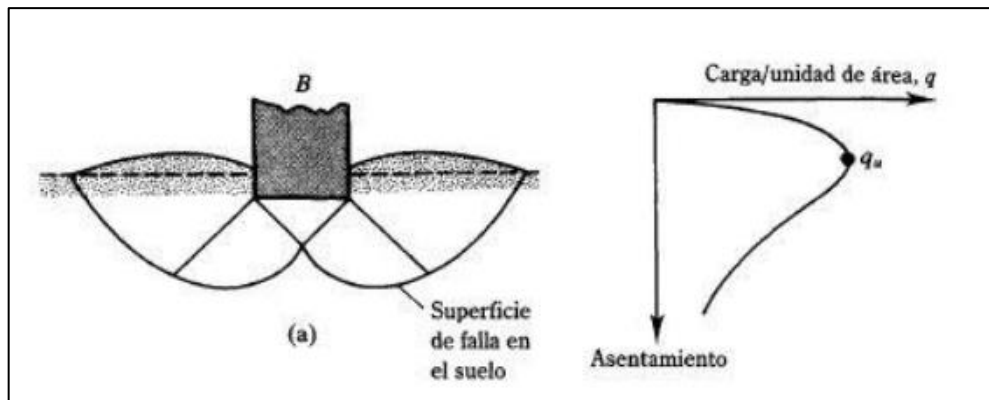
Los tres tipos de falla más comunes que se pueden presentar en una cimentación superficial son las siguientes:

### 7.4.1. Falla por corte general

Se enfoca en tipos de suelo como arenas densas y arcillas rígidas, es aquí donde la visibilidad de la actividad una superficie de deslizamiento continuo dentro del área de cimentación, el cual tiene inicio en su borde y este avanza hasta la superficie del terreno. (Fuentes, 2021, p. 25)

Farina y Huapaya (2019), con relación al mismo tema mencionan que “este es el modo de falla más común en cimentaciones superficiales. Se produce en suelos de baja o media compresibilidad como las arenas densas y las arcillas saturadas”. (p. 43)

Figura 6. Falla por corte general



Fuente: Crespo. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*.

### 7.4.2. Falla por corte local

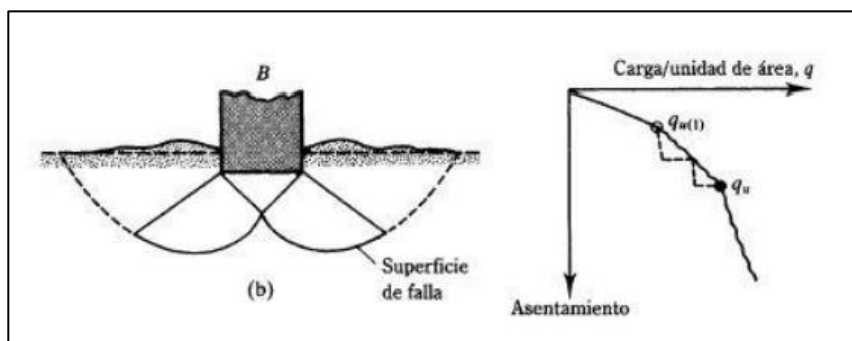
Este tipo de falla representa una combinación de las dos fallas anteriores, debido a que posee características de ambas. Lo que caracteriza a esta falla es que se presenta en un lugar muy específico de la cimentación y



puede haber tanto desplazamiento del terreno natural como asentamiento vertical. (Fuentes, 2021, p. 25)

“Este tipo de falla se produce en suelos con compresibilidad media como en las arenas medianamente densas. El suelo suma las consecuencias de la falla por corte general y de la falla por punzonamiento, pero de forma más leve”. (Farina y Huapaya, 2019, p. 42)

Figura 7. **Falla por corte local**

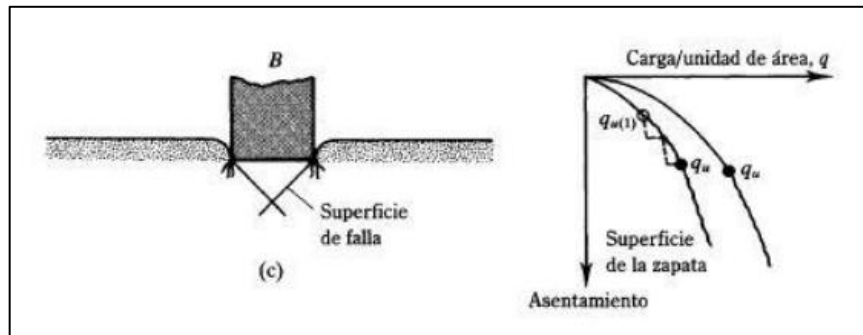


Fuente: Crespo. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*.

