

Comparative Analysis of the Admissible Capacity in Surface Foundations with the Terzaghi, Meyerhof, Hansen and Vesic Equations by Triaxial Compression Test, in the Cajabamba – Cajabamba – Cajamarca District

Jheny Estheysi Benites Layza, Bach.¹, Yerson Yoel Soto Villena, Bach.¹, and Henry Josué Villanueva Bazán, Mag.¹

¹Universidad Privada del Norte, Cajamarca - Perú, N00017402@upn.edu.pe, N00034832@upn.edu.pe, henry.villanueva@upn.edu.pe

Abstract– *The objective of this research is to compare the values of the admissible capacity in shallow foundations using the equations of Terzaghi, Meyerhof, Hansen and Vesic, based on the characteristics of the soil in the "El Mirador" Urbanization in the Cajabamba District. For this purpose, seven pits were carried out, in which the following tests were carried out: moisture content, natural density, specific weight, granulometric analysis, plasticity indices and triaxial compression; allowing to classify the soil using the SUCS system, stratum one and two as poorly graded sand (SP) and well graded sand (SW) respectively and also calculate the admissible capacity of the soil, using the methods of Terzaghi, Meyerhof, Hansen and Vesic. And the following values were obtained: for $D_f=1.50$ m and $B=1.00$ m, values that range between 8.06 kg/cm² and 10.98 kg/cm²; $D_f=1.50$ m and $B=1.50$ m between 8.25 kg/cm² and 11.30 kg/cm²; $D_f=1.50$ m and $B=2.00$ m between 8.43 kg/cm² and 11.46 kg/cm²; $D_f=2.00$ m and $B=1.00$ m between 8.63 kg/cm² and 11.65 kg/cm²; $D_f=2.00$ m and $B=1.50$ m between 8.82 kg/cm² and 11.68 kg/cm² and for $D_f=2.00$ m and $B=2.00$ m between 9.00 kg/cm² and 11.97 kg/cm². It is concluded that the Terzaghi and Hansen method provides greater structural safety.*

Keywords-- *Admissible capacity, Terzaghi, Meyerhof, Hansen, Vesic.*

I. INTRODUCCIÓN

La carga admisible en una cimentación es aquella que puede ser aplicada sin producir desperfectos en la estructura soportada [3]. Este concepto es esencial para determinar cuánta carga puede aplicarse a una cimentación sin riesgo para la integridad de la obra. Se calcula considerando diversos factores como la resistencia del suelo, las condiciones del lugar, el tipo de carga y los estándares de seguridad del proyecto en cuestión. La capacidad admisible juega un papel fundamental en el diseño seguro y eficiente de cimentaciones para una amplia gama de estructuras, incluyendo edificios, puentes, presas y otras obras civiles. Autores como Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic han propuesto métodos para determinar la capacidad admisible de una cimentación superficial. [3].

En el Perú, según (CAPECO), se estimó que el 68.5% de las viviendas construidas entre el año 2007 y el 2014 en Lima Metropolitana fueron edificadas informalmente. Aunque no ha sido posible efectuar un cálculo a nivel nacional, y a pesar de que en este periodo se ha producido un incremento visible de la oferta formal de vivienda, puede presumirse que en el resto del país la proporción de la construcción informal es mayor que en la capital. [9]. En la construcción informal no se da importancia al estudio de mecánica de suelos, debido a un desconocimiento o factores económicos lo cual posteriormente genera problemas en las cimentaciones superficiales, tales como asentamientos diferenciales y colapsos estructurales, que podrían generar pérdidas económicas y humanas.

En la actualidad en el distrito de Cajabamba la mayoría de las edificaciones son construidas informalmente, en las cuales no se realiza el estudio de mecánica de suelos para calcular la capacidad admisible y así realizar un correcto diseño de cimentaciones. Las edificaciones construidas y por construir están propensas a sufrir asentamientos diferenciales y colapsos estructurales. Es por ello que en la presente investigación surge la interrogante ¿Cuál de las ecuaciones entre Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic por ensayo de Compresión Triaxial proporciona mayor seguridad estructural para la determinación de la capacidad admisible en cimentaciones superficiales, según las características del suelo de la Urbanización “El Mirador” en el distrito de Cajabamba?; para responder esta interrogante se planteó como objetivo general “Comparar los valores de la capacidad admisible en cimentaciones superficiales por las ecuaciones de Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic, mediante el ensayo de compresión según las características del suelo de la Urbanización “El Mirador” en el Distrito de Cajabamba.”. Como hipótesis la presente investigación ha planteado que “El valor de la capacidad admisible en el 100% de los casos planteados determinado por la ecuación de Terzaghi proporciona mayor seguridad estructural que la de los métodos de Meyerhof, Hansen y Vesic, en cimentaciones superficiales, según las características del suelo de la Urbanización “El Mirador” en el Distrito de Cajabamba.”

