



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA

CARRERA: INGENIERÍA CIVIL
INFORME FINAL DEL TRABAJO DE TÍTULACIÓN

Previo a la obtención del título de
INGENIERO CIVIL

MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:
COMPARATIVA DE CIMENTACIÓN EN UN EDIFICIO DE 6 PLANTAS, EN 3
SUELOS DE LA CIUDAD DE MANTA

ELABORADO POR:
KEVIN PAUL ERAZO COBOS

TUTOR:
ING. JAVIER ENRIQUE MOREIRA CEVALLOS

MANTA – MANABÍ - ECUADOR

Septiembre 2025

CERTIFICADO DEL TUTOR

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante Erazo Cobos Kevin Paul, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Civil, período académico 2025-1, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es “COMPARATIVA DE CIMENTACIÓN EN UN EDIFICIO DE 6 PLANTAS, EN 3 SUELOS DE LA CIUDAD DE MANTA”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad de este, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Lo certifico,



Ing. Javier Enrique Moreira Cevallos.

Docente Tutor

Área: GEOTECNIA

DECLARATORIA DE AUDITORIA

Yo, Erazo Cobos Kevin Paul, declaro ser el autor intelectual del presente trabajo de investigación titulado “COMPARATIVA DE CIMENTACIÓN EN UN EDIFICIO DE 6 PLANTAS, EN 3 SUELOS DE LA CIUDAD DE MANTA”. Confirmando que he contribuido de manera significativa al origen del contenido de mi trabajo.

Declaro que la información contenida en este trabajo es de carácter original y no constituye plagio de ninguna fuente, a excepción de las referencias citadas de manera correspondiente. Asumo íntegramente la responsabilidad por las ideas, resultados y conclusiones aquí expuestas, las cuales responden a un análisis personal y a la aplicación de criterio propio en concordancia con los objetivos establecidos.

Manta, 10 de septiembre del 2025



Kevin Paul Erazo Cobos

C.I: 230083502-8

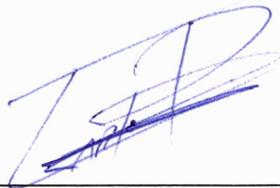
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

En calidad de tribunales de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, certifico:

Haber revisado el trabajo de titulación, bajo la modalidad de Proyecto de Investigación, cuyo tema es " **COMPARATIVA DE CIMENTACIÓN EN UN EDIFICIO DE 6 PLANTAS, EN 3 SUELOS DE LA CIUDAD DE MANTA**" internos de la modalidad en mención y en apego al cumplimiento de los requisitos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico, por tal motivo APRUEBO, que el mencionado proyecto reúne los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para proceder a la defensa correspondiente.

Certifico lo anterior para los fines pertinentes, a salvo disposición de Ley en contrario. En la ciudad de Manta, a los 10 días del mes de septiembre de dos mil veinte y cinco.



Ing. Carlos Cedeño Burgos, Msc.
C.C. 131092600-9
Tribunal



Ing. A Abel Zambrano Mejía, Msc.
C.C. 131043700-7
Tribunal

DEDICATORIA

A mis hermanas Ágata y Alejandra que siempre me tuvieron fe, fueron el motor para no rendirme, poder ser un ejemplo y abrir un camino que las inspire a soñar en grande, porque si yo avance, es con la esperanza de verlas volar aún más alto. A Yesenia y Roberto mis padres que estuvieron ahí con un sacrificio silencioso, ahora ese silencio se transforma en ruido, en orgullo porque este logro es tan de ustedes como mío.

A mi familia que entendió mi ausencia y celebro cada uno de mis pequeños logros como si fueran propios, a mis amigos que siempre me dieron palabras de aliento para sacar el título universitario. Gracias a Dios y la virgen por siempre iluminar el camino correcto, bendecirme y darme las fuerzas para sostener mis sueños , así mismo con humildad, me abrazo y me doy gracias.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Lic. Dayana Escanta por darme el apoyo emocional y sentimental para seguir con mi vida profesional, gracias por la compañía en las noches largas, en momentos de alegría, en momentos de tristeza, gracias por brindarme de tu tiempo y de tu espacio

Gracias a mis amigos que me regalo la carrera, José, Joel, Lenin, Eduardo, Niurka, Gerardo, Amy, Scarleth, Iván, Kamila, por ser el impulso para aprender, para reír, para compartir, para mejorar, y así mismo la vida nos tenga cerca para compartir el éxito que tendremos algún día.

A la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, por brindarme la oportunidad, de educarme y forjarme como profesional de forma correspondiente en todo el trayecto de mi carrera, a los docentes de la Carrera que me dieron sus experiencias en el área para así despejar dudas. Gracias a los Ingenieros Geovany, Washington, Valentín, Darío, Abel por brindar de sus conocimientos en la rama ingenieril y algún momento poder compartir vivencias del área, y así mismo poder llegar al nivel de calidad de ingenieros y de persona que han demostrado en un aula de clases, al Ing. Javier Moreira por ser el estímulo para dirigirme a la rama de suelos y con guía como tutor encaminar mis estudios preprofesionales.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO DE ANTI – PLAGIO	II
CERTIFICADO DEL TUTOR	III
DECLARATORIA DE AUDITORIA.....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCIÓN	1
GENERALIDADES.....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	6
DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	7
DEFINICIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	8
OBJETIVOS.....	9
OBJETIVO GENERAL	9
OBJETIVOS ESPECIFICOS	9

CAPITULO I.....	10
1. MARCO TEÓRICO	10
1.1. El Suelo como Material de Construcción en la Ingeniería Civil.....	10
1.1.1. Propiedades Fundamentales de los Suelos.....	11
1.1.2. Clasificación de Suelos y su Relevancia	14
1.2. Cimentaciones en la Ingeniería Civil.....	15
1.2.1. Tipos de Cimentaciones y sus Aplicaciones	16
1.2.2. Criterios para la Selección de la Cimentación Adecuada.....	19
1.2.3. Diseño de las cimentaciones según autores	20
CAPITULO II.	22
2. METODOLOGÍA	22
2.1. Métodos de la investigación.....	22
2.2. Tipos de investigación.....	23
2.3. Técnicas de investigación	23
2.4. Instrumentos de investigación	25
2.5. Procesamiento de la información y desarrollo	26
CAPITULO III.....	30
3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	30
3.1. Diseño del edificio de 6 plantas	30
3.1.1. Datos Generales y Cargas de Diseño.....	30

3.2. Derivas Inelásticas	35
3.3. Participación de masas y periodos.....	38
3.4. Cargas vistas en las reacciones del edificio.....	39
3.5. Parte Geotécnica	56
3.5.1. Análisis Geotécnico en Sector Tarqui.....	56
3.5.2. Análisis Geotécnico en Sector "Ciudad del Mar"	60
3.5.3. Análisis Geotécnico en Sector Barbasquillo	63
3.6. Cálculo de las cimentaciones.....	66
CONCLUSIONES.....	91
RECOMENDACIONES	93
REFERENCIAS.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Clasificación de las unidades de construcción por categorías</i>	8
Tabla 2. <i>Propiedades fundamentales de los suelos</i>	12
Tabla 3. <i>Tipos de cimentaciones</i>	18
Tabla 4. <i>Características del suelo del Sector Tarqui</i>	26
Tabla 5. <i>Características del suelo del sector “Ciudad del Mar”</i>	27
Tabla 6. <i>Características del suelo del Sector Barbasquillo</i>	28
Tabla 7. <i>Cálculo de carga muerta para 1 metro cuadrado en Cubierta</i>	30
Tabla 8. <i>Cálculo de carga muerta para 1 metro cuadrado de los pisos 1 a 5</i>	31
Tabla 9. <i>Resumen de los factores y coeficientes</i>	32
Tabla 10. <i>Periodos teóricos de NEC y periodo de estructura</i>	35
Tabla 11. <i>Participación de masas y periodos</i>	38
Tabla 12. <i>Resumen de secciones</i>	39
Tabla 13. <i>Resultados de reacciones</i>	41
Tabla 14. <i>Tipo de columna 1</i>	42
Tabla 15. <i>Tipo de columna 2</i>	44
Tabla 16. <i>Tipo de columna 3</i>	46
Tabla 17. <i>Tipo de columna 4</i>	48
Tabla 18. <i>Tipo de columna 5</i>	50
Tabla 19. <i>Tipo de columna 6</i>	52
Tabla 20. <i>Tipo de columna prima</i>	54
Tabla 21. <i>Comparativa de resultados de los cálculos</i>	56
Tabla 22. <i>Características del Suelo Tarqui</i>	58

Tabla 23. <i>Características del suelo de "Ciudad del Mar" Urbanización "Ciudad del Mar"</i>	61
Tabla 24. <i>Resumen del Registro Estratigráfico</i>	62
Tabla 25. <i>Características del suelo de Barbasquillo</i>	64
Tabla 26. <i>Zapatas corridas</i>	72
Tabla 27. <i>Cálculos por ejes para el diseño de zapatas corridas</i>	73
Tabla 28. <i>Losa de cimentación</i>	76
Tabla 29. <i>SPT Calculo de N_{60} promedio</i>	78
Tabla 30. <i>SPT Calculo de N_{60} promedio</i>	80
Tabla 31. <i>Eficiencia</i>	84
Tabla 32. <i>Resultados de los Pilotes</i>	85
Tabla 33. <i>Pilotes</i>	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Vista en planta del edificio</i>	33
Figura 2. <i>Dimensionamiento del edificio</i>	34
Figura 3. <i>Edificio de 6 plantas</i>	35
Figura 4. <i>Deriva máxima en dirección sX</i>	36
Figura 5. <i>Deriva máxima en sY</i>	37
Figura 6. <i>Enumeración de columnas</i>	39
Figura 7. <i>Perfil Estratigráfico</i>	59
Figura 8. <i>Informe técnico Geotécnico</i>	60
Figura 9. <i>Estratigrafía de perfil</i>	62
Figura 10. <i>Perfil Estratigráfico</i>	64
Figura 11. <i>Perfil Estratigráfico Barbasquillo</i>	65
Figura 12. <i>Cimentaciones Zapatas corridas</i>	88
Figura 13. <i>Loza de cimentación</i>	89
Figura 14. <i>Pilotes</i>	90

RESUMEN

La presente investigación realizó un análisis comparativo del diseño de cimentaciones para un edificio de 6 plantas emplazado en tres suelos distintos de Manta, Ecuador: Tarqui, "Ciudad del Mar" y "Barbasquillo" en la urbanización "Ciudad del Mar". El objetivo fue determinar la solución de cimentación técnica y económicamente más eficiente para cada condición geotécnica. Se empleó una metodología cuantitativa, que incluyó la caracterización de los suelos mediante ensayos de campo (SPT) y laboratorio, el diseño estructural del edificio según la norma NEC-15 utilizando el software ETABS y el posterior diseño de las cimentaciones. Los resultados mostraron una gran variabilidad geotécnica: el suelo de "Ciudad del Mar" (roca sedimentaria dura) permitió el uso de zapatas corridas; el suelo de "Barbasquillo" (arena limosa de capacidad media) requirió una losa de cimentación; y el suelo de Tarqui (arena suelta con nivel freático alto) necesitó el uso de pilotes profundos. Se concluyó que las características del subsuelo son el factor determinante en la selección del tipo de cimentación, impactando directamente en la complejidad y magnitud del diseño.

Palabras claves: Cimentaciones, Diseño Comparativo, Geotecnia, Tipos de Suelo, Manta

ABSTRACT

This research conducted a comparative analysis of foundation design for a 6-story building located on three different soils in Manta, Ecuador: Tarqui, "La Cascada," and "Barbasquillo" in the "Ciudad del Mar" development. The objective was to determine the most technically and economically efficient foundation solution for each geotechnical condition. A quantitative methodology was used, which included soil characterization through field (SPT) and laboratory tests, structural design of the building according to the NEC-15 standard using ETABS software, and the subsequent foundation design. The results showed significant geotechnical variability: the soil at "Ciudad del Mar" (hard sedimentary rock) allowed for the use of strip footings; the soil at "Barbasquillo" (silty sand with medium capacity) required a mat foundation; and the soil at Tarqui (loose sand with a high water table) necessitated the use of deep piles. It was concluded that subsoil characteristics are the determining factor in selecting the foundation type, directly impacting the complexity and scale of the design.

