Recomendaciones de cimentaciones para edificios de máximo 5 pisos de altura de uso residencial en la UPZ La Esmeralda de la localidad de Teusaquillo

Andrea Carolina Moreno Montenegro
Sergio Fabián Unibio Heredia

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad Tecnológica
Ingeniería Civil
Bogotá D.C.
2023

Recomendaciones de cimentaciones para edificios de máximo 5 pisos de altura de uso residencial en la UPZ La Esmeralda de la localidad de Teusaquillo

Andrea Carolina Moreno Montenegro
Sergio Fabián Unibio Heredia

Trabajo de grado en modalidad de monografía para optar por el título de Ingenieros Civiles

Tutor:
Ing. Hernando Villota Posso

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad Tecnológica
Ingeniería Civil
Bogotá D.C.
2023

Contenido

Resumen 7

Abstract 7

1. Introducción 8

2. Descripción del problema 9

3. Justificación 10

4. Objetivos 11

4.1. Objetivo general 11

4.2. Objetivos específicos 11

5. Marco conceptual 12

5.1. Cimentaciones poco profundas 13

5.1.1. zapatas 14

5.2. Cimentaciones semiprofundas 16

5.2.1. Pozos de cimentación o caissons 16

5.3. Cimentaciones profundas 16

5.3.1. Pilotes 16

5.4. Resistencia al corte 17

5.4.1. Resistencia no drenada 17

5.4.2. Resistencia drenada 18

5.5. Resistencia a la compresión no confinada 18

5.6. Capacidad de carga de cimentaciones poco profundas 19

5.6.1. Teoría de Terzaghi 19

5.6.2. Capacidad neta última de carga 24

5.6.3. Ecuaciones de capacidad de carga para el nivel freático 24

5.7. Asentamiento de cimentaciones poco profundas 25

5.8. Coeficiente de Balasto 25

6. Metodología 26

6.1. Descripción de la zona de trabajo 26

6.1.1. Zonificación geotécnica 26

6.1.2. Zona de respuesta sísmica 27

6.2. Obtención de los datos 28

6.3. Procesamiento de datos 30

6.3.1.Perfil estratigráfico generalizado 30
6.4.Cálculo de cargas 54
6.4.1.Tipificación estructural 54
6.4.2.Deformaciones en la estructura 56
6.5. Coeficiente de balasto 60
7. Resultados 61
7.1.Deformaciones del suelo – zona 1 61
7.2.Deformaciones del suelo – zona 2 66
7.3. Cargas transmitidas al suelo 70
7.4.Dimensionamiento de zapatas zona 1 75
7.5.Dimensionamiento de zapatas zona 2 77
8. Análisis de resultados 79
8.1.Resultados recomendaciones estudios de suelos 82
8.1.1.Zona 1 82
8.1.2.Zona 2 83
8.2.Comparación directa de recomendaciones en función de la dimensión. 84
8.3.Comparación directa de recomendaciones en función de la capacidad admisible total bruta 84
8.4.Rediseño por comparación directa de recomendaciones – dimensión en función del Df ..86
8.5.Rediseño por comparación directa de recomendaciones – capacidad admisible en función del Df 86
9. Conclusiones 88
10. Recomendaciones 90
11. Referencias 91

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Clasificación de las cimentaciones en función de la profundidad de apoyo. 13
Ilustración 2. Tipos de cimentaciones superficiales 14
Ilustración 3. Tipos de zapatas aisladas 15
Ilustración 4. Tipos de pilotes 17
Ilustración 5. Circulo de Mohr - prueba de compresión simple 19
Ilustración 6. Falla de la capacidad de carga en un suelo bajo una cimentación continua. 19
Ilustración 7. Modificación de las ecuaciones de la capacidad de carga para nivel freático. 24
Ilustración 8. Distribución UPZs en la localidad de Teusaquillo 26
Ilustración 9. Zonificación geotécnica UPZ La Esmeralda. 27
Ilustración 10. Zonas de respuesta sísmica UPZ La Esmeralda 27
Ilustración 11. Predios con licencias de construcción aprobadas UPZ La Esmeralda 28
Ilustración 12. Consulta direcciones UPZ La Esmeralda 29
Ilustración 13. Agendamiento de citas SDP 29
Ilustración 14. Localización de sondeos estudios consultados UPZ La Esmeralda 30
Ilustración 15. Perfil estratigráfico generalizado zona2 40
Ilustración 16. Gráfica perfil estratigráfico generalizado zona 1 52
Ilustración 17. Gráfica perfil estratigráfico generalizado zona 2 53
Ilustración 18. Esquema de deformaciones en suelo 61

Lista de tablas

Tabla I. Tipos de cimentación en función de la relación D/B y su profundidad. 13
Tabla II. Factores de capacidad de carga de Terzaghi. 20
Tabla III. Variación de los factores de capacidad de carga de Terzaghi. 23
Tabla IV. Zonificación geotécnica UPZ La Esmeralda 26
Tabla V. Zonas de respuesta sísmica UPZ La Esmeralda 28
Tabla VI. Data organizada zona 1 31
Tabla VII. Data organizada zona 2 34
Tabla VIII. Datos perfil generalizado zona 1 50
Tabla IX. Datos perfil generalizado zona 2 50
Tabla X. Resultados reacciones verticales separación de columnas de 3m 70

Tabla XI. Resultados recciones verticales separación de columnas de 4m.....71
Tabla XII. Resultados reacciones verticales separación de columnas de 5m.....72
Tabla XIII. Resultados reacciones verticales separación de columnas de 6m 73
Tabla XIV. Resultados dimensionamiento zapatas zona 1 para edificaciones de 2 pisos.....75
Tabla XV. Resultados dimensionamiento de zapatas zona 1 para edificaciones de 3 pisos 76
Tabla XVI. Resultados dimensionamiento de zapatas zona 1 para edificaciones de 4 pisos....76
Tabla XVII. Resultados dimensionamiento de zapatas zona 1 para edificaciones de 5 pisos ..76
Tabla XVIII. Resultados dimensionamiento de zapatas zona 2 para edificaciones de 2 pisos .77
Tabla XIX. Resultados dimensionamiento de zapatas zona 2 para edificaciones de 3 pisos....77
Tabla XX. Resultados dimensionamiento de zapatas zona 2 para edificaciones de 4 pisos 78
Tabla XXI. Resultados dimensionamiento de zapatas zona 2 para edificaciones de 5 pisos....78
Tabla XXII. Resultados recomendación de cimentación zona 1.....79
Tabla XXIII. Resultados recomendaciones de cimentación zona 2 81
Tabla XXIV. Resultados recomendaciones estudios de suelos zona 1 82
Tabla XXV. Resultados recomendaciones estudios de suelos zona 2.....83
Tabla XXVI. Comparación de cimentaciones en función de la dimensión.....84
Tabla XXVII. Comparación de cimentaciones en función de la capacidad admisible total bruta 84
Tabla XXVIII. Rediseño por comparación directa - dimensión en función del Df.....86
Tabla XXIX. Rediseño por comparación directa - capacidad admisible en función del Df 86
Tabla XXX. Recomendación de cimentación zona 1.....88
Tabla XXXI. Recomendación de cimentación zona 2 88

Lista de gráficas

Gráfico 1. Separación entre apoyos vs carga admisible zona 1.....80
Gráfico 2. Separación entre apoyos vs carga admisible zona 2.....81

Resumen

El presente documento, describe el proceso de elaboración de las recomendaciones para cimentaciones de edificaciones de máximo 5 pisos de altura en la UPZ La Esmeralda en la localidad de Teusaquillo, en la ciudad de Bogotá D.C. Para lo cual, se partió de la recolección de la información contenida en los estudios de suelos de las licencias tramitadas en la UPZ, los cuales, una vez recolectados fueron procesados y analizados en términos de los parámetros más importantes del suelo existente. Con lo anterior, se realizó una división en 2 zonas de acuerdo con la respuesta sísmica del suelo presente en la UPZ. Adicionalmente, con los resultados del procesamiento de la información de los estudios de suelos se realizó un perfil estratigráfico típico para cada zona y así lograr diseñar y posteriormente realizar una comparación con los diseños elaborados en los estudios consultados. Lo anterior con el fin de lograr obtener un criterio para dar una recomendación adecuada para el tipo de edificación propuesta.

Abstract

This document describes the process of elaboration of the recommendations for foundations of buildings with a maximum height of 5 stories in the UPZ La Esmeralda in the town of Teusaquillo, in the city of Bogotá D.C., for which it started from the collection of the information contained in the soil studies of the licenses processed in the UPZ, which once collected, were processed and analyzed in terms of the most important parameters of the existing soil. With the above, a division was made into 2 zones according to the seismic response of the soil present in the UPZ. Additionally, with the results of the processing of the information from the soil studies, a typical stratigraphic profile was made for each area and thus design and later make a comparison with the designs elaborated in the consulted studies. The above in order to obtain a criterion to give an adequate recommendation for the type of building proposed.

1. Introducción

En todo proyecto de construcción, es necesario asegurar un funcionamiento correcto de todos los elementos que componen el sistema estructural del mismo, por lo que se deben diseñar para que cuenten con la capacidad de resistir las cargas a las que será sometida y transmitirlas al terreno de fundación de una forma efectiva. Dentro de los elementos de mayor importancia para la estabilidad de una estructura se encuentran las cimentaciones, las cuales son las encargadas de garantizar el traspaso de cargas de la estructura al suelo.

Con el propósito de hacer más eficiente la toma de decisiones en este campo, se realizó la recopilación de la información proveniente de los estudios de suelos realizados para proyectos ejecutados en la UPZ La Esmeralda en la localidad de Teusaquillo en Bogotá, con el fin de hacer la recomendación de la cimentación adecuada para edificaciones de máximo 5 pisos de altura para uso residencial en la misma. Además, se implementó un pequeño mapa elaborado con el apoyo del software QGIS donde se muestren las recomendaciones planteadas para las zonas en las que se dividió la UPZ.

2. Descripción del problema

El suelo, como material de fundación de proyectos de construcción se caracteriza por ser un medio no continuo y anisotrópico. Por lo anterior, resulta de gran importancia para el buen desarrollo de un proyecto el conocimiento de las características y comportamiento del material sobre el cual se pretende apoyar, con el mayor nivel de detalle posible. Sin embargo, las exploraciones del terreno necesarias para la realización de este tipo de proyectos, provoca que no se pueda conocer, aunque sea de manera previa el tipo de cimentación hasta que no se haga el estudio requerido con los parámetros indicados por las normas nacionales. Lo anterior, a la vez provoca, que actividades como la elaboración de un presupuesto más acertado no se pueda dar hasta obtener los resultados que definan la cimentación aplicable al proyecto que se pretende realizar.

En este orden de ideas, la falta de conocimiento sobre las características del subsuelo provoca, que no se pueda tener al menos un indicio o una recomendación aproximada sobre el tipo de cimentación necesaria para proyectos de construcción de edificaciones de máximo 5 pisos de altura de uso residencial. Aspecto que, en proyectos del tipo descrito resultaría muy útil conocer dado que, en estos el presupuesto suele ser muy limitado.

3. Justificación

La facilidad de acceso a la información agiliza la elaboración de procesos en muchos sectores, y el de la construcción no es ajeno a esto. Lo anterior, sumado con la creciente tendencia de creación de sistemas que optimizan la gestión de la información sobre el terreno en el cual se pretende el desarrollo de proyectos de diferentes tipos, hace necesario el complemento de la información existente de la forma más detallada posible, de manera que esta resulte rápida, útil y eficaz a la hora de ser consultada o cuando pretenda ser ampliada.

La disponibilidad de las recomendaciones planteadas aporta un valor agregado en el desarrollo de proyectos de construcción de edificaciones de máximo 5 pisos de altura. Cabe aclarar que dichas recomendaciones, pretenden mejorar la disponibilidad de datos previos sobre el terreno de la UPZ La Esmeralda en la localidad de Teusaquillo, la cual fue seleccionada por ser perteneciente a una localidad totalmente urbanizada, donde el uso predominante es de tipo residencial (bien sea PH o NPH). Sin embargo, en ningún caso se debe sustituir el estudio geotécnico necesario para un proyecto de construcción, dado que la información recopilada y aportada solo permite profundizar de mejor manera la caracterización geotécnica del subsuelo.

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Recomendar el tipo de cimentación aplicable para la construcción de edificaciones de máximo 5 pisos de altura en la UPZ La Esmeralda de la localidad de Teusaquillo en Bogotá.

4.2. Objetivos específicos

- Identificar las principales características geotécnicas del suelo de la UPZ La Esmeralda de la localidad de Teusaquillo.
- Diseñar la cimentación aplicable para proyectos de construcción de edificios de máximo 5 pisos de altura para uso residencial.
- Elaborar un mapa de la UPZ donde se muestren los tipos de cimentaciones sugeridas para edificaciones de máximo 5 pisos de altura mediante la utilización de un software SIG.

5. Marco conceptual

Las cimentaciones son parte fundamental de las estructuras debido a que son las encargadas de trasmitir las cargas al terreno. El objetivo de las cimentaciones es garantizar que sistema de esfuerzos producidos por las cargas de la estructura sean resistidos con seguridad, para esto (Crespo Villalaz, 2004, pp. 262) señala que es necesario realizar:

- Un estudio de cargas y de la compatibilidad de la interacción suelo estructura
- Determinar la capacidad de la carga del suelo de cimentación
- Determinar los posibles asentamientos
- Preparar anteproyectos de los diferentes tipos de cimentación
- Seleccionar el tipo de cimentación que sea más adecuado teniendo en cuenta:
- Tipo de suelo
- Rigidez en la construcción
- Adaptabilidad
- Economía

De acuerdo con Yepes (2015), las cimentaciones pueden clasificarse en función de la relación de la profundidad a la que se construye, su dimensión menor y de su profundidad siendo así, que las clasificamos como:

- Cimentaciones superficiales:

Para: $\frac{D}{B} < 4$ y $D < 3\ m$

- Cimentaciones compensadas

Para $4\ \leq \frac{D}{B} \leq 8$ y $3\ m\ \leq D\ \leq 6\ m$

- Cimentaciones profundas

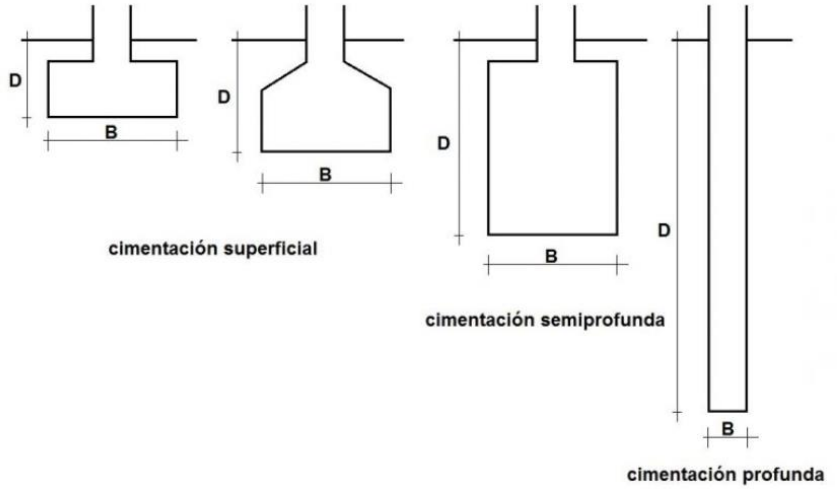
Para: $\frac{D}{B} > 8$ y $D < 6\ m$

Tabla I. Tipos de cimentación en función de la relación D/B y su profundidad.

Tipo de cimentación	Relación $\frac{D}{B}$	Profundidad (m)
Poco profundas	< 4	$< 3\ m$
Semiprofundas	$4 \leq \frac{D}{B} \leq 8$	$3\ m \leq D \leq 6\ m$
Profundas	> 8	$< 6\ m$

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 1. Clasificación de las cimentaciones en función de la profundidad de apoyo.



Fuente: Piqueras, V. Y. (17 de junio de 2015). Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/pozo-de-cimentacion

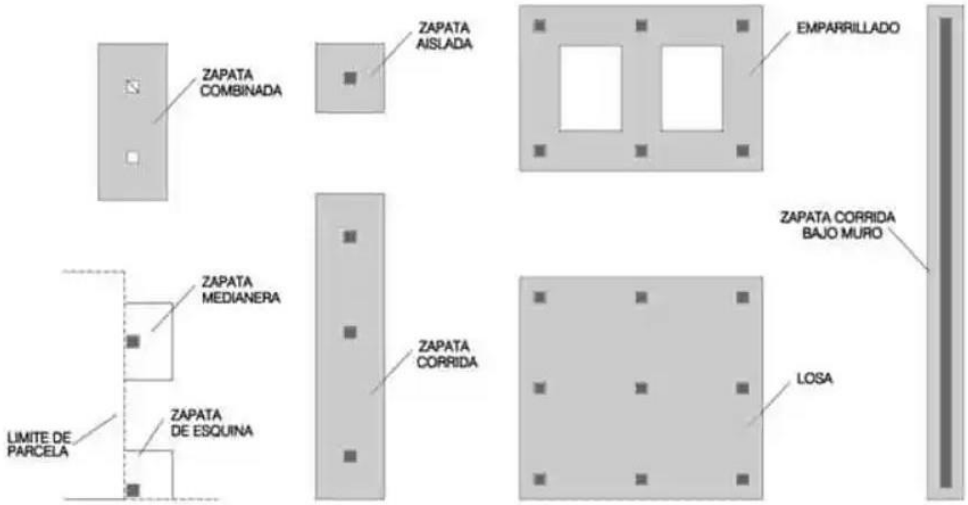
5.1. Cimentaciones poco profundas

De acuerdo con (Montoya, 2010, Pinto, 2010) las cimentaciones poco profundas sonlas que se encuentran apoyadas en las capas superficiales o poco profundas del suelo y estánclasificadas como:

5.1.1. zapatas

Siguiendo la definición de (Montoya, 2010, Pinto, 2010) las zapatas son una extensión de la base de una columna o muro estructural. Estas reciben las cargas de la estructura para transmitirlas al subsuelo de manera apropiada.

Ilustración 2. Tipos de cimentaciones superficiales

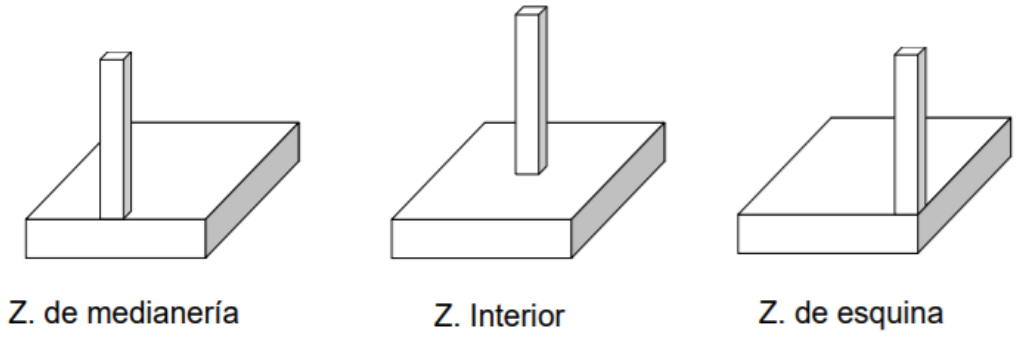


Fuente: F, M. J. (2010). CIMENTACIONES. Mérida: Universidad de Los Andes.

5.1.1.1. ZAPATAS AISLADAS

Las zapatas aisladas se construyen como la base de elementos estructurales puntualescomo las columnas; de modo que esta amplía la superficie de apoyo hasta lograr que el suelosoporte sin problemas la carga que le transmite. El término zapata aislada se debe a que se usa para un único pilar. Es el tipo de zapata más simple, pero no son adecuadas cuando el momento flector en la base del pilar es excesivo (Montoya, 2010, Pinto, 2010).

Ilustración 3. Tipos de zapatas aisladas



Fuente: F, M. J. (2010). CIMENTACIONES. Mérida: Universidad de Los Andes.

5.1.1.2. ZAPATAS COMBINADAS

Una zapata combinada es un elemento que sirve de cimentación para dos o más columnas. En principio las zapatas aisladas sacan provecho de que diferentes pilares tienen diferentes momentos flectores. Si estos se combinan en un único elemento de cimentación, el resultado puede ser un elemento más estabilizado y sometido a un menor momento resultante (Montoya, 2010, Pinto, 2010).

5.1.1.3. ZAPATAS CORRIDAS

En su trabajo, (Montoya, 2010, Pinto, 2010) mencionan que las zapatas corridas se construyen como la base muros portantes, o hileras de columnas están indicadas como cimentación de un elemento estructural longitudinalmente continuo, como un muro, en el que pretendemos los asientos en el terreno. Funcionan estructuralmente como una viga que recibe las cargas lineales o puntuales separadas. Son cimentaciones de gran longitud en comparación con su sección transversal. Este tipo de cimentación hace de arrostramiento, puede reducir la presión sobre el terreno y puede puentear defectos y heterogeneidades en elterreno. también resultan útiles es cuando se requerirían muchas zapatas aisladas próximas, resultando más sencillo realizar una zapata corrida.

5.2. Cimentaciones semiprofundas

5.2.1. Pozos de cimentación o caissons

De acuerdo con (Montoya, 2010, Pinto, 2010), los pozos de cimentación se planteancomo solución entre las cimentaciones superficiales, (zapatas, losas, etc.) y las cimentacionesprofundas, por lo que en ocasiones se catalogan como Semiprofundas. La elección de pozosde cimentación aparece como consecuencia de resolver de forma económica, la cimentaciónde un edificio cuando el firme se encuentra a una profundidad de 4 a 6 m. Algunas veces estos deben hacerse bajo agua, cuando no puede desviarse el río, en ese caso se trabaja en cámaras presurizadas.

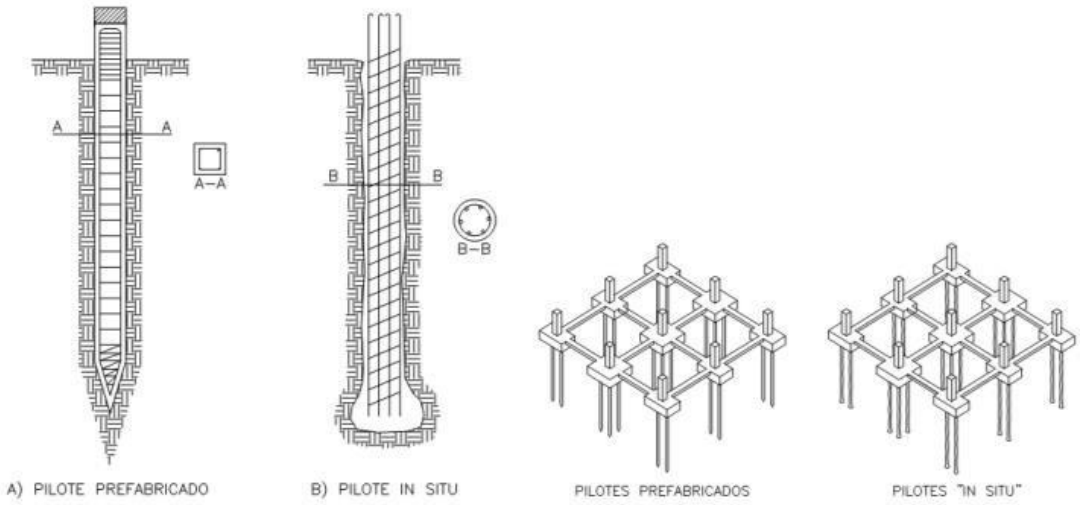
5.3. Cimentaciones profundas

Se basan en el esfuerzo cortante entre el terreno y la cimentación para soportar las cargas aplicadas, o más exactamente en la fricción vertical entre la cimentación y el terreno.Por eso deben ser más profundas, para poder proveer sobre una gran área sobre la que distribuir un esfuerzo suficientemente grande para soportar la carga. Este tipo de cimentación se utiliza cuando se tienen circunstancias especiales: Una obra con una carga demasiado grande no pudiendo utilizar ningún sistema de cimentación especial. -Que el terreno a ocuparno tenga resistencia o características necesarias para soportar construcciones muy extensas opesadas (Montoya, 2010, Pinto, 2010). Algunos métodos utilizados en cimentaciones profundas son:

5.3.1. Pilotes

Los pilotes son miembros estructurales con un área de sección transversal pequeña en comparación con su longitud. Se hincan en el suelo a base de golpes generados por maquinaria especializada, en grupos o en filas, conteniendo cada uno el suficiente número depilotes para soportar la carga de una sola columna o muro. Son elementos de cimentación esbeltos que se hincan (pilotes de desplazamiento prefabricados) o construyen en una cavidadpreviamente abierta en el terreno (pilotes de extracción ejecutados in situ). Antiguamente eran de madera, hasta que en los años 1940 comenzó a emplearse el hormigón. La figura 3 representa pilotes prefabricados y la figura 4, dichas estructuras en vista espacial.

Ilustración 4. Tipos de pilotes



Fuente: F, M. J. (2010). CIMENTACIONES. Mérida: Universidad de Los Andes.

5.4. Resistencia al corte

La resistencia al corte se define como el esfuerzo cortante máximo que puede soportar el suelo. En el análisis de estabilidad se utilizan dos tipos de resistencia al corte: sin drenaje y con drenaje. La resistencia no drenada se utiliza para un análisis de tensión completo, mientras que la resistencia drenada se utiliza para un análisis de tensión efectivo.

5.4.1. Resistencia no drenada

La resistencia no drenada es la resistencia del suelo a la falla en condiciones no drenadas, es decir, cuando se aplica una carga que causa la falla a la masa de suelo a una tasa mayor que la tasa de drenaje del suelo. El caso más común de resistencia no drenada ocurre cuando los depósitos de arcilla naturalmente saturados se cargan o descargan relativamente rápido en comparación con la tasa de drenaje y/o consolidación. Si esto sucede, se asume el fenómeno de resistencia no drenada, el contenido de humedad y el volumen de la arcilla permanecen constantes con la carga descargada y se presenta una presión de poro excesivamente alta. Analiza el comportamiento no drenado de la arcilla saturada en función de la tensión total sin necesidad de estimar la presión intersticial. En este caso, la resistencia no drenada Cu es igual al valor de la cohesión en la capa de Mohr-Coulomb de la tensión total, si el método analítico $\varphi = 0$. Bajo estos supuestos, la arcilla saturada no drenada no se ve afectada por los cambios de la presión límite de resistencia (siempre que el contenido de agua sea constante). Las arcillas normalmente endurecidas o ligeramente sobre endurecidas tienden

a compactarse cuando se someten a un esfuerzo cortante y provocan una acumulación de presión intersticial en condiciones no drenadas.

En condiciones no consolidadas, la tendencia de las arcillas (altamente consolidadas) a expandirse cuando se someten a cizallamiento provoca cambios negativos en la presión intersticial. De lo anterior, cuando la arcilla se cizalla en condiciones sin drenaje, la tensión efectiva sobre la superficie de fractura potencia cambia y es menor para la arcilla normalmente endurecida y mayor para la arcilla sobre sanitizada. Para arcillas normalmente endurecidas, la resistencia no drenada suele ser menor que la resistencia drenada. Las arcillas muy sobre consolidadas pueden tener lo contrario, y la resistencia sin drenaje puede ser mayor que la resistencia con drenaje debido a la disminución de la presión intersticial y al aumento de la tensión efectiva durante el corte son drenaje (Duncan y Wright, 2005).

5.4.2. Resistencia drenada

La resistencia drenada es la resistencia del suelo cuando se carga lentamente y sin una presión intersticial excesiva debido a la carga aplicada. Además, la resistencia al drenaje ocurre cuando se aplica una carga durante el tiempo suficiente para drenar el suelo. El estado no borroso se puede drenar con el tiempo.

De acuerdo con el principio de tensión efectiva, la máxima resistencia al drenaje para cualquier plano de suelo no es una función de la tensión normal total que actúa sobre el plano,sino una función de la diferencia entre la tensión normal total y la presión intersticial.

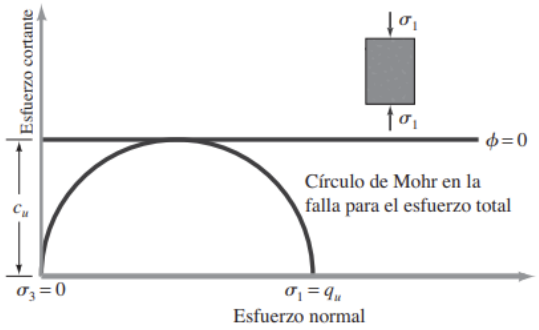
5.5. Resistencia a la compresión no confinada

La prueba de compresión no confinada o también conocida como prueba de compresión simple consiste en un tipo de prueba especial en condiciones no consolidada y no drenada que es comúnmente usado para muestras de arcilla. Donde, a la muestra se le aplica de manera rápida una carga de tipo axial para ocasionar una falla.

Para este caso, el esfuerzo principal menor total es cero y el esfuerzo principal mayor total corresponde al valor de σ_1. Dado que la resistencia al corte en condición no drenada es independiente de la presión de confinamiento, se tiene que:

$$\tau_f = \frac{\sigma_1}{2} = \frac{q_u}{2} = C_u \quad (1)$$

Ilustración 5. Circulo de Mohr - prueba de compresión simple



Fuente: Braja M. Das – Fundamentos de Ingeniería Geotécnica – Cuarta edición.

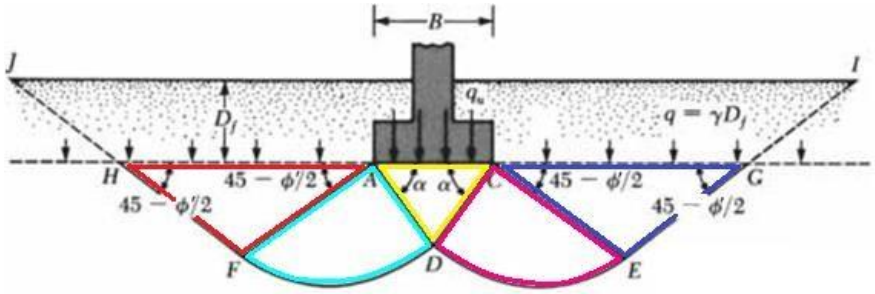
5.6. Capacidad de carga de cimentaciones poco profundas

5.6.1. Teoría de Terzaghi

De acuerdo con Braja (2013), fue Terzaghi (1943) el primero en presentar una teoría global con el fin de poder evaluar la capacidad de carga última de cimentaciones superficiales. Según menciona la teoría, una cimentación se considera superficial cuando la profundidad de desplante Df es menor o igual que el ancho de la cimentación. Sin embargo, posteriormente otros investigadores han sugerido que cimentaciones con Df igual a 3 a 4 veces el ancho de la cimentación también se consideran superficiales.

