



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL**

TESIS

**APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE BOUSSINESQ EN
EL DISEÑO DE LOSA DE CIMENTACIÓN PARA UNA
EDIFICACIÓN DE SEIS NIVELES**

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

Autor:

Bach. Ñopo Diaz Miluska Katherine

ORCID:0000 0002 9209 6737

Asesor:

Msc. Ing. Muñoz Pérez Sócrates Pedro

ORCID:0000 0003 3182 8735

Línea de Investigación:

Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente

Ingeniería de Procesos

Pimentel – Perú

2022

**APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE BOUSSINESQ EN EL DISEÑO DE LOSA DE
CIMENTACIÓN PARA UNA EDIFICACIÓN DE SEIS NIVELES**

Aprobado por:

MSc. Ing. Muñoz Pérez Sócrates Pedro

Asesor

Ing. Marín Bardales Noe Humberto

Presidente de jurado

Ing. Idrogo Pérez César Antonio

Secretario de jurado

Ing. Céspedes Deza José Alfredo Ronald

Vocal de jurado

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación en primer lugar se lo dedico a Dios por darme la oportunidad de vivir y enfrentar los distintos retos de la vida. A mi madre Marleny Díaz Anaya por haberme guiado hasta aquí y dado las fuerzas necesarias para cumplir mis metas; por enseñarme que la humildad y paciencia te ayudan a alcanzar tus objetivos. A mis Familiares y amistades por todo el apoyo y consejos brindados, haciendo de mí una mejor persona y en un futuro una gran profesional.

Miluska Katherine

AGRADECIMIENTO

Agradezco especialmente a Dios por guiarme siempre, permitiéndome culminar mi tesis, a la universidad Señor de Sipan y docentes por todos estos años de enseñanza; a mi Madre y familiares por todo el apoyo brindado en todo momento que me llevo terminar la carrera profesional de ingeniería civil.

Agradecer también infinitamente a los asesores y a todas las personas que me apoyaron en el transcurso de todo este tiempo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
Resumen.....	12
Abstract.....	13
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	14
1.1. Realidad problemática	15
1.1.1. Internacional.....	15
1.1.2. Nacional	16
1.1.3. Local.....	17
1.2. Antecedente.....	17
1.2.1. Internacional.....	17
1.2.2. A nivel nacional	20
1.2.3. A nivel local	21
1.3. Teorías relacionadas.....	21
1.3.1. Aporte de la teoría	21
1.3.2. Clasificación unificada del suelo.....	22
1.3.3. Propiedades mecánicas del suelo en estudio	25
1.3.4. Diseño de Losa de cimentación.....	26
1.3.5. Teoría de Boussinesq y Análisis de Asentamientos.....	27
1.4. Formulación del problema	30
1.5. Justificación e importancia	30
1.5.1. Justificación Científica.....	30
1.5.2. Justificación Social.....	30
1.5.3. Justificación Económica.....	31
1.5.4. Justificación Ambiental.....	31

1.6.	Hipótesis	31
1.7.	Objetivos	31
1.7.1.	Objetivos Generales	31
1.7.2.	Objetivos Específicos	31
CAPÍTULO II MATERIAL Y MÉTODO		32
2.1.	Tipo y diseño de investigación	33
2.1.1.	Tipo de Investigación	33
2.1.2.	Diseño de investigación	33
2.2.	Población y muestra.....	34
2.2.1.	Población.....	34
2.2.2.	Muestra.....	36
2.3.	Variables, operacionalización	37
2.4.	Técnicas e instrumentales de recolección de datos, validez y confiabilidad	39
2.5.	Procedimiento de análisis de datos	40
2.5.1.	Esquema de flujo de procedimientos	40
2.5.2.	Descripción de procesos.....	40
2.5.2.1.	Clasificar el suelo mediante el método SUCS y describir las propiedades mecánicas del suelo.....	40
2.5.2.2.	Diseñar la losa de cimentación y determinar el asentamiento.....	50
2.5.2.3.	Determinar los asentamientos aplicando la teoría Boussinesq en la losa de cimentación.....	50
2.5.2.4.	Comparar resultados obtenidos aplicando la teoría de Boussinesq con los resultados obtenidos del método tradicional.....	51
2.6.	Criterios éticos	52
2.6.1.	De Recolección de los datos.....	52
2.6.2.	De la Publicación	52
2.6.3.	De la aplicación.....	52
2.6.4.	Código Ético Profesional.	52

2.7. Criterios de rigor científico.....	52
CAPÍTULO III RESULTADOS.....	53
3.1. Resultados en tablas y gráficas	54
3.1.1. Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo en estudios.....	54
3.1.2. Diseño de Losa de Cimentación y Cálculo de Asentamientos.....	60
3.1.3. Determinar los Asentamientos Aplicando La Teoría Boussinesq en la Losa de Cimentación.	63
3.1.4. Comparar resultados obtenidos aplicando la teoría de Boussinesq con los resultados obtenidos del método tradicional.	69
3.2. Discusión de resultados	71
CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
4.1. Conclusiones.....	73
4.2. Recomendaciones	74

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Presión de pre-consolidación método de Casagrande	26
Ilustración 2. Diseño de losa de cimentación	27
Ilustración 3. Descripción de una losa de cimentación y sus factores de influencia.....	28
Ilustración 4. Modelamiento en software SAFE	30
Ilustración 5. Vista satelital de la ciudad de Chiclayo	34
Ilustración 6. Vista satelital de la zona a estudiar "La Victoria"	35
Ilustración 7. Zona de estudio Av. Miguel Grau y Unión.....	36
Ilustración 8. Procedimiento de análisis de datos (Elaborado por la investigadora).....	40
Ilustración 9 Muestra en campo.	40
Ilustración 10. Vista Satelital de “La Victoria”	41
<i>Ilustración 11.</i> Procedimiento de cuarteo para obtener muestra representativa a ensayar ..	42
Ilustración 12. Procedimiento para hallar el contenido de humedad	43
Ilustración 13. Análisis granulométrico por lavado (tamiz n°200).	44
Ilustración 14. Análisis granulométrico por tamizado	45
Ilustración 15. Procedimiento de ensayo límite líquido	46
Ilustración 16. Procedimiento de ensayo límite plástico	47
Ilustración 17. Ensayo de corte directo	48
Ilustración 18. Procedimiento ensayo de consolidación unidimensional.....	49
<i>Ilustración 19.</i> Losa de cimentación en planta	50
Ilustración 20. Resultados del ensayo de corte directo de la Calicata 1	55
Ilustración 21. Resultados - corte directo - Calicata 2	55
Ilustración 22. Resultados de corte directo - Calicata 3	56
Ilustración 23. Instrumento de ensayo de Consolidación C-1	56
Ilustración 24. Curva de Compresibilidad C-1.....	57

Ilustración 25. Instrumento de ensayo de Consolidación C-2.....	57
Ilustración 26. Curva de Compresibilidad C-2.....	58
Ilustración 27. Instrumento de ensayo de Consolidación C-3.....	58
Ilustración 28. Curva de Compresibilidad C-3.....	59
Ilustración 29. Diseño de Losa de Cimentación.....	60
Ilustración 30. Asentamiento máximo.....	61
<i>Ilustración 31. Diseño de acero en losa de cimentación</i>	62
<i>Ilustración 32. Malla de distribución de presiones</i>	64
<i>Ilustración 33. Diseño de acero en losa de cimentación</i>	68
Ilustración 34. Asentamiento máximo método tradicional	69
Ilustración 35. Asentamiento máximo aplicando la teoría de Boussinesq	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de puntos de investigación	22
Tabla 2. Operacionalización de la variable dependiente.....	37
Tabla 3. Operacionalización de la variable dependiente.....	38
Tabla 4. Técnicas e Instrumentos de recolección	39
Tabla 5 Ubicación de muestras de suelo en estudio.....	41
Tabla 6. Clasificación S.U.C.S	54
Tabla 7. Resumen del ensayo de corte directo.....	54
Tabla 8. Resumen del ensayo de consolidación.....	59
Tabla 9. Distribución de Presiones sin Influencia.....	65
Tabla 10. Asentamientos en cada punto de la malla	66

ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1. Cantidad de humedad</i>	23
<i>Ecuación 2. Porcentaje que pasa tamiz N°200</i>	23
<i>Ecuación 3. Porcentaje retenido en cada tamiz</i>	23
<i>Ecuación 4. Porcentaje más fino</i>	23
<i>Ecuación 5. Límite líquido</i>	24
<i>Ecuación 6. Límite Plástico</i>	24
<i>Ecuación 7. Índice plástico</i>	24
<i>Ecuación 8. Masa seca</i>	25
<i>Ecuación 9. Contenido de agua inicial y final</i>	25
<i>Ecuación 10. Altura equivalente de los sólidos</i>	25
<i>Ecuación 11. Relación de vacíos antes</i>	26
<i>Ecuación 12. Factor m y n</i>	28
<i>Ecuación 13. Factor que influye en expresión de Boussinesq</i>	28
<i>Ecuación 14. Formula de Boussinesq</i>	28
<i>Ecuación 15. Para arcillas normalmente consolidadas donde $\sigma'_{o} = \sigma_{Pc}$</i>	29
<i>Ecuación 16. Para arcillas sobreconsolidadas donde $\sigma'_{o} + \Delta\sigma \leq \sigma_{Pc}$</i>	29
<i>Ecuación 17. Para arcillas sobreconsolidadas donde $\sigma_{Pc} < \sigma'_{o} + \Delta\sigma$</i>	29

APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE BOUSSINESQ EN EL DISEÑO DE LOSA DE CIMENTACIÓN PARA UNA EDIFICACIÓN DE SEIS NIVELES

APPLICATION OF THE BOUSSINESQ THEORY IN THE DESIGN OF FOUNDATION SLAB FOR A SIX LEVEL BUILDING

Ñopo Díaz Miluska Katherine

Resumen

El presente trabajo de investigación se centra en la aplicación de la teoría de Boussinesq en el diseño de una losa de cimentación, considerando como zona de estudio el distrito de la Victoria en la provincia de Chiclayo, región Lambayeque; el conocer más afondo la interacción suelo estructura, fue motivo para llevar a cabo esta investigación donde APLICAREMOS LA TEORÍA DE BOUSSINESQ EN EL DISEÑO DE UNA LOSA DE CIMENTACIÓN EN UN EDIFICIO DE SEIS NIVELES el cual estará respaldada por normativas, para realizar ensayos en laboratorio.

El área de estudio que se consideró fue de 174.4m², en la cual se tomaron 3 puntos de estudios para realizar la extracción de muestras representativas de la zona; en la cual se encontró en total 9 estratos. Se realizaron los ensayos correspondientes como Contenido de humedad, Límites de Atterberg, Análisis Granulométrico obteniendo la clasificación del suelo; Además se realizó el ensayo de Peso Específico Relativo de los Sólidos, Corte directo y Consolidación estos ensayos nos ayudaran a obtener una perspectiva más amplia sobre las características del suelo en estudio. Al aplicar la teoría de Boussinesq en dicha losa de cimentación, obtendremos distribución de presiones, generadas por la carga de la edificación, la cual nos servirá para luego hallar los asentamientos en diferentes puntos de la losa, esto se realizará a través de un enmallado en toda la losa de cimentación. En este caso la teoría será aplicada para suelos arcillosos, finalmente al concluir, que la teoría de Boussinesq favorece al diseño y seguridad de la edificación más que los métodos convencionales, esta teoría podrá ser empleada en el diseño de losas de cimentación.

Palabras Clave: Consolidación, Distribución de Presiones, Asentamientos, Teoría de Boussinesq.

Abstract

This research work focuses on the application of Boussinesq's theory in the design of a foundation slab, considering the district of La Victoria in the province of Chiclayo, Lambayeque region as a study area; Knowing more about the soil-structure interaction was the reason for carrying out this research where we will APPLY THE THEORY OF BOUSSINESQ IN THE DESIGN OF A FOUNDATION SLAB IN A SIX-LEVEL BUILDING which will be supported by regulations, to carry out laboratory tests.

The study area considered was 174.4 m², in which 3 study points were taken to extract representative samples from the area; in which a total of 9 strata were found. The corresponding tests were carried out such as Moisture content, Atterberg Limits, Granulometric Analysis obtaining the soil classification; In addition, the Relative Specific Weight of Solids, Direct Cut and Consolidation tests were performed. These tests will help us obtain a broader perspective on the characteristics of the soil under study. By applying the Boussinesq theory on said foundation slab, we will obtain pressure distribution, generated by the load of the building, which will help us later find the settlements at different points of the slab, this will be done through a mesh in entire foundation slab. In this case the theory will be applied to clayey soils, finally when concluding that Boussinesq's theory favors the design and safety of the building more than conventional methods, this theory can be used in the design of foundation slabs.

Keywords: *Consolidation, Pressure Distribution, Settlements, Boussinesq Theory.*

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

1.1.1. Internacional

Drammen, esta ciudad es conocida por su arcilla blanda, y los asentamientos de los edificios existentes son tan grandes que el efecto de las malas condiciones de los cimientos se puede observar de un vistazo, con esto podemos decir que, realizar un estudio minucioso de los asentamientos nos dará como resultado, una estructura con mínimas fallas o tal vez nulas. Además, las condiciones del suelo son tan uniformes en grandes áreas de la ciudad que los comportamientos de las distintas cimentaciones pueden ser directamente afectados. El comportamiento de los edificios fue observado durante la construcción, acumulándose una cantidad considerable de datos. Se concluyó que, el uso de técnicas convencionales es muy pobre a diferencias de los métodos actualizados, y que se debería realizar estudios más minuciosos con respecto a la interacción suelo-estructura. (Bjerrum, 1967)

En la localidad Querétaro México se construyeron unos edificios de tres niveles, que al finalizar su construcción presentaron daños en la estructura, debido a la falla del diseño, por falta de datos. Se observaron peligrosas incorrecciones según el estudio de mecánica de suelos que se realizó después, con el fin de comprobar las causas de desplome de los edificios, teniendo, así como resultado un mal diseño de fundaciones que por ende afecta directamente a la infraestructura. Otra de las dificultades es que existe escasa información de la manera en cómo se determina la conducta de las superficies colapsables de cómo establecer y aminorar sus efectos en una cimentación para así evitar fallos en el proceso y en la culminación del proyecto. (Rojas, *et al.*, 2011, p. 2)

En la ciudad de México se realizó el análisis de asentamientos en suelos blandos, donde se muestra el uso de modelos axisimétricos implementados en códigos de elementos finitos pudiendo utilizarse en el mejoramiento de diseños de fundaciones en suelos susceptibles a hundimientos, el objeto fue considerar pilotes de fricción situados en este tipo de suelo, sometiéndolo a cargas exteriores y a la consolidación. Los modelos empleados para aparentar la conducta de este suelo oscilan a partir un elástico-plástico perfecto hasta uno establecido en la teoría del estado crítico que tiene en consideración la plastificación anisotrópica de arcillas en el suelo. (Rodríguez Rebolledo, 2015)

(Rodríguez, 2005, p.26) investiga la relación suelo-estructura, en proyecto de una fundación en arcillas blandas fisuradas, donde nos permite comprender y considerar el comportamiento de estos suelos que por consecuencia intervienen en el diseño de las fundaciones; al analizar los suelos fisurados se encontró que existen estos suelos en gran parte

del Occidente de la Sabana en Bogotá; los resultados obtenidos de los estudios de suelos no eran aceptables ya que producían así peligrosos perjuicios a la infraestructura en estudio; estos análisis permiten juzgar y medir la conducta de estos suelos, para poder contemplar un diseño de fundación eficaz, permitiendo así solución a tal problema.

Algunas de las ciudades del centro de México se han desarrollado sobre cuencas lacustres, donde se han presentado fraccionamiento de depósitos arcillosos convirtiéndose en un problema para edificar estructuras. El objetivo fue analizar: la diferenciación en la compresibilidad de los sedimentos que causa distorsiones diferenciales y la extracción del agua subterránea que subyace a las sucesiones lacustres e induce la reducción de la presión de poro. Como resultados se presentó un análisis de propiedades geológicas y mecánicas de Chalco, para relacionar las discrepancias de compresibilidad de los materiales con sus situaciones de formación; ante esta problemática se debe considerar el estudio de mecánica de este tipo de suelos, para diseñar una fundación más conservadora, pero a su vez lo suficientemente eficaz. (Carreón, *et al.*, 2006)

Existen problemas en edificaciones al estar en contacto con una arcilla expansiva, siendo este la falta de atención necesaria a este fenómeno, ignorando que el estudio de un suelo es base fundamental para el diseño de cimentación, tanto así que pasa desapercibido en la mayor parte de las obras; este problema es más habitual cada día en distintas zonas de Andalucía, y en otros lugares al sur del país donde la mayor parte son suelos arcillosos, una solución para la problemática es el estudio de la interacciones suelo-estructura para el diseño óptimo de una cimentación. (Llorca, 2016, p.72).

1.1.2. Nacional

Otro de los temas que influye mucho es el cambio constante del nivel freático ya que influye en la capacidad pórtate del suelo, además de la variación geométrica de este, donde se vuelve un problema más común en la actualidad; la presencia de napa freática en cimentaciones es un tema de poca importancia para muchos, porque a pesar de haber realizado estudios geotécnicos, no tomen en cuenta el constante cambio del nivel freático, sobre todo en cimentaciones, por lo que se debe considerar un estudio más detallado para un correcto diseño de cimentaciones. (Ortiz, 2017, p.17).

Existen diversas complicaciones para realizar construcciones de estructuras en la bahía de Puno, ya que el comportamiento del suelo ante las cargas causan números problemas de roturas o deformaciones excesivas del suelo afectando el normal y adecuado funcionamiento de la estructura; (Laura, 2016, p.161) explica que, para que la construcción de las estructuras sea

posible los profesionales deben tener amplio conocimiento sobre el comportamiento del suelo, sobre todo la mecánica de suelos y la construcción de cimentaciones superficiales, y así poder evitar los problemas ya mencionados.

La mecánica de interacción puede ser conocida por su representación y solución mediante modelos simplificados que involucran esfuerzos y deformaciones, siendo el principal problema la falta de estudio de la mecánica de interacción entre dos componentes de propiedades diferentes que son requeridas para el diseño; un buen estudio e interpretación de resultados conllevan a un óptimo diseño de cimentación evitando fallas en la estructura. , por lo tanto, un sistema de calculo que evalúa desde su forma hasta la profundidad de desplante (Df), serían lo ideal para llegar a un correcto y conservador diseño. (Berrocal, 2013, p.69).

1.1.3. Local

El principal problema en la construcción de cimentaciones ha sido poder anticipar todos los posible accidentes o fallas que se presentan al finalizar una construcción, ya que al diseñar una cimentación no se considera de importancia el estudio del suelo donde se va a cimentarse, mucho menos la relación entre la rigidez de la cimentación versus el suelo, aun sabiendo que esto afecta los resultados del análisis estructural; (Rodríguez, 2013, p.4) este problema es el que atraviesa la edificación de la fiscalía en la ciudad de Lambayeque, donde exclusivamente esta construcción diseñada para cinco pisos muestra fallas por asentamientos; la solución que se consideró fue evaluar como anticipar este tipo de fallas, realizar estudios más minucioso del suelo y diseñar una cimentación mucho más conservadora y eficaz.

1.2. Antecedente

1.2.1. Internacional

(Necmettin, 2016) en su investigación “Potential settlement due to seismic effects in the residential area of Ilgin” menciona los problemas de esta localidad situada en depósitos recién formados, granulares y no compactos, dando como consecuencia el riesgo de licuefacción y la existencia de asentamientos o deslizamientos; el objetivo fue calcular el número de asentamientos ante un terremoto para así poder plantear un mapa de asentamientos de la zona. Los resultados fueron de 20 cm en zonas cercanas a Ilgin y en la parte norte del lugar estudiado. Concluyendo que los resultados exceden los límites permitidos.

(Rodríguez Rebolledo, 2018) en su investigación “Analytical model for friction piles in consolidating soft soils” presenta un modelo analítico simplificado para el diseño de cimentaciones en un entorno propenso a hundimiento, basándose en las ecuaciones de Mindlin

y fue propuesto originalmente por Reséndiz y Auvinet. El objetivo fue realizar algunas modificaciones importantes a la versión original, basado en los resultados obtenidos de análisis numéricos. Finalmente se validó con los resultados obtenidos previamente por los autores; concluyendo que existe una concordancia razonable entre los resultados arrojados por ambos modelos.

(Ballesteros, 2018, p.438) en su investigación “Analysis of deflections and settlements in deep excavations on soft soils of Bogotá” Estimar previamente las deflexiones y asentamientos de un lugar aledaño a las excavaciones profundas de las que se hablan en este estudio, puede prevenir daños estéticos, colapsos eventuales, asentamientos del suelo. Estos estudios garantizan la seguridad de las excavaciones durante el proceso constructivo. La investigación nos presenta múltiples simulaciones permitiendo evaluar el comportamiento en el proceso constructivo y con uso contemplado para líneas de transportes o sótanos de edificaciones.

(Oztoprak & Cinicioglu, 2005) en su investigación “Soil behavior through field instrumentation” desarrolla y propone una versión mejorada del método de observación utilizando mediciones de campo. El marco proporcionado para la aplicación del método es básicamente el espacio de tensión idealizado de la teoría del estado crítico, donde el modelo de suelo elastoplástico anisotrópico constitutivo se agrega a este marco para analizar el comportamiento y proporcionar enlaces directos entre las mediciones y los parámetros de diseño. Al considerar la variación en la conducta de los suelos de cimentación, se aplica un sistema de zonificación, logrando así ahorros sustanciales.

(García, *et al.*, 2017, p.417) en su investigación “Bearing capacity of footings in unsaturated soils employing analytic methods” menciona que han existido diversos motivos por el cual se ha realizado estudios sobre el comportamiento de los suelos parcialmente saturados, Esta investigación resume los principales aspectos y diferentes teorías enunciadas por varios autores para estimar capacidad de carga de los suelos parcialmente saturados. El estudio se realizó en una cimentación superficial cuadrada, empleando la fórmula de Brinch-Hansen y tomar en consideración las fórmulas de Fredlund y Vanapalli, para poder estimar los parámetros de resistencia del suelo parcialmente saturado (c y ϕ). Estas formulaciones proponen una ley de variación de los valores de cohesión de un suelo parcialmente saturado en función de la succión que este pueda experimentar.

(Barreto, *et al.*, 2013) en su investigación “Comparative evaluation of load capacity in deep foundations. Analytical formulations and load tests” menciona que existen diseños convencionales de diseño de cimentaciones profundas donde se rigen por cálculos matemáticos basados en nociones teóricas del mecanismo de suelos, donde el objetivo fue analizar con un

factor de seguridad adecuado, las fallas de capacidad de carga, y también por asentamientos que, por sí, ponen en riesgo a las estructuras. Sin embargo, muchas veces los cálculos matemáticos son por lo frecuente moderados al cotejar con los otros valores.