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Como antecedentes teóricos citamos algunas investigaciones, entre las cuales se describen.

En la tesis “Comparación de resultados para determinar capacidad portante en cimentación de viviendas utilizando métodos semi empíricos - A.H. San José-SMP-Lima, 2021”, esta investigación tiene como objetivo realizar la comparación de los resultados de capacidad portante obtenidos por los métodos semi empíricos (Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic) a fin 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. Los ensayos que se realizaron fueron; triaxial, análisis granulométrico, límites de consistencia. Se concluyó que el método de Hansen es el que tiene menor capacidad de carga admisible (2.33 kg/cm^2) y el mayor Meyerhof (2.85 kg/cm^2). [6].

En el trabajo de investigación “Estudio comparativo de la capacidad portante admisible para el diseño de cimentaciones superficiales por los métodos de Terzagui y Meyerhof según las características del suelo del centro poblado de Yanag del distrito de Pillco marca – Huánuco 2020”, esta investigación tiene como objetivo realizar un estudio comparativo de la capacidad portante admisible para el diseño de cimentaciones superficiales por los métodos de Terzagui y Meyerhof según las características del suelo del centro poblado de Yanag del distrito de Pillco marca, Huánuco 2020. Se realizó los ensayos correspondientes en el laboratorio de suelos. Se concluyó que la teoría de Terzaghi brinda valores más conservadores que la teoría de Meyerhof para el diseño de cimentaciones superficiales. [10].

En la investigación denominada “Capacidad admisible mediante los métodos de Terzagui y Meyerhof para diseño de cimentaciones, Recuay-Ancash”, esta tesis tiene como objetivo determinar y comparar la capacidad admisible del suelo del Distrito de Recuay entre dos métodos de diseño de Cimentaciones Superficiales tales como son: “Terzaghi” y “Meyerhof”. Se realizó el estudio geotécnico con ensayos en 6 calicatas para tomar las muestras para realizar los ensayos de mecánica de suelos. Se concluye que la capacidad portante del suelo en cimentaciones corridas resulto $0,46 \text{ kg/cm}^2$ y en cimentaciones cuadradas es 0.53 kg/cm^2 considerando la teoría de Meyerhof en capacidad de carga admisible, en comparación con la teoría de Terzaghi otorga valores relativamente más bajos que la teoría de Meyerhof. [4].

A continuación, se expone la explicación de ciertos términos fundamentales que respaldan la investigación.

Suelo: Es una capa delgada que se está sobre la superficie de la Tierra, compuesta por materiales que se originan a partir de la descomposición y cambios físicos o químicos de las rocas, así como de los residuos generados por las acciones de los organismos que existen en esa área. [3].

Suelos cohesivos: Son suelos que presentan cohesión, lo que significa que exhiben una atracción entre las moléculas, como ocurre en el caso de las arcillas. [3].

Suelos no cohesivos: Estos suelos están compuestos por partículas de roca que no están unidas por ningún tipo de cementación, ejemplos de ellos son la arena y la grava. [3].

Resistencia cortante del suelo: Se refiere a la fuerza de resistencia interna que el suelo, en una determinada área, es capaz de oponerse a la fractura y al movimiento a lo largo de cualquier superficie dentro de su estructura. [2].

Prueba triaxial de corte: Esta prueba es uno de los métodos más confiable para determinar los parámetros de resistencia cortante. Es considerablemente utilizada para las pruebas convencionales y la investigación. En la figura 1 se muestra un esquema de la prueba triaxial. [2].