Según Terzaghi (1943) la zona de la falla bajo una cimentación continua puede dividirse en tres fragmentos

Ilustración 6. Falla de la capacidad de carga en un suelo bajo una cimentación continua.



Fuente: Braja M. Das – Fundamentos de Ingeniería Geotécnica – Cuarta edición.

- La zona triangular ACD ubicada inmediatamente debajo de la cimentación

- Las zonas de corte ADF y CDE, con las curvas DE y DF siendo arcos de una espiral logarítmica
- Dos zonas pasivas Rankine triangulares AFH y CEG

Terzaghi expreso la capacidad última de carga utilizando el análisis de equilibrio, deacuerdo con el tipo y la geometría de la cimentación;

- Cimentación en franja

$$q_u = C'N_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma \quad (2)$$

Donde;

C' = Cohesión del suelo.

γ = Peso unitario del suelo.

D_f = Profundidad de cimentación medida desde la superficie del suelo.

$q = \gamma D_f$

N_c, N_q, N_γ = factores de capacidad de carga adimensionales y sólo son funciones del ángulo de fricción del suelo φ

B = Ancho de cimentación

- Zapatas cuadradas

$$q_u = 1.3C'N_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma \quad (3)$$

- Zapatas circulares

$$q_u = 1.3C'N_c + qN_q + 0.3\gamma BN_\gamma \quad (4)$$

Donde B = diámetro de la zapata.

Tabla II. Factores de capacidad de carga de Terzaghi.

φ	N_c	N_q	N_γ	φ	N_c	N_q	N_γ
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.10	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18

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

Fuente: Braja M. Das – Fundamentos de Ingeniería Geotécnica – Cuarta edición.

Posteriormente, Meyerhof (1963) generalizó la ecuación de la capacidad última de carga de cimentaciones en franja, teniendo en cuenta lo siguiente:

- La resistencia al corte a lo largo de la superficie de falla en el suelo por encima del fondo de la cimentación.
- La proporción entre el ancho y la longitud de las cimentaciones rectangulares.
- La inclinación de la carga.

Llegando así, a la siguiente expresión

$$q_u = C' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} \quad (5)$$

Donde;

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

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

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

Las relaciones de los factores de forma aportados por De Beer en 1970 son;

$$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L}\frac{N_q}{N_c} \quad (6)$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L}\tan \varphi` \quad (7)$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0.4\,\frac{B}{L} \quad (8)$$

Las relaciones de los factores de profundidad aportados por Hansen en 1971 son;

$\frac{D_f}{B} \leq 1$

$\varphi = 0$

$$F_{cd} = 1 + 0.4\left(\frac{D_f}{B}\right) \quad (9)$$

$$F_{qd} = 1 \quad (11)$$

$$F_{\gamma d} = 1 \quad (13)$$

$\varphi > 0$

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \varphi`} \quad (10)$$

$$F_{qd} = 1 + \tan \varphi` (1 - \operatorname{sen} \varphi`)^2 \left(\frac{D_f}{B}\right) \quad (12)$$

$$F_{\gamma d} = 1 \quad (14)$$

$\frac{D_f}{B} > 1$

$\varphi = 0$

$$F_{cd} = 1 + Tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right) \quad (15)$$

$$F_{qd} = 1 \quad (17)$$

$$F_{\gamma d} = 1 \quad (19)$$

$\varphi > 0$

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \varphi`} \quad (16)$$

$$F_{qd} = 1 + 2\tan \varphi` (1 - \operatorname{sen} \varphi`)^2 Tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right) \quad (18)$$

$$F_{\gamma d} = 1 \quad (20)$$

Las relaciones de los factores de inclinación aportados por Meyerhof en 1963 y Hanna y Meyerhof 1981 son;

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^{\circ}}{90}\right)^{2} \quad (21)$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta^{\circ}}{\varphi}\right)^{2} \quad (22)$$

Donde;

$\beta =$ Inclinación de la carga sobre la cimentación respecto a la vertical

Tabla III. Variación de los factores de capacidad de carga de Terzaghi.

φ	N_c	N_q	N_γ	φ	N_c	N_q	N_γ
0	5.14	1.00	0.00	23	18.05	8.66	8.20
1	5.38	1.09	0.07	24	19.32	9.60	9.44
2	5.63	1.20	0.15	25	20.72	10.66	10.88
3	5.90	1.31	0.24	26	22.25	11.85	12.54
4	6.19	1.43	0.34	27	23.94	13.20	14.47
5	6.49	1.57	0.45	28	25.80	14.72	16.72
6	6.81	1.72	0.57	29	27.86	16.44	19.34
7	7.16	1.88	0.71	30	30.14	18.40	22.40
8	7.53	2.06	0.86	31	32.67	20.63	25.99
9	7.92	2.25	1.03	32	25.49	23.18	30.22
10	8.35	2.47	1.22	33	38.64	26.09	35.19
11	8.80	2.71	1.44	34	42.16	29.44	41.06
12	9.28	2.97	1.69	35	46.12	33.30	48.03
13	9.81	3.26	1.97	36	50.59	37.75	56.31
14	10.37	3.59	2.29	37	55.63	42.92	66.19
15	10.98	3.94	2.65	38	61.35	48.93	78.03
16	11.63	4.34	3.06	39	67.87	55.96	92.25
17	12.34	4.77	3.53	40	75.31	64.20	109.41
18	13.10	5.26	4.07	41	83.86	73.90	130.22
19	13.93	5.80	4.68	42	93.71	85.38	155.55
20	14.83	6.40	5.39	43	105.11	99.02	186.54
21	15.82	7.07	6.20	44	118.37	115.31	224.64
22	16.88	7.82	7.13	45	133.88	134.88	271.76

Fuente: Braja M. Das – Fundamentos de Ingeniería Geotécnica – Cuarta edición.

5.6.2. Capacidad neta última de carga

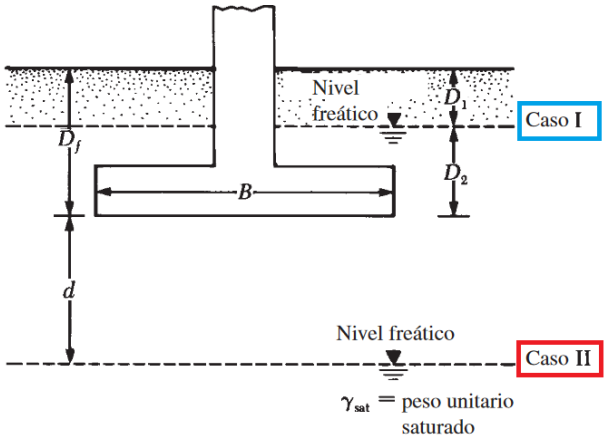
De acuerdo con Braja (2013), la capacidad neta última de carga es la presión máxima por unidad de área de la cimentación que puede ser soportada por el suelo debida al exceso de presión causada por el suelo y está definida por la ecuación:

$$q_{neta(u)} = q_u - q \quad (23)$$

5.6.3. Ecuaciones de capacidad de carga para el nivel freático

Las ecuaciones planteadas por Terzaghi y Meyerhof tienen el supuesto de que el nivel freático del suelo se encuentra muy por debajo de la cimentación. En caso de que la capa freática se encuentra cerca, es necesario modificar las ecuaciones de carga de acuerdo con los siguientes casos:

Ilustración 7. Modificación de las ecuaciones de la capacidad de carga para nivel freático.



Fuente: Braja M. Das – Fundamentos de Ingeniería Geotécnica – Cuarta edición.

Caso I $\quad 0 \leq D_1 \leq D_f$

$$q = D_1\gamma + D_2(\gamma_{Sat} - \gamma_w) \quad (24)$$

Donde;

γ_{Sat} = Peso unitario del suelo saturado

γ_w = Peso unitario del agua

y, γ en el último término de las ecuaciones tiene que ser reemplazado por;

$$\gamma \gg \gamma` = \gamma_{Sat} - \gamma_w$$

Caso II $0 \leq d \leq B$

$$q = \gamma D_f \quad (25)$$

y, γ en el último término de las ecuaciones tiene que ser reemplazado por;

$$\gamma \gg \bar{\gamma} = \gamma` + \frac{d}{B}(\gamma - \gamma`)$$

Caso III: Cuando el nivel freático está localizado en $d \leq B$, el agua no tiene efecto sobre la capacidad última de carga.

5.7. Asentamiento de cimentaciones poco profundas

Los asentamientos en las cimentaciones poco profundas pueden ser de 2 tipos;

Asentamiento de consolidación: (dependiente del tiempo) de las posibles capas de arcilla ubicadas debajo de la cimentación

Asentamiento elástico: que se produce más o menos en un corto tiempo después que la cimentación se somete a la carga estructural.

5.8. Coeficiente de Balasto

El coeficiente de balasto Ks es un parámetro que se define como la relación entre la presión que actúa en un punto, p, y el asiento que se produce, en función de las características del terreno, como lo es la resistencia a compresión simple qu. Para suelos cohesivos se tiene la siguiente correlación:

$$k = \frac{100}{3} * q_u * \frac{1}{B}\left(1 + \frac{B}{2L}\right) \quad (26)$$

Donde;

$k =$ coeficiente de balasto

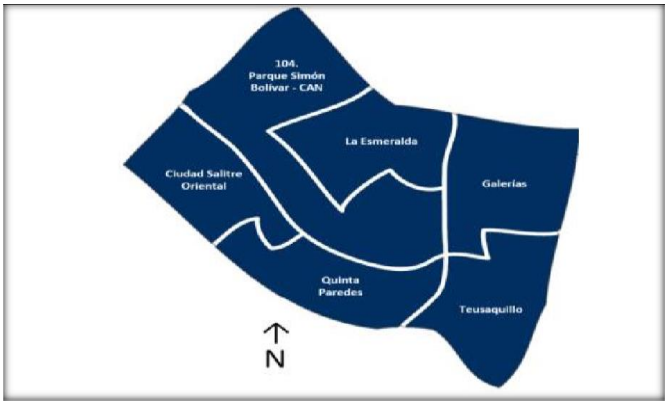
$q_u =$ resistencia a la compresión inconfinada

6. Metodología

6.1. Descripción de la zona de trabajo

La ciudad de Bogotá está conformada por una superficie de 1636 km2 y constituida por 20 localidades. La localidad de Teusaquillo cuenta con 6 UPZs; Cuidad salitre oriental, parque simón bolívar CAN, la esmeralda, galerías, Teusaquillo y quinta paredes, siendo la UPZ la Esmeralda, la que es objeto de trabajo en el presente documento.

Ilustración 8. Distribución UPZs en la localidad de Teusaquillo



Fuente: https://www.idiger.gov.co

6.1.1. Zonificación geotécnica

De acuerdo con el decreto 523 del 16 de diciembre de 2010, por medio del cual se adopta la microzonificación sísmica de Bogotá D.C., se fijan las zonas geotécnicas y de respuesta sísmica según las características y comportamiento del suelo.

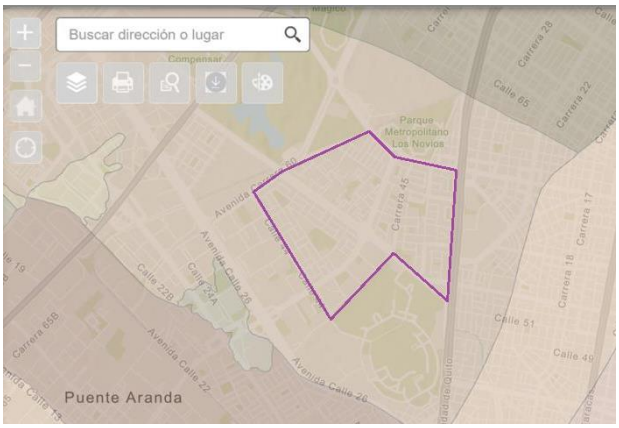
Según lo anterior, en la UPZ La Esmeralda se tiene una zonificación geotécnica Lacustre B.

Tabla IV. Zonificación geotécnica UPZ La Esmeralda

Nombre	Geotecnia	Geología	Geomorfología	Composición principal	Comportamiento geotécnico general
Lacustre B	Suelo lacustre blando	Terraza alta – Lacustre	Planicie	Arcillas limosas blandas	Suelos de muy baja a media capacidad portante y muy compresibles.

Fuente: Decreto 523 de 2010, recuperado de: https://www.scg.org.co/

Ilustración 9. Zonificación geotécnica UPZ La Esmeralda.



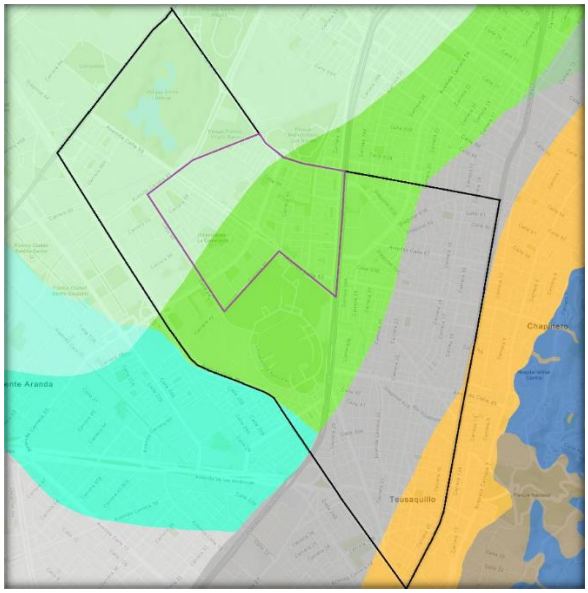
Fuente: https://www.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=fa4b277533584c3a95a9208b4d542e19

6.1.2. Zona de respuesta sísmica

De acuerdo con el decreto 523 del 16 de diciembre de 2010, por medio del cual se adopta la microzonificación sísmica de Bogotá D.C., se fijan las zonas geotécnicas y de respuesta sísmica según las características y comportamiento del suelo.

Según lo anterior, en la UPZ La Esmeralda se tienen las siguientes zonas de respuesta sísmica:

Ilustración 10. Zonas de respuesta sísmica UPZ La Esmeralda



Fuente: https://www.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=fa4b277533584c3a95a9208b4d542e19

Lacustre 200

Lacustre 300

Tabla V. Zonas de respuesta sísmica UPZ La Esmeralda

Nombre	Espesor del depósito (m)	Descripción geotécnica general	Efectos de sitio relacionados
Lacustre 200	100-200	Suelo lacustre blando; arcillas limosas o limos arcillosos en algunos sectores con intercalaciones de lentes de turba.	Amplificación
Lacustre 300	200-300		Amplificación

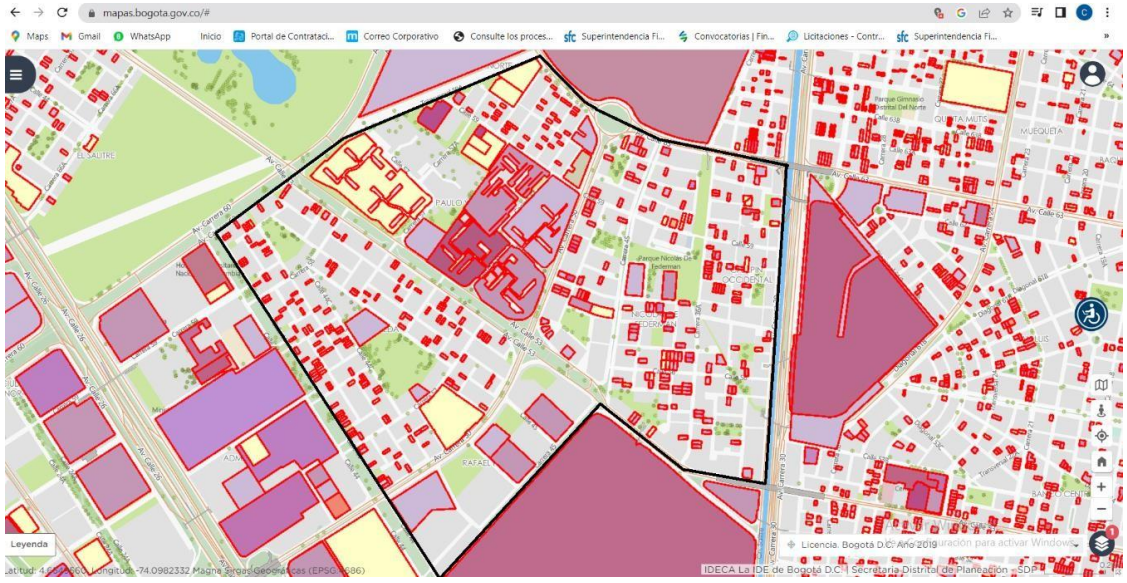
Fuente: Decreto 523 de 2010, recuperado de: https://www.scg.org.co/

6.2. Obtención de los datos

Para el desarrollo del proyecto, fue necesaria le recolección de los datos de estudios de suelos, la cual se obtuvo gracias a la información de carácter público que reposa en el archivo central de predios y fue recopilada de la siguiente manera;

- Consultando los predios con licencias de construcción aprobadas por medio de lapágina web de mapas Bogotá con link url; https://mapas.bogota.gov.co/#

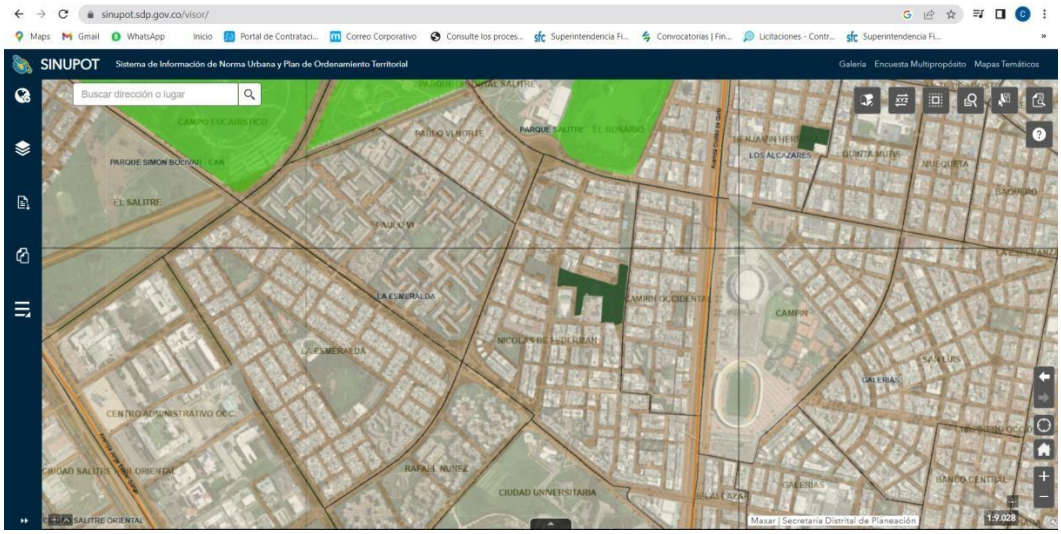
Ilustración 11. Predios con licencias de construcción aprobadas UPZ La Esmeralda



Fuente: https://mapas.bogota.gov.co/#

- Consultado la dirección de los predios con licencias de construcción aprobadas por medio de la página web del sinupot de Bogotá con link https://sinupot.sdp.gov.co/visor/

Ilustración 12. Consulta direcciones UPZ La Esmeralda



Fuente: https://sinupot.sdp.gov.co/visor/

- Realizar la solicitud de consulta de las licencias y sus anexos, de acuerdo a los números de licencias y direcciones obtenidas en los anteriores portales, por mediodel diligenciamiento del formulario de solicitud de agendamiento de citas de la secretaria de planeación.

Ilustración 13. Agendamiento de citas SDP



- Verificar los anexos de las licencias que fueron facilitadas por la secretariadistrital de planeación en el archivo central de predios

- Realizar una copia digital de los estudios de suelos de las licencias solicitadas que tuvieran la información requerida y reposaran en el archivo central de predios.

6.3. Procesamiento de datos

En base a la copia digital de los estudios de suelos, se generó una base de datos de acuerdo a los resultados de los laboratorios anexos, evidenciando que en todos los estudios se realizaron 2 ensayos de laboratorio; Limites de atterberg y compresión inconfinada, por loque se obtuvo en la mayoría de los casos, el dato del peso unitario, humedad, resistencia a la compresión inconfinada, limite líquido, limite plástico, clasificación y nivel freático.

De forma paralela, se creó un KMZ con la herramienta de google earth, donde se ubicaron los sondeos de cada estudio de suelo obtenido en la recopilación de la información,el KMZ se adjunta como anexo al presente documento.

Ilustración 14. Localización de sondeos estudios consultados UPZ La Esmeralda



Fuente: Google earth

6.3.1. Perfil estratigráfico generalizado

Con la base de datos generada se procedió a organizar la data en función de laprofundidad de cada sondeo. de cada zona respectiva, Obteniendo;

Tabla VI. Data organizada zona 1

Prof. (m)	LP	LL	IP	ω	ϒ (ton/m³)	qu (ton/m²)
0.450	42.20%	89.70%	47.50%	38.70%	SD	SD
0.700	35.51%	80.53%	45.01%	59.58%	1.543	9.000
1.200	57.00%	97.00%	40.00%	75.50%	1.719	4.230
1.270	58.30%	99.00%	40.30%	69.30%	1.909	7.617
1.290	59.50%	112.40%	52.90%	76.40%	1.620	5.413
1.300	38.59%	116.00%	77.41%	80.06%	1.642	18.000
1.390	28.90%	73.00%	44.10%	71.30%	1.932	7.558
1.400	26.44%	40.69%	14.25%	96.60%	2.142	7.135
1.410	91.80%	153.70%	61.90%	115.70%	1.554	3.444
1.420	62.60%	110.10%	47.50%	94.40%	1.598	2.263
1.480	38.58%	89.73%	51.15%	55.50%	1.719	18.000
1.490	47.53%	114.87%	67.34%	84.22%	1.642	8.000
1.500	47.32%	67.50%	20.18%	61.34%	1.490	7.970
1.550	123.00%	191.00%	68.00%	155.56%	1.447	8.316
1.600	55.00%	125.00%	70.00%	144.70%	1.488	2.952
1.680	22.70%	24.99%	2.29%	52.69%	1.543	9.940
1.690	22.70%	24.99%	2.29%	52.69%	1.532	10.924
1.760	24.35%	26.66%	1.71%	51.08%	1.543	9.989
1.770	42.65%	51.56%	8.91%	78.84%	1.158	SD
1.790	24.35%	26.05%	1.71%	51.03%	1.532	11.023
1.830	104.00%	189.00%	85.00%	179.73%	1.328	7.352
1.840	43.90%	96.50%	52.60%	52.92%	1.708	9.743
1.860	15.56%	17.94%	2.38%	56.99%	1.532	9.960
1.870	15.56%	17.94%	2.39%	58.10%	1.532	11.318
1.890	17.59%	31.14%	13.54%	47.76%	2.087	7.383
1.900	17.46%	33.07%	15.60%	55.06%	2.096	7.464
1.990	26.90%	71.90%	45.00%	24.60%	1.866	2.854
2.050	43.90%	96.40%	52.50%	53.08%	1.719	9.842
2.100	22.00%	77.00%	54.10%	51.40%	1.866	6.928
2.180	33.40%	92.20%	58.80%	60.30%	1.895	3.838
2.190	26.30%	70.40%	44.10%	24.80%	1.887	2.755
2.200	33.20%	92.04%	58.83%	72.99%	1.752	8.000
2.280	25.30%	85.40%	60.10%	64.60%	1.885	2.559

2.290	24.60%	76.00%	51.40%	59.10%	1.907	3.346
2.300	36.89%	81.37%	44.48%	52.01%	1.664	14.000
2.350	43.80%	96.30%	52.50%	53.08%	1.719	9.743
2.450	39.00%	101.00%	62.00%	95.21%	1.399	8.198
2.460	39.10%	85.00%	45.90%	79.40%	1.469	5.226
2.470	32.00%	77.00%	45.00%	54.20%	1.715	2.519
2.480	38.00%	93.00%	55.00%	50.40%	1.873	7.775
2.490	39.53%	103.95%	64.42%	71.30%	1.642	10.000
2.640	22.30%	64.00%	41.70%	63.50%	SD	SD
2.690	22.70%	24.99%	2.29%	52.69%	1.543	10.186
2.830	35.86%	85.58%	49.72%	66.00%	2.105	11.643
2.840	36.52%	86.42%	49.90%	70.00%	2.080	12.725
2.850	38.50%	78.75%	40.25%	67.00%	2.050	11.229
2.890	24.35%	26.05%	1.70%	51.08%	1.543	10.117
2.950	53.00%	160.00%	107.00%	140.68%	1.295	7.185
2.955	49.20%	73.69%	24.49%	37.25%	1.408	8.956
2.960	27.03%	57.15%	30.12%	37.95%	1.158	SD
2.965	49.20%	73.69%	24.49%	37.25%	1.933	8.956
2.970	49.20%	73.69%	24.48%	37.25%	1.933	8.950
2.980	85.32%	118.25%	32.93%	107.64%	1.310	11.219
2.990	42.51%	87.77%	45.26%	52.91%	1.686	9.000
3.000	34.16%	89.62%	55.46%	49.39%	1.642	9.000
3.025	60.00%	151.00%	91.00%	139.68%	1.501	6.702
3.050	43.90%	96.30%	52.40%	53.39%	1.741	9.842
3.090	15.56%	17.94%	2.38%	58.12%	1.543	10.393
3.100	23.70%	73.00%	49.30%	51.00%	1.951	3.247
3.140	26.20%	77.90%	51.70%	52.26%	1.664	6.495
3.150	43.90%	96.50%	52.60%	53.23%	1.730	9.743
3.290	34.80%	146.60%	111.80%	113.70%	1.708	2.066
3.300	44.00%	108.00%	64.00%	69.70%	1.741	6.003
3.450	61.00%	160.00%	99.00%	148.69%	1.288	8.572
3.460	9.82%	43.62%	33.80%	55.60%	1.797	12.499
3.470	27.20%	98.40%	71.20%	72.90%	1.986	2.165
3.480	50.00%	53.70%	3.70%	56.52%	1.871	10.952
3.490	43.62%	55.55%	11.93%	67.93%	2.009	10.871
3.495	30.57%	62.41%	31.84%	55.48%	1.786	12.499
3.500	42.86%	59.09%	16.23%	63.16%	1.941	10.952
3.600	22.10%	24.42%	2.32%	52.69%	1.554	9.911
3.700	22.70%	24.99%	2.29%	52.68%	1.565	4.133
3.750	26.30%	77.80%	51.50%	52.43%	1.675	6.410
3.800	23.69%	25.49%	1.80%	51.13%	1.554	10.058
3.850	23.10%	91.90%	68.80%	70.60%	1.631	2.263
3.900	23.69%	25.49%	1.79%	51.13%	1.554	1.968

3.910	25.81%	64.19%	38.38%	50.25%	1.253	4.921
3.930	25.81%	64.19%	38.38%	50.25%	1.882	4.920
3.980	88.70%	184.00%	95.30%	146.60%	1.473	7.982
4.000	30.76%	98.77%	68.02%	59.50%	1.540	9.000
4.050	25.80%	77.70%	51.90%	52.59%	1.686	6.594
4.090	15.46%	17.85%	2.39%	58.13%	1.554	10.078
4.090	45.90%	99.30%	53.40%	54.14%	1.796	6.987
4.100	15.46%	17.85%	2.38%	58.13%	1.554	2.952
4.180	41.20%	92.30%	51.10%	60.88%	1.895	12.105
4.190	40.90%	89.70%	48.80%	69.19%	1.951	11.613
4.200	41.30%	90.60%	49.30%	70.12%	1.873	11.900
4.300	33.52%	74.31%	40.79%	81.16%	1.543	7.500
4.400	34.40%	102.00%	67.60%	81.00%	1.665	1.870
4.450	62.00%	144.00%	82.00%	102.00%	1.532	4.230
4.460	62.00%	148.00%	86.00%	100.80%	1.565	3.930
4.470	44.80%	91.60%	46.80%	52.07%	2.127	10.370
4.480	47.80%	91.40%	43.60%	55.26%	2.116	10.334
4.490	45.10%	90.30%	45.20%	56.19%	2.105	9.940
4.500	39.57%	92.23%	52.66%	59.14%	1.664	7.500
4.550	57.00%	185.00%	128.00%	139.94%	1.518	6.810
4.650	57.00%	151.00%	94.00%	156.62%	1.194	7.283
4.760	29.37%	69.86%	40.49%	56.40%	1.158	4.133
4.890	22.70%	24.99%	2.29%	52.69%	1.565	10.186
4.900	22.10%	24.42%	2.32%	52.69%	1.554	1.771
4.960	24.35%	26.05%	1.70%	51.19%	1.565	10.639
4.970	24.35%	26.05%	1.71%	51.19%	1.565	4.921
4.980	110.25%	134.79%	24.54%	115.73%	1.280	10.260
4.990	59.02%	150.37%	91.35%	101.38%	1.620	7.500
5.090	15.56%	17.94%	2.38%	58.15%	1.543	10.993
5.090	39.56%	86.01%	46.44%	61.26%	1.642	7.000
5.100	15.56%	17.94%	2.39%	58.15%	1.565	5.413
5.300	27.50%	102.80%	75.30%	85.60%	1.686	1.574
5.400	64.00%	160.00%	96.00%	112.20%	1.521	2.657
5.470	65.00%	157.00%	92.00%	111.80%	1.499	2.060
5.480	16.17%	48.45%	32.28%	45.74%	2.105	9.492
5.490	12.20%	42.65%	30.45%	48.17%	2.102	8.762
5.500	19.81%	51.51%	31.71%	49.74%	2.091	9.167
5.800	56.40%	114.40%	58.00%	25.60%	1.909	1.673
5.840	45.90%	99.10%	53.20%	53.54%	1.752	7.086
5.850	45.90%	99.20%	53.30%	53.85%	1.774	6.987
5.910	24.35%	26.05%	1.70%	51.24%	1.560	10.895
5.920	50.48%	81.58%	31.10%	53.81%	1.797	12.499
5.930	33.01%	65.93%	32.93%	55.60%	1.797	12.499

