



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL.

“Comparación de resultados para determinar capacidad portante en  
cimentación de viviendas utilizando métodos semiempíricos - A.H.

San José-SMP-Lima, 2021”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

Bach. Maldonado Amao, Edwin (ORCID: [0000-0002-3391-359X](https://orcid.org/0000-0002-3391-359X))

**ASESOR:**

Mg. Aybar Arriola, Gustavo Adolfo (ORCID: [0000-0001-8625-3989](https://orcid.org/0000-0001-8625-3989))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño sísmico y estructural.

LIMA-PERÚ

2021

## **DEDICATORIA**

A mis padres Juan y Teófila por darme la vida, familiares, sobre todo a mi esposa Flor María y a mi hija Maryed, por todo su apoyo para poder alcanzar mi meta.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios y a la Universidad César Vallejo por permitir lograr realizarme como profesional y sobre todo a mi asesor el Ingeniero Gustavo Adolfo Aybar Arriola por su guía para la elaboración de la tesis.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
RESUMEN .....	VIII
ABSTRACT .....	IX
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	16
3.1 Tipo y diseño de la investigación .....	16
3.2 Variables y operacionalización.....	16
3.3 Población, muestra y muestreo .....	17
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad..	17
3.5 Procedimientos .....	20
3.6 Manejo de análisis de datos .....	20
3.7. Aspectos éticos.....	21
IV. RESULTADOS.....	23
V. DISCUSIÓN.....	34

VI. CONCLUSIONES .....	39
VII. RECOMENDACIONES.....	41
REFERENCIAS.....	42
ANEXOS .....	47
Anexo 1: Matriz de consistencia. ....	48
Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables. ....	52
Anexo 3: Ficha de validación (Juicio de Expertos).....	55
Anexo 4: Panel fotográfico.....	57
Anexo 5: Ensayos de laboratorio de suelos.....	61
Anexo 6: Memorias de cálculo.....	65

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de cimentaciones superficiales. ....	8
Tabla 2: Consideraciones del Método de Meyerhof. ....	10
Tabla 3: Consideraciones del Método de Hansen. ....	12
Tabla 4: Consideraciones del Método de Hansen para carga inclinada. ....	13
Tabla 5: Consideraciones del Método de Vesic. ....	15
Tabla 6: Resumen de características del suelo encontrado. ....	25
Tabla 7: Capacidad portante por el Método de Terzaghi. ....	26
Tabla 8: Capacidad portante por el Método de Meyerhof. ....	27
Tabla 9: Aplicando el Método de Hansen. ....	28
Tabla 10: Aplicando el Método de Vesic. ....	29
Tabla 11: Resultados de la capacidad portante del suelo. ....	30
Tabla 12: Comparación de factores de capacidad de carga. ....	31
Tabla 13: Comparación de factores de forma. ....	32
Tabla 14: Comparación de factores de profundidad. ....	33
Tabla 15: Matriz de consistencia. ....	49
Tabla 16: Matriz de operacionalización de variables. ....	53
Tabla 17: Ficha de validación (juicio de expertos). ....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fotos de excavación de calicata en el A.H. San José.	2
Figura 2: Esquema del Método de Terzaghi.	9
Figura 3: Esquema del Método de Meyerhof.	10
Figura 4: Esquema del Método de Hansen.	11
Figura 5: Esquema del Método de Vesic.	14
Figura 6: Esquema de ensayo	18
Figura 7: Ensayo de análisis granulométrico.	18
Figura 8: Ensayo de límite líquido.	19
Figura 9: Ensayo de límite plástico.	19
Figura 10: Ubicación del área en estudio.	21
Figura 11: Comparación de $q_{adm}$ .	30
Figura 12: Comparación de factores de capacidad de carga obtenido por los cuatro métodos	31
Figura 13: Comparación de factores de forma por los cuatro métodos.	32
Figura 14: Comparación de factores de profundidad por los cuatro métodos.	33
Figura 15: Foto 1.	58
Figura 16: Foto 2.	59
Figura 17: Foto 3.	60
Figura 18: Ensayo de análisis granulométrico – Hoja 1.	62
Figura 19: Ensayo de análisis granulométrico – Hoja 2.	63
Figura 20: Ensayo triaxial.	64
Figura 21: Memoria de cálculo N°1.	66
Figura 22: Memoria de cálculo N°2.	66
Figura 23: Memoria de cálculo N°3.	66
Figura 24: Memoria de cálculo N°4.	66

## RESUMEN

La presente tesis titulada “Comparación de resultados para determinar capacidad portante en cimentación de viviendas utilizando métodos semiempíricos - A.H. San José-SMP-Lima 2021”, tiene por finalidad realizar la comparación de los resultados de capacidad portante obtenidos por los métodos semiempíricos (Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic) afín de determinar cuál de ellos es el más apropiado a emplearse en la cimentación de viviendas unifamiliares en el A.H. San José, del distrito de San Martín de Porres – Lima.

Este asentamiento humano se caracteriza por la construcción informal de viviendas, contando actualmente con una población de 21 viviendas construidas y 5 más en construcción. Una de estas últimas ha sido elegida como objeto del presente estudio, con el fin de garantizar la estabilidad de la cimentación de esta vivienda unifamiliar.

Es así que, dentro de los aportes más importantes de la presente tesis se puede mencionar que el tema elegido será de gran beneficio para los habitantes del A.H. San José puesto que servirá de ejemplo para evitar la construcción informal, siguiendo criterios de asesoría ingenieril afín de garantizar la seguridad e integridad de los habitantes evitando fallas de cimentación de las viviendas unifamiliares.

**Palabras clave: Capacidad portante, métodos semiempíricos.**



## **ABSTRACT**

The present thesis entitled “Comparison of results to determine bearing capacity in house foundations using semi-empirical methods - A.H. San José-SMP-Lima 2021”, aims to compare the bearing capacity results obtained by semi-empirical methods (Terzaghi, Meyerhof, Hansen and Vesic) in order to determine which of them is the most appropriate to be used in the foundation of single-family homes in the AH San José, from the district of San Martín de Porres - Lima.

This human settlement is characterized by the informal construction of houses, currently having a population of 21 houses built and 5 more under construction. One of the latter has been chosen as the object of this study, in order to guarantee the stability of the foundation of this single-family house.

Thus, within the most important contributions of this thesis it can be mentioned that the chosen topic will be of great benefit to the inhabitants of the A.H. San José since it will serve as an example to avoid informal construction, following criteria of engineering advice in order to guarantee the safety and integrity of the inhabitants by avoiding foundation failures in single-family homes.

**Keywords: Bearing capacity, semi-empirical methods.**

## I. INTRODUCCIÓN

El distrito de San Martín de Porres es uno de los distritos por los cuales se encuentra constituida la provincia de Lima, localizado también en el departamento llamado de la misma manera. Este distrito se encuentra entre el río Rímac y el río Chillón. Es importante mencionar que, este distrito es considerado el segundo más poblado de Lima. De acuerdo al INEI, en su censo realizado en el 2017, este distrito posee 654 083 habitantes y abarca una superficie total de 36.91 km<sup>2</sup>, con lo cual puede afirmarse que este distrito posee una densidad poblacional de 15 761,04 hab/km<sup>2</sup>. Es importante mencionar que este es un distrito urbano, pero que posee numerosos asentamientos humanos.

Para el presente estudio se ha elegido el A.H. San José, el cual actualmente está conformado por numerosas viviendas que se caracterizan por ser informales (21 en total y 5 más en construcción). Una de estas últimas ha sido elegida como objeto del presente estudio, con el fin de poder garantizar que la cimentación de esta vivienda unifamiliar sea estable.

De esta manera la presente investigación busca servir de ejemplo para demostrar la importancia que tiene la asesoría de profesionales de ingeniería civil en la construcción de viviendas, garantizando la seguridad de las construcciones, evitando pérdidas humanas o económicas que pueden ocurrir con la construcción informal.

Es así que surge el tema elegido para la presente investigación, en la cual se llevará a cabo la comparación de resultados de la capacidad portante obtenida por diferentes métodos semiempíricos a fin de determinar cuál de ellos es el más apropiado a emplearse a fin de poder garantizar que sea estable la cimentación de la vivienda unifamiliar del A.H. San José.

Figura 1: Fotos de excavación de calicata en el A.H. San José.



Fuente: Elaboración Propia.

La problemática expuesta se formula con la siguiente pregunta general: ¿De qué manera podemos comparar los resultados obtenidos para determinar la capacidad portante en cimentaciones de viviendas unifamiliares utilizando métodos semiempíricos – A.H. San José – SMP - Lima 2021? También se tienen cuatro problemas de carácter específico, siendo el primer problema específico ¿De qué manera podemos evaluar los parámetros de resistencia para utilizar los métodos semiempíricos para la cimentación de viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021? El segundo problema específico, ¿De qué manera podemos evaluar en nivel de desplante de la cimentación a utilizar según los métodos semiempíricos para viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021? El tercer problema específico ¿Cómo podemos determinar los parámetros geotécnicos de diseño según la norma E050, para evaluar la capacidad portante del suelo para la cimentación de viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021? Y el cuarto problema específico ¿Cómo podemos establecer los parámetros comparativos de aplicación de los métodos semiempíricos para cimentación de las viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021?

Como justificación de tipo tecnológica se puede mencionar que esta radica en que el estudio brindará un mayor conocimiento sobre los métodos semiempíricos y la gran utilidad que poseen para poder lograr la obtención de la capacidad de carga que posee el suelo, explicando sus ventajas y desventajas comparativas en el aspecto geotécnico. Asimismo, se puede afirmar que esta investigación posee una justificación de tipo social, porque será de gran beneficio para los habitantes del A.H. San José puesto que servirá de ejemplo para evitar la construcción informal, siguiendo criterios de asesoría ingenieril resaltando la importancia de proteger la integridad de los habitantes evitando fallas de cimentación de las viviendas unifamiliares. Por último, se puede afirmar que existe una justificación de tipo económica, ya que evitará pérdidas económicas debido a un mal diseño de la cimentación de viviendas unifamiliares y el colapso de las mismas, evitando pérdidas materiales.

Como hipótesis general se establece que: Mediante la comparación de los resultados obtenidos de capacidad portante se podrá elegir el método semiempírico más adecuado para la cimentación de viviendas unifamiliares en el A.H. San José – SMP - Lima 2021. Asimismo, presenta cuatro hipótesis específicas. La primera hipótesis específica: Evaluando los parámetros de resistencia se podrá utilizar correctamente los métodos semiempíricos para la cimentación de viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021. La segunda hipótesis específica: Evaluando el nivel de desplante de la cimentación por cada método semiempírico se podrá determinar correctamente la capacidad portante del suelo para viviendas unifamiliares del A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021. La tercera hipótesis específica: Determinando los parámetros geotécnicos de diseño según la norma E050 se podrá evaluar la capacidad portante del suelo para la cimentación de viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021. Y la cuarta hipótesis específica: Estableciendo los parámetros comparativos de aplicación de los métodos semiempíricos se podrá elegir correctamente el método semiempírico a emplearse en la cimentación de viviendas unifamiliares del A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021.

Por otra parte, la presente tesis posee por objetivo general, realizar la comparación de los resultados obtenidos para la capacidad portante en cimentaciones de viviendas unifamiliares utilizando métodos semiempíricos – A.H. San José – SMP - Lima 2021. Asimismo, presenta cuatro objetivos específicos. Siendo el primer objetivo específico, evaluar los parámetros de resistencia para utilizar los métodos semiempíricos para la cimentación de viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021. El segundo objetivo específico, evaluar en nivel de desplante de la cimentación a utilizar según los métodos semiempíricos para viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021. El tercer objetivo específico, determinar los parámetros geotécnicos de diseño según la norma E050, para evaluar la capacidad portante del suelo para la cimentación de viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021. Y el cuarto objetivo específico, establecer los parámetros comparativos de aplicación de los métodos semiempíricos para cimentación de las viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021.

## II. MARCO TEÓRICO

Dentro del conjunto de antecedentes internacionales elegidos pueden ser mencionados los siguientes:

A través del trabajo de investigación “Modelo de capacidad portante para arcillas mejoradas con rellenos granulares”, investigación que contribuyó al grado de Magíster en Ingeniería Civil por la Fundación Universitaria del Norte – Colombia, según lo señalado por García (2017) presentó por objetivo elaborar una determinada ecuación de carácter predictivo destinado al cálculo de capacidad de carga en los suelos mencionados. Se destaca la característica de que se trató de una metodología descriptiva. Al final, la conclusión expone y afirma que el espesor del relleno granular influye directamente sobre la capacidad de carga.

De acuerdo a lo señalado en la investigación “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”, es importante mencionar que este fue un estudio realizado por Castillo (2017) y dirigido a contribuir a la obtención del título de Ingeniero Civil por la Universidad Técnica de Ambato – Ecuador. Se caracterizó por presentar un objetivo destinado a zonificar el área tomando como referencia a la capacidad de carga. A su vez, se destaca la característica de que descriptiva fue la metodología. Al final, la conclusión expone y afirma que en la zona 1 así como en la zona 7, el  $q_{adm}$  fue mayor a 30 ton/m<sup>2</sup>.

Por otro lado, en el trabajo de investigación “Análisis de la Capacidad Portante y la Susceptibilidad a Consolidación de un suelo fino en la Parroquia Borrero-Charasol, del Cantón Azogues”, dirigido a contribuir al logro del título de Ingeniero Civil por la Universidad de Cuenca – Ecuador, según lo señalado por los autores Cárdenas y Quito (2020) presentó por objetivo contribuir a la prevención de desastres gracia a la evaluación y análisis de la capacidad de carga que posee el suelo en el área mencionada. Se destaca la característica de que se trató de una metodología de tipo explicativa. Al final, la conclusión expone y afirma que el  $q_{adm}$  se empieza a reducir conforme incrementa la profundidad obteniéndose un valor promedio de 11.67 kg/cm<sup>2</sup>.

Asimismo, de acuerdo a lo expuesto en la investigación “Caracterización físico - mecánicas del suelo para cimentación en edificaciones de categoría baja, sector By Pass – John F. Kennedy, ciudad Jipijapa”, realizada por Baque (2017) y que contribuyó al título Ingeniero Civil por la Universidad Estatal del Sur de Manabi – Ecuador, consideró como objetivo lograr conocer las características del suelo del área mencionada. Se destaca la característica de que se trató de una metodología descriptiva. Al final, la conclusión expone y afirma que el suelo estudiado es apto para llevar a cabo construcciones pequeñas.

También se ha revisado la investigación “Estudio geotécnico: estimación de la capacidad portante en proyecto construcción de puente, sobre rio San Antonio Municipio De La Jagua de Ibirico, César”, la cual fue realizada por Aguilar (2016) y que le permitió conseguir el título de Ingeniero Geólogo por la Fundación Universitaria del Área Andina – Colombia. Cabe señalar que el objetivo estuvo dirigido específicamente al cálculo del qadm del área mencionada. Se destaca la característica de que se trató de una metodología explicativa. Al final, la conclusión expone y afirma que el área presenta un qadm considerable, cuya comprobación se efectuó gracias al ensayo SPT.

Como antecedentes nacionales:

De acuerdo a lo señalado en la tesis titulada “Evaluación y diseño de la capacidad portante del suelo con fines de cimentación para viviendas multifamiliares en la CC.NN. Pucallpa, en el Distrito de Shanao, Lamas, San Martín”, que contribuyó al título de Ingeniero Civil por la Universidad Nacional de San Martín – Perú, según lo señalado los autores Gómez y Cenepo (2019) consideró como objetivo, poder obtener la capacidad del suelo para resistir cargas en el lugar de estudio mencionado. Cabe señalar que la metodología se caracterizó por ser descriptiva. Al final, fue posible obtener como conclusión que el qadm empleando el método expuesto por Terzaghi, consistió en un valor de 1.08 kg/cm<sup>2</sup>.