Keywords: Foundations, Comparative Design, Geotechnics, Soil Types, Manta

INTRODUCCIÓN

En el campo de la ingeniería civil, el diseño de cimentaciones es un pilar fundamental que garantiza la seguridad y durabilidad de las edificaciones. La marcada diversidad de perfiles de suelo en ciudades como Manta, Ecuador, presenta un desafío significativo, exigiendo estrategias de cimentación adaptadas a las características geotécnicas específicas de cada zona para asegurar un desempeño óptimo. Una evaluación incorrecta del suelo puede comprometer la estabilidad estructural, resultando en fallas, asentamientos irregulares y costos de reparación elevados.

El objetivo general de esta investigación es realizar un análisis comparativo del diseño de cimentaciones para un edificio de 6 plantas en tres tipos de suelo diferentes en la ciudad de Manta, con el fin de determinar la solución de cimentación más eficiente y económica para cada caso.

La problemática central se resume en la pregunta: ¿Cómo varían el diseño y el costo de las cimentaciones para un edificio de 6 plantas al ser emplazado en tres tipos de suelo diferentes en la ciudad de Manta, y cuál es la alternativa de cimentación más eficiente para cada caso? Esta investigación aborda la necesidad de adaptar el diseño de la cimentación a las condiciones locales para optimizar la seguridad estructural y la eficiencia constructiva.

Para ello, la investigación adopta un enfoque cuantitativo, descriptivo y correlacional-causal, fundamentado en el paradigma positivista. La metodología incluye una revisión documental, trabajo de campo con ensayos de Penetración Estándar (SPT), análisis de laboratorio para determinar las propiedades del suelo y modelación estructural mediante software ETABS para obtener las cargas de diseño.

La estructura de la tesis se organiza en tres capítulos. El Capítulo I desarrolla el marco teórico sobre las propiedades del suelo y los tipos de cimentaciones. El Capítulo II detalla la metodología de investigación, desde el enfoque y tipo de estudio hasta las técnicas e instrumentos utilizados. Finalmente, el Capítulo III presenta el análisis de los resultados, incluyendo el diseño estructural del edificio, la caracterización geotécnica de cada zona y el cálculo comparativo de las cimentaciones propuestas.

GENERALIDADES

En el campo de la ingeniería civil, el diseño y la construcción de cimentaciones seguras, funcionales y duraderas son un pilar fundamental. De acuerdo con Domínguez et al. (2024), la optimización de las cimentaciones se ha convertido en un tema de vital importancia, no solo para minimizar costos, sino también para fomentar la sostenibilidad ambiental en la construcción. Los ingenieros civiles deben realizar una evaluación exhaustiva de las propiedades mecánicas y geotécnicas del suelo, ya que su comportamiento influye directamente en la estabilidad de las cimentaciones y, por ende, en la integridad de toda la edificación. En el contexto de ciudades ecuatorianas como Manta, estos diseños son importantes debido a la marcada diversidad de sus perfiles de suelo. Esta diversidad demanda estrategias de cimentación adaptadas a las características específicas de cada zona para asegurar un desempeño óptimo a lo largo del tiempo.

La diferencia en la composición y propiedades del suelo en distintas zonas de la ciudad de Manta plantea desafíos significativos para la ingeniería civil en el diseño de cimentaciones seguras y eficaces. Para Espinoza y Pérez (2015), un conocimiento detallado de las características del suelo

es esencial para seleccionar y diseñar el tipo de cimentación adecuado, ya que un error en esta etapa puede comprometer la estabilidad de la estructura. Los estudios geotécnicos, que incluyen ensayos de campo como el Ensayo de Penetración Estándar (SPT) y pruebas de laboratorio como la granulometría y los límites de Atterberg, permiten a los ingenieros evaluar factores críticos como la resistencia, la compresibilidad y la capacidad portante del suelo. Según Sabando (2024), estas pruebas revelan aspectos clave del comportamiento del suelo, como su composición granular, cohesión y plasticidad, los cuales influyen directamente en su capacidad para soportar las cargas estructurales sin sufrir deformaciones excesivas o asentamientos perjudiciales.

Ecuador, por su ubicación en el cinturón de fuego del Pacífico, presenta una notable diversidad geológica que se traduce en una gran variedad de tipos de suelos a lo largo de sus regiones. Para Moreno (2024), las zonas costeras como Manta se caracterizan por tener suelos con una composición predominantemente arenosa, producto de la sedimentación marina, los cuales generalmente presentan una buena permeabilidad y una resistencia a la compresión adecuada para construcciones de mediana altura. Desde la perspectiva de la ingeniería civil, es fundamental reconocer y evaluar estas variaciones para aplicar soluciones de cimentación efectivas y seguras, considerando no solo la capacidad portante, sino también la fricción interna y la cohesión, que son determinantes en el diseño.

El análisis comparativo del diseño de cimentaciones para un mismo edificio en diferentes suelos de la ciudad de Manta es una herramienta indispensable para que los ingenieros civiles puedan identificar y adaptar las estrategias de cimentación a las condiciones geotécnicas

específicas de cada localidad. De acuerdo con López et al. (2024), este enfoque comparativo de diseño ayuda a prever y mitigar problemas comunes asociados a cada tipo de suelo, optimizando la seguridad, eficiencia y durabilidad de las edificaciones a largo plazo. En el caso de los suelos arenosos de Manta, la prioridad se centra en asegurar una compactación adecuada y una distribución uniforme de las cargas para evitar asentamientos irregulares y garantizar la estabilidad estructural (Moreno, 2024).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la ingeniería civil, la estabilidad y seguridad de las edificaciones dependen de una profunda comprensión de las características del suelo sobre el que se asientan, así como de la correcta adaptación del diseño de la cimentación a dichas características. Dentro de la misma ciudad de Manta, existen distintas realidades geotécnicas, lo que genera desafíos particulares para los ingenieros al momento de diseñar la cimentación más adecuada para un tipo de edificación específico. Esta variabilidad, como indica Maldonado (2016), puede provocar asentamientos diferenciales que comprometan la integridad estructural de las edificaciones si no se diseñan cimentaciones apropiadas, como las profundas o con tratamientos especiales.

Uno de los problemas más recurrentes en la ingeniería civil es el diseño de la cimentación, ya que una elección y dimensionamiento inadecuados pueden resultar en fallos estructurales, asentamientos irregulares y daños irreparables en las construcciones, con altos costos de reparación.

Los suelos arenosos, como los que se encuentran en Manta, son generalmente más favorables para cimentaciones superficiales, como zapatas aisladas o combinadas. Moreno (2024) señala que, aunque estos suelos ofrecen una mejor capacidad portante, es importante considerar la compactación y la densidad del terreno para evitar problemas de estabilidad. Una cimentación superficial en un suelo arenoso mal compactado puede llevar a asentamientos irregulares o a una pérdida de estabilidad estructural, lo que afectaría la seguridad de la edificación y generaría costos de mantenimiento elevados a largo plazo. Por ello, el análisis del comportamiento del suelo bajo cargas estructurales es igualmente esencial en esta región.

La problemática del diseño de cimentaciones en suelos arenosos no solo impacta la estabilidad a corto plazo de la estructura, sino que también tiene implicaciones significativas en su mantenimiento y durabilidad a largo plazo. Cerna (2025) destaca que los asentamientos diferenciales pueden generar grietas en muros y pisos, lo que representa un riesgo para los ocupantes y la integridad de la construcción. La reparación de estos problemas estructurales suele ser considerablemente más costosa que la inversión inicial en una cimentación adecuada. Por ello, los ensayos geotécnicos son fundamentales para que los ingenieros puedan determinar las características de cada tipo de suelo y, con base en ello, definir y diseñar la cimentación que mejor se adapte a las condiciones locales, minimizando riesgos y optimizando la inversión en infraestructura.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La formulación del problema de esta investigación se centra en cómo las diferentes propiedades de los suelos en tres zonas de Manta influyen en el diseño y la selección de cimentaciones para un edificio de 6 plantas. Esta divergencia geotécnica exige un análisis comparativo riguroso para definir las soluciones de cimentación más eficientes y seguras en cada contexto.

Para los ingenieros civiles, estos diferentes tipos de suelos representan desafíos particulares que afectan directamente la estabilidad y durabilidad de las estructuras. La problemática principal puede resumirse en la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo varían el diseño y el costo de las cimentaciones para un edificio de 6 plantas al ser emplazado en tres tipos de suelo diferentes en la ciudad de Manta, y cuál es la alternativa de cimentación más eficiente para cada caso? Esta pregunta busca orientar el estudio hacia la identificación y el diseño de soluciones de cimentación que se adapten de manera precisa a las condiciones locales de cada suelo, optimizando así la seguridad estructural, la eficiencia constructiva y la sostenibilidad de los proyectos.

Esta investigación se fundamenta en la hipótesis de que el diseño de la cimentación debe realizarse considerando una misma edificación que transmita cargas idénticas en los tres emplazamientos. De acuerdo con Morales et al. (2024), este enfoque permite realizar un análisis comparativo directo del diseño de la cimentación, dependiendo exclusivamente de las características del suelo. Con ello, se busca obtener un porcentaje de variación en el tipo de cimentación, en su dimensionamiento o en su profundidad, necesario para transmitir las cargas al

terreno de manera segura, evitando problemas de asentamientos diferenciales o expansiones que puedan comprometer la integridad de la estructura a lo largo de su vida útil.

DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El alcance de esta investigación se centrará en el diseño y análisis comparativo de las cimentaciones para una edificación de 6 niveles. Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2015), el contenido del proyecto debe incluir el nombre, plano de localización y ubicación exacta del proyecto, el objetivo y alcance del estudio, una descripción general del proyecto, el sistema estructural y una evaluación detallada de las cargas. En este sentido, se considerarán las demandas y reacciones hiperestáticas de la superestructura para el diseño y evaluación de los diferentes tipos de cimentación propuestos, tal como lo establecen las buenas prácticas de la ingeniería geotécnica (Cerna, 2025).

Para la clasificación de la edificación, se tomarán como referencia las categorías de unidades de construcción definidas en la normativa vigente. De acuerdo con Sabando (2024), las edificaciones de cuatro a diez niveles se clasifican como de categoría "Media". Dado que el proyecto consiste en una edificación de seis niveles, se enmarcará en esta categoría, lo que implicará requerimientos específicos en cuanto a la profundidad y el número de sondeos geotécnicos necesarios para un análisis adecuado del subsuelo.

Tabla 1. *Clasificación de las unidades de construcción por categorías*

Clasificación	Según los niveles de construcción	Según las cargas máximas de servicio en columnas (kN)
Baja	Hasta 3 niveles	Menores de 800
Media	Entre 4 y 10 niveles	Entre 801 y 4 000
Alta	Entre 11 y 20 niveles	Entre 4 001 y 8 000
Especial	Mayor de 20 niveles	Mayores de 8 000

Nota. Información obtenida de NEC (2015)

DEFINICIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El presente estudio comparativo se llevará a cabo en 3 zonas urbanas de la ciudad de Manta, en la provincia de Manabí, entre ellas se encuentran: Tarqui, Barbasquillo y "Ciudad del Mar" Urbanización "Ciudad del Mar", que permitan analizar y diseñar cimentaciones, con el fin de presentar una variedad significativa de desafíos de cimentación.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Realizar un análisis comparativo del diseño de cimentaciones para un edificio de 6 plantas en tres tipos de suelo diferentes en la ciudad de Manta, con el fin de determinar la solución de cimentación más eficiente y económica para cada caso.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Caracterizar geotécnicamente tres tipos de suelo representativos de la ciudad de Manta a partir de ensayos de campo y laboratorio.
- Diseñar un edificio de 6 plantas para poder hacer la cimentación en los tipos de suelos.
- Establecer las cimentaciones para un edificio de 6 plantas sobre cada uno de los tres tipos de suelo estudiados, considerando las normativas vigentes.
- Realizar un análisis comparativo técnico-económico de las soluciones de cimentación diseñadas para cada tipo de suelo, evaluando su eficiencia y costos.