5.940	46.00%	159.00%	113.00%	141.74%	1.346	7.578
5.950	26.90%	126.00%	99.10%	92.50%	1.631	1.377
5.960	33.33%	77.88%	44.55%	42.00%	2.138	11.082
5.970	33.55%	77.33%	43.78%	60.00%	2.030	10.629
5.980	34.10%	78.32%	44.22%	64.00%	1.973	13.641
5.990	95.85%	115.55%	19.70%	102.96%	1.330	1.968
6.000	99.58%	147.25%	47.67%	114.13%	1.300	1.968
6.010	89.76%	122.79%	33.03%	113.21%	1.340	2.263
6.020	68.00%	162.00%	94.00%	112.70%	1.532	2.558
6.040	12.20%	42.80%	30.60%	62.50%	1.941	11.358
6.050	57.90%	60.87%	2.98%	68.18%	2.078	10.547
6.060	24.35%	62.05%	1.71%	51.24%	1.576	1.421
6.100	15.56%	17.94%	2.38%	58.16%	1.576	10.944
6.100	15.56%	17.94%	2.39%	58.16%	1.576	5.413
6.300	22.20%	59.00%	36.80%	89.70%	1.816	4.064
6.600	22.10%	75.60%	53.51%	75.60%	2.109	8.041
7.000	49.88%	127.44%	77.56%	93.28%	1.620	7.000
9.000	137.80%	153.82%	16.02%	142.34%	1.100	4.330
10.480	45.80%	92.90%	47.10%	53.65%	2.138	10.137
10.490	45.50%	91.60%	46.10%	56.48%	2.127	9.448
10.500	45.50%	92.40%	46.90%	58.06%	1.138	10.235
12.000	41.23%	79.58%	38.35%	63.84%	1.200	5.410
13.500	95.65%	143.58%	43.67%	125.91%	1.200	6.397
14.900	44.70%	92.50%	47.80%	54.36%	1.829	11.613
14.910	45.20%	91.90%	46.70%	58.48%	1.873	11.121
14.920	41.80%	91.60%	49.80%	59.73%	1.796	10.826
14.930	44.50%	95.30%	50.80%	61.47%	1.829	12.302
14.940	43.10%	94.20%	51.10%	60.23%	1.918	11.310
14.950	45.40%	89.70%	44.30%	56.25%	2.094	9.251
14.960	45.70%	91.50%	45.80%	56.60%	2.105	9.546
14.980	44.70%	90.50%	45.80%	54.75%	2.116	9.743
14.990	93.06%	142.01%	48.95%	136.41%	1.200	8.365

Fuente: Elaboración propia

Tabla VII. Data organizada zona 2

Prof (m)	LP	LL	IP	ω	ϒ (ton/m³)	qu (ton/m²)
0.79	25.00%	58.00%	33.00%	41.60%	SD	SD
0.80	53.00%	98.00%	45.00%	72.10%	SD	SD
0.97	21.90%	76.40%	54.50%	43.40%	SD	SD
0.98	39.54%	109.64%	70.10%	78.89%	2.00	6.40
0.99	21.80%	58.30%	36.50%	39.20%	1.61	7.60

1.00	41.00%	96.00%	55.00%	45.00%	1.85	10.04
1.09	28.00%	71.00%	43.00%	27.70%	SD	SD
1.10	25.00%	54.00%	29.00%	33.30%	SD	SD
1.18	31.00%	58.00%	27.00%	48.28%	1.43	2.04
1.19	27.00%	89.00%	62.00%	50.60%	1.84	5.20
1.27	60.00%	88.70%	28.70%	67.00%	SD	SD
1.28	32.00%	71.00%	39.00%	59.10%	2.08	7.18
1.40	32.58%	91.01%	58.43%	78.89%	SD	SD
1.45	16.63%	119.23%	102.60%	91.03%	1.82	7.60
1.46	25.03%	81.65%	56.62%	51.39%	1.43	4.72
1.47	22.38%	77.83%	55.45%	66.67%	1.44	3.84
1.48	20.42%	67.03%	46.61%	61.22%	1.58	5.51
1.49	49.00%	90.00%	41.00%	16.20%	1.59	5.61
1.50	77.00%	86.00%	9.00%	16.20%	2.51	3.52
1.60	21.00%	80.00%	59.00%	47.00%	1.68	3.40
1.70	41.20%	92.30%	51.10%	60.88%	SD	SD
1.71	41.20%	92.30%	51.10%	60.88%	1.87	11.91
1.72	41.30%	90.60%	49.30%	70.12%	1.95	11.61
1.73	40.90%	89.70%	48.80%	69.19%	1.90	12.11
1.74	41.30%	90.60%	49.30%	70.12%	1.87	11.91
1.75	40.90%	89.70%	48.80%	69.19%	1.95	11.61
1.76	32.20%	98.20%	66.00%	62.80%	1.90	12.11
1.77	42.65%	51.56%	8.91%	78.84%	1.70	6.18
1.78	42.65%	51.56%	8.91%	78.84%	SD	SD
1.79	34.00%	68.00%	34.00%	43.61%	1.82	5.02
1.80	24.00%	83.00%	59.00%	42.40%	1.16	SD
1.84	44.27%	83.31%	39.04%	36.91%	1.16	SD
1.85	44.27%	83.31%	39.04%	36.91%	1.41	SD
1.98	23.00%	87.00%	64.00%	54.90%	1.41	SD
2.00	26.00%	78.00%	52.00%	39.70%	1.80	17.52
2.09	43.00%	96.00%	53.00%	35.00%	SD	SD
2.10	28.00%	90.00%	62.00%	55.60%	SD	SD
2.18	32.00%	86.00%	54.00%	47.04%	1.85	9.84
2.19	29.00%	96.00%	67.00%	32.30%	SD	SD
2.20	21.00%	54.00%	33.00%	22.63%	1.98	24.61
2.28	30.00%	80.00%	50.00%	45.26%	1.59	5.94
2.29	27.53%	72.10%	44.57%	56.67%	1.72	6.04
2.30	27.53%	72.10%	44.57%	56.67%	1.91	4.92
2.39	31.50%	98.70%	67.20%	65.00%	1.91	4.92
2.40	37.22%	57.84%	20.62%	20.62%	2.03	14.80
2.49	31.56%	124.81%	93.25%	89.28%	1.82	4.53
2.63	35.53%	87.59%	52.06%	61.07%	1.61	7.60
2.64	54.00%	99.00%	45.00%	16.20%	1.97	7.87

2.66	27.45%	65.60%	38.15%	49.00%	1.91	7.58
2.68	20.00%	64.40%	44.40%	42.80%	SD	SD
2.69	27.00%	80.00%	53.00%	39.87%	1.78	8.94
2.70	22.70%	44.70%	22.00%	31.12%	1.80	7.00
2.78	25.38%	62.28%	36.90%	40.44%	2.14	3.50
2.79	25.38%	62.28%	36.90%	40.44%	SD	SD
2.80	26.00%	86.00%	60.00%	49.00%	SD	SD
2.88	27.00%	106.00%	79.00%	48.90%	1.91	7.38
2.89	29.00%	81.00%	52.00%	24.00%	1.51	4.92
2.90	22.70%	44.70%	22.00%	31.12%	1.40	3.94
2.91	28.43%	171.10%	142.67%	138.60%	1.54	4.92
2.92	7.51%	112.47%	104.96%	165.23%	1.64	6.59
2.92	43.09%	139.69%	96.60%	103.70%	1.58	5.61
2.93	40.83%	131.37%	90.54%	119.15%	1.54	5.41
2.93	47.88%	146.71%	98.83%	68.92%	SD	SD
2.94	43.28%	133.00%	89.72%	108.51%	SD	SD
2.95	27.03%	57.15%	30.12%	37.95%	1.62	1.48
2.96	27.03%	57.15%	30.12%	37.95%	SD	SD
2.97	49.20%	73.69%	24.49%	37.25%	1.97	1.72
2.98	49.20%	73.69%	24.49%	37.25%	SD	SD
2.99	26.00%	90.00%	64.00%	66.00%	1.75	5.02
3.00	26.30%	83.20%	56.90%	63.90%	SD	SD
3.10	26.00%	91.00%	65.00%	29.80%	1.59	8.46
3.20	56.00%	179.50%	123.50%	84.50%	SD	SD
3.38	35.00%	82.00%	47.00%	28.00%	2.09	2.97
3.39	34.00%	109.00%	75.00%	67.40%	1.71	7.78
3.40	35.90%	74.90%	39.00%	357.80%	1.17	1.60
3.48	25.90%	95.60%	69.70%	60.50%	1.94	5.91
3.50	23.90%	73.10%	49.20%	51.30%	1.69	5.88
3.60	30.00%	92.00%	62.00%	29.70%	1.74	8.00
3.65	30.00%	88.00%	58.00%	44.48%	1.84	3.74
3.68	33.00%	97.00%	64.00%	77.80%	1.48	0.98
3.69	35.00%	142.00%	107.00%	83.50%	1.88	4.54
3.70	43.00%	155.00%	112.00%	22.12%	1.50	8.18
3.79	35.94%	92.60%	56.66%	61.94%	1.62	1.27
3.80	35.94%	92.50%	56.56%	61.94%	1.60	5.61
3.90	125.70%	192.40%	66.70%	204.50%	1.38	3.35
3.92	25.81%	64.19%	38.38%	50.25%	1.34	3.44
3.93	25.81%	64.19%	38.38%	50.25%	1.38	6.20
4.05	33.40%	104.70%	71.30%	74.50%	1.46	6.10
4.06	31.00%	92.00%	61.00%	42.13%	1.57	7.00
4.09	34.42%	76.80%	42.38%	56.04%	1.51	4.48
4.10	28.00%	82.00%	54.00%	38.78%	1.50	7.00

4.17	41.30%	90.60%	49.30%	70.12%	1.73	3.74
4.18	40.90%	89.70%	48.80%	69.19%	1.47	7.00
4.19	41.20%	92.30%	51.10%	60.88%	1.31	3.94
4.20	38.00%	105.60%	67.60%	85.31%	1.87	3.94
4.28	32.00%	100.00%	68.00%	45.11%	1.90	3.94
4.30	43.00%	144.00%	101.00%	97.25%	1.59	4.90
4.39	33.00%	117.00%	84.00%	65.40%	1.70	6.69
4.40	55.00%	182.40%	127.40%	82.42%	1.45	4.13
4.46	37.96%	120.42%	82.46%	115.74%	1.44	4.04
4.47	26.81%	100.76%	73.95%	96.30%	1.41	3.94
4.48	37.02%	132.72%	95.70%	140.58%	1.48	4.92
4.49	32.42%	136.40%	103.98%	141.82%	1.34	3.74
4.50	36.56%	114.19%	77.63%	82.43%	1.62	1.08
4.75	29.37%	69.86%	40.49%	56.40%	1.82	3.35
4.77	29.37%	69.86%	40.49%	56.40%	1.48	4.14
4.80	41.00%	126.00%	85.00%	54.61%	1.50	4.62
4.85	30.20%	56.55%	26.35%	42.52%	1.55	7.00
4.86	30.20%	56.55%	26.35%	42.52%	0.89	2.85
4.99	20.81%	80.66%	59.85%	76.58%	1.44	3.94
5.02	36.53%	138.89%	102.36%	128.15%	1.30	6.89
5.20	28.30%	78.50%	50.20%	43.50%	1.38	6.00
5.30	39.58%	150.33%	110.75%	128.15%	1.41	4.72
5.70	53.00%	196.00%	143.00%	151.90%	1.43	3.88
5.78	43.00%	140.00%	97.00%	102.22%	1.33	4.92
5.79	44.14%	90.00%	45.86%	61.67%	1.39	3.94
5.80	43.27%	102.20%	58.93%	61.72%	1.54	5.91
6.00	99.64%	118.40%	18.76%	109.26%	1.51	3.94
6.02	43.27%	145.88%	102.61%	146.00%	1.48	5.81
6.04	6.89%	156.76%	149.87%	126.73%	1.30	6.00
6.06	46.26%	158.18%	111.92%	145.13%	1.48	2.46
6.08	45.28%	169.88%	124.60%	109.88%	SD	SD
6.10	20.40%	144.85%	124.45%	106.98%	1.44	4.43
6.12	22.60%	86.70%	64.10%	54.20%	SD	SD
6.14	32.00%	113.00%	81.00%	57.40%	SD	SD
6.16	30.00%	131.00%	101.00%	98.90%	1.31	6.00
6.19	56.00%	179.50%	123.50%	84.50%	1.64	6.10
6.26	47.00%	182.00%	135.00%	132.50%	1.71	6.79
6.30	50.24%	93.60%	43.36%	66.52%	1.44	1.90
6.31	50.24%	93.60%	43.36%	66.52%	1.42	5.71
6.50	30.00%	46.00%	16.00%	25.00%	1.35	5.41
6.70	30.00%	187.00%	157.00%	76.40%	1.96	8.96
6.80	52.00%	179.00%	127.00%	129.10%	1.51	5.12
6.89	36.57%	139.63%	103.06%	97.79%	1.51	5.12

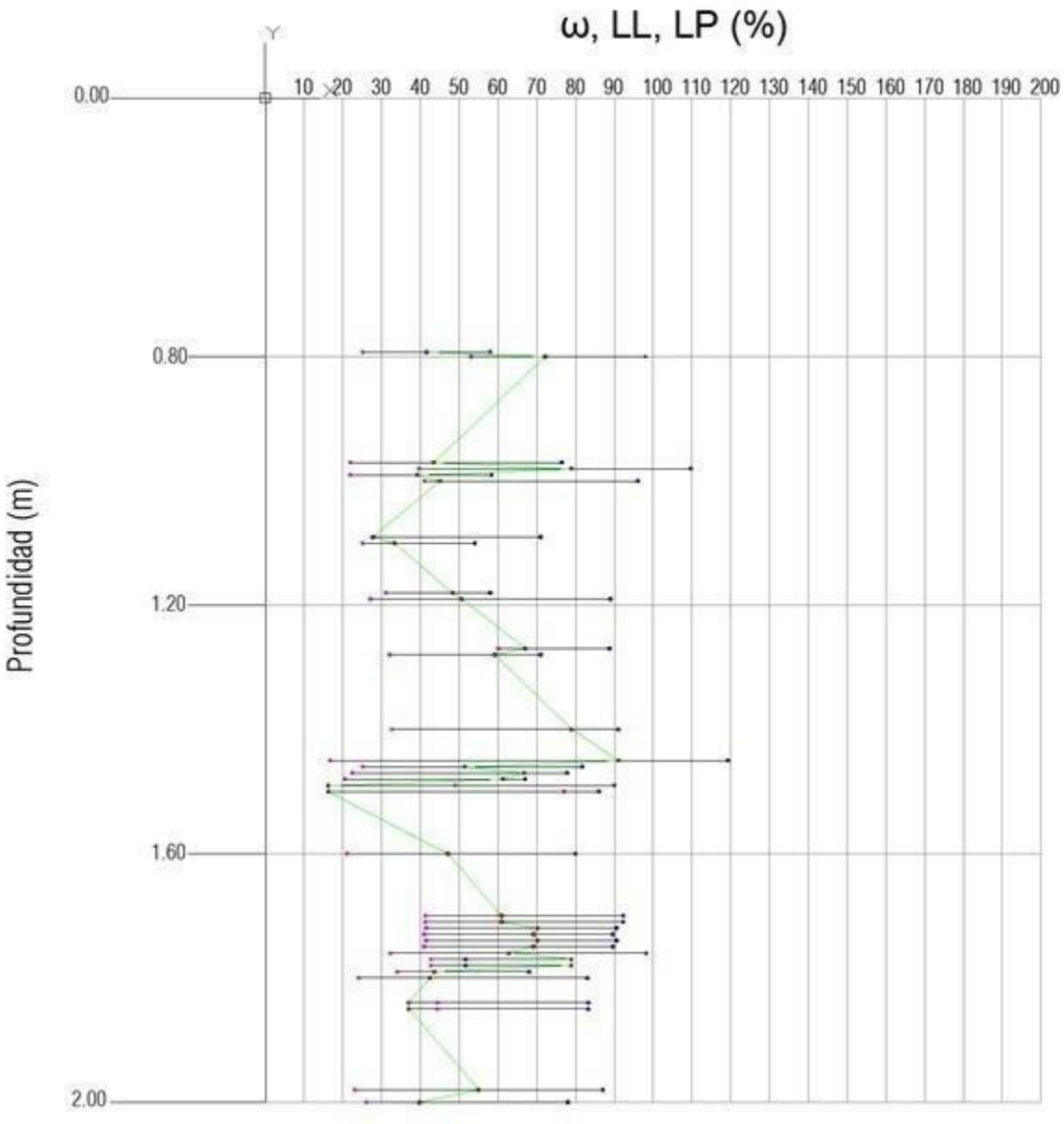
6.90	49.00%	168.00%	119.00%	90.93%	1.40	6.40
7.04	34.70%	97.30%	62.60%	120.50%	1.33	6.30
7.48	14.25%	133.31%	119.06%	145.45%	1.41	2.48
7.49	43.52%	171.62%	128.10%	182.50%	1.45	2.50
7.50	30.33%	142.30%	111.97%	120.75%	1.46	2.85
7.70	46.00%	165.00%	119.00%	118.18%	1.42	3.94
8.50	50.00%	175.00%	125.00%	122.71%	1.71	6.59
8.86	23.07%	133.13%	110.06%	126.74%	1.41	4.43
8.88	47.41%	171.91%	124.50%	101.11%	1.40	4.04
8.90	41.26%	147.55%	106.29%	132.31%	1.83	7.97
9.00	5.12%	123.95%	118.83%	150.00%	1.33	3.74
9.02	45.28%	169.88%	124.60%	121.82%	1.31	6.79
9.04	34.29%	133.47%	99.18%	160.00%	1.55	6.89
9.06	67.00%	171.00%	104.00%	120.00%	1.58	5.81
9.70	38.00%	123.00%	85.00%	105.29%	1.34	2.95
9.80	35.50%	138.60%	103.10%	114.90%	1.41	4.04
9.92	24.21%	174.92%	150.71%	85.15%	1.51	3.44
9.94	37.00%	134.00%	97.00%	38.60%	1.57	5.22
9.96	36.00%	135.00%	99.00%	78.10%	1.36	3.94
9.98	66.29%	106.20%	39.91%	71.78%	1.36	4.43
10.00	66.29%	106.20%	39.91%	71.78%	1.93	8.86
10.42	52.19%	187.05%	134.86%	120.75%	1.33	3.84
10.44	43.10%	94.20%	51.10%	60.23%	SD	SD
10.46	44.50%	95.30%	50.80%	61.47%	SD	SD
10.50	44.90%	94.90%	50.00%	54.90%	SD	SD
11.18	54.00%	179.00%	125.00%	123.48%	1.72	4.92
11.98	40.37%	141.97%	101.60%	118.69%	1.41	2.95
12.00	41.60%	188.92%	147.32%	101.56%	1.36	5.12
12.40	43.00%	118.00%	75.00%	93.82%	0.00	0.00
12.90	38.00%	168.00%	130.00%	132.70%	1.39	3.35
13.08	36.20%	121.80%	85.60%	103.50%	1.80	1.49
13.10	61.00%	154.00%	93.00%	100.00%	1.80	1.49
13.20	34.00%	135.00%	101.00%	122.00%	1.92	11.32
13.46	42.33%	148.97%	106.64%	108.89%	1.83	12.30
13.48	54.55%	161.52%	106.97%	158.00%	1.87	11.81
13.50	37.00%	113.00%	76.00%	110.90%	1.39	3.25
15.02	41.83%	170.72%	128.89%	148.44%	1.71	3.64
15.04	51.27%	155.82%	104.55%	148.89%	1.40	2.36
15.06	53.57%	209.26%	155.69%	132.54%	1.80	10.83
15.08	41.80%	91.60%	49.80%	59.76%	1.87	11.12
15.10	45.20%	91.90%	46.70%	58.48%	1.83	11.61
15.14	44.70%	92.50%	47.80%	54.36%	1.40	3.25
15.18	65.00%	181.00%	116.00%	122.00%	1.35	3.74

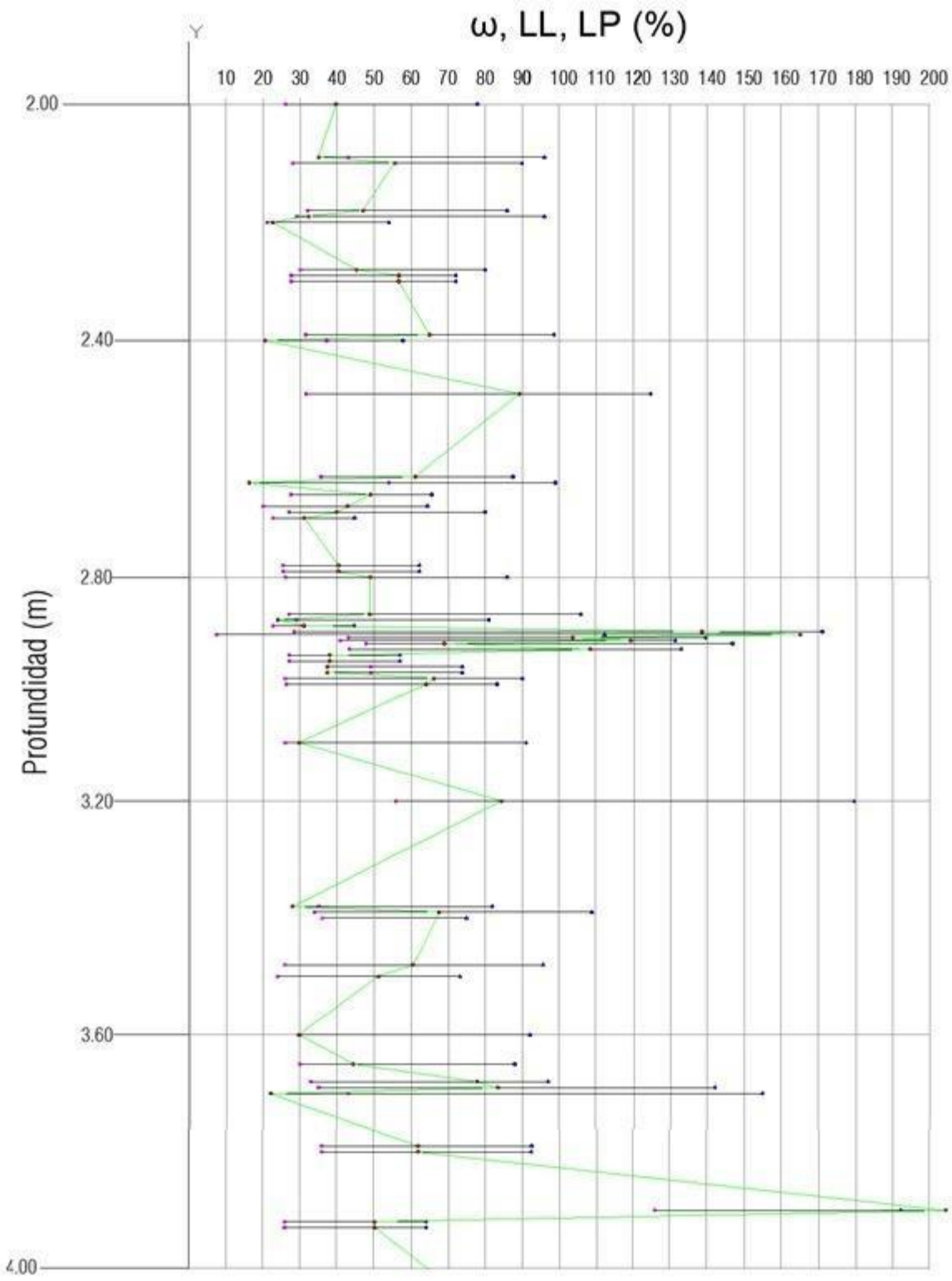
15.20	41.00%	109.00%	68.00%	94.35%	1.25	SD
15.40	44.00%	151.00%	107.00%	118.39%	1.25	SD
16.40	53.40%	105.50%	52.10%	95.40%	SD	SD
16.50	29.74%	171.84%	142.10%	156.86%	1.41	3.94
17.30	65.00%	160.00%	95.00%	95.00%	1.58	3.15
17.92	38.55%	184.30%	145.75%	131.48%	1.43	4.82
17.94	18.74%	155.88%	137.14%	127.69%	1.42	5.02
18.00	56.64%	151.78%	95.14%	125.00%	SD	SD
18.70	69.00%	188.00%	119.00%	128.00%	1.41	8.96
19.46	44.63%	151.16%	106.53%	106.91%	1.16	SD
19.48	38.33%	187.71%	149.38%	150.00%	1.41	8.96
19.50	34.48%	123.99%	89.51%	112.00%	1.16	SD
20.72	29.30%	58.60%	29.30%	65.10%	1.85	9.84
20.98	47.76%	166.28%	118.52%	119.23%	1.93	3.44
21.00	35.11%	165.90%	130.79%	155.77%	1.93	3.44
21.20	51.00%	148.00%	97.00%	130.00%	1.25	4.92
22.50	37.88%	186.79%	148.91%	149.49%	1.25	4.92
22.60	41.00%	121.00%	80.00%	100.60%	1.87	11.91
22.90	65.00%	159.00%	94.00%	99.00%	1.95	11.61
23.96	47.48%	197.91%	150.43%	187.77%	1.90	12.11
23.98	46.61%	146.80%	100.19%	121.67%	1.92	4.82
24.00	44.10%	161.38%	117.28%	96.23%	1.16	4.13
25.40	50.00%	145.00%	95.00%	138.30%	1.16	4.13
26.70	44.00%	172.00%	128.00%	146.40%	1.41	SD
26.96	51.41%	181.92%	130.51%	172.63%	1.41	SD
27.00	64.00%	155.00%	91.00%	91.00%	SD	SD
29.30	64.00%	158.00%	94.00%	91.00%	SD	SD
30.00	28.45%	65.31%	36.86%	100.71%	1.84	2.46
31.70	49.00%	259.00%	210.00%	153.70%	1.84	2.46

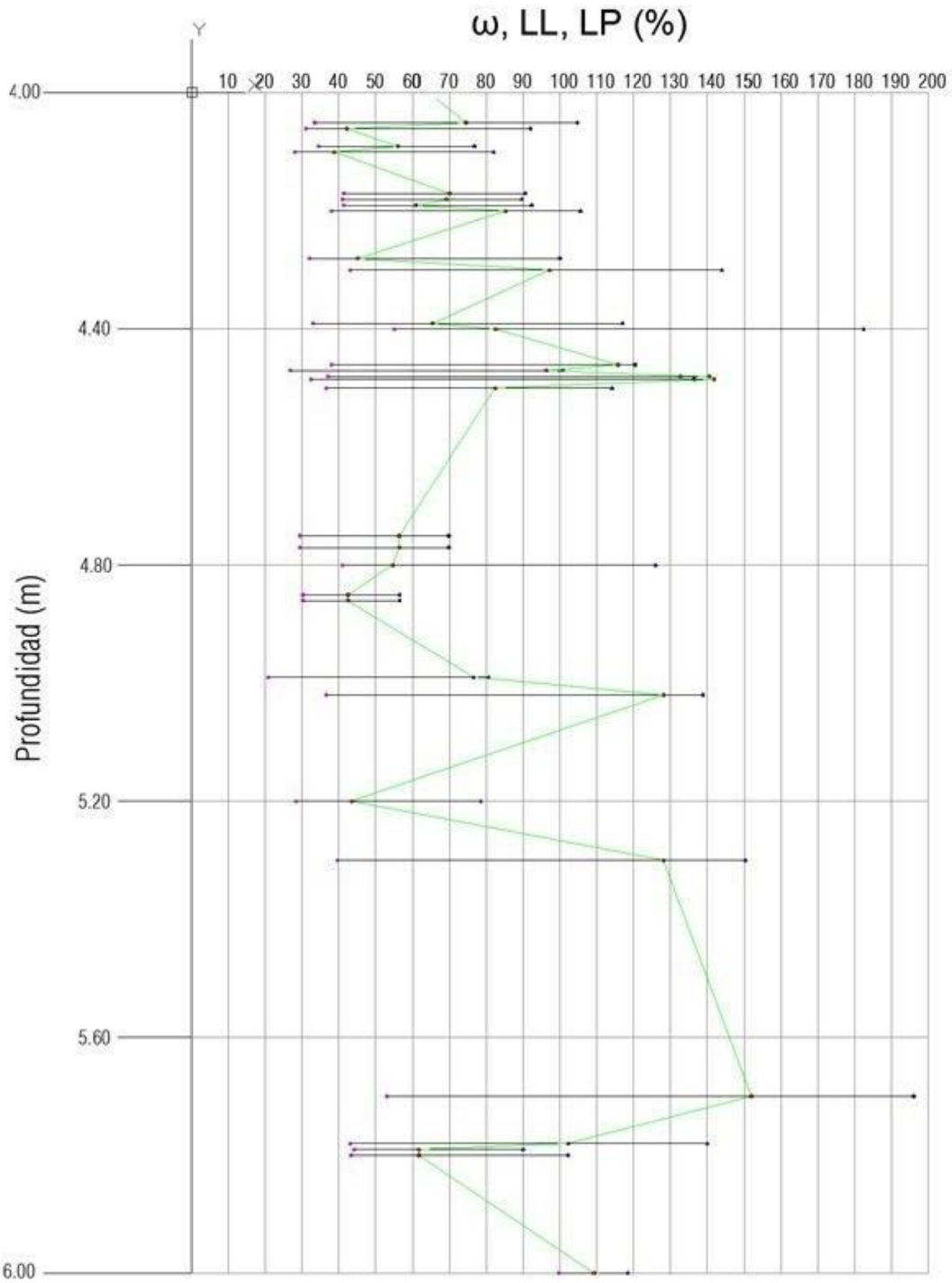
Fuente: Elaboración propia

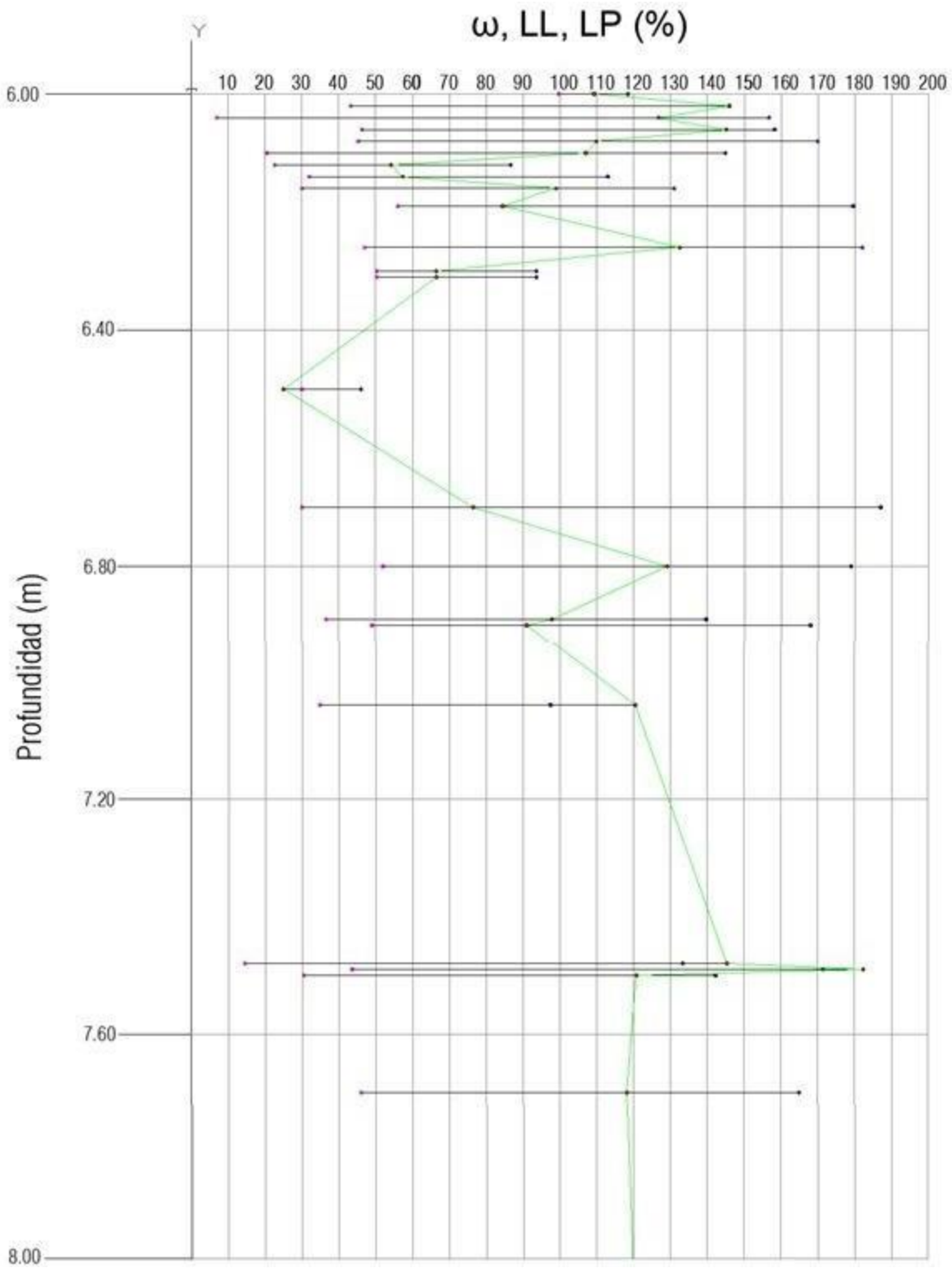
Con base a la data organizada, se realizaron las gráficas de limite líquido, limite plástico y humedad con el fin de determinar la base para la creación del perfil estratigráfico generalizado por zona. En base a los gráficos se determinó el perfil estratigráfico generalizado por zona