(Tladi, 2017, p.737) en su investigación “On the qualitative theory of the rotating Boussinesq and quasi-geostrophic equations”, el autor estudia las ecuaciones rotativas de Boussinesq, centrándose en el problema del valor límite inicial de las ecuaciones rotativas de Boussinesq, mencionando que las ecuaciones se derivan de las leyes de conservación en la física continua, seguidas de la formulación del problema como problema del valor inicial en espacios de Hilbert. Mediante el uso de la técnica de aproximaciones y semi-grupo de Faedo-Galerkin, demostrando la existencia y la unicidad de las soluciones. Además, que el manuscrito describe como las funciones de Lyapunov pueden usarse para evaluar los criterios de estabilidad energética. El autor también aborda problemas singulares para los cuales la ecuación tienen una estructura parabólica.

(Rojas, et al., 2011, p.2) realizó el estudio de un conjunto de edificios que se desplomaron al poco tiempo de haber terminado su ejecución. Su objetivo fue mostrar los orígenes del incorrecto comportamiento de las estructuras; realizando estudios geotécnicos antes de la construcción de estos edificios y después del desplome de varios de ellos. Se concluyó que los especímenes del lugar de estudio fueron de tipo expansivo-colapsable, otro de los resultados fue que en las zonas construidas existe la acumulación natural de humedad, produciendo así el incremento de saturación en las capas inferiores provocando movimientos adicionales de expansión y colapso en el futuro.

(Álvarez, et al., 2019, p.369) en su investigación “Comparing geotechnical methods to assess primary consolidation settlements for raft foundations a” menciona que mediante el libro Excel DISBAL, se evaluaron asentamientos por consolidación primaria en suelos sometidos a presiones aplicadas a cimentaciones en balsas. El objetivo fue comparar el método clásico de asentamientos primarios, con el procedimiento simplificado basado en el método de la sumatoria de capas, que recomienda la norma cubana de cimentaciones superficiales actual. Se concluyó que el software permite una correcta valoración del estado límite por deformación del suelo por los dos métodos, y que el libro Excel DISBAL permite una apreciación más completa de la consolidación primaria.

(Rodríguez 2005,p.18) en su investigación “Análisis de interacción suelo-estructura para refuerzos de suelos fisurados” realizó un modelamiento donde se estudió el efecto de una columna con un área concerniente alrededor, conteniendo el efecto de las grietas; también aplicó una sobre carga uniforme sobre la plancha de concreto que está apoyada en el tierra de

fundación y columnas, se aplicó hasta tal punto que el sistema suelo-estructura fallará; en conclusión el estudio de interacción permitió plantear un sistema de refuerzo para estos suelos fisurados a través de inclusiones rígidas, al emplear el método se pudo determinar espaciamientos, distancia y firmeza óptimos para las inclusiones.

(Molina, *et al.*, 2018) en su investigación “Spatial variability of a soil clayed from the Sabana Centro Sector for the reliability of primary consolidation settlements: study case campus Nueva Granada” presenta un estudio de parámetros de consolidación de un suelo arcilloso, con el objetivo de extraer muestras inalteradas, ejecutándose un plan experimental que incluyó 30 ensayos edométricos. Con los resultados finales se pudo conseguir la variabilidad de las propiedades de compresibilidad del material; concluyendo que la magnitud de los asentamientos se ven perturbados por la inestabilidad espacial de las propiedades de compresibilidad de estos especímenes.

(Llorca, 2016, p.70) en la investigación “La edificación en arcillas expansivas” se realizó un estudio que recolectaría tanto los análisis de la experiencia local de la edificación, como el reconocimiento del terreno, que llegaría a la respuesta más completa; el autor concluye que los ensayos con muestras alteradas se encuentran lejos de representar la conducta del suelo, esto solo les permite obtener una orientación de ello, por lo que se priorizaron ensayos de caracterización que se hacen independientemente del problema de expansividad; sin embargo los ensayos que se realizaron en muestras inalteradas fueron los que reflejaron más representación.

1.2.2. A nivel nacional

(Ortiz, 2017, p.17) manifiesta en su indagación “Influencia del nivel freático en la determinación de capacidad portante del suelo, en cimentaciones superficiales, distrito de Pilcomayo” que los resultados de la velocidad de infiltración corresponden a suelos de rápida infiltración, así como los resultados del coeficiente de permeabilidad pertenece a terrenos de buena permeabilidad; concluyo también que el nivel freático se encontraba por encima de los criterios establecidos, la cual perturbaba ampliamente el peso específico del terreno y por ende la resistencia del suelo.

(Morales, 2018) en su investigación “Alternativas de cimentación superficiales para edificaciones en un terreno con asentamiento diferencial” trato de hallar elecciones de diseño de fundaciones superficial para lugares con asentamientos diferenciales. El objetivo fue plantear cuatro alterativas de fundaciones superficiales ante solicitaciones de cargas de gravedad y sismo, donde se trasmiten concisamente al suelo y así poder impedir la existencia

de asentamientos diferenciales descomunales. Finalmente se concluyo que la alternativa 1 que constituye zapatas concéntricas y combinadas conectadas a vigas de conexión, es la más económica respecto a las otras alternativas.

(Carnero, 2018, p.439) en su investigación “Numerical analysis of water infiltration in an unsaturated residual soil by using the water retention curve” presenta un análisis de infiltración que es indispensable para poder comprender la variación de humedad de un suelo y saber que tanto influye en sus propiedades ingenieriles. Para dicho análisis se requiere de parámetros no saturados del suelo, estos se obtienen del SWRC. Se analizó un suelo residual de Brasil ejecutándose mediante un software de elementos finitos usando datos obtenidos de SWRC. En conclusión el tiempo requerido para alcanzar la saturación depende del grado de saturación inicial y la calidad de los datos experimentales en la obtención de la SWRC.

1.2.3. A nivel local

(Rodríguez 2013, p.5) manifiesta en “Ingeniería Geotécnica” en los capítulos “El estudio de mecánica de suelos” sobre el sistema suelo-estructura y la manera en cómo interactúan entre sí y cómo afectaría a los componentes del sistema, dando como ejemplo al suelo, donde este afectaría necesariamente a la edificación, concluyendo que estudiarlos por separado sería un error; en el capítulo “Capacidad portante de los suelos”, nos explica los principios que se usan para determinar la capacidad portante, y poder tener criterio de cálculo y diseño, teniendo como principal ensayo corte directo, esto quiere decir que podemos determinar las fallas en el suelo al entrar en contacto con la estructura.

1.3. Teorías relacionadas

1.3.1. Aporte de la teoría

El *suelo* se define como una fina capa que cubre la corteza terrestre que puede proceder de la descomposición, variación física y/o química de piedras y restos y acciones de los humanos. Crespo (2004).

El *suelo expansivo* según la norma (E 050,2018, p.55), se les conoce como así a los suelos que al estar humedecido sufre expansiones, poniendo en riesgo las estructuras cimentadas sobre ellos.

La *Cimentación* es una parte de la edificación con la función de transferir cargas al suelo. Si al relacionar ((D_f = Profundidad) / (B= Ancho)) resulta menor o igual a 5 esta cimentación se convertiría en una *cimentación superficial*, considerando D_f como la profundidad y B como

el ancho. (E 050, 2018, p.29). Las **plateas o losas de cimentación** según la norma, su fondo mínimo será de 0.40 m, medida desde el terreno natural hasta la base de la losa.

1.3.2. Clasificación unificada del suelo

El **muestreo del suelo** es la recolección de una fracción de muestra donde estas representen el estado actual del suelo en la que intentamos edificar una estructura. (ASTM D 420, 2016, p.14).

Tabla 1. Número de puntos de investigación

NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	
Tipo de edificación	Número de puntos de investigación (n)
A	1 cada 225 m ²
B	1 cada 450 m ²
C	1 cada 800 m ²
Urbanizaciones para viviendas unifamiliares de hasta 3 pisos	3 por cada Ha. De terreno habilitado

Fuente: (E-050, 2018, p.17)

Los **Especímenes alterados** son aquellas donde no tomamos precauciones en su recolección y/o conservación; sin embargo, habrá veces en las que se necesite saber el contenido de agua real de este, entonces los especímenes los empacaremos y movilizaremos de manera apropiada. (ASTM D420, 2016, p.50).

Los **Especímenes inalterados** se consiguen en superficies finas en las que logren tallarse sin dificultades; la obtención de estos puede ser en pisos o paredes de la excavación. A estos especímenes inalterados se le realizará los siguientes ensayos: corte directo, consolidación. (ASTM D 420, 2016, p. 28).

La **muestra representativa por cuarteo** según (NTP 339 089, 2016, p.36), después de que el espécimen se seca al viento, se realiza el cuarteo manual de la cual obtendremos una muestra homogénea representativa; este procedimiento se realiza con el fin de tener una muestra original para los ensayos que se le realizarán.

El **contenido de humedad** según (ASTM D 2216, 2016, p.49), es la cantidad la de agua que tiene un espécimen, con relación al peso seco de la misma, expresada en porcentaje.

$$W\% = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Ecuación 1. Cantidad de humedad

Donde:

W% = Cantidad de agua

W_w = Peso del agua

W_s = Peso Seco al horno

El **análisis granulométrico por tamizado** es un método en el cual se va a determinar porcentajes de suelo que pasen por los diferentes tamices que se emplearán hasta la malla de 74 mm. (ASTM D 422, 2016, p.44).

$$\%Ret. = \frac{W_r}{W_{st}} \times 100$$

Ecuación 2. Porcentaje que pasa tamiz N°200

Donde:

%Ret = Porcentaje retenido.

W_r = Peso retenido.

W_{st} = Peso seco total de la muestra a ensayar.

$$\%Retenido Acum = \sum \%Ret$$

Ecuación 3. Porcentaje retenido en cada tamiz

Donde:

%Ret Acum = Porcentaje retenido.

$\sum \%Ret$ = Sumatoria de porcentaje retenido.

$$\%PasaAcum = 100 - \sum \% Retenido$$

Ecuación 4. Porcentaje más fino.

Donde:

%PasaAcum = porcentaje que pasa Acumulado.

Límite líquido tiene la finalidad de calcular la cantidad de humedad requerida para mostrar un aguanete al esfuerzo cortante de aproxim. veinticinco gr/cm². Consistiendo en moldear el suelo en la máquina Casagrande y darle una forma de figura trapecial donde ambas paredes

fallen conjuntamente, cerrándose las paredes longitudinalmente 13mm. Los rangos recomendados de golpes: entre 30 y 40, 20 y 30, 10 y 20. (NTP 339 129, 2016, p.67).

$$LL = kW^n$$

Ecuación 5. Límite líquido

Donde:

N= número de golpes.

Wⁿ= contenido de agua.

El **límite plástico** para el ensayo se interpreta como la cantidad de agua más baja con la que se puede formar una barrita de muestra de 11 cm y 3.2 mm de espesor, la cual no debe romperse en el momento que se esta formando en la superficie de vidrio; sí la barra muestra fisuras, señalaremos que está en límite plástico, entonces procedemos a someter la muestra al secado, y obtener la cantidad de agua siendo este resultado el LP. El índice de platicidad será la resta del L.L menos el L.P. (NTP 339 129, 2016, p.72)

$$L.P = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Ecuación 6. Límite Plástico

Donde:

W_w = Peso de humedad

W_s = Peso de suelo secado en la estufa

$$I.P = L.L - L.P$$

Ecuación 7. Índice plástico

El **sistema SUCS** (Unified soil classification system) se basa en ensayos de laboratorio, como la distribución de tamaños de partículas, L.L, L.P, I.P; este sistema unificado fracciona en: suelos gruesos, suelos finos y suelos orgánicos. Este sistema usa símbolos como GW, SM, CH y otros para conseguir una mejor representación de las propiedades de los suelos. (NTP 339 134, 1999).

1.3.3. Propiedades mecánicas del suelo en estudio

Ensayo de corte directo es un método ideal para determinar las características de resistencia de materiales drenados y consolidados. El ensayo reside en ubicar la muestra en una caja de *corte directo*, empleando sobre este un esfuerzo determinada, humedeciendo la muestra, consolidando el espécimen bajo el esfuerzo normal, desajustando los marcos que contiene la muestra y deslizando un marco horizontal relacionado al otro a una rapidez constante de deformación, midiendo la fuerza de corte y los deslizamientos planos a medida que el espécimen es llevada a la falla. (NTP 339 171, 2016, p.167).

El **Ensayo de consolidación** determina la dimensión y rapidez de los asentamientos diferencial y total; el espécimen estará saturada y sin perturbar, en el que la consolidación estará causada por la concentración de varias cargas incrementales. Estos espécimenes son instalados dentro de un aro, confinados entre 2 piedras porosas; prontamente se emplea una carga vertical total en el espécimen incrementandose al doble continuamente, estando bajo el agua. El procedimiento sigue hasta alcanzar el término esperado del esfuerzo en el espécimen. A continuación se indicarán los coeficiente necesarios a determinar. (NTP 339 154, 2016, p.265).

$$M_d = \frac{M_{Tf}}{1+W_{fp}}$$

Ecuación 8. Masa seca

Donde:

M_{Tf} = muestra seca total en gramos.

W_{fp} = Cantidad agua tomado desde el ensayo.

$$W_o = \frac{M_{To}-M_d}{M_d} \times 100 \quad \wedge \quad W_f = \frac{M_{Tf}-M_d}{M_d} \times 100$$

Ecuación 9. Contenido de agua inicial y final

Donde:

M_d = masa seca de la espécimen en grs.

M_{To} = masa húmeda de la espécimen en grs.

$$H_s = \frac{M_d}{G_s \cdot \rho_w \cdot A}$$

Ecuación 10. Altura equivalente de los sólidos

Donde:

W_s = Peso del suelo seco en gramos

G_s = Gravedad específica

γ_w = Peso específico del agua en g/ cm³

A = Área del anillo en cm²

$$e_o = \frac{H_o - H_s}{H_s}$$

Ecuación 11. Relación de vacíos antes

Donde:

H_o = elevación inicial en centímetros

H_s = Altura equivalente de los sólidos

Gráfica de la presión de Pre-consolidación

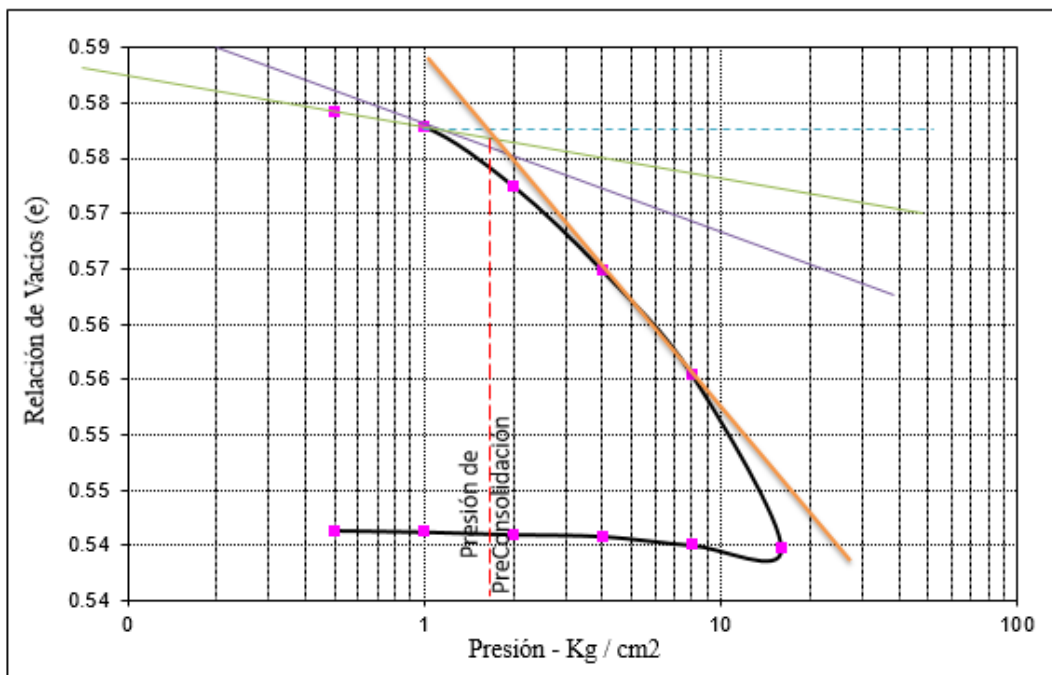


Ilustración 1. Presión de pre-consolidación método de Casagrande

Fuente: Elaborado por la investigadora

1.3.4. Diseño de Losa de cimentación

Para el **diseño de una losa de cimentación** sobre terreno en edificaciones es necesario hallar un método de reforzamiento más eficaz que el refuerzo convencional, la idea es lograr un desempeño de losa de cimentación reforzada con la cuantía mínima por contracción y por temperatura. Se han buscado opciones constructivas donde se utiliza refuerzo convencional,

demostrando en sus resultados que la losa de cimentación falla súbitamente y se agrieta sin alguna deflexión estimable. (Carrillo, *et al.*, 2016).

(E-050, 2018, p.29), en el diseño de una losa de cimentación deberá de tener una profundidad mínima de 0.40 m, desde el terreno natural hasta la base de la losa. Incluyendo un factor de seguridad no menos a 3. La profundidad mínima de estudio será de tres metros. Se deberá detallar en el informe de mecánica de suelo el nivel freático. La cimentación no debe apoyarse sobre suelos de relleno.

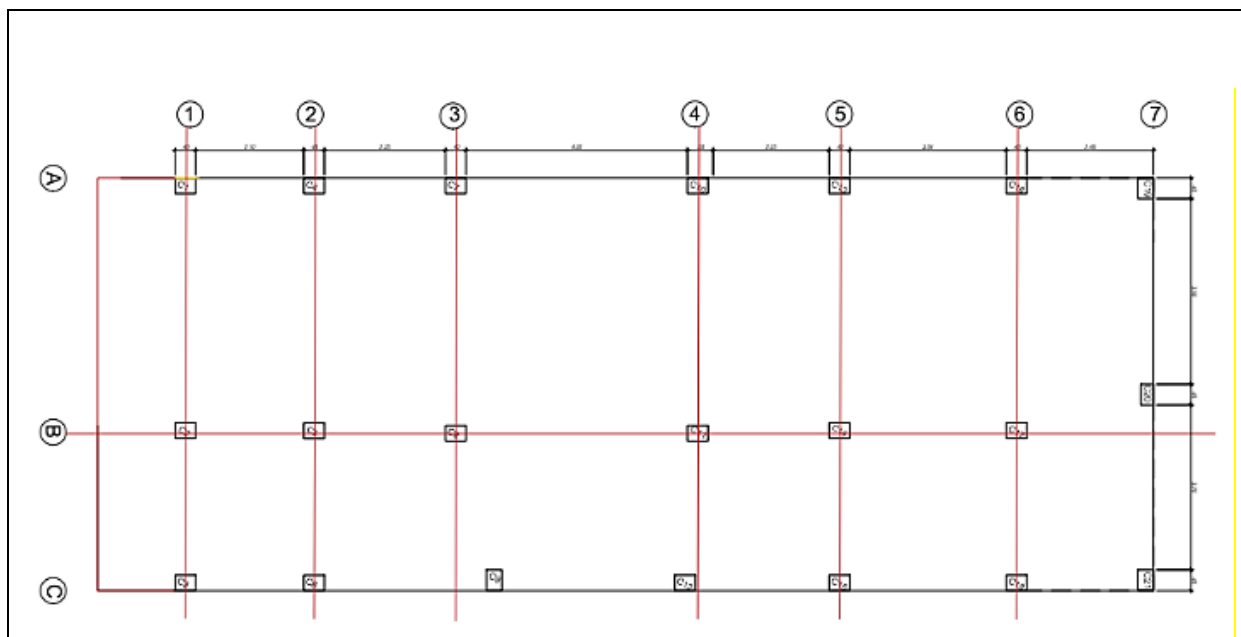


Ilustración 2. *Diseño de losa de cimentación*

Fuente: Elaborado por la investigadora

1.3.5. Teoría de Boussinesq y Análisis de Asentamientos

Teoría de Boussinesq varios de los procedimientos obtenidos para la distribución de esfuerzos, se derivan del trabajo de Boussinesq, quien desarrollo una expresión matemática para obtener el aumento de energía en una masa semi-infinita. La expresión de Boussinesq se ha completado para conseguir soluciones para áreas saturadas de peso y se ha transformado con la finalidad de considerar estratos de espesor finito y concentración de peso por debajo del plano de la masa. Cuando una estructura se apoya en la tierra, este trasmite los esfuerzos hacia el suelo donde se construirá dicha estructura; produciendo deformaciones, donde el suelo actuará disipando los esfuerzos. (Braja, 2012, pg.227). Los factores involucrados y la ecuación de Boussinesq se mostrarán a continuación.

$$m = \frac{L}{B(\text{ancho})}$$

$$n = \frac{z}{B/2}$$

Ecuación 12. Factor m y n

$$w = \frac{\Sigma \text{Peso estructura}}{\text{Área}}$$

Ecuación 13. Factor que influye en expresión de Boussinesq

$$G_z = \frac{2w}{\pi} \left[\frac{mn}{\sqrt{1+m^2+n^2}} \frac{1+m^2+n^2}{(1+n^2)(m^2+n^2)} + \text{sen}^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{m^2+n^2}\sqrt{1+n^2}} \right) \right]$$

Ecuación 14. Formula de Boussinesq

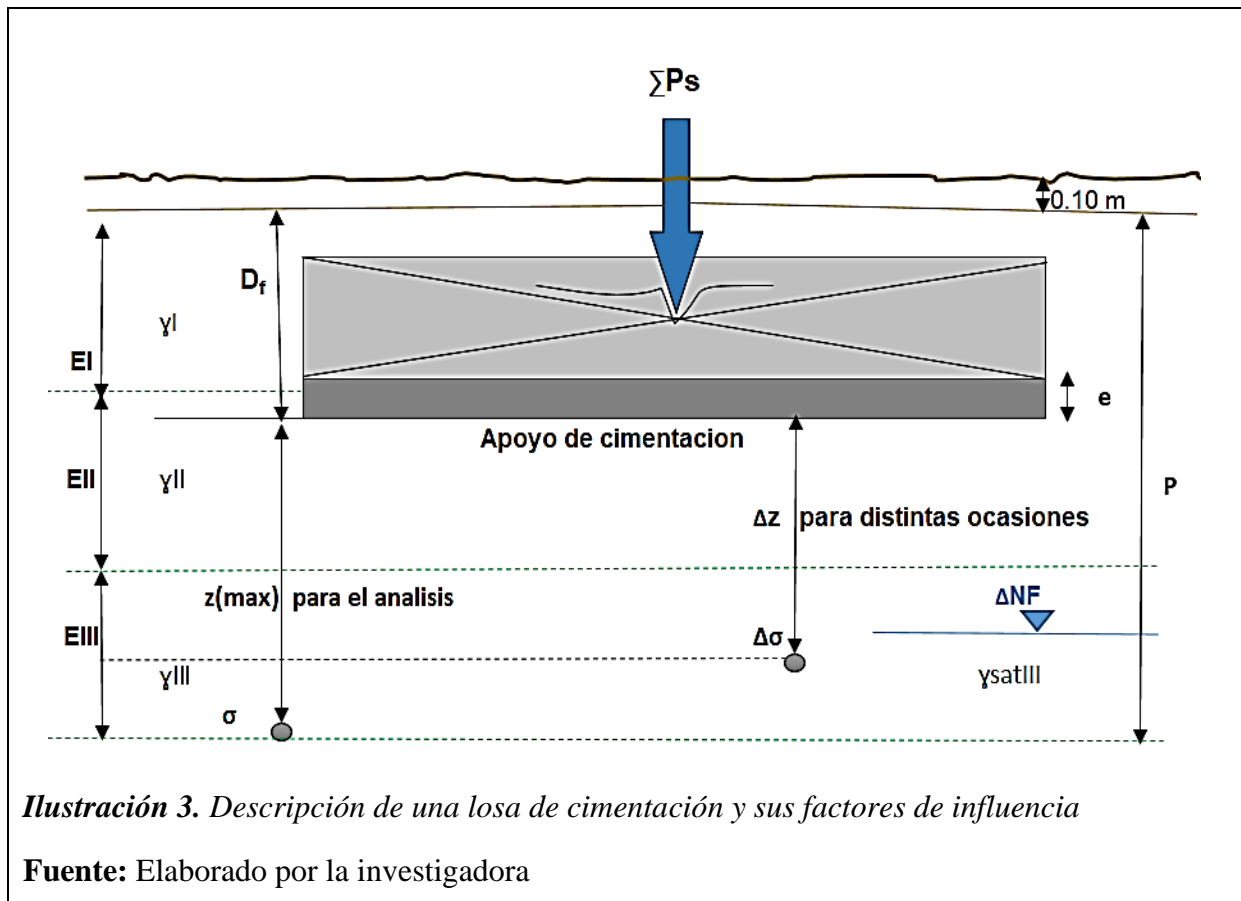


Ilustración 3. Descripción de una losa de cimentación y sus factores de influencia

Fuente: Elaborado por la investigadora

Para **Analizar asentamientos** sobre un suelo, se debe determinar datos como las deformaciones unitarias y su integración en el semiespacio conformada por el suelo. Al utilizar las relaciones constitutivas que representen la condición del suelo podemos obtener resultados. (Hernandez Rodríguez, 1997).