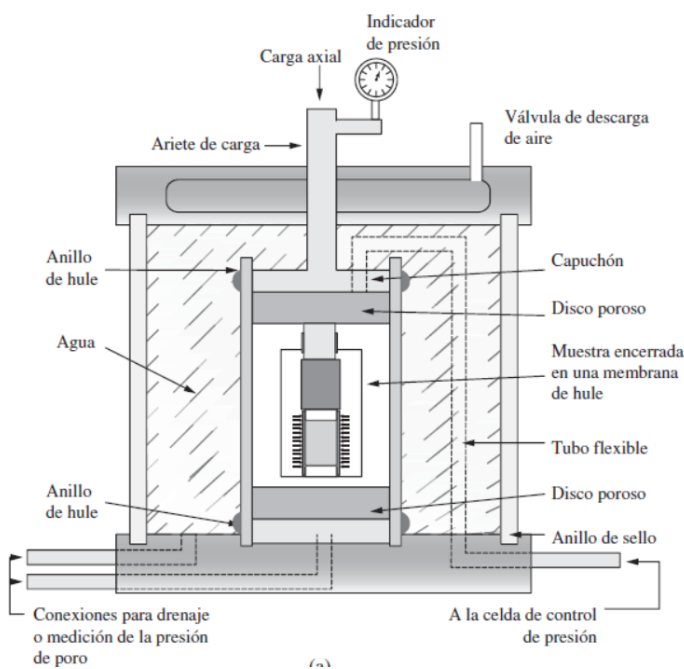


Fig. 1 Diagrama de un equipo de prueba triaxial.[2].

Cimentación: define a la cimentación como a la parte más baja de una estructura. La función es trasladar las cargas de la estructura al suelo. Una cimentación diseñada apropiadamente es la que traslada la carga a lo largo del suelo sin recargarlo. [2].

Cimentaciones poco profundas: define a aquellas que poseen una razón de hondura de empotramiento con el ancho aproximado menor a cuatro. Estas generalmente son zapatas y losas de cimentación. [2].

Cimentaciones profundas: define a aquellas que poseen una razón de la hondura de empotramiento con el ancho es

mayor a cuatro. Estas generalmente son pilotes y ejes perforados. [2].

Capacidad ultima de carga: Se analizará la carga máxima por unidad de área de la cimentación poco profunda, dando como resultado una falla por corte del suelo que soporta la cimentación. A esto se le llama capacidad de carga última. [2].

Carga admisible: Es aquella que se puede aplicar sin causar daños a la estructura soportada, y tiene un margen de seguridad dado por el llamado factor de seguridad. [3].

Factor de seguridad: El factor de seguridad suele ser por lo menos 3 en todos los casos. [2].

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Enfoque, diseño y tipo de la investigación

El enfoque considerado para la presente investigación es el cuantitativo, se señala que en la investigación con énfasis cuantitativo estudiada generalmente como método tradicional, general o positivista, su objetivo es generalizar resultados y mediciones. [1]. Por tanto, esta investigación tiene enfoque cuantitativo, porque mediante ensayos de laboratorio se realizará la recolección de datos con medición numérica para así lograr nuestro objetivo de comparar los valores de la capacidad admisible en cimentaciones superficiales por las ecuaciones de Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic, según las características del suelo de la Urbanización “El Mirador” en el Distrito de Cajabamba.

La presente investigación es de diseño no experimental, se define que en la investigación no experimental no es posible manipular las variables ni asignar aleatoriamente participantes o tratamientos por que la naturaleza de las variables es tal que no se pueden manipular [5]. por lo tanto, en esta investigación no se manipulará ninguna variable. Así mismo esta investigación presenta un corte transversal, debido a que los datos se tomaran en un único tiempo. Además, se menciona que se trata del estudio en un determinado corte puntual en el tiempo, en el que se obtienen las medidas estudiadas. [7].

Esta investigación está dentro del tipo descriptivo, se establece que este tipo de estudio permite al investigador especificar las características o propiedades más importantes de personas, grupos o de cualquier fenómeno a observar. “Miden y evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar. [8]. Por lo tanto, esta investigación es descriptiva porque se mide las propiedades del suelo de la Urbanización “El Mirador” en el Distrito de Cajabamba.

B. Población y muestra

Las poblaciones pueden ser infinita o finitas. [8]. Para esta investigación es finita siendo la población el suelo de la Urbanización “El Mirador” en el Distrito de Cajabamba.

La muestra se establece como un conjunto de datos, los cuales corresponden a las características de un grupo de individuos u objetos [8]. En esta investigación se determina la muestra mediante la norma E.050 Suelos y cimentaciones 2018, que establece criterios basados en el área y el tipo de edificación. A continuación, se muestra la tabla I que presenta estos parámetros. De acuerdo a estos esta investigación define siete puntos de exploración, los cuales son identificados según las coordenadas UTM tal como se visualiza en la tabla II.