Asimismo, en el trabajo de investigación “Zonificación de la capacidad portante de los suelos de la Localidad de Shamboyacu, Provincia de Picota, Región San Martín”, investigación llevada a cabo por la Universidad Nacional de San Martín –

Perú, según lo señalado por Celis y Villacis (2018) presentó por objetivo, poder zonificar el área estudiada tomando como base a aquella capacidad que posee el suelo para soportar cargas. Se destaca la característica de que se trató de una metodología descriptiva. Al final, fue posible obtener como conclusión que los valores de  $q_{adm}$  en el área están comprendidos entre rangos que van desde 0.90 kg/cm<sup>2</sup> hasta llegar a un valor máximo de 0.97 kg/cm<sup>2</sup>.

Por otro lado, también ha sido considerada la investigación “Determinación de capacidad de carga del suelo empleando método de Meyerhof para la cámara de bombeo del sector 309 - Villa María del Triunfo”, la cual contribuyó al título de ingeniero civil por la Universidad César Vallejo – Perú, según lo señalado por Guerrero y Atencio (2021) presentó por objetivo, lograr realizar un cálculo correcto y eficiente para el valor de  $q_{adm}$  del suelo para la estructura mencionada. Se destaca la característica de que se trató de una metodología descriptiva. Al final, la conclusión expone y afirma que el  $q_{adm}$  hallado ronda los valores de 0.86 kg/cm<sup>2</sup> así como también de 1.02 kg/cm<sup>2</sup>.

Asimismo, de acuerdo a lo señalado en la investigación “Evaluación de la capacidad predictiva de los métodos de estimación del comportamiento mecánico de los suelos lacustres de la Bahía de Puno, para cimentaciones superficiales”, realizada por Laura (2016) y que contribuyó a la obtención del título de Ingeniero Civil por la Universidad Nacional del Altiplano-Perú, consideró como objetivo, llevar a cabo una evaluación de cuál es la capacidad que tienen los métodos mencionados para poder predecir de qué manera se comportan los suelos. Se destaca la característica de que se trató de una metodología de carácter explicativo. Al final, la conclusión expone y afirma que es factible emplear el valor de  $q_{adm}$  obtenido ya sea por el Método de Vesic o por el de Hansen, ya que ambos resultaron ser eficientes.


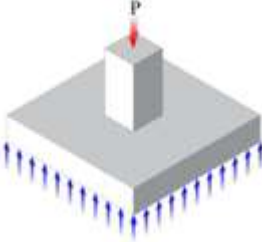
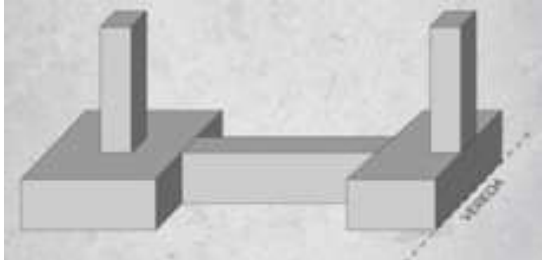

Por otra parte, se tomó en consideración la investigación “Determinación de la capacidad portante de los suelos para establecer la zonificación en la localidad de Juan Guerra – 2017”, la cual contribuyó al título de ingeniero civil por la Universidad César Vallejo – Perú, desarrollada por Rosales (2017) quien consideró como objetivo, poder realizar el cálculo de  $q_{adm}$  de tal manera que permita zonificar el área mencionada en función de dicho  $q_{adm}$ . Se resalta que la metodología que fue



elegida para el estudio presentó un carácter descriptivo. De esta manera, al final, la conclusión expone y afirma que se obtuvieron valores de  $q_{adm}$  que se encuentran dentro de los valores de 0.74 a 1.00 kg/cm<sup>2</sup>.

De acuerdo a lo señalado por Celis, Villacis y Samamé (2018) se entiende por cimentaciones superficiales: “aquellas caracterizadas por estar apoyadas en las capas del suelo que son de poca profundidad, esto es posible cuando el suelo tiene elevada capacidad de carga o cuando se trata de estructuras livianas” (p. 57). En este contexto es sumamente importante mencionar que, en el caso peruano, de acuerdo a la Norma E.050 de Suelos y Cimentaciones del RNE una cimentación superficial puede definirse como aquella en la cual al dividirse su profundidad entre su respectivo ancho se logra la obtención de un valor más bajo que 5. Actualmente existen numerosos tipos de cimentaciones superficiales, como las que se pueden apreciar en la siguiente figura:

Tabla 1: Tipos de cimentaciones superficiales.

Cimientos corridos	Zapatas aisladas.
	
Zapatas conectadas.	Losas de cimentación.
	

Fuente: Laura, 2016

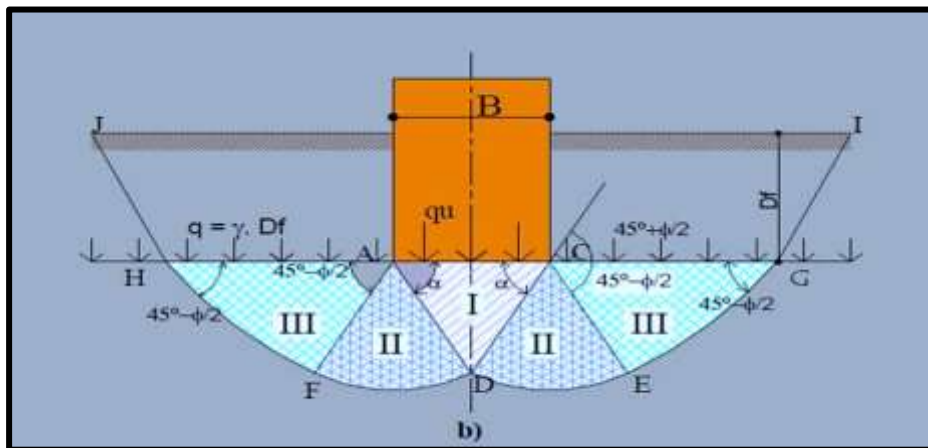
Asimismo, según lo expuesto por Gómez y Cenepo (2019) debe entenderse como: “la capacidad que tiene el suelo para poder resistir las cargas” (p. 58).

De acuerdo a lo mencionado por Guerrero y Atencio (2021) se ha de considerar la siguiente expresión:  $q_{adm} = q_{última} / FS$ , donde el  $q_{adm}$  viene a ser la capacidad de carga admisible, mientras que el  $q_{última}$  viene a ser la capacidad de carga última.

F.S. = Este es un valor muy importante, llamado factor de seguridad, cuyo valor viene a ser uno de los siguientes: en el caso de cargas estáticas se tiene el siguiente factor: 3.0, mientras que en el caso de solicitación máxima de sismo o viento se tiene el siguiente factor: 2.5. Siendo los principales métodos semiempíricos empleados en la actualidad los siguientes:

Karl Terzaghi, famoso ingeniero de doble nacionalidad, austríaco y estadounidense, que logró elaborar una teoría (fue el primero en hacerlo) que explique cómo se debe calcular la capacidad de carga de un determinado terreno. Terzaghi (1943) elaboró una serie de formulaciones para lograr la obtención de la carga última en cimentaciones superficiales como cimientos corridos, zapatas cuadradas y zapatas circulares.

Figura 2: Esquema del Método de Terzaghi.



Fuente: Laura, 2016.

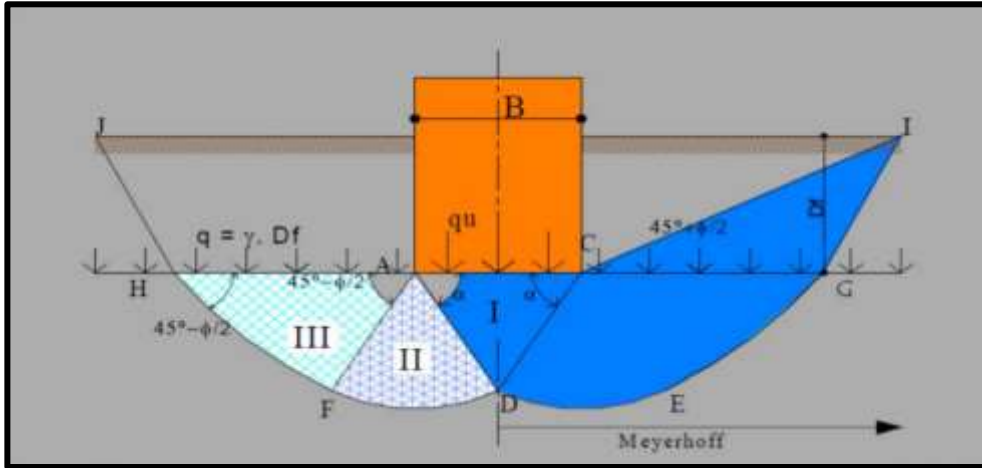
Fórmulas propuestas por Terzaghi:

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma \quad (\text{Zapata cuadrada, donde } B=L)$$

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.3\gamma BN_\gamma \quad (\text{Zapata circular, donde } B = \text{diámetro})$$

El notable ingeniero alemán George Meyerhof empleó la teoría de la plasticidad para elaborar su propia metodología para el cálculo de  $q_{adm}$  en el año 1963, cuyas consideraciones y criterios se muestran a continuación:

Figura 3: Esquema del Método de Meyerhof.



Fuente: Laura, 2016.

Tabla 2: Consideraciones del Método de Meyerhof.

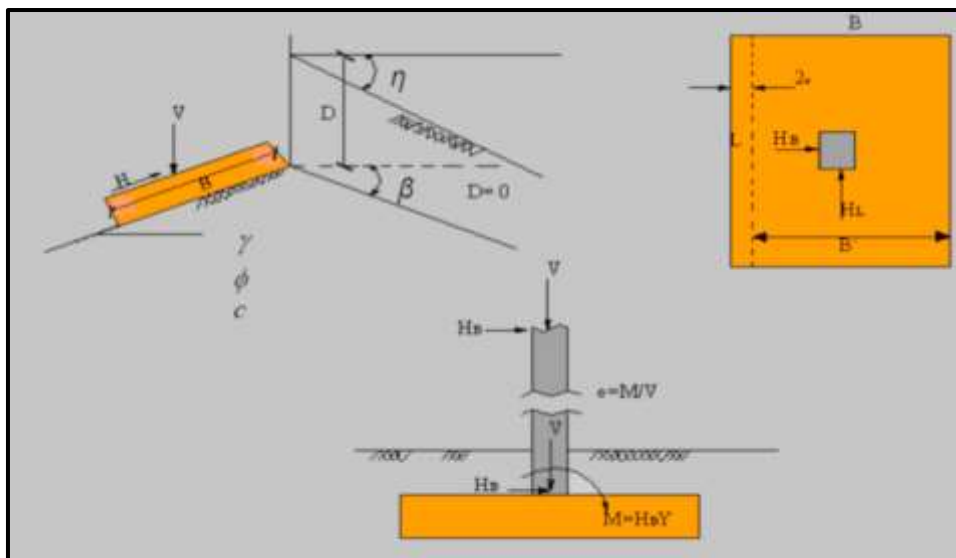
<b>MÉTODO DE MEYERHOF</b>		
<u>Fórmula General:</u>	$q_u = cN_c s_c d_c i_c + qN_q s_q d_q i_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma$	
<u>Carga vertical:</u>	$q_u = cN_c s_c d_c + qN_q s_q d_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma$	
<b>FACTORES DE DISEÑO</b>		
<b>Factores de capacidad de carga:</b>		
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	$N_q = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$	$N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1.4 \phi)$
<b>Factores de forma:</b>		
Para: $\Phi=0$	$s_c = 1 + 0.2 \left( \frac{B}{L} \right)$	$s_q = s_\gamma = 1$

Para: $\Phi \geq 10^\circ$	$s_c = 1 + 0.2 \left( \frac{B}{L} \right) \tan^2 \left( 45 + \frac{\Phi}{2} \right)$	$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1 \left( \frac{B}{L} \right) \tan^2 \left( 45 + \frac{\Phi}{2} \right)$
<b>Factores de profundidad:</b>		
Para: $\Phi = 0$	$d_c = 1 + 0.2 \left( \frac{D_f}{L} \right)$	$d_q = d_\gamma = 1$
Para: $\Phi \geq 10^\circ$	$d_c = 1 + 0.2 \left( \frac{D_f}{L} \right)$	$d_c = d_\gamma = 1 + 0.1 \left( \frac{D_f}{L} \right) \sqrt{\tan^2 \left( 45 + \frac{\Phi}{2} \right)}$
<b>Factores de inclinación:</b>		
$i_\gamma = \left( 1 - \frac{\theta}{90^\circ} \right)^2$		
$i_c = i_q \left( 1 - \frac{\theta}{90^\circ} \right)^2$	Donde $\theta$ =inclinación relacionado al eje vertical para la carga.	

Fuente: Guerrero y Atencio, 2021.

El método desarrollado por el ingeniero danés Brinch Hansen en el año 1970. Si bien es cierto que, para formular este método, Hansen recopiló diversos métodos de cálculo propuestos por varios autores, sin embargo, parte fundamentalmente de la ecuación propuesta por Terzaghi, en cuanto a formato de expresión, pero añade una serie de parámetros correctores para calcular la capacidad portante del suelo.

Figura 4: Esquema del Método de Hansen.



Fuente: Laura, 2016.

Tabla 3: Consideraciones del Método de Hansen.

<b>MÉTODO DE HANSEN</b>		
<b>Fórmula General:</b>	$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$	
Para: $\Phi=0$	$q_u = 5.14c_u(1 + s_c + d_c - i_c - b_c - g_c) + q$	
<b>FACTORES DE DISEÑO</b>		
<b>Factores de capacidad de carga:</b>		
$N_c = (N_q - 1)cot\phi$	$N_q = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$	$N_\gamma = 1.5(N_q - 1)\tan(\phi)$
<b>Factores de forma:</b>		
Para: $\Phi=0$	$s_c = 0.2 \left( \frac{B}{L} \right)$	
Para todo $\Phi$	$s_c = 1 + \frac{N_q B}{N_c L}$ $s_c = 1$ Para continua $s_{qH} = 1 + \frac{B}{L} \text{sen}\phi$ $s_{qV} = 1 + \frac{B}{L} \text{sen}\phi$ $s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L} \geq 0.6$	
<b>Factores de profundidad:</b>		
Para: $D_f/B \leq 1$	$d_c = 1 + 0.4 \left( \frac{D_f}{B} \right)$	$d_\gamma = 1$
	$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \text{sen}\phi)^2 D_f/B$	
Para: $D_f/B > 1$	$d_c = 1 + 0.4 \tan^{-1} \left( \frac{D_f}{B} \right)$	$d_\gamma = 1$
	$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \text{sen}\phi)^2 \tan^{-1}(D_f/B)$	
<b>Factores de terreno:</b>		
	$g_c = \frac{\beta}{147^\circ}$	$\phi = 0$
	$g_c = 1 - \frac{\beta}{147^\circ}$	
	$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5 \tan \beta)^5$	

Fuente: García, 2017.