CAPITULO I.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. El Suelo como Material de Construcción en la Ingeniería Civil

Para Espinoza y Pérez (2015), la ingeniería de cimentaciones es la disciplina que se encarga de estudiar esta interacción, buscando garantizar que las cargas de la superestructura se transmitan al terreno de manera segura y sin generar deformaciones que comprometan su funcionalidad. El suelo, desde la perspectiva de la ingeniería civil, es el material natural sobre el cual se apoyan todas las estructuras y, por lo tanto, su comportamiento es un factor determinante en la seguridad y estabilidad de cualquier proyecto constructivo.

Su estudio no solo abarca su composición geológica, sino también sus propiedades físicas y mecánicas que dictan su respuesta ante las cargas impuestas por las edificaciones. La heterogeneidad y anisotropía del suelo lo convierten en un material complejo, cuyo análisis riguroso es indispensable para prevenir fallas estructurales.

La comprensión del suelo va más allá de su simple caracterización como un estrato de tierra; implica un análisis profundo de su origen, su distribución de partículas y su contenido de agua, factores que definen su resistencia y deformabilidad. De acuerdo con Maldonado (2016), los indicadores de calidad del suelo, como la plasticidad, la cohesión y el ángulo de fricción interna, son variables fundamentales que el ingeniero civil debe cuantificar mediante ensayos de laboratorio y de campo. Estos parámetros permiten modelar el comportamiento del suelo y predecir

su respuesta a largo plazo, considerando fenómenos como la consolidación en arcillas o la licuefacción en arenas, asegurando así la durabilidad y el buen desempeño de la obra civil.

En el contexto ecuatoriano, la diversidad geológica impone la necesidad de un enfoque diferenciado para la ciudad de Manta. Este enfoque en los suelos de Manta es la base para un diseño de cimentaciones optimizado, que no solo garantiza la seguridad estructural, sino que también busca la eficiencia económica y la sostenibilidad, tal como lo proponen López et al. (2024), quienes abogan por diseños que minimicen el uso de recursos y el impacto ambiental asociado a la construcción.

1.1.1. Propiedades Fundamentales de los Suelos

Las propiedades del suelo son el conjunto de características físicas, químicas y mecánicas que definen su comportamiento como material de soporte. Estas propiedades son intrínsecas a cada tipo de suelo y varían significativamente dependiendo de su composición mineralógica, su granulometría, su contenido de humedad y su historia de esfuerzos. Para Moreno (2024), la correcta determinación de estas propiedades es el primer y más importante paso en cualquier estudio geotécnico, ya que de ello depende la selección del tipo de cimentación y la predicción de su comportamiento a largo plazo. Un análisis geotécnico completo debe incluir la evaluación de múltiples parámetros para obtener un perfil claro y fiable del subsuelo.

Las propiedades índices, como los límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico), la granulometría y el peso específico, son fundamentales para la clasificación del suelo y para obtener una primera aproximación de su comportamiento. Según Sabando (2024), estos ensayos, aunque

sencillos, proporcionan información invaluable sobre la plasticidad de los finos y la distribución de tamaños de las partículas, lo que permite inferir su permeabilidad, compresibilidad y potencial de expansión.

Por otro lado, las propiedades mecánicas, como la resistencia al corte (definida por la cohesión y el ángulo de fricción interna) y la compresibilidad (módulo de elasticidad), son las que gobiernan directamente la capacidad del suelo para soportar cargas. Cerna (2025) enfatiza que estas propiedades se deben determinar mediante ensayos más complejos, como el ensayo de compresión triaxial o el ensayo de consolidación, los cuales simulan las condiciones de esfuerzo a las que estará sometido el suelo bajo la edificación. La interacción entre estas propiedades define la capacidad portante admisible del terreno, un parámetro clave que condiciona el dimensionamiento de las zapatas, plateas o pilotes de cimentación.

A continuación, se presenta en la tabla 2 un resumen de las propiedades fundamentales del suelo y su importancia en la ingeniería de cimentaciones:

Tabla 2. *Propiedades fundamentales de los suelos*

Propiedad del Suelo	Descripción	Importancia en el Diseño de Cimentaciones
Granulometría	Distribución de los tamaños de las partículas que componen el	Define la clasificación del suelo (SUCS), influye en la permeabilidad, la compresibilidad y la resistencia al corte.

	suelo (gravas, arenas, limos y arcillas).	Esencial para diferenciar suelos granulares (arenas) de suelos finos (arcillas).
Límites de Atterberg	Comprenden el Límite Líquido (LL), Límite Plástico (LP) y el Índice de Plasticidad (IP). Definen el rango de humedad en el que un suelo fino se comporta de manera plástica.	Fundamental para suelos cohesivos. Un IP alto indica un suelo arcilloso con alta plasticidad, susceptible a cambios de volumen (expansión y contracción) por variaciones de humedad.
Humedad Natural	Cantidad de agua presente en la masa de suelo, expresada como un porcentaje del peso seco.	Afecta directamente la resistencia y la compresibilidad del suelo. Es un factor crítico en la compactación y en la estabilidad de taludes.
Peso Específico	Peso del suelo por unidad de volumen. Puede ser húmedo, seco o saturado.	Necesario para el cálculo de los esfuerzos efectivos en el suelo, que son los que realmente controlan su comportamiento mecánico. Es un dato esencial para el análisis de estabilidad.
Resistencia al Corte	Máximo esfuerzo cortante que un suelo puede soportar antes de	Es la propiedad más importante para determinar la capacidad portante del

fallar. Se define por la cohesión c y el ángulo de fricción interna (ϕ) . Un suelo con alta resistencia al corte podrá soportar mayores cargas.

Compresibilidad Capacidad del suelo para disminuir su volumen bajo la aplicación de una carga. Se relaciona con los asentamientos. Determina cuánto se deformará el suelo (asentamiento) bajo el peso de la edificación. Es importante para evitar asentamientos diferenciales que puedan dañar la estructura.

Nota. Información obtenida de (Cerna, 2025)

1.1.2. Clasificación de Suelos y su Relevancia

La clasificación de suelos es un sistema estandarizado que permite agrupar los suelos con comportamientos ingenieriles similares en categorías específicas, facilitando así la comunicación entre profesionales y la aplicación de criterios de diseño preestablecidos. El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) es uno de los más utilizados a nivel mundial y se basa en la granulometría y en los límites de Atterberg. Para Moreno (2024), este sistema permite asignar a cada suelo un símbolo y un nombre de grupo que resume sus características principales, lo que resulta fundamental para la selección preliminar de los tipos de cimentación y para la planificación de las investigaciones geotécnicas detalladas.

Dentro del sistema SUCS, los suelos se dividen inicialmente en dos grandes grupos: suelos de grano grueso (gravas y arenas) y suelos de grano fino (limos y arcillas). De acuerdo con Sabando

(2024), esta primera distinción es fundamental, ya que el comportamiento de los suelos granulares está gobernado por la fricción entre partículas, mientras que el de los suelos finos depende de la cohesión y la plasticidad.

La relevancia de una correcta clasificación del suelo no puede ser subestimada. Un error en esta etapa inicial puede conducir a decisiones de diseño erróneas, con consecuencias económicas y de seguridad graves. Por ejemplo, clasificar erróneamente una arcilla expansiva como un limo de baja plasticidad podría llevar a omitir las precauciones necesarias para controlar los cambios de volumen, resultando en daños estructurales severos.

1.2. Cimentaciones en la Ingeniería Civil

Las cimentaciones son los elementos estructurales encargados de transmitir las cargas de una edificación al suelo de manera segura y eficiente, asegurando que el terreno de apoyo no sufra fallas por corte ni experimente deformaciones (asentamientos) que puedan comprometer la integridad o funcionalidad de la superestructura. Para Espinoza y Pérez (2015), la cimentación es la base sobre la que descansa toda la edificación, y su diseño adecuado es una de las responsabilidades más críticas del ingeniero civil. La elección y el dimensionamiento de la cimentación dependen directamente de dos factores principales: las cargas transmitidas por la estructura y las propiedades geotécnicas del suelo subyacente.

El diseño de una cimentación no es un proceso aislado, sino que está íntimamente ligado al comportamiento del suelo en un fenómeno conocido como Interacción Suelo-Estructura (ISE). Según Morales et al. (2024), ignorar esta interacción y asumir que la base de la estructura es rígida

e inamovible puede llevar a una estimación incorrecta de las fuerzas internas en la estructura, especialmente bajo cargas sísmicas. Por lo tanto, un diseño moderno y seguro debe considerar que el suelo es un material deformable que responde a las cargas, y esta respuesta, a su vez, afecta el comportamiento de la edificación en un ciclo de influencia mutua.

La optimización en el diseño de cimentaciones se ha convertido en un objetivo primordial en la práctica de la ingeniería moderna. De acuerdo con Domínguez et al. (2024), la aplicación de métodos avanzados permite encontrar soluciones que no solo cumplen con los requisitos de seguridad, sino que también son económicamente viables y sostenibles. Esto implica un balance cuidadoso entre el costo de la cimentación y los riesgos asociados, buscando siempre la solución más eficiente para las condiciones específicas de cada proyecto, como las que se presentan en los suelos friccionales de Manta.

1.2.1. Tipos de Cimentaciones y sus Aplicaciones

En la práctica de la ingeniería civil, las cimentaciones se clasifican generalmente en dos grandes categorías: superficiales y profundas. La elección entre un tipo u otro depende fundamentalmente de la profundidad a la que se encuentra un estrato de suelo con la capacidad portante suficiente para soportar las cargas de la edificación. Para Cerna (2025), las cimentaciones superficiales son aquellas en las que la relación entre la profundidad de desplante (D_f) y el ancho de la cimentación (B) es pequeña, generalmente menor a 4. Estas cimentaciones transmiten la carga directamente a los estratos superficiales del suelo y son la opción preferida cuando el suelo cercano a la superficie es competente.

Las cimentaciones superficiales incluyen una variedad de soluciones, como las zapatas aisladas, combinadas, corridas y las plateas de cimentación. Según López et al. (2024), las zapatas aisladas son la solución más común y económica para estructuras con columnas espaciadas y cargas moderadas, siempre que el suelo tenga una buena capacidad portante. Cuando las columnas están muy juntas o las cargas son elevadas, se recurre a zapatas combinadas o a una platea de cimentación, la cual consiste en una losa de hormigón armado que cubre toda el área de la edificación, distribuyendo la carga de manera más uniforme y reduciendo los asentamientos diferenciales.

Por otro lado, cuando los estratos superficiales del suelo son débiles, compresibles o presentan problemas, como es el caso de las arcillas blandas o los suelos licuables, es necesario recurrir a cimentaciones profundas. De acuerdo con Espinoza y Pérez (2015), estas cimentaciones, como los pilotes o los micropilotes, se encargan de transmitir las cargas de la estructura a estratos más profundos, resistentes y estables, o bien, de transferir la carga al terreno a través de la fricción desarrollada a lo largo de su fuste. Esta solución es considerablemente más costosa y compleja, por lo que su uso se justifica solo cuando las cimentaciones superficiales no son técnica o económicamente viables.

A continuación, se presenta en la tabla 3 los tipos de cimentaciones y sus características principales.

Tabla 3. *Tipos de cimentaciones*

Tipo	de	Subtipo	Descripción y Aplicación	Ventajas y Desventajas
Cimentación				
Cimentaciones Superficiales	Zapatas	Aisladas y Combinadas	Elementos de hormigón armado que soportan una o más columnas. Se usan cuando el suelo tiene buena capacidad portante y las cargas son moderadas.	Ventajas: Económicas y de construcción sencilla. Desventajas: Susceptibles a asentamientos diferenciales si el suelo no es homogéneo.
	Plateas de Cimentación		Una losa continua de hormigón armado bajo toda la estructura. Se utiliza en suelos con baja capacidad portante o para reducir asentamientos diferenciales.	Ventajas: Excelente distribución de cargas reduce asentamientos. Desventajas: Mayor volumen de hormigón y acero, más costosa.
	Vigas de Cimentación		Elementos lineales que conectan zapatas aisladas para arriostrarlas y	Ventajas: Aumentan la rigidez del sistema de cimentación. Desventajas:

		distribuir momentos, o que soportan muros portantes.	Requieren un encofrado más complejo.
Cimentaciones Profundas	Pilotes	Elementos esbeltos que se hincan o se construyen in situ para transmitir las cargas a estratos profundos y resistentes (por punta) o por fricción lateral.	Ventajas: Solución para suelos débiles, alta capacidad de carga. Desventajas: Muy costosas, proceso constructivo complejo y ruidoso.
	Micropilotes y Anclajes	Pilotes de pequeño diámetro, utilizados para refuerzo de cimentaciones existentes o en sitios con acceso limitado.	Ventajas: Versatilidad, mínima vibración. Desventajas: Capacidad de carga individual menor que los pilotes convencionales.