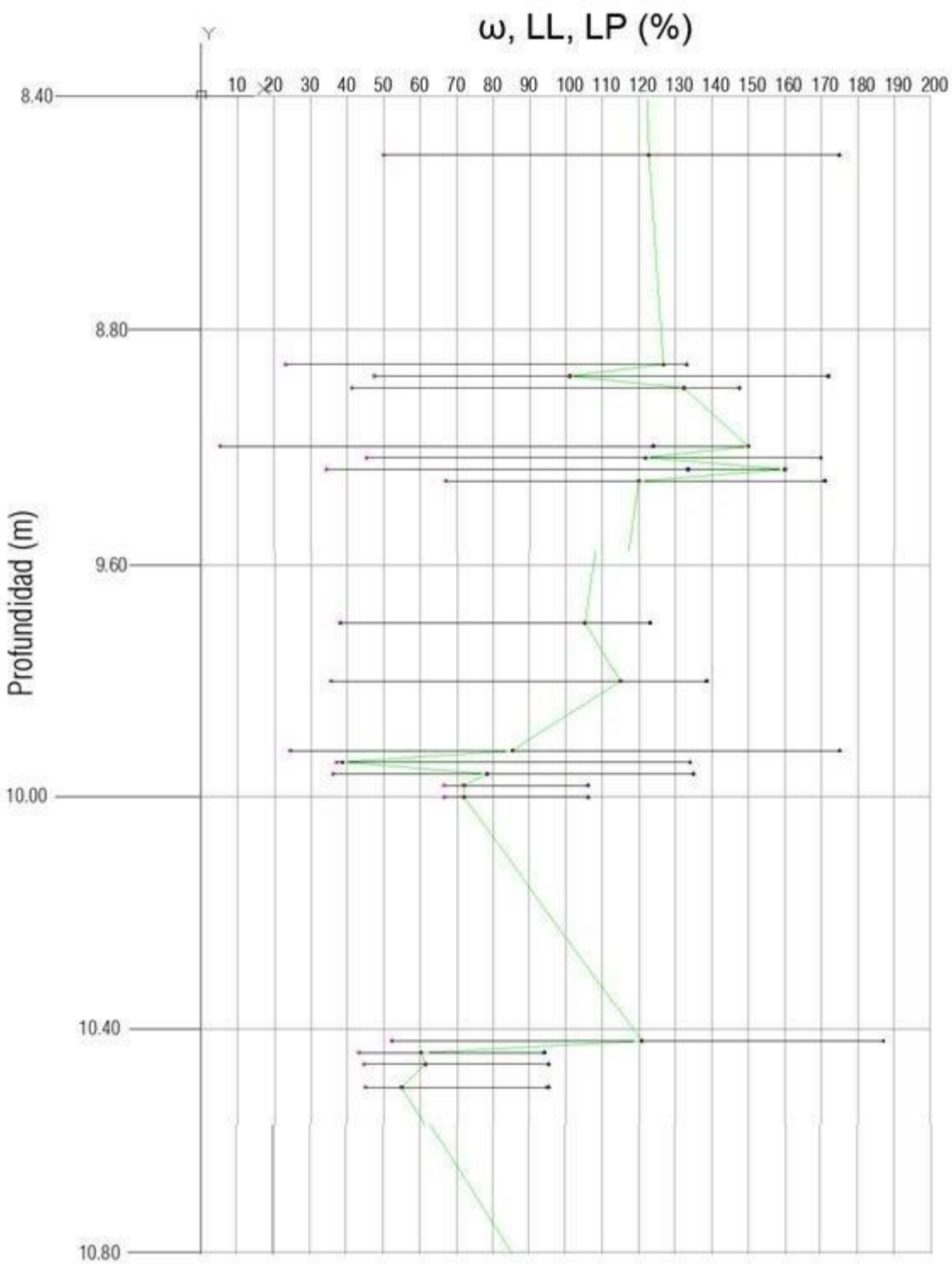
Ilustración 15. Perfil estratigráfico generalizado zona2

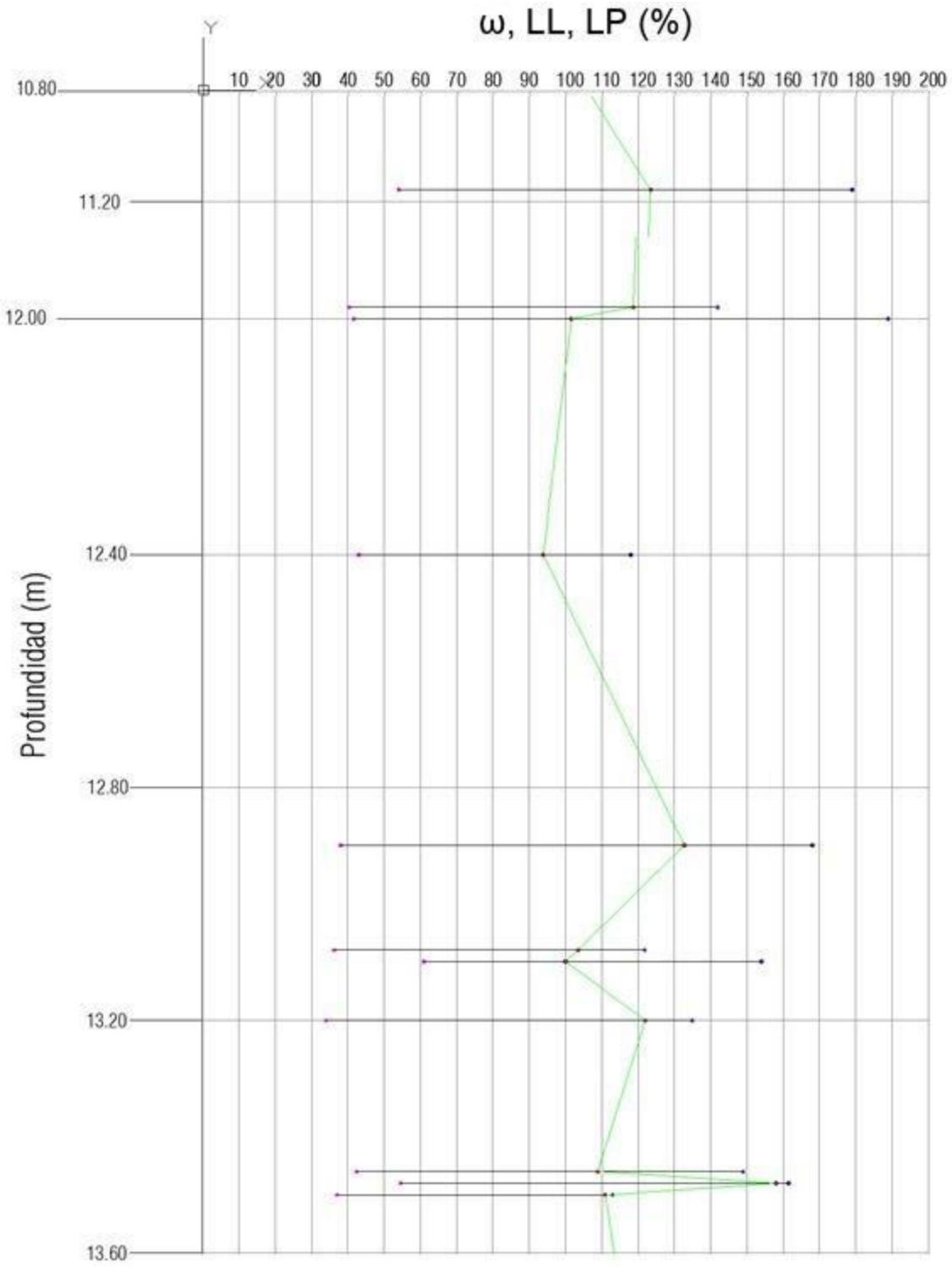


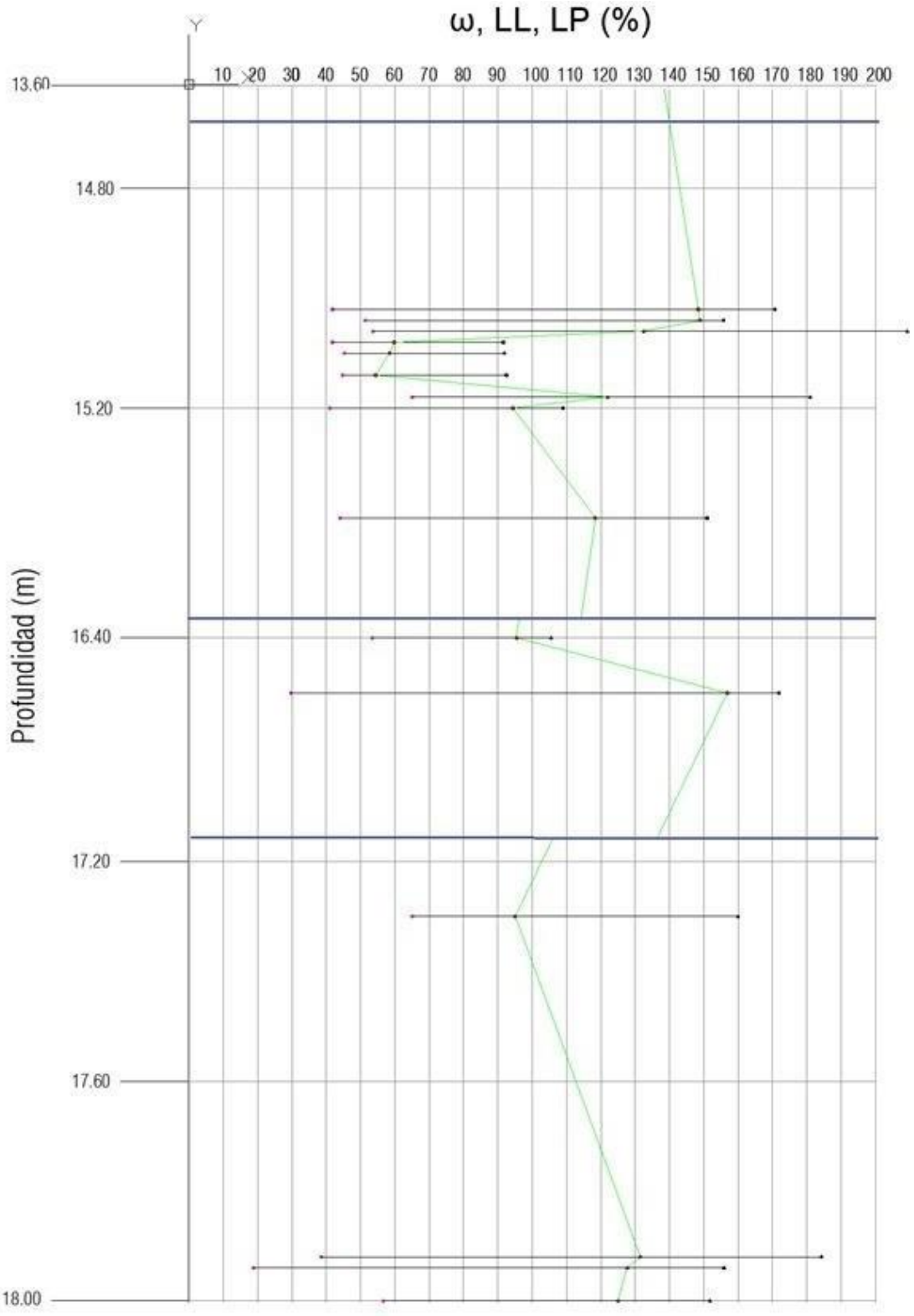

ω, LL, LP (%)
Y
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200
2.00
2.40
2.80
3.20
3.60
4.00
Profundidad (m)

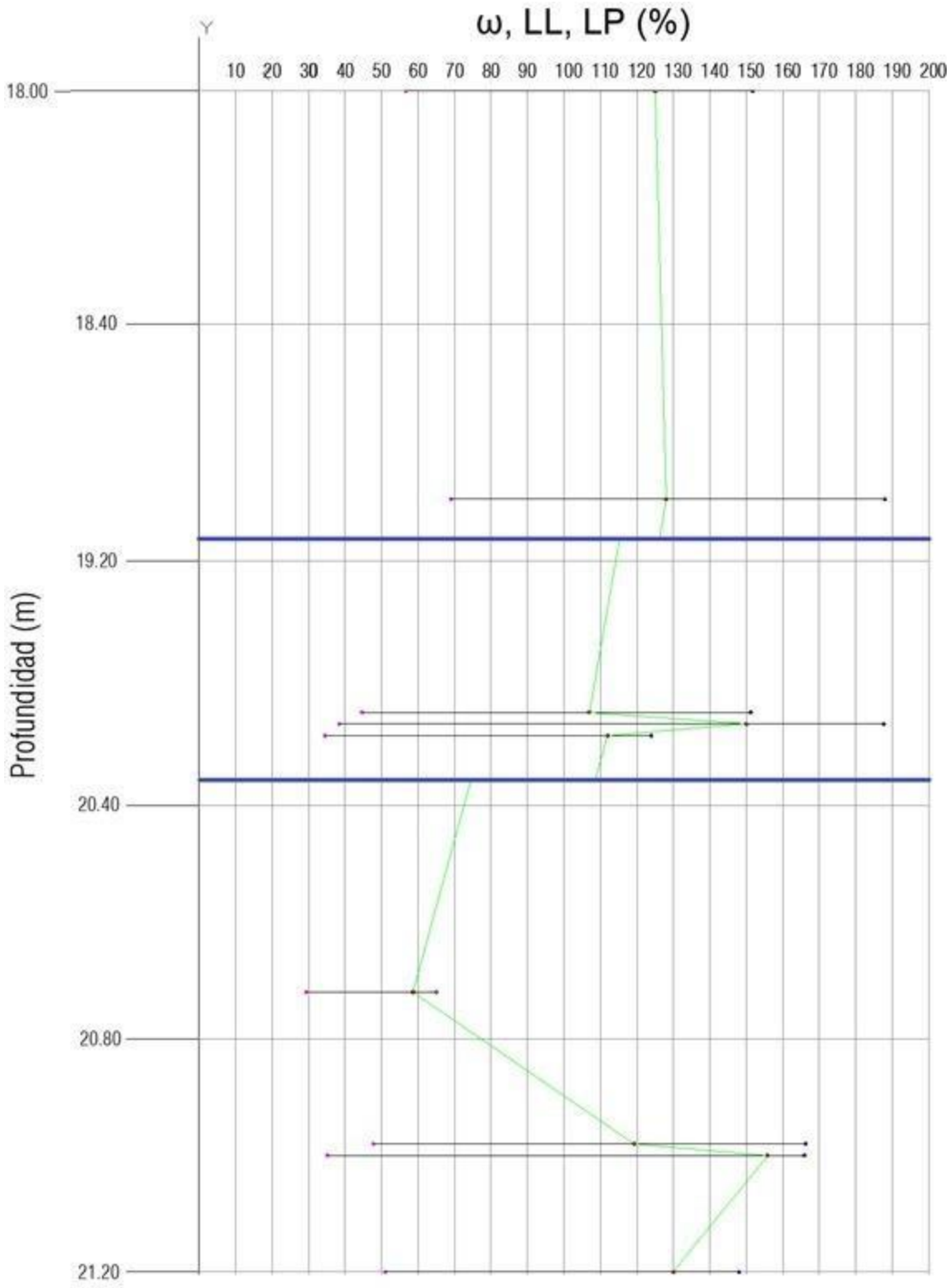

ω, LL, LP (%)
Y
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200
4.00
4.40
4.80
5.20
5.60
6.00
Profundidad (m)

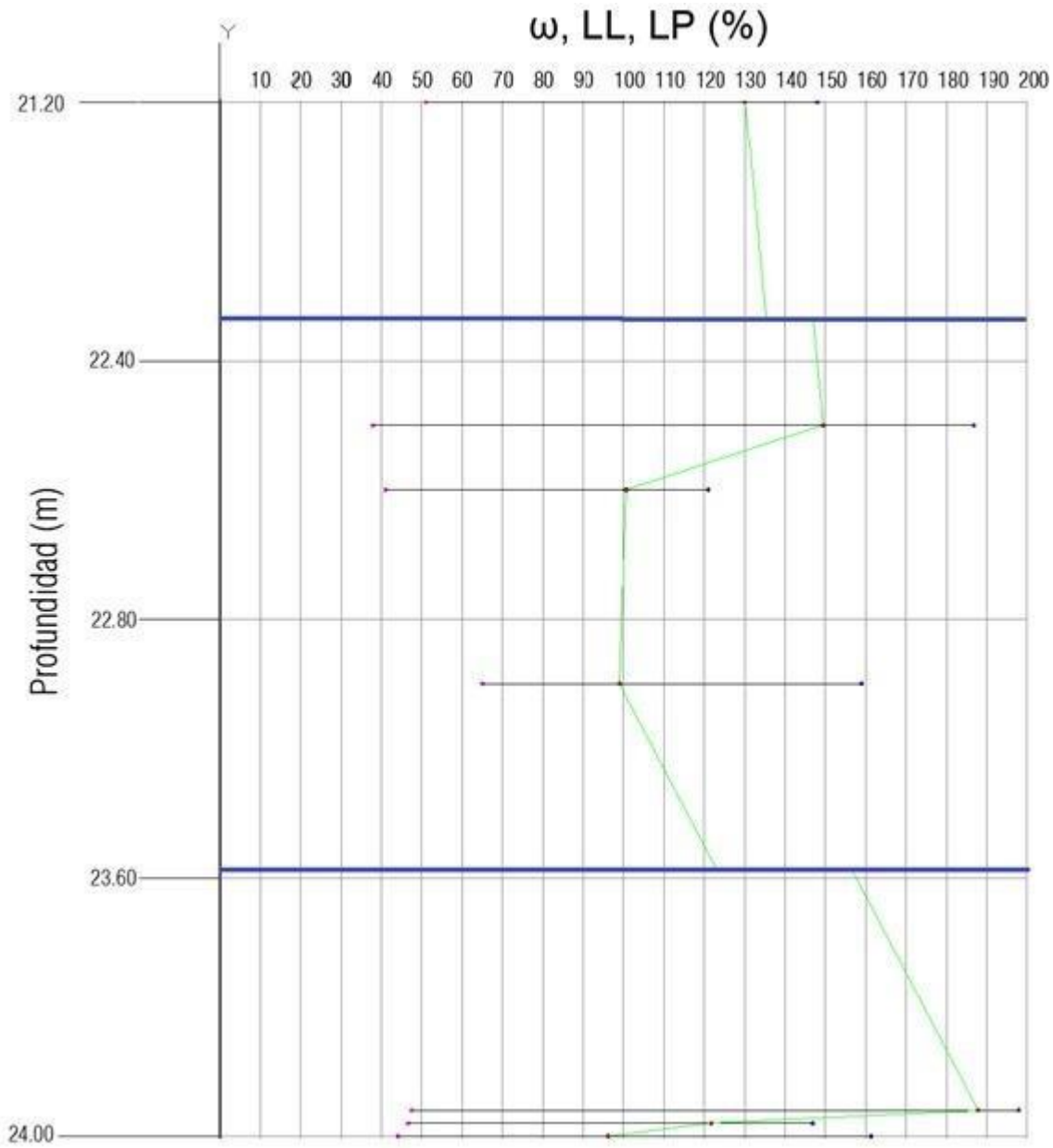

ω, LL, LP (%)
Y
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200
6.00
6.40
6.80
7.20
7.60
8.00
Profundidad (m)

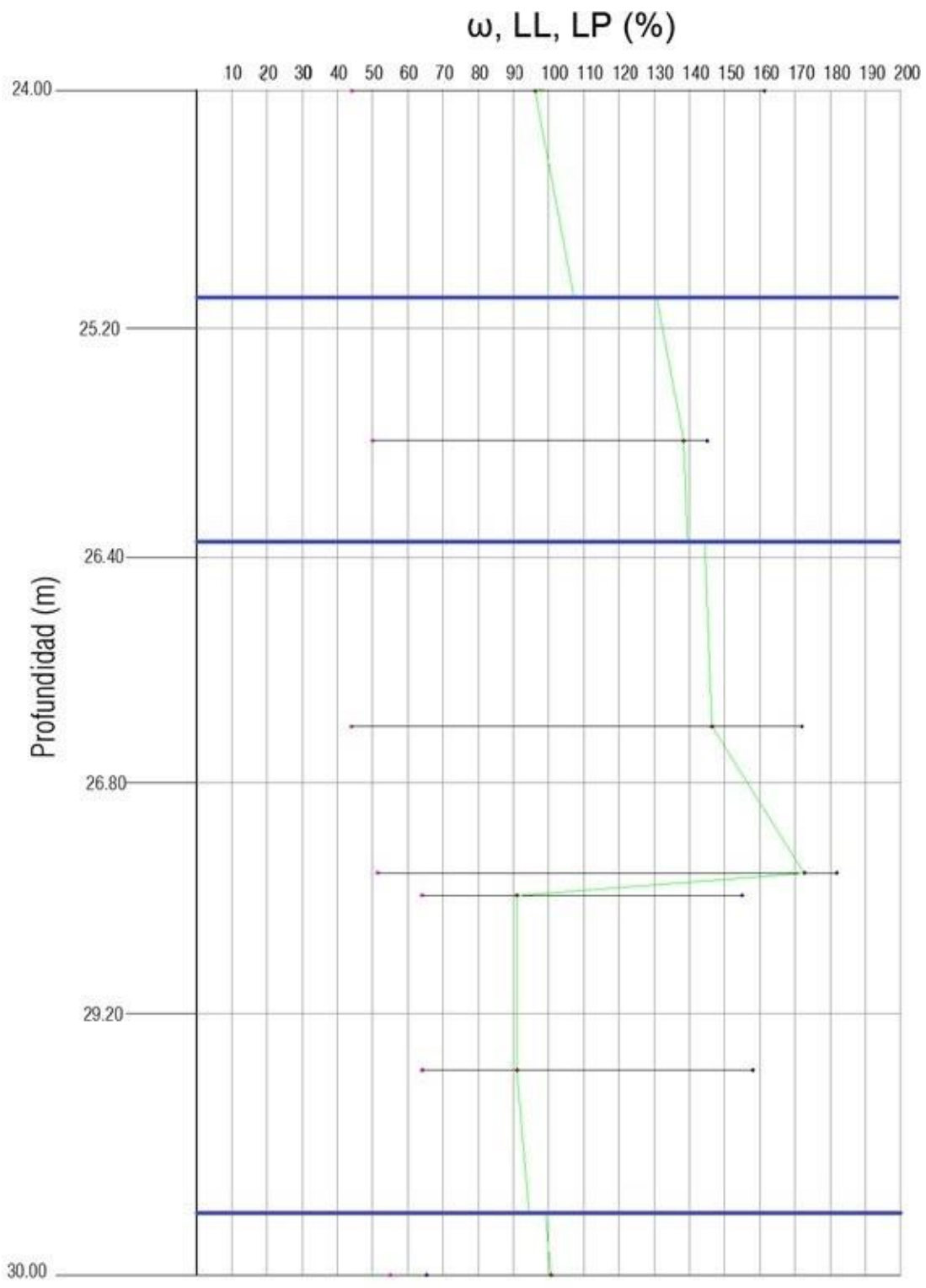

ω, LL, LP (%)
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200
8.40
8.80
9.60
10.00
10.40
10.80
Profundidad (m)


ω, LL, LP (%)
Y
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200
10.80
11.20
12.00
12.40
12.80
13.20
13.60
Profundidad (m)


ω, LL, LP (%)
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200
13.60
14.80
15.20
16.40
17.20
17.60
18.00
Profundidad (m)


ω, LL, LP (%)
Y
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200
18.00
18.40
19.20
20.40
20.80
21.20
Profundidad (m)


ω, LL, LP (%)
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200
21.20
22.40
22.80
23.60
24.00
Profundidad (m)


ω, LL, LP (%)
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200
24.00
25.20
26.40
26.80
29.20
30.00
Profundidad (m)

Perfil estratigráfico generalizado Zona 1

Tabla VIII. Datos perfil generalizado zona 1

Prof (m)	LP	LL	ω	ϒ (ton/m³)	qu (ton/m²)
1.3450	58.90%	114.20%	78.23%	1.921	12.809
1.4975	58.83%	113.68%	91.86%	1.700	15.500
1.7600	24.35%	26.66%	52.69%	1.543	10.924
1.8975	17.56%	32.59%	57.82%	2.094	10.979
2.2925	38.62%	93.23%	61.38%	1.889	9.768
2.6400	39.10%	101.00%	79.40%	1.755	10.047
2.8800	38.01%	86.21%	69.25%	2.099	12.455
2.9675	51.10%	116.85%	89.32%	1.933	8.956
3.0375	72.66%	134.63%	123.66%	1.714	10.531
3.2950	43.95%	127.30%	91.70%	1.846	8.119
3.7375	43.43%	61.58%	61.50%	1.924	10.952
3.9550	57.26%	137.95%	108.60%	1.757	6.452
4.4900	57.00%	144.00%	100.80%	1.951	10.370
4.9675	24.35%	26.05%	52.69%	1.565	10.526
5.8450	57.71%	124.60%	93.49%	1.853	10.578
5.9750	40.05%	142.50%	117.12%	2.084	12.362
6.0175	98.65%	158.31%	113.90%	1.484	2.484
6.5250	43.50%	72.22%	86.18%	2.044	10.845
7.0000	49.88%	127.44%	93.28%	1.620	7.000
10.5000	45.80%	92.90%	58.06%	2.138	10.235
13.5000	95.65%	143.58%	125.91%	1.200	6.397
14.9350	44.95%	94.75%	60.85%	1.896	11.958
14.9875	81.22%	129.38%	116.46%	2.113	9.694

Fuente: Elaboración propia

Perfil estratigráfico generalizado Zona 2

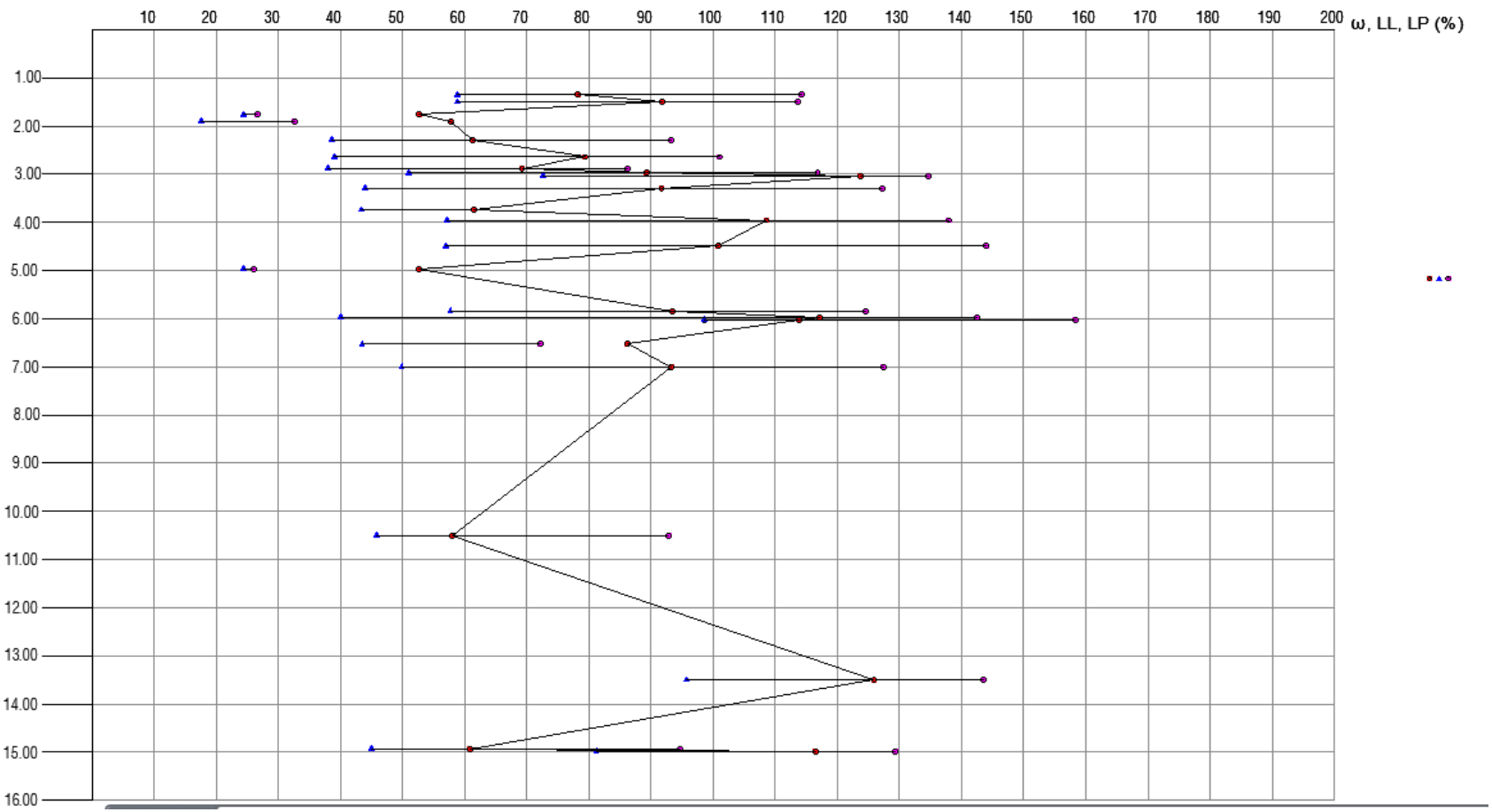
Tabla IX. Datos perfil generalizado zona 2