### 7.4.3. **Falla por punzonamiento**

En esta falla ocurre un movimiento vertical de la cimentación, generado por la compresión del suelo que se encuentra inmediatamente debajo de ella. La rotura ocurre alrededor de la cimentación por lo cual casi no se observan movimientos junto a la cimentación, lo cual permite el equilibrio tanto vertical como horizontal de esta. (Fuentes, 2021, p.25)

Figura 8. **Falla por punzonamiento**



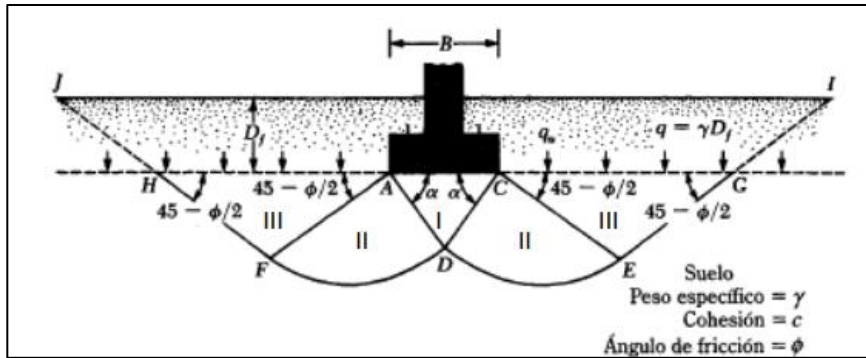
Fuente: Crespo. (2004). "Mecánica de suelos y cimentaciones".

### 7.5. Teoría de la capacidad de carga de Terzaghi

Terzaghi en 1943 fue el primero en presentar una teoría completa para evaluar la capacidad de carga última de cimentaciones aproximadamente superficiales. De acuerdo con su teoría, una cimentación es superficial si su profundidad,  $D_f$ , es menor que o igual que su ancho. Sin embargo, investigadores posteriores sugirieron que las cimentaciones con  $D_f$  igual a tres o cuatro veces su ancho se podían definir como cimentaciones superficiales.

Terzaghi sugirió que para una cimentación continua o corrida (es decir, cuando su relación ancha a longitud tiende a cero), la superficie de falla en el suelo ante carga última se puede suponer similar a la que se muestra en la figura 9. (Observe que este es el caso de falla general por corte). El efecto del suelo arriba del fondo de la cimentación también se puede suponer que se reemplaza por una sobrecarga equivalente,  $q = \gamma D_f$  (donde  $\gamma$  es el peso específico del suelo). (Das, 2001, p. 156)

Figura 9. **Falla por capacidad de carga en un suelo bajo una cimentación rígida corrida**



Fuente: Das. (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*.

Das (2001) hace ver la existencia de tres zonas por debajo de la cimentación, que tiene relación directa con la aplicación de la carga, éstas se especifican a continuación:

La zona I, tiene forma triangular y de cuña, y se encuentra directamente por debajo de la cimentación, esta se encuentra en equilibrio con los lados inclinados AD y CD, siempre y cuando éstas no alcancen la presión pasiva del suelo adyacente. “Se precisa que al moverse la zona I lo hace verticalmente hacia abajo junto con la cimentación”. (Crespo, 2004, p. 293)

La zona II, está compuesta de dos zonas de corte radial ADF y CDE y se encuentran limitadas por las curvas de los arcos de espira logarítmica DE y DF. “Siendo una zona de falla, y las grandes deformaciones que se presentan en ella provocan un levantamiento de la zona III la cual trata de resistir a dicho levantamiento con el peso del material del mismo”. (Crespo, 2004, p. 293)

Finalmente, Crespo (2004) indica que:

La tercera zona, que en realidad son 2 zonas triangulares AFH y CEG, es del tipo Rankine pasivo, que trata de resistir el levantamiento aprovechando el peso propio del material, dependiendo de las propiedades geotécnicas, las dimensiones, como la resistencia al deslizamiento de la línea inferior en la zona DFJ, dependen de la densidad aparente del suelo, la cohesión y el ángulo de fricción interna. (p. 294)

Se supone que los ángulos CAD y ACD son iguales al ángulo de fricción con el suelo  $\phi'$ . El suelo sobre el fondo de la cimentación se reemplaza por la sobrecarga equivalente  $q$ , y se ignora la resistencia al corte del suelo a lo largo del plano de falla GI y HJ.

Aplicando un análisis de equilibrio en el sistema, Terzaghi expresó la capacidad de carga última en la forma. (Das, 2001, p. 157)

$$q_u = c'N_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma \quad (\text{Cimentación corrida o continua})$$

Donde:

$q_u$  = capacidad de carga última (Ton/m<sup>2</sup>, kg/cm<sup>2</sup>)

$c'$  = cohesión del suelo (Ton/m<sup>2</sup>, kg/cm<sup>2</sup>)

$\gamma$  = peso específico del suelo (Ton/m<sup>3</sup>, kg/m<sup>3</sup>)

$q$  = Esfuerzo efectivo en la profundidad de la cimentación

$D_f$  = profundidad de la cimentación (m, cm)

$B$  = ancho de la cimentación (m, cm)

$N_c, N_q, N_\gamma$  = factores de capacidad de carga en función del ángulo de fricción