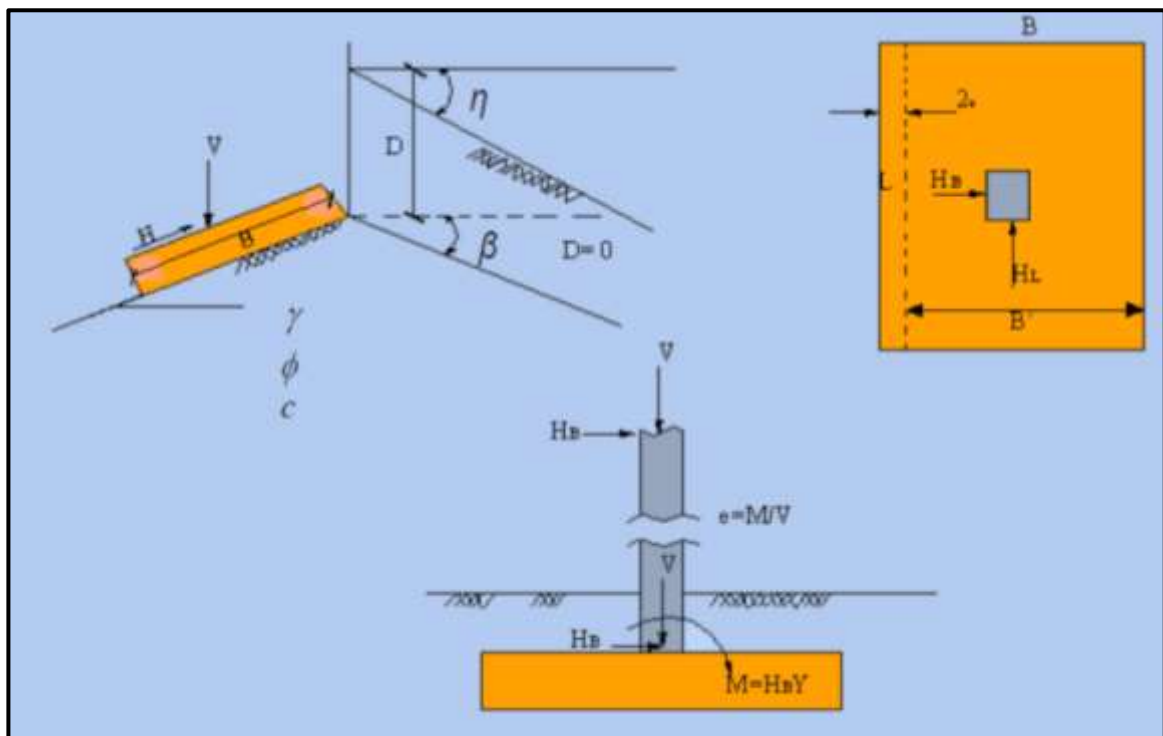
Tabla 4: Consideraciones del Método de Hansen para carga inclinada.

<b>HANSEN - CARGA INCLINADA</b>
$q_u = cN_c s_{c,B} d_{c,B} i_{c,B} g_c b_c + qN_q s_{q,B} d_{q,B} i_{q,B} g_q b_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_{\gamma,B} d_{\gamma,B} i_{\gamma,B} g_\gamma b_\gamma$
$q_u = cN_c s_{c,L} d_{c,L} i_{c,L} g_c b_c + qN_q s_{q,L} d_{q,L} i_{q,L} g_q b_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_{\gamma,L} d_{\gamma,L} i_{\gamma,L} g_\gamma b_\gamma$
<p>Finalmente el valor de <math>q_u</math> es el menor de los valores obtenidos de las fórmulas anteriores.</p>
<b>Criterios de carga inclinada</b>
$s_{c,B} = 0.2 B_{i_{c,B}} / L \quad \text{Para } \Phi = 0$ $s_{c,B} = 1 + \frac{N_q}{N_c} * \frac{B_{i_{c,B}}}{L}$ $s_{q,B} = 1 + \text{sen} \Phi * \frac{B_{i_{q,B}}}{L}$ $s_{\gamma,B} = 1 - 0.4 \frac{B_{i_{\gamma,B}}}{L_{i_{\gamma,L}}}$
$s_{c,L} = 0.2 L_{i_{c,L}} / B \quad \text{Para } \Phi = 0$ $s_{c,B} = 1 + \frac{N_q}{N_c} * \frac{L_{i_{c,L}}}{B}$ $s_{q,B} = 1 + \text{sen} \Phi * \frac{L_{i_{q,L}}}{B}$ $s_{\gamma,B} = 1 - 0.4 \frac{L_{i_{\gamma,L}}}{L_{i_{\gamma,B}}}$
<p>Nota: El valor de <math>s_{\gamma i}</math> debe ser mayor o igual a 0.6, es decir, <math>s_{\gamma i} \geq 0.6</math> Si este valor es menor a 0.6 entonces usar 0.6.</p>

Fuente: García, 2017.

El método desarrollado por el Ingeniero geotécnico de nacionalidad yugoslava estadounidense Aleksandar Sedmak Vesic, en el año 1973 presentó un punto de vista complementario de la Teoría de Terzaghi para el cálculo de  $q_{adm}$ . Así, para calcular esta capacidad portante Vesic emplea factores de capacidad de carga, así como de forma y también de profundidad, tomando en cuenta a su vez factores de inclinación, de terreno y de base.

Figura 5: Esquema del Método de Vesic.



Fuente: Laura, 2016.

El esquema empleado para evaluar los criterios de Vesic es el mismo que el de Hansen, debido a que el procedimiento que propone Vesic es muy similar al propuesto por Hansen (1970) pero sólo con algunos cambios como:

- El término  $N_y$  tiene una ecuación ligeramente diferente.
- Los factores  $i_i$ ,  $b_i$ , y  $g_i$  se deben determinar de otra manera.

Tabla 5: Consideraciones del Método de Vesic.

<b>MÉTODO DE VESIC</b>			
<b>Fórmula General:</b>	$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$		
<b>FACTORES DE DISEÑO</b>			
<b>Factores de capacidad de carga:</b>			
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	$N_q = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$	$N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan(\phi)$	
<b>Factores de forma:</b>			
$s_c = 1 + \frac{N_q B}{N_c L}$ $s_c = 1$ para continua	$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi$	$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L} \geq 0.6$	
<b>Factores de profundidad:</b>			
Para: $D_f/B \leq 1$	$d_c = 1 + 0.4 \left( \frac{D_f}{B} \right)$	$d_\gamma = 1$	$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 D_f/B$
Para: $D_f/B > 1$	$d_c = 1 + 0.4 \tan^{-1} \left( \frac{D_f}{B} \right)$	$d_\gamma = 1$	$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} (D_f/B)$
<b>Factores de terreno:</b>			
$g_c = \frac{\beta}{5.14}$ ( $\phi = 0$ )	B en radianes	$g_c = i_q - \frac{1 - i_q}{5.14 \tan \phi}$	( $\phi > 0^\circ$ )
$g_q = g_\gamma = (1 - \tan \beta)^2$			
<b>Factores de base (base inclinada)</b>			
$b_c = g_c$ ( $\phi = 0$ )	$b_c = 1 - \frac{2\beta}{5.14 \tan \phi}$		
$b_q = b_\gamma = (1 - \eta \tan \phi)^2$ Donde $\eta$ está en radianes.			
<b>Factores de inclinación</b>			
$i_c = 1 - \frac{m H_i}{A_f * c_a * N_c}$	Donde $c_a$ es el factor de adherencia para $\phi = 0$		
$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$	Para $\phi > 0$		
$i_q = 1 - \left( \frac{H_i}{V + A_f * c_a * \cot \phi} \right)^m$	$i_\gamma = \left( 1 - \frac{H_i}{V + A_f * c_a * \cot \phi} \right)^{m+1}$		
$m = m_B = \frac{2 + B/L}{1 + B/L}$	$m = m_L = \frac{2 + B/L}{1 + B/L}$		

Fuente: García, 2017.



### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de la investigación**

Se empleó un enfoque cuantitativo, debido a que está apoyada en medidas numéricas y, asimismo, emplea la observación del proceso en forma de recolección de datos. (Cabezas, Andrade y Torres, 2018).

Como tipo de investigación fue aplicada, sustentando que tiene por fin solucionar problemas prácticos en un área específica, y apoyándose en la aplicación de los conocimientos existentes y no buscando crear nuevos conocimientos. (Cabezas, Andrade y Torres, 2018).

El diseño de investigación se caracteriza por ser no experimental, ello debido a que no manipula intencionadamente las variables en estudio, teniendo como finalidad observar los fenómenos de manera natural, para posteriormente analizarlos. (Cabezas, Andrade y Torres, 2018).

Asimismo, se es importante señalar que el nivel de investigación es descriptivo ya que tiene por fin especificar características ya sea de personas, poblaciones u otro fenómeno que se esté analizando. (Cabezas, Andrade y Torres, 2018).

#### **3.2 Variables y operacionalización**

Independiente: Comparación de resultados.

Dependiente: Capacidad portante en cimentación de vivienda.

En los anexos se muestra la operacionalización detalladamente.

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

#### Población

De acuerdo al criterio de Cabezas, Andrade y Torres (2018) se define a la población como: “Aquel conjunto de datos en el cual se emplea procedimientos para llevar a cabo el estudio detallado de un conglomerado de elementos con características comunes” (p. 88). En este sentido se ha tomado como población los suelos existentes en el distrito de San Martín de Porres, en la provincia y departamento de Lima.

#### Muestra y muestreo

De acuerdo al criterio de Cabezas, Andrade y Torres (2018) se define a la muestra como: “Es una pequeña parte de la población la cual permitirá dar a conocer datos específicos de la misma”. (p. 93). En este sentido la presente investigación toma como muestra el suelo existente en el A.H. San José, del distrito de San Martín de Porres, en la provincia y departamento de Lima, siendo el muestreo realizado con un criterio no probabilístico y de tipo intencional, llevándose a cabo un registro de calicatas.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

#### Técnicas

Resulta imprescindible señalar que las técnicas fueron: el estudio partió de la observación directa de la zona estudiada, se realizó también la experimentación mediante el uso de ensayos para estudiar el suelo existente, se llevó a cabo un análisis de la bibliografía relacionada, así como diferentes normativas y finalmente se llevó a cabo la evaluación de aquellos datos que fueron obtenidos.

#### Instrumentos de recolección de datos

Se puede mencionar los siguientes:

- El ensayo triaxial tiene por finalidad realizar la medición de la resistencia cortante de diferentes tipos de suelos tomando en consideración distintas condiciones de carga y drenaje. Permite obtener el valor de  $c$  y  $\Phi$ .

Figura 6: Esquema de ensayo



Fuente: Laboratorio FIC-UNI.

- El ensayo de análisis granulométrico, permite conocer el tamaño de las partículas del suelo para poder clasificarlo,

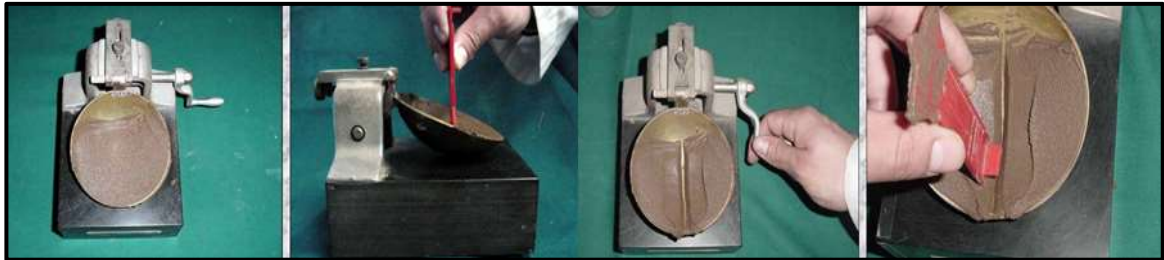
Figura 7: Ensayo de análisis granulométrico.



Fuente: Laboratorio FIC-UNI.

- El ensayo de límites de consistencia, sirve para determinar los límites de consistencia (LL y LP), expresados en porcentajes. La diferencia de estos dos valores se conoce como índice de plasticidad (IP).

Figura 8: Ensayo de límite líquido.



Fuente: Laboratorio FIC-UNI.

Figura 9: Ensayo de límite plástico.



Fuente: Laboratorio FIC-UNI.

- En la memoria de cálculo, fue posible calcular la capacidad portante del suelo por los métodos semiempíricos Terzaghi, Meyerhof, Vesic y Hansen, para elegir el método propicio para la cimentación de la vivienda en estudio.

#### Validación y confiabilidad de instrumento

Es posible afirmar que se entiende por validez al grado o nivel en el cual un instrumento lograr medir realmente la variable estudiada, para lo cual se empleó en esta investigación el juicio de expertos.

Por su parte es posible entender por confiabilidad al grado o nivel en el cual un instrumento al aplicarse repetidamente da como respuesta resultados iguales, garantizándose en esta investigación una buena confiabilidad puesto que el laboratorio de suelos se caracteriza por cumplir eficientemente con los estándares de calidad y normativas.

### **3.5 Procedimientos**

- Se visitó el área en estudio para llevar a cabo una inspección de campo a fin de extraer muestras a través de calicatas y empleando un registro de excavaciones.
- Se llevó a cabo ensayos de análisis granulométrico y límites de consistencia mediante el cual fue posible conocer la granulometría del suelo, así como sus límites de consistencia.
- Se llevó a cabo un ensayo triaxial mediante el cual fue posible conocer los valores de  $c$  y  $\Phi$ .
- Se realizaron memorias de cálculo, para lograr obtener la capacidad de carga del suelo mediante los Métodos de Terzaghi, Meyerhof, Vesic y Hansen.
- Al final se analizaron y discutieron los resultados obtenidos.

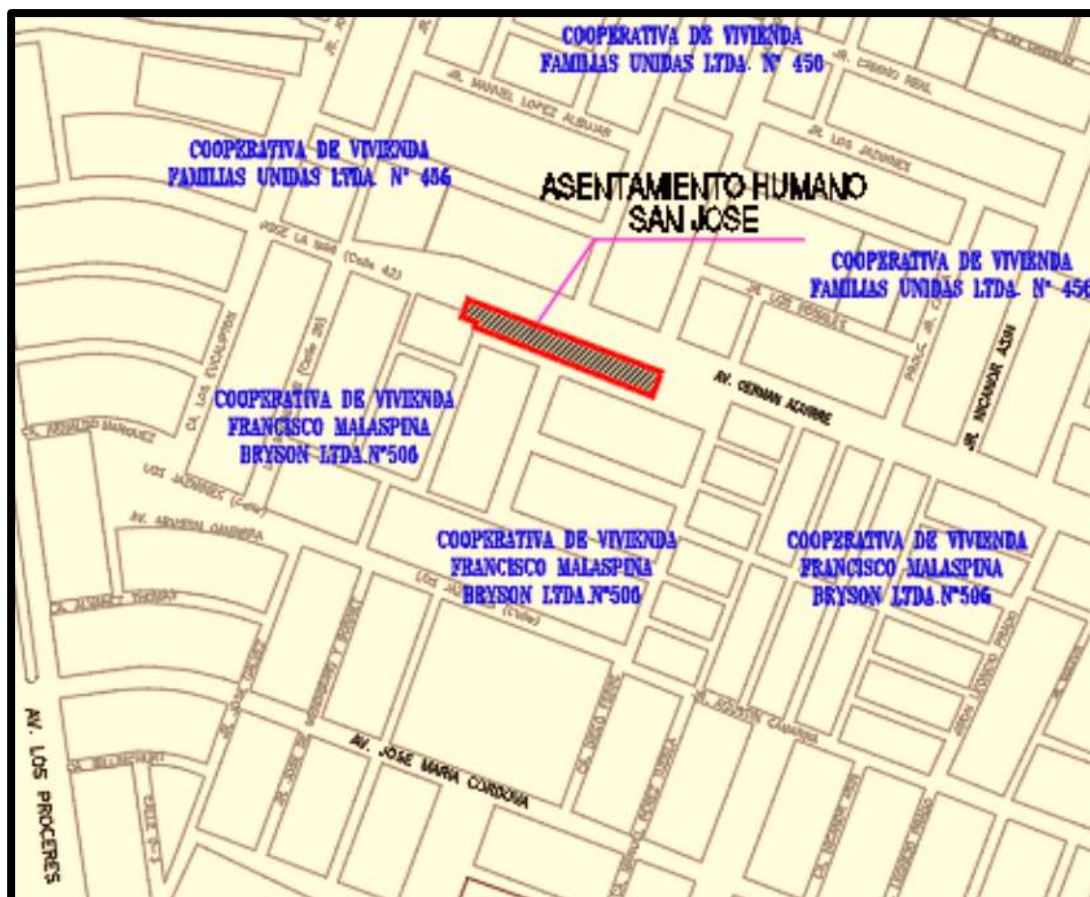
### **3.6 Manejo de análisis de datos**

Se registraron las características del suelo encontrado durante la realización de la excavación, anotándose la consistencia, humedad, etc. Posteriormente se hizo uso de los criterios de los diferentes métodos expuestos en este estudio para lo cual se emplearon memorias de cálculo.