Prof (m)	LP	LL	ω	ϒ(ton/m³)	qu (ton/m²)
1.100	39.54%	96.00%	48.28%	1.96	9.43
1.540	23.71%	78.85%	100.44%	1.747	6.556
1.795	42.65%	91.45%	70.12%	1.90	12.06
2.183	34.75%	96.00%	55.08%	1.850	13.680
2.300	30.00%	80.00%	56.67%	1.907	6.040
2.640	54.00%	99.00%	65.00%	1.973	7.874
2.790	27.00%	80.00%	49.00%	2.081	8.600
2.928	43.23%	144.96%	116.49%	1.663	6.053
3.000	49.20%	90.00%	63.90%	1.917	7.603

3.793	37.71%	145.25%	79.23%	1.851	6.252
4.098	34.17%	101.53%	69.89%	1.551	7.000
4.198	41.28%	102.28%	81.51%	1.838	6.234
4.493	37.49%	134.56%	141.20%	1.550	4.478
4.850	30.20%	69.86%	56.40%	1.750	6.285
5.760	50.50%	184.58%	145.96%	1.425	5.733
5.795	43.71%	96.10%	61.70%	1.465	4.921
6.070	72.95%	164.03%	145.57%	1.503	5.954
8.900	47.41%	171.91%	132.31%	1.830	7.972
9.040	45.28%	169.88%	160.00%	1.550	6.889
9.940	37.00%	138.60%	105.29%	1.510	4.035
13.48	54.55%	161.52%	158.00%	1.918	12.303
15.06	53.57%	209.26%	148.89%	1.797	10.826
15.14	45.20%	92.50%	59.76%	1.874	11.614
25.40	50.00%	161.38%	138.30%	1.918	4.823

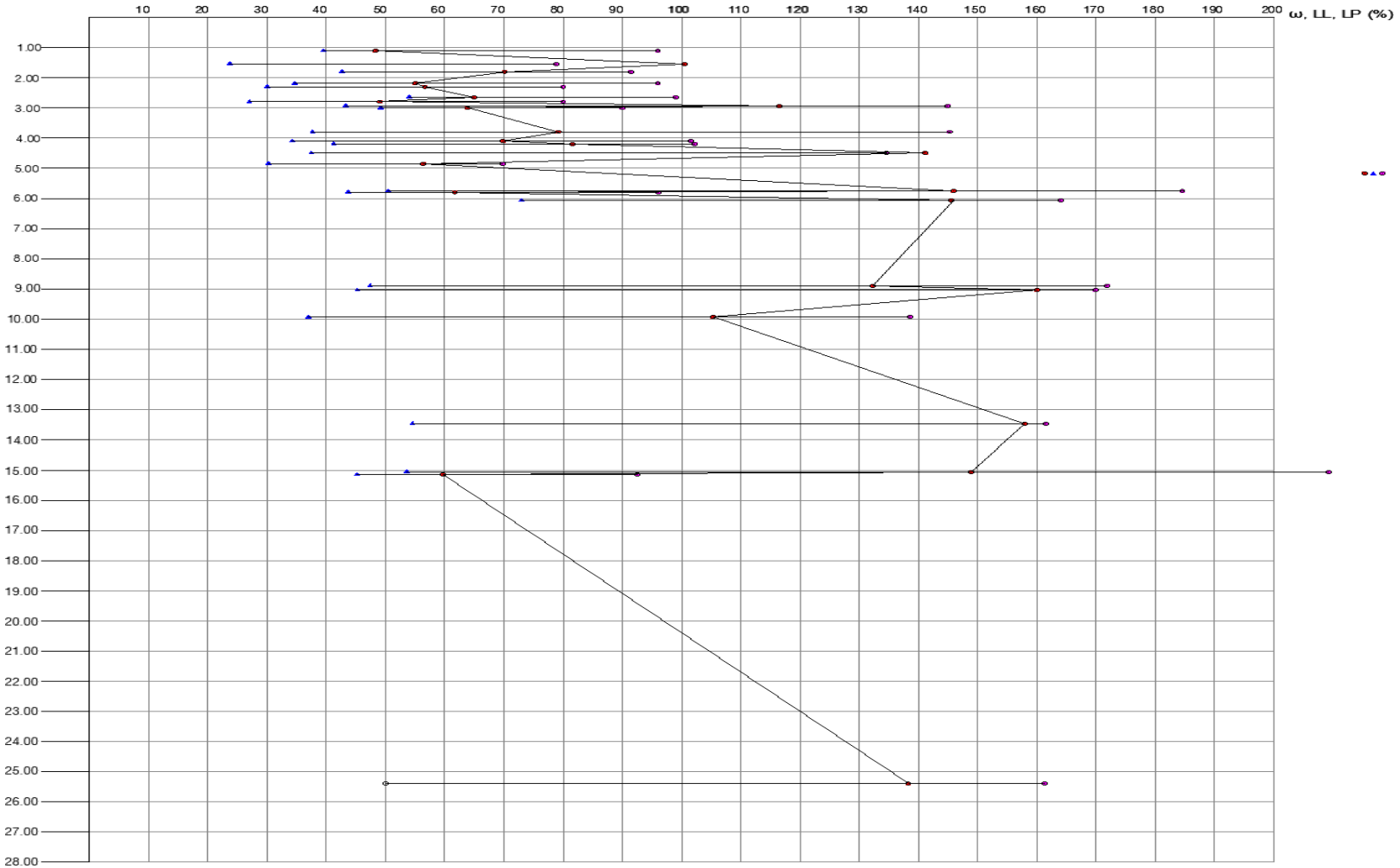
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 16. Gráfica perfil estratigráfico generalizado zona 1



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 17. Gráfica perfil estratigráfico generalizado zona 2

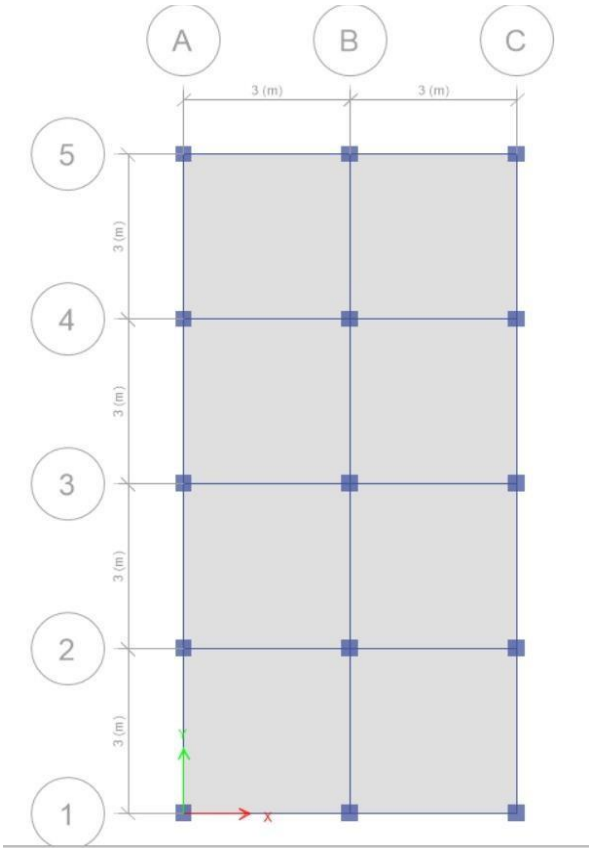
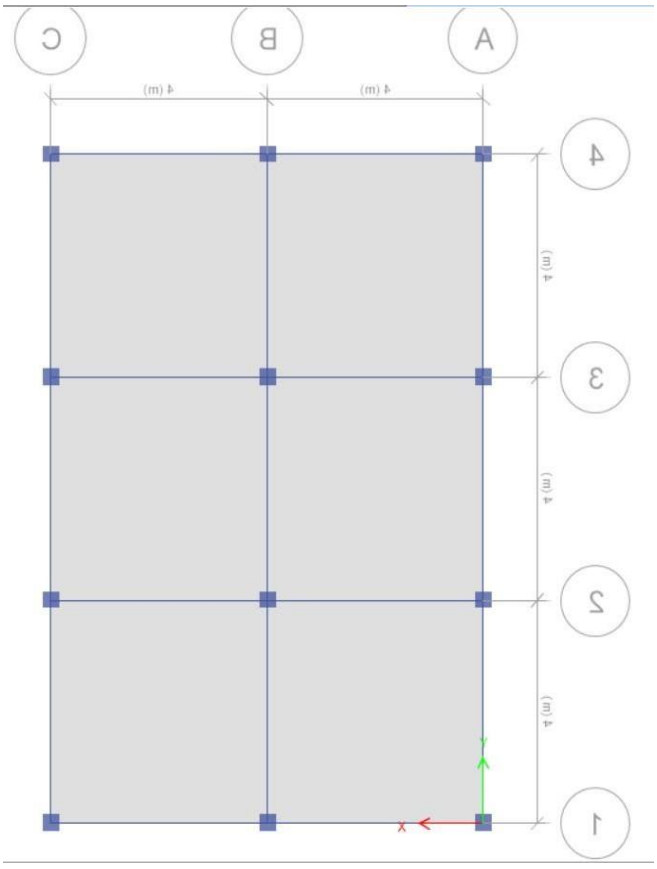


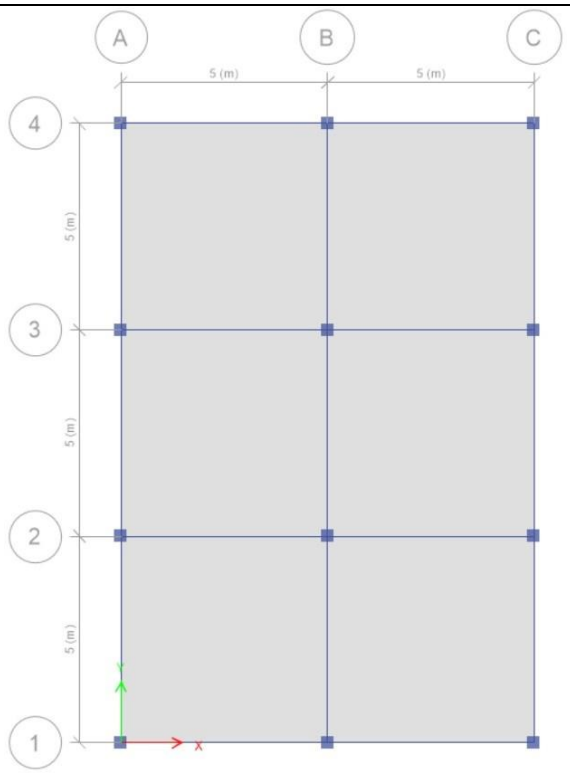
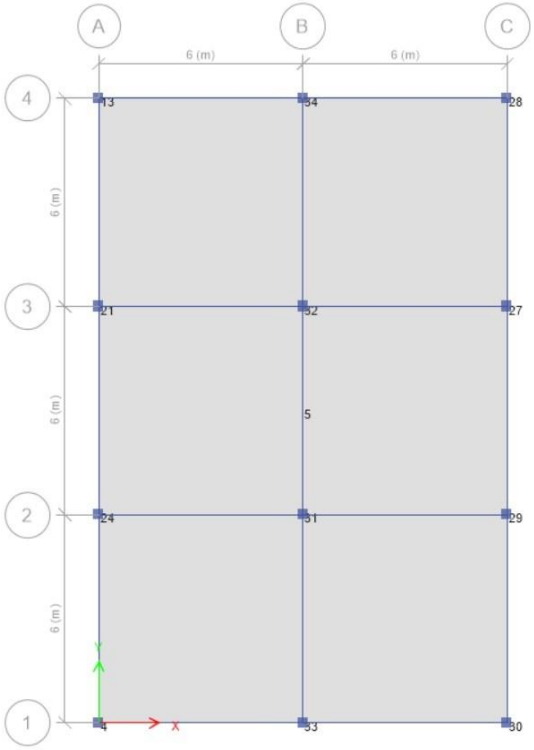
Fuente: Elaboración propia

6.4. Cálculo de cargas

6.4.1. Tipificación estructural

Se realizó la tipificación de la estructura teniendo en cuenta la altura de la edificación y la luz entre apoyos (columnas), con el fin de poder determinar las cargas transmitidas al suelo. Los modelos estructurales fueron realizados en el software ETABS y en estos se ingresaron las cargas mínimas y combinaciones de servicio establecidas en el título B de la NSR-10. De lo anterior de obtuvo la siguiente tipificación estructural:

Separación entre columnas para alturas entre 2 y 5 pisos	
3 metros	**4 metros**
	

5 metros	6 metros
	

En lo modelos estructurales trabajados se usaron las siguientes cargas y combinaciones de servicio:

Cargas sobre la edificación:

- Carga muerta (D)
- Carga viva (L= 0.18 ton f/m²)
- Carga muerta sobreimpuesta (SD = 0.3 ton f/m²)
- Carga de granizo (G = 0.1 ton f/m²)
- Carga viva de cubierta (considerando cubiertas transitables) (Lr = 0.05 ton f/m²)
- Fuerza sísmica (considerando los valores de los coeficientes Aa,, Av, Fa y Fv establecidos para cada zona de respuesta sísmica) (S)

Combinaciones de carga de servicio (según título B NSR-10)

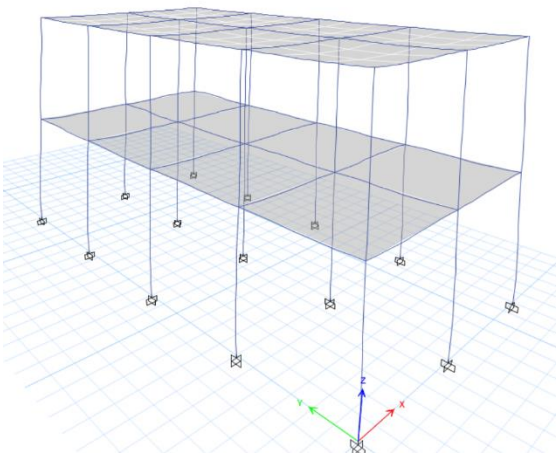
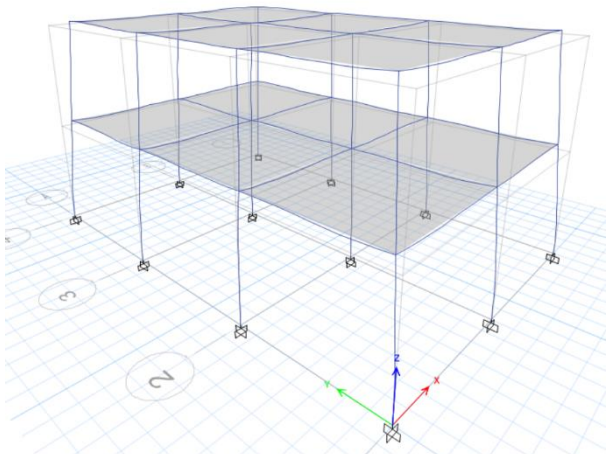
- D
- D+L

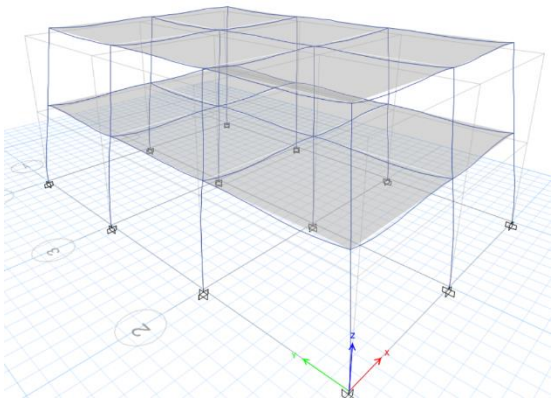
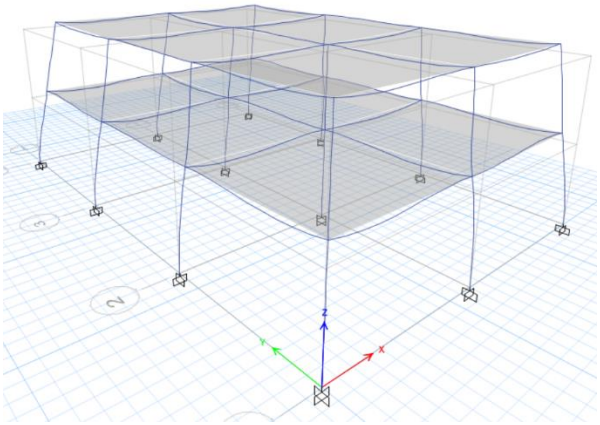
- D+Lr
- D+G
- D+0.75L+0.75Lr
- D+0.75L+0.75G
- D+0.7S
- D+0.75(0.7S)+0.75L+0.75Lr
- D+0.75(0.7S)+0.75L+0.75G
- 0.6D
- 0.6D+0.7S

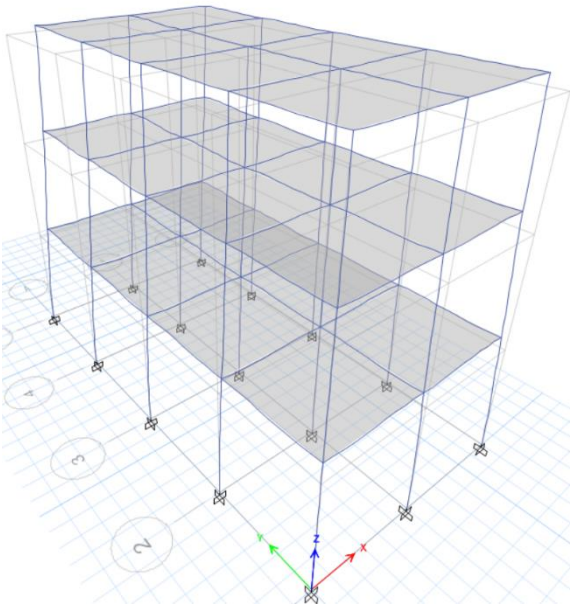
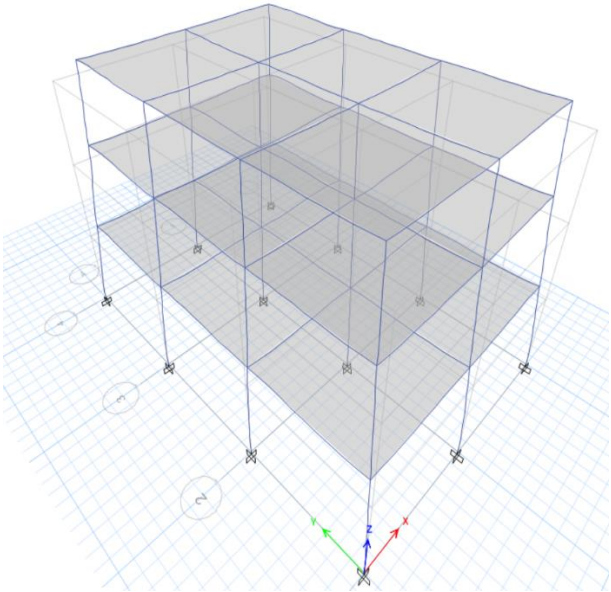
Adicionalmente, se consideró un envolvente que agrupara todas las combinaciones descritas anteriormente.

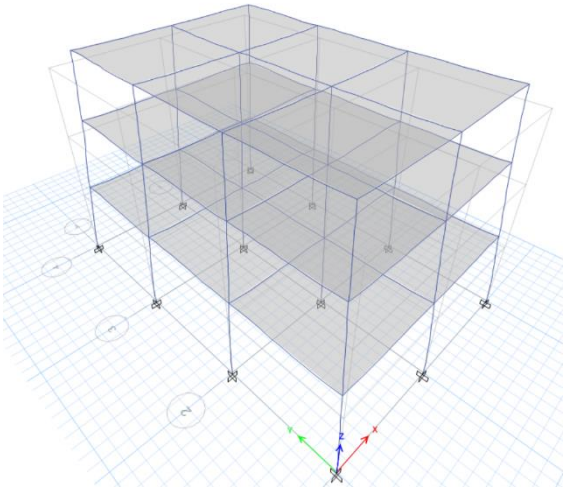
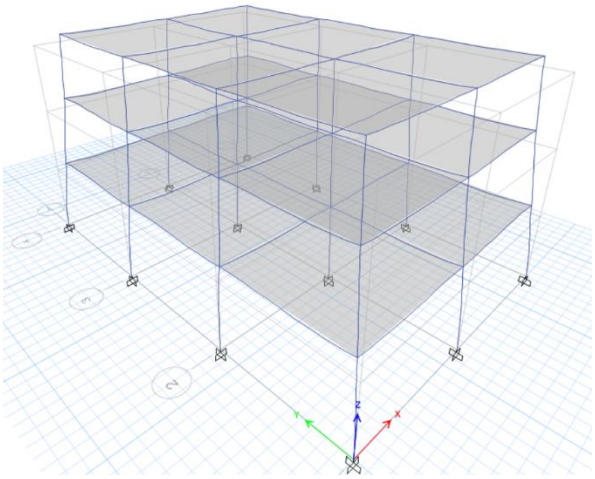
6.4.2. Deformaciones en la estructura

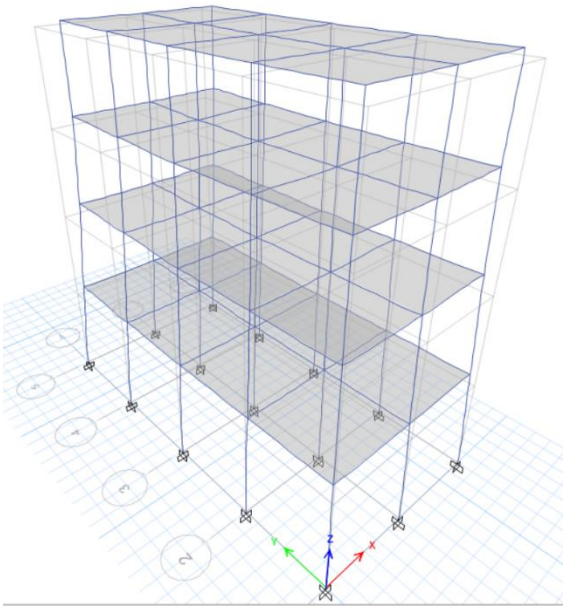
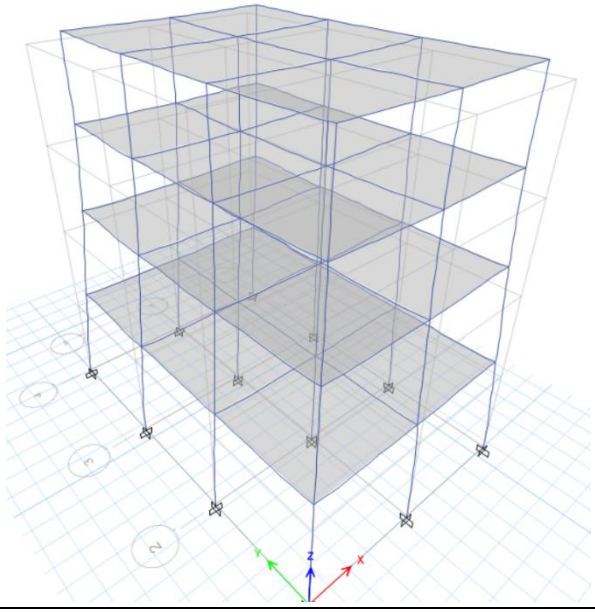
A continuación, se muestran las deformaciones sobre cada tipo de estructura, para el caso de la envolvente que agrupa las combinaciones de carga. Estas deformaciones incluyen desplazamientos verticales, horizontales y rotacionales.

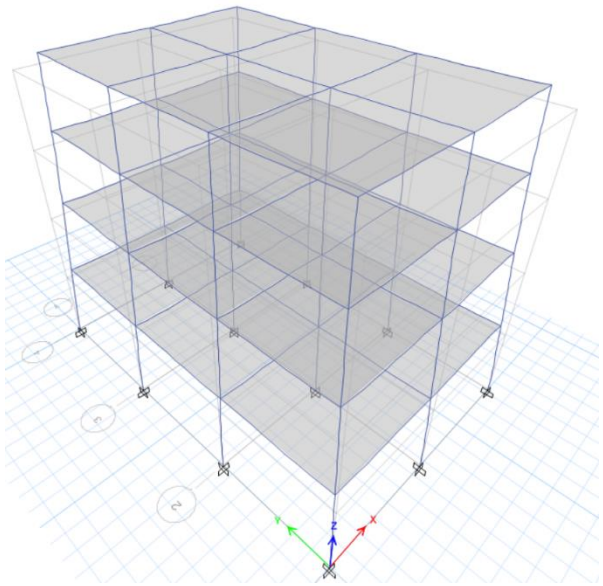
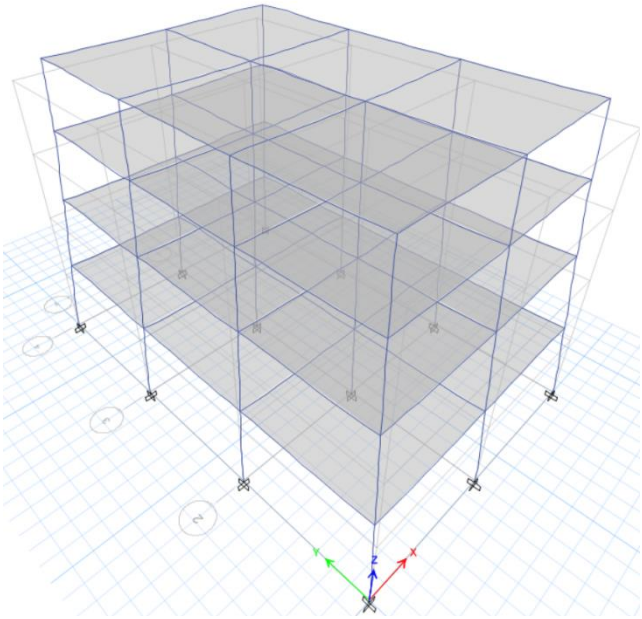
Altura de 2 pisos	
3 metros	**4 metros**
	

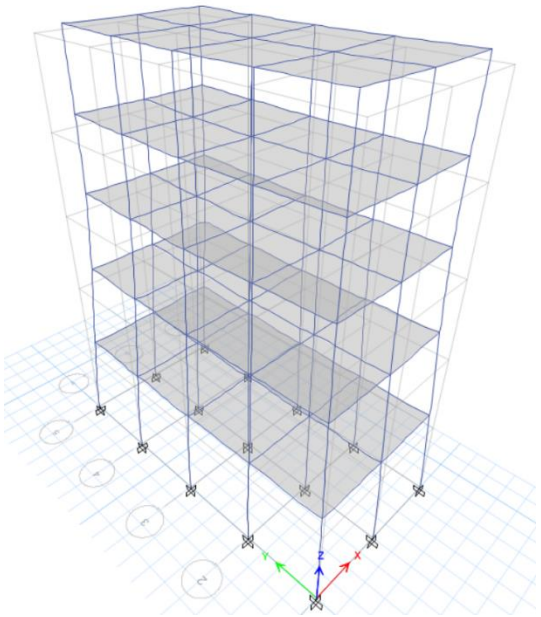
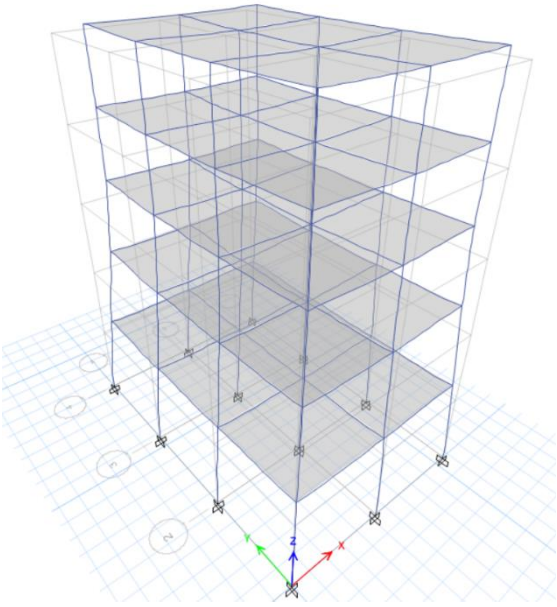
5 metros	6 metros
	