Nota. Tipos de cimentaciones obtenido de (Espinoza & Pérez, 2015)

1.2.2. Criterios para la Selección de la Cimentación Adecuada

La selección del tipo de cimentación más adecuado para un proyecto es una decisión multifactorial que va más allá de un simple cálculo de capacidad portante. El ingeniero debe sopesar una serie de criterios técnicos, económicos y constructivos para llegar a la solución óptima. Para Espinoza y Pérez (2015), los factores más influyentes son la magnitud y naturaleza de las

cargas de la superestructura, las condiciones del subsuelo y los límites de asentamiento permisibles para la edificación. La interacción de estos tres elementos define el universo de soluciones técnicamente viables.

Además de los factores geotécnicos, las consideraciones económicas juegan un papel preponderante. Como señalan López et al. (2024), el costo de la cimentación puede representar una porción significativa del costo total de la obra, por lo que se debe buscar un equilibrio entre seguridad y economía. A menudo, una cimentación más robusta y costosa puede ser más económica a largo plazo si previene reparaciones futuras debidas a asentamientos excesivos. La optimización del diseño, mediante el uso de herramientas computacionales, permite explorar diversas alternativas y seleccionar aquella con la mejor relación costo-beneficio.

Los aspectos constructivos y contextuales también son determinantes. La disponibilidad de equipos y materiales en la zona, las condiciones de las edificaciones vecinas, el nivel freático y las restricciones de acceso al sitio de la obra pueden limitar las opciones de cimentación. Por ejemplo, en una zona urbana densamente poblada, el uso de pilotes hincados puede ser inviable debido al ruido y las vibraciones generadas.

1.2.3. Diseño de las cimentaciones según autores

Teoría de Terzaghi

De acuerdo con Ortiz y Viracucha (2025), Karl Terzaghi fue el pionero en proponer una ecuación integral para determinar la capacidad de carga última para cimentaciones superficiales en 1943. Su método establece una base teórica que considera los parámetros de resistencia del

suelo, como la cohesión (c) y el ángulo de fricción interna (ϕ), para definir tres factores de capacidad de carga adimensionales: N_c , N_q y N_{γ} . La ecuación de Terzaghi, aunque fundamental, fue desarrollada para una zapata corrida y requiere ajustes específicos para otras geometrías, como las cimentaciones cuadradas.

Teoría de Meyerhof

Según Ortiz y Viracucha (2025), la teoría de Meyerhof, propuesta en 1963, representa una expansión significativa del trabajo de Terzaghi al considerar la resistencia al corte del suelo por encima del nivel de desplante de la cimentación. De acuerdo con Tahmid et al. (2021), el principal avance de Meyerhof fue la introducción de factores de forma (s), profundidad (d) e inclinación de la carga (i), lo que resultó en una fórmula de carácter más general y aplicable a una gama más amplia de condiciones reales. Esta metodología ofrece una mayor flexibilidad en el diseño y, a menudo, produce resultados distintos a los de Terzaghi, especialmente en suelos granulares y a mayores profundidades.

Teoría de Vesic

De acuerdo con Ortiz y Viracucha (2025), la teoría de cimentaciones de Vesic, propuesta en 1975, se basa en la fórmula general de capacidad de carga última de Hansen, utilizando sus mismos factores de forma, profundidad e inclinación. Sin embargo, la teoría de Vesic introduce modificaciones clave: emplea las mismas ecuaciones de Meyerhof para los factores de capacidad de carga N_q y N_c , pero desarrolla una nueva ecuación para el factor N_{γ} .

CAPITULO II.

2. METODOLOGÍA

La presente investigación se enfoca en el diseño y análisis comparativo de cimentaciones para una edificación de seis niveles, emplazada en tres zonas con diferentes tipos de suelo en la ciudad de Manta. El objetivo es determinar la solución de cimentación más eficiente desde una perspectiva técnica y económica para cada condición geotécnica.

2.1. Métodos de la investigación

El presente estudio se enmarca en un enfoque cuantitativo, ya que busca medir variables, analizar sus interacciones y generalizar los resultados a partir de una muestra para realizar inferencias. De acuerdo con Hernández (2014), la investigación cuantitativa se fundamenta en la medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento y probar hipótesis. Este enfoque es secuencial y probatorio, partiendo de una idea que, una vez delimitada, permite derivar objetivos y preguntas de investigación. En este proyecto, se cuantificarán las propiedades geotécnicas de los suelos, las cargas estructurales, las dimensiones de las cimentaciones y los costos asociados, permitiendo un análisis comparativo riguroso y objetivo.

Desde una perspectiva paradigmática, la investigación se alinea con el positivismo. Según Ramos (2015), el paradigma positivista sostiene que la única fuente de conocimiento auténtico es aquella que se basa en la experiencia y la observación empírica. Por lo tanto, se busca explicar, controlar y predecir fenómenos a través de la recolección de datos medibles y observables. Este paradigma es idóneo para la ingeniería civil, ya que el diseño de cimentaciones se basa en

parámetros físicos y mecánicos cuantificables que permiten predecir el comportamiento del sistema suelo-estructura y garantizar la seguridad de la edificación.

2.2. Tipos de investigación

El alcance de esta investigación será de tipo descriptivo y correlacional-causal. De acuerdo con Hernández (2014), la investigación descriptiva busca especificar las propiedades, características y perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. En este estudio, se describirán detalladamente las características geotécnicas de tres tipos de suelo de Manta y las especificaciones de los diseños de cimentación resultantes para cada uno.

Adicionalmente, el estudio tendrá un alcance correlacional-causal, ya que no solo describirá las variables, sino que buscará evaluar la relación que existe entre ellas. Se analizará cómo las variaciones en las propiedades del suelo (variable independiente) influyen en el diseño técnico y el costo económico de las cimentaciones (variables dependientes). Este enfoque permitirá establecer una relación causa-efecto entre las condiciones del terreno y la solución de ingeniería más eficiente.

2.3. Técnicas de investigación

Para alcanzar los objetivos propuestos, se empleará una combinación de técnicas de investigación que permitirán obtener datos fiables y exhaustivos. De acuerdo con Baena (2014), la selección de técnicas adecuadas es crucial para la validez de los resultados. En este proyecto se utilizarán:

- **Revisión Documental y Bibliográfica:** Se realizará una exhaustiva revisión de literatura especializada, incluyendo tesis, artículos científicos, manuales de geotecnia y las normativas vigentes como la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y los estándares de la ASTM. Esta técnica es fundamental para construir el marco teórico y contextualizar los hallazgos del estudio.
- **Trabajo de Campo:** Se llevarán a cabo sondeos y ensayos *in situ* en las tres zonas de estudio en Manta estas son: Tarqui; Barbasquillo; Ciudad del Mar. La técnica principal será el Ensayo de Penetración Estándar (SPT), que, como lo aplica Sabando (2024), permite determinar la resistencia del suelo a la penetración y obtener muestras alteradas para su posterior análisis en laboratorio.
- **Análisis de Laboratorio:** Las muestras de suelo recuperadas durante el trabajo de campo serán sometidas a ensayos para determinar sus propiedades físicas y mecánicas. Se realizarán pruebas de granulometría y límites de Atterberg, que son esenciales para la clasificación del suelo y la predicción de su comportamiento.
- **Modelado y Simulación por Elementos Finitos:** Se utilizará software especializado en análisis estructural, como ETABS, para modelar la superestructura del edificio de 6 niveles y determinar las cargas y reacciones que se transmitirán a la cimentación. Como señalan Cerna y Cordero (2025), este tipo de herramientas permite simular con precisión el comportamiento de la edificación y obtener las solicitaciones de diseño para la cimentación.

2.4. Instrumentos de investigación

La recolección de datos se apoyará en una serie de instrumentos técnicos y tecnológicos, que según Baena (2014) son los recursos que el investigador utiliza para registrar la información.

- **Instrumentos de Campo:**

- Equipo de perforación para Ensayo de Penetración Estándar (SPT), incluyendo martinete de 63.5 kg, barras de perforación y muestreador de tubo partido.
- Recipientes herméticos y etiquetas para la correcta recolección, identificación y transporte de las muestras de suelo.

- **Instrumentos de Laboratorio:**

- Juego de tamices para el análisis granulométrico (Norma ASTM D422).
- Aparato de Casagrande para la determinación del límite líquido (Norma ASTM D4318).
- Placa de vidrio y herramientas para la determinación del límite plástico (Norma ASTM D4318).
- Horno de secado y balanza de precisión para determinar el contenido de humedad.

- **Software y Herramientas Digitales:**

- **Software de análisis estructural (ETABS):** Para el modelado de la superestructura y la obtención de cargas en la base.

- **Hojas de cálculo (Microsoft Excel):** Para el procesamiento de datos de laboratorio, diseño de cimentaciones y elaboración de presupuestos.
- **Software de dibujo (AutoCAD):** Para la elaboración de los planos de cimentación.

2.5. Procesamiento de la información y desarrollo

El desarrollo de la investigación se llevará a cabo en fases secuenciales.

Fase 1: Caracterización Geotécnica de los Suelos Esta fase inicial se centra en obtener un conocimiento profundo de las condiciones del subsuelo en las tres zonas de estudio de Manta a través de trabajo de campo, sondeos y ensayos de laboratorio. A continuación, se presentan los datos geotécnicos obtenidos que sirven como base para los cálculos de diseño.

1. Datos Geotécnicos del Sector Tarqui

- **Ubicación:** Parroquia Tarqui, en la intersección de la avenida 101 y la calle 110.
- **Conclusiones del estudio geotécnico:** Se recomienda implantar la estructura sobre pilotes debido a la presencia de suelos sueltos y un nivel freático alto. Para el cálculo sísmico, el subsuelo se clasifica como **perfil tipo D**.
- **Características del Suelo:**

Tabla 4. *Características del suelo del Sector Tarqui*

Característica	Valor	Unidad/Descripción
----------------	-------	--------------------

Carga Admisible (Pilotes)	25 a 30	T/m2
Peso volumétrico	1,85	T/m3
Tipo de Suelo	Arena de graduación pobre	Compacidad floja
	Arcilla arenosa	Consistencia firme
	Arena arcillosa	Compacidad media

Nota. Información obtenida del estudio de campo.

2. Datos Geotécnicos del Sector "Ciudad del Mar"

- **Ubicación:** Urbanización Ciudad del Mar, sobre la Vía a San Mateo.
- **Conclusiones del estudio geotécnico:** El terreno es roca sedimentaria suave. Se recomienda una cimentación mediante zapatas aisladas o corridas.
- **Características del Suelo:**

Tabla 5. *Características del suelo del sector "Ciudad del Mar"*

Característica	Valor	Unidad/Descripción
Carga Admisible	40	T/m2
Peso volumétrico	1,75	T/m3
Ángulo de fricción	20°	

Tipo de Suelo	Lutita limosa	Consistencia firme
	Arena limosa, Roca sedimentaria	Consistencia dura

Nota. Información obtenida del estudio de campo.

3. Datos Geotécnicos del Sector Barbasquillo

- **Ubicación:** A lo largo de la Vía Barbasquillo, en la zona costera al oeste del centro de Manta.
- **Características del Suelo:**

Tabla 6. Características del sueño del Sector Barbasquillo

Característica	Valor	Unidad/Descripción
Carga Admisible	21	T/m ²
Peso volumétrico	1,65	T/m ³
Ángulo de fricción	32°	

Tipo de Suelo	Arcilla, limo y arena	Consistencia firme
	Arena limosa no plástica	Compacidad media

Nota. Información obtenida del estudio de campo.

Fase 2: Análisis Estructural y Diseño de Cimentaciones En esta fase, se utilizarán los datos geotécnicos presentados anteriormente para diseñar las cimentaciones de la edificación

propuesta. Se modelará la superestructura en ETABS para obtener las reacciones en la base, y con ellas se diseñarán las alternativas de cimentación para cada perfil de suelo.