Los *asentamientos diferenciales* provocan las grietas más significativas y destructivas, las que generan y transmiten ciertos dispositivos como el fracturamiento hidráulico proveniente de ellas, vinculados al hundimiento regional debido a la extracción de agua en el subsuelo del lugar afectado. El agrietamiento se empeora a raíz de los sismos, se vuelven más inseguras cuando se erosionan y ensanchan. (Auvine, *et al.*, 2019).

A continuación, se presentan las ecuaciones de asentamientos (Braja, 2012, p.273):

$$S_T = \frac{C_c}{1 + e_o} H \log \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma}{\sigma_{Pc}} \right)$$

Ecuación 15. Para arcillas normalmente consolidadas donde $\sigma'_o = \sigma_{Pc}$

$$S_T = \frac{C_s}{1 + e_o} H \log \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma}{\sigma_{Pc}} \right)$$

Ecuación 16. Para arcillas sobreconsolidadas donde $\sigma'_o + \Delta\sigma \leq \sigma_{Pc}$

$$S_T = \frac{C_s}{1 + e_o} H \log \left(\frac{\sigma_{Pc}}{\sigma'_o} \right) + \frac{C_c}{1 + e_o} H \log \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma}{\sigma_{Pc}} \right)$$

Ecuación 17. Para arcillas sobreconsolidadas donde $\sigma_{Pc} < \sigma'_o + \Delta\sigma$

(SAFE, 2019) software que sirve para estudios y dimensionamiento de losas y cimentaciones. A partir del modelado, creación de diseños y detalles, Safe integra aspectos del análisis de dimensionamiento. A través del método de este método se puede realizar el análisis de dimensionamiento de las losas o también pueden precisarse por el profesional, para avalar un control y el cálculo de la armadura. Este software nos permitirá tener una mejor apreciación de a través del modelamiento gráfico.

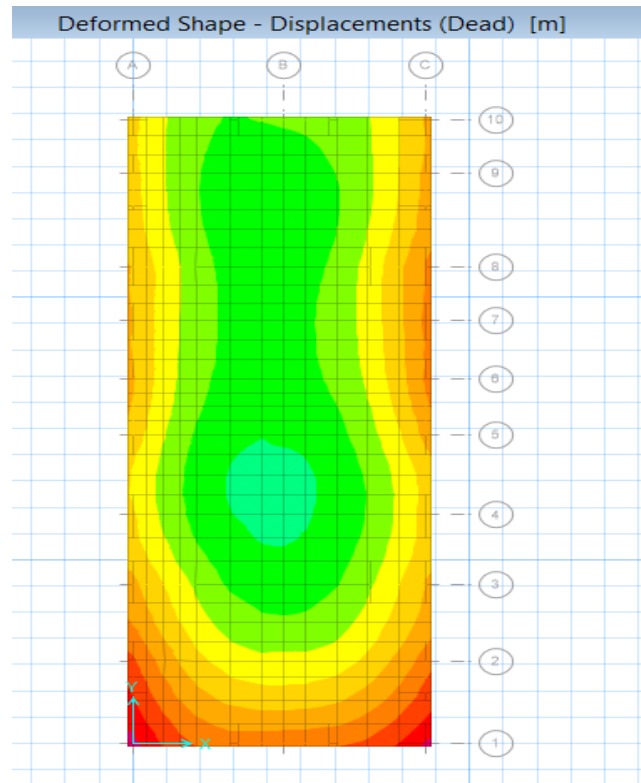


Ilustración 4. Modelamiento en software SAFE

Fuente: (Rodríguez W. , 2013)

1.4. Formulación del problema

¿Cómo aplicar la Teoría de Boussinesq en el Diseño de Losa de Cimentación para una Edificación de Seis Niveles?

1.5. Justificación e importancia

1.5.1. Justificación Científica

Causará nuevos conocimientos objetivos de la realidad observable, en la rama de la geotecnia y en el tema de interacción entre la cimentación y un suelo en estado crítico que son originados por un proceso de investigación científica, siguiendo los procedimientos ingenieriles estableceremos métodos con la finalidad de determinar las constantes de estos suelos y así poder tomar las decisiones necesarias.

1.5.2. Justificación Social

Este trabajo de investigación contribuirá directamente con las personas que tengan propiedades o terrenos con presencia de suelos arcillosos y tengan la necesidad de construir una estructura; autoridades pertenecientes a estos lugares, que tengan la necesitada de conocer alternativas de

solución; profesionales involucrados e interesados en los temas relacionados a la investigación; ya que se brindará un estudio de la Aplicación de la Teoría de Boussinesq, donde obtendremos resultados de los efectos y consecuencias posibles; y así poder dar las alternativas de solución necesarias a las problemas y/o dificultades que se presentan en este tipo de casos.

1.5.3. Justificación Económica

Esta investigación ayudara a prevenir o mitigar pérdidas económicas, causadas por la deficiente atención al tema de los suelos arcillosos y los tipos de cimentaciones que le correspondería a esta clase de suelos, dándose esta pérdida económica por la destrucción o inhabilitación de estas obras por no haberse tomado las decisiones correctas

1.5.4. Justificación Ambiental

Al realizar la Aplicación de la Teoría de Boussinesq en el Diseño de Losa de Cimentación para una Edificación de Seis Niveles, podremos obtener una forma de optimizar el impacto ambiental, como los asentamientos bruscos de los suelos o los hinchamientos de este mismo por estar en contacto con agua, causando la deformación de la cimentación y a su vez fallas en la estructura.

1.6. Hipótesis

Al aplicar la teoría de Boussinesq mejoraría de manera óptima las condiciones de diseño en una losa de cimentación de una edificación de seis niveles

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivos Generales

Aplicar la Teoría de Boussinesq en el diseño de Losa de Cimentación para una edificación de Seis Niveles.

1.7.2. Objetivos Específicos

- a) Clasificar el suelo mediante el método SUCS y Describir las propiedades mecánicas del suelo realizando el ensayo de corte directo y consolidación.
- b) Diseñar la losa de cimentación y determinar el asentamiento.
- c) Determinar los asentamientos aplicando la teoría Boussinesq en la losa de cimentación.
- d) Comparar resultados obtenidos del método tradicional con los resultados obtenidos aplicando la teoría de Boussinesq.

CAPÍTULO II MATERIAL Y MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

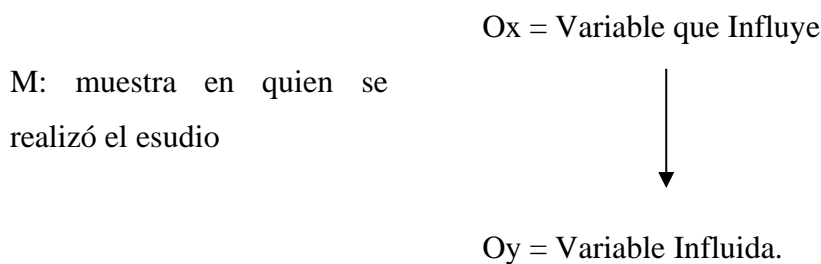
2.1.1. Tipo de Investigación

Se planteó una Investigación Aplicativa, porque se busca saber proceder, edificar y cambiar un contexto problemático. Ya que está más interesada en la atención inmediata de un problema. (Borja, 2012).

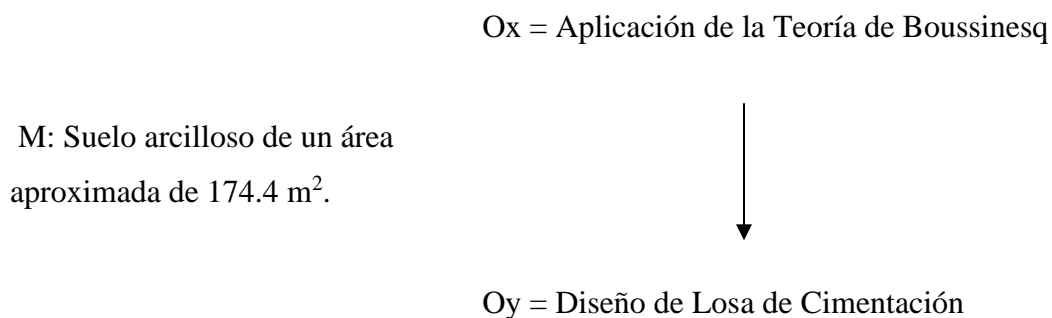
2.1.2. Diseño de investigación

Es Descriptiva; establece propiedades y características más distintivas del objeto de estudio pudiendo ser, concreto armado, personas, o algún fenómeno que se desee estudiar. Algo que destaca de este diseño de investigación es la capacidad para seleccionar las características primordiales del objeto de estudio y su descripción detallada de las partes, clases o categorías del objeto. (Borja, 2012).

Esquema:



Esquema:



2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

Conformada por suelos del distrito de la victoria, que pertenece a la Región de Lambayeque.

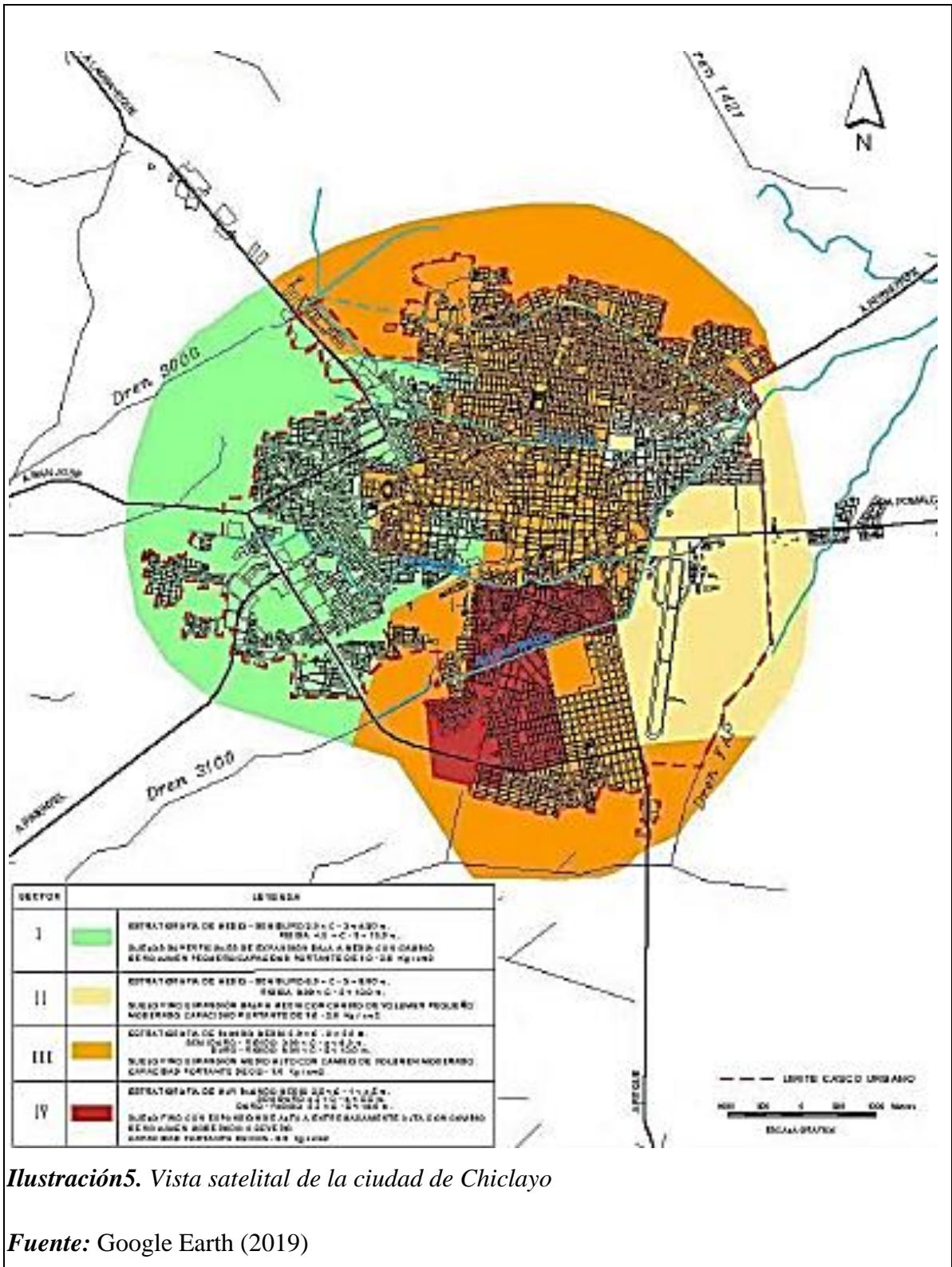


Ilustración 5. Vista satelital de la ciudad de Chiclayo

Fuente: Google Earth (2019)

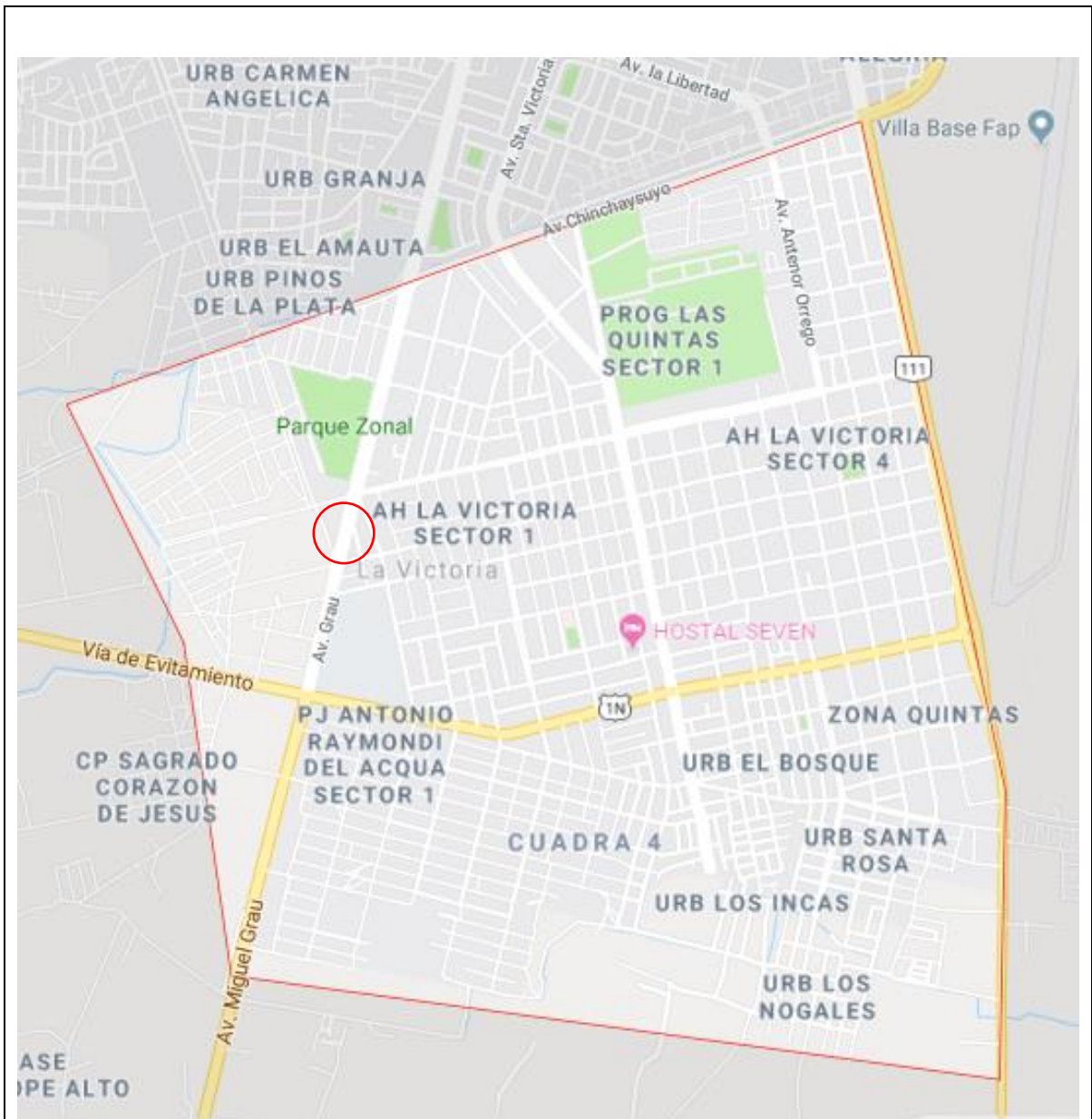


Ilustración 6. Vista satelital de la zona a estudiar "La Victoria"

Fuente: Google Earth (Agosto 2019)

2.2.2. Muestra

Es el suelo arcilloso de un área aproximada de 174.4 metros cuadrados, ubicado en la Av. Grau y la calle Unión Mz “B” del distrito de la victoria.



Ilustración 7. Zona de estudio Av. Miguel Grau y Unión

Fuente: (Google Earth, 2019)

2.3. Variables, operacionalización

Tabla 2. Operacionalización de la variable independiente

Variable Independ.	Dimensiones	Indicadores	Sub indicadores	Ítem	Técnicas de Recolección de Datos	Instrumento de recolección de datos	Método de análisis de datos	Escala de medición	
Diseño de Losa de Cimentación	Clasificación unificada del suelo - Método SUCS	Contenido de humedad	Porcentaje de humedad	%	Observación y ensayo	Formato de Ensayos de Contenido de humedad	Análisis y ensayos de laboratorio	Intervalo	
			Límite Líquido	%					
		Límites de Atterberg	Límite Plástico	%	Observación y ensayo	Formato de Ensayos de Límites de Atterberg	Análisis y ensayos de laboratorio	Intervalo	
			Índice de Plasticidad	%					
	Análisis granulométrico	Análisis granulométrico por tamizado	Análisis granulométrico	%	Observación y ensayo	Formato de Ensayos de Análisis granulométrico	Análisis y ensayos de laboratorio	Intervalo	
			Análisis granulométrico por lavado que pasa n°200	%					
	Consolidación			Altura equivalente del sólido	mm	Observación y ensayo	Formato de Ensayo de Consolidación	Análisis y ensayos de laboratorio	Intervalo
				Índice de compresión	cm ² /kg				
				Relación de vacíos	adim.				
				Presión de pre consolidación	kg/cm ²				
Factor que da el grado de consolidación				adim.					
Índice de hinchamiento				cm ² /kg					
Corte Directo			Ángulo de fricción	°	Observación y ensayo	Formato de Ensayos de Corte Directo	Análisis y ensayos de laboratorio	Intervalo	
			Cohesión	kg/cm ²					
Diseño de losa de cimentación			Coeficiente de balasto	kg/cm ³	Observación	Formato de Excel	Análisis	Intervalo	
				Espesor					cm
Losa de cimentación	Modelamiento en SAFE		Software	adim.	Observación y análisis de documento	Guía de observación	Análisis	Intervalo	
			Asentamientos	ton/m ²	Observación y análisis de documento	Formato de Excel	Análisis	Intervalo	

Fuente: Elaborado por la investigadora

Tabla 3. Operacionalización de la variable dependiente

Variable Dependiente	Dimensiones	Indicadores	Sub indicadores	Ítem	Técnicas de Recolección de Datos	Instrumento e recolección de datos	Método de análisis de datos	Escala de medición
Aplicación de la Teoría de Boussinesq	Asentamientos	Boussinesq	Distribución de Presiones	ton/m ²	Observación y análisis de documento	Formato de Excel	Análisis	Intervalo
		Modelamiento en SAFE	Software	adim.	Observación y análisis de documento	Guía de observación	Análisis	Intervalo

Fuente: Elaborado por la investigadora

2.4. Técnicas e instrumentales de recolección de datos, validez y confiabilidad

Se realizará la técnica de observación, ya que se visualizará ensayos donde identificaremos propiedades físicas y mecánicas del espécimen en estudiar, registrando todo para un posterior análisis y procesamiento de datos.