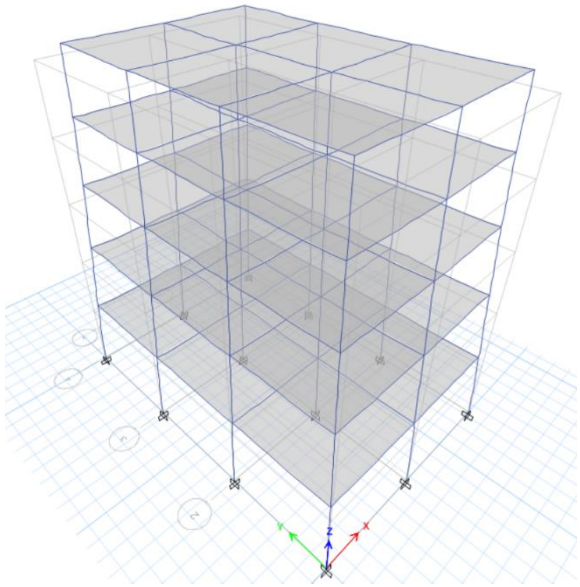
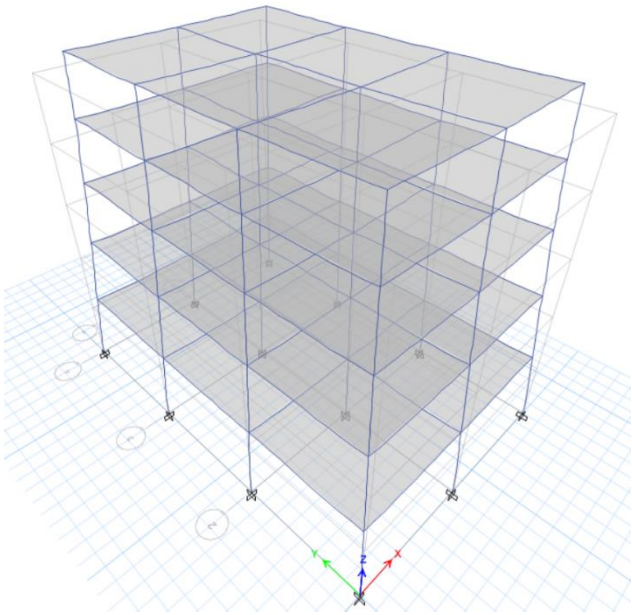
Altura de 3 pisos	
3 metros	**4 metros**
	

5 metros	6 metros
	

Altura de 4 pisos	
3 metros	**4 metros**
	

5 metros	6 metros
	

Altura de 5 pisos	
3 metros	**4 metros**
	

5 metros	6 metros
	

6.5. Coeficiente de balasto

ZONA 1

Caso	Ancho (m)	Largo (m)	qu (Tn/m^2)	K (Tn/m^3)
1	6	12	12.809	88.9479167
2	8	12	12.809	71.1583333
3	10	15	12.809	56.9266667
4	12	18	12.809	47.4388889

ZONA 2

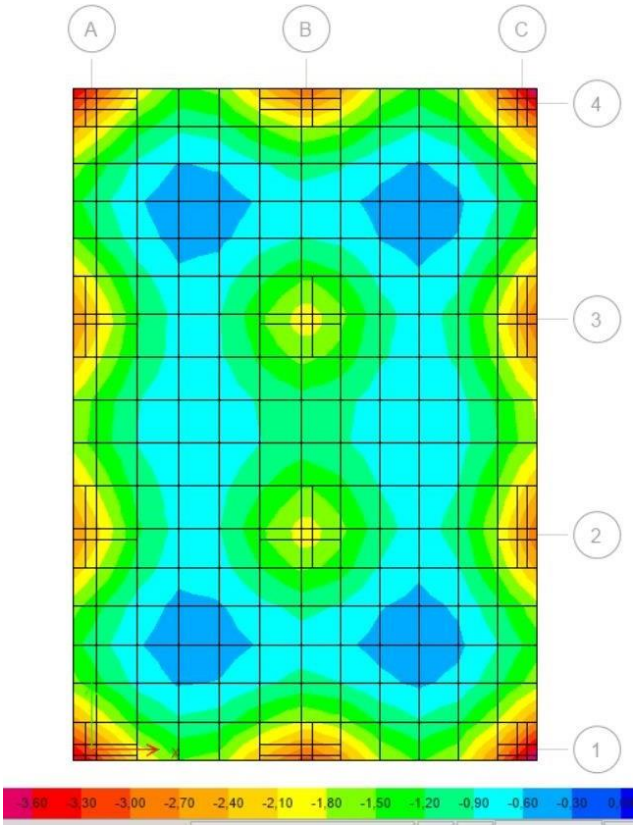
Caso	Ancho (m)	Largo(m)	qu (Tn/m^2)	K (Tn/m^3)
1	6	12	9.429	65.4803882
2	8	12	9.429	52.3843106
3	10	15	9.429	41.9074484
4	12	18	9.429	34.9228737

7. Resultados

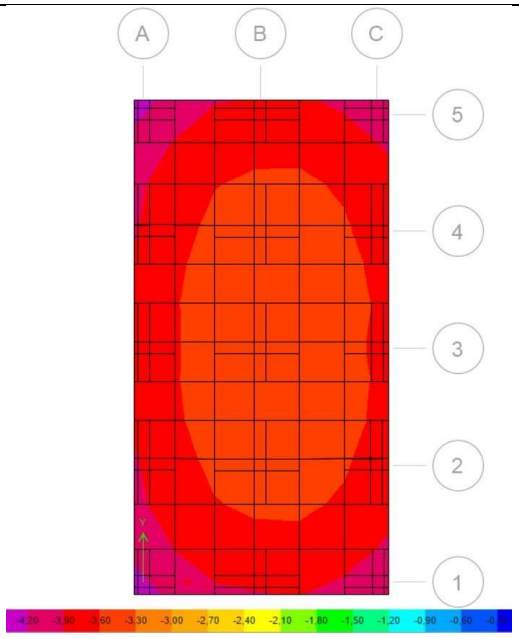
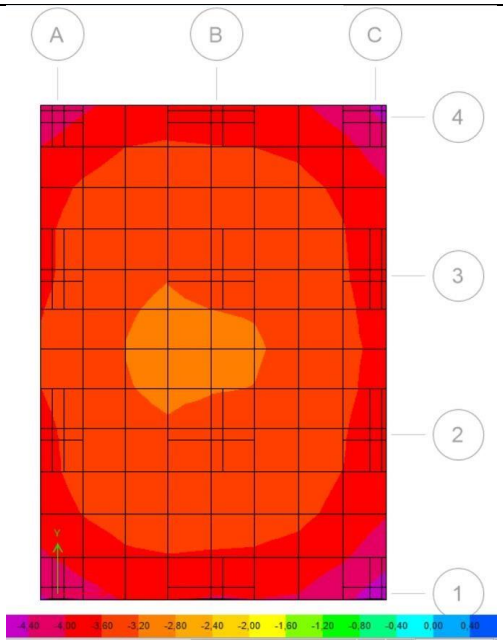
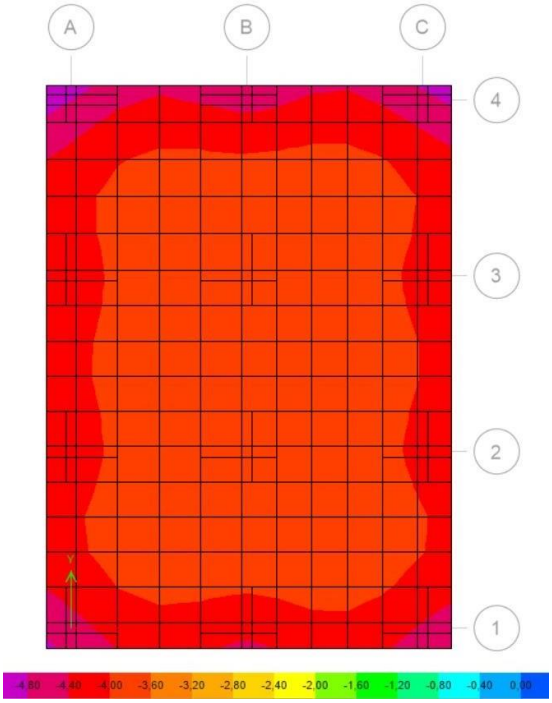
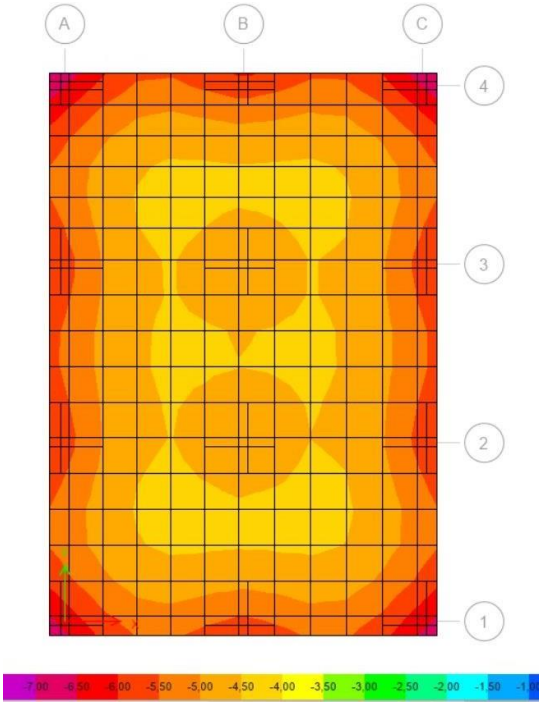
7.1. Deformaciones del suelo – zona 1

Los resultados de los asentamientos fueron obtenidos por medio del software SAFE,los valores de cargas se importaron desde el software ETABS y los valores del coeficiente de balasto se ingresaron según cada caso de espaciamiento. Los resultados de los asentamientos son presentados en centímetros, a través de una escala de colorimetría, como se muestra a continuación;

Ilustración 18. Esquema de deformaciones en suelo

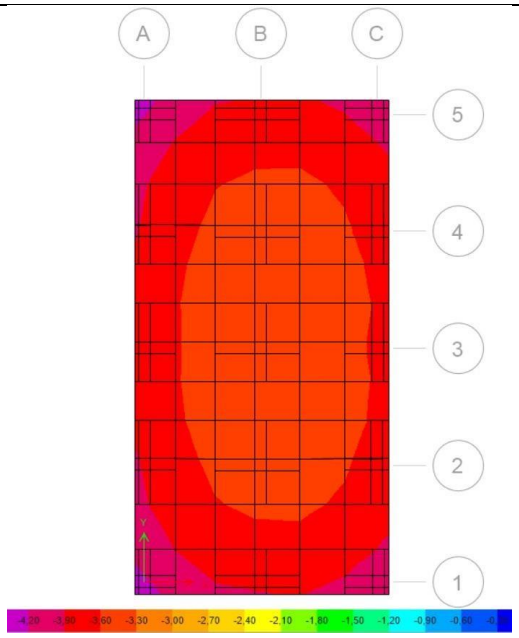


Según la escalara colorimetría, losvalores máximos de deformación están en orden de 3.60 cm

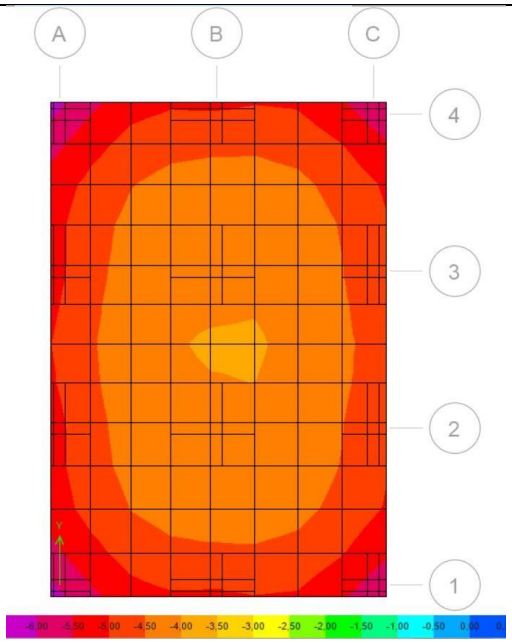
Altura de 2 pisos	
Separación 3 m – 88 ton	**Separación 4 m – 71 ton**
	
Separación 5 m – 56 ton	**Separación 6 m - 47 ton**
	

Altura de 3 pisos

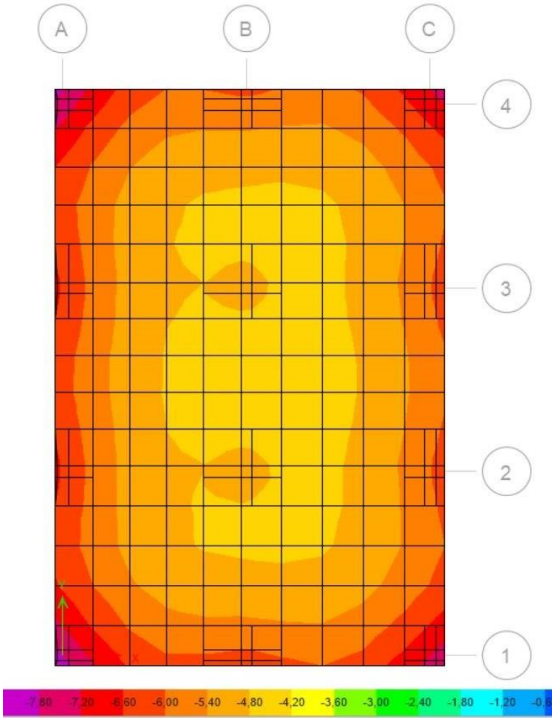
Separación 3 m – 88 ton



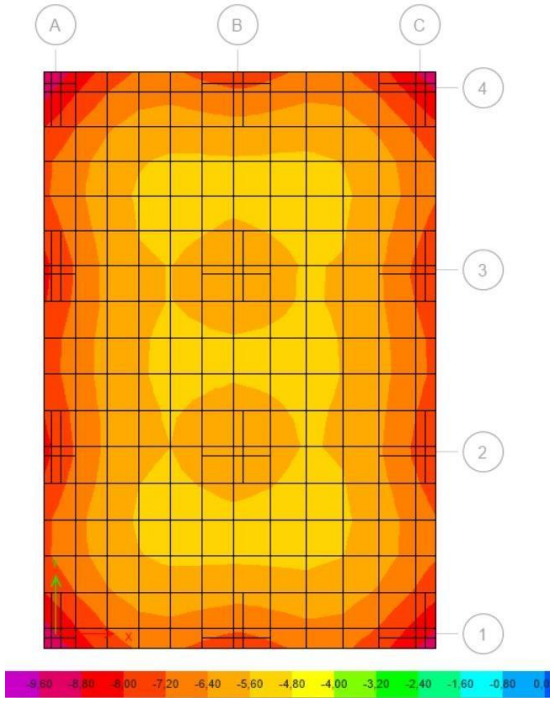
Separación 4 m – 71 ton

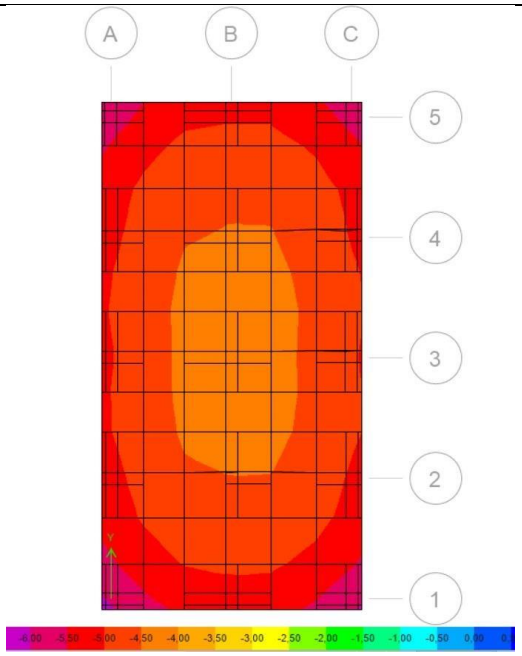
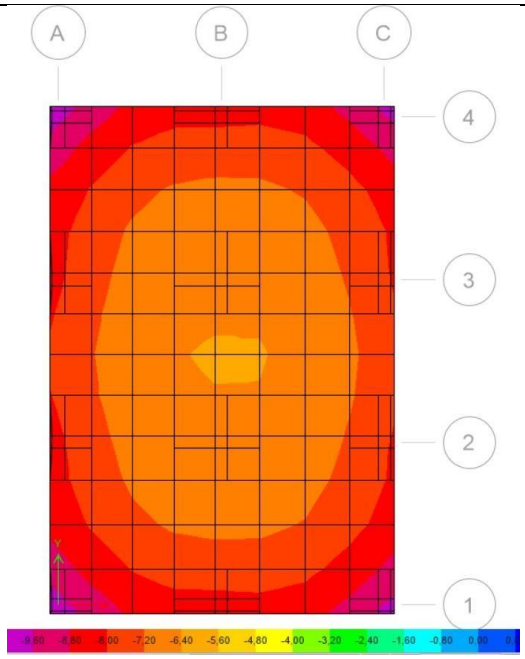
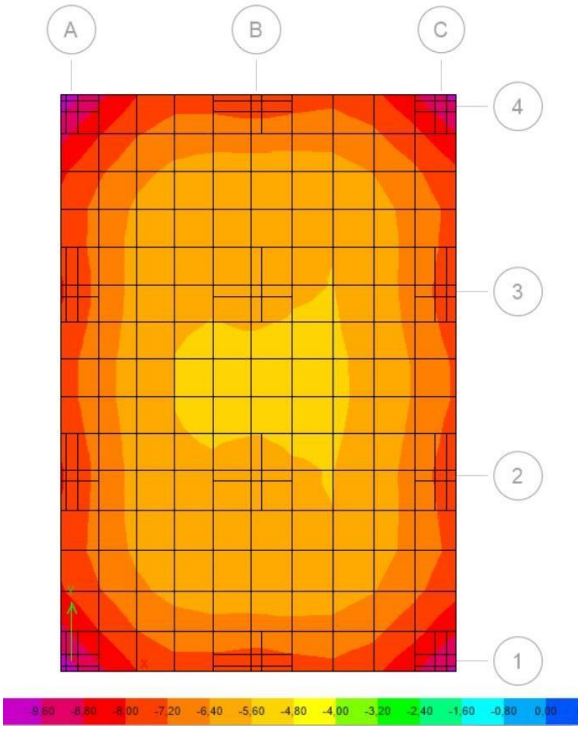
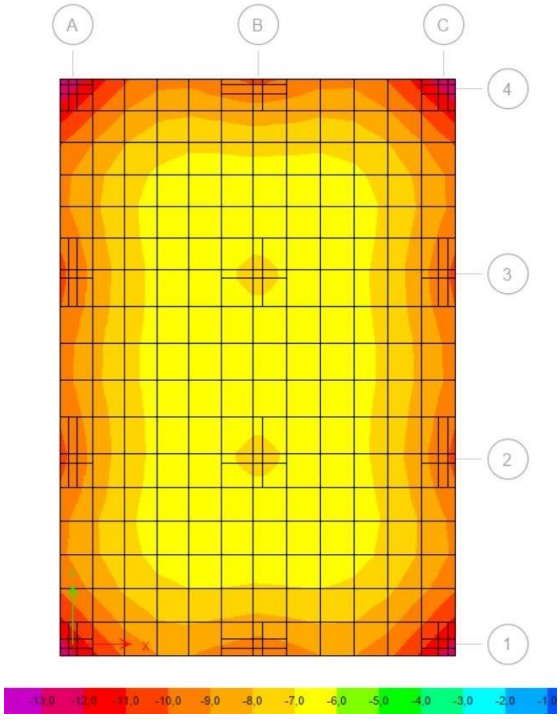


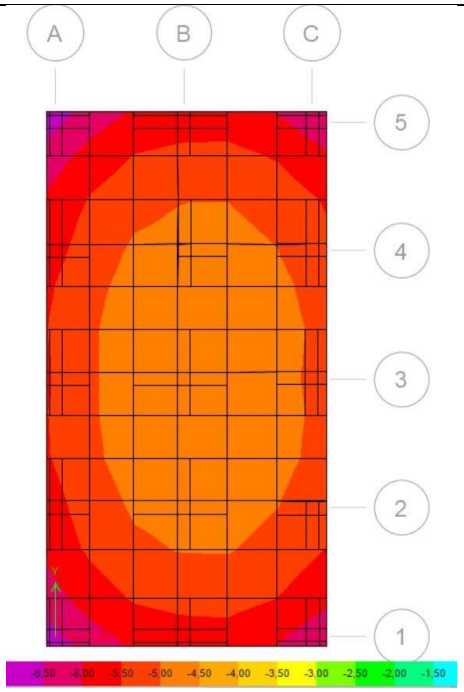
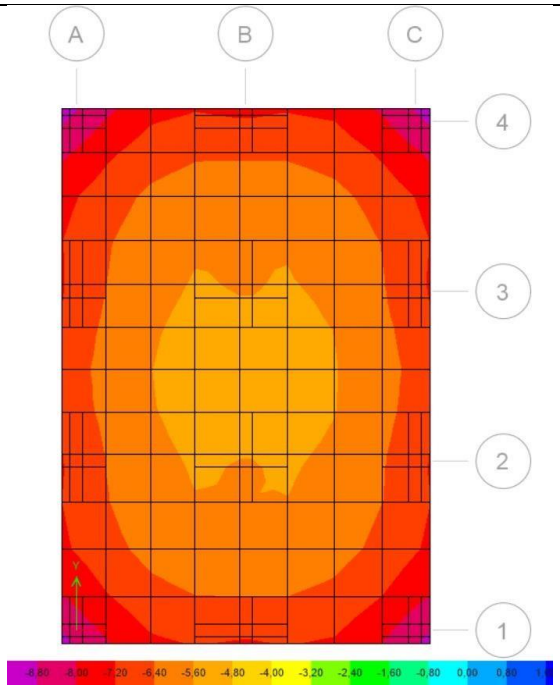
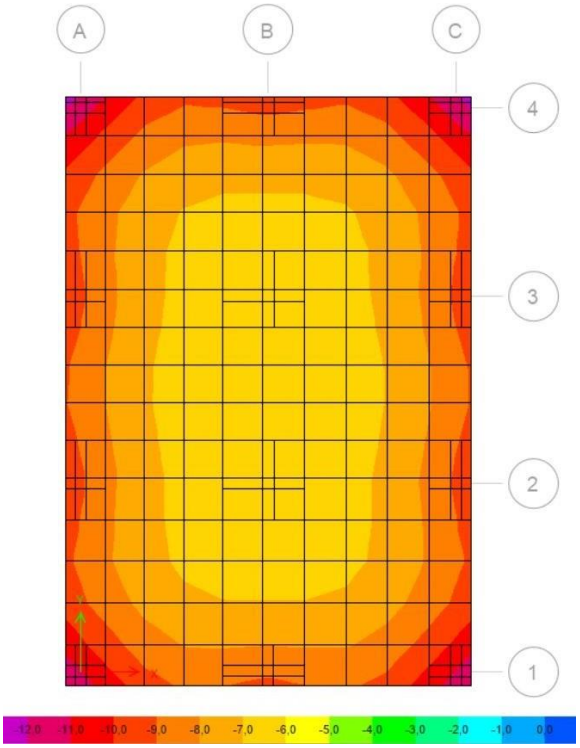
Separación 5 m – 56 ton



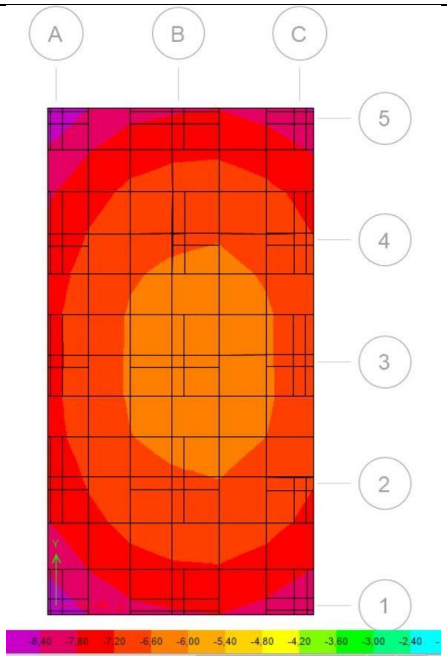
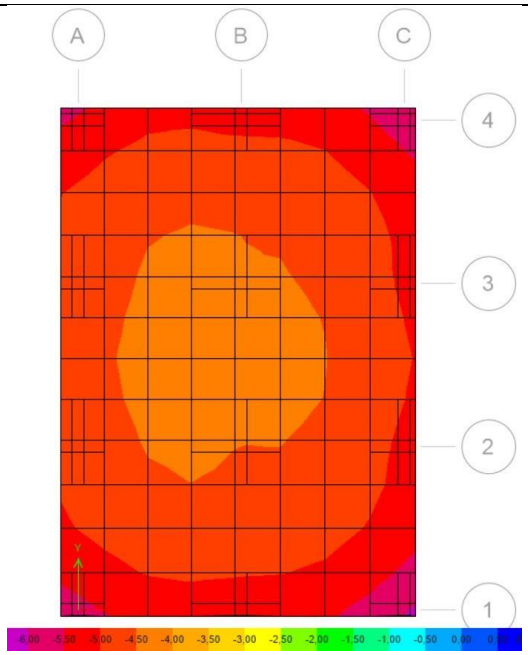
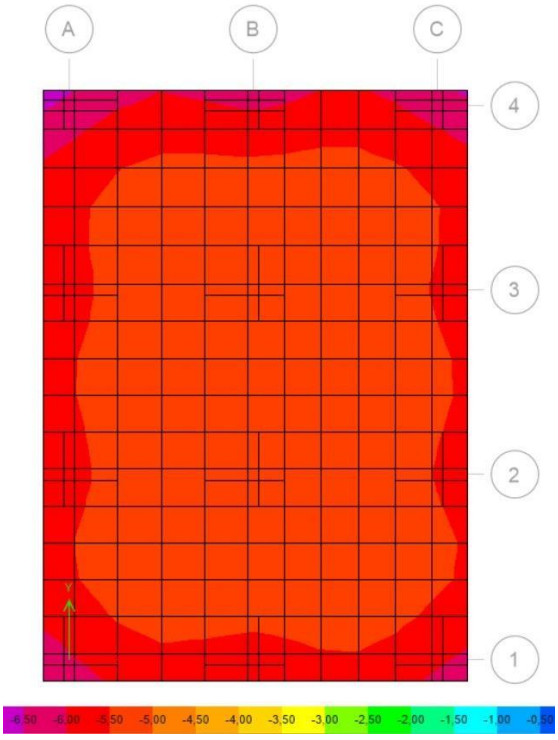
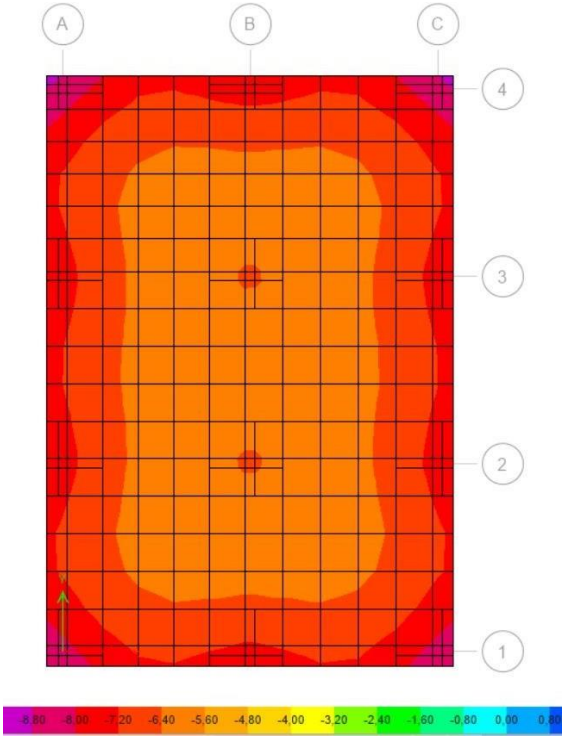
Separación 6 m - 47 ton



Separación 3 m – 88 ton	Separación 4 m – 71 ton
	
Separación 5 m – 56 ton	**Separación 6 m - 47 ton**
	

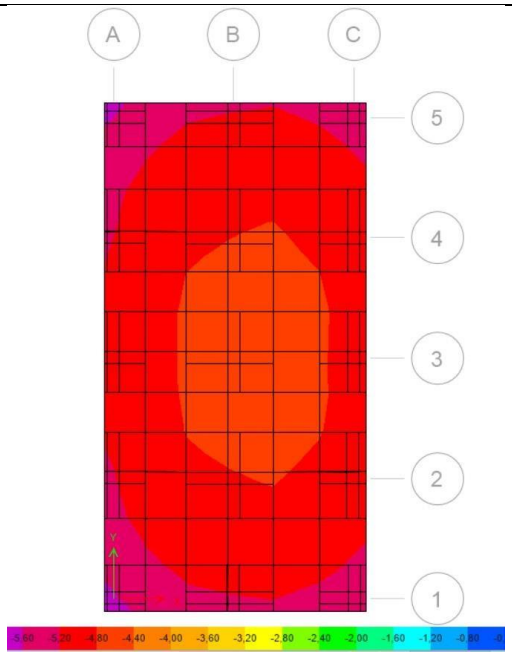
Separación 3 m – 88 ton	Separación 4 m – 71 ton
	
Separación 5 m – 56 ton	**Separación 6 m - 47 ton**
	

7.2. Deformaciones del suelo – zona 2

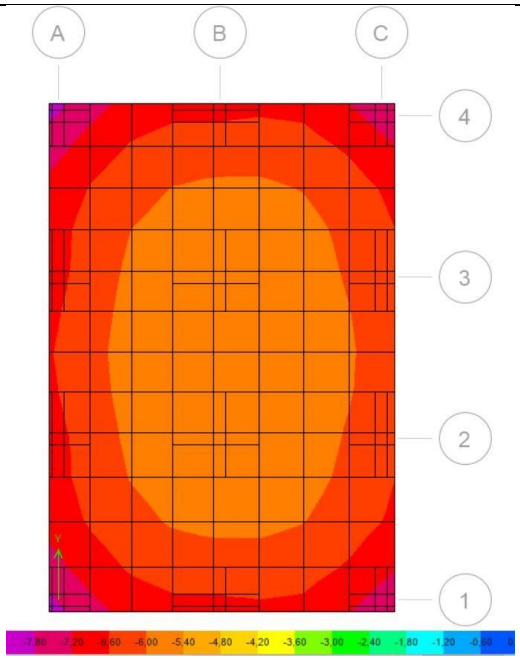
<table>
<tr><th colspan="2">Altura de 2 pisos</th></tr>
<tr><th>Separación 3 m – 65 ton</th><th>Separación 4 m – 52 ton</th></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><th>Separación 5 m – 41 ton</th><th>Separación 6 m - 34 ton</th></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
</table>