Análisis de la zona en estudio

Se ubica en el departamento y provincia de Lima, distrito de San Martín de Porres, siendo el lugar elegido el A.H. San José, el cual posee un total de 21 viviendas informales, de la cual fue elegida 1 para el presente estudio.

Figura 10: Ubicación del área en estudio.



Fuente: Propia.

### 3.7. Aspectos éticos

Se puede afirmar que el tema de comparación de resultados de capacidad portante obtenidos por métodos semiempíricos para cimentación de vivienda en A.H. San José, cumplió con lo señalado por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

También se respetó el reglamento del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad César Vallejo, así como también con todas las indicaciones que establece la Norma APA Séptima Edición. Se destaca el respeto por la propiedad intelectual, así como por el medio ambiente.

Asimismo, es importante mencionar que se emplearon en el desarrollo de la investigación valores éticos como: la **humildad**, que es una fiel compañera que está siempre presente en las opiniones o apreciaciones que se realizan en la presente tesis, la **cordialidad** con los asesores, así como con los compañeros

vinculados o relacionados con la investigación y el **respeto**, que no se precipita en emitir juicios y no condena a los colegas, sino que considera los distintos puntos de vista.

## IV. RESULTADOS

Como resultado de los objetivos planteados se presenta lo siguiente:

Para el objetivo general:

**Realizar la comparación de los resultados obtenidos para la capacidad portante en cimentaciones de viviendas unifamiliares utilizando métodos semiempíricos – A.H. San José – SMP - Lima 2021.**

Se realizó la comparación de los resultados, obteniéndose que de los cuatro métodos estudiados (Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic), obteniéndose que el método con el cual se obtuvo menor capacidad de carga admisible fue el método de Hansen (2.33 kg/cm<sup>2</sup>) mientras que el método con el que se obtuvo mayor de capacidad de carga admisible fue el método de Meyerhof (2.85 kg/cm<sup>2</sup>).

Para el objetivo específico 1:

**Evaluar los parámetros de resistencia para utilizar los métodos semiempíricos para la cimentación de viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021.**

Se evaluaron los parámetros de resistencia (cohesión y ángulo de fricción interna) realizando ensayos triaxiales para tres muestras del suelo afín de generar la envolvente de falla con lo cual fue posible obtener el valor de la cohesión (0.082 kg/cm<sup>2</sup>) y el ángulo de fricción interna (28.01°).

Para el objetivo específico 2:

**Evaluar en nivel de desplante de la cimentación a utilizar según los métodos semiempíricos para viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021.**



Al tratarse de una vivienda unifamiliar de un solo nivel, los cuatro métodos recomendaron el empleo de una cimentación superficial de tipo zapatas aisladas cuadradas (1m x 1m), con una profundidad de desplante de 80 cm.

Para el objetivo específico 3:

**Determinar los parámetros geotécnicos de diseño según la norma E050, para evaluar la capacidad portante del suelo para la cimentación de viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021.**

Siguiendo las recomendaciones de la norma E-050 de Suelos y Cimentaciones se determinó los parámetros geotécnicos de presión admisible y factor de seguridad de falla por corte, obteniéndose valores de presión admisible de 2.44, 2.85, 2.33 y 2.39 kg/cm<sup>2</sup> (para los métodos de Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic respectivamente), mientras que el factor de seguridad elegido fue un valor conservador (FS = 3).

Para el objetivo específico 4:

**Establecer los parámetros comparativos de aplicación de los métodos semiempíricos para cimentación de las viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021.**

Los parámetros comparativos elegidos para realizar el análisis fueron los factores de capacidad de carga ( $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_y$ ), factores de forma ( $S_c$ ,  $S_q$  y  $S_y$ ) y factores de profundidad ( $d_c$ ,  $d_q$ ,  $d_y$ ). Los cuales fueron elegidos debido a que son considerados por los cuatro métodos (Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic) para determinar la capacidad portante. No se tomaron en cuenta los factores de inclinación de carga, de terreno o de base, puesto que estas inclinaciones no existen para el caso estudiado, además que algunos métodos no los consideran en sus formulaciones (como Terzaghi y Meyerhof).

## Resultados del estudio de mecánica de suelos

Características del suelo encontrado:

Como el terreno donde se construirá la vivienda unifamiliar es un terreno relativamente pequeño, se realizó sólo 1 calicata. Se pudo apreciar que el suelo está conformado por un material en su mayoría arenoso, clasificándose de acuerdo al sistema SUCS como arena limosa. Presenta consistencia firme y buenas condiciones de valor de soporte. No se encontró napa freática.

Tabla 6: Resumen de características del suelo encontrado.

Contenido de humedad (%)	4.49
Límite líquido (LL) (%)	36.68
Límite plástico (LP) (%)	24.65
Índice plástico (LL-LP=IP) (%)	12.03
Clasificación (S.U.C.S.)	SP-SM
Cohesión c (kg/cm <sup>2</sup> )	0.082
Ángulo de fricción interna $\Phi$	28.01
Peso específico natural $\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.873

Fuente: Elaboración Propia.

### Determinación de capacidad portante

#### Para una cimentación de tipo zapata aislada

De acuerdo a las características existentes en el terreno y a las solicitaciones de la estructura a construirse, se optó por considerar una cimentación superficial de tipo zapata aislada para lo cual se empleó diversas metodologías como: Método de Terzaghi, Vesic, Hansen y Vesic.

Tabla 7: Capacidad portante por el Método de Terzaghi.

<b>RESULTADOS MÉTODO DE TERZAGHI</b>			
<u>Fórmula General:</u>		$q_u = cN_c s_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma s_\gamma$	
<u>Factores de capacidad de carga:</u>			
$N_c = \cot\phi \left[ \frac{a^2}{2\cos^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)} - 1 \right] = \cot\phi(N_q - 1) = 31.61$		$a = e^{\left(\frac{3\pi - \phi}{4} - \frac{\phi}{2}\right)\tan\phi} = 0.03$	
$N_q = \frac{a^2}{2\cos^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)} = 17.81$		$N_\gamma = \frac{\tan\phi}{2} \left( \frac{K_p * \gamma}{\cos^2\phi} - 1 \right) = 13.70$	
<u>Factores de forma de Terzaghi para cimentaciones superficiales:</u>			
	<b>Continua</b>	<b>Circular</b>	<b>Cuadrada</b>
$s_c$	1.0	1.3	1.3
$s_\gamma$	1.0	0.6	0.8
<u>Cálculo de <math>q_u</math>:</u>			
$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma B N_\gamma$		(Zapata cuadrada, donde B=L)	
$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.3\gamma B N_\gamma$		(Zapata circular, donde B = diámetro)	
$q_u = 7.32 \frac{kg}{cm^2}$ , considerando $F_s = 3$ , entonces: $q_{adm} = 2.44 \frac{kg}{cm^2}$			

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 8: Capacidad portante por el Método de Meyerhof.

<b>RESULTADOS MÉTODO DE MEYERHOF</b>		
<u>Fórmula General:</u>	$q_u = cN_c s_c d_c i_c + qN_q s_q d_q i_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma$	
<u>Carga vertical:</u>	$q_u = cN_c s_c d_c + qN_q s_q d_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma$	
<b>FACTORES DE DISEÑO</b>		
<b>Factores de capacidad de carga:</b>		
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$ = 25.83	$N_q = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$ = 14.74	$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$ = 11.21
<b>Factores de forma:</b>		
Para: $\phi=0$	$s_c = 1 + 0.2 \left( \frac{B}{L} \right)$	$s_q = s_\gamma = 1$
Para: $\phi \geq 10^\circ$	$s_c = 1 + 0.2 \left( \frac{B}{L} \right) \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) = 1.55$	$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1 \left( \frac{B}{L} \right) \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) = 1.28$
<b>Factores de profundidad:</b>		
Para: $\phi=0$	$d_c = 1 + 0.2 \left( \frac{D_f}{L} \right)$	$d_q = d_\gamma = 1$
Para: $\phi \geq 10^\circ$	$d_c = 1 + 0.2 \left( \frac{D_f}{L} \right) = 1.33$	$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \left( \frac{D_f}{L} \right) \sqrt{\tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)} = 1.28$
$q_u = 8.54 \frac{kg}{cm^2}$ , considerando $F_s = 3$ , entonces: $q_{adm} = 2.85 \frac{kg}{cm^2}$		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 9: Aplicando el Método de Hansen.

<b>RESULTADOS MÉTODO DE HANSEN</b>		
<u>Fórmula General:</u>	$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$	
Para: $\Phi=0$	$q_u = 5.14c_u(1 + s_c + d_c - i_c - b_c - g_c) + q$	
<u>FACTORES DE DISEÑO</u>		
<b>Factores de capacidad de carga:</b>		
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$ = 25.83	$N_q = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$ = 14.74	$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \tan(\phi)$ = 10.96
<b>Factores de forma:</b>		
Para: $\Phi=0$	$s_c = 0.2 \left( \frac{B}{L} \right)$	
Para todo $\Phi$	$s_c = 1 + \frac{N_q B}{N_c L} = 1.57$ $s_q = 1$ Para continua $s_{qH} = 1 + \frac{B}{L} \text{sen} \phi$ $s_{qV} = 1 + \frac{B}{L} \text{sen} \phi = 1.47$ $s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L} \geq 0.6 = 0.6$	
<b>Factores de profundidad:</b>		
Para: $D_f/B \leq 1$	$d_c = 1 + 0.4 \left( \frac{D_f}{B} \right)$ $d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \text{sen} \phi)^2 D_f/B$	$d_\gamma = 1$
Para: $D_f/B > 1$	$d_c = 1 + 0.4 \tan^{-1} \left( \frac{D_f}{B} \right)$ = 1.41 $d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \text{sen} \phi)^2 \tan^{-1} (D_f/B) = 0.70$	$d_\gamma = 1$
$q_u = 7.00 \frac{kg}{cm^2}$ , considerando $F_s = 3$ , entonces: $q_{adm} = 2.33 \frac{kg}{cm^2}$		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 10: Aplicando el Método de Vesic.

<b>RESULTADOS MÉTODO DE VESIC</b>			
<b>Fórmula General:</b>		$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$	
<b>FACTORES DE DISEÑO</b>			
<b>Factores de capacidad de carga:</b>			
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$ = 25.83	$N_q = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$ = 14.74	$N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan(\phi)$ = 14.61	
<b>Factores de forma:</b>			
$s_c = 1 + \frac{N_q B}{N_c L} = 1.59$  $s_c = 1$ para continua	$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi = 1.53$	$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L} \geq 0.6$ = 0.6	
<b>Factores de profundidad:</b>			
Para: $D_f/B \leq 1$	$d_c = 1 + 0.4 \left( \frac{D_f}{B} \right)$	$d_\gamma = 1$	$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 D_f/B$
Para: $D_f/B > 1$	$d_c = 1 + 0.4 \tan^{-1} \left( \frac{D_f}{B} \right)$ = 1.41	$d_\gamma = 1$	$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} (D_f/B) = 0.70$
$q_u = 7.16 \frac{kg}{cm^2}$ , considerando $F_s = 3$ , entonces: $q_{adm} = 2.39 \frac{kg}{cm^2}$			

Fuente: Elaboración Propia.

## Comparación de resultados.

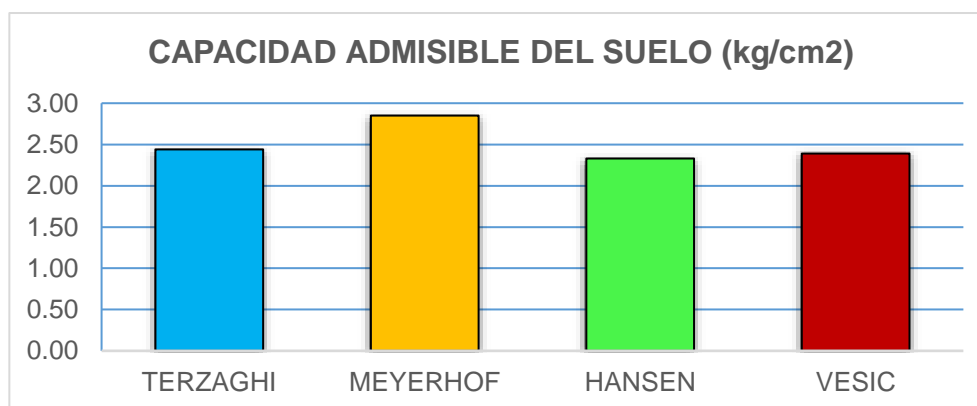
### Capacidad portante

Tabla 11: Resultados de la capacidad portante del suelo.

CAPACIDAD PORTANTE	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	VESIC
Capacidad de carga última (kg/cm <sup>2</sup> )	7.32	8.54	7.00	7.16
Capacidad de carga admisible (kg/cm <sup>2</sup> )	2.44	2.85	2.33	2.39

Fuente: Propia.

Figura 11: Comparación de  $q_{adm}$ .



Fuente: Propia.

### Interpretación:

Según los resultados presentados en la Tabla N°11 y Figura N°11 se puede afirmar que por el método de Terzaghi se obtuvo una capacidad de carga última de 7.32 kg/cm<sup>2</sup> y una capacidad de carga admisible de 2.44 kg/cm<sup>2</sup>, por el método de Meyerhof se obtuvo una capacidad de carga última de 8.54 kg/cm<sup>2</sup> y una capacidad de carga admisible de 2.85 kg/cm<sup>2</sup>, por el método de Hansen se obtuvo una capacidad de carga última de 7.00 kg/cm<sup>2</sup> y una capacidad de carga admisible de 2.33 kg/cm<sup>2</sup> y por el método de Vesic se obtuvo una capacidad de carga última de 7.16 kg/cm<sup>2</sup> y una capacidad de carga admisible de 2.39 kg/cm<sup>2</sup>.