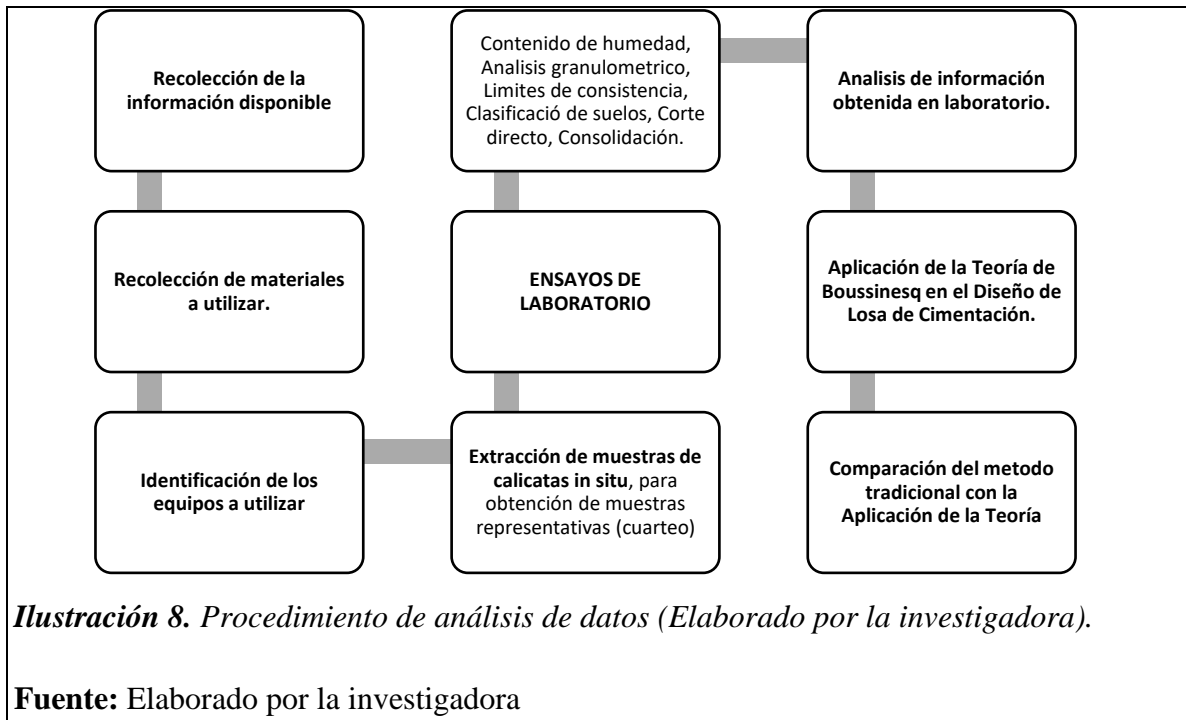
Tabla 4. *Técnicas e Instrumentos de recolección*

Variables	Ensayos	Instrumentos
Aplicación de la Teoría de Boussinesq	Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual. (NTP 339.134).	Formato de Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual.
	Contenido de Humedad. (NTP 339.127- ASTM D2216).	Formato de Humedad
	Método de ensayo para análisis granulométrico. (NTP 339.128- ASTM D442)	Formato para el análisis Granulométrico por tamizado.
Diseño de Losa de Cimentación	Limite líquido, limite plástico, e índice de plasticidad de suelos. (NTP 339.129 – ASTM 4318)	Formato para límite líquido, plástico e índice de plasticidad de suelos.
	Clasificación Unificada de Suelos SUCS. (NTP 339.134 – ASTM D2487)	Formato para la clasificación unificada de suelos.
	Consolidación unidimensional de suelos. (NTP 339.154-ASTM D3080)	Formato para la determinación de las propiedades de consolidación unidimensional de suelos.
	Corte directo. (NTP 339.172-ASTM D 3080)	Formato para corte directo de un suelo.

Fuente: Elaborado por la investigadora

2.5. Procedimiento de análisis de datos

2.5.1. Esquema de flujo de procedimientos



2.5.2. Descripción de procesos

2.5.2.1. Clasificar el suelo mediante el método SUCS y describir las propiedades mecánicas del suelo.

A. Ubicación de muestras en el lugar de estudio



Tabla 5 Ubicación de muestras de suelo en estudio

Provincia	Distrito	Calicata	Estratos	Coordenadas UTM
Chiclayo	La Victoria	C-1	C-1 M-1	627090.36 E
			C-1 M-2	9248655.66 S
			C-1 M-3	
		C-2	C-2 M-1	627709.00 E
			C-2 M-2	9248637.00 S
			C-2 M-3	
		C-3	C-3 M-1	627088.67 E
			C-3 M-2	9248620.04 S
			C-3 M-3	

Fuente: Elaborado por la investigadora

Captura Satelital de zona de estudio



Ilustración 10. Vista Satelital de “La Victoria”

Fuente: Google Earth Pro, 2019

B. Precaución y transporte de muestras

Después de extraer las muestras de suelo apropiadamente, se llevó a laboratorio para los respectivos ensayos.

B.1. Métodos a emplear

Los métodos a utilizar son del grupo C y B según la norma:

Estos métodos se utilizan para extraer muestras, únicamente cuando se va a elaborar ensayos de contenido de humedad, clasificación. Que es nuestro caso.

B.2. Equipos y materiales

- Bolsas plásticas para envasar las muestras.
- Cinta, plástica o prueba de agua.
- Aislamiento, tipo espuma.
- Marcadores para la identificación de las muestras.

C. Obtención de muestras representativas

C.1. Cuarteo



Ilustración 11. Procedimiento de cuarteo para obtener muestra representativa a ensayar

Fuente: Elaborado por la investigadora

D. Ensayos donde hallaremos características físicas.

D.1. Contenido de humedad

D.1.1. Aparatos y utensilios

- Balanza de 0.01 gramos de aproximación
- Recipiente resistente a altas temperaturas
- Estufa de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Guantes.
- Espátula, etc.

D.1.2. Procedimiento

El primer paso es pesar el recipiente y el material, para poder llevar al horno el material a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por aprox. 12 horas, luego de ese tiempo, extraemos la muestra cuidadosamente enfriando y secando el material, apuntamos el nuevo peso.



D.2. Análisis granulométrico en suelos finos

En este método distribuimos las partículas de la muestra cuantitativamente por los tamices seleccionados.

D.2.1. Equipos y materiales

- Tamices: conjunto de mallas con diferentes diámetros.
- Recipiente para recibir el material retenido de cada tamiz.
- Cepillo para conservar la cantidad de material, sin pérdida significativa.
- Balanza con una precisión de 0.01 gramos.
- Cuchara para ayudarnos a introducir el material en el conjunto de mallas.

D.2.2. Granulometría para suelo que pasan el tamiz n°200

Se realizó el lavado del espécimen que pasa el tamiz de 0.075 milímetros, se extrajo aprox. de 300 a 500 gramos de suelo, pesando y apuntando previamente el peso de las taras donde colocaremos las muestras; luego que pesamos la muestra + tara se satura la muestra con agua aprox. 1 a 2 horas para ablandar la muestra, finalmente se lava por el tamiz n°200.



Ilustración 13. Análisis granulométrico por lavado (tamiz n°200).

Fuente: Elaborado por la investigadora.

D.2.3. Granulometría por tamizado

Tamizar las muestras por las mallas, pesando respectivamente las muestras retenidas en cada tamiz, anotando y analizando finalmente los resultados apuntados en los formatos.



D.3. Límites de Atterberg

D.3.1. Límite líquido (Equipo Casagrande)

D.3.1.1. Equipo y Material

- Equipo Casagrande: Copa y cuchara Casagrande.
- Tamiz N°40 según la norma.
- Espátula con dimensiones apropiadas de ancho igual a 10 cm
- Recipiente para mantener la muestra.

D.3.1.2. Procedimiento para determinar límite líquido

Colocamos la muestra (C1 – M1) pre humedecida en la copa Casagrande, realizamos la ranura con el divisor para tener dos paredes paralelas; que al utilizar la manija que levantara y soltara la copa, las dos mitades lleguen a hacer contacto al menos unos 13 mm, registraremos el número de golpes que tomará para que eso suceda, luego retiramos la muestra colocándolo en un recipiente con la finalidad de pesarlo y llevarlo a la estufa, para hallar la cantidad de agua. Luego al mismo estrato (Ejemplo: C1 - M1) de dicha calicata, nuevamente se realiza el mismo procedimiento, pero incrementando la cantidad de agua, con el objetivo de hallar la cantidad W. Así para cada estrato.



Ilustración 15. Procedimiento de ensayo límite líquido

Fuente: Elaborado por la investigadora

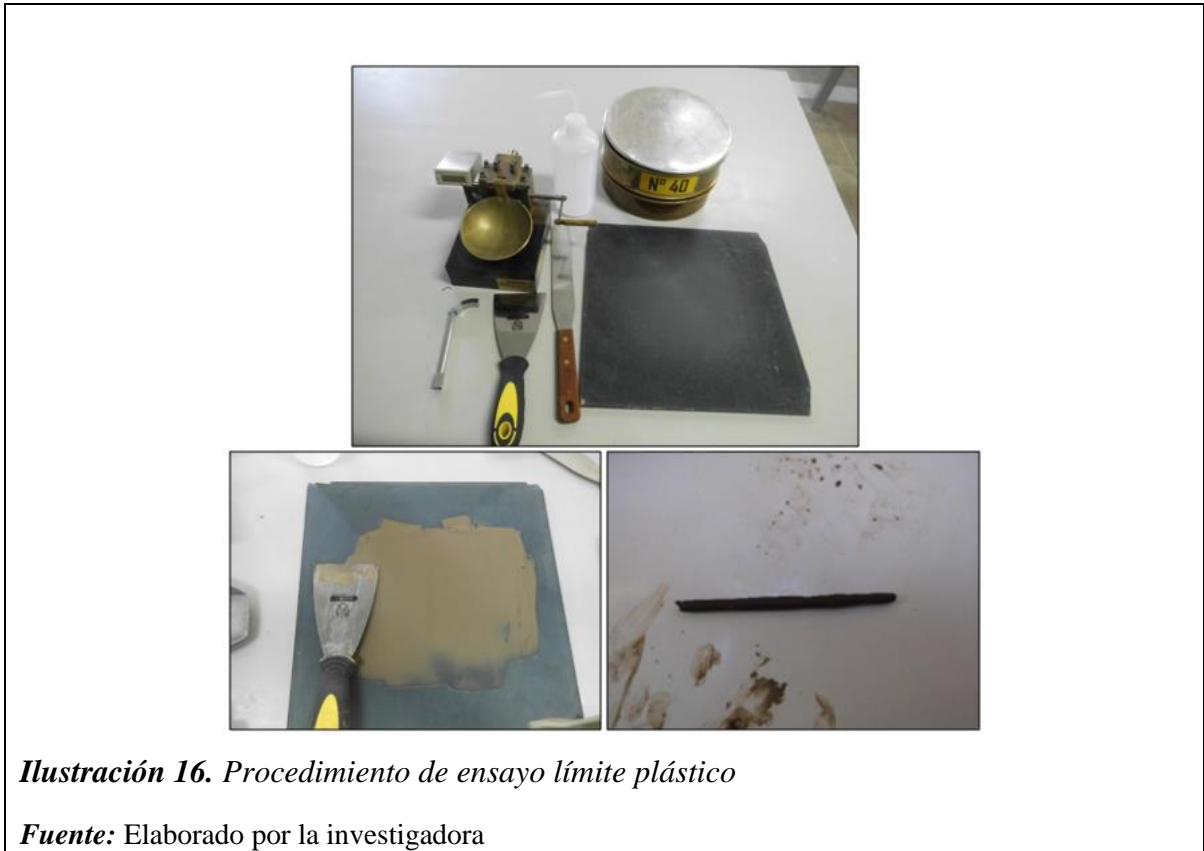
D.3.2. Límite plástico

D.3.2.1. Equipo y Material

- Placa de vidrio pulido de 1 cm de espesor, para moldear las barritas de muestra.
- Espátula de 10 cm de ancho.
- Tamiz N°40.
- Balanza con una precisión de 0.01 gramos
- Recipiente

D.3.2.2. Procedimiento para determinar límite plástico.

En este ensayo utilizamos nuestras manos para moldear una porción de 10.00 g de muestra, le damos forma de barritas de muy finas hasta llegar a un diámetro de 3.20 mm en aprox. 2 min.; destruimos la barrita y volvemos a moldear nuevamente hasta que se agrieta en los 3.20 mm, colocamos finalmente la muestra en un recipiente de peso conocido y llevamos a la estufa para poder estimar la cantidad de agua, siendo este igual al límite plástico. Así se realizará para el resto de muestras de cada calicata.



E. Ensayos donde hallaremos propiedades mecánicas

E.1. Ensayo corte directo

E.1.1. Equipo y material

- Caja de corte directo e implementes.
- Anillo biselado para tallar muestra.
- Placas metálicas (base).
- 2 piedras porosas.
- 2 platinas ranuradas.
- Tapa de la caja de corte.
- Máquina de corte directo.

E.1.2. Procedimiento para ensayo de corte directo

Pesamos el anillo biselado, tallamos en la muestra inalterada, pesamos el anillo + la muestra; armamos la caja de corte, colocando la base, la piedra porosa y la platina ranurada; luego se coloca la muestra tallada, y se procede a colocar la planita ranurada, piedra porosa, y colocamos la parte superior de la caja, finalizamos con la tapa que es donde se aplicara la carga a la muestra, armamos la caja de corte, llevamos a la máquina de corte y calculamos el ángulo de rozamiento y la cohesión.



Ilustración 17. Ensayo de corte directo

Fuente: Elaborado por la investigadora

E.2. Ensayo de consolidación

E.2.1. Equipo y material

- Clouse House: encargado de aplicar la carga con la magnitud correcta a la muestra.
- Anillo de consolidación: instrumento que contiene y confina la muestra.
- 2 piedras porosas.
- Celda de consolidación.
- Dial: mide la deformación del suelo en estudio

E.2.2. Procedimiento para ensayo de consolidación

En una muestra inalterada tallaremos el anillo de consolidación biselado ya lubricado, una vez tallado pesamos el anillo de consolidación + la muestra y le colocamos un par de papeles filtro. Luego procedemos a armar todo dentro de la celda de consolidación, colocando una piedra porosa, muestra + anillo, piedra porosa nuevamente; finalmente colocamos el cabezal donde se aplicará la carga puntual, fijamos correctamente la muestra tallada en el anillo y finalizamos ensamblando la celda de consolidación en el equipo, colocándole agua posteriormente, ya que es una consolidación drenada, debido a que se consideró como condición crítica.

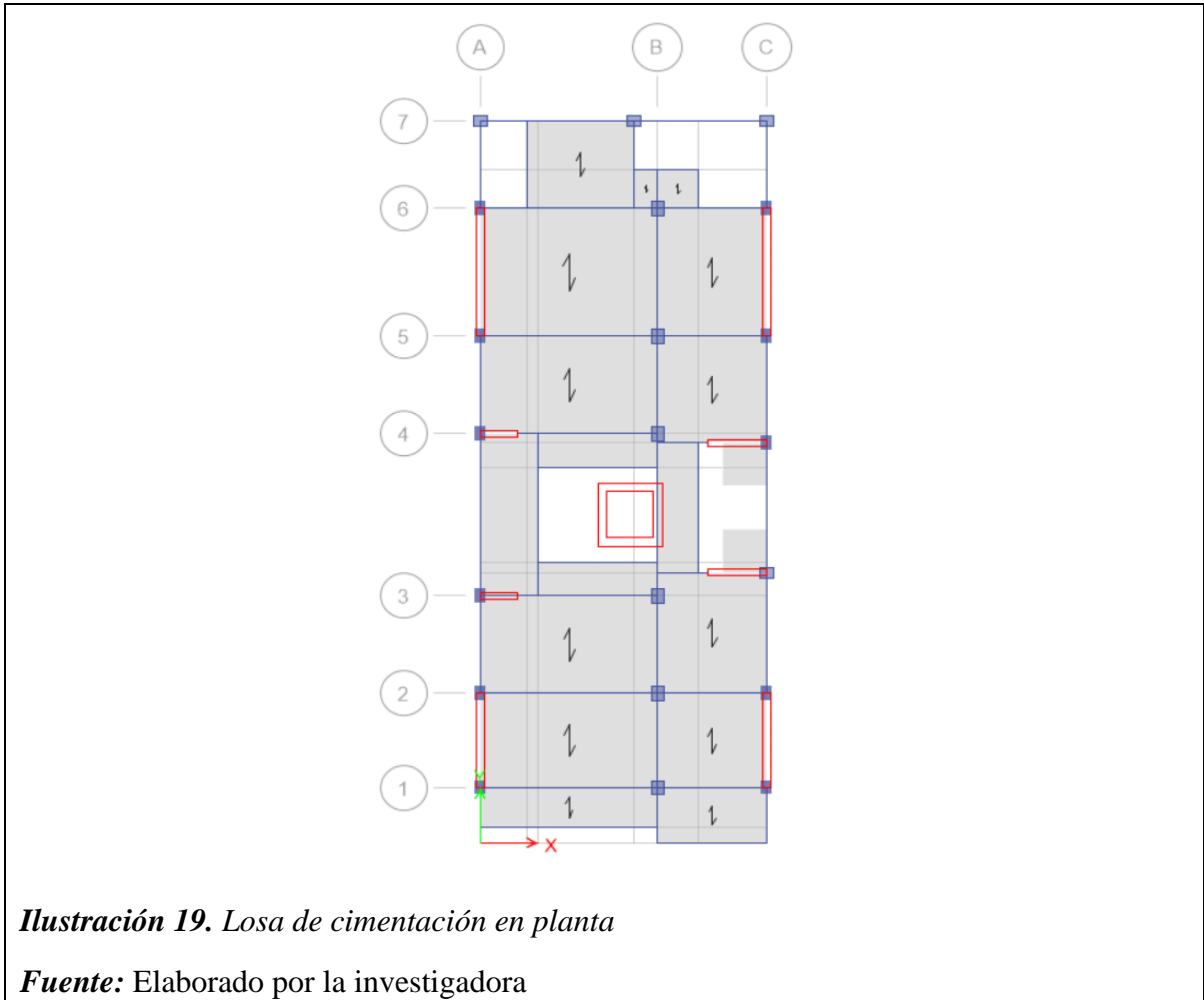


Ilustración 18. Procedimiento ensayo de consolidación unidimensional

Fuente: Elaborado por la investigadora

2.5.2.2. Diseñar la losa de cimentación y determinar el asentamiento.

Se realizará en hoja de cálculo (Excel), este elemento estructural ocupa toda el área de terreno donde se edificará, teniendo una armadura de acero en dos direcciones.



2.5.2.3. Determinar los asentamientos aplicando la teoría Boussinesq en la losa de cimentación.

Al finalizar todos los ensayos, obtener los datos necesarios, diseñar la losa de cimentación la cual debe cumplir con lo mínimo requerido por la norma; procedemos a determinar la distribución de presiones aplicando la teoría de Boussinesq en cada punto del enmallado de la losa de cimentación, la cual fue distribuida con la finalidad de obtener un análisis más detallado. La aplicación de la teoría, tiene el propósito de involucrar cada uno de los puntos de la cimentación entre sí.

Obteniendo las presiones, aplicamos la fórmula de asentamientos en cada uno de los puntos. Finalmente, en el software SAFE procedemos a analizar la losa de cimentación introduciendo los asentamientos hallados anteriormente.

2.5.2.4. Comparar resultados obtenidos aplicando la teoría de Boussinesq con los resultados obtenidos del método tradicional.

Al aplicar la teoría de Boussinesq y hallar los asentamientos en cada punto de la malla, podemos diseñar la distribución de acero. Permittiéndonos comparar con el diseño tradicional.

Donde podremos saber la diferencia entre el diseño de ambas losas, sobre todo en la distribución de acero.

2.6. Criterios éticos

2.6.1. De Recolección de los datos.

Este punto pertenece a recolección de datos que deben ser confiables, veraces, permitiendo el avance de la investigación, de tal manera pueda obtener resultados actualizados y confiables. Pudiendo servir esta investigación como guía para los interesados en el tema, contribuyendo con las posibles soluciones para la problemática planteada.

2.6.2. De la Publicación

El actual trabajo se realizó con la finalidad de aportar conocimientos nuevos con respecto al tema tratado, que servirá para futuros estudios. Se tuvo en cuenta la referencia de temas relacionados utilizados en la investigación, haciendo reconocimiento a los autores.

2.6.3. De la aplicación

Toda investigación debe estar conforme con el código ético profesional, debido a que el trabajo realizado beneficiará a las futuras investigaciones, siendo de mucha ayuda para mejorar la calidad de vida de muchos.

2.6.4. Código Ético Profesional.

Los recursos del Perú deberán ser cuidados racional y adecuadamente por el ingeniero civil, al ser utilizado; si tenemos en cuenta el código de ética del profesional, debiéndose evitar el derroche y la explotación, garantizando la preservación del medio ambiente. De tal manera, los ingenieros están impuestos a cuidar el territorio laboral de la ingeniería del país e inducir el progreso tecnológico del Perú.

2.7. Criterios de rigor científico

En la presente investigación se tomó en cuenta los siguientes puntos: validez del contenido, fiabilidad del contenido, criterio metodológico, de intención, objetividad de medición y observación además de claridad, objetividad, actualidad, consistencia, coherencia y pertinencia, replicabilidad.