TABLA I
NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN

NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	
TIPO DE EDIFICACIÓN U OBRA	NÚMERO DE PUNTOS DE EXPLORACIÓN
I	uno por cada 225 m ² de área techada del primer piso
II	uno por cada 450 m ² de área techada del primer piso
III	uno por cada 900 m ² de área techada del primer piso
IV	uno por cada 100 m de instalaciones sanitarias de agua y alcantarillado en obras urbanas
Habilitación urbana para Viviendas Unifamiliares de hasta 3 pisos.	3 por cada hectárea de terreno por habilitar

La tabla I, muestra el número de puntos de investigación de acuerdo al tipo de edificación.

TABLA II
COORDENADAS UTM DE LA MUESTRA

COORDENADAS UTM		
CALICATA	ESTE	NORTE
C-1	822493,06	9158044,92
C-2	822578,35	9158068,45
C-3	822514,04	9158005,25
C-4	822613,25	9158037,57
C-5	822520,5	91577961,06
C-6	822589,41	91577986,63
C-7	822655,55	9158008,12

La tabla II, presenta las calicatas exploradas con sus respectivas coordenadas UTM

C. Técnicas, instrumentos, recolección y análisis de datos

La técnica utilizada fue el análisis documental, la cual proporcionó información relevante sobre el tema en investigación, para la cual se revisó fuentes confiables de los últimos diez años, como artículos científicos, tesis, libros, revistas y normas; todas estas relacionadas a la estimación de la capacidad admisible en cimentaciones superficiales. Por otro lado, [8]. define que la observación es el método fundamental de obtención de datos de la realidad, toda vez que consiste en obtener información mediante la percepción

intencionada y selectiva, ilustrada e interpretada de un objeto o de un fenómeno determinado; esta técnica se utilizó para definir los puntos donde se realizó las calicatas, además en el proceso de extracción de la muestra permitiendo identificar las características del suelo en campo y para registrar la información obtenida de los ensayos realizados en laboratorio. Finalmente, se empleó la técnica de análisis de la normativa peruana y ASTM para los ensayos de campo y laboratorio. [8].

Un instrumento de medición apropiado es aquella que registra datos observables que representan a los conceptos o variables que el investigador quiere comprobar [8]. Para este estudio se utilizó protocolos de ensayo del Laboratorio de la Universidad Privada del Norte, tales como: Protocolos para Ensayo de contenido de humedad (NTP 339.127), Protocolos para Ensayo de densidad natural. [7]. Protocolos para Análisis granulométrico por tamizado. (ASTM D421), Protocolos para Ensayo de límite líquido y plástico (NTP E 339.130), Protocolos para Ensayo de peso específico (NTP 339.131), Protocolos para Ensayo para la clasificación de suelos (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS) (NTP 339.134) y Protocolos para el Ensayo de resistencia al esfuerzo cortante – compresión triaxial (ASTM D2850) (MTC E131). Estos documentos permitieron administrar los datos obtenidos al momento de observar los fenómenos. Posteriormente se utilizó softwares informáticos (Excel, Word, etc.) para realizar el análisis.

Los procedimientos de recolección de datos, se analizará la información obtenida a través los protocolos de laboratorio de la Universidad Privada del Norte, como se visualiza en la table III.

TABLA III
PROTOCOLOS DEL LABORATORIO DE SUELOS UPN-C

PROTOCOLO	NORMA
Contenido de humedad	NTP 399.127
Densidad natural	BS 1377 – 1990
Peso específico	NTP 399.131
Análisis granulométrico por tamizado	ASTM D421
Límite líquido, plástico e índice de plasticidad	NTP E 339.130
Clasificación de suelos SUCS	NTP 339.134
Resistencia al esfuerzo cortante – compresión triaxial	ASTM D2850 – MTC E 131

La tabla III, presenta los protocolos de recolección de datos

El análisis de datos es la manipulación de hechos y números para obtener cierta información mediante técnicas que al investigador posteriormente le permitirán tomar decisiones (Ortiz & García, 2006). El cual consistió, primeramente, en tomar los datos según los protocolos de laboratorio; luego estos datos se analizaron mediante hojas de

cálculo (Excel) donde se obtuvo los datos de contenido de humedad, densidad natural, peso específico; el análisis granulométrico por tamizado y el límite líquido y plástico, permitió determinar la clasificación del suelo; y el ensayo de compresión triaxial permitió hallar el ángulo de fricción interna y cohesión. Posteriormente para el cálculo de la capacidad admisible se utilizó hojas de cálculo (Excel) para la ecuación de Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic; tomando como datos el peso específico, el ángulo de fricción interna, la cohesión, el factor de seguridad igual a 3 y se consideró una zapata cuadrada de ancho (B) 1.00 m, 1.50 m y 2.00 m y una profundidad de desplante (Df) de 1.50 m y 2.00 m. Finalmente se realizaron gráficos comparativos de los cuatro métodos, los cuales permitieron identificar cuál de los cuatro métodos brinda mayor seguridad estructural.