## Parámetros comparativos

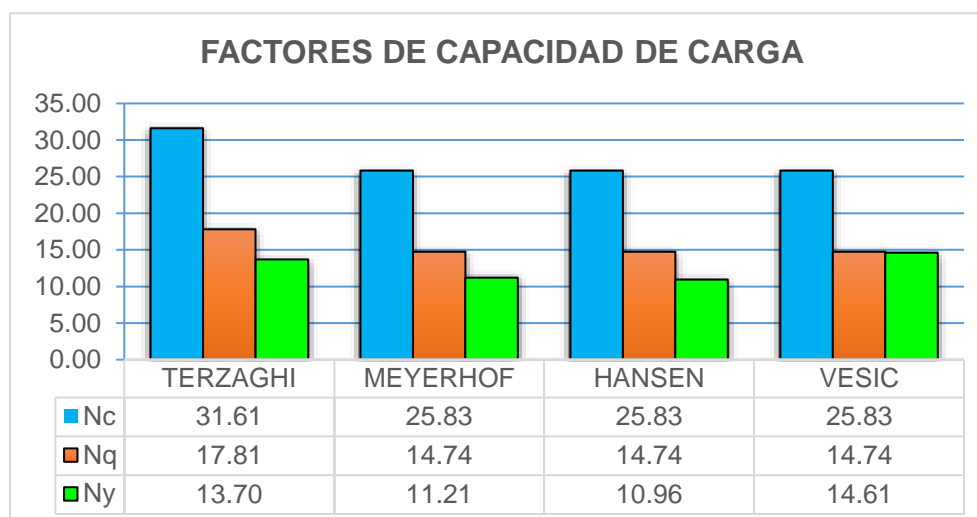
### Factores de capacidad de carga.

Tabla 12: Comparación de factores de capacidad de carga.

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	VESIC
Nc	31.61	25.83	25.83	25.83
Nq	17.81	14.74	14.74	14.74
Ny	13.70	11.21	10.96	14.61

Fuente: Propia.

Figura 12: Comparación de factores de capacidad de carga obtenido por los cuatro métodos



Fuente: Propia.

### Interpretación:

Según los resultados presentados en la Tabla N°12 y Figura N°12 se puede afirmar que el método de Terzaghi se obtuvo factores de capacidad de carga de  $N_c=31.61$ ,  $N_q=17.81$  y  $N_y=13.70$ , por el método de Meyerhof se obtuvo factores de capacidad de carga de  $N_c=25.83$ ,  $N_q=14.74$  y  $N_y=11.21$ , por el método de Hansen se obtuvo factores de capacidad de carga de  $N_c=25.83$ ,  $N_q=14.74$  y  $N_y=10.96$ , y por el método de Vesic se obtuvo factores de capacidad de carga de  $N_c=25.83$ ,  $N_q=14.74$  y  $N_y=14.61$ .



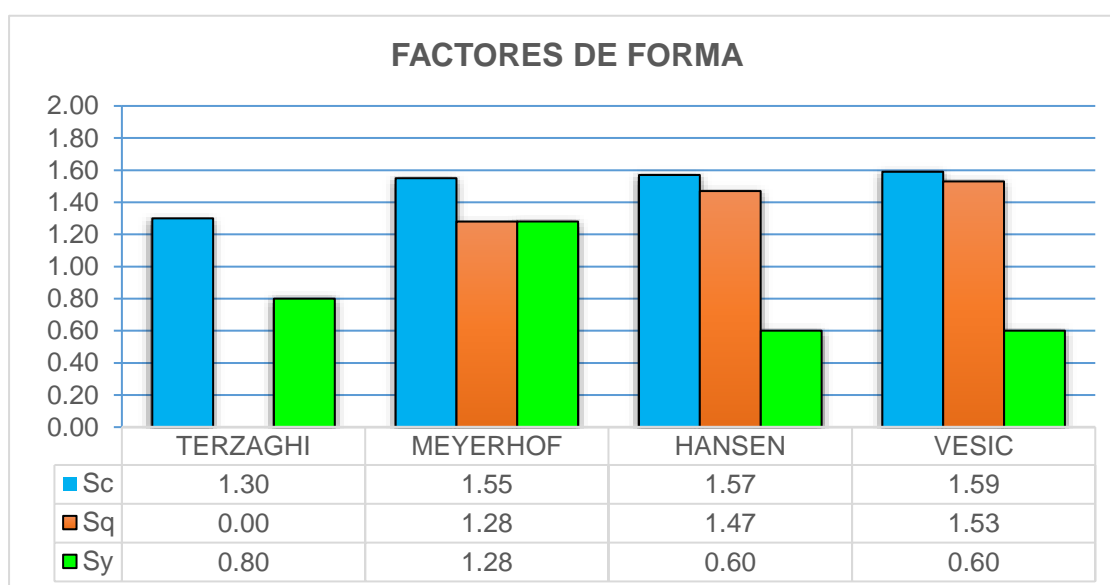
## Factores de forma.

Tabla 13: Comparación de factores de forma.

FACTORES DE FORMA	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	VESIC
Sc	1.30	1.55	1.57	1.59
Sq	0.00	1.28	1.47	1.53
Sy	0.80	1.28	0.60	0.60

Fuente: Propia.

Figura 13: Comparación de factores de forma por los cuatro métodos.



Fuente: Propia.

### Interpretación:

Según los resultados presentados en la Tabla N°13 y Figura N°13 se puede afirmar que el método de Terzaghi se obtuvo factores de forma de  $Sc=1.30$ ,  $Sq=0.00$  y  $Sy=0.80$ , por el método de Meyerhof se obtuvo factores de forma de  $Sc=1.55$ ,  $Sq=1.28$  y  $Sy=1.28$ , por el método de Hansen se obtuvo factores de forma de  $Sc=1.57$ ,  $Sq=1.47$  y  $Sy=0.60$ , y por el método de Vesic se obtuvo factores de forma de  $Sc=1.59$ ,  $Sq=1.53$  y  $Sy=0.60$ .

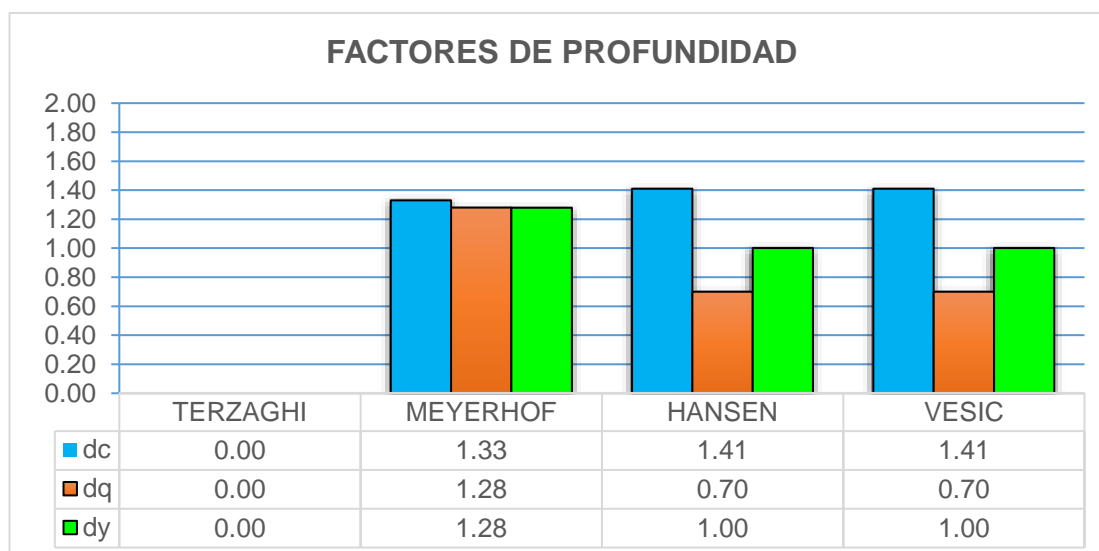
## Factores de profundidad.

Tabla 14: Comparación de factores de profundidad.

FACTORES DE PROFUNDIDAD	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	VESIC
dc	0.00	1.33	1.41	1.41
dq	0.00	1.28	0.70	0.70
dy	0.00	1.28	1.00	1.00

Fuente: Propia.

Figura 14: Comparación de factores de profundidad por los cuatro métodos.



Fuente: Propia.

### Interpretación:

Según los resultados presentados en la Tabla N°14 y Figura N°14 se puede afirmar que el método de Terzaghi no considera factores de profundidad (son cero), por el método de Meyerhof se obtuvo factores de profundidad de  $dc=1.33$ ,  $dq=1.28$  y  $dy=1.28$ , por el método de Hansen se obtuvo factores de profundidad de  $dc=1.41$ ,  $dq=0.70$  y  $dy=1.00$ , y por el método de Vesic se obtuvo factores de profundidad de  $dc=1.41$ ,  $dq=0.70$  y  $dy=1.00$ .

## V. DISCUSIÓN

**Mediante la comparación de los resultados obtenidos por los métodos semiempíricos para evaluar la capacidad portante se eligió el método más adecuado que es el que valida la hipótesis general para la cimentación de viviendas unifamiliares en el A.H. San José – SMP - Lima 2021.**

A partir de los resultados obtenidos, los cuales fueron una capacidad de carga de admisible de 2.44 kg/cm<sup>2</sup> por el Método de Terzaghi, 2.85 kg/cm<sup>2</sup> por el Método de Meyerhof, 2.33 kg/cm<sup>2</sup> por el Método de Hansen y 2.39 kg/cm<sup>2</sup> por el Método de Vesic, se puede afirmar que el método con el cual se obtuvo menor capacidad de carga admisible fue el método de Hansen (2.33 kg/cm<sup>2</sup>) mientras que el método con el que se obtuvo mayor de capacidad de carga admisible fue el método de Meyerhof (2.85 kg/cm<sup>2</sup>), con lo cual se pudo elegir como el método más adecuado para la cimentación de la vivienda unifamiliar el Método de Hansen, puesto que se optó por elegir la menor capacidad portante obtenida para tener un diseño más conservador y brindar mayor seguridad a la cimentación.

Estos resultados obtenidos contrastan con lo que sostiene Laura (2016), quien obtuvo resultados similares al obtener mediante el Método Hansen una capacidad de carga admisible de 1.04 kg/cm<sup>2</sup>, siendo el método que dio el valor más conservador.

Por lo anteriormente expuesto se puede afirmar que se acepta la hipótesis general que establece que *Mediante la comparación de los resultados obtenidos de capacidad portante se podrá elegir el método semiempírico más adecuado para la cimentación de viviendas unifamiliares en el A.H. San José – SMP - Lima 2021*, y concuerda con el objetivo general de *realizar la comparación de los resultados obtenidos para la capacidad portante en cimentaciones de viviendas unifamiliares utilizando métodos semiempíricos – A.H. San José – SMP - Lima 2021*, puesto que se le logró cumplir con el objetivo establecido, ya que compararon todos los métodos obteniéndose que el método con el cual se obtuvo menor capacidad de carga admisible fue el método de Hansen (2.33 kg/cm<sup>2</sup>) mientras que el método con el que se obtuvo mayor de capacidad de carga admisible fue el método de Meyerhof (2.85 kg/cm<sup>2</sup>).

**De los resultados obtenidos del objetivo específico 1 se valida la hipótesis por la razón de que evaluando los parámetros de resistencia se podrá utilizar correctamente los métodos semiempíricos para la cimentación de viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021.**

A partir de los resultados obtenidos, los cuales fueron un valor de la cohesión de 0.082 kg/cm<sup>2</sup> y un ángulo de fricción interna de 28.01°, que se obtuvieron realizando ensayos triaxiales para tres muestras del suelo afín de generar la envolvente de falla, fue posible utilizar correctamente los métodos semiempíricos Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic, puesto que los cuatro métodos requieren necesariamente de los parámetros de cohesión y ángulo de fricción interna para utilizar correctamente sus respectivas formulaciones para el cálculo de capacidad portante del suelo.

Esto concuerda con lo obtenido por Rosales (2017) quien obtuvo resultados similares al obtener una cohesión de 0.05 Kg/cm<sup>2</sup> y ángulo de fricción interna de 35° para un suelo de tipo SM, afirmando que es necesario conocer estos dos parámetros de resistencia para evaluar la capacidad portante del suelo por cualquiera de los métodos semiempíricos.

Por lo anteriormente expuesto se puede afirmar que se acepta la primera hipótesis específica que establece que *evaluando los parámetros de resistencia se podrá utilizar correctamente los métodos semiempíricos para la cimentación de viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021*, y concuerda con el primer objetivo específico puesto que se logró cumplir con dicho objetivo establecido, ya que se evaluaron los parámetros de resistencia (cohesión y ángulo de fricción interna) realizando ensayos triaxiales para tres muestras del suelo afín de generar la envolvente de falla con lo cual fue posible obtener el valor de la cohesión (0.082 kg/cm<sup>2</sup>) y el ángulo de fricción interna (28.01°).

**De los resultados obtenidos del objetivo específico 2 se valida la hipótesis por la razón de que evaluando el nivel de desplante de la cimentación por cada método semiempírico se podrá determinar correctamente la capacidad portante del suelo para viviendas unifamiliares del A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021.**

A partir del resultado obtenido, el cual fue una profundidad de desplante de 80 cm, se puede afirmar que, al tratarse de una vivienda unifamiliar de un solo nivel, los cuatro métodos recomendaron el empleo de una cimentación superficial de tipo zapatas aisladas cuadradas (1mx 1m), con una profundidad de desplante de 80 cm para determinar la capacidad portante del suelo.

Esto concuerda con lo obtenido por Gómez y Cenepo (2019) quienes obtuvieron un resultado similar al obtener una profundidad de desplante de 1.00 m para cimentaciones superficiales de viviendas unifamiliares en el distrito de Shanao, Lamas, San Martín, con lo cual fue posible obtener la capacidad portante por los métodos semiempíricos.

Por lo anteriormente expuesto se puede afirmar que se acepta la segunda hipótesis específica que establece que *Evaluando el nivel de desplante de la cimentación por cada método semiempírico se podrá determinar correctamente la capacidad portante del suelo para viviendas unifamiliares del A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021*, y concuerda con el segundo objetivo específico puesto que se logró cumplir con el objetivo establecido, ya que se al tratarse de una vivienda unifamiliar de un solo nivel, los cuatro métodos recomendaron el empleo de una cimentación superficial de tipo zapatas cuadradas con una profundidad de desplante de 60 cm.

**De los resultados obtenidos del objetivo específico 3 se valida la hipótesis por la razón de que Determinando los parámetros geotécnicos de diseño según la norma E050 se podrá evaluar la capacidad portante del suelo para la cimentación de viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021.**

A partir del resultado obtenido en la presente tesis, los cuales fueron los valores de los parámetros geotécnicos establecidos por la norma E.050 Suelos y Cimentaciones, que fueron la presión admisible y el factor de seguridad de falla por corte, con los cuáles fue posible evaluar la capacidad portante del suelo obteniéndose valores de presión admisible de 2.44, 2.85, 2.33 y 2.39 kg/cm<sup>2</sup> (para los métodos de Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic respectivamente), mientras que el factor de seguridad elegido fue un valor conservador (FS = 3).

Esto concuerda con lo obtenido por Laura (2016) quien obtuvo resultados similares al obtener una presión admisible de 1.08, 1.11, 1.04 y 1.06 kg/cm<sup>2</sup> (para los métodos de Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic respectivamente), mientras que el factor de seguridad elegido fue también un valor conservador de 3.