CAPÍTULO III RESULTADOS

3.1. Resultados en tablas y gráficas

3.1.1. Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo en estudios

3.1.1.1. Clasificación S.U.C.S

Con los resultados de los ensayos anteriores, podemos clasificar al suelo:

Tabla 6. Clasificación S.U.C.S

Resumen de clasificación de suelos		
Calicata	Estratos	SUCS
C-1	C-1 M-1	CH
	C-1 M-2	CL
	C-1 M-3	CL
C-2	C-2 M-1	CH
	C-2 M-2	CH
	C-2 M-3	CL
C-3	C-3 M-1	CH
	C-3 M-2	CL
	C-3 M-3	CL

Fuente: Elaborado por la investigadora

3.1.1.2. Corte directo

Tabla 7. Resumen del ensayo de corte directo

Calicata	Cohesión (kg/cm ²)	Áng. Fricción (°)	Cap. Portante	P. Volum. Seco
C-1	0.163	19.24	0.882	1.912
C-2	0.163	19.35	0.886	1.723
C-3	0.166	19.348	0.887	1.707
Promedio	0.164	19.313	0.885	1.781

Fuente: Elaborado por la investigadora

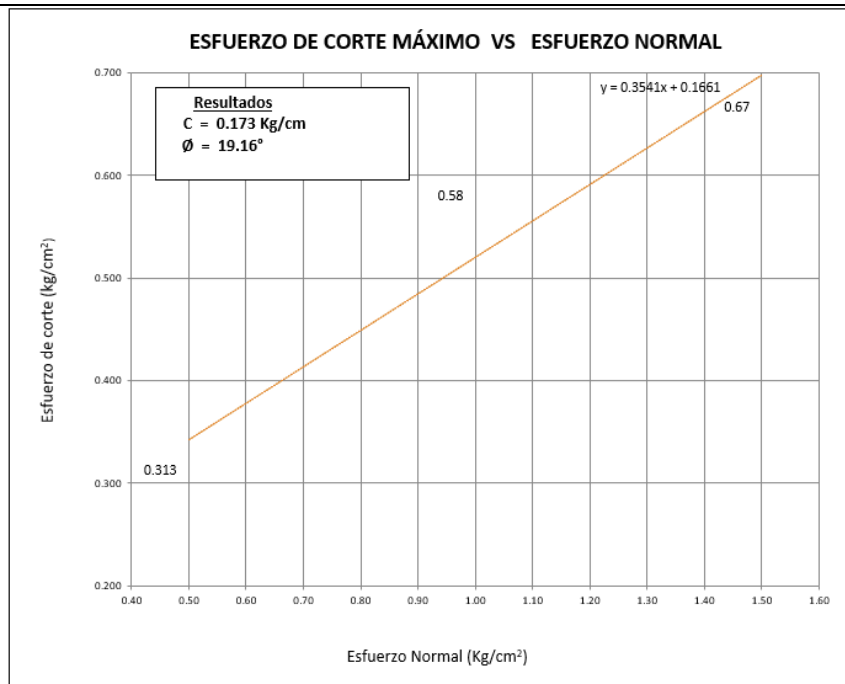


Ilustración 20. Resultados del ensayo de corte directo de la Calicata 1

Fuente: Elaborado por la investigadora

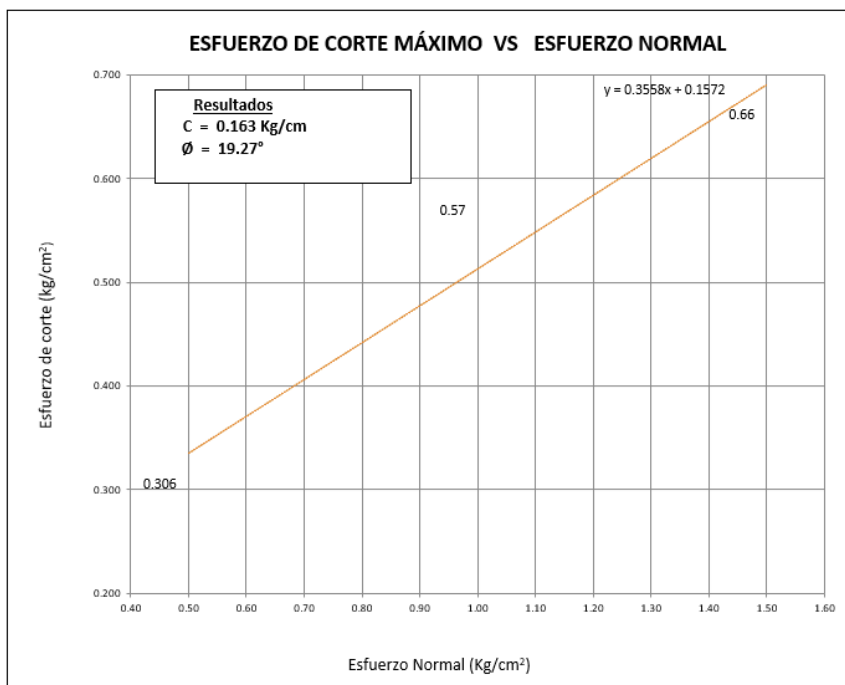


Ilustración 21. Resultados - corte directo - Calicata 2

Fuente: Elaborado por la investigadora

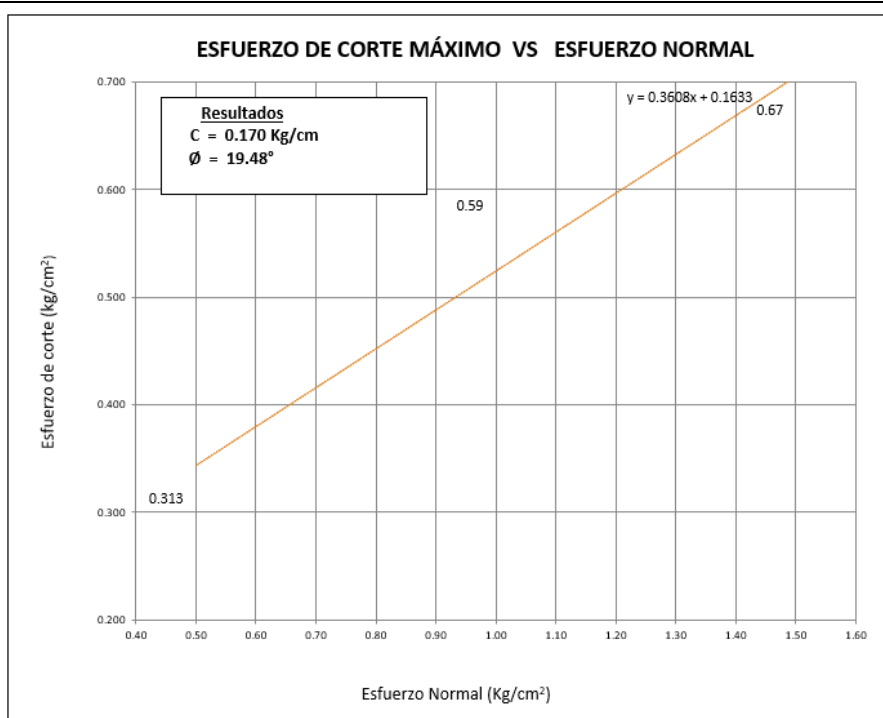


Ilustración 22. Resultados de corte directo - Calicata 3

Fuente: Elaborado por la investigadora

3.1.1.3. Consolidación unidimensional

FICHA TÉCNICA DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES												
TÍTULO DE TESIS:		APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE BOUSSINESQ EN EL DISEÑO DE LOSA DE CIMENTACIÓN PARA UNA EDIFICACIÓN DE SEIS NIVELES										
INVESTIGADOR:		ÑOPO DÍAZ MILUSKA KATHERINE						REFERENCIAS				
UBICACIÓN DE ESPECÍMEN:		"LAVICTORIA"						CÓDIGO:				
FECHA DE ENSAYO:		Octubre - Noviembre 2019						DIMENSIÓN:				
ENSAYO:		ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN (DEFORMACION - TIEMPO)						INDICADOR:				
NORMA DE REFERENCIA:		N.T.P. 339.171						ÍTEMS:				
								1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7				
PERFORACIÓN:	15	CALICATA N°	C1									
LECTURAS DIARIAS (mm)												
TIEMPO (min)	Raíz de (t)	0.5 Kg./cm2	1 Kg./cm2	2 Kg./cm2	4 Kg./cm2	8 Kg./cm2	16 Kg./cm2	8 Kg./cm2	4 Kg./cm2	2 Kg./cm2	1 Kg./cm2	0.5 Kg./cm2
0.15	0.39	0.090	0.199	0.219	0.310	0.408	0.689	0.685	0.675	0.673	0.670	0.667
0.30	0.55	0.093	0.199	0.224	0.315	0.425	0.689	0.685	0.675	0.673	0.670	0.667
1.00	1.00	0.093	0.202	0.226	0.317	0.430	0.689	0.685	0.675	0.673	0.670	0.667
2.00	1.41	0.096	0.202	0.229	0.325	0.436	0.689	0.685	0.675	0.673	0.670	0.667
4.00	2.00	0.096	0.205	0.234	0.330	0.438	0.689	0.685	0.675	0.673	0.670	0.667
8.00	2.83	0.102	0.205	0.239	0.335	0.442	0.689	0.683	0.675	0.673	0.670	0.667
15.00	3.87	0.109	0.205	0.244	0.345	0.448	0.689	0.683	0.675	0.672	0.670	0.667
30.00	5.48	0.119	0.206	0.244	0.350	0.452	0.689	0.683	0.675	0.672	0.670	0.667
60.00	7.75	0.119	0.206	0.254	0.355	0.458	0.689	0.683	0.675	0.672	0.670	0.667
120.00	10.95	0.119	0.206	0.256	0.365	0.460	0.689	0.683	0.675	0.672	0.669	0.667
180.00	13.42	0.122	0.207	0.256	0.365	0.465	0.689	0.683	0.674	0.672	0.669	0.668
240.00	15.49	0.126	0.208	0.256	0.370	0.470	0.689	0.682	0.674	0.672	0.669	0.668
360.00	18.97	0.126	0.209	0.264	0.375	0.472	0.689	0.682	0.674	0.672	0.669	0.668
480.00	21.91	0.145	0.210	0.274	0.375	0.478	0.689	0.682	0.674	0.672	0.669	0.668
600.00	24.49	0.195	0.211	0.274	0.375	0.490	0.689	0.682	0.674	0.672	0.669	0.668
1440.00	37.95	0.195	0.211	0.279	0.375	0.492	0.689	0.682	0.674	0.672	0.669	0.668

Ilustración 23. Instrumento de ensayo de Consolidación C-1

Fuente: Elaborado por la investigadora

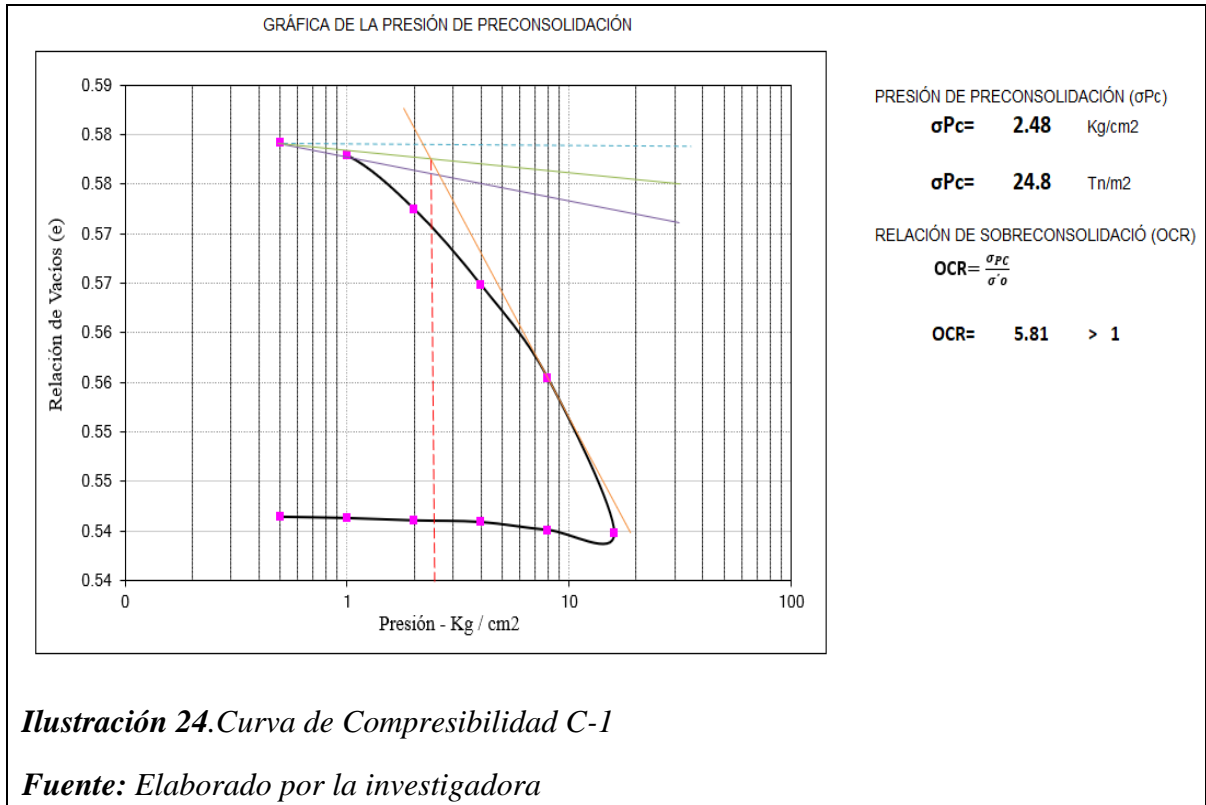


Ilustración 24. Curva de Compresibilidad C-1

Fuente: Elaborado por la investigadora

FICHA TÉCNICA DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TÍTULO DE TESIS:		APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE BOUSSINESQ EN EL DISEÑO DE LOSA DE CIMENTACIÓN PARA UNA EDIFICACIÓN DE SEIS NIVELES			
INVESTIGADOR:		NOPO DÍAZ MILUSKA KATHERINE		REFERENCIAS:	
UBICACIÓN DE ESPECIMEN:		"LAVICTORIA"		CÓDIGO:	
FECHA DE ENSAYO:		Octubre - Noviembre		DIMENSIÓN: Propied. Mecánic.	
ENSAYO:		ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN (DEFORMACIÓN - TIEMPO)		INDICADOR: Consolidación	
NORMA DE REFERENCIA:		N.T.P. 339.171		ÍTEMS: 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7	

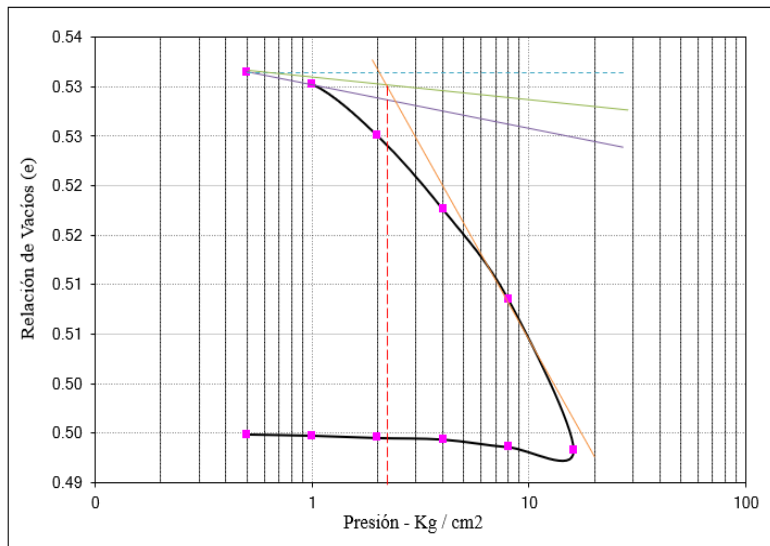
PERFORACIÓN:	15	CALICATA N°:	C2
---------------------	----	---------------------	----

TIEMPO (min)	Raiz de (t)	LECTURAS DIARIAS (mm)										
		0.5 Kg./cm ²	1 Kg./cm ²	2 Kg./cm ²	4 Kg./cm ²	8 Kg./cm ²	16 Kg./cm ²	8 Kg./cm ²	4 Kg./cm ²	2 Kg./cm ²	1 Kg./cm ²	0.5 Kg./cm ²
0.15	0.39	0.095	0.205	0.224	0.315	0.414	0.695	0.691	0.681	0.679	0.676	0.673
0.30	0.55	0.099	0.205	0.229	0.320	0.431	0.695	0.691	0.681	0.679	0.676	0.673
1.00	1.00	0.099	0.208	0.231	0.322	0.436	0.695	0.691	0.681	0.679	0.676	0.673
2.00	1.41	0.102	0.208	0.234	0.330	0.442	0.695	0.691	0.681	0.679	0.676	0.673
4.00	2.00	0.102	0.211	0.239	0.335	0.444	0.695	0.691	0.681	0.679	0.676	0.673
8.00	2.83	0.108	0.211	0.244	0.340	0.448	0.695	0.689	0.681	0.679	0.676	0.673
15.00	3.87	0.115	0.211	0.249	0.350	0.454	0.695	0.689	0.681	0.678	0.676	0.673
30.00	5.48	0.125	0.212	0.249	0.355	0.458	0.695	0.689	0.681	0.678	0.676	0.673
60.00	7.75	0.125	0.212	0.259	0.360	0.464	0.695	0.689	0.681	0.678	0.676	0.673
120.00	10.95	0.125	0.212	0.261	0.370	0.466	0.695	0.689	0.681	0.678	0.675	0.673
180.00	13.42	0.128	0.213	0.261	0.370	0.471	0.695	0.689	0.680	0.678	0.675	0.674
240.00	15.49	0.132	0.214	0.261	0.375	0.476	0.695	0.688	0.680	0.678	0.675	0.674
360.00	18.97	0.132	0.215	0.269	0.380	0.478	0.695	0.688	0.680	0.678	0.675	0.674
480.00	21.91	0.151	0.216	0.279	0.380	0.484	0.695	0.688	0.680	0.678	0.675	0.674
600.00	24.49	0.201	0.217	0.279	0.380	0.495	0.695	0.688	0.680	0.678	0.675	0.674
1440.00	37.95	0.201	0.217	0.284	0.380	0.498	0.695	0.688	0.680	0.678	0.675	0.674

Ilustración 25. Instrumento de ensayo de Consolidación C-2

Fuente: Elaborado por la investigadora

GRÁFICA DE LA PRESIÓN DE PRECONSOLIDACIÓN



PRESIÓN DE PRECONSOLIDACIÓN (σ_{pc})

$$\sigma_{pc} = 2.25 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{pc} = 22.5 \text{ Tn/m}^2$$

RELACIÓN DE SOBRECONSOLIDACIÓN (OCR)

$$OCR = \frac{\sigma_{pc}}{\sigma'_o}$$

$$OCR = 5.27 > 1$$

Ilustración 26. Curva de Compresibilidad C-2

Fuente: Elaborado por la investigadora

FICHA TÉCNICA DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TÍTULO DE TESIS:	APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE BOUSSINESQ EN EL DISEÑO DE LOSA DE CIMENTACIÓN PARA UNA EDIFICACIÓN DE SEIS NIVELES		
INVESTIGADOR:	NÓPO DÍAZ MILUSKA KATHERINE		REFERENCIAS:
LUBICACIÓN DE ESPECIMEN:	"LAVICTORIA"		CÓDIGO:
FECHA DE ENSAYO:	Octubre - Noviembre		DIMENSIÓN: Propied. Mecánic.
ENSAYO:	ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN (DEFORMACION - TIEMPO)		INDICADOR: Consolidación
NORMA DE REFERENCIA:	N.T.P. 339.171		ÍTEMS: 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7

PERFORACIÓN:	15	CALICATA Nº	C 3
--------------	----	-------------	-----

TIEMPO (min)	Raíz de (t)	LECTURAS DIARIAS (mm)										
		0.5 Kg/cm ²	1 Kg/cm ²	2 Kg/cm ²	4 Kg/cm ²	8 Kg/cm ²	16 Kg/cm ²	8 Kg/cm ²	4 Kg/cm ²	2 Kg/cm ²	1 Kg/cm ²	0.5 Kg/cm ²
0.15	0.39	0.099	0.221	0.229	0.325	0.420	0.702	0.701	0.692	0.685	0.679	0.662
0.30	0.55	0.102	0.221	0.232	0.328	0.425	0.702	0.701	0.692	0.685	0.679	0.662
1.00	1.00	0.105	0.227	0.235	0.334	0.430	0.702	0.701	0.692	0.685	0.679	0.662
2.00	1.41	0.108	0.227	0.240	0.338	0.436	0.702	0.701	0.692	0.685	0.679	0.662
4.00	2.00	0.110	0.245	0.246	0.343	0.445	0.702	0.701	0.692	0.685	0.679	0.662
8.00	2.83	0.112	0.245	0.249	0.349	0.448	0.702	0.695	0.692	0.685	0.679	0.662
15.00	3.87	0.115	0.245	0.254	0.353	0.456	0.702	0.695	0.692	0.683	0.679	0.662
30.00	5.48	0.120	0.248	0.254	0.358	0.462	0.702	0.695	0.692	0.683	0.679	0.662
60.00	7.75	0.123	0.248	0.259	0.364	0.468	0.702	0.695	0.692	0.683	0.679	0.662
120.00	10.95	0.123	0.248	0.267	0.375	0.473	0.702	0.695	0.692	0.683	0.673	0.662
180.00	13.42	0.123	0.251	0.267	0.375	0.478	0.702	0.695	0.690	0.683	0.673	0.663
240.00	15.49	0.126	0.252	0.267	0.382	0.482	0.702	0.692	0.690	0.683	0.673	0.663
360.00	18.97	0.126	0.253	0.272	0.389	0.485	0.702	0.692	0.690	0.683	0.673	0.663
480.00	21.91	0.156	0.254	0.285	0.389	0.494	0.702	0.692	0.690	0.683	0.673	0.663
600.00	24.49	0.205	0.255	0.285	0.389	0.499	0.702	0.692	0.690	0.683	0.673	0.663
1440.00	37.95	0.205	0.255	0.301	0.389	0.502	0.702	0.692	0.690	0.683	0.673	0.663

Ilustración 27. Instrumento de ensayo de Consolidación C-3

Fuente: Elaborado por la investigadora

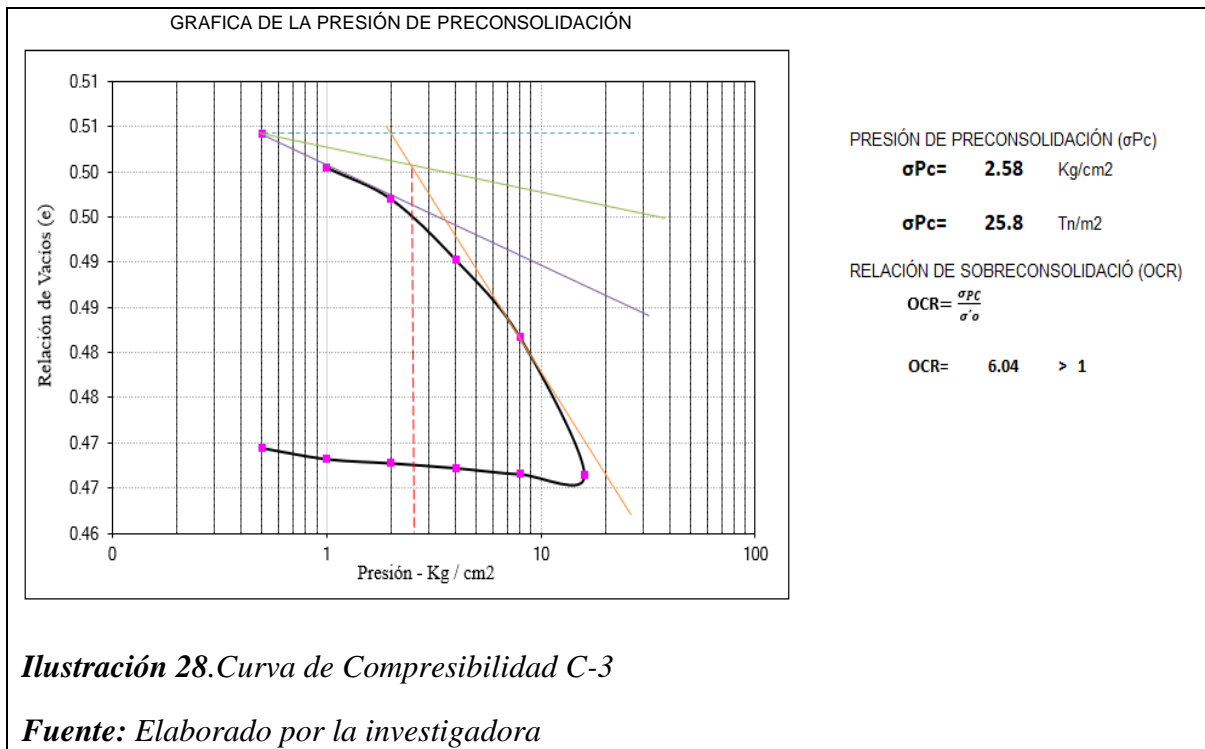


Ilustración 28. Curva de Compresibilidad C-3

Fuente: Elaborado por la investigadora

Tabla 8. Resumen del ensayo de consolidación

	DATOS FINALES DE CONSOLIDACIÓN			
	CALICATA 1	CALICATA 2	CALICATA 3	PROMED.
Área (cm ²)	19.634	19.634	19.634	19.634
Hs (Altura de Sólidos) (mm)	12.542	12.928	13.159	12.876
Cc (índice Compresión) (cm ² /kg)	0.042	0.040	0.040	0.041
eo (Relación de Vacíos)	0.595	0.547	0.520	0.554
σ_{Pc} (Presión de Pre-Consolidación)	2.480	2.250	2.580	2.437
OCR (Factor q' da Grado de Consolid.	5.807	5.268	6.041	5.705
Cs (Índice de hinchamiento) (cm ² /kg)	0.0018	0.0017	0.0015	0.0017
σ'_0 (Esfuerzo Efectivo) (kg/cm ²)	2.73	2.75	2.77	2.75