Fase 3: Análisis Comparativo Técnico-Económico La fase final consistirá en la evaluación y comparación de las alternativas de cimentación diseñadas, analizando parámetros técnicos (dimensiones, volúmenes) y económicos (metrados) para determinar la solución más eficiente para cada tipo de suelo estudiado.

CAPITULO III.

3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

3.1. Diseño del edificio de 6 plantas

3.1.1. Datos Generales y Cargas de Diseño

- **Uso u ocupación:** Residencial
- **Número de pisos:** 6 niveles, último piso con uso de mantenimiento
- **Sistema estructural:** Pórticos resistentes a momento.
- **Hormigón:** Resistencia a la compresión $f'c$ 240 kgf/cm²
- **Acero (Fy):** 4200 kgf/cm²
- **Lugar:** Manta

Para el predimensionamiento, hemos realizado un análisis exhaustivo que considera las siguientes cargas:

Tabla 7. Cálculo de carga muerta para 1 metro cuadrado en Cubierta

CALCULO DE CARGA MUERTA PARA 1 METRO CUADRADO EN CUBIERTA					
Elementos	Altura(m)	Base(m)	Metro lineal	Densidad (kg/m ³)	Peso(kg)
Losa de compresión (5cm)	0,05	1	1	2400	120
Nervios	0,2	0,1	3,6	2400	172,8
Aliviamiento	0,2	0,4	0,4	30	0,96
Recubrimiento	0,02	1	1	2200	44
Enlucido y masillado	0,04	1	1	2200	88

Cielo raso	1	1	1	2	2
				CM	427,76
				CV	70
					497,76

Nota. Cálculo de carga muerta

Tabla 8. Cálculo de carga muerta para 1 metro cuadrado de los pisos 1 a 5

CALCULO DE CARGA MUERTA PARA 1 METRO CUADRADO DE LOS PISOS 1 A 5

Elementos	Altura(m)	Base(m)	Metro lineal	Densidad (kg/m ³)	Peso(kg)
Losa de compresión (5cm)	0,05	1	1	2400	120
Nervios	0,2	0,1	3,6	2400	172,8
Aliviamiento	0,2	0,4	0,4	30	0,96
Recubrimiento	0,02	1	1	2200	44
Enlucido y masillado	0,04	1	1	2200	88
Acabado de cerámica	0,02	1	1	1800	36
Mampostería	0,2	1	1	1800	360
Cielo raso	1	1	1	2	2
				CM	823,8
				CV	200
					1024,8

Nota. Cálculo de carga muerta

Hay que tomar en cuenta que para la carga viva se ha considerado 200kg/m², en la cubierta 70kg/m², para colocar las cargas en el programa de Etabs se restó el peso de la losa y colocamos como carga muerta 550kg/m² para los pisos del 1 al 5 y para el piso 6 una carga muerta de 150 kg/m².

Para el cálculo final de cargas se tomó en cuenta la siguiente combinación de la NEC (2015):

$$1.2 D + 1.6. L. + 0.5 \max[L_r; S; R]$$

Nota. Obtenido de (NEC, 2015)

La siguiente tabla son el resumen de los factores y coeficientes utilizados para el diseño del edificio en el software de ETABS, coeficientes de regularidad, coeficientes de amplificación espectral, coeficientes de amplificación para aceleraciones, coeficientes de comportamiento dinámicos, coeficiente de importancia y coeficientes de clasificación de sistemas estructural.

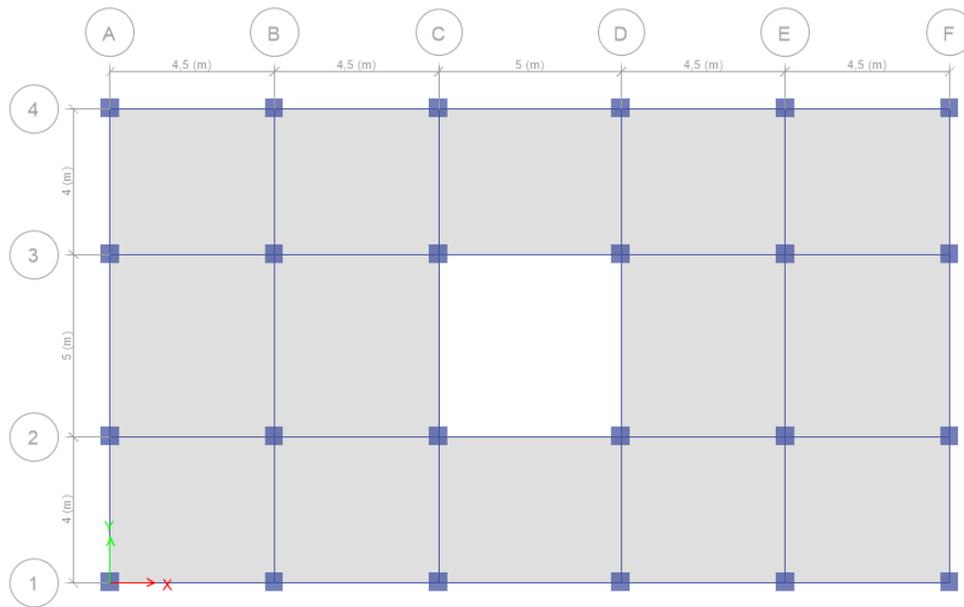
Tabla 9. Resumen de los factores y coeficientes

Tipo de suelo	D		
Zona sísmica (Z)	VI	0,5	MANABI- MANTA
Datos			
H	3,2	# de pisos	6
hn	19,2	Altura de edificio	
Fa	1,12		
Fd	1,11		
Fs.	1,4		
I	1	Otras estructuras	
n	1,8	Costa (Excepto Esmeraldas)	
R	8	Otros sistemas estructurales para edificaciones	
r	1	Roca de rigidez media	
To	0,13875	Sa	0,978864139

Tc	0,763125	K	1,142919696
Ta	0,785839393	C	0,122358017
fpi	1		
fei	1		

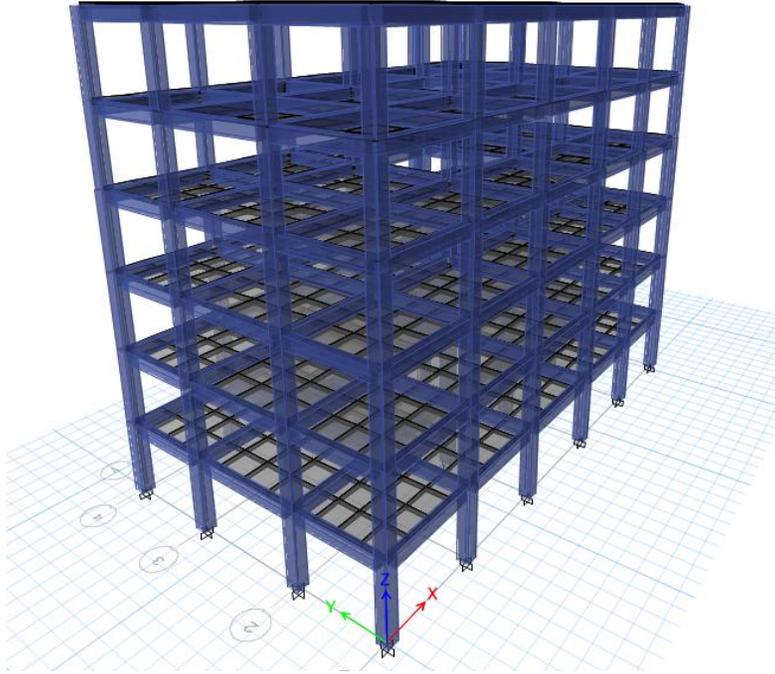
Nota. Factores y coeficientes

Figura 1. Vista en planta del edificio



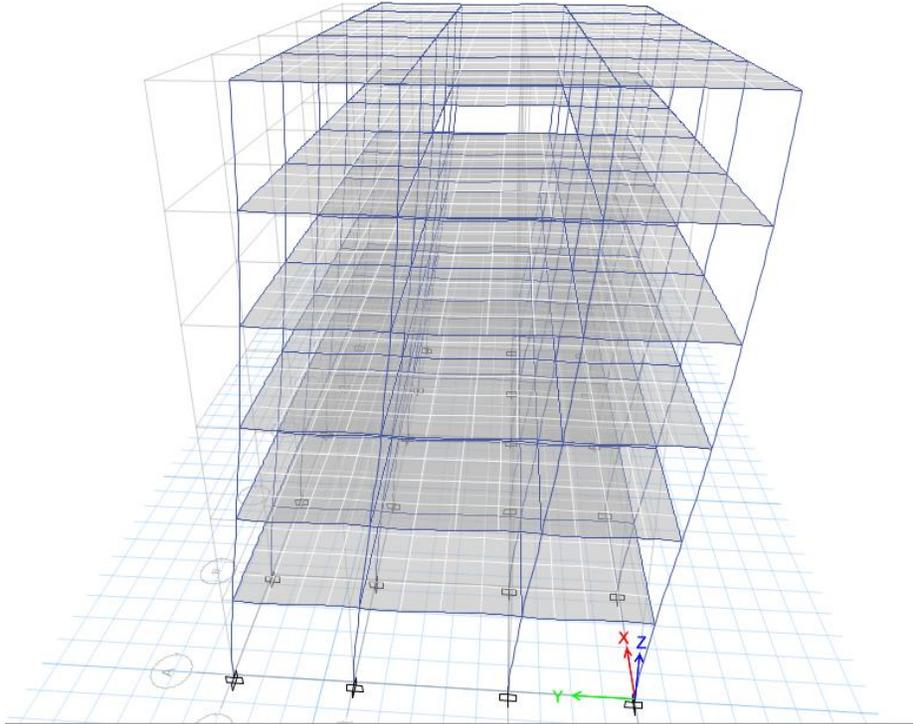
Nota. Vista en planta del edificio

Figura 2. *Dimensionamiento del edificio*



Nota. Edificio de 6 plantas

Figura 3. Edificio de 6 plantas



Nota. Vista del edificio de 6 plantas

Los valores del primer modo de vibración T y comparación los periodos calculados según la NEC 2015, se observa que está en el rango entre 0.7858 y 1.0216

Tabla 10. Periodos teóricos de NEC y periodo de estructura

Ta	0,7858
T.	0,7952
1,3Ta	1,0216

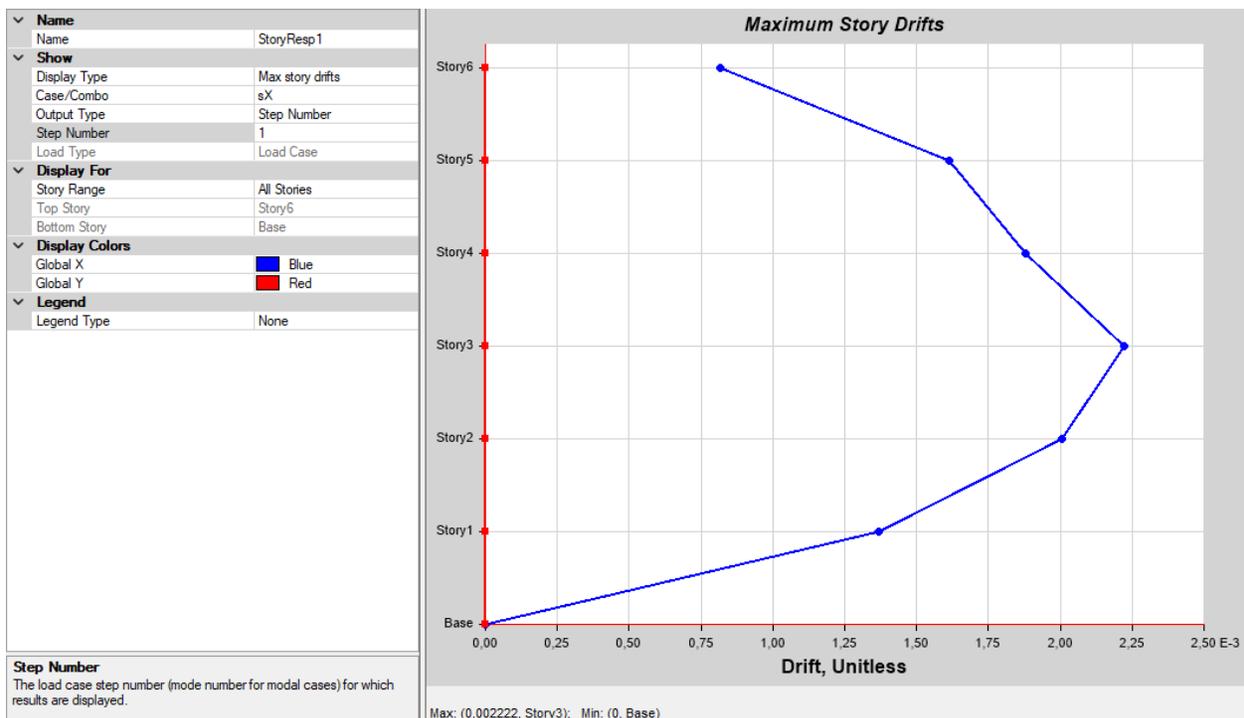
Nota. Periodos teóricos y de estructura

3.2. Derivas Inelásticas

Las derivas deben ser el límite permitido por la NEC el 2%, el gráfico siguiente se muestran los resultados directos que se obtuvieron en el programa de análisis estructural, el cual el valor que tenemos lo multiplicamos por el factor de reducción, que son 0.75 por del valor obtenido y por el factor R. Los resultados de la deriva máxima entre pisos en la dirección en el sismo en X y el sismo en Y son las siguientes:

Sismo en X

Figura 4. Deriva máxima en dirección sX



Nota. Deriva máxima

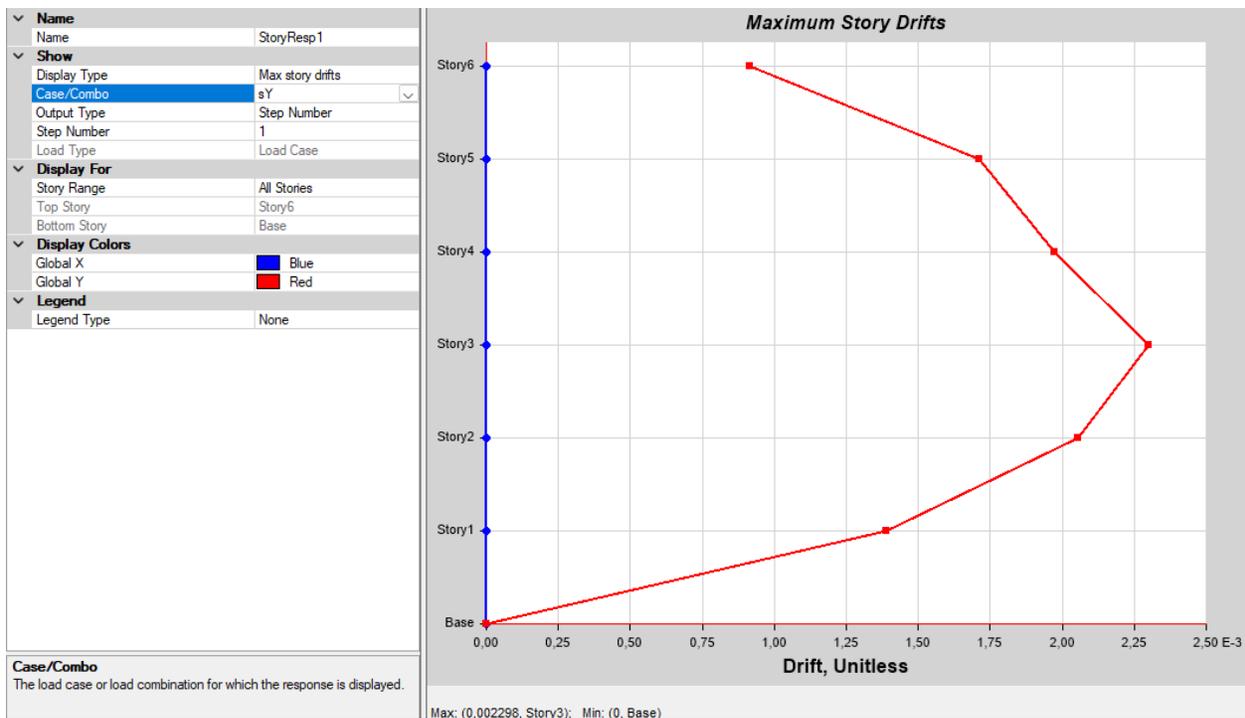
$$\Delta x = 0.75 * R * 0.002222$$

$$\Delta x = 0.75 * 8 * 0.002222$$

$$\Delta x = 0.013332 = 1.3332\% < 2 \text{ CUMPLE}$$

Sismo Y

Figura 5. Deriva máxima en sY



Nota. Deriva máxima

$$\Delta x = 0.75 * R * 0.002298$$

$$\Delta x = 0.75 * 8 * 0.002298$$

$$\Delta x = 0.013788 = 1.3788\% < 2 \text{ CUMPLE}$$

3.3. Participación de masas y periodos

De acuerdo con Cacho-Pérez (2017), la participación de masas, referida como masa modal o masa generalizada, es una propiedad dinámica que se relaciona no solo con la distribución física de la masa de una estructura, sino también con sus formas de vibración.

Tabla 11. Participación de masas y periodos

Case	Mod e	Period o sec	UX	UY	UZ	SumU X	SumU Y	Su mU Z	RX	RY	RZ	SumR X	SumR Y	SumR Z
Modal	1	0,795	0	0,7944	0	0	0,7944	0	0,2198	0	0	0,2198	0	0
Modal	2	0,782	0,799	0	0	0,799	0,7944	0	0	0,2145	0	0,2198	0,2145	0
Modal	3	0,694	0	0	0	0,799	0,7944	0	0	0	0,8	0,2198	0,2145	0,7983
Modal	4	0,272	0	0,1175	0	0,799	0,9119	0	0,5336	0	0	0,7534	0,2145	0,7983
Modal	5	0,269	0,1134	0	0	0,9125	0,9119	0	0	0,5404	0	0,7534	0,7549	0,7983
Modal	6	0,238	0	0	0	0,9125	0,9119	0	0	0	0,11	0,7534	0,7549	0,912
Modal	7	0,157	0	0,0465	0	0,9125	0,9584	0	0,098	0	0	0,8514	0,7549	0,912
Modal	8	0,157	0,0462	0	0	0,9587	0,9584	0	0	0,0962	0	0,8514	0,8511	0,912
Modal	9	0,138	0	0	0	0,9587	0,9584	0	0	0	0,05	0,8514	0,8511	0,9586
Modal	10	0,111	0	0,0166	0	0,9587	0,975	0	0,0697	0	0	0,9211	0,8511	0,9586
Modal	11	0,111	0,0164	0	0	0,9751	0,975	0	0	0,0705	0	0,9211	0,9216	0,9586
Modal	12	0,098	0	0	0	0,9751	0,975	0	0	0	0,02	0,9211	0,9216	0,975

Nota. Participación de masas y periodos

Tabla de resumen de secciones

La tabla que se presenta a continuación es como se diseñó el edificio con las secciones de losa, vigas y losa, con ello poder ver y calcular los pesos de la estructura y saber que fuerza llega en cada columna.

Tabla 12. *Resumen de secciones*

Tabla resumen

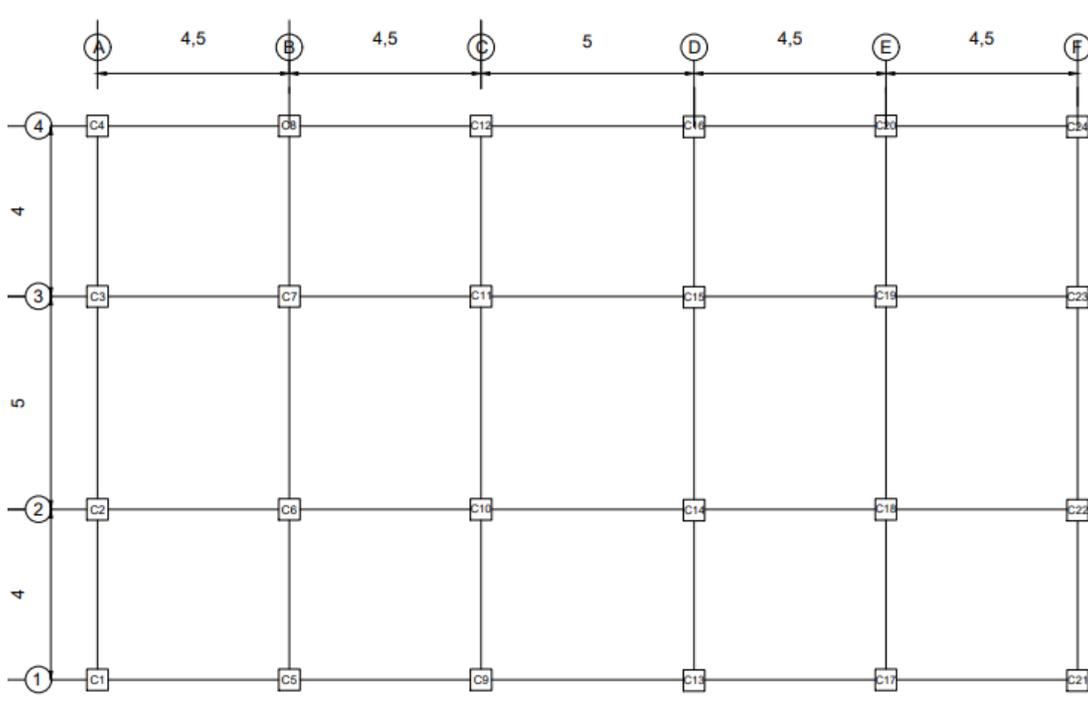
Piso	Losa (nervada)	columna(cm)	Viga (cm)
1	25 cm	50x50	30x60
2	25 cm	50x50	30x60
3	25 cm	45x45	30x50
4	25 cm	45x45	30x50
5	25 cm	40x40	30x50
Cubierta	25 cm	40x40	30x50

Nota. Información obtenida del estudio de campo.

3.4. Cargas vistas en las reacciones del edificio

A continuación, se coloca la vista en plata para determinar y diferentes los tipos de columnas del edificio:

Figura 6. *Enumeración de columnas*



Nota. Mapa de tipo de columna

Con esto se observa el tipo de columna y la enumeración de la misma para ver la carga que está en las reacciones del edificio y así determinar el área de la cimentación, en las tablas está en kgf pero para los cálculos de cimentación lo vamos a tomar convertir a Tnf, la razón es que la carga admisible del suelo la tenemos en Tn/m^2 , y así los cálculos los podemos simplificar de mejor manera, con ello podemos determinar que las tablas que se van a observar más adelante las cargas van a estar en Toneladas.