Por lo anteriormente expuesto se puede afirmar que se acepta la hipótesis específica 3 que establece que *Determinando los parámetros geotécnicos de diseño según la norma E050 se podrá evaluar la capacidad portante del suelo para la cimentación de viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021*, y concuerda con el objetivo específico 3, puesto que se logró cumplir con el objetivo establecido, ya que siguiendo las recomendaciones de la norma E-050 de Suelos y Cimentaciones se determinó los parámetros geotécnicos de presión admisible y factor de seguridad de falla por corte, obteniéndose valores de presión admisible de 2.44, 2.85, 2.33 y 2.39 kg/cm<sup>2</sup> (para los métodos de Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic respectivamente), mientras que el factor de seguridad elegido fue un valor conservador (FS = 3).

**De los resultados obtenidos del objetivo específico 4 se valida la hipótesis por la razón de que estableciendo los parámetros comparativos de aplicación de los métodos semiempíricos se podrá elegir correctamente el método semiempírico a emplearse en la cimentación de viviendas unifamiliares del A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021.**

A partir del resultado obtenido en la presente tesis, se eligieron los parámetros comparativos para realizar el análisis, los cuales fueron los factores de capacidad de carga ( $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_y$ ), factores de forma ( $S_c$ ,  $S_q$  y  $S_y$ ) y factores de profundidad ( $d_c$ ,  $d_q$ ,  $d_y$ ). Los cuales fueron elegidos debido a que son considerados por los cuatro métodos (Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic) para determinar la capacidad portante. No se tomaron en cuenta los factores de inclinación de carga, de terreno o de base, puesto que estas inclinaciones no existen para el caso estudiado, además que algunos métodos no los consideran en sus formulaciones (como Terzaghi y Meyerhof).

Esto concuerda con lo obtenido por Baque (2017) quien obtuvo resultados similares al obtener que los factores de diseño con los cuales se pueden comparar los cuatro

métodos semiempíricos Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic son los factores de capacidad de carga, de forma y de profundidad, pero resaltando que, si se desea comparar solo los métodos de Hansen y Vesic entonces se pueden añadir también al análisis los factores de inclinación de carga, de terreno y de base.

Por lo anteriormente expuesto se puede afirmar que se acepta la segunda hipótesis específica que establece que *Estableciendo los parámetros comparativos de aplicación de los métodos semiempíricos se podrá elegir correctamente el método semiempírico a emplearse en la cimentación de viviendas unifamiliares del A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021*, y concuerda con el objetivo específico 4 puesto que se logró cumplir con el objetivo establecido, ya que se establecieron como parámetros comparativos los factores de capacidad de carga ( $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_y$ ), factores de forma ( $S_c$ ,  $S_q$  y  $S_y$ ) y factores de profundidad ( $d_c$ ,  $d_q$ ,  $d_y$ ). Los cuales fueron elegidos debido a que son considerados por los cuatro métodos (Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic) para determinar la capacidad portante.

## VI. CONCLUSIONES

Con respecto del objetivo general planteado de *realizar la comparación de los resultados obtenidos para la capacidad portante en cimentaciones de viviendas unifamiliares utilizando métodos semiempíricos – A.H. San José – SMP - Lima 2021*, se concluye que se realizó la comparación de los resultados, obteniéndose que de los cuatro métodos estudiados (Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic), obteniéndose que el método con el cual se obtuvo menor capacidad de carga admisible fue el método de Hansen (2.33 kg/cm<sup>2</sup>) mientras que el método con el que se obtuvo mayor de capacidad de carga admisible fue el método de Meyerhof (2.85 kg/cm<sup>2</sup>).

Con respecto del primer objetivo específico planteado de *evaluar los parámetros de resistencia para utilizar los métodos semiempíricos para la cimentación de viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021*, se concluye que se evaluaron los parámetros de resistencia (cohesión y ángulo de fricción interna) realizando ensayos triaxiales para tres muestras del suelo afín de generar la envolvente de falla con lo cual fue posible obtener el valor de la cohesión (0.082 kg/cm<sup>2</sup>) y el ángulo de fricción interna (28.01°).

Con respecto del segundo objetivo específico planteado de *evaluar el nivel de desplante de la cimentación a utilizar según los métodos semiempíricos para viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021*, se concluye que, al tratarse de una vivienda unifamiliar de un solo nivel, los cuatro métodos recomendaron el empleo de una cimentación superficial de tipo zapatas cuadradas con una profundidad de desplante de 80 cm.

Con respecto del tercer objetivo específico planteado de *determinar los parámetros geotécnicos de diseño según la norma E050, para evaluar la capacidad portante del suelo para la cimentación de viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021*, se concluye que siguiendo las recomendaciones de la norma E-050 de Suelos y Cimentaciones fue posible determinar los parámetros geotécnicos de presión admisible y factor de seguridad de falla por corte, obteniéndose valores de presión admisible de 2.44, 2.85, 2.33 y



2.39 kg/cm<sup>2</sup> (para los métodos de Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic respectivamente), mientras que el factor de seguridad elegido fue un valor conservador (FS = 3).

Con respecto del cuarto objetivo específico planteado de *establecer los parámetros comparativos de aplicación de los métodos semiempíricos para cimentación de las viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021*, se concluye que se establecieron como parámetros comparativos los factores de capacidad de carga (Nc, Nq, Ny), factores de forma (Sc, Sq y Sy) y factores de profundidad (dc, dq, dy). Los cuales fueron elegidos debido a que son considerados por los cuatro métodos (Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic) para determinar la capacidad portante.

## VII. RECOMENDACIONES

Con respecto a la conclusión del objetivo general se recomienda que, para futuras investigaciones, se comparen también los métodos de Budhu (2011) y Análisis Simplificado (2013) puesto que estos métodos son también muy utilizados en los últimos años para la determinación de capacidad portante de suelos.

Con respecto a la conclusión del primer objetivo específico se recomienda emplear el tipo de ensayo triaxial correcto de acuerdo a las características geotécnicas existentes (sea no consolidado no drenado UU, consolidado no drenado CU o consolidado drenado CD), para de esta manera determinar correctamente los valores de los parámetros de resistencia que son la cohesión y el ángulo de fricción interna.

Con respecto a la conclusión del segundo objetivo específico se recomienda que, en futuras investigaciones, evaluar la profundidad de desplante que sugieren los métodos semiempíricos para cimentaciones superficiales de tipo zapata corrida, afín de comparar este análisis con el obtenido para el caso de zapatas cuadradas.

Con respecto a la conclusión del tercer objetivo específico se recomienda que, en futuras investigaciones similares, incluir también en el análisis el parámetro geotécnico de asentamiento máximo permisible de acuerdo a la norma E050 de Suelos y Cimentaciones.

Con respecto a la conclusión del cuarto objetivo específico se recomienda que, cuando sea necesario comparar solo los métodos de Hansen y Vesic, también se consideren como parámetros comparativos los factores de inclinación de carga, de terreno y de base.

## REFERENCIAS

- Aguilar, L. (2016). *Estudio geotécnico: estimación de la capacidad portante en proyecto construcción de puente, sobre río San Antonio Municipio De La Jagua de Ibirico, César* (Tesis de Pregrado), Fundación Universitaria del Área Andina, Valledupar, Colombia.
- Al-Shamrani, M. y Baig, A. (2016). Soluciones de forma cerrada para la capacidad de carga de zapatas en suelos anisotrópicos cohesivos. *Revista Ingeniería de Construcción*, 30 (2), 109-125.
- Aragundi, M., Delgado, C., Ortiz, E. y Delgado, D. (2019). Estudio para determinar la capacidad portante del suelo como parámetro geotécnico, aplicando el ensayo de cono dinámico de penetración (DCP), en los terrenos aledaños a la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología*, 4(2), 39-43.
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación*. Caracas, Venezuela: Episteme – Sexta Edición.
- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación*. Ciudad de México, México: Grupo Editorial Patria.
- Baque, G. (2017). *Caracterización físico - mecánicas del suelo para cimentación en edificaciones de categoría baja, sector By Pass – John F. Kennedy, ciudad Jipijapa* (Tesis de Pregrado), Universidad Estatal del Sur de Manabí, Manabí, Ecuador.
- Bunawan, A., Momeni, E., Armaghani, D., Nissa, K. & Rashid, A. (2018). Neuro-Fuzzy and Neural Network Techniques to Estimate Bearing Capacity of Cohesive Soft Soils Reinforced with Soil-Cement Columns. *Measurement*, 124, 529-538.
- Cárdenas, F. y Quito, P. (2020). *Análisis de la Capacidad Portante y la Susceptibilidad a Consolidación de un suelo fino en la Parroquia Borrero-Charasol, del Cantón Azogues* (Tesis de Pregrado), Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

- 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* (Tesis de Pregrado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Celis, J. y Villacis, T. (2018). *Zonificación de la capacidad portante de los suelos de la Localidad de Shamboyacu, Provincia de Picota, Región San Martín* (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú.
- Chen, D., Hou, L., Bu, X. & Chen, Y. (2020). A piecewise bearing capacity method of unstructured terrain considering characteristics of soil mechanic and wheel geometry. *Journal of Terramechanics*, 89, 13-20.
- Chen, Q. & Abu-Farsakh, M. (2016). Ultimate bearing capacity analysis of strip footings on reinforced soil foundation. *Soils and Foundations*, 55 (1), 74-85.
- Chen, T. & Xiao, S. (2020). Unified upper bound solution for bearing capacity of shallow rigid strip foundations generally considering soil dilatancy. *Soils and Foundations*, 60 (1), 155-166.
- Chwała, M. (2019). Undrained bearing capacity of spatially random soil for rectangular footings. *Soils and Foundations*, 59 (5), 1508-1521.
- Fu, D., Zhang, Y. & Yan, Y. (2020). Bearing capacity of a side-rounded suction caisson foundation under general loading in clay. *Computers and Geotechnics*, 123, 1-12.
- García, O. (2017). *Modelo de capacidad portante para arcillas mejoradas con rellenos granulares* (Tesis de Posgrado), Fundación Universitaria del Norte, Barranquilla, Colombia.
- Gómez, J. y Cenepo, J. (2019). *Evaluación y diseño de la capacidad portante del suelo con fines de cimentación para viviendas multifamiliares en la CC.NN. Pucallpa, en el Distrito de Shanao, Lamas, San Martín* (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú.

- Guerrero, Y. y Atencio, J. (2021). *Determinación de capacidad de carga del suelo empleando método de Meyerhof para la cámara de bombeo del sector 309 - Villa María del Triunfo* (Tesis de Pregrado), Universidad César Vallejo, Lima, Perú.
- Halder, K. y Chakraborty, D. (2020). Effect of inclined and eccentric loading on the bearing capacity of strip footing placed on the reinforced slope. *Soils and Foundations*, 60 (4), 791-799.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Editorial McGraw-Hill – Quinta edición.
- Huang, C. (2018). Effects of restraining conditions on the bearing capacity of footings near slopes. *Soils and Foundations*, 59 (1), 1-12.
- Ibáñez, L. (2017). Análisis de la influencia de la profundidad de cimentación en la disminución de asentamientos en losas de fundación combinadas con pilotes. *Obras y proyectos*, 22, 42-49.
- Jin, L., Zhang, H. & Feng, Q. (2019). Application of improved radial movement optimization for calculating the upper bound of ultimate bearing capacity of shallow foundation on unsaturated soil. *Computers and Geotechnics*, 109, 82-88.
- Kasama, K., Whittle, A. & Kitazume, M. (2019). Effect of spatial variability of block-type cement-treated ground on the bearing capacity of foundation under inclined load. *Soils and Foundations*, 59 (6), 2125-2143.
- Khorrani, R., Derakhshani, A. & Moayedi, H. (2020). New explicit formulation for ultimate bearing capacity of shallow foundations on granular soil using M5' model tree. *Measurement*, 163, 1-14.
- Laura, S. (2016). *Evaluación de la capacidad predictiva de los métodos de estimación del comportamiento mecánico de los suelos lacustres de la Bahía de Puno, para cimentaciones superficiales* (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

- Lee, J., Jeong, S. & Lee, S. (2016). Undrained bearing capacity factors for ring footings in heterogeneous soil. *Computers and Geotechnics*, 75, 103-111.
- Luo, N. & Bathurst, R. (2017). Reliability bearing capacity analysis of footings on cohesive soil slopes using RFEM. *Computers and Geotechnics*, 89, 203-212.
- Misir, G. & Laman, M. (2018). Estimating the bearing capacity of single reinforced granular fill overlying clay. *Geotextiles and Geomembranes*, 46 (6), 817–829.
- Motra, H., Stutz, H. & Wuttke, F. (2016). Quality assessment of soil bearing capacity factor models of shallow foundations. *Soils and Foundations*, 56 (2), 265-276.
- Panique, D., Galindo, R. & Patiño, H. (2020). Bearing capacity of shallow foundation under cyclic load on cohesive soil. *Computers and Geotechnics*, 123, 1-16.
- Rosales, L. (2017). *Determinación de la capacidad portante de los suelos para establecer la zonificación en la localidad de Juan Guerra – 2017* (Tesis de Pregrado), Universidad César Vallejo, Lima, Perú.
- Salimi, S., Abbo, A. & Kouretzis, G. (2019). Bearing capacity of strip footings on layered sands. *Computers and Geotechnics*, 114, 1-11.
- Santhoshkumar, G. & Ghosh, P. (2020). Ultimate bearing capacity of skirted foundation on cohesionless soil using slip line theory. *Computers and Geotechnics*, 123, 1-15.
- Sargazi, O. & Seyed, E. (2017). Bearing capacity of ring footings on cohesion less soil under eccentric load. *Computers and Geotechnics*, 92, 169-178.
- Schmüdderich, C., Lavasan, A., Tschuchnigg, F. & Wichtmann, T. (2020). Bearing capacity of a strip footing placed next to an existing footing on frictional soil. *Soils and Foundations*, 60 (1), 229-238.
- Tristá, J., Cobelo, W. y Quevedo, G. (2020). Aplicación de la caracterización de suelos parcialmente saturados en la modelación del comportamiento

resistente de cimientos aislados sometido a carga axial. *Revista Ingeniería de Construcción*, 35 (2), 100-110.

Vaseghi, S., Imam, R. & McCartney, J. (2019). Relative density effects on the bearing capacity of unsaturated sand. *Soils and Foundations*, 59 (5), 1280-1291.

Wu, Y., Zhou, X., Gao, Y. & Shu, S. (2020). Bearing capacity of embedded shallow foundations in spatially random soils with linearly increasing mean undrained shear strength. *Computers and Geotechnics*, 122, 1-13.

Zhang, C., Yan, Q., Zhao, J. & Wang, J. (2020). Formulation of ultimate bearing capacity for strip foundations based on the Meyerhof theory and unsaturated soil mechanics. *Computers and Geotechnics*, 126, 1-11.

Zhang, R., Xiao, Y., Zhao, M. & Jiang, J. (2020). Seismic bearing capacity of strip footings placed near  $c-\phi$  soil slopes. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 136, 1-11.

## **ANEXOS**



**Anexo 1**  
**Matriz de consistencia.**

Tabla 15: Matriz de consistencia.

**TÍTULO:** "Comparación de resultados para determinar capacidad portante en cimentación de viviendas utilizando métodos semiempíricos - A.H. San José-SMP-Lima 2021".