Fuente: Elaborado por la investigadora

3.1.2. Diseño de Losa de Cimentación y Cálculo de Asentamientos

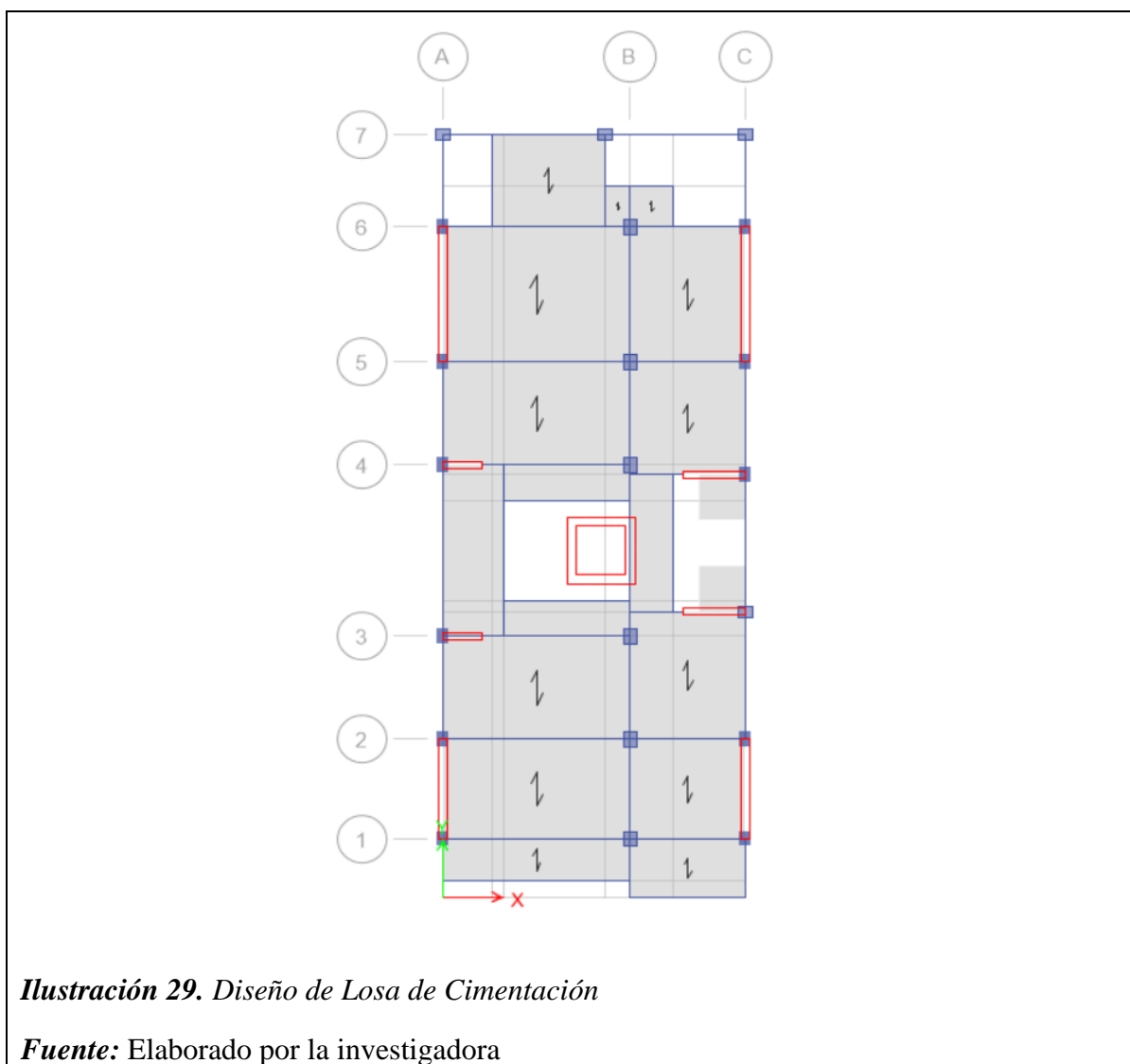


Ilustración 29. Diseño de Losa de Cimentación

Fuente: Elaborado por la investigadora

DISEÑO DE CIMENTACION CON EL PROGRAMA SAFE 2016 (TRADICIONAL).-

La capacidad portante del terreno y el módulo de subrasante del suelo (coeficiente de balasto), están en función de las características de la forma de la cimentación y de la profundidad. En programas como el Plaxis, que para el comportamiento lineal o no lineal del suelo toma valores del ángulo de fricción, cohesión, permeabilidad, etc., se pueden realizar cálculos desde el punto de vista geotécnico como efectos de interacción suelo-estructura, consolidación de suelos, capacidad última, etc. En este caso se tratará el cálculo de la cimentación con el uso del Safe 2016, entonces la única comprobación a realizar y que proporciona el programa será la verificación de la capacidad portante del terreno en la cimentación.

PLATEA DE CIMENTACIÓN. -

$$f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Altura de Losa} = 1.00 \text{ m}$$

$$K \text{ balasto} = 1993 \text{ Tn/m}^3$$

Esfuerzo neto del terreno (EMS):

$$\text{Cargas de servicio} : 0.889 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Esfuerzo máximo} = 0.841 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Esfuerzo Admisible del Suelo} = 0.885 \text{ Kg/cm}^2$$

Esfuerzo Máximo < Esfuerzo Neto del Suelo → Correcto

ASENTAMIENTOS DEL SUELO DE FUNDACIÓN. -

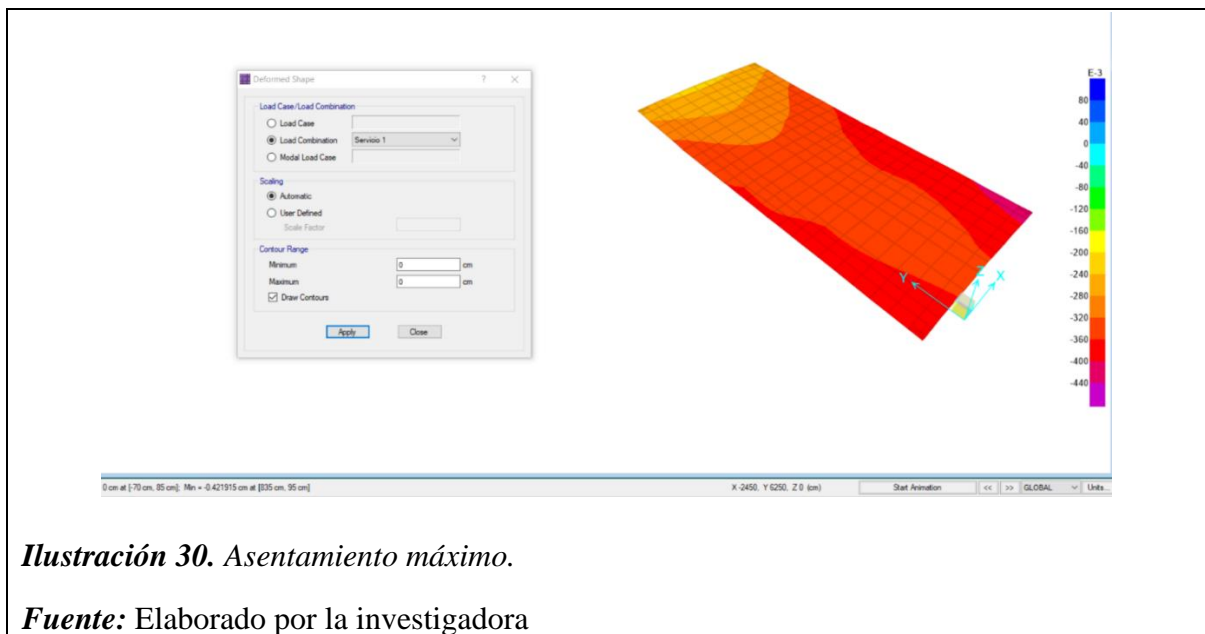


Ilustración 30. Asentamiento máximo.

Fuente: Elaborado por la investigadora

$$\text{Asentamiento Máximo} = 0.42 \text{ cm}$$

Diseño de la Losa de Cimentación (e=1.00 m).-

- Se ha colocado refuerzo superior e inferior de **3/4" @ 0.15m** en zonas requeridas en esta dirección 1 y se ha verificado mediante el programa si este es capaz de soportar los momentos flectores en cada una de las direcciones.
Después de haber distribuido refuerzo en la dirección 1 de **1 Φ 3/4" @ 0.15m** se **deberán agregar bastones de 1/2" @ 0.15m** en zonas requeridas.
- Se ha colocado refuerzo superior e inferior de **3/4" @ 0.15m** en zonas requeridas en esta dirección 2 y se ha verificado mediante el programa si este es capaz de soportar los momentos flectores en cada una de las direcciones.

Después de haber distribuido refuerzo en la dirección 2 de 1 Φ 3/4" @ 0.15m se deberán agregar bastones de 1/2" @ 0.15m en zonas requeridas.

DISTRIBUCIÓN DE ACERO EN LOSA DE CIMENTACIÓN (TRADICIONAL)

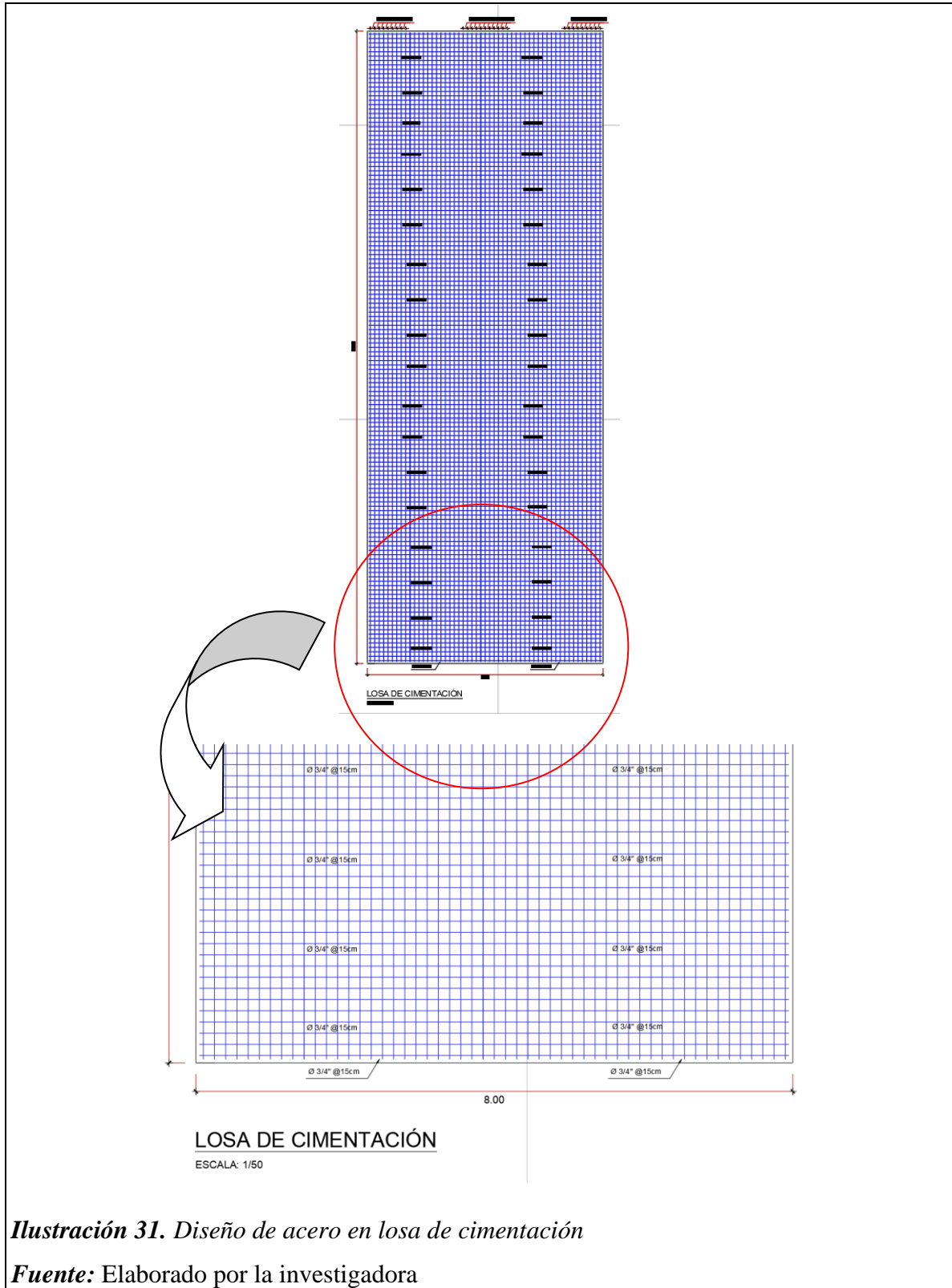


Ilustración 31. Diseño de acero en losa de cimentación

Fuente: Elaborado por la investigadora

3.1.3. Determinar los Asentamientos Aplicando La Teoría Boussinesq en la Losa de Cimentación.

Para aplicar la teoría de Boussinesq los datos previos son:

$P_D + PL =$	1509 ton
$D_f =$	1.50 m
$f'c \text{ zap} =$	210 kg/cm ²
$f_y =$	4200 kg/cm ²
$rec =$	7.5 cm

Sección de columna:

40 cm x 30 cm

Dimensiones de losa:

B= 9.000 m L= 21.5000 m

Teoría de Boussinesq:

$$\sigma_z = \frac{w}{4\pi} \left[\frac{2 * m * n * (m^2 + n^2 + 1)^{\frac{1}{2}}}{(m^2 + n^2 + 1) + m^2 * n^2} * \frac{m^2 + n^2 + 2}{m^2 + n^2 + 1} + \tan^{-1} \left(\frac{2 * m * n * (m^2 + n^2 + 1)^{\frac{1}{2}}}{(m^2 + n^2 + 1) - m^2 * n^2} \right) \right]$$

Datos previos:

$\sum P_s =$	1509.036 m
Área=	193.500 m
$\sigma =$	7.799 m
Z=	3.000 m

Cálculo de Asentamientos:

$$S_T = \frac{C_s}{1+e_o} * H * \log \left(\frac{\sigma_{Pc}}{\sigma'_o} \right) + \frac{C_c}{1+e_o} * H * \log \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma}{\sigma_{Pc}} \right)$$

Datos previos:

$C_s =$	0.0017 cm ² /kg
$e_o =$	0.554
H =	150 cm
$\sigma_{Pc} =$	2.437 kg/cm ²
$\sigma'_o =$	2.750 kg/cm ²
$C_c =$	0.04 cm ² /kg