Los factores de capacidad de carga  $N_c, N_q, N_\gamma$  se expresan de la siguiente forma:

$$N_c = \cot \varphi' \left[ \frac{e^{2\left(\frac{3\pi}{4} - \frac{\varphi'}{2}\right) \tan \varphi'}}{2 \cos^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi'}{2}\right)} - 1 \right] = \cot \varphi' (N_q - 1)$$

$$N_q = \frac{e^{2\left(\frac{3\pi}{4} - \frac{\varphi'}{2}\right) \tan \varphi'}}{2 \cos^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi'}{2}\right)} \quad N_\gamma = \frac{1}{2} \left( \frac{K_{p\gamma}}{\cos^2} - 1 \right) \tan \varphi'$$

Donde  $K_{p\gamma}$  = coeficiente de empuje pasivo

La siguiente tabla da el factor de capacidad de carga de Terzaghi en relación con el ángulo de fricción del suelo:

Tabla I. Factores de capacidad de carga de Terzaghi

$\phi'$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma^*$	$\phi'$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma^*$
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.10	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.60	5.45	2.18	43	134.58	126.50	211.56
18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.60
19	16.56	6.70	3.07	45	172.28	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.80	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.67
23	21.75	10.23	6.00	49	298.71	344.63	831.99
24	23.36	11.40	7.08	50	347.50	415.14	1072.80
25	25.13	12.72	8.34				

Fuente: Das. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*.

Asimismo, para estimar la capacidad portante última de cimentaciones con geometrías cuadradas y redondas se utiliza la siguiente ecuación:

$$q_u = 1.3c'N_c + qN_q + 0.40\gamma BN_\gamma \quad (\text{Cimentación cuadrada})$$

$$q_u = 1.3c'N_c + qN_q + 0.30\gamma BN_\gamma \quad (\text{Cimentación circular})$$

Hay que tener en cuenta que, para una ecuación de base cuadrada, B es igual al tamaño de su lado, mientras que, en una ecuación de base circular, B es igual al diámetro.

Para cimentaciones que presentan el modo de falla local por corte en suelos, Terzaghi sugirió las modificaciones siguientes para las ecuaciones. (Das, 2001, p. 159)

$$q_u = \frac{2}{3}c'N'_c + qN'_q + \frac{1}{2}\gamma BN'_\gamma \quad (\text{Cimentación corrida})$$

$$q_u = 0.867c'N'_c + qN'_q + 0.40\gamma BN'_\gamma \quad (\text{Cimentación cuadrada})$$

$$q_u = 0.867c'N'_c + qN'_q + 0.30\gamma BN'_\gamma \quad (\text{Cimentación circular})$$

“ $N'_c, N'_q, N'_\gamma$ , son los factores de capacidad de carga modificados se pueden calcular utilizando las ecuaciones de los factores de capacidad de carga (para  $N_c, N_q, N_\gamma$ , respectivamente) reemplazando  $\varphi'$  por  $\varphi' = \tan^{-1}\left(\frac{2}{3}\tan\varphi'\right)$ ”. (Das, 2001, p. 159). Las variaciones de los factores se muestran en la siguiente tabla:

Tabla II. **Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi**

$\phi'$	$N'_c$	$N'_q$	$N'_\gamma$	$\phi'$	$N'_c$	$N'_q$	$N'_\gamma$
0	5.70	1.00	0.00	26	15.53	6.05	2.59
1	5.90	1.07	0.005	27	16.30	6.54	2.88
2	6.10	1.14	0.02	28	17.13	7.07	3.29
3	6.30	1.22	0.04	29	18.03	7.66	3.76
4	6.51	1.30	0.055	30	18.99	8.31	4.39
5	6.74	1.39	0.074	31	20.03	9.03	4.83
6	6.97	1.49	0.10	32	21.16	9.82	5.51
7	7.22	1.59	0.128	33	22.39	10.69	6.32
8	7.47	1.70	0.16	34	23.72	11.67	7.22
9	7.74	1.82	0.20	35	25.18	12.75	8.35
10	8.02	1.94	0.24	36	26.77	13.97	9.41
11	8.32	2.08	0.30	37	28.51	15.32	10.90
12	8.63	2.22	0.35	38	30.43	16.85	12.75
13	8.96	2.38	0.42	39	32.53	18.56	14.71
14	9.31	2.55	0.48	40	34.87	20.50	17.22
15	9.67	2.73	0.57	41	37.45	22.70	19.75
16	10.06	2.92	0.67	42	40.33	25.21	22.50
17	10.47	3.13	0.76	43	43.54	28.06	26.25
18	10.90	3.36	0.88	44	47.13	31.34	30.40
19	11.36	3.61	1.03	45	51.17	35.11	36.00
20	11.85	3.88	1.12	46	55.73	39.48	41.70
21	12.37	4.17	1.35	47	60.91	44.45	49.30
22	12.92	4.48	1.55	48	66.80	50.46	59.25
23	13.51	4.82	1.74	49	73.55	57.41	71.45
24	14.14	5.20	1.97	50	81.31	65.60	85.75
25	14.80	5.60	2.25				

Fuente: Das. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*.

## 7.6. Teoría de capacidad de carga de Meyerhof

Las ecuaciones de capacidad de carga última de Terzaghi son solo para cimentaciones continuas, cuadradas y circulares; no abordan el caso de cimentaciones rectangulares.