III. RESULTADOS

Los resultados de los ensayos se expondrán en este capítulo para realizar un análisis comparativo de la capacidad admisible en cimentaciones superficiales por el método de Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic.

Los resultados de los ensayos realizados en laboratorio se muestran en la table IV y V.

TABLA IV
RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO – 1

CALI CATA	ESTRATO	HUMEDAD (%)	DENSIDAD DE CAMPO (gr/cm3)	PESO ESPECÍFICO (gr/cm3)	MALLA N° 4 (% PASA)	Cu	Cc
C1	E1	9.63	1.78	2.64	61.70	13.25	0.94
	E2	13.34	2.18	2.67	54.16	14.53	1.49
C2	E1	11.13	1.73	2.67	61.94	13.36	0.98
	E2	10.39	2.15	2.64	54.05	14.47	1.36
C3	E1	13.15	1.81	2.70	61.31	13.77	0.99
	E2	13.29	2.05	2.69	55.51	14.20	1.15
C4	E1	12.24	1.79	2.69	61.80	14.36	0.96
	E2	12.98	2.10	2.67	55.28	15.52	1.32
C5	E1	10.75	1.76	2.69	61.28	12.42	0.87
	E2	13.01	2.16	2.67	55.72	14.40	1.23
C6	E1	11.59	1.81	2.68	61.55	13.34	0.91
	E2	13.20	2.15	2.65	54.18	14.43	1.23
C7	E1	12.28	1.73	2.67	61.46	12.87	0.88
	E2	12.71	2.13	2.65	55.81	14.99	1.20

La tabla IV, muestra los valores de los ensayos de Contenido de humedad, Densidad de campo, Peso específico y análisis granulométrico; de las siete calicatas en los diferentes estratos.

TABLA V
RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO – 1

CALICATA	ESTRATO	LÍMITE LÍQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	SUCS	ÁNGULO DE FRICCIÓN (φ)	COHESIÓN (c)
C1	E1	28.99	21.98	7.01	SP		
	E2	29.02	22.87	6.15	SW	24.10	0.91
C2	E1	29.36	23.02	6.33	SP		
	E2	28.29	22.49	5.80	SW	23.90	0.85
C3	E1	28.97	22.92	6.05	SP		
	E2	28.42	21.92	6.49	SW	25.00	0.55
C4	E1	29.26	23.10	6.15	SP		
	E2	28.51	22.75	5.76	SW	24.90	0.64
C5	E1	29.45	21.68	7.77	SP		
	E2	28.56	22.23	6.33	SW	24.60	0.85
C6	E1	29.30	22.42	6.88	SP		
	E2	28.84	22.55	6.29	SW	24.40	0.87
C7	E1	29.42	22.15	7.27	SP		
	E2	29.02	22.54	6.48	SW	24.30	0.89

La tabla V, muestra los valores de los ensayos de Limite líquido, limite plástico, índice plasticidad y compresión triaxial de las siete calicatas en los diferentes estratos.

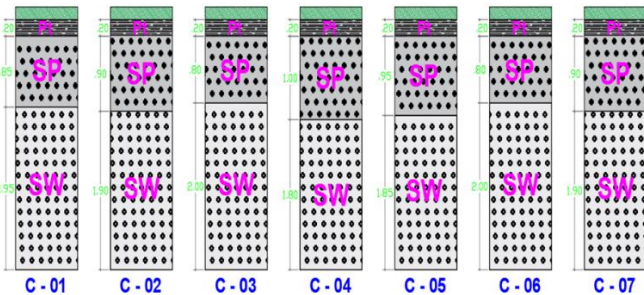


Fig. 2 Estratigrafía del suelo.

La estratigrafía muestra dos estratos, el primero es un suelo SP, este varía de 0.20 a 1.00 m y el segundo es SW, el cual varía de 1.00 a 2.00 m.

Los resultados de la capacidad admisible por método de Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic. Se calculó para zapatas cuadradas con una profundidad de desplante (Df) de 1.50 m y 2.00 m; un ancho (B) de 1.00 m, 1.50 m y 2.00 m y un factor de seguridad de 3. Estos se observan en la tabla VI.