Malla de Distribución de presiones

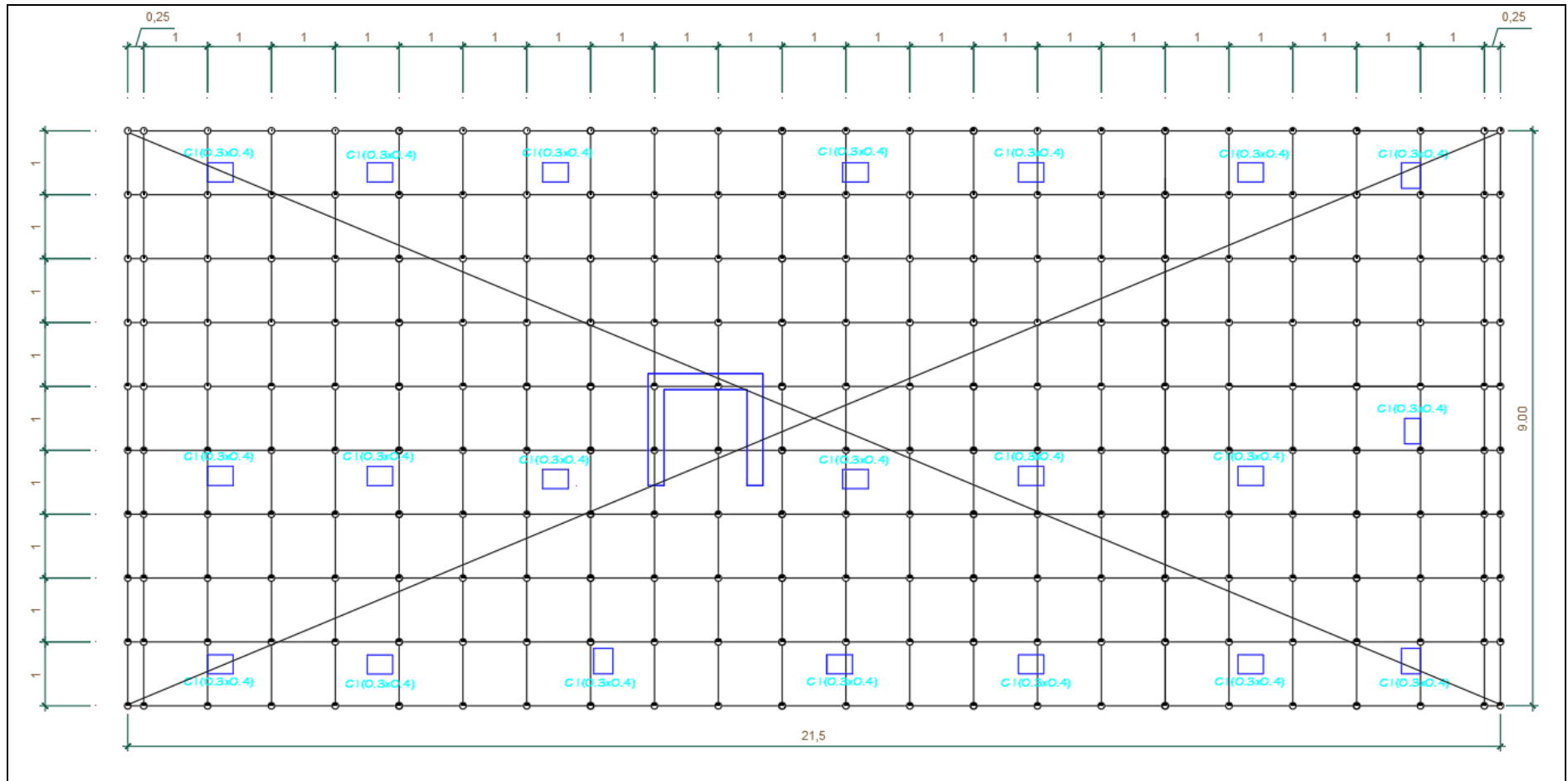


Ilustración 32. Malla de distribución de presiones

Fuente: Elaborado por la investigadora

Tabla 9. Distribución de Presiones sin Influencia

Punto 1 0.02 8 σz ton/ = m²	Punto 2 0.17 7 σz ton/ = m²	Punto 3 0.89 9 σz ton/ = m²	Punto 4 1.35 9 σz ton/ = m²	Punto 5 1.60 5 σz ton/ = m²	Punto 6 0.22 9 σz ton/ = m²	Punto 7 0.15 4 σz ton/ = m²	Punto 8 0.11 8 σz ton/ = m²	Punto 9 0.09 8 σz ton/ = m²	Punto 10 0.10 4 σz ton/ = m²	Punto 11 0.08 4 σz ton/ = m²	Punto 12 0.07 7 σz ton/ = m²	Punto 13 0.07 7 σz ton/ = m²	Punto 14 0.08 0 σz ton/ = m²	Punto 15 0.08 8 σz ton/ = m²	Punto 16 0.09 8 σz ton/ = m²	Punto 17 0.11 8 σz ton/ = m²	Punto 18 0.15 4 σz ton/ = m²	Punto 19 0.22 9 σz ton/ = m²	Punto 20 1.60 5 σz ton/ = m²	Punto 21 1.35 9 σz ton/ = m²	Punto 22 0.89 9 σz ton/ = m²	Punto 23 0.17 7 σz ton/ = m²	Punto 24 0.02 8 σz ton/ = m²
Punto 25 0.73 4 σz ton/ = m²	Punto 26 1.03 2 σz ton/ = m²	Punto 27 2.07 6 σz ton/ = m²	Punto 28 2.72 5 σz ton/ = m²	Punto 29 3.05 9 σz ton/ = m²	Punto 30 1.26 9 σz ton/ = m²	Punto 31 1.35 2 σz ton/ = m²	Punto 32 1.39 6 σz ton/ = m²	Punto 33 1.42 0 σz ton/ = m²	Punto 34 1.43 4 σz ton/ = m²	Punto 35 1.44 1 σz ton/ = m²	Punto 36 1.44 4 σz ton/ = m²	Punto 37 1.44 4 σz ton/ = m²	Punto 38 1.44 1 σz ton/ = m²	Punto 39 1.43 4 σz ton/ = m²	Punto 40 1.42 0 σz ton/ = m²	Punto 41 1.39 2 σz ton/ = m²	Punto 42 1.35 2 σz ton/ = m²	Punto 43 1.26 9 σz ton/ = m²	Punto 44 3.05 5 σz ton/ = m²	Punto 45 2.72 3 σz ton/ = m²	Punto 46 2.07 6 σz ton/ = m²	Punto 47 1.03 2 σz ton/ = m²	Punto 48 0.73 4 σz ton/ = m²
Punto 49 1.24 9 σz ton/ = m²	Punto 50 1.60 6 σz ton/ = m²	Punto 51 2.85 5 σz ton/ = m²	Punto 52 3.63 0 σz ton/ = m²	Punto 53 4.02 7 σz ton/ = m²	Punto 54 2.27 1 σz ton/ = m²	Punto 55 2.36 7 σz ton/ = m²	Punto 56 2.41 8 σz ton/ = m²	Punto 57 2.44 6 σz ton/ = m²	Punto 58 2.46 1 σz ton/ = m²	Punto 59 2.46 9 σz ton/ = m²	Punto 60 2.47 3 σz ton/ = m²	Punto 61 2.47 3 σz ton/ = m²	Punto 62 2.46 9 σz ton/ = m²	Punto 63 2.46 1 σz ton/ = m²	Punto 64 2.44 6 σz ton/ = m²	Punto 65 2.41 8 σz ton/ = m²	Punto 66 2.36 7 σz ton/ = m²	Punto 67 2.27 1 σz ton/ = m²	Punto 68 4.02 7 σz ton/ = m²	Punto 69 3.63 0 σz ton/ = m²	Punto 70 2.85 5 σz ton/ = m²	Punto 71 1.60 6 σz ton/ = m²	Punto 72 1.24 9 σz ton/ = m²
Punto 73 1.51 5 σz ton/ = m²	Punto 74 1.90 0 σz ton/ = m²	Punto 75 3.24 6 σz ton/ = m²	Punto 76 4.08 8 σz ton/ = m²	Punto 77 4.52 2 σz ton/ = m²	Punto 78 2.78 5 σz ton/ = m²	Punto 79 2.89 1 σz ton/ = m²	Punto 80 2.94 6 σz ton/ = m²	Punto 81 2.97 3 σz ton/ = m²	Punto 82 2.99 2 σz ton/ = m²	Punto 83 3.00 2 σz ton/ = m²	Punto 84 3.00 6 σz ton/ = m²	Punto 85 3.00 6 σz ton/ = m²	Punto 86 3.00 2 σz ton/ = m²	Punto 87 2.99 3 σz ton/ = m²	Punto 88 2.94 6 σz ton/ = m²	Punto 89 2.94 6 σz ton/ = m²	Punto 90 2.89 1 σz ton/ = m²	Punto 91 2.78 5 σz ton/ = m²	Punto 92 4.52 2 σz ton/ = m²	Punto 93 4.08 8 σz ton/ = m²	Punto 94 3.24 6 σz ton/ = m²	Punto 95 1.90 0 σz ton/ = m²	Punto 96 1.51 5 σz ton/ = m²
Punto 97 0.32 7 σz ton/ = m²	Punto 98 0.06 7 σz ton/ = m²	Punto 99 1.44 9 σz ton/ = m²	Punto 100 2.31 7 σz ton/ = m²	Punto 101 2.76 8 σz ton/ = m²	Punto 102 2.98 9 σz ton/ = m²	Punto 103 1.15 0 σz ton/ = m²	Punto 104 0.74 2 σz ton/ = m²	Punto 105 0.71 1 σz ton/ = m²	Punto 106 0.69 3 σz ton/ = m²	Punto 107 0.68 4 σz ton/ = m²	Punto 108 0.68 0 σz ton/ = m²	Punto 109 0.68 0 σz ton/ = m²	Punto 110 0.68 4 σz ton/ = m²	Punto 111 0.69 3 σz ton/ = m²	Punto 112 0.71 1 σz ton/ = m²	Punto 113 0.74 2 σz ton/ = m²	Punto 114 1.15 0 σz ton/ = m²	Punto 115 2.98 9 σz ton/ = m²	Punto 116 2.76 8 σz ton/ = m²	Punto 117 2.31 7 σz ton/ = m²	Punto 118 1.44 9 σz ton/ = m²	Punto 119 0.06 7 σz ton/ = m²	Punto 120 0.32 7 σz ton/ = m²
Punto 121 0.32 7 σz ton/ = m²	Punto 122 0.06 7 σz ton/ = m²	Punto 123 1.44 9 σz ton/ = m²	Punto 124 2.31 7 σz ton/ = m²	Punto 125 2.76 8 σz ton/ = m²	Punto 126 2.98 9 σz ton/ = m²	Punto 127 1.15 0 σz ton/ = m²	Punto 128 0.74 2 σz ton/ = m²	Punto 129 0.71 1 σz ton/ = m²	Punto 130 0.69 3 σz ton/ = m²	Punto 131 0.68 4 σz ton/ = m²	Punto 132 0.68 0 σz ton/ = m²	Punto 133 0.68 0 σz ton/ = m²	Punto 134 0.68 4 σz ton/ = m²	Punto 135 0.69 3 σz ton/ = m²	Punto 136 0.71 1 σz ton/ = m²	Punto 137 0.74 2 σz ton/ = m²	Punto 138 1.15 0 σz ton/ = m²	Punto 139 2.98 9 σz ton/ = m²	Punto 140 2.76 8 σz ton/ = m²	Punto 141 2.31 7 σz ton/ = m²	Punto 142 1.44 9 σz ton/ = m²	Punto 143 0.06 7 σz ton/ = m²	Punto 144 0.32 7 σz ton/ = m²
Punto 145 1.51 5 σz ton/ = m²	Punto 146 1.90 0 σz ton/ = m²	Punto 147 3.24 6 σz ton/ = m²	Punto 148 4.08 8 σz ton/ = m²	Punto 149 4.52 2 σz ton/ = m²	Punto 150 2.78 5 σz ton/ = m²	Punto 151 2.89 1 σz ton/ = m²	Punto 152 2.94 6 σz ton/ = m²	Punto 153 2.97 3 σz ton/ = m²	Punto 154 2.99 2 σz ton/ = m²	Punto 155 3.00 2 σz ton/ = m²	Punto 156 3.00 6 σz ton/ = m²	Punto 157 3.00 6 σz ton/ = m²	Punto 158 3.00 2 σz ton/ = m²	Punto 159 2.99 3 σz ton/ = m²	Punto 160 2.97 6 σz ton/ = m²	Punto 161 2.94 6 σz ton/ = m²	Punto 162 2.89 1 σz ton/ = m²	Punto 163 2.78 5 σz ton/ = m²	Punto 164 4.52 2 σz ton/ = m²	Punto 165 4.08 8 σz ton/ = m²	Punto 166 3.24 6 σz ton/ = m²	Punto 167 1.90 0 σz ton/ = m²	Punto 168 1.51 5 σz ton/ = m²
Punto 169 1.24 9 σz ton/ = m²	Punto 170 1.60 6 σz ton/ = m²	Punto 171 2.85 5 σz ton/ = m²	Punto 172 3.63 0 σz ton/ = m²	Punto 173 4.02 7 σz ton/ = m²	Punto 174 2.27 1 σz ton/ = m²	Punto 175 2.36 7 σz ton/ = m²	Punto 176 2.41 8 σz ton/ = m²	Punto 177 2.44 6 σz ton/ = m²	Punto 178 2.46 1 σz ton/ = m²	Punto 179 2.46 9 σz ton/ = m²	Punto 180 2.47 3 σz ton/ = m²	Punto 181 2.47 3 σz ton/ = m²	Punto 182 2.46 9 σz ton/ = m²	Punto 183 2.46 1 σz ton/ = m²	Punto 184 2.44 6 σz ton/ = m²	Punto 185 2.41 8 σz ton/ = m²	Punto 186 2.36 7 σz ton/ = m²	Punto 187 2.27 1 σz ton/ = m²	Punto 188 4.02 7 σz ton/ = m²	Punto 189 3.63 0 σz ton/ = m²	Punto 190 2.85 5 σz ton/ = m²	Punto 191 1.60 6 σz ton/ = m²	Punto 192 1.24 9 σz ton/ = m²
Punto 193 0.73 4 σz ton/ = m²	Punto 194 1.03 2 σz ton/ = m²	Punto 195 2.07 6 σz ton/ = m²	Punto 196 2.72 3 σz ton/ = m²	Punto 197 3.05 9 σz ton/ = m²	Punto 198 1.26 9 σz ton/ = m²	Punto 199 1.35 2 σz ton/ = m²	Punto 200 1.39 6 σz ton/ = m²	Punto 201 1.42 0 σz ton/ = m²	Punto 202 1.43 4 σz ton/ = m²	Punto 203 1.44 1 σz ton/ = m²	Punto 204 1.44 4 σz ton/ = m²	Punto 205 1.44 4 σz ton/ = m²	Punto 206 1.44 1 σz ton/ = m²	Punto 207 1.43 4 σz ton/ = m²	Punto 208 1.42 0 σz ton/ = m²	Punto 209 1.39 2 σz ton/ = m²	Punto 210 1.35 2 σz ton/ = m²	Punto 211 1.26 9 σz ton/ = m²	Punto 212 3.05 5 σz ton/ = m²	Punto 213 2.72 3 σz ton/ = m²	Punto 214 2.07 6 σz ton/ = m²	Punto 215 1.03 2 σz ton/ = m²	Punto 216 0.73 4 σz ton/ = m²
Punto 217 0.05 6 σz ton/ = m²	Punto 218 0.17 7 σz ton/ = m²	Punto 219 0.89 9 σz ton/ = m²	Punto 220 1.35 9 σz ton/ = m²	Punto 221 1.60 5 σz ton/ = m²	Punto 222 0.22 9 σz ton/ = m²	Punto 223 0.15 4 σz ton/ = m²	Punto 224 0.11 8 σz ton/ = m²	Punto 225 0.09 8 σz ton/ = m²	Punto 226 0.08 6 σz ton/ = m²	Punto 227 0.08 0 σz ton/ = m²	Punto 228 0.07 7 σz ton/ = m²	Punto 229 0.07 7 σz ton/ = m²	Punto 230 0.08 0 σz ton/ = m²	Punto 231 0.08 6 σz ton/ = m²	Punto 232 0.09 8 σz ton/ = m²	Punto 233 0.11 8 σz ton/ = m²	Punto 234 0.15 4 σz ton/ = m²	Punto 235 0.22 9 σz ton/ = m²	Punto 236 1.60 5 σz ton/ = m²	Punto 237 1.35 9 σz ton/ = m²	Punto 238 0.89 9 σz ton/ = m²	Punto 239 0.17 7 σz ton/ = m²	Punto 240 0.05 6 σz ton/ = m²

Fuente: Elaborado por la investigadora

Tabla 10. Asentamientos en cada punto de la malla

Punto 1 0.19 St 7 = cm	Punto 2 0.21 St 0 = cm	Punto 3 0.25 St 4 = cm	Punto 4 0.28 St 2 = cm	Punto 5 0.29 St 7 = cm	Punto 6 0.18 St 5 = cm	Punto 7 0.18 St 2 = cm	Punto 8 0.19 St 2 = cm	Punto 9 0.19 St 3 = cm	Punto 10 0.19 St 3 = cm	Punto 11 0.19 St 4 = cm	Punto 12 0.19 St 4 = cm	Punto 13 0.19 St 4 = cm	Punto 14 0.19 St 4 = cm	Punto 15 0.19 St 4 = cm	Punto 16 0.19 St 3 = cm	Punto 17 0.19 St 2 = cm	Punto 18 0.18 St 9 = cm	Punto 19 0.18 St 5 = cm	Punto 20 0.29 St 7 = cm	Punto 21 0.28 St 2 = cm	Punto 22 0.25 St 4 = cm	Punto 23 0.21 St 0 = cm	Punto 24 0.19 St 7 = cm
Punto 25 0.24 St 4 = cm	Punto 26 0.26 St 2 = cm	Punto 27 0.32 St 4 = cm	Punto 28 0.36 St 1 = cm	Punto 29 0.38 St 0 = cm	Punto 30 0.27 St 7 = cm	Punto 31 0.28 St 2 = cm	Punto 32 0.28 St 2 = cm	Punto 33 0.28 St 6 = cm	Punto 34 0.28 St 6 = cm	Punto 35 0.28 St 7 = cm	Punto 36 0.28 St 7 = cm	Punto 37 0.28 St 7 = cm	Punto 38 0.28 St 7 = cm	Punto 39 0.28 St 6 = cm	Punto 40 0.28 St 6 = cm	Punto 41 0.28 St 4 = cm	Punto 42 0.28 St 2 = cm	Punto 43 0.27 St 7 = cm	Punto 44 0.38 St 0 = cm	Punto 45 0.36 St 1 = cm	Punto 46 0.32 St 4 = cm	Punto 47 0.26 St 0 = cm	Punto 48 0.24 St 4 = cm
Punto 49 0.27 St 5 = cm	Punto 50 0.29 St 7 = cm	Punto 51 0.36 St 9 = cm	Punto 52 0.41 St 2 = cm	Punto 53 0.43 St 4 = cm	Punto 54 0.33 St 5 = cm	Punto 55 0.34 St 1 = cm	Punto 56 0.34 St 4 = cm	Punto 57 0.34 St 5 = cm	Punto 58 0.34 St 6 = cm	Punto 59 0.34 St 7 = cm	Punto 60 0.34 St 7 = cm	Punto 61 0.34 St 7 = cm	Punto 62 0.34 St 7 = cm	Punto 63 0.34 St 6 = cm	Punto 64 0.34 St 5 = cm	Punto 65 0.34 St 4 = cm	Punto 66 0.33 St 1 = cm	Punto 67 0.33 St 5 = cm	Punto 68 0.43 St 4 = cm	Punto 69 0.41 St 2 = cm	Punto 70 0.36 St 9 = cm	Punto 71 0.29 St 7 = cm	Punto 72 0.27 St 5 = cm
Punto 73 0.29 St 1 = cm	Punto 74 0.31 St 4 = cm	Punto 75 0.39 St 1 = cm	Punto 76 0.43 St 7 = cm	Punto 77 0.46 St 1 = cm	Punto 78 0.36 St 5 = cm	Punto 79 0.37 St 1 = cm	Punto 80 0.37 St 4 = cm	Punto 81 0.37 St 6 = cm	Punto 82 0.37 St 7 = cm	Punto 83 0.37 St 7 = cm	Punto 84 0.37 St 7 = cm	Punto 85 0.37 St 7 = cm	Punto 86 0.37 St 7 = cm	Punto 87 0.37 St 7 = cm	Punto 88 0.37 St 4 = cm	Punto 89 0.37 St 4 = cm	Punto 90 0.37 St 1 = cm	Punto 91 0.36 St 5 = cm	Punto 92 0.46 St 1 = cm	Punto 93 0.43 St 7 = cm	Punto 94 0.39 St 1 = cm	Punto 95 0.31 St 4 = cm	Punto 96 0.29 St 1 = cm
Punto 97 0.17 St 9 = cm	Punto 98 0.20 St 3 = cm	Punto 99 0.28 St 7 = cm	Punto 100 0.33 St 8 = cm	Punto 101 0.36 St 4 = cm	Punto 102 0.37 St 6 = cm	Punto 103 0.26 St 9 = cm	Punto 104 0.15 St 2 = cm	Punto 105 0.15 St 4 = cm	Punto 106 0.15 St 5 = cm	Punto 107 0.15 St 6 = cm	Punto 108 0.15 St 6 = cm	Punto 109 0.15 St 6 = cm	Punto 110 0.15 St 6 = cm	Punto 111 0.15 St 5 = cm	Punto 112 0.15 St 4 = cm	Punto 113 0.15 St 2 = cm	Punto 114 0.26 St 9 = cm	Punto 115 0.37 St 6 = cm	Punto 116 0.36 St 4 = cm	Punto 117 0.33 St 8 = cm	Punto 118 0.28 St 7 = cm	Punto 119 0.20 St 3 = cm	Punto 120 0.17 St 9 = cm
Punto 121 0.17 St 9 = cm	Punto 122 0.20 St 3 = cm	Punto 123 0.28 St 7 = cm	Punto 124 0.33 St 8 = cm	Punto 125 0.36 St 4 = cm	Punto 126 0.37 St 6 = cm	Punto 127 0.26 St 9 = cm	Punto 128 0.15 St 2 = cm	Punto 129 0.15 St 4 = cm	Punto 130 0.15 St 5 = cm	Punto 131 0.15 St 6 = cm	Punto 132 0.15 St 6 = cm	Punto 133 0.15 St 6 = cm	Punto 134 0.15 St 6 = cm	Punto 135 0.15 St 5 = cm	Punto 136 0.15 St 4 = cm	Punto 137 0.15 St 2 = cm	Punto 138 0.26 St 9 = cm	Punto 139 0.37 St 6 = cm	Punto 140 0.36 St 4 = cm	Punto 141 0.33 St 8 = cm	Punto 142 0.28 St 7 = cm	Punto 143 0.20 St 3 = cm	Punto 144 0.17 St 9 = cm
Punto 145 0.29 St 1 = cm	Punto 146 0.31 St 4 = cm	Punto 147 0.39 St 1 = cm	Punto 148 0.43 St 7 = cm	Punto 149 0.46 St 1 = cm	Punto 150 0.36 St 5 = cm	Punto 151 0.37 St 1 = cm	Punto 152 0.37 St 4 = cm	Punto 153 0.37 St 6 = cm	Punto 154 0.37 St 7 = cm	Punto 155 0.37 St 7 = cm	Punto 156 0.37 St 7 = cm	Punto 157 0.37 St 7 = cm	Punto 158 0.37 St 7 = cm	Punto 159 0.37 St 7 = cm	Punto 160 0.37 St 6 = cm	Punto 161 0.37 St 6 = cm	Punto 162 0.37 St 4 = cm	Punto 163 0.36 St 5 = cm	Punto 164 0.46 St 1 = cm	Punto 165 0.43 St 7 = cm	Punto 166 0.39 St 1 = cm	Punto 167 0.31 St 4 = cm	Punto 168 0.29 St 1 = cm
Punto 169 0.27 St 5 = cm	Punto 170 0.29 St 7 = cm	Punto 171 0.36 St 9 = cm	Punto 172 0.41 St 2 = cm	Punto 173 0.43 St 4 = cm	Punto 174 0.33 St 5 = cm	Punto 175 0.34 St 1 = cm	Punto 176 0.34 St 4 = cm	Punto 177 0.34 St 5 = cm	Punto 178 0.34 St 6 = cm	Punto 179 0.34 St 7 = cm	Punto 180 0.34 St 7 = cm	Punto 181 0.34 St 7 = cm	Punto 182 0.34 St 7 = cm	Punto 183 0.34 St 6 = cm	Punto 184 0.34 St 5 = cm	Punto 185 0.34 St 4 = cm	Punto 186 0.34 St 1 = cm	Punto 187 0.33 St 5 = cm	Punto 188 0.43 St 4 = cm	Punto 189 0.41 St 2 = cm	Punto 190 0.36 St 9 = cm	Punto 191 0.29 St 7 = cm	Punto 192 0.27 St 5 = cm
Punto 193 0.24 St 4 = cm	Punto 194 0.26 St 2 = cm	Punto 195 0.32 St 4 = cm	Punto 196 0.36 St 1 = cm	Punto 197 0.38 St 0 = cm	Punto 198 0.27 St 7 = cm	Punto 199 0.28 St 2 = cm	Punto 200 0.28 St 4 = cm	Punto 201 0.28 St 6 = cm	Punto 202 0.28 St 6 = cm	Punto 203 0.28 St 7 = cm	Punto 204 0.28 St 7 = cm	Punto 205 0.28 St 7 = cm	Punto 206 0.28 St 7 = cm	Punto 207 0.28 St 6 = cm	Punto 208 0.28 St 6 = cm	Punto 209 0.28 St 4 = cm	Punto 210 0.28 St 2 = cm	Punto 211 0.27 St 7 = cm	Punto 212 0.38 St 0 = cm	Punto 213 0.36 St 1 = cm	Punto 214 0.32 St 4 = cm	Punto 215 0.26 St 2 = cm	Punto 216 0.24 St 4 = cm
Punto 217 0.19 St 6 = cm	Punto 218 0.21 St 0 = cm	Punto 219 0.25 St 4 = cm	Punto 220 0.28 St 2 = cm	Punto 221 0.29 St 7 = cm	Punto 222 0.18 St 5 = cm	Punto 223 0.18 St 9 = cm	Punto 224 0.19 St 2 = cm	Punto 225 0.19 St 3 = cm	Punto 226 0.19 St 4 = cm	Punto 227 0.19 St 4 = cm	Punto 228 0.19 St 4 = cm	Punto 229 0.19 St 4 = cm	Punto 230 0.19 St 4 = cm	Punto 231 0.19 St 4 = cm	Punto 232 0.19 St 3 = cm	Punto 233 0.19 St 2 = cm	Punto 234 0.18 St 9 = cm	Punto 235 0.18 St 5 = cm	Punto 236 0.29 St 7 = cm	Punto 237 0.28 St 2 = cm	Punto 238 0.25 St 4 = cm	Punto 239 0.21 St 0 = cm	Punto 240 0.19 St 6 = cm

Fuente: Elaborado por la investigadora

Diseño de la Losa de Cimentación ($e=1.00$ m) Ingresando asentamientos hallados anteriormente con la teoría de Boussinesq:

- Se ha colocado refuerzo superior de **5/8" @ 0.15m** en zonas requeridas en esta dirección 1 y refuerzo de **3/4" @ 0.15m** en los puntos con mayor asentamiento; se ha verificado mediante el programa si este es capaz de soportar los momentos flectores en cada una de las direcciones. Después de haber distribuido refuerzo en la dirección 1 de **1 Φ 5/8" @ 0.15m** **se deberán agregar bastones de 1/2" @ 0.15m en zonas requeridas.**
- Se ha colocado refuerzo inferior de **3/4" @ 0.15m** en zonas requeridas en esta dirección 1 y se ha verificado mediante el programa si este es capaz de soportar los momentos flectores en cada una de las direcciones. Después de haber distribuido refuerzo en la dirección 1 de **1 Φ 3/4" @ 0.15m** **se deberán agregar bastones de 1/2" @ 0.15m en zonas requeridas.**
- Se ha colocado refuerzo superior de **5/8" @ 0.15m** en zonas requeridas en esta dirección 2 y refuerzo de **3/4" @ 0.15m** en los puntos con mayor asentamiento; se ha verificado mediante el programa si este es capaz de soportar los momentos flectores en cada una de las direcciones. Después de haber distribuido refuerzo en la dirección 2 de **1 Φ 5/8" @ 0.15m** **se deberán agregar bastones de 1/2" @ 0.15m en zonas requeridas.**
- Se ha colocado refuerzo inferior de **3/4" @ 0.15m** en zonas requeridas en esta dirección 2 y se ha verificado mediante el programa si este es capaz de soportar los momentos flectores en cada una de las direcciones. Después de haber distribuido refuerzo en la dirección 2 de **1 Φ 3/4" @ 0.15m** **se deberán agregar bastones de 1/2" @ 0.15m en zonas requeridas.**

DISTRIBUCIÓN DE ACERO EN LOSA DE CIMENTACIÓN (BOUSSINESQ)