Altura de 3 pisos

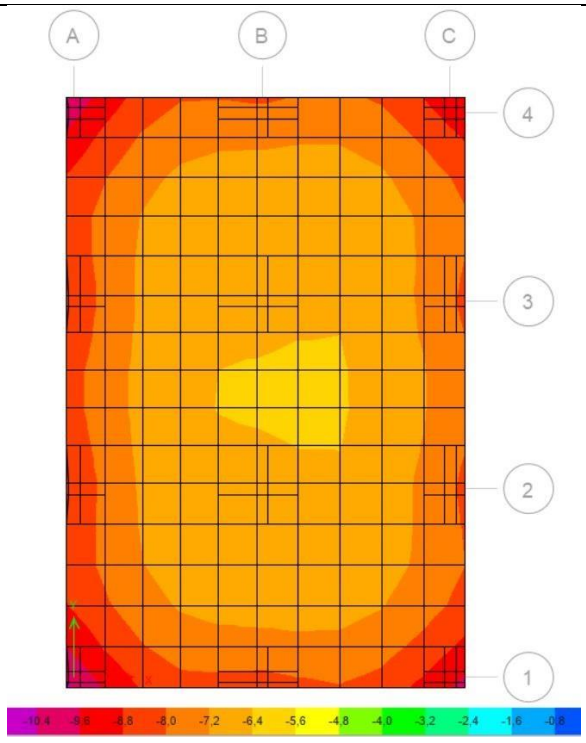
Separación 3 m – 65 ton



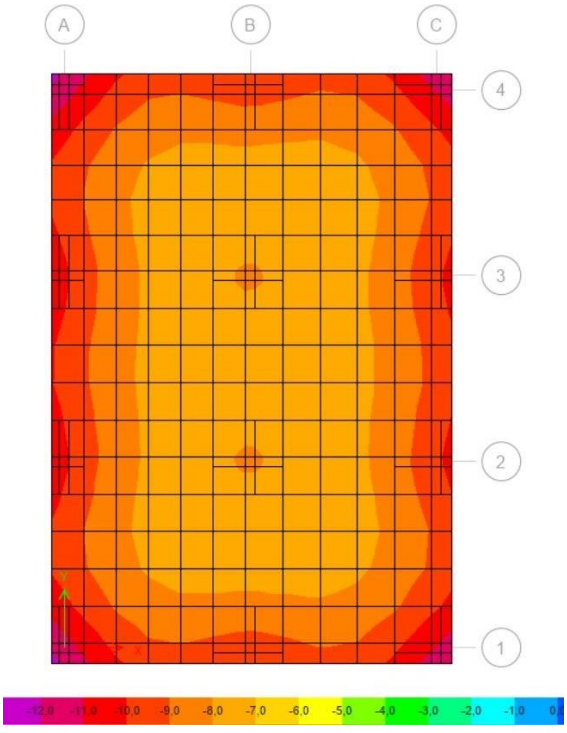
Separación 4 m – 52 ton



Separación 5 m – 41 ton

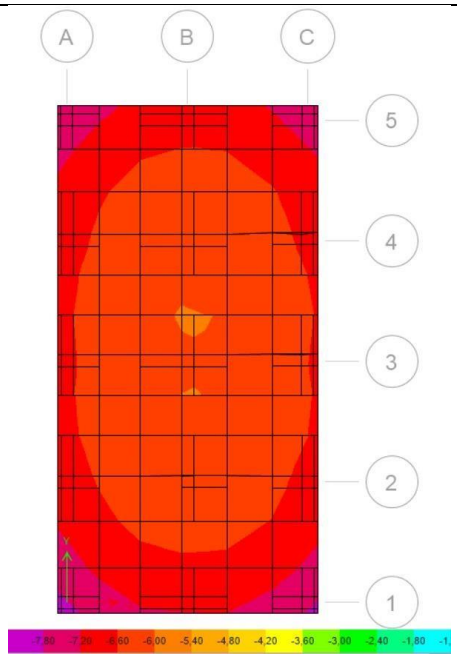


Separación 6 m - 34 ton

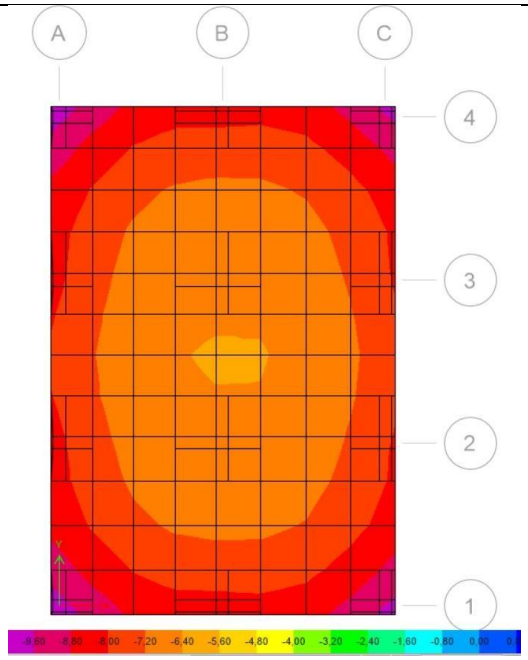


Altura de 4 pisos

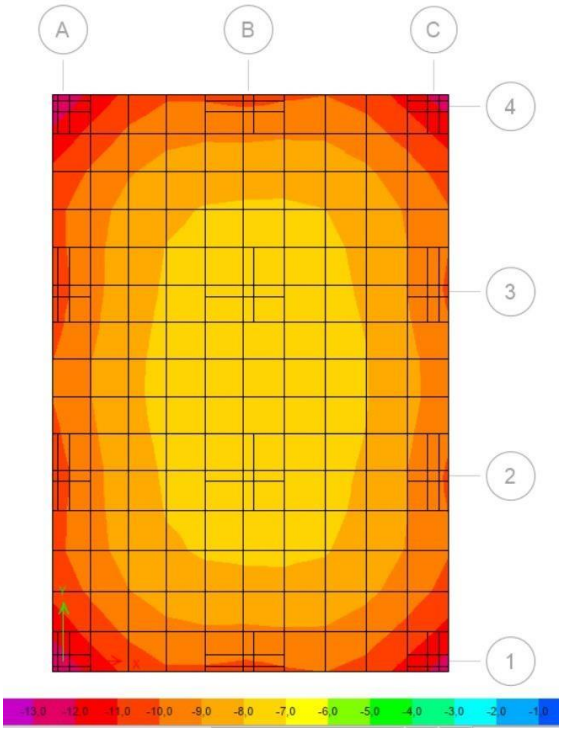
Separación 3 m – 65 ton



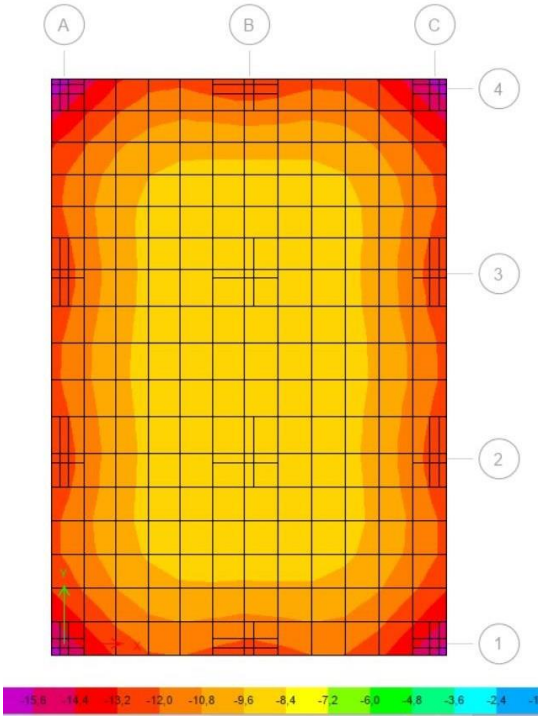
Separación 4 m – 52 ton

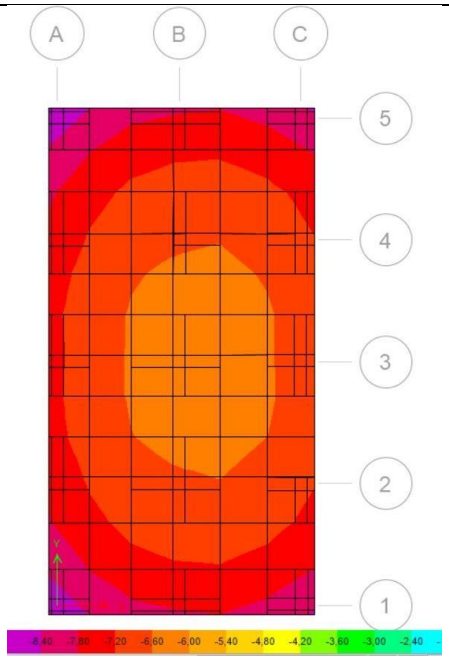
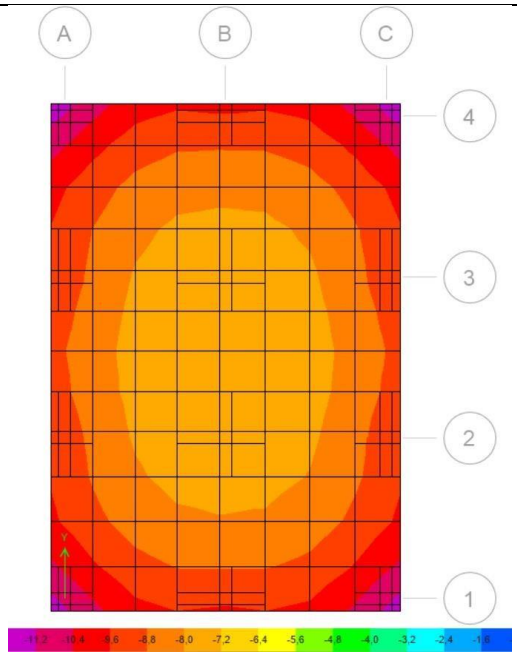
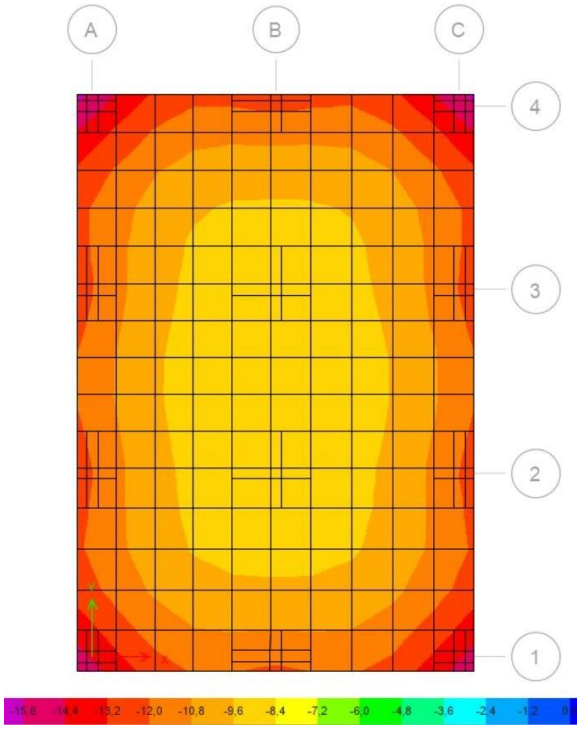
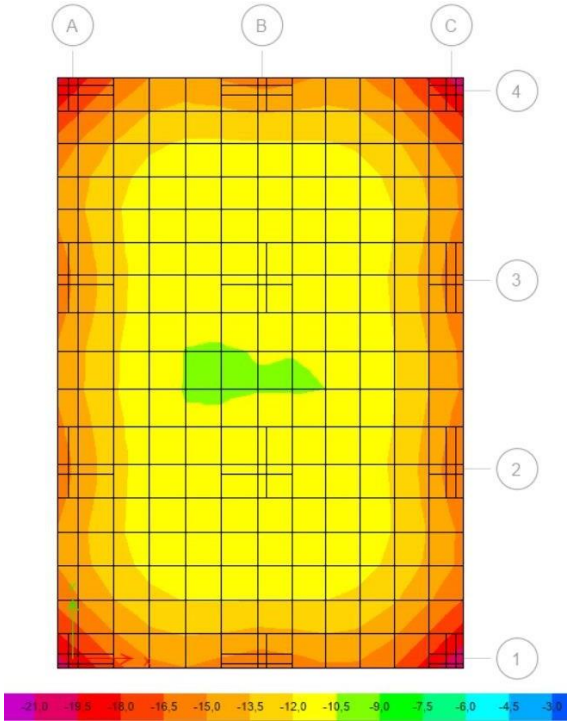


Separación 5 m – 41 ton



Separación 6 m - 34 ton



Separación 3 m – 65 ton	Separación 4 m – 52 ton
	
Separación 5 m – 41 ton	**Separación 6 m - 34 ton**
	

7.3. Cargas transmitidas al suelo

Tabla X. Resultados reacciones verticales separación de columnas de 3m

Separación entre columnas 3m						
Altura	TABLE: Joint Design Reactions					
	Story	Label	Output Case	Case Type	Step Type	FZ (ton f)
2 pisos	Base	5	Envolvente	Combination	Max	4.42
	Base	13	Envolvente	Combination	Max	5.69
	Base	3	Envolvente	Combination	Max	7.48
	Base	7	Envolvente	Combination	Max	7.24
	Base	10	Envolvente	Combination	Max	8.05
	Base	14	Envolvente	Combination	Max	7.75
	Base	15	Envolvente	Combination	Max	12.78
	Base	16	Envolvente	Combination	Max	13.03
	Base	17	Envolvente	Combination	Max	8.98
	Base	18	Envolvente	Combination	Max	13.54
	Base	19	Envolvente	Combination	Max	5.80
	Base	20	Envolvente	Combination	Max	8.50
	Base	21	Envolvente	Combination	Max	8.85
	Base	22	Envolvente	Combination	Max	5.79
	Base	23	Envolvente	Combination	Max	9.04
3 pisos	Base	4	Envolvente	Combination	Max	6.50
	Base	30	Envolvente	Combination	Max	9.98
	Base	3	Envolvente	Combination	Max	10.58
	Base	8	Envolvente	Combination	Max	13.61
	Base	10	Envolvente	Combination	Max	10.55
	Base	12	Envolvente	Combination	Max	10.55
	Base	13	Envolvente	Combination	Max	11.01
	Base	14	Envolvente	Combination	Max	17.98
	Base	15	Envolvente	Combination	Max	14.09
	Base	16	Envolvente	Combination	Max	10.41
	Base	17	Envolvente	Combination	Max	17.58
	Base	19	Envolvente	Combination	Max	13.75
	Base	20	Envolvente	Combination	Max	10.50
	Base	21	Envolvente	Combination	Max	17.65
	Base	22	Envolvente	Combination	Max	14.09
4 pisos	Base	4	Envolvente	Combination	Max	10.03
	Base	30	Envolvente	Combination	Max	14.37
	Base	3	Envolvente	Combination	Max	15.63
	Base	5	Envolvente	Combination	Max	19.40

	Base	11	Envolvente	Combination	Max	15.01
	Base	13	Envolvente	Combination	Max	15.01
	Base	14	Envolvente	Combination	Max	16.48
	Base	15	Envolvente	Combination	Max	24.97
	Base	16	Envolvente	Combination	Max	20.25
	Base	17	Envolvente	Combination	Max	16.05
	Base	19	Envolvente	Combination	Max	25.19
	Base	20	Envolvente	Combination	Max	20.15
	Base	21	Envolvente	Combination	Max	15.80
	Base	22	Envolvente	Combination	Max	24.76
	Base	33	Envolvente	Combination	Max	20.25
5 pisos	Base	4	Envolvente	Combination	Max	11.55
	Base	30	Envolvente	Combination	Max	14.69
	Base	3	Envolvente	Combination	Max	17.84
	Base	5	Envolvente	Combination	Max	20.63
	Base	12	Envolvente	Combination	Max	15.21
	Base	14	Envolvente	Combination	Max	15.21
	Base	15	Envolvente	Combination	Max	18.05
	Base	16	Envolvente	Combination	Max	28.77
	Base	17	Envolvente	Combination	Max	21.48
	Base	19	Envolvente	Combination	Max	18.25
	Base	20	Envolvente	Combination	Max	29.15
	Base	21	Envolvente	Combination	Max	21.42
	Base	22	Envolvente	Combination	Max	18.03
	Base	33	Envolvente	Combination	Max	28.77
	Base	34	Envolvente	Combination	Max	21.48

Tabla XI. Resultados recciones verticales separación de columnas de 4m

Separación entre columnas 4m						
Altura	TABLE: Joint Design Reactions					
	Story	Label	Output Case	Case Type	Step Type	FZ (ton f)
3 pisos	Base	4	Envolvente	Combination	Max	10.04
	Base	18	Envolvente	Combination	Max	18.20
	Base	23	Envolvente	Combination	Max	14.76
	Base	24	Envolvente	Combination	Max	18.93
	Base	25	Envolvente	Combination	Max	32.78
	Base	26	Envolvente	Combination	Max	22.25
	Base	27	Envolvente	Combination	Max	17.76
	Base	28	Envolvente	Combination	Max	31.89

	Base	29	Envolvente	Combination	Max	22.25
	Base	30	Envolvente	Combination	Max	14.56
	Base	31	Envolvente	Combination	Max	22.36
	Base	32	Envolvente	Combination	Max	14.76
4 pisos	Base	4	Envolvente	Combination	Max	13.72
	Base	18	Envolvente	Combination	Max	23.93
	Base	23	Envolvente	Combination	Max	18.23
	Base	24	Envolvente	Combination	Max	24.42
	Base	25	Envolvente	Combination	Max	41.17
	Base	26	Envolvente	Combination	Max	28.05
	Base	27	Envolvente	Combination	Max	23.72
	Base	28	Envolvente	Combination	Max	41.14
	Base	29	Envolvente	Combination	Max	28.05
	Base	30	Envolvente	Combination	Max	18.02
	Base	31	Envolvente	Combination	Max	27.87
	Base	32	Envolvente	Combination	Max	18.23
5 pisos	Base	Base	Envolvente	Combination	Max	18.16
	Base	Base	Envolvente	Combination	Max	30.53
	Base	Base	Envolvente	Combination	Max	22.48
	Base	Base	Envolvente	Combination	Max	31.01
	Base	Base	Envolvente	Combination	Max	51.65
	Base	Base	Envolvente	Combination	Max	34.71
	Base	Base	Envolvente	Combination	Max	30.75
	Base	Base	Envolvente	Combination	Max	51.65
	Base	Base	Envolvente	Combination	Max	34.71
	Base	Base	Envolvente	Combination	Max	22.24
	Base	Base	Envolvente	Combination	Max	34.08
	Base	Base	Envolvente	Combination	Max	22.48

Tabla XII. Resultados reacciones verticales separación de columnas de 5m

Separación entre columnas 5m						
Altura	TABLE: Joint Design Reactions					
	Story	Label	Output Case	Case Type	Step Type	FZ (ton f)
3 pisos	Base	4	Envolvente	Combination	Max	13.52
	Base	8	Envolvente	Combination	Max	18.28
	Base	11	Envolvente	Combination	Max	24.94
	Base	14	Envolvente	Combination	Max	26.19
	Base	21	Envolvente	Combination	Max	29.87
	Base	22	Envolvente	Combination	Max	18.44

	Base	33	Envolvente	Combination	Max	29.87
	Base	34	Envolvente	Combination	Max	18.44
	Base	35	Envolvente	Combination	Max	47.86
	Base	36	Envolvente	Combination	Max	46.96
	Base	37	Envolvente	Combination	Max	25.76
	Base	38	Envolvente	Combination	Max	30.33
4 pisos	Base	1	Envolvente	Combination	Max	34.71
	Base	2	Envolvente	Combination	Max	29.12
	Base	3	Envolvente	Combination	Max	36.62
	Base	4	Envolvente	Combination	Max	19.01
	Base	5	Envolvente	Combination	Max	64.88
	Base	6	Envolvente	Combination	Max	64.13
	Base	7	Envolvente	Combination	Max	35.44
	Base	8	Envolvente	Combination	Max	44.40
	Base	9	Envolvente	Combination	Max	44.52
	Base	10	Envolvente	Combination	Max	29.71
	Base	11	Envolvente	Combination	Max	44.52
	Base	12	Envolvente	Combination	Max	29.71
5 pisos	Base	1	Envolvente	Combination	Max	46.12
	Base	2	Envolvente	Combination	Max	45.32
	Base	3	Envolvente	Combination	Max	49.16
	Base	4	Envolvente	Combination	Max	25.49
	Base	5	Envolvente	Combination	Max	84.68
	Base	6	Envolvente	Combination	Max	83.64
	Base	7	Envolvente	Combination	Max	46.55
	Base	8	Envolvente	Combination	Max	62.90
	Base	9	Envolvente	Combination	Max	64.18
	Base	10	Envolvente	Combination	Max	46.63
	Base	11	Envolvente	Combination	Max	64.18
	Base	12	Envolvente	Combination	Max	46.63

Tabla XIII. Resultados reacciones verticales separación de columnas de 6m

Separación entre columnas 5m						
Altura	TABLE: Joint Design Reactions					
	Story	Label	Output Case	Case Type	Step Type	FZ (ton f)
3 pisos	Base	4	Envolvente	Combination	Max	18.26
	Base	13	Envolvente	Combination	Max	24.06
	Base	21	Envolvente	Combination	Max	35.11
	Base	24	Envolvente	Combination	Max	36.95

	Base	27	Envolvente	Combination	Max	41.01
	Base	28	Envolvente	Combination	Max	24.13
	Base	29	Envolvente	Combination	Max	41.01
	Base	30	Envolvente	Combination	Max	24.13
	Base	31	Envolvente	Combination	Max	69.85
	Base	32	Envolvente	Combination	Max	68.51
	Base	33	Envolvente	Combination	Max	36.73
	Base	34	Envolvente	Combination	Max	42.27
4 pisos	Base	4	Envolvente	Combination	Max	25.70
	Base	13	Envolvente	Combination	Max	37.46
	Base	21	Envolvente	Combination	Max	48.93
	Base	24	Envolvente	Combination	Max	51.81
	Base	27	Envolvente	Combination	Max	60.52
	Base	28	Envolvente	Combination	Max	37.85
	Base	29	Envolvente	Combination	Max	60.52
	Base	30	Envolvente	Combination	Max	37.85
	Base	31	Envolvente	Combination	Max	94.85
	Base	32	Envolvente	Combination	Max	93.65
	Base	33	Envolvente	Combination	Max	50.55
	Base	34	Envolvente	Combination	Max	61.27
5 pisos	Base	4	Envolvente	Combination	Max	34.52
	Base	13	Envolvente	Combination	Max	57.84
	Base	21	Envolvente	Combination	Max	65.10
	Base	24	Envolvente	Combination	Max	69.79
	Base	27	Envolvente	Combination	Max	86.41
	Base	28	Envolvente	Combination	Max	58.84
	Base	29	Envolvente	Combination	Max	86.41
	Base	30	Envolvente	Combination	Max	58.84
	Base	31	Envolvente	Combination	Max	124.05
	Base	32	Envolvente	Combination	Max	122.26
	Base	33	Envolvente	Combination	Max	66.40
	Base	34	Envolvente	Combination	Max	85.96

7.4. Dimensionamiento de zapatas zona 1

Angulo de resistencia al corte promedio	φ	0	°		
Cohesión efectiva	C	50.8	kPa		
Peso unitario 1	Υ_1	20.542	kN/m³	1.500 m	h
Peso unitario 2	Υ_2	18.443	kN/m³	0.60 m	
Nivel freático	NF	2.3	m		
Peso unitario agua	Υw	9.81	kN/m³		
Angulo de inclinación	θ	0	°		

DF	2.10	m

Tabla XIV. Resultados dimensionamiento zapatas zona 1 para edificaciones de 2 pisos

B/L	SEP	CARGA DE SERVICIO (kN)	B (m)	L (m)	Df/B	Nc	Nq	Nγ	Kp	Sc	Sq	Sγ	dc	dq	dγ	ic	iq	iγ	qu (kN/m²)	FS	qs (kN/m²)	CARGA ADM. (kN)
1	3	132.83	1.03	1.03	0.78	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.16	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	378.64	3.00	126.21	132.83
	4	206.30	1.15	1.15	0.70	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.14	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	373.50	3.00	124.50	163.64
	5	298.62	1.55	1.55	0.52	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.10	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	362.18	3.00	120.73	288.88
	6	435.27	1.72	1.72	0.47	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.09	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	358.95	3.00	119.65	353.12

Tabla XV. Resultados dimensionamiento de zapatas zona 1 para edificaciones de 3 pisos

B/L	SEP	CARGA DE SERVICIO (kN)	B (m)	L (m)	Df/B	Nc	Nq	Nγ	Kp	Sc	Sq	Sγ	dc	dq	dγ	ic	iq	iγ	qu (kN/m²)	FS	qs (kN/m²)	CARGA ADM (kN)
1	3	175.99	1.17	1.17	0.94	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.19	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	394.99	3.00	131.66	179.36
	4	321.57	1.18	1.18	0.93	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.19	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	394.46	3.00	131.49	182.38
	5	469.51	1.92	1.92	0.57	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.11	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	371.85	3.00	123.95	456.45
	6	685.23	2.37	2.37	0.46	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.09	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	364.98	3.00	121.66	685.23

Tabla XVI. Resultados dimensionamiento de zapatas zona 1 para edificaciones de 4 pisos

B/L	SEP	CARGA DE SERVICIO (kN)	B (m)	L (m)	Df/B	Nc	Nq	Nγ	Kp	Sc	Sq	Sγ	dc	dq	dγ	ic	iq	iγ	qu (kN/m²)	FS	qs (kN/m²)	CARGA ADM (kN)
1	3	247.02	1.02	1.02	2.06	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.41	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	712.81	3.00	237.60	247.20
	4	403.88	1.33	1.33	1.58	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.32	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	682.56	3.00	227.52	403.88
	5	636.47	1.70	1.70	1.24	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.25	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	661.23	3.00	220.41	636.47
	6	930.38	2.08	2.08	1.01	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	647.15	3.00	215.72	930.38

Tabla XVII. Resultados dimensionamiento de zapatas zona 1 para edificaciones de 5 pisos

B/L	SEP	CARGA DE SERVICIO (kN)	B (m)	L (m)	Df/B	Nc	Nq	Nγ	Kp	Sc	Sq	Sγ	dc	dq	dγ	ic	iq	iγ	qu (kN/m²)	FS	qs (kN/m²)	CARGA ADM (kN)
1	3	285.86	1.10	1.10	1.90	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.38	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	702.93	3.00	234.31	285.86
	4	506.69	1.47	1.47	1.43	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	0.60	1.38	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	704.14	3.00	234.71	506.69
	5	830.71	2.17	2.17	0.97	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	0.60	1.39	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	705.02	4.00	176.26	830.71
	6	1216.83	2.67	2.67	0.79	5.14	1.00	0.11	1.00	1.20	1.00	0.60	1.31	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	682.33	4.00	170.58	1216.83

7.5. Dimensionamiento de zapatas zona 2

Angulo de resistencia al corte promedio	φ	0	°		
Cohesión efectiva	C	63.06	kPa		
Peso unitario 1	Υ_1	18.590	kN/m³	1.795 m	h
Peso unitario 2	Υ_2	18.149	kN/m³	0.21 m	
Nivel freático	NF	2.5	m		
Peso unitario agua	Υw	9.81	kN/m³		
Angulo de inclinación	θ	0	°		

Tabla XVIII. Resultados dimensionamiento de zapatas zona 2 para edificaciones de 2 pisos

B/L	SEP	CARGA DE SERVICIO (kN)	B (m)	L (m)	Df/B	Nc	Nq	Nγ	Kp	Sc	Sq	Sγ	dc	dq	dγ	ic	iq	iγ	qu (kN/m²)	FS	qs (kN/m²)	CARGA ADM (kN)
1	3	132.83	1.00	1.00	1.00	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	396.38	3.00	132.13	132.83
	4	206.30	1.27	1.27	0.79	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.16	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	383.19	3.00	127.73	206.30
	5	298.62	1.55	1.55	0.65	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.13	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	374.39	3.00	124.80	298.62
	6	435.27	1.89	1.89	0.53	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.11	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	367.10	3.00	122.37	435.24

Tabla XIX. Resultados dimensionamiento de zapatas zona 2 para edificaciones de 3 pisos

B/L	SEP	CARGA DE SERVICIO (kN)	B (m)	L (m)	Df/B	Nc	Nq	Nγ	Kp	Sc	Sq	Sγ	dc	dq	dγ	ic	iq	iγ	qu (kN/m²)	FS	qs (kN/m²)	CARGA ADM (kN)
1	3	175.99	0.89	0.89	2.25	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.45	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	670.64	3.00	223.55	175.99
	4	321.57	1.25	1.25	1.60	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.32	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	620.03	3.00	206.68	321.57
	5	469.51	1.80	1.80	1.11	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.22	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	581.90	3.00	193.97	626.01
	6	685.23	2.20	2.20	0.91	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.18	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	566.00	3.00	188.67	913.64

Tabla XX. Resultados dimensionamiento de zapatas zona 2 para edificaciones de 4 pisos

B/L	SEP	CARGA DE SERVICIO (kN)	B (m)	L (m)	Df/B	Nc	Nq	Nγ	Kp	Sc	Sq	Sγ	dc	dq	dγ	ic	iq	iγ	qu (kN/m^2)	FS	qs (kN/m^2)	CARGA ADM (kN)
1	3	247.02	1.08	1.08	1.86	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.37	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	639.87	3.00	213.29	247.02
	4	403.88	1.41	1.41	1.41	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.28	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	605.26	3.00	201.75	403.88
	5	636.47	2.12	2.12	0.95	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.19	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	568.84	3.00	142.21	636.47
	6	930.38	2.60	2.60	0.77	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.15	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	555.23	3.00	138.81	935.38

Tabla XXI. Resultados dimensionamiento de zapatas zona 2 para edificaciones de 5 pisos

B/L	SEP	CARGA DE SERVICIO (kN)	B (m)	L (m)	Df/B	Nc	Nq	Nγ	Kp	Sc	Sq	Sγ	dc	dq	dγ	ic	iq	iγ	qu (kN/m^2)	FS	qs (kN/m^2)	CARGA ADM (kN)
1	3	285.86	1.17	1.17	1.71	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.34	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	628.49	3.00	209.50	285.86
	4	506.69	1.60	1.60	1.25	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.25	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	592.42	3.00	197.47	506.69
	5	830.71	2.44	2.44	0.82	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.16	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	559.12	4.00	139.78	830.71
	6	1216.83	2.98	2.98	0.67	5.14	1.00	0.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.13	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	547.48	4.00	136.87	1216.83

8. Análisis de resultados

En base a los cálculos realizados, de manera resumida tenemos la siguiente información;