TABLA VI
RESULTADOS DE CAPACIDAD ADMISIBLE

CALICATA	Df (m)	B (m)	Terzaghi	Meyerhof	Hansen	Vesic
			q _{adm} (kg/cm ²)	q _{adm} (kg/cm ²)	q _{adm} (kg/cm ²)	q _{adm} (kg/cm ²)
CALICATA 01	1.50	1.00	11.14	15.11	10.98	11.08
	1.50	1.50	11.30	13.81	15.08	15.23
	1.50	2.00	11.46	13.23	14.13	14.33
	2.00	1.00	11.65	17.31	11.65	11.75
	2.00	1.50	11.81	15.45	11.68	11.83
	2.00	2.00	11.97	14.61	15.98	16.18
CALICATA LIC	1.50	1.00	10.34	13.98	10.19	10.29

CALICATA 03	1.50	1.50	10.50	12.79	13.98	14.13
	1.50	2.00	10.65	12.26	13.10	13.30
	2.00	1.00	10.84	16.03	10.83	10.93
	2.00	1.50	10.99	14.33	10.86	11.01
CALICATA 04	1.50	2.00	11.15	13.56	14.85	15.04
	1.50	1.00	8.06	11.02	8.12	8.23
	1.50	1.50	8.25	10.18	11.08	11.25
	1.50	2.00	8.43	9.85	10.44	10.66
CALICATA 05	2.00	1.00	8.63	12.86	8.85	8.96
	2.00	1.50	8.82	11.61	8.90	9.07
	2.00	2.00	9.00	11.08	12.09	12.32
	1.50	1.00	8.95	12.24	8.97	9.08
CALICATA 06	1.50	1.50	9.13	11.26	12.27	12.43
	1.50	2.00	9.31	10.87	11.53	11.75
	2.00	1.00	9.51	14.20	9.69	9.80
	2.00	1.50	9.69	12.77	9.74	9.90
CALICATA 07	2.00	2.00	9.87	12.15	13.26	13.47
	1.50	1.00	10.96	14.96	10.87	10.98
	1.50	1.50	11.13	13.69	14.91	15.07
	1.50	2.00	11.30	13.13	13.98	14.19
CALICATA 08	2.00	1.00	11.50	17.18	11.58	11.68
	2.00	1.50	11.67	15.36	11.61	11.77
	2.00	2.00	11.84	14.54	15.87	16.08
	1.50	1.00	10.98	14.95	10.86	10.96
CALICATA 09	1.50	1.50	11.14	13.67	14.91	15.06
	1.50	2.00	11.31	13.11	13.97	14.17
	2.00	1.00	11.50	17.15	11.55	11.65
	2.00	1.50	11.67	15.32	11.58	11.73
CALICATA 10	2.00	2.00	11.83	14.49	15.83	16.03
	1.50	1.00	11.10	15.10	10.97	11.07
	1.50	1.50	11.26	13.79	15.05	15.20
	1.50	2.00	11.42	13.22	14.10	14.30
CALICATA 11	2.00	1.00	11.62	17.30	11.64	11.74
	2.00	1.50	11.78	15.45	11.67	11.83
	2.00	2.00	11.94	14.61	15.96	16.17

La tabla VI, presenta los valores de capacidad admisible por los métodos de Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic.

En la tabla VI, se visualiza que para una profundidad de desplante (Df = 1.50 m) en las siete calicatas la capacidad admisible por Terzaghi aumenta a mayor ancho de zapata; en cambio, por Meyerhof disminuye a mayor ancho de zapata; sin embargo, por Hansen y Vesic no existe relación de la capacidad admisible con el ancho de zapata.

Además, en la tabla VI, se muestra que para una profundidad de desplante (Df = 2.00 m) en las siete calicatas

que la capacidad admisible por Terzaghi, Hansen y Vesic aumenta a mayor ancho de zapata; en cambio, por Meyerhof la capacidad admisible disminuye a mayor ancho de zapata.

Así mismo, en la tabla VI, se observa que la capacidad admisible por Terzaghi y Meyerhof aumenta a mayor profundidad; en cambio, por Hansen y Vesic no existe relación de la capacidad admisible con la profundidad.

Respecto a los resultados de la tabla VI, el método de capacidad admisible más conservador se muestra en la tabla V.