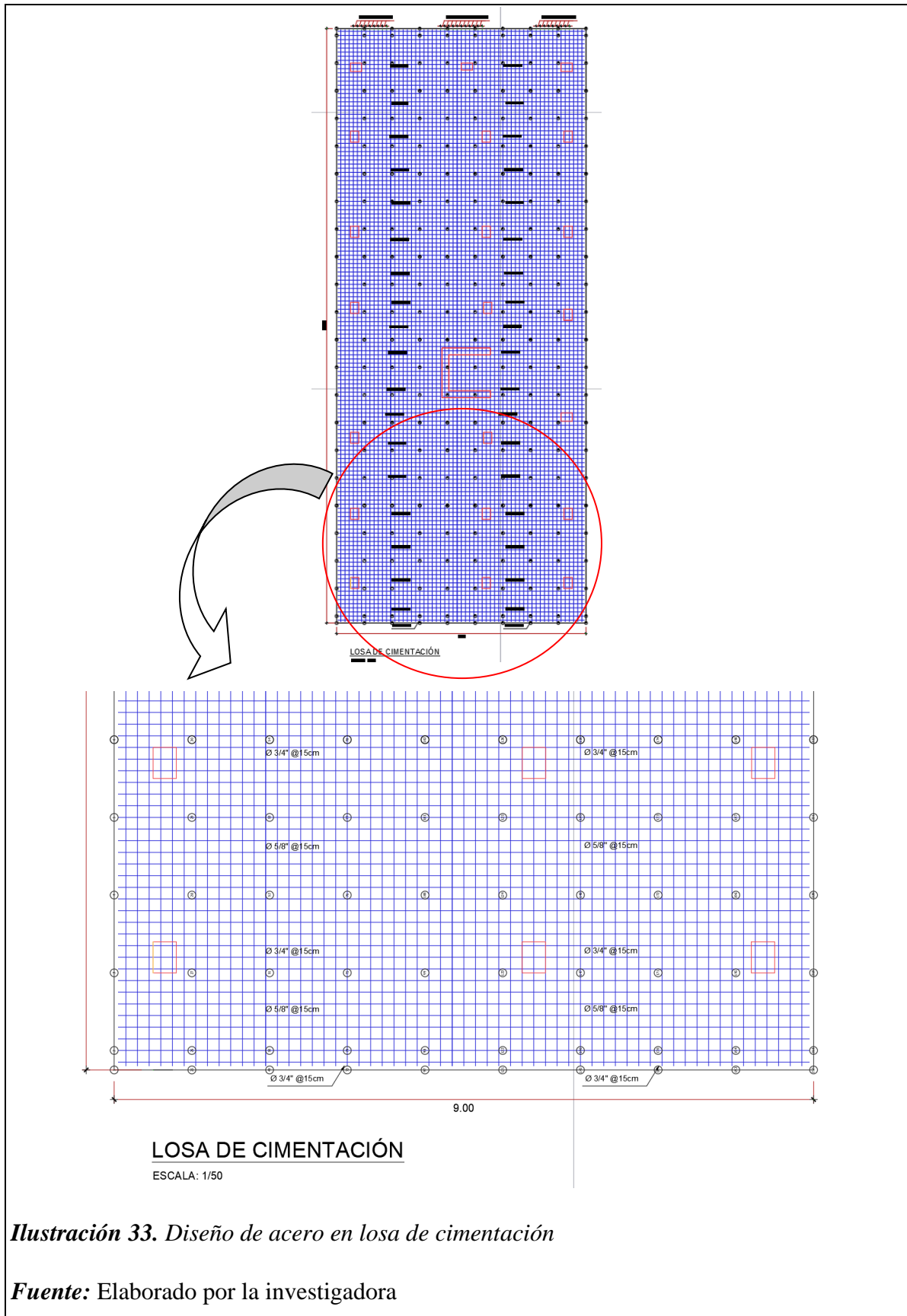


Ilustración 33. Diseño de acero en losa de cimentación

Fuente: Elaborado por la investigadora

3.1.4. Comparar resultados obtenidos aplicando la teoría de Boussinesq con los resultados obtenidos del método tradicional.

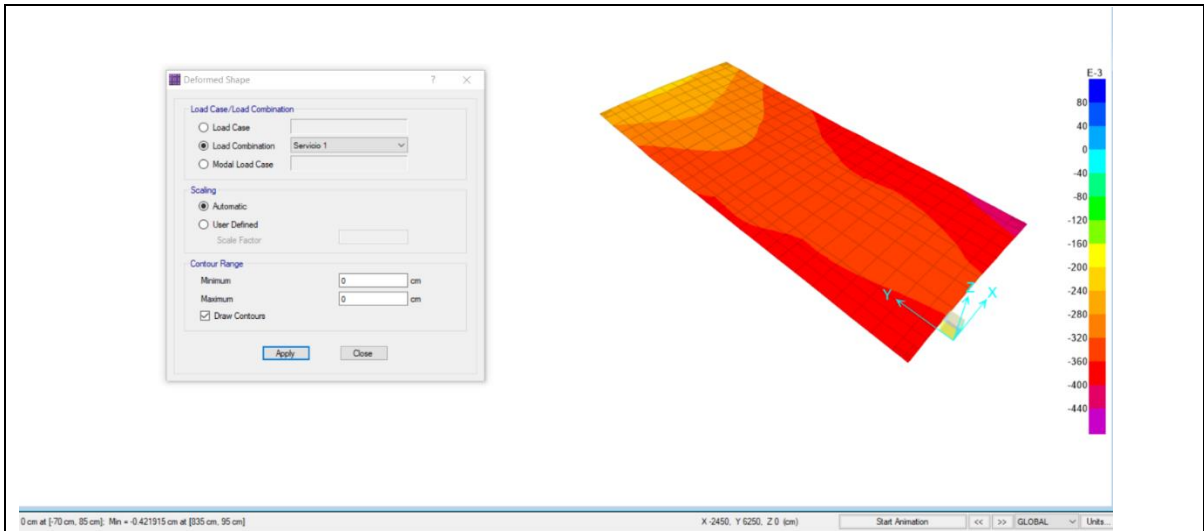


Ilustración 34. Asentamiento máximo método tradicional

Fuente: Elaborado por la investigadora

Asentamiento Máximo = 0.42 cm

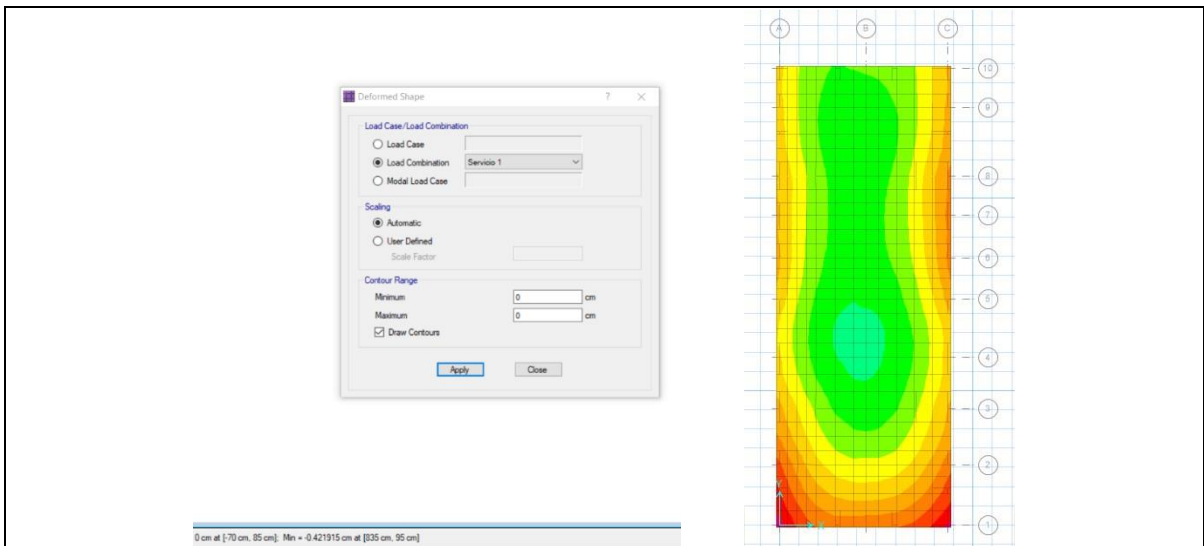


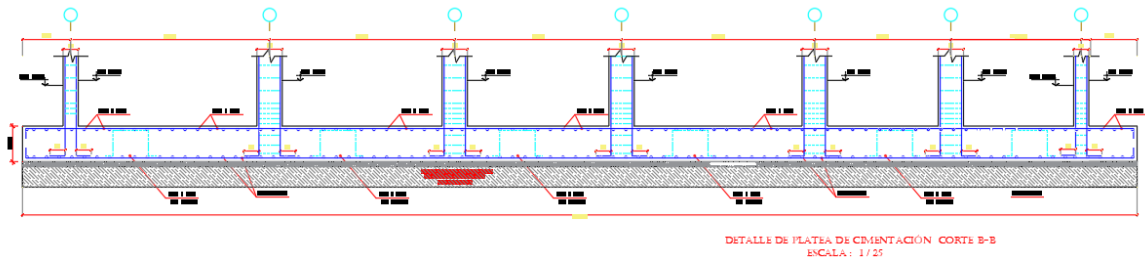
Ilustración 35. Asentamiento máximo aplicando la teoría de Boussinesq

Fuente: Elaborado por la investigadora

Asentamiento Máximo = 0.461 cm

Al comparar los resultados aplicando la teoría de Boussinesq, con el método tradicional podemos apreciar que la teoría nos muestra asentamientos más exactos en cada punto de la malla, permitiéndonos obtener datos más precisos al momento de realizar el diseño de la distribución de aceros.

Distribución de acero en Losa de Cimentación (Tradicional)

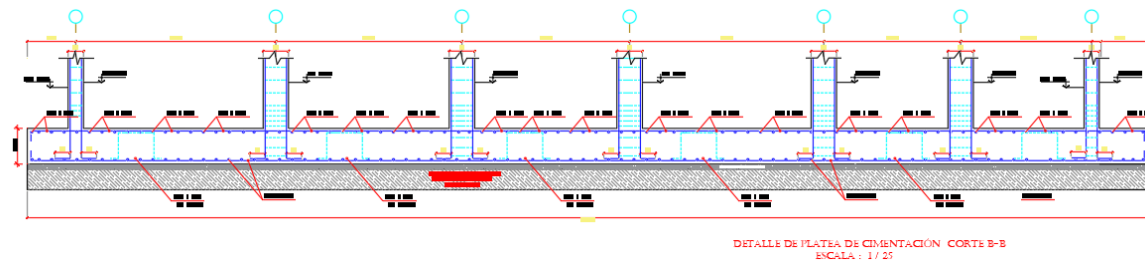


Acero:

Malla superior: Varillas de 3/4" en dirección X ^ Y más bastones de 1/2" en zonas que requieran reforzamiento.

Malla inferior: Varillas de 3/4" en dirección X ^ Y más bastones de 1/2" en zonas que requieran reforzamiento.

Distribución de acero en Losa de Cimentación (Boussinesq)



Acero:

Malla superior: Varillas de 5/8" en dirección X ^ Y, 3/4" en las zonas con mayor asentamiento, más bastones de 1/2" en zonas que requieran reforzamiento.

Malla inferior: Varillas de 3/4" en dirección X ^ Y más bastones de 1/2" en zonas que requieran reforzamiento.

3.2. Discusión de resultados

- Las muestras extraídas para los diferentes estudios realizados fueron obtenidas del distrito de La Victoria, en un área de 174.4 m², en las cuales se realizaron 3 calicatas teniendo la cantidad de 9 estratos. Las muestras extraídas fueron ensayadas en el laboratorio de mecánica de suelos, de la Universidad Señor de Sipán.
- Se realizó la clasificación de suelos de cada uno de los puntos de exploración, como el %W, LL y LP, granulometría por lavado y tamizado. Teniendo suelos arcillosos de baja, media y alta plasticidad. Además, se determinó las propiedades mecánicas del suelo con el ensayo de corte directo obteniendo la capacidad portante y consolidación para determinar sus factores.
- Se diseñó la losa de cimentación utilizando la norma E.050 de suelos y cimentaciones la cual se determinó las dimensiones de la losa de cimentación para procesarlo en el software Safe para determinar el asentamiento máximo la cual cumple con la normativa ya mencionada.
- Se aplicó la teoría de Boussinesq en la losa de cimentación en estudio, la cual se obtuvo la distribución de presiones en cada punto del enmallado propuesto, la cual tuvo como finalidad de involucrar más el objeto en estudio. Además, se calculó los asentamientos producto de las presiones calculadas según la teoría propuesta en la investigación.
- Se comparó los resultados obtenidos del método tradicional y los resultados aplicando la teoría de Boussinesq obteniendo un análisis muy conservador en lo que respecta a la distribución y cantidad de acero relacionados a los cálculos obtenidos.

CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Al realizar los ensayos respectivos, se procedió a la clasificación de suelos por el método SUCS, la cual nos encontramos con suelos arcillosos de baja y alta plasticidad. También obtuvimos un ángulo de rozamiento 19.31° y una cohesión de 0.166 kg/cm^2 ; una capacidad portante de 0.885 kg/cm^2 . Se realizó el ensayo de consolidación unidimensional obteniendo así los parámetros: Presión de Pre-consolidación 2.437 kg/cm^2 , índice de Compresión $0.041 \text{ cm}^2/\text{kg}$, Índice de hinchamiento $0.0017 \text{ cm}^2/\text{kg}$, para aplicar la teoría de Boussinesq y poder hallar los asentamientos en cada punto de la malla.
- Se concluyó al dimensionar la losa de cimentación que el espesor es de 1.00 m a una profundidad de desplante de 1.5 m .
- La teoría de Boussinesq se aplicó para generar una distribución de presiones y determinar los asentamientos en distintos puntos de la losa de cimentación, dando como resultado un asentamiento máximo de 0.461 cm y un asentamiento mínimo de 0.179 cm .
- Al comparar la aplicando la teoría de Boussinesq, con el método tradicional los resultados finales son los siguientes: el diámetro y cantidad de acero en el diseño tradicional es de $\phi 3/4'' @ 0.15\text{m}$ en ambas direcciones más bastones de $1/2''$ en las zonas que requieran refuerzo (malla superior e inferior). Al aplicar la Teoría obtenemos un diseño de $\phi 5/8'' @ 0.15\text{m}$ en ambas direcciones, $\phi 3/4'' @ 0.15\text{m}$ en los puntos con mayor asentamiento, más bastones de $1/2''$ en las zonas que requieran mayor refuerzo en la malla superior; y $\phi 3/4'' @ 0.15\text{m}$ en ambas direcciones más bastones de $1/2''$ en las zonas que requieran refuerzo en la malla inferior. Si hacemos la comparación de ambos, podemos concluir que optimizaremos el diseño de distribución de acero, economizando así su diseño.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda que los herramientas y materiales estén en buen estado y calibrado para tener resultados más óptimos.
- Se recomienda una eficiente aplicación de la normativa vigente de suelos y cimentaciones para el óptimo diseño de losa de cimentación, ya que hoy en día las construcciones se realizan de forma empírica sin supervisión de un profesional de ingeniería.
- Ya que los asentamientos de la estructura afectan la zona de contacto de la losa de cimentación es recomendable aplicarle una viga perimetral y para no tener que sobredimensionar la losa de cimentación y así economizar.
- Se recomienda el estudio de la teoría de Boussinesq en las distintas cimentaciones, como zapatas aisladas, zapatas conectadas, zapatas corridas; ya que la cimentación es un elemento estructural fundamental en el soporte y estabilidad de la edificación, teniendo en cuenta que si este elemento falla provocaría agrietamiento y fisuras en la edificación haciéndola inestable y vulnerable.

Referencias:

- Alexánder Rondón, H. (2011). Behavior evaluation of clays subjected to different exposures times at high temperatures. *Revista escuela de ingeniería de Antioquía, Medellín*, 176.
- Álvarez, E. Beira, E. Cabrera, P. Reyes, O. (2019). Comparing geotechnical methods to assess primary consolidation settlements for raft foundations a. *Minería y Geología*, 369-383.
- ASTM D 2216, N. t. (2016). Determinación del contenido de humedad de un suelo, MTC E 108. En MTC, *Manual de ensayo de materiales* (págs. 49-53). Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones.
- ASTM D 420, N. t. (2016). Conservación y transporte de muestras de suelo, MTC E 104. En MTC, *Manual de ensayos de materiales* (págs. 28-35). Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones.
- ASTM D 420, N. t. (2016). Determinación del contenido de humedad de un suelo, MTC E 108. En MTC, *Manual de ensayos de materiales* (págs. 50-53). Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones.
- ASTM D 420, N. t. (2016). Muestreo de suelos y rocas, MTC E 101. En MTC, *Manual de ensayo de materiales* (págs. 14-19). Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones.
- ASTM D 422, N. t. (2016). Análisis granulométrico de suelos por tamizado, MTC E 107. En MTC, *Manual de ensayos de materiales* (págs. 44-48). Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones.
- Auvine Guichard, G., Sánchez Guzmán, J., & Pineda Contreras, A. (2019). Mitigation of damage caused by cracks in the soil. *Ingeniería investigación y tecnología*, 1-8.
doi:<http://dx.doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n4.046>
- Barreto, A. Valencia, Y. Echeverri, O. (2013). Comparative evaluation of load capacity in deep foundations. Analytical formulations and load tests. *Ciencias de la Tierra*, 93-110.
- Berrocal, J. (2013). *Métodos analíticos y numéricos aplicados al diseño de cimentaciones superficiales considerando su interacción con el suelo*. Lima: Universidad nacional de ingeniería.
- Bjerrum, L. (1967). Engineering geology of norwegian normally-consolidated marine clays as related to settlements of buildings. *Norwegian Geotechnical Institute, Oslo*, 83-117.
- Bonola, I., & Avilés, J. (2012). Finite layer method for retaining walls with flexible foundation under seismic excitation. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 52-60. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.rimni.2012.11.001>
- Borja S, M. (2012). *Metodología de la investigación científica*. Chiclayo.
- Braja, D. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. México: Cengage Learning.
- Braja, D. (2012). Relaciones del asentamiento por consolidación primaria. En D. Braja, *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones* (pág. 273). México: Cengage Learning.
- Carnero, E. C. (2018). Numerical analysis of water infiltration in an unsaturated residual soil by using the water retention curve. *Revista de investigaciones Altoandinas*, 439-450.

- Carreón, D., Hidalgo, C., Hernández, M. (2006). Mechanism of fracturing of clay deposits in urban areas. Differential deformation case in Chalco, State of México. *Sociedad Geológica Mexicana*.
- Carrillo, J., Silva, D., & Sánchez, M. (2016). Performance of concrete slabs-on-ground reinforced with welded-wire mesh or steel fibers. *Ingeniería investigación y tecnología*, 499-510. doi:doi:10.1016/j.riit.2016.11.009
- Crespo, C. (2004). *Mécanica de suelos y cimentaciones*. México: Limusa Noriega Editores.
- E-050. (2018). Cimentaciones superficiales. En E-050, *Suelos y cimentaciones* (pág. 29). Lima: Ministerio de vivienda y construcción.
- E-050. (2018). Estudios: programa de investigación mínima. En E-050, *Suelos y cimentaciones* (pág. 16). Lima: Ministerio de vivienda y construcción.
- E-050. (2018). Suelos y cimentaciones. En R. n. edificaciones, *Suelos y cimentaciones* (pág. 52). Lima: Ministerio de vivienda y construcción.
- Google Earth, 2. (2019). *Google Earth*. Obtenido de Google Earth.
- Hernandez Rodríguez, F. (1997). Esfuerzos y deformaciones equivalentes. *Ingeniería e investigación*, 56-65.
- 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*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Llorca, J. (2016). Edificaciones en arcillas expansivas. *Consejo Superior de Investigaciones Científicas*, 71-82.
- Molina, F., Ruge, J., Camacho, J. (2018). Spatial variability of a soil clayed from the Sabana Centro Sector for the reliability of primary consolidation settlements: study case compus Nueva Granada. *Ingeniería y ciencia*, 179.
- Morales, F. (2018). *Alternativas de cimentación superficiales para edificaciones en un terreno con asentamiento diferencial*. Huancayo: Universidad Continental.
- Necmettin, A. N. (2016). Potential settlement due to seismic effects in the residential area of Ilgin(Konya, Turkey). *Earth Sciences* .
- NTP 339 089, S. (2016). Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo), MTC 105. En MTC, *Manual de ensayo de materiales* (págs. 36-40). Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones.
- NTP 339 129, N. T. (2016). Determinación del límite líquido de los suelos, MTC 110. En MTC, *Manual de ensayos de materiales* (págs. 67-71). Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones.
- NTP 339 129, N. t. (2016). Determinación del límite plástico e índice de plasticidad, MTC E 111. En MTC, *Manual de ensayos de materiales* (págs. 72-74). Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones.
- NTP 339 134, N. t. (1999). *Método para la clasificación de suelos con propósito de ingeniería (SUCS)*. Lima: INDECOPI.

- NTP 339 154, A. D.-2. (2016). Determinación de las propiedades de consolidación unidimensional de suelos, MTC E 135. En MTC, *Manual de ensayo de materiales* (págs. 265-277). Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones.
- NTP 339 171, A. D. (2016). Corte directo, MTC E 123. En MTC, *Manual de ensayos de materiales* (págs. 167-174). Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones.
- Ortiz, R. (2017). *Influencia del nivel freático en la determinación de capacidad portante del suelo, en cimentaciones superficiales, distrito de Pilcomayo*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Oztoprak, S., & Cinicioglu, F. (2005). Soil behavior through field instrumentation. *Canadian Geotechnical Journal*, 475-490. doi:<https://doi.org/10.1139/t04-121>
- Rodríguez Rebolledo, J. (2015). Settlement analysis of friction piles in consolidating soft soils. *Dyna*, 211.
- Rodríguez Rebolledo, J. A. (2018). Analytical model for friction piles in consolidating soft soils. *Revista Chilena de Ingeniería*, 295-303.
- Rodríguez, J. (2005). Análisis de interacción suelo o estructura para refuerzos de suelos fisurados. *Univerdad nacional de Colombia*.
- Rodríguez, W. (2013). *Ingeniería geotécnica*. Lambayeque: Universidad Pedro Ruíz Gallo.
- Rojas, E., Hurtado, D., Zepeda, A., & Pérez, M. (2011). Desplome de un conjunto de edificios. *Universidad Autónoma de Querétaro*.
- Romero, E; Sánchez, M; Gai, X; Barrera, M; Lloret, A. (2018). Mechanical behavior of an unsaturated clayey silt: an experimental and constitutive modeling study. *Canadian Geotechnical Journal*, 1461-1474. doi:<https://doi.org/10.1139/cgj-2018-0117>
- SAFE. (2019). *CSI SPAIN*. Obtenido de CSI SPAIN: <https://www.csiespana.com/software/8/safe#>
- Tladi, M. J. (2017). On the qualitative theory of the rotating Boussinesq and quasi-geostrophic equations. *QM - Quaestiones Mathematicae*, 705-737.33.