Tabla 13. Resultados de reacciones

Story	Label	Output Case	FX kgf	FY kgf	FZ kgf	MX kgf-m	MY kgf-m	MZ kgf-m
Base	1	1.2D+1.6L+0....	957,06	804,6	59544,09	-813,54	967,69	0
Base	2	1.2D+1.6L+0....	1960,82	418,59	111412,68	-423,24	1982,61	0
Base	3	1.2D+1.6L+0....	1960,82	-418,59	111412,68	423,24	1982,61	0
Base	4	1.2D+1.6L+0....	957,06	-804,6	59544,09	813,54	967,69	0
Base	5	1.2D+1.6L+0....	-18,63	1530,76	102401,44	-1547,77	-18,84	0
Base	6	1.2D+1.6L+0....	-9,47	795,8	196670,36	-804,64	-9,57	0
Base	7	1.2D+1.6L+0....	-9,47	-795,8	196670,36	804,64	-9,57	0
Base	8	1.2D+1.6L+0....	-18,63	-1530,76	102401,44	1547,77	-18,84	0
Base	9	1.2D+1.6L+0....	214,74	1605,61	107291,79	-1623,45	217,13	0
Base	10	1.2D+1.6L+0....	-722,83	-319,37	163996,85	322,92	-730,86	0
Base	11	1.2D+1.6L+0....	-722,83	319,37	163996,85	-322,92	-730,86	0
Base	12	1.2D+1.6L+0....	214,74	-1605,61	107291,79	1623,45	217,13	0
Base	13	1.2D+1.6L+0....	-214,74	1605,61	107291,79	-1623,45	-217,13	0
Base	14	1.2D+1.6L+0....	722,83	-319,37	163996,85	322,92	730,86	0
Base	15	1.2D+1.6L+0....	722,83	319,37	163996,85	-322,92	730,86	0
Base	16	1.2D+1.6L+0....	-214,74	-1605,61	107291,79	1623,45	-217,13	0
Base	17	1.2D+1.6L+0....	18,63	1530,76	102401,44	-1547,77	18,84	0
Base	18	1.2D+1.6L+0....	9,47	795,8	196670,36	-804,64	9,57	0
Base	19	1.2D+1.6L+0....	9,47	-795,8	196670,36	804,64	9,57	0
Base	20	1.2D+1.6L+0....	18,63	-1530,76	102401,44	1547,77	18,84	0
Base	21	1.2D+1.6L+0....	-957,06	804,6	59544,09	-813,54	-967,69	0
Base	22	1.2D+1.6L+0....	-1960,82	418,59	111412,68	-423,24	-1982,61	0
Base	23	1.2D+1.6L+0....	-1960,82	-418,59	111412,68	423,24	-1982,61	0
Base	24	1.2D+1.6L+0....	-957,06	-804,6	59544,09	813,54	-967,69	0

Nota. Análisis estructural

Para corroborar estos valores se procedió al metrado de cargas por tipo de columna, y así comprobar que los valores del programa Etabs sí coinciden con los valores que se han hecho de forma manual

TIPO DE COLUMNA 1

Tabla 14. Tipo de columna 1

DATOS			Elemento	Base (m)	Altura(m)	Profundidad(m)	volumen (m ³)		
γ_{hormigon}	2400	kg/m ³	Columna	0,5	0,5	3,2	0,8		
Pisos	2		Viga	0,3	0,6	4,25	0,765		
Dimensiones	2	m	Losa	2	0,1806	2,25	0,8127		
	2,25	m	Σ volumen	2,3777	m ³	Σ vol* γ_{horm}	5706,48		
Área	4,5	m ²							
			Peso propio	5706,48	kg	Peso propio*Piso	11,41296	T	
			Sobrecarga	550	kg/m ²	Sobrecarga*Área	4.95	T	
			Carga viva	200	kg/m ²	Carga viva*Área	1.8	T	
					CM	Peso propio + CM	16.36296	T	
					1,2D+1,6L	Combinación 2	22.515552	T	
Piso 3-4									
DATOS			Elemento	Base (m)	Altura(m)	Profundidad(m)	volumen (m ³)		
γ_{hormigon}	2400	kg/m ³	Columna	0.45	0.45	3.2	0.648		
Pisos	2		Viga	0.3	0.5	4.25	0.6375		
Dimensiones	2	m	Losa	2	0.1806	2.25	0.8127		
	2,25	m	Σ volumen	2.0982	m ³	Σ vol* γ_{horm}	5035.68		
Área	4,5	m ²							
			Peso propio	5035.68	kg	Peso propio*Piso	10.07136	T	
			Sobrecarga	550	kg/m ²	Sobrecarga*Área	4.95	T	

				Carga viva	200	kg/m ²	Carga viva*Area	1.8	T	
						CM	Peso propio + CM	15.02136	T	
						1,2D+1,6L	Combinación 2	20.905632	T	
Piso 5-6										
DATOS				Elemento	Base (m)	Altura(m)	Profundidad(m)	volumen (m ³)		
γ_{hormigon}	2400			Columna	0.4	0.4	3.2	0.512		
Pisos	2			Viga	0.3	0.5	4.25	0.6375		
Dimensiones	2			Losa	2	0.1806	2.25	0.8127		
	2,25			Σ volumen	1.9622	m ³	$\Sigma \text{vol} * \gamma_{\text{horm}}$	4709.28		
Área	4,5									
				Peso propio	4709.28	kg	Peso propio*Piso	9.41856	T	
				Sobrecarga	550	150	kg/m ²	Sobrecarga*Area	3.15	T
				Carga viva	200	70	kg/m ²	Carga viva*Area	1.215	T
						CM	Peso propio + CM	12.56856	T	
						1,2D+1,6L	Combinación 2	17.026272	T	
							SUMATORIA TOTAL	60.447456		

Nota. Elaboración propia del autor

TIPO DE COLUMNA 2

Tabla 15. Tipo de columna 2

Piso 1-2									
DATOS				Elemento	Base (m)	Altura(m)	Profundidad(m)	volumen (m ³)	
γ_{hormigon}	2400	kg/m ³		Columna	0,5	0,5	3,2	0,8	
Pisos	2			Viga	0,3	0,6	6,25	1,125	
Dimensiones	2,25	m		Losa	2,25	0,1806	4,5	1,828575	
	4,5	m		Σ volumen	3,753575	m ³	$\Sigma \text{vol} * \gamma_{\text{horm}}$	9008,58	
Área	10,125	m ²							
				Peso propio	9008.58	kg	Peso propio*Piso	18.01716	T
				Sobrecarga	550	kg/m ²	Sobrecarga*Area	11.1375	T
				Carga viva	200	kg/m ²	Carga viva*Area	4.05	T
						CM	Peso propio + CM	29.15466	T
						1,2D+1,6L	Combinación 2	41.465592	T
Piso 3-4									
DATOS				Elemento	Base (m)	Altura(m)	Profundidad(m)	volumen (m ³)	
γ_{hormigon}	2400	kg/m ³		Columna	0.45	0.45	3.2	0.648	
Pisos	2			Viga	0.3	0.5	6.25	0.9375	
Dimensiones	2,25	m		Losa	2.25	0.1806	4.5	1.828575	
	4,5	m		Σ volumen	3.414075	m ³	$\Sigma \text{vol} * \gamma_{\text{horm}}$	8193.78	
Área	10,125	m ²							
				Peso propio	8193.78	kg	Peso propio*Piso	16.38756	T
				Sobrecarga	550	kg/m ²	Sobrecarga*Area	11.1375	T

				Carga viva	200	kg/m ²	Carga viva*Area	4.05	T
						CM	Peso propio + CM	27.52506	T
						1,2D+1,6L	Combinación 2	39.510072	T
Piso 5-6									
DATOS				Elemento	Base (m)	Altura(m)	Profundidad(m)	volumen (m ³)	
γ_{hormigon}	2400	kg/m ³		Columna	0.4	0.4	3.2	0.512	
Pisos	2			Viga	0.3	0.5	6.25	0.9375	
Dimensiones	2,25	m		Losa	2.25	0.1806	4.5	1.828575	
	4,5	m		Σ volumen	3.278075	m ³	Σ vol* γ_{horm}	7867.38	
Área	10,125	m ²							
			Peso propio	7867.38		kg	Peso propio*Piso	15.73476	T
			Sobrecarga	550	150	kg/m ²	Sobrecarga*Area	7.0875	T
			Carga viva	200	70	kg/m ²	Carga viva*Area	2.73375	T
						CM	Peso propio + CM	22.82226	T
						1,2D+1,6L	Combinación 2	31.760712	T
							SUMATORIA TOTAL	112.736376	

Nota. Elaboración propia del autor

TIPO DE COLUMNA 3

Tabla 16. Tipo de columna 3

Piso 1-2									
DATOS				Elemento	Base (m)	Altura(m)	Profundidad(m)	volumen (m ³)	
γ_{hormigon}	2400	kg/m ³		Columna	0,5	0,5	3,2	0,8	
Pisos	2			Viga	0,3	0,6	6,5	1,17	
Dimensiones	2	m		Losa	2	0,1806	4,5	1,6254	
	4,5	m		Σ volumen	3,5954	m ³	$\Sigma \text{vol} * \gamma_{\text{horm}}$	8628,96	
Área	9	m ²							
				Peso propio	8628.96	kg	Peso propio*Piso	17.25792	T
				Sobrecarga	550	kg/m ²	Sobrecarga*Area	9.9	T
				Carga viva	200	kg/m ²	Carga viva*Area	3.6	T
						CM	Peso propio + CM	27.15792	T
						1,2D+1,6L	Combinación 2	38.349504	T
Piso 3-4									
DATOS				Elemento	Base (m)	Altura(m)	Profundidad(m)	volumen (m ³)	
γ_{hormigon}	2400	kg/m ³		Columna	0.45	0.45	3.2	0.648	
Pisos	2			Viga	0.3	0.5	6.5	0.975	
Dimensiones	2	m		Losa	2	0.1806	4.5	1.6254	
	4,5	m		Σ volumen	3.2484	m ³	$\Sigma \text{vol} * \gamma_{\text{horm}}$	7796.16	
Área	9	m ²							
				Peso propio	7796.16	kg	Peso propio*Piso	15.59232	T
				Sobrecarga	550	kg/m ²	Sobrecarga*Area	9.9	T

				Carga viva	200	kg/m ²	Carga viva*Area	3.6	T
						CM	Peso propio + CM	25.49232	T
						1,2D+1,6L	Combinación 2	36.350784	T
Piso 5-6									
DATOS				Elemento	Base (m)	Altura(m)	Profundidad(m)	volumen (m ³)	
γ_{hormigon}	2400	kg/m ³		Columna	0.4	0.4	3.2	0.512	
Pisos	2			Viga	0.3	0.5	6.5	0.975	
Dimensiones	2	m		Losa	2	0.1806	4.5	1.6254	
	4,5	m		Σ volumen	3.1124	m ³	$\Sigma \text{vol} * \gamma_{\text{horm}}$	7469.76	
Área	9	m ²							
			Peso propio	7469.76		kg	Peso propio*Piso	14.93952	T
			Sobrecarga	550	150	kg/m ²	Sobrecarga*Area	6.3	T
			Carga viva	200	70	kg/m ²	Carga viva*Area	2.43	T
						CM	Peso propio + CM	21.23952	T
						1,2D+1,6L	Combinación 2	29.375424	T
				7469.76		kg	Peso propio*Piso	14.93952	
							SUMATORIA TOTAL	104.075712	

Nota. Elaboración propia del autor

TIPO DE COLUMNA 4

Tabla 17. Tipo de columna 4

Piso 1-2									
DATOS			Elemento	Base (m)	Altura(m)	Profundidad(m)	volumen (m ³)		
γ_{hormigon}	2400	kg/m ³	Columna	0,5	0,5	3,2	0,8		
Pisos	2		Viga	0,3	0,6	8	1,44		
Dimensiones	4,5	m	Losa	4,5	0,1806	4,5	3,65715		
	4,5	m	Σ volumen	5,89715	m ³	$\Sigma \text{vol} * \gamma_{\text{horm}}$	14153,16		
Área	20,25	m ²							
			Peso propio	14153,16	kg	Peso propio*Piso	28.30632		T
			Sobrecarga	550	kg/m ²	Sobrecarga*Area	22.275		T
			Carga viva	200	kg/m ²	Carga viva*Area	8.1		T
					CM	Peso propio	50.58132		T
					1,2D+1,6L	Peso propio + CM	73.657584		T
Piso 3-4									
DATOS			Elemento	Base (m)	Altura(m)	Profundidad(m)	volumen (m ³)		
γ_{hormigon}	2400	kg/m ³	Columna	0.45	0.45	3.2	0.648		
Pisos	2		Viga	0.3	0.5	8	1.2		
Dimensiones	4,5	m	Losa	4.5	0.1806	4.5	3.65715		
	4,5	m	Σ volumen	5.50515	m ³	$\Sigma \text{vol} * \gamma_{\text{horm}}$	13212.36		
Área	20,25	m ²							
			Peso propio	13212,36	kg	Peso propio*Piso	26.42472		T
			Sobrecarga	550	kg/m ²	Sobrecarga*Area	22.275		T