Además, las ecuaciones no toman en cuenta la resistencia cortante a lo largo de la superficie de falla en el suelo arriba del fondo de la cimentación (la parte de la superficie de falla marcada como GI y HJ en la figura 9. Además, la carga sobre la cimentación puede estar inclinada. (Das, 2001, p. 166)

Meyerhof en 1963 “sugirió la siguiente ecuación general de la capacidad de carga tomando en cuenta los factores mencionados”: (Das, 2001, p. 166)

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

Donde:

- $q_u$  = capacidad de carga última (Ton/m<sup>2</sup>, kg/cm<sup>2</sup>)
- $c'$  = cohesión del suelo (Ton/m<sup>2</sup>, kg/cm<sup>2</sup>)
- $\gamma$  = peso específico del suelo (Ton/m<sup>3</sup>, kg/m<sup>3</sup>)
- $q$  = Esfuerzo efectivo en el fondo de la cimentación
- $D_f$  = profundidad de la cimentación (m, cm)
- $B$  = ancho de la cimentación (m, cm)
- $N_c, N_q, N_\gamma$  = factores de capacidad de carga
- $F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$  = factores de forma
- $F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$  = factores de profundidad
- $F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$  = factores de inclinación de carga

### 7.6.1. Factores de capacidad de carga

La naturaleza básica de la superficie de falla en un suelo sugerida por Terzaghi ahora parece haberse confirmado por estudios de laboratorio y de campo de la capacidad de carga (Vesic, 1973). Sin embargo, el ángulo  $\alpha$  que se muestra en la figura 9 está más cercano a  $45 + \frac{\phi'}{2}$  que a  $\phi'$ . (Das, 2001, p. 167)



Si se acepta este cambio, los valores de  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  para un ángulo de fricción del suelo dado también cambiarán respecto a los dados en la tabla

1. Con  $\alpha = 45 + \frac{\phi'}{2}$ , se puede demostrar que. (Das, 2001, p. 167)

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

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

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

En la siguiente tabla “se muestra la variación de los factores de capacidad de carga anteriores con los ángulos de fricción del suelo”. (Das, 2001, p. 167)

Tabla III. **Factores de capacidad de carga para la teoría de Meyerhof**

$\phi'$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$\phi'$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
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: Das. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*.

### 7.6.2. Factores de forma

Los factores de forma y su relación se muestran a continuación:

$$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \left(\frac{N_q}{N_c}\right)$$

$$F_{qs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \tan \varphi'$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0.40 \left(\frac{B}{L}\right)$$

### 7.6.3. Factores de profundidad

Los factores de profundidad y su relación se muestran a continuación:

$$\text{Si; } \frac{D_f}{B} \leq 1, \varphi' = 0$$

$$F_{cd} = 1 + 0.40 \left(\frac{D_f}{B}\right)$$

$$F_{qd} = 1$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$\text{Si; } \frac{D_f}{B} \leq 1, \varphi' > 0$$

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

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

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$\text{Si; } \frac{D_f}{B} > 1, \varphi' = 0$$

$$F_{cd} = 1 + 0.40 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B}\right)$$

$$F_{qd} = 1$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$Si; \frac{D_f}{B} > 1, \varphi' > 0$$

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

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \varphi' (1 - \text{sen} \varphi')^2 \tan^{-1} \left( \frac{D_f}{B} \right)$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

#### 7.6.4. Factores de inclinación

Los factores de inclinación y su relación se muestran a continuación:

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

$$F_{\gamma i} = \left( 1 - \frac{\beta^\circ}{\varphi'} \right)^2$$

#### 7.7. Factor de seguridad y capacidad de carga admisible

“El cálculo de la capacidad de carga permisible bruta de cimentaciones superficiales requiere aplicar un factor de seguridad (FS) a la capacidad de carga última bruta”. (Das, 2001, p. 164)

Angulo y Atencio (2020), mencionan que “El factor de seguridad a utilizar se deberá variar, según sea la importancia de la obra y el orden de las incertidumbres que se manejen”. (p.28)

$$q_{adm} = \frac{\text{Capacidad portante última } (q_u)}{FS}$$

Sin embargo, en el medio, algunos profesionales optan por un factor de seguridad, de tal forma que:

$$\text{Incremento neto del esfuerzo en el suelo} = \frac{\text{Capacidad portante última } (q_u)}{FS}$$

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. (Das, 2001, p. 164)

Para este caso la ecuación es como se muestra a continuación:

$$q_{neta(u)} = q_u - q$$

Donde:

$q_{neta(u)}$  = capacidad de carga última neta (Ton/m<sup>2</sup>, kg/cm<sup>2</sup>)

$q$  = Esfuerzo efectivo en el fondo de la cimentación

Por consiguiente:

$$q_{permisible(neta)} = \frac{q_u - q}{FS}$$

El factor de seguridad del suelo debe de ser al menos de 2.5 para suelos relativamente homogéneos, sin embargo, se puede aplicar cierta incertidumbre en la estimación del esfuerzo de ruptura por corte directo

con un valor de 1.2, llevando el valor del factor de seguridad a 3.0. (AGIES, 2018, p.75)

## 8. HIPÓTESIS

El factor de seguridad del suelo de la cimentación superficial del caso en estudio, en condiciones de servicio, es mayor a 2.5.