TABLA VII
MÉTODO DE CAPACIDAD ADMISIBLE MÁS CONSERVADOR

Df (m)	B (m)	CAL. 01	CAL. 02	CAL. 03	CAL. 04	CAL. 05	CAL. 06	CAL. 07
		q _{adm} mín. (kg/cm ²)	q _{adm} mín. (kg/cm ²)	q _{adm} mín. (kg/cm ²)	q _{adm} mín. (kg/cm ²)	q _{adm} mín. (kg/cm ²)	q _{adm} mín. (kg/cm ²)	q _{adm} mín. (kg/cm ²)
1.50	1.00	10.98	10.19	8.06	8.95	10.87	10.86	10.97
1.50	1.50	11.30	10.50	8.25	9.13	11.13	11.14	11.26
1.50	2.00	11.46	10.65	8.43	9.31	11.30	11.31	11.42
2.00	1.00	11.65	10.83	8.63	9.51	11.50	11.50	11.62
2.00	1.50	11.68	10.86	8.82	9.69	11.61	11.58	11.67
2.00	2.00	11.97	11.15	9.00	9.87	11.84	11.83	11.94

Leyenda		Hansen
		Terzaghi

La tabla VII, muestra los valores de capacidad admisible del método más conservador de los métodos calculados (Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic).

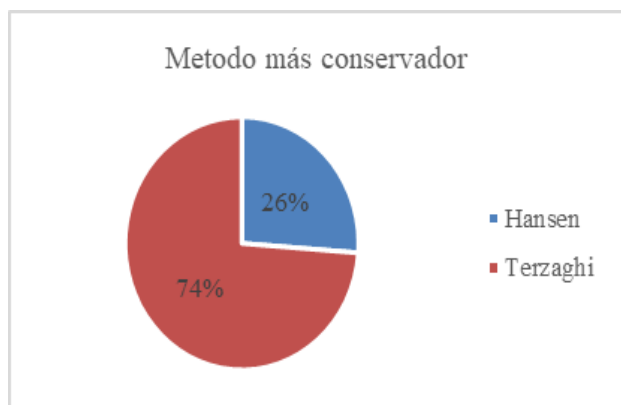


Fig. 3 Porcentaje del método más conservador
Fig. III, muestra el porcentaje de los métodos más conservadores.

IV. DISCUSIÓN

En la presente investigación mediante el ensayo de compresión triaxial se obtuvo valores de ángulo de fricción interna entre 24.10° y 25.00° y Cohesión entre 0.55 y 0.91 kg/cm² para un suelo SW. Maldonado también realizó la prueba de compresión triaxial obteniendo su ángulo de fricción interna un valor de 28.01° y cohesión de 0.082 kg/cm² para un suelo SP-SM. Sosa mediante el ensayo de corte directo obtuvo valores entre 13.98° y 20.72° y cohesión entre 0.10 kg/cm² y 0.20 kg/cm² para suelo SC y ML. Y

Jaramillo mediante la prueba de corte directo, para el ángulo de fricción interna obtuvo valores entre 6.4° y 31.8° y cohesión entre 0.07 kg/cm² y 0.41 kg/cm² para suelos GM, GW, SM, SW, GP, GC, SP. El ángulo de fricción y la cohesión varían de acuerdo al tipo de suelo y al método de ensayo empleado.

En el estudio realizado por Edwin Maldonado Amao, denominado “Comparación de resultados para determinar capacidad portante en cimentación de viviendas utilizando métodos semi empíricos - A.H. San José-SMP-Lima, 2021”, se comparó los métodos de Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic para un caso de (Df = 0.80m y B = 1.00m); se obtuvieron valores de capacidad admisible entre 2.33 kg/cm² y 2.85 kg/cm², siendo el método de Hansen el más conservador. En la presente investigación como se muestra en la tabla N°12 se compararon los mismos métodos, pero para más casos planteados variando la Df y el B, resultando el método de Terzaghi (en la mayoría de los casos planteados) y el de Hansen como los más conservadores. Por lo tanto, se coincide con la investigación mencionada en que el método de Hansen brinda mayor seguridad estructural. En cambio, en las investigaciones de Sosa y Jaramillo se compararon los métodos de Terzaghi y Meyerhof, concluyendo que el método más conservador es Terzaghi. Es importante calcular la capacidad admisible por la mayor cantidad de métodos para tener un mejor análisis.

V. CONCLUSIONES

Se comparó los valores de capacidad admisible en la Urbanización “El Mirador” para cimentaciones superficiales mediante los métodos de Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic. Concluyendo que los métodos más conservadores son Terzaghi (mayoría de los casos) y Hansen (algunos casos). Dependiendo principalmente del valor de la cohesión y también influye la profundidad de desplante y el ancho de zapata.

Se obtuvo el ángulo de fricción interna y la cohesión mediante el ensayo de compresión triaxial, el ángulo de fricción interna resultó entre 24.1° y 25° y la cohesión entre 0.55 kg/cm² y 0.91 kg/cm².