Tabla XXII. Resultados recomendación de cimentación zona 1

Recomendación de cimentación ZONA 1					
Pisos	**Separación entre apoyos**	**Tipo**	**Capacidad Admisible (kN/m^2)**	**Dimensión (m)**	**carga admisible total (kN)**
2	3 m	Zapata	253.20	0.75	141.85
2	4 m	Zapata	242.12	0.92	206.30
2	5 m	Zapata	170.83	1.32	298.62
2	6 m	Zapata	166.28	1.62	435.27
3	3 m	Zapata	232.18	1.17	316.29
3	4 m	Zapata	231.84	1.18	321.57
3	5 m	Zapata	220.64	1.68	626.01
3	6 m	Zapata	215.92	2.06	913.64
4	3 m	Zapata	237.60	1.02	247.20
4	4 m	Zapata	227.52	1.33	403.88
4	5 m	Zapata	220.41	1.70	636.47
4	6 m	Zapata	215.72	2.08	930.38
5	3 m	Losa		0.50 (Espesor)	
5	4 m	Losa		0.67 (Espesor)	
5	5 m	Cimentación Compensada / profunda			
5	6 m	Cimentación Compensada / profunda			

Gráfico 1. Separación entre apoyos vs carga admisible zona 1

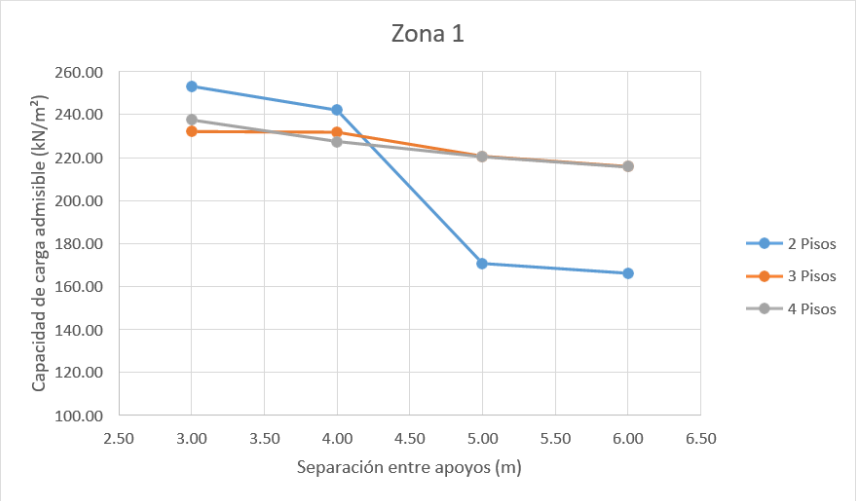
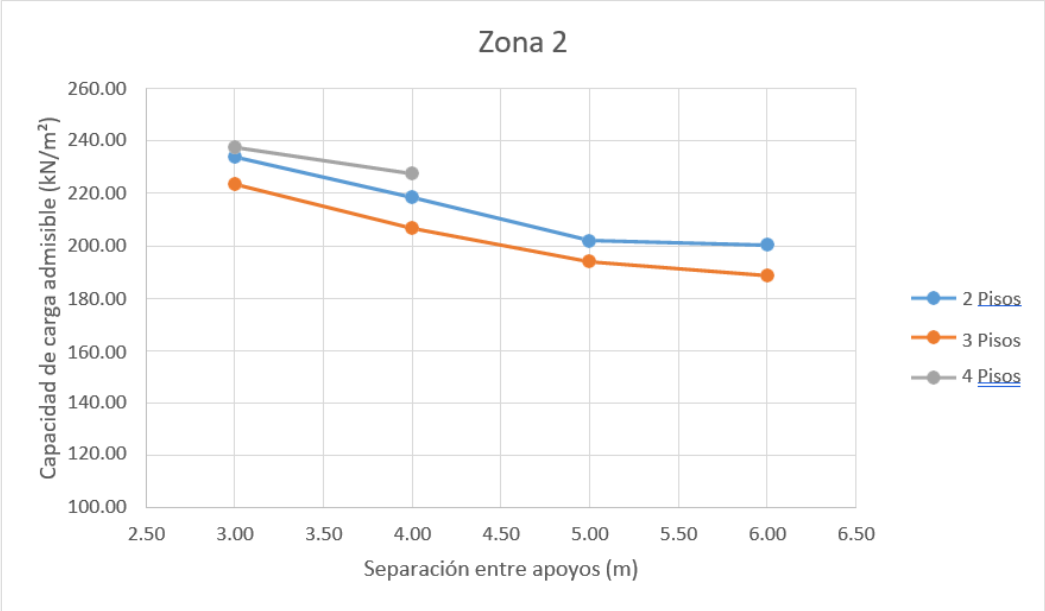


Tabla XXIII. Resultados recomendaciones de cimentación zona 2

Recomendación de cimentación ZONA 2					
Pisos	**Separación entre apoyos**	**Tipo**	**Capacidad Admisible (kN/m^2)**	**Dimensión (m)**	**carga admisible total (kN)**
2	3 m	Zapata	233.92	0.75	132.83
2	4 m	Zapata	218.47	0.97	206.30
2	5 m	Zapata	202.04	1.40	298.62
2	6 m	Zapata	200.28	1.47	435.24
3	3 m	Zapata	223.55	0.89	179.36
3	4 m	Zapata	206.68	1.25	182.38
3	5 m	Zapata	193.97	1.80	456.45
3	6 m	Zapata	188.67	2.20	685.23
4	3 m	Zapata	237.60	1.08	247.20
4	4 m	Zapata	227.52	1.41	403.88
4	5 m	Losa		0.50 (Espesor)	
4	6 m	Losa		0.50 (Espesor)	
5	3 m	Losa		0.50 (Espesor)	
5	4 m	Losa		0.67 (Espesor)	
5	5 m	Cimentación Compensada / profunda			
5	6 m	Cimentación Compensada / profunda			

Gráfico 2. Separación entre apoyos vs carga admisible zona 2



8.1.Resultados recomendaciones estudios de suelos

8.1.1. Zona 1

Tabla XXIV. Resultados recomendaciones estudios de suelos zona 1

Dirección	Licencia	Pisos	Tipo de Cimentación	Cimentación diseñada para cálculo de asentamientos	Nivel de cimentación	Capacidad portante admisible	Asentamientos	Uso
AC53 59 95	LC 09-4-1013	2	Zapatas	0.6 x 0.6 m	1.00 m	78.45 Kn/m2	1.5 cm	Residencial
AK 60 44 62	LC 15-1-0373	3	Zapatas	2.00 x 2.00 m	1.00 m	64.72 Kn/m2	13 cm	Residencial
CL 44 52 38	LC 09-2-0015	3	Zapatas	1.00 x 1.00 m	1.10 m	128.86 Kn/m2	8.09 cm	Residencial
CL 44 54 36	LC 08-2-0463	3	Zapatas corridas	1.00 x 1.00 m	0.8 m	58.84 Kn/m2	4 cm	Residencial
CL44 54 78	LC16-4-0352	3	Zapatas	2.85 m x 2.85 m	1.10 m	105.91 Kn/m2	4.32 cm	Residencial
CL44 59 44	LC 11-2-0981	2	Placa de cimentación	2.00 x 2.00 m	1.00 m	85.98 Kn/m2	de 3 cm	Comercial
CL 44A 55 50	LC12-1-0340	2	Zapatas	2.00 x 2.00 m	0.8 m	78.75 Kn/m2	de 3 cm	Residencial
CL 44A 57A 45	LC 18-4-0951	2	Zapatas	1.00 x 1.00 m	1.3 m	92 Kn/m2	de 3.5 cm	Residencial
CL44B 55 93	LC10-5-0103	2	Zapatas	1.90 x 1.90 m	1.0 m	96.11 Kn/m2	de 3.27 cm	Residencial
KR 36A 58	LC 11-5-0974	5 y -1	Combinado Placa y pilotes pre excavados					
CL44B 59 31	LC 16-4-0033	2	Zapatas	1.70 x 1.70 m	1.3 m	101.01 Kn/m2	2.79 cm	Residencial
KR 54 A 59 37	LC 17-5-0386	2	Zapatas	1.90 x 1.90 m	2.0 m	75.51 Kn/m2	7 cm	Residencial
KR 54 A 59 67	LC08-3-0216		Zapatas	1.00 x 1.00 m	1.60 m	87.77 Kn/m2	5 cm	Residencial
LC 15-4-0237	LC 15-4-0237	2	Zapatas	1.73 x 1.73 m	1.40 m	98.07 Kn/m2	4.18 cm	Residencial
KR57A 59 05	LC 17-5-0145	4 y -1	Combinado Placa y pilotes pre excavados					
KR 54A 61 85	MLC 16-2-1842	2	Zapatas		1.20 m	52.96 Kn/m2	3 cm	Residencial
KR 55 59 96	LC 13-2-0863	2 y -1	Zapatas	1.70 x 1.70 m	3.80 m	122.49 Kn/m2	2.42 cm	Residencial
KR 55 61 28	LC 17-2-2054	2	Zapatas	2.30 x 2.3 m	1.20 m	97.09 Kn/m2	5.09 cm	Residencial
CL 56 36A 55	LC 13-5-1182	5 y -1	Combinado Placa y pilotes pre excavados					
KR54 44B 03	LC 08-2-0452	2	Zapatas		1.50 m	89.14 Kn/m2	4.69 cm	Residencial
KR55 44A 43	11001-5-19-0027	2	Zapatas	2.12 x 2.12 m	1.60 m	98.07 Kn/m2	3.62 cm	Residencial
KR55 45A 13	LC 16-2-0564	3	Zapatas	1.50 x 1.50 m	1.00 m	72.77 Kn/m2	4.7 cm	Residencial
KR56 61 42	ML 03-2-0507	2	Zapatas	1.50 x 1.50 m	1.60 m	25.5 Kn/m2	2.0 cm	Residencial

KR57A 59 05	LC 17-5-0145	3	Zapatas	2.70 x 2.70 m	1.3 m	107.87 Kn/m2	1.2 cm	Residencial
KR58 44A 41	LC 12-3-0020	2	Zapatas		1.20 m	98.07 Kn/m2	6.4 cm	Residencial
KR59 44 54	LC 12-3-1315	2	Zapatas	2.00 x 2.00 m	1.00 m	118.27 Kn/m2	2.4 cm	Residencial
KR59A 44A 19	RES 17-1-0476	2	Zapatas	2.12 x 2.12 m	1.60 m	98.07 Kn/m2	4.43 cm	Residencial
KR59A 44A 6	LC 09-4-1386	2	Zapatas		1.00 m	49.03 Kn/m2	8.1 cm	Residencial

8.1.2. Zona 2

Tabla XXV. Resultados recomendaciones estudios de suelos zona 2

Dirección	Licencia	Pisos	Tipo de Cimentación	Cimentación diseñada para cálculo de asentamientos	Nivel de cimentación	Capacidad portante admisible	Asentamientos	Uso
AC 53 52 71	LC 17-5-0213	2	Zapatas	2.1 x 2.1	1.30 m	101.01 Kn/m2	2.79 cm	Residencial
AC 63 35 25	LC 11-1-0541	7 y -1	Combinado Placa y pilotes pre excavados					
AK 50 57B 06	LC06-4-0405	2	Zapatas	2.0 x 2.0	1.6 m	98.07 Kn/m2	5.71 cm	Comercial
CL 44 50 88	11001-5-19-1103	4 y -1	Combinado Placa y pilotes pre excavados					
CL 56 36A	LC 13-5-1182	5 y -1	Combinado Placa y pilotes pre excavados					
CL 57B 45 79	LC 15-3-0390	6 y -1	Combinado Placa y pilotes pre excavados					
CL 58 35A 41	LC 16-5-0374	10 y -2	Combinado Placa y pilotes pre excavados					
CL 58 45 44	LC08-4-1211	2	Zapatas	1.80 x 1.80	1.60 m	57.66 Kn/m2	4.79 cm	Residencial
CL 59 35A 68	LC08-2-0846	4 y -1	Combinado Placa y pilotes pre excavados					
CL 62 37 69	LC 18-1-0029	2	Zapatas	1.80 x 1.80	1.60 m	57.66 Kn/m2	4.79 cm	Residencial
KR57A 59 05	LC 17-5-0145	4 y -1	Combinado Placa y pilotes pre excavados					
KR 35A 58 52	LC 14-1-0277	3	Zapatas		-1.00 m	68.67 Kn/m2	2 cm	Residencial
KR 36A 58	LC 11-5-0974	5 y -1	Combinado Placa y pilotes pre excavados					
KR 36A 62 44	LC 11-4-0076	7 y -1	Combinado Placa y pilotes pre excavados					
KR 36A 57 57 KR 37 56 56/55 06	LC 13-2-0517	5 y -2	Combinado Placa y pilotes pre excavados					
KR 45 59 22	LC 13-2-1716	7 y -1	Combinado Placa y pilotes pre excavados					
KR 52 44 29/31	11001-5-19-0133	2	Zapatas	0.70m x 0.70m	-1.60m	68.67 Kn/m2	2 a 3 cm	Residencial
KR59A 44A 6	LC 09-4-1386	2	Zapatas		1.00 m	49.03 Kn/m2	8.1 cm	Residencial

KR 55 61 28	LC 17-2-2054	2	Zapatas	2.30 x 2.3 m	1.20 m	97.09 Kn/m2	5.09 cm	Residencial
KR59A 44A 19	RES 17-1-0476	2	Zapatas	2.12 x 2.12 m	1.60 m	98.07 Kn/m2	4.43 cm	Residencial

8.2.Comparación directa de recomendaciones en función de la dimensión.

Tabla XXVI. Comparación de cimentaciones en función de la dimensión

		RECOMENDACIÓN ESTUDIOS DE SUELOS								RECOMENDACIÓN DISEÑADA SIMILAR A LA RECOMENDACIÓN DE ESTUDIOS							
Licencia	Pisos	Tipo de Cimentación	Cimentación diseñada	Nivel de cimentación		Capacidad portante admisible		carga admisible total bruta		Tipo de Cimentación	Cimentación diseñada	Nivel de cimentación		Capacidad portante admisible		carga admisible total bruta	
LC 09-4-1013	2	Zapatas	0.6 x 0.6 m	1	m	78.45	Kn/m2	28.24	Kn	Zapatas	0.72 x 0.72 m	2.1	m	253.20	Kn/m2	131.26	Kn
LC12-1-0340	2	Zapatas	2.00 x 2.00 m	0.8	m	78.75	Kn/m2	315	Kn	Zapatas	1.62 x 1.62 m	2.1	m	166.28	Kn/m2	436.4	Kn
LC 18-4-0951	2	Zapatas	1.00 x 1.00 m	1.3	m	92.00	Kn/m2	92	Kn	Zapatas	0.92 x 0.92 m	2.1	m	162.53	Kn/m2	137.6	Kn
LC10-5-0103	2	Zapatas	1.90 x 1.90 m	1	m	96.11	Kn/m2	346.96	Kn	Zapatas	1.62 x 1.62 m	2.1	m	166.28	Kn/m2	436.4	Kn

8.3.Comparación directa de recomendaciones en función de la capacidad admisible total bruta

Tabla XXVII. Comparación de cimentaciones en función de la capacidad admisible total bruta

		RECOMENDACIÓN ESTUDIOS DE SUELOS								RECOMENDACIÓN DISEÑADA SIMILAR A LA RECOMENDACIÓN DE ESTUDIOS							
Licencia	Pisos	Tipo de Cimentación	Cimentación diseñada	Nivel de cimentación		Capacidad portante admisible		carga admisible total bruta		Tipo de Cimentación	Cimentación diseñada	Nivel de cimentación		Capacidad portante admisible		carga admisible total bruta	
LC 16-4-0033	2	Zapatas	1.70 x 1.70 m	1.3	m	101.01	Kn/m2	291.92	Kn	Zapatas	1.32 x 1.32 m	2.1	m	170.83	Kn/m2	297.7	Kn
LC 17-5-0386	2	Zapatas	1.90 x 1.90 m	2	m	75.51	Kn/m2	272.59	Kn	Zapatas	1.32 x 1.32 m	2.1	m	170.83	Kn/m2	297.7	Kn

LC08-3-0216	2	Zapatas	1.00 x 1.00 m	1.6	m	87.77	Kn/m2	224.69	Kn	Zapatas	0.92 x 0.92 m	2.1	m	242.12	Kn/m2	204.9	Kn
LC 15-4-0237	2	Zapatas	1.73 x 1.73 m	1.4	m	98.07	Kn/m2	293.51	Kn	Zapatas	1.32 x 1.32 m	2.1	m	170.83	Kn/m2	297.7	Kn
LC 17-2-2054	2	Zapatas	2.30 x 2.3 m	1.2	m	97.09	Kn/m2	513.61	Kn	Zapatas	1.62 x 1.62 m	2.1	m	166.28	Kn/m2	436.4	Kn
11001-5-19-0027	2	Zapatas	2.12 x 2.12 m	1.6	m	98.07	Kn/m2	440.77	Kn	Zapatas	1.62 x 1.62 m	2.1	m	166.28	Kn/m2	436.4	Kn
LC 16-2-0564	3	Zapatas	1.50 x 1.50 m	1	m	72.77	Kn/m2	163.73	Kn	Zapatas	0.75 x 0.75 m	2.1	m	253.20	Kn/m2	142.4	Kn
LC 12-3-1315	2	Zapatas	2.00 x 2.00 m	1	m	118.27	Kn/m2	473.08	Kn	Zapatas	1.62 x 1.62 m	2.1	m	166.28	Kn/m2	436.4	Kn
RES 17-1-0476	2	Zapatas	2.12 x 2.12 m	1.6	m	98.07	Kn/m2	440.77	Kn	Zapatas	1.62 x 1.62 m	2.1	m	166.28	Kn/m2	436.4	Kn
LC 11-2-0981	2	Placa de cimentación	2.00 x 2.00 m	1	m	85.98	Kn/m2	343.92	Kn	Zapatas	1.32 x 1.32 m	2.1	m	170.83	Kn/m2	297.7	Kn
LC 15-1-0373	3	Zapatas	2.00 x 2.00 m	1	m	64.72	Kn/m2	258.88	Kn	Zapatas	1.32 x 1.32 m	2.1	m	170.83	Kn/m2	297.7	Kn
LC 09-2-0015	3	Zapatas	1.00 x 1.00 m	1.1	m	128.86	Kn/m2	128.86	Kn	Zapatas	0.72 x 0.72 m	2.1	m	253.20	Kn/m2	131.26	Kn
LC 08-2-0463	3	Zapatas corridas	1.00 x 1.00 m	0.8	m	58.84	Kn/m2	58.84	Kn	Zapatas	0.72 x 0.72 m	2.1	m	253.20	Kn/m2	131.26	Kn
LC 17-5-0145	3	Zapatas	2.70 x 2.70 m	1.3	m	107.87	Kn/m2	786.37	Kn	Zapatas	1.68 x 1.68 m	2.1	m	121.45	Kn/m2	515.4	Kn
LC16-4-0352	3	Zapatas	2.85 m x 2.85 m	1.1	m	105.91	Kn/m2	860.25	Kn	Zapatas	2.06 x 2.06 m	2.1	m	121.45	Kn/m2	515.4	Kn

8.4.Rediseño por comparación directa de recomendaciones – dimensión en función del Df

Tabla XXVIII. Rediseño por comparación directa - dimensión en función del Df

		RECOMENDACIÓN DISEÑADA SIMILAR A LA RECOMENDACIÓN DE ESTUDIOS								REDISEÑO DE CIMENTACION							
Licencia	Pisos	Tipo	Cimentación diseñada	Nivel de cimentación		Capacidad portante admisible		carga admisible total		Tipo	Cimentación diseñada	Nivel de cimentación		Capacidad portante admisible		carga admisible total bruta	
LC 09-4-1013	2	Zapatas	0.72 x 0.72 m	2.1	m	253.20	Kn/m2	131.26	Kn	1.00 x 1.00 m	1	m	m	132.13	Kn/m2	132.13	Kn
LC12-1-0340	2	Zapatas	1.62 x 1.62 m	2.1	m	166.28	Kn/m2	436.4	Kn	Zapatas	2.20 x 2.20 m	0.8	m	117.34	Kn/m2	562.77	Kn
LC 18-4-0951	2	Zapatas	0.92 x 0.92 m	2.1	m	162.53	Kn/m2	137.6	Kn	Zapatas	1.23 x 1.23 m	1.3	m	135.34	Kn/m2	204.76	Kn
LC10-5-0103	2	Zapatas	1.62 x 1.62 m	2.1	m	166.28	Kn/m2	436.4	Kn	Zapatas	1.90 x 1.90 m	1	m	122.37	Kn/m2	586.90	Kn

8.5.Rediseño por comparación directa de recomendaciones – capacidad admisible en función del Df

Tabla XXIX. Rediseño por comparación directa - capacidad admisible en función del Df

		RECOMENDACIÓN DISEÑADA SIMILAR A LA RECOMENDACIÓN DE ESTUDIOS								REDISEÑO DE CIMENTACION							
Licencia	Pisos	Tipo	Cimentación diseñada	Nivel de cimentación		Capacidad portante admisible		carga admisible total		Tipo	Cimentación diseñada	Nivel de cimentación		Capacidad portante admisible		carga admisible total bruta	
LC 16-4-0033	2	Zapatas	1.32 x 1.32 m	2.1	m	170.83	Kn/m2	297.7	Kn	Zapatas	1.51 x 1.51 m	1.3	m	131.36	Kn/m5	299.51	Kn
LC 17-5-0386	2	Zapatas	1.32 x 1.32 m	2.1	m	170.83	Kn/m2	297.7	Kn	Zapatas	1.17 x 1.17 m	2	m	216.00	Kn/m6	295.68	Kn
LC08-3-0216	2	Zapatas	0.92 x 0.92 m	2.1	m	242.12	Kn/m2	204.9	Kn	Zapatas	1.15 x 1.15 m	1.6	m	157.18	Kn/m7	207.87	Kn
LC 15-4-0237	2	Zapatas	1.32 x 1.32 m	2.1	m	170.83	Kn/m2	297.7	Kn	Zapatas	1.50 x 1.50 m	1.4	m	133.59	Kn/m8	300.58	Kn

LC 17-2-2054	2	Zapatas	1.62 x 1.62 m	2.1	m	166.28	Kn/m2	436.4	Kn	Zapatas	1.86 x 1.86 m	1.2	m	126.16	Kn/m1	436.46	Kn
11001-5-19-0027	2	Zapatas	1.62 x 1.62 m	2.1	m	166.28	Kn/m2	436.4	Kn	Zapatas	1.76 x 1.76 m	1.6	m	147.48	Kn/m1	456.83	Kn
LC 16-2-0564	3	Zapatas	0.75 x 0.75 m	2.1	m	253.20	Kn/m2	142.4	Kn	Zapatas	1.00 x 1.00 m	1	m	132.13	Kn/m1	132.13	Kn
LC 12-3-1315	2	Zapatas	1.62 x 1.62 m	2.1	m	166.28	Kn/m2	436.4	Kn	Zapatas	1.89 x 1.89 m	1	m	132.13	Kn/m1	132.13	Kn
RES 17-1-0476	2	Zapatas	1.62 x 1.62 m	2.1	m	166.28	Kn/m2	436.4	Kn	Zapatas	1.72 x 1.72 m	1.6	m	147.48	Kn/m1	436.30	Kn
LC 11-2-0981	2	Zapatas	1.32 x 1.32 m	2.1	m	170.83	Kn/m2	297.7	Kn	Zapatas	1.55 x 1.55 m	1	m	124.80	Kn/m2	299.83	Kn
LC 15-1-0373	3	Zapatas	1.32 x 1.32 m	2.1	m	170.83	Kn/m2	297.7	Kn	Zapatas	1.55 x 1.55 m	1	m	124.80	Kn/m2	299.83	Kn
LC 09-2-0015	3	Zapatas	0.72 x 0.72 m	2.1	m	253.20	Kn/m2	131.20	Kn	Zapatas	1.10 x 1.10 m	1	m	132.13	Kn/m1	159.88	Kn
LC 08-2-0463	3	Zapatas	0.72 x 0.72 m	2.1	m	253.20	Kn/m2	131.26	Kn	Zapatas	1.00 z 1.00m	1	m	126.21	Kn/m1	152.71	Kn
LC 17-5-0145	3	Zapatas	1.68 x 1.68 m	2.1	m	121.45	Kn/m2	515.4	Kn	Zapatas	1.92 x 1.92 m	1.3	m	127.50	Kn/m1	470.02	Kn
LC16-4-0352	3	Zapatas	2.06 x 2.06 m	2.1	m	121.45	Kn/m2	515.4	Kn	Zapatas	2.37 x 2.37	1.1	m	121.67	Kn/m2	683.39	Kn
LC 16-4-0033	2	Zapatas	1.32 x 1.32 m	2.1	m	170.83	Kn/m2	297.7	Kn	Zapatas	1.51 x 1.51 m	1.3	m	131.36	Kn/m5	299.51	Kn

9. Conclusiones

- De acuerdo con las comparaciones realizadas, se pudo corroborar que el diseño realizado de cimentación por zapata para edificaciones de 2 y 3 pisos fue también la recomendación del 100% de los estudios para edificaciones de las mismas alturas de uso residencial. Dado lo anterior, es posible recomendar el diseño y construcción de zapatas para edificaciones de 2 y 3 pisos de altura en la UPZ la Esmeralda. Cabe resaltar que dicha recomendación es realizada después del trabajo de análisis de los estudios de suelos y las cargas que transmiten la estructura, y es posible utilizar dicha recomendación para realizar pre diseños en función de establecer presupuestos para la construcción de edificaciones que no cuenten con sótanos o semisótanos.

Las dimensiones de las zapatas se establecen en función de la capacidad admisible relacionada a continuación;

Tabla XXX. Recomendación de cimentación zona 1

Recomendación de cimentación ZONA 1					
Pisos	**Separación entre apoyos**	**Tipo**	**Capacidad Admisible (kN/m^2)**	**Dimensión (m)**	**carga admisible total (kN)**
2	3 m	Zapata	253.20	0.75	141.85
2	4 m	Zapata	242.12	0.92	206.30
2	5 m	Zapata	170.83	1.32	298.62
2	6 m	Zapata	166.28	1.62	435.27
3	3 m	Zapata	232.18	1.17	316.29
3	4 m	Zapata	231.84	1.18	321.57
3	5 m	Zapata	220.64	1.68	626.01
3	6 m	Zapata	215.92	2.06	913.64

Tabla XXXI. Recomendación de cimentación zona 2

Recomendación de cimentación ZONA 2					
Pisos	**Separación entre apoyos**	**Tipo**	**Capacidad Admisible (kN/m^2)**	**Dimensión (m)**	**carga admisible total (kN)**
2	3 m	Zapata	233.92	0.75	132.83
2	4 m	Zapata	218.47	0.97	206.30
2	5 m	Zapata	202.04	1.40	298.62

2	6 m	Zapata	200.28	1.47	435.24
3	3 m	Zapata	223.55	0.89	179.36
3	4 m	Zapata	206.68	1.25	182.38
3	5 m	Zapata	193.97	1.80	456.45
3	6 m	Zapata	188.67	2.20	685.23

- Según la información consignada en los estudios de suelos, para edificaciones de más de 3 pisos de altura, no fue posible realizar una comparación con las cimentaciones diseñadas, toda vez que los estudios de suelos analizados identificaban edificaciones consótanos y, por ende, las recomendaciones se encuentran en el orden de cimentaciones profundas y combinadas con placas y pilotes pre excavados
- En los estudios de suelos analizados vemos que en promedio el nivel de cimentación se encuentra en 1.27 m, y de acuerdo a la generalización de los perfiles estratigráficos de ambas zonas obtuvimos un nivel de cimentación de 2.00 y 2.1 m respectivamente.
- Los niveles de cimentación fueron establecidos de acuerdo a las gráficas de profundidad versus humedad, limite líquido y limite plástico, y el qu, siendo determinante que ambos factores contribuyen al comportamiento del suelo.
- El enfoque del presente proyecto fue de cimentaciones superficiales

10. Recomendaciones

El presente trabajo, se realizó para la recomendación de cimentaciones superficiales de edificaciones de máximo 5 pisos de altura, sin embargo, la UPZ La Esmeralda cuenta con edificaciones de mayor altura e incluso, para algunas edificaciones de 4 pisos y edificacionesde 5 pisos en adelante se presentan cimentaciones compensadas y profundas debido a la presencia de sótanos en las edificaciones. Por lo anterior, no fue posible establecer una comparación para estas construcciones.

Por otra parte, el resultado obtenido del procesamiento y análisis de la información contenidaen los estudios de suelos de la UPZ, sirve como punto de referencia para establecer el tipo de cimentación aplicable a pequeños proyectos de uso residencial, en los cuales los recursos económicos suelen ser muy limitados y por ende es importante tener un buen acercamiento a una solución óptima en términos técnicos y económicos.

Sin embargo, hay que tener en consideración que a pesar de que todos los cálculos y análisisde resultados se hicieron siguiendo las directrices de lo establecido en la NSR-10, es solo material de referencia y por ningún motivo se debe obviar el análisis geotécnico correspondiente exigido por la legislación colombiana.

11. Referencias

Alva, E. Diseño de cimentaciones. Fondo editorial IGC. Recuperado de:

Palacio-Pacheco, O. V., Cadena-Carrillo, G., Ortega-Sinning, E. R., y Vanegas-Padilla, P. (2021). Zonificación geotécnica de los suelos de la ciudad de Valledupar mediante la utilización de un SIG. Revista politécnica, 17(33), 109-119.

Urueña Padilla, G. E. (2012). Herramienta digital para análisis y diseño geotécnico de cimentaciones profundas y semiprofundas (trabajo de grado). Instituto Tecnológico de Costa Rica, escuelade ingeniería en construcción. Costa Rica. Recuperado de: https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6065/herramienta-an%C3%A1lisis- dise%C3%B1o-cimentaciones.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Coello Torres, W. K., y Salinas Gallo, C. J. (2020). Mapa geotécnico para el diseño de cimentaciones superficiales para el centro poblado Ciudad de Dios, distrito San José,provincia y región de Lambayeque (tesis). Escuela profesional de ingeniería civil, faculta deingeniería y arquitectura. Lima, Perú. Recuperado de: https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/6893/coello_twk-salinas_gcj%20T.I.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Montoya, J., y Pinto Vega, F. (2010) Cimentaciones. Universidad de los Andes, Facultad de ingeniería, escuela de ingeniería geológica. Mérida, Venezuela.

Benavides Amaya, S. M. (2019). Zonificación geotécnica del subsuelo para el casco urbano del municipio de Rionegro Santander (trabajo de grado). Universidad pontificia Bolivariana, Facultad de ingeniería civil. Bucaramanga, Colombia. Recuperado de: https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/9102/1554_e_4%20%281%29 pdf?sequence=1&isAllowed=y