**AUTOR:** Bach. Maldonado Amao, Edwin.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	METODOLOGÍA
GENERAL	GENERAL	GENERAL			
¿De qué manera podemos comparar los resultados obtenidos para la capacidad portante en cimentaciones de viviendas unifamiliares utilizando métodos semiempíricos – A.H. San José – SMP - Lima 2021?	Realizar la comparación de los resultados obtenidos para la capacidad portante en cimentaciones de viviendas unifamiliares utilizando métodos semiempíricos – A.H. San José – SMP - Lima 2021.	Mediante la comparación de los resultados obtenidos de capacidad portante se elige el método semiempírico más adecuado para la cimentación de viviendas unifamiliares en el A.H. San José – SMP - Lima 2021.	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE COMPARACIÓN DE RESULTADOS</b>	D1: Método de Terzaghi	<b>Enfoque:</b> Cuantitativo.
				D2: Método de Meyerhof	<b>Diseño de investigación:</b> No experimental.
				D3: Método de Hansen	
				D4: Método de Vesic	<b>Tipo de investigación:</b> Aplicada.
ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS			
<b>PE1:</b>	<b>OE1:</b>	<b>HE1:</b>			

<p>¿De qué manera podemos evaluar los <b>parámetros de resistencia</b> para utilizar los métodos semiempíricos para la cimentación de viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021?</p>	<p>Evaluar los <b>parámetros de resistencia</b> para utilizar los métodos semiempíricos para la cimentación de viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021.</p>	<p>Evaluando los <b>parámetros de resistencia</b> se podrá utilizar correctamente los métodos semiempíricos para la cimentación de viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021.</p>	<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE</b> CAPACIDAD PORTANTE EN CIMENTACIÓN DE VIVIENDA</p>	<p><b>D1:</b> Parámetros de resistencia.</p>	
<p><b>PE2:</b></p>	<p><b>OE2:</b></p>	<p><b>HE2:</b></p>		<p><b>D2:</b> Nivel de desplante.</p>	
<p>¿De qué manera podemos evaluar en <b>nivel de desplante</b> de la cimentación a utilizar según los métodos semiempíricos para viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021?</p>	<p>Evaluar en <b>nivel de desplante</b> de la cimentación a utilizar según los métodos semiempíricos para viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021.</p>	<p>Evaluando el <b>nivel de desplante</b> de la cimentación por cada método semiempírico se podrá determinar correctamente la capacidad portante del suelo para viviendas unifamiliares del A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021 .</p>		<p><b>D3:</b> Parámetros geotécnicos según Norma E-050.</p>	
<p><b>PE3:</b></p>	<p><b>OE3:</b></p>	<p><b>HE3:</b></p>			
<p>¿Cómo podemos determinar los <b>parámetros geotécnicos de diseño según la norma E050</b>, para evaluar la capacidad portante del suelo para la cimentación de viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021?</p>	<p>Determinar los <b>parámetros geotécnicos de diseño según la norma E050</b>, para evaluar la capacidad portante del suelo para la cimentación de viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021.</p>	<p>Determinando los <b>parámetros geotécnicos de diseño según la norma E050</b> se podrá evaluar la capacidad portante del suelo para la cimentación de viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021.</p>			

PE4:	OE4:	HE4:		
<p>¿Cómo podemos establecer los <b>parámetros comparativos de aplicación de los métodos semiempíricos</b> para cimentación de las viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021?</p>	<p>Establecer los <b>parámetros comparativos de aplicación de los métodos semiempíricos</b> para cimentación de las viviendas unifamiliares en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021</p>	<p>Estableciendo los <b>resultados comparativos de la aplicación de las ecuaciones de los metodos semiempíricos</b> se elige correctamente el método semiempírico, para determinar la capacidad portante del terreno en la cimentación de viviendas unifamiliares del A.H. San José, distrito de San Martín de Porres-Lima 2021</p>	<p><b>D4:</b> Parámetros comparativos de métodos semiempíricos.</p>	

Fuente: Elaboración Propia.

## **Anexo 2**

### **Matriz de operacionalización de variables.**

Tabla 16: Matriz de operacionalización de variables.

**TÍTULO:** "Comparación de resultados para determinar capacidad portante en cimentación de viviendas utilizando métodos semiempíricos - A.H. San José-SMP-Lima 2021".

**AUTOR:** Bach. Maldonado Amao, Edwin.

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE Comparación de resultados.	Consiste en la comparación de las ventajas y desventajas de los métodos que analizan la falla por capacidad de carga en fundaciones continuas para poder realizar un diseño de cimentación que eviten tales fallas. Los más usados actualmente son los Métodos de Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic. (Laura, 2016).	Consiste en la comparación del conjunto de métodos que permiten determinar la capacidad portante del suelo afin de realizar un diseño de cimentación eficiente. En la actualidad destacan los métodos de Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic, los cuales emplean parámetros geotécnicos, diversos tipos de factores de diseño, memorias de cálculo y ensayos de laboratorio de mecánica de suelos como análisis granulométrico y ensayo triaxial según la norma E-050.	D1: Método de Terzaghi.	Factores de capacidad de carga.	Ángulo de fricción interna	NOMINAL
				Resistencia al corte del suelo.	Ensayo Triaxial	NOMINAL
			D2: Método de Meyerhof	Factores de capacidad de carga y forma.	Ángulo de fricción interna	NOMINAL
				Cohesividad y fricción entre partículas del suelo.	Ensayo triaxial	NOMINAL
			D3: Método de Hansen	Factores de profundidad.	Perfil estratigráfico	ALTURA
				Tipo de suelo	SUCS	NOMINAL
				Factores de inclinación de carga y de la base.	Topografía	%
			D4: Método de Vesic	Forma del cimiento.	Diseño	RAZÓN
				Resistencia al corte del suelo.	Ensayo triaxial	NOMINAL
				Factores de carga y profundidad.	Perfil estratigráfico	RAZÓN
				Cohesión	Ensayo triaxial	NOMINAL

DEPENDIENTE Capacidad portante en cimentación de viviendas.	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. (Gómez y Cenepo, 2019).	Es la capacidad que posee el terreno para soportar las cargas aplicadas en él. Depende de los parámetros de resistencia del suelo, el nivel de desplante de la cimentación, los parámetros geotécnicos del diseño de la Norma E-0.50 y los parámetros comparativos de los métodos semiempíricos. Para ello se emplea ensayo triaxial y memorias de cálculo.	D1: Parámetros de resistencia.	Ángulo de fricción interna	Ensayo triaxial	NOMINAL
			D2: Nivel de desplante.	Profundidad de cimentación.	Perfil instrumento	ALTURA
			D3: Parámetros geotécnicos según Norma E-050.	Presión admisible.	Memoria de cálculo.	RAZÓN
				Factor de seguridad frente a una falla por corte.	Ensayo triaxial	NOMINAL
			D4: Parámetros comparativos de métodos semiempíricos.	Factores de capacidad de carga	Ángulo de fricción interna	NOMINAL
				Factores de forma	Ángulo de fricción interna	NOMINAL
				Factores de inclinación de carga	Topografía	%

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 3**  
**Ficha de validación (Juicio de Expertos).**



Tabla 17: Ficha de validación (juicio de expertos).

FICHA DE VALIDACIÓN							
TÍTULO:	"Comparación de resultados para determinar capacidad portante en cimentación de viviendas utilizando métodos semiempíricos - A.H. San José-SMP-Lima 2021".						
AUTOR:	Bach. Edwin Maldonado Amao.						
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	VALIDEZ DEL JUICIO DE EXPERTOS			
				INGENIERO N°1	INGENIERO N°2	INGENIERO N°3	
INDEPENDIENTE Comparación de resultados.	Método de Terzaghi.	Factores de capacidad de carga.	Ángulo de fricción interna.	0.89	0.82	0.91	
		Resistencia al corte del suelo.	Ensayo Triaxial.	0.84	0.78	0.86	
	Método de Meyerhof.	Factores de capacidad de carga y forma.	Ángulo de fricción interna.	0.88	0.88	0.82	
		Cohesividad y fricción entre partículas del suelo.	Ensayo Triaxial.	0.73	0.89	0.79	
	Método de Hansen.	Factores de profundidad.	Perfil estratigráfico.	0.91	0.74	0.85	
		Tipo de suelo.	SUCS	0.87	0.93	0.84	
		Factores de inclinación de carga y de la base.	Topografía	0.85	0.86	0.95	
	Método de Hansen.	Forma del cimiento.	Diseño	0.85	0.75	0.73	
		Resistencia al corte del suelo.	Ensayo Triaxial.	0.84	0.94	0.85	
		Factores de carga y profundidad.	Perfil estratigráfico.	0.93	0.91	0.79	
	DEPENDIENTE Capacidad portante en cimentación de vivienda.	Parámetros de resistencia.	Cohesión.	Ensayo Triaxial.	0.96	0.76	0.86
			Ángulo de fricción interna.	Ensayo Triaxial.	0.85	0.88	0.92
Nivel de desplante.		Profundidad de cimentación.	Perfil instrumento.	0.93	0.97	0.84	
Parámetros geotécnicos según Norma E-050.		Presión admisible.	Memoria de cálculo.	0.96	0.79	0.76	
		Factor de seguridad frente a una falla por corte.	Ensayo triaxial.	0.87	0.85	0.81	
Parámetros comparativos de métodos semiempíricos.		Factores de capacidad de carga.	Ángulo de fricción interna.	0.79	0.84	0.84	
		Factores de forma.	Ángulo de fricción interna.	0.72	0.78	0.87	
		Factores de inclinación de carga.	Topografía.	0.84	0.75	0.96	
INTERPRETACIÓN DEL VALOR DE LA VALIDEZ (Según Hernández et al., 2014)			Sumatoria	=	15.51	15.12	15.25
Valor de la validez obtenida		Interpretación	Sumatoria / (n° de instrumentos)	=	0.86	0.84	0.85
De 0 a 0.60		Inaceptable					
Mayor a 0.60 y menor o igual que 0.70		Deficiente	Promedio de la validez obtenida	=	0.85		
Mayor a 0.70 y menor o igual que 0.80		Aceptable					
Mayor a 0.80 y menor o igual que 0.90		Buena					
Mayor a 0.90		Excelente					
 <b>Rosmarie Aleman Quispe</b> INGENIERO CIVIL CIP. N° 68428		 <b>Rosiel Surco Delgado</b> INGENIERO CIVIL CIP. 168973		 <b>Ing. Gorky Federico Ascue Salas</b> INGENIERO CIVIL Reg. del Colegio de Ingenieros N° 83450			
Ingeniero N°1		Ingeniero N°2		Ingeniero N°3			

Fuente: Propia.

**Anexo 4**  
**Panel fotográfico.**

Figura 15: Foto 1.



Fuente: Propia.

Figura 16: Foto 2.



Fuente: Propia.

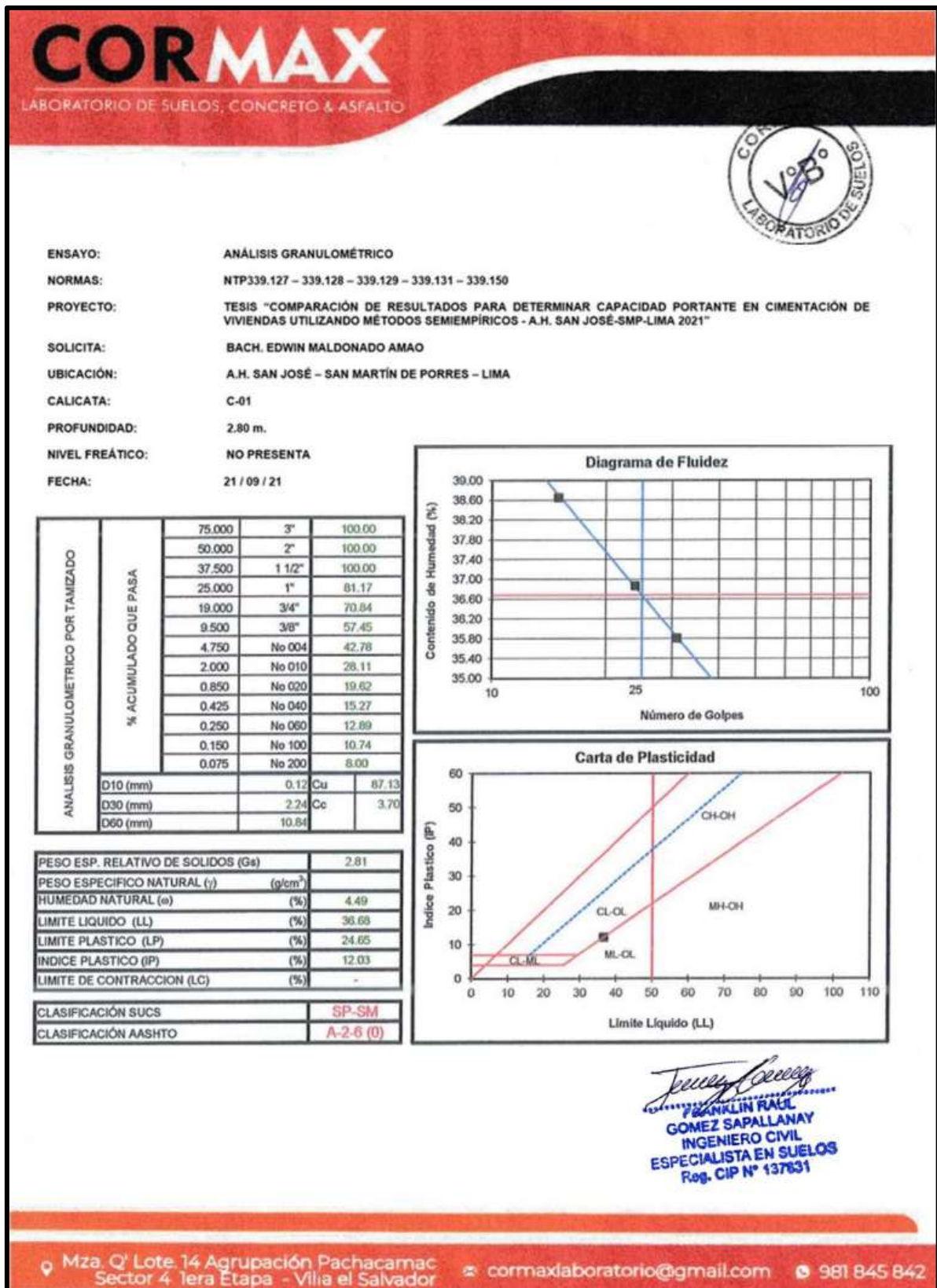
Figura 17: Foto 3.



Fuente: Propia.