### 8.1. Definición conceptual

El término capacidad soporte es comprendido como “la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él. Es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzca una falla por corte o un asentamiento diferencial desmesurado” (Solórzano, 2021, p.44).

### 8.2. Definición operacional

Tabla IV. Definición operacional de variable

Variables	del	Índices	Indicadores
<b>Caracterización suelo</b>		Clasificación del suelo	Ensayo granulométrico (%)
		Contenido de humedad	Límites de atterberg (%)
<b>Capacidad soporte</b>		Ángulo de fricción interna	Ensayo de corte directo (resistencia en Ton/m <sup>2</sup> )
		Cohesión	Ensayo triaxial (resistencia en Ton/m <sup>2</sup> )
		Peso específico	

Fuente: Elaboración propia. (2022). *Definición operacional de variable*. MS Excel 2013



## 9. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

INDICE GENERAL

INDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

INTRODUCCIÓN

1. MARCO CONCEPTUAL

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Cimentaciones

2.2. Cimentaciones superficiales

2.3. Tipos de cimentaciones superficiales

2.3.1. Cimiento o zapata corrida

2.3.2. Zapata aislada

2.3.3. Zapata combinada

2.3.4. Zapata combinada con viga rígida

2.3.5. Zapata combinada sin viga rígida

2.3.6. Losa de cimentación

2.4. Capacidad de carga

2.4.1. Falla por corte general



- 2.4.2. Falla por corte local
- 2.4.3 Falla por punzonamiento
- 2.5. Teoría de capacidad de carga de Terzaghi
- 2.6. Teoría de capacidad de carga de Meyerhof
  - 2.6.1. Factores de capacidad de carga
  - 2.6.2. Factores de forma
  - 2.6.3 Factores de profundidad
  - 2.6.4. Factores de inclinación
- 2.7. Factor de seguridad y capacidad de carga admisible

### 3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

- 3.1. Tipo de investigación
  - 3.1.1. Propósito
  - 3.1.2. Alcance
  - 3.1.3 Enfoque
  - 3.1.4. Temporalidad
  - 3.1.5 Diseño de investigación
- 3.2. Variables
  - 3.2.1. Variable a analizar
  - 3.2.2. Definición conceptual
- 3.3. Técnicas a considerar
  - 3.3.1. Sondeo exploratorio “in situ”
  - 3.3.2. Pozos a cielo abierto (calicatas)
- 3.4. Instrumentos
- 3.5. Fases de la investigación
  - 3.5.1. Fase 1
  - 3.5.2. Fase 2
  - 3.5.3 Fase 3
  - 3.5.4. Fase 4

### 3.5.5 Fase 5

## 4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Análisis de resultados

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

APÉNDICE



## **10. METODOLOGÍA**

La investigación a realizar lleva por título “Estudio del diseño de cimentaciones superficiales en edificios de 5 o más niveles en ciudad de Guatemala de acuerdo con la norma AGIES NSE 2 2018”. Con la misma se pretende dar a conocer el estado de la cimentación de un caso dado en la ciudad de Guatemala.

### **10.1. Tipo de investigación**

Existen diferentes tipos de investigación entre las cuales se encuentran la cualitativa, cuantitativa, aplicada, documental, experimental, no experimental, exploratoria, descriptiva. Esta investigación será cuantitativa.

#### **10.1.1. Propósito**

La investigación será de tipo aplicada, ya que se aplicarán teorías de capacidad de carga última y admisible, para hallar la capacidad de una cimentación superficial existente, haciendo uso de información sobre las propiedades geotécnicas del suelo del sitio en estudio.

#### **10.1.2. Alcance**

El alcance de la investigación será de tipo descriptivo, ya que el objetivo de la misma es dar a conocer valores específicos de las propiedades geotécnicas de un suelo y su influencia en la capacidad soporte de una cimentación.

### **10.1.3. Enfoque**

El enfoque será de tipo cuantitativo ya que se busca recolectar muestras de suelo que luego serán analizadas estadísticamente mediante procedimientos de normativas vigentes.

### **10.1.4. Temporalidad**

Por su temporalidad, la investigación será de tipo transversal, debido a que se pretende obtener los resultados de los objetivos planteados en un tiempo corto.

### **10.1.5. Diseño de investigación**

La investigación será no experimental, ya que se tomarán muestras de suelo en campo, que luego se trasladarán a un laboratorio para caracterizarlas y así obtener los valores requeridos.

## **10.2. Variables**

Las variables en la investigación son todo lo que se mide, la información o los datos que se recopilan para responder preguntas de investigación, que generalmente se especifican en los objetivos.

### **10.2.1. Variable a analizar**

La variable a medir es específica, única y será la capacidad soporte permisible de la cimentación superficial del caso en estudio, y para determinarlo se hará uso de los índices del suelo, como el ángulo de fricción interna, la

cohesión y el peso específico, hallados mediante los indicadores como el ensayo de corte directo o el ensayo triaxial.