Se determinó los valores de la capacidad admisible del suelo de la Urbanización “El Mirador” para zapatas cuadradas: se obtuvo para Df=1.50 m y B=1.00 m, valores que oscilan entre 8.06 kg/cm² y 10.98 kg/cm²; Df=1.50 m y B=1.50 m entre 8.25 kg/cm² y 11.30 kg/cm²; Df=1.50 m y B=2.00 m entre 8.43 kg/cm² y 11.46 kg/cm²; Df=2.00 m y un B=1.00 m entre 8.63 kg/cm² y 11.65 kg/cm²; Df=2.00 m y un B=1.50 m entre 8.82 kg/cm² y 11.68 kg/cm² y para Df=2.00 m y un B=2.00 m entre 9.00 kg/cm² y 11.97 kg/cm².

Se comparó los valores de capacidad admisible en cimentaciones superficiales por los métodos de Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic en las 7 calicatas, para Df=1.50 m

y $B=1.00$ m, el método más conservador es Hansen para las Calicatas 1, 2, 5,6 y 7 y Terzaghi para las calicatas 3 y 4; $Df=1.50$ m y $B=1.50$, el más conservador es Terzaghi en las 7 calicatas; $Df=1.50$ m y $B=2.00$, en todas Terzaghi es el más conservador; $Df=2.00$ m y $B=1.00$, el método más conservador es Hansen para la Calicata 2 y Terzaghi para las calicatas 1,3,4,5,6 y 7; $Df=2.00$ m y $B=1.50$ m, el método más conservador es Hansen para las Calicatas 1,2,5,6 y 7 y Terzaghi para las calicatas 3 y 4 y; para $Df=2.00$ m y $B=2.00$ m, Terzaghi es el más conservador en todas. Concluyendo que Terzaghi y Hansen proporcionan mayor seguridad estructural respecto al de Meyerhof y Vesic.

Respecto a la hipótesis de la investigación “El valor de la capacidad admisible en el 100% de los casos planteados determinado por la ecuación de Terzaghi proporciona mayor seguridad estructural que la de los métodos de Meyerhof, Hansen y Vesic, en cimentaciones superficiales, según las características del suelo de la Urbanización “El Mirador” en el Distrito de Cajabamba”, se verificó que no coincide con la planteada, debido a que, el método de Terzaghi y Hansen resultan más conservadores respecto a Meyerhof y Vesic; ya que, en los resultados los métodos de Terzaghi y Hansen obtuvieron un menor valor, el 74% y 26% de los casos planteados respectivamente; tal como se evidencia en la tabla VII y la figura 3; demostrando así que los métodos de Terzaghi y Hansen presentan una menor capacidad admisible en la zona de estudio. Por lo tanto, la hipótesis planteada es falsa.

REFERENCIAS

- [1] Bernal, C. (2016). Metodología de la investigación (4 ed.). Colombia: Pearson HispanoAmerica. Obtenido de <https://upn.vitalsource.com/books/9789586993098>
- [2] Braja, D. (2015). Fundamentos de Ingeniería geotécnica (4 ed.). Mexico: CENGAGE Learning.
- [3] Crespo, C. (2004). MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES (5 ed.). Mexico: LIMUSA.
- [4] Jaramillo Garro, M. A. (2020). Capacidad admisible mediante los métodos de Terzagui y Meyerhof para diseño de cimentaciones, Recuay-Ancash. Universidad San Pedro. <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/14321>
- [5] Kerlinger, F. (1981). INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO (4 ed.). Santiago: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA DE CHILE LTDA.
- [6] Maldonado Amao, E. (2021). Comparación de resultados para determinar capacidad portante en cimentación de viviendas utilizando métodos semiempíricos—A.H. San José-SMP-Lima, 2021. Repositorio Institucional UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/85102>
- [7] Ortiz, F. G. (2004). DICCIONARIO DE METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA. Mexico: Limusa.
- [8] Ortiz, F., & García, M. D. (2006). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. México: LIMUSA.
- [9] Revista Construcción e Industria—Julio-Agosto 2018 by Capeco—Issuu. (2018, agosto 31). <https://issuu.com/capeco.org/docs/rcei070818>
- [10] Sosa Cori, B. Y. (2022). Estudio comparativo de la capacidad portante admisible para el diseño de cimentaciones superficiales por los métodos de Terzagui y Meyerhof según las características del suelo del centro poblado de Yanag del distrito de Pillco Marca – Huánuco 2020.