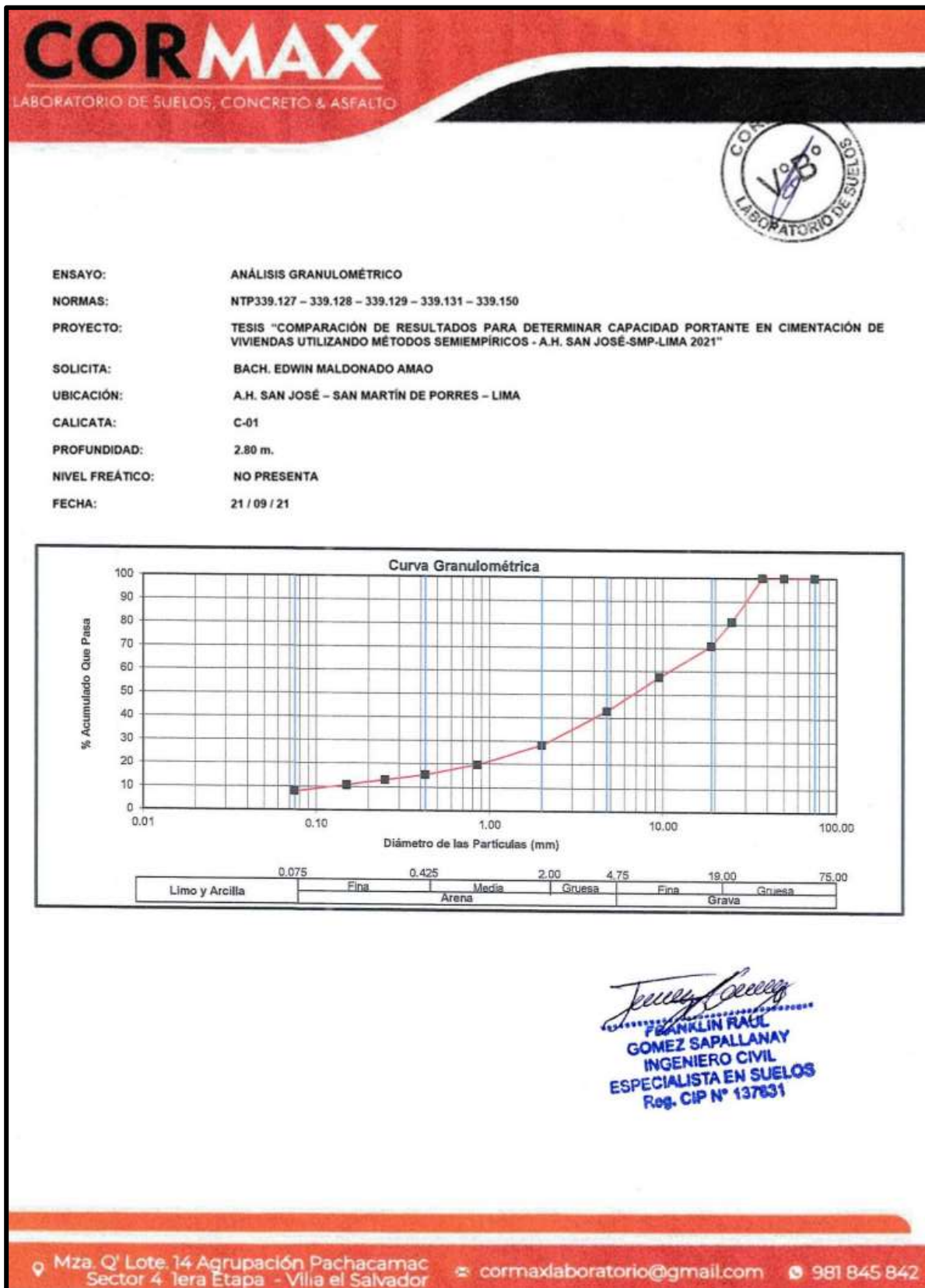
**Anexo 5**  
**Ensayos de laboratorio de suelos.**

Figura 18: Ensayo de análisis granulométrico – Hoja 1.



Fuente: CORMAX S.A.C.

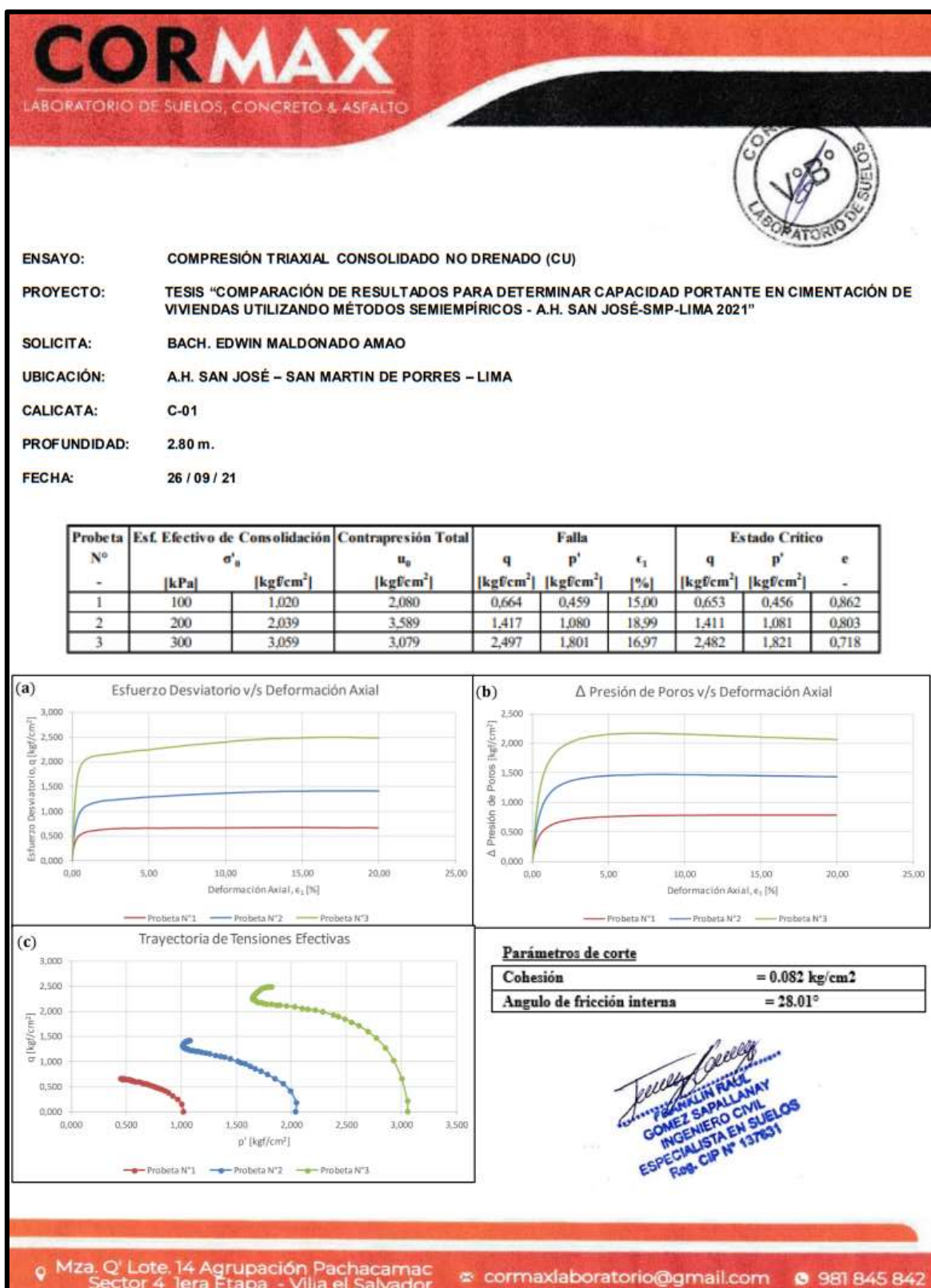
Figura 19: Ensayo de análisis granulométrico – Hoja 2.



Fuente: CORMAX S.A.C.





Figura 20: Ensayo triaxial.



Fuente: CORMAX S.A.C.



**Anexo 6**  
**Memorias de cálculo.**

Figura 21: Memoria de cálculo N°1.

	<b>MEMORIA DE CÁLCULO N°1</b>		
	<b>DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE POR EL MÉTODO DE TERZAGHI</b>		
<b>Título:</b> "Comparación de resultados para determinar capacidad portante en cimentación de viviendas utilizando métodos semiempíricos - A.H. San José-SMP-Lima 2021" <b>Autor:</b> Bach. Edwin Maldonado Amao. <b>Fecha:</b> 20/09//2021			
<b>MÉTODO DE TERZAGHI</b>			
<b>Fórmula General:</b>	$q_u = cN_c s_c + qN_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma$		
<b>Factores de capacidad de carga:</b>			
$N_c = \cot \phi \left[ \frac{a^2}{2 \cos^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)} - 1 \right] = \cot \phi (N_q - 1) = 31.61$		$a = e^{\left( \frac{3\pi - \phi}{4} \right) \tan \phi} = 0.03$	
$N_q = \frac{a^2}{2 \cos^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)} = 17.81$		$N_\gamma = \frac{\tan \phi}{2} \left( \frac{K_p * \gamma}{\cos^2 \phi} - 1 \right) = 13.70$	
<b>Factores de forma de Terzaghi para cimentaciones superficiales:</b>			
	<b>Continua</b>	<b>Circular</b>	<b>Cuadrada</b>
$s_c$	1.0	1.3	1.3
$s_\gamma$	1.0	0.6	0.8
De esta manera para calcular la capacidad de carga última en zapatas cuadradas o circulares, la ecuación puede modificarse a:			
$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma B N_\gamma$		(Zapata cuadrada, donde B=L)	
$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.3\gamma B N_\gamma$		(Zapata circular, donde B = diámetro)	
<b>Donde:</b>	$\gamma =$	Peso específico del suelo	
	$q_u =$	Capacidad última de carga	
	$c =$	Cohesión	
	$B =$	Ancho de la zapata	
	$q =$	$\gamma D_f$ Sobrecarga del suelo	
	$N_c, N_q, N_\gamma =$	Factores de capacidad de carga adimensionales que están únicamente en función del ángulo de fricción del suelo ( $\phi$ )	
	$K_{p\gamma}$	Coeficiente de empuje pasivo.	
$q_u = 7.32 \frac{kg}{cm^2}$ , considerando $F_s = 3$ , entonces: $q_{adm} = 2.44 \frac{kg}{cm^2}$			
 <b>Rossel Surco Delgado</b> INGENIERO CIVIL CIP 168971			



Fuente: Propia.

Figura 22: Memoria de cálculo N°2.

 <b>MEMORIA DE CÁLCULO N°2</b>		
<b>DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO POR EL MÉTODO DE MEYERHOF</b>		
<b>Título:</b> "Comparación de resultados para determinar capacidad portante en cimentación de viviendas utilizando métodos semiempíricos - A.H. San José-SMP-Lima 2021" <b>Autor:</b> Bach. Edwin Maldonado Amao. <b>Fecha:</b> 20/09//2021		
<b>MÉTODO DE MEYERHOF</b>		
<b>Fórmula General:</b>	$q_u = cN_c s_c d_c i_c + qN_q s_q d_q i_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma$	
<b>Carga vertical:</b>	$q_u = cN_c s_c d_c + qN_q s_q d_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma$	
<b>FACTORES DE DISEÑO</b>		
<b>Factores de capacidad de carga:</b>		
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$ $= 25.83$	$N_q = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$ $= 14.74$	$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$ $= 11.21$
<b>Factores de forma:</b>		
Para: $\phi=0$	$s_c = 1 + 0.2 \left( \frac{B}{L} \right)$	$s_q = s_\gamma = 1$
Para: $\phi \geq 10^\circ$	$s_c = 1 + 0.2 \left( \frac{B}{L} \right) \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$ $= 1.55$	$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1 \left( \frac{B}{L} \right) \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$ $= 1.28$
<b>Factores de profundidad:</b>		
Para: $\phi=0$	$d_c = 1 + 0.2 \left( \frac{D_f}{L} \right)$	$d_q = d_\gamma = 1$
Para: $\phi \geq 10^\circ$	$d_c = 1 + 0.2 \left( \frac{D_f}{L} \right) = 1.33$	$d_q = d_\gamma$ $= 1 + 0.1 \left( \frac{D_f}{L} \right) \sqrt{\tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)} = 1.28$
$q_u = 8.54 \frac{kg}{cm^2}$ , considerando $F_s = 3$ , entonces: $q_{adm} = 2.85 \frac{kg}{cm^2}$		
 <b>Rosel Surco Delgado</b> INGENIERO CIVIL CIP 168973		



Fuente: Propia.

Figura 23: Memoria de cálculo N°3.

 <b>MEMORIA DE CÁLCULO N°3</b>		
<b>DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE POR EL MÉTODO DE HANSEN</b>		
<b>Título:</b> "Comparación de resultados para determinar capacidad portante en cimentación de viviendas utilizando métodos semiempíricos - A.H. San José-SMP-Lima 2021" <b>Autor:</b> Bach. Edwin Maldonado Amao. <b>Fecha:</b> 20/09//2021		
MÉTODO DE HANSEN		
<b>Fórmula General:</b>	$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$	
Para: $\Phi=0$	$q_u = 5.14c_u(1 + s_c + d_c - i_c - b_c - g_c) + q$	
FACTORES DE DISEÑO		
<b>Factores de capacidad de carga:</b>		
$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ $= 25.83$	$N_q = \tan^2 \left( 45 + \frac{\Phi}{2} \right) e^{\pi \tan \Phi}$ $= 14.74$	$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \tan(\Phi)$ $= 10.96$
<b>Factores de forma:</b>		
Para: $\Phi=0$	$s_c = 0.2 \left( \frac{B}{L} \right)$	
Para todo $\Phi$	$s_c = 1 + \frac{N_q B}{N_c L} = 1.57$ $s_q = 1$ $s_{qH} = 1 + \frac{B}{L} \sin \Phi$ $s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L} \geq 0.6 = 0.6$	
	Para continua	$s_{qV} = 1 + \frac{B}{L} \sin \Phi = 1.47$
<b>Factores de profundidad:</b>		
Para: $D_f/B \leq 1$	$d_c = 1 + 0.4 \left( \frac{D_f}{B} \right)$ $d_q = 1 + 2 \tan \Phi (1 - \sin \Phi)^2 D_f/B$	$d_\gamma = 1$
Para: $D_f/B > 1$	$d_c = 1 + 0.4 \tan^{-1} \left( \frac{D_f}{B} \right)$ $= 1.41$ $d_q = 1 + 2 \tan \Phi (1 - \sin \Phi)^2 \tan^{-1} (D_f/B) = 0.70$	$d_\gamma = 1$
$q_u = 7.00 \frac{kg}{cm^2}, \text{ considerando } F_s = 3, \text{ entonces: } q_{adm} = 2.33 \frac{kg}{cm^2}$		
 <b>Róssel Surco Delgado</b> INGENIERO CIVIL CIP 168973		

Fuente: Propia.

Figura 24: Memoria de cálculo N°4.

 <b>MEMORIA DE CÁLCULO N°4</b>			
<b>DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO POR EL MÉTODO DE VESIC</b>			
<b>Título:</b> "Comparación de resultados para determinar capacidad portante en cimentación de viviendas utilizando métodos semiempíricos - A.H. San José-SMP-Lima 2021" <b>Autor:</b> Bach. Edwin Maldonado Amao. <b>Fecha:</b> 20/09//2021			
<b>MÉTODO DE VESIC</b>			
<b>Fórmula General:</b>	$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$		
<b>FACTORES DE DISEÑO</b>			
<b>Factores de capacidad de carga:</b>			
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = 25.83$	$N_q = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi} = 14.74$	$N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan(\phi) = 14.61$	
<b>Factores de forma:</b>			
$s_c = 1 + \frac{N_q B}{N_c L} = 1.59$  $s_c = 1$ para continua	$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi = 1.53$	$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L} \geq 0.6 = 0.6$	
<b>Factores de profundidad:</b>			
Para: $D_f/B \leq 1$	$d_c = 1 + 0.4 \left( \frac{D_f}{B} \right)$	$d_\gamma = 1$	$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 D_f/B$
Para: $D_f/B > 1$	$d_c = 1 + 0.4 \tan^{-1} \left( \frac{D_f}{B} \right) = 1.41$	$d_\gamma = 1$	$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} (D_f/B) = 0.70$
$q_u = 7.16 \frac{kg}{cm^2}$ , considerando $F_s = 3$ , entonces: $q_{adm} = 2.39 \frac{kg}{cm^2}$			
 <b>Rosel Surco Delgado</b> INGENIERO CIVIL CIP 168973			

Fuente: Propia.