### **10.2.2. Definición conceptual**

El término capacidad soporte es comprendido como “la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él. Es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzca una falla por corte o un asentamiento diferencial desmesurado” (Solórzano, 2021, p.44).

### **10.3. Técnicas a considerar**

Para el desarrollo de la investigación, después de realizar varios análisis se llegó a la conclusión que las mejores técnicas a considerar son las que se presentan a continuación.

#### **10.3.1. Sondeo exploratorio *in situ***

Para la caracterización del suelo, se realizará el ensayo de penetración estándar o SPT (*standard penetration test*), con el fin de obtener información de la resistencia a la penetración para luego realizar una correlación numérica y obtener un valor, que se pueda comparar con los demás ensayos de resistencia.

#### **10.3.2. Pozos a cielo abierto (calicatas)**

La extracción de muestras se realizará con la metodología de pozos a cielo abierto, lo cual tiene como característica especial, la amplitud de las muestras de masas considerables para luego ser ensayadas en un laboratorio de suelos,

dichos ensayos deberán ser realizados por profesionales con especialidad en geotecnia.

Las muestras a extraer para la determinación de la resistencia al corte directo, granulometría, límites de Atterberg, peso unitario y contenido de humedad serán de categoría A o muestras inalteradas.

#### **10.4. Instrumentos**

Para la extracción de muestras se utilizará un extractor especial, para ensayos de penetración estándar o SPT y los necesarios para realizar pozos a cielo abierto. Los instrumentos serán parte del equipo, que utilizará el profesional de la geotecnia encargado de la realización de los ensayos de campo.

#### **10.5. Fases de la investigación**

Toda investigación debe seguir pasos o fases las cuales se describen a detalle en los siguientes incisos.

##### **10.5.1. Fase 1**

Visita al sitio o reconocimiento preliminar, se elegirá un caso existente que se acople al objetivo de la investigación, luego de esto se realizará una visita de campo con el fin de conocer las condiciones del sitio; así también, para definir la ubicación del punto o puntos en donde se hará el ensayo exploratorio SPT y de las calicatas para la extracción de muestras. También se definirá el punto en donde se hará la excavación, para poder determinar la geometría de la cimentación existente y la profundidad de desplante.

### **10.5.2. Fase 2**

Se realizará la excavación sobre la cimentación existente, con el fin de determinar su geometría y profundidad de desplante, se realizarán al menos 3 mediciones, por cada dimensión para obtener un promedio de los datos.

Se realizará el sondeo exploratorio SPT de acuerdo con la norma AGIES NSE 2.1 2018, la cual indica, como carácter general, que para un tipo de obra ordinaria y tipo de sitio T1, el mínimo de puntos de reconocimiento para obras ordinarias será de 3, con una profundidad mínima de 8 metros las cuales deben ir distanciadas a no más de 35 metros entre puntos de prospección. Así también, se realizarán 3 pozos excavados a mano (calicatas), a una profundidad de no menos de 2 metros, más 0.30 metros adicionales por cada planta que tenga la edificación, siguiendo los mismos criterios de distancia del SPT.

Si por algún caso, en el lugar del caso en estudio, el espacio no permitiera realizar el ensayo SPT, la norma permite que se puedan realizar únicamente pozos excavados.

### **10.5.3. Fase 3**

Se extraerán muestras inalteradas a partir de las calicatas realizadas en campo, el número de muestras quedará a criterio del profesional responsable de realizar los ensayos de campo y se obtendrán de acuerdo a lo indicado en la norma AGIES NSE 2.1 2018.



#### **10.5.4. Fase 4**

Una vez extraídas las muestras se procederá a su parafinado, para luego ser trasladadas al laboratorio de suelos, en las mejores condiciones posibles. De acuerdo con la norma AGIES NSE 2.1 2018, como mínimo se requerirán los siguientes ensayos físicos para clasificación del suelo: Contenido de humedad, Granulometría, peso unitario, límites de contracción y para la determinación de la resistencia al corte del suelo, el ensayo de corte directo.

Con los valores de los resultados obtenidos, se procederá a determinar la capacidad soporte de la cimentación, con relación al nivel de desplante de la edificación.

#### **10.5.5. Fase 5**

Esta será la fase de análisis de la información obtenida, con los valores hallados se procederá a analizar la influencia de las propiedades geotécnicas del suelo en la capacidad soporte de la cimentación existente, esta capacidad será determinada por medio de la metodología de Terzaghi y Meyerhoff con el fin de analizar sus diferencias, así también se analizarán las presiones admisibles sobre la cimentación existente, a fin de determinar el factor de seguridad y su relación con su geometría.

Luego de esto, se procederá a analizar la influencia del factor  $K_T$  sobre la capacidad soporte admisible durante cargas transitorias. Para la realización de los análisis mencionados se hará uso del programa de Microsoft office denominado Excel.

## **11. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN**

La técnica a aplicar en el análisis de la capacidad soporte del suelo y las presiones admisibles, con base en las combinaciones dadas en la norma AGIES NSE 2 2018 será la estadística descriptiva, ya que, por medio de esta, se obtendrán medidas de tendencia central, como la media aritmética que no es más que el promedio de las muestras.

La investigación se basa únicamente en el estudio de la capacidad soporte de la cimentación, por lo que se trata de un estudio de alcance descriptivo y univariable.

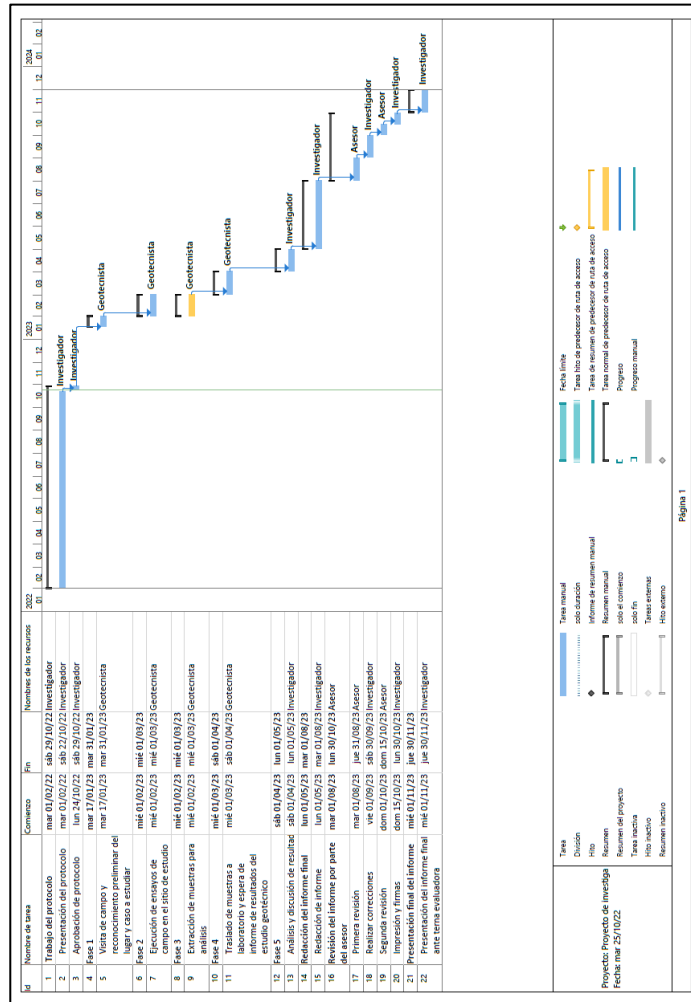
Dentro de los instrumentos a utilizar para el procesamiento y análisis de datos, se encuentran los siguientes programas computacionales: Microsoft Excel, Software Autodesk AutoCAD, CSI ETABS, CSI SAFE.



## 12. CRONOGRAMA

La ejecución de la presente investigación se proyecta realizar en un año y se desglosa de la siguiente manera:

Figura 10. Cronograma



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Project 2016.



## 13. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

### 13.1. Equipo y materiales

El equipo computacional, recurso logístico y todo lo que se requiera en la realización del trabajo de investigación será proporcionado por el estudiante de la maestría.

### 13.2. Recurso humano

Asesor de tesis y estudiante de la maestría.

### 13.3. Recurso financiero

Los recursos a ejecutar son los que se presentan a continuación:

Tabla V. Presupuesto

Rubro	Costo Unitario	Costo Total	Fuente de financiamiento
Honorarios asesor	Q 2,500.00	Q 2,500.00	Estudiante de la maestría
Estudio de suelos tipo II	Q 15,000.00	Q 15,000.00	
Impresiones	Q 200.00	Q 200.00	
Combustible	Q 500.00	Q 500.00	
Servicios administrativos	Q 3,051.00	Q 3,051.00	
<b>Total</b>		Q 21,251.00	

Fuente: elaboración propia.

#### **13.4. Recurso tecnológico**

Programas computacionales como CSI ETABS, CSI SAFE, Autodesk AutoCAD 2020.

## 14. REFERENCIAS

1. AGIES. (2018). *NSE 2 Demandas Estructural y Condiciones de Sitio*. Guatemala: Autor.
2. Angulo, R. y Atencio, V. (2019). *Determinación de la capacidad de carga admisible para las cimentaciones superficiales del Sector 12 San Antonio, distrito G.Albarracín, provincia Tacna-2020* (Tesis de licenciatura), Universidad Privada de Tacna, Tacna. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12969/1758>.
3. Castro, M. (2022). *Análisis Comparativo entre la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC (2015) y la Norma Oficial Mexicana (2019), para el Diseño de Cimentaciones* (Tesis de licenciatura). Universidad Estatal del Sur de Manabí, Manabí. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3605>.
4. Cordero, N. (2018). *Cimentación en los edificios de gran altura* (Trabajo de fin de grado inédito), Universidad de Sevilla, Sevilla. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11441/82371>.
5. Cossio, M. (2009). *Diseño Geotécnico*. Costa Rica: Escuela de Ingeniería en Construcción, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Recuperado de [http://icc.ucv.cl/geotecnia/03\\_docencia/02\\_laboratorio/manual\\_laboratorio/compre\\_sion\\_no\\_confinada.pdf](http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/02_laboratorio/manual_laboratorio/compre_sion_no_confinada.pdf).



6. Crespo, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. México: Limusa.
7. Crisanto, J. (2020). *Capacidades admisibles de los suelos mediante análisis granulométrico para cimentaciones superficiales en la ciudad de Piura*. 2020 (Tesis de licenciatura). Universidad César Vallejo, Piura. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/63319>.
8. Das, B. (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. México: Cengage Learning Latinoamérica.
9. Escobar, Z. y Guim, M. (2019). *Comparación de metodologías de análisis en el diseño geotécnico-estructural de cimentaciones superficiales en depósitos con suelos blandos* (Tesis de licenciatura). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/13838>.
10. Farina, H. y Huapaya, O. (2019). *Formulación de cimentación superficial para un centro comercial de 3 pisos en una zona con suelos licuables en La Encantada – Chorrillos* (Tesis de licenciatura), Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10757/625174>.
11. Fuentes, L. (2021). *Gnoseología del suelo para cimentaciones superficiales, garantizando la vía útil en la Asociación de Héroes de Alto Ciudad Nueva-Sector Ocho, Tacna 2019* (Tesis de licenciatura), Universidad Privada de Tacna, Lima. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12969/1958>.

12. García, M. (2021). *Importancia de los resultados obtenidos mediante el ensayo de penetración estándar en el diseño de las cimentaciones superficiales* (Tesis de licenciatura). Universidad Estatal del Sur de Manabí, Manabí. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3485>.
13. Garza, L. (2019). *Diseño de estructuras de cimentación de acuerdo a NSR-10*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <https://topodata.com/wp-content/uploads/2019/09/DISENO-DE-ESTRUCTURAS-DE-CIMENTACION.pdf>.
14. Loeza, C. (2019). *Revisión de criterios para el diseño por capacidad de cimentaciones de edificios de concreto reforzado* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma Metropolitana, México. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11191/6243>.
15. Mejía, R. y Chu, M. (2022). *Evaluación preliminar de la capacidad portante de los suelos saturados de los predios aledaños al río Rimac, Ñaña en el año 2020* (Tesis de licenciatura), Universidad Peruana Unión, Lima. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12840/5265>.
16. Morales, F. (2018). *Alternativas de cimentaciones superficiales para edificaciones cimentadas en un terreno con asentamiento diferencial* (Tesis de licenciatura). Universidad Continental, Huancayo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/4839>.

17. Olarte, J. y Ureta, W. (2019). *Respuesta de cimentaciones superficiales bajo condiciones de suelos parcialmente saturados en Quintanilla Pampa, Ascensión-Huancavelica* (Tesis de licenciatura), Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica. Recuperado de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3201>.
18. Palaco, J. y Rodríguez, C. (2022). *Influencia de la capacidad portante del suelo en el análisis y diseño de una edificación de concreto armado, Tacna, 2022* (Tesis de licenciatura). Universidad Privada de Tacna, Tacna. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12969/2319>.
19. Pérez, E. (2022). *Diseño estructural de la cimentación superficial más adecuado en la IEP. Miguel Grau de la ciudad de Puno 2022* (Tesis de licenciatura). Universidad César Vallejo, Callao. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/91031>.
20. Pinzón, E. y Villafañe, J. (2020). *Análisis de factores influyentes en el refuerzo de suelo cohesivo drenado usando geo sintéticos, aplicado a cimentaciones superficiales, a través del método de elementos finitos* (Tesis de licenciatura), Universidad de la Costa, Atlántico. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11323/8480>.
21. Piqueras, V. (2020). *Procedimiento de construcción de cimentaciones y estructuras de contención*. España: Universidad Politécnica de Valencia.
22. Poma, N. y Flores, W. (2021). *Análisis comparativo en la estimación de la capacidad portante de un suelo cohesivo para diferentes tipos de cimentaciones superficiales, usando ecuaciones de cálculo y*

*ensayo SPT según las características físico mecánicas del sector Tambocancha - Chinche* (Tesis de licenciatura), Universidad Andina del Cusco, Cusco. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12557/3832>.

23. Quispe, C. (2022). *Influencia del efecto geotécnico en cimentaciones para la respuesta sísmica de edificación en concreto armado 08 pisos - Lima - Perú 2022* (Tesis de licenciatura). Universidad César Vallejo, Lima. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/92408>.
24. Solórzano, S. (2021). *Análisis comparativo de cimentaciones superficiales en un edificio sismo resistente de concreto armado con sótano y otro similar sin sótano* (Tesis de licenciatura). Universidad Continentalk, Huancayo. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/10215>.
25. 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 de licenciatura). Universidad de Huánuco, Huánuco. Recuperado de <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/3234>.
26. UPM, U. P. (2013). *Cimentaciones*. Madrid: Grupo de Ingeniería Gráfica y Simulación.

27. Velásquez, F. (2018). *Eficiencia teórica de cuatro tipos de cimentación superficial para una institución educativa* (Tesis de licenciatura). Universidad Privada del Norte, Cajamarca. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11537/13331>