				Carga viva	200	kg/m ²	Carga viva*Area	8.1	T	
						CM	Peso propio + CM	48.69972	T	
						1,2D+1,6L	Combinación 2	71.399664	T	
Piso 5-6										
DATOS				Elemento	Base (m)	Altura(m)	Profundidad(m)	volumen (m ³)		
γ_{hormigon}	2400	kg/m ³		Columna	0.4	0.4	3.2	0.512		
Pisos	2			Viga	0.3	0.5	8	1.2		
Dimensiones	4,5	m		Losa	4.5	0.1806	4.5	3.65715		
	4,5	m		Σ volumen	5.36915	m ³	$\Sigma \text{vol} * \gamma_{\text{horm}}$	12885.96		
Área	20,25	m ²								
				Peso propio	12885.96	kg	Peso propio*Piso	25.77192	T	
				Sobrecarga	550	150	kg/m ²	Sobrecarga*Area	14.175	T
				Carga viva	200	70	kg/m ²	Carga viva*Area	5.4675	T
						CM	Peso propio + CM	39.94692	T	
						1,2D+1,6L	Combinación 2	56.684304	T	
							SUMATORIA TOTAL	201.741552		

Nota. Elaboración propia del autor

TIPO DE COLUMNA 5

Tabla 18. Tipo de columna 5

Piso 1-2									
DATOS			Elemento	Base (m)	Altura(m)	Profundidad(m)	volumen (m ³)		
γ_{hormigon}	2400	kg/m ³	Columna	0,5	0,5	3,2	0,8		
Pisos	2		Viga	0,3	0,6	6,75	1,215		
Dimensiones	2	m	Losa	2	0,1806	4,75	1,7157		
	4,75	m	Σ volumen	3,7307	m ³	$\Sigma \text{vol} * \gamma_{\text{horm}}$	8953,68		
Área	9,5	m ²							
			Peso propio	8953.68	kg	Peso propio*Piso	17.90736		T
			Sobrecarga	550	kg/m ²	Sobrecarga*Area	10.45		T
			Carga viva	200	kg/m ²	Carga viva*Area	3.8		T
					CM	Peso propio + CM	28.35736		T
					1,2D+1,6L	Combinación 2	40.108832		T
Piso 3-4									
DATOS			Elemento	Base (m)	Altura(m)	Profundidad(m)	volumen (m ³)		
γ_{hormigon}	2400	kg/m ³	Columna	0.45	0.45	3.2	0.648		
Pisos	2		Viga	0.3	0.5	6.75	1.0125		
Dimensiones	2	m	Losa	2	0.1806	4.75	1.7157		
	4,75	m	Σ volumen	3.3762	m ³	$\Sigma \text{vol} * \gamma_{\text{horm}}$	8102.88		
Área	9,5	m ²							
			Peso propio	8102.88	kg	Peso propio*Piso	16.20576		T
			Sobrecarga	550	kg/m ²	Sobrecarga*Area	10.45		T

				Carga viva	200	kg/m ²	Carga viva*Area	3.8	T	
						CM	Peso propio + CM	26.65576	T	
						1,2D+1,6L	Combinación 2	38.066912	T	
Piso 5-6										
DATOS				Elemento	Base (m)	Altura(m)	Profundidad(m)	volumen (m ³)		
γ_{hormigon}	2400	kg/m ³		Columna	0.4	0.4	3.2	0.512		
Pisos	2			Viga	0.3	0.5	6.75	1.0125		
Dimensiones	2	m		Losa	2	0.1806	4.75	1.7157		
	4,75	m		Σ volumen	3.2402	m ³	$\Sigma \text{vol} * \gamma_{\text{horm}}$	7776.48		
Área	9,5	m ²								
				Peso propio	7776.48	kg	Peso propio*Piso	15.55296	T	
				Sobrecarga	550	150	kg/m ²	Sobrecarga*Area	6.65	T
				Carga viva	200	70	kg/m ²	Carga viva*Area	2.565	T
						CM	Peso propio + CM	22.20296	T	
						1,2D+1,6L	Combinación 2	30.747552	T	
							SUMATORIA TOTAL	108.923296		

Nota. Elaboración propia del autor

TIPO DE COLUMNA 6

Para este tipo de columna vamos a necesitar de una columna llamada prima para poder encontrar bien el área que va a ocupar la columna, así como se indica en la tabla de columna prima solo se toma en cuenta el área de la losa para la misma restar al peso de la columna 6.

Tabla 19. Tipo de columna 6

Piso 1-2									
DATOS				Elemento	Base (m)	Altura(m)	Profundidad(m)	volumen (m ³)	
γ_{hormigon}	2400	kg/m ³		Columna	0,5	0,5	3,2	0,8	
Pisos	2			Viga	0,3	0,6	9,25	1,665	
Dimensiones	4,5	m		Losa	4,5	0,1806	4,75	3,860325	
	4,75	m		Σ volumen	6,325325	m ³	$\Sigma \text{vol} * \gamma_{\text{horm}}$	15180,78	
Área	21,375	m ²							
				Peso propio	15180,78	kg	Peso propio * Piso	30.36156	T
				Sobrecarga	550	kg/m ²	Sobrecarga * Area	23.5125	T
				Carga viva	200	kg/m ²	Carga viva * Area	8.55	T
						CM	Peso propio	53.87406	T
						1,2D+1,6L	Peso propio + CM	78.328872	T
Piso 3-4									
DATOS				Elemento	Base (m)	Altura(m)	Profundidad(m)	volumen (m ³)	
γ_{hormigon}	2400	kg/m ³		Columna	0.45	0.45	3.2	0.648	
Pisos	2			Viga	0.3	0.5	9.25	1.3875	
Dimensiones	4,5	m		Losa	4.5	0.1806	4.75	3.860325	
	4,75	m		Σ volumen	5.895825			14149.98	

Área	21,375	m ²								
				Peso propio	14149.98	kg	Peso propio*Piso	28.29996	T	
				Sobrecarga	550	kg/m ²	Sobrecarga*Area	23.5125	T	
				Carga viva	200	kg/m ²	Carga viva*Area	8.55	T	
						CM	Peso propio + CM	51.81246	T	
						1,2D+1,6L	Combinación 2	75.854952	T	
Piso 5-6										
DATOS				Elemento	Base (m)	Altura(m)	Profundidad(m)	volumen (m ³)		
γ_{hormigon}	2400	kg/m ³		Columna	0.4	0.4	3.2	0.512		
Pisos	2			Viga	0.3	0.5	9.25	1.3875		
Dimensiones	4,5	m		Losa	4.5	0.1806	4.75	3.860325		
	4,75	m		Σ volumen	5.759825	m ³	$\Sigma \text{vol} * \gamma_{\text{horm}}$	13823.58		
Área	21,375	m ²								
				Peso propio	13823.58	kg	Peso propio*Piso	27.64716	T	
				Sobrecarga	550	150	kg/m ²	Sobrecarga*Area	14.9625	T
				Carga viva	200	70	kg/m ²	Carga viva*Area	5.77125	T
						CM	Peso propio + CM	42.60966	T	
						1,2D+1,6L	Combinación 2	60.365592	T	
							SUMATORIA TOTAL	214.549416		
							SUMATORIA REAL	167.790096		

Nota. Elaboración propia del autor

TIPO DE COLUMNA PRIMA

Tabla 20. *Tipo de columna prima*

Piso 1-2									
DATOS			Elemento	Base (m)	Altura(m)	Profundidad(m)	volumen (m ³)		
γ_{hormigon}	2400	kg/m ³	Columna	0	0,5	3,2	0		
Pisos	2		Viga	0	0,6	9,25	0		
Dimensiones	2,25	m	Losa	2,25	0,1806	2,5	1,015875		
	2,5	m	Σ volumen	1,015875	m ³	$\Sigma \text{vol} * \gamma_{\text{horm}}$	2438,1		
Área	5,625	m ²							
			Peso propio	2438.1	kg	Peso propio*Piso	4.8762	T	
			Sobrecarga	550	kg/m ²	Sobrecarga*Area	6.1875	T	
			Carga viva	200	kg/m ²	Carga viva*Area	2.25	T	
					CM	Peso propio + CM	11.0637	T	
					1,2D+1,6L	Combinación 2	16.87644	T	
Piso 3-4									
DATOS			Elemento	Base (m)	Altura(m)	Profundidad(m)	volumen (m ³)		
γ_{hormigon}	2400	kg/m ³	Columna	0	0,5	3,2	0		
Pisos	2		Viga	0	0,5	9,25	0		
Dimensiones	2,25	m	Losa	2,25	0,1806	2,5	1,015875		
	2,5	m	Σ volumen	1,015875	m ³	$\Sigma \text{vol} * \gamma_{\text{horm}}$	2438,1		
Área	5,625	m ²							
			Peso propio	2438.1	kg	Peso propio*Piso	4.8762	T	

				Sobrecarga	550	kg/m ²	Sobrecarga*Area	6.1875	T	
				Carga viva	200	kg/m ²	Carga viva*Area	2.25	T	
						CM	Peso propio + CM	11.0637	T	
						1,2D+1,6L	Combinación 2	16.87644	T	
Piso 5-6										
DATOS				Elemento	Base (m)	Altura(m)	Profundidad(m)	volumen (m ³)		
γ_{hormigon}	2400	kg/m ³		Columna	0	0,45	3,2	0		
Pisos	2			Viga	0	0,5	9,25	0		
Dimensiones	2,25	m		Losa	2,25	0,1806	2,5	1,015875		
	2,5	m		Σ volumen	1,015875	m ³	$\Sigma \text{vol} * \gamma_{\text{horm}}$	2438,1		
Área	5,625	m ²								
				Peso propio	2438.1	kg	Peso propio*Piso	4.8762	T	
				Sobrecarga	550	150	kg/m ²	Sobrecarga*Area	3.9375	T
				Carga viva	200	70	kg/m ²	Carga viva*Area	1.51875	T
						CM	Peso propio + CM	8.8137	T	
						1,2D+1,6L	Combinación 2	13.00644	T	
							SUMATORIA TOTAL	46.75932		

Nota. Elaboración propia del autor

Teniendo en cuenta los valores del metrado de carga lo comparamos con los resultados que nos da el programa y así hacer una comprobación rápida de que los cálculos si están cerca o aproximados a la carga que vamos a utilizar en las tablas de cálculo para las cimentaciones.

Tabla 21. *Comparativa de resultados de los cálculos*

Columna	Metrado[T/m²]	Etabs[T/m²]
1	60	59
2	113	111
3	104	102
4	202	196
5	109	107
6	168	163

Nota. Elaboración propia del autor

Comparativa de cálculo de metrado de cargas con resultados del programa ETABS que nos da en los puntos de las reacciones.

3.5. Parte Geotécnica

3.5.1. Análisis Geotécnico en Sector Tarqui

La investigación se emplaza en el Cantón Manta, provincia de Manabí, específicamente en la Parroquia Tarqui, en la intersección de la avenida 101 y la calle 110. Esta ubicación se encuentra a 2 km al este de la cabecera cantonal de Manta. El área de estudio está geográficamente delimitada por las siguientes coordenadas UTM, bajo el sistema geodésico WSG 84: 9894856N - 532204E; 9894859N - 532219E; 9894841N - 532223E, y 9894839N – 532209E (CONGEOTEC S.A., 2016).

Conclusiones y recomendaciones:

Según Para asegurar la estabilidad de la edificación y prevenir daños por asentamientos diferenciales, causados por la presencia de suelos sueltos y un nivel freático alto, se establecen las siguientes directrices:

1. Sistema de Cimentación:

- Se recomienda implantar la estructura sobre **pilotes semiprofundos prebarrenados** con una longitud estimada de 7 metros.
- Como dato de referencia, un pilote de 0.40 m de diámetro tendría una capacidad de carga de trabajo aproximada entre 25 y 30 toneladas.
- **Importante:** La longitud final y la capacidad de carga de cada pilote deberán ser definidas y calculadas por el ingeniero estructural a cargo del proyecto.

2. Preparación del Terreno:

- Se debe excavar toda el área de construcción, más un sobrecancho perimetral, hasta una profundidad de 1.00 metro.
- Posteriormente, se creará una base de 0.60 metros de espesor con material granular (piedra bola).
- Sobre esta base, se rellenará utilizando una mezcla en proporción 1:1 del suelo arenoso extraído y material granular fino (lastre clasificado o subbase). Este relleno se aplicará en capas no superiores a 0.20 metros, asegurando que cada una sea debidamente hidratada y compactada.

3. Parámetro para Diseño Sísmico:

- Para el cálculo de la fuerza sísmica mediante el espectro de diseño, el subsuelo del sitio se clasifica como **perfil tipo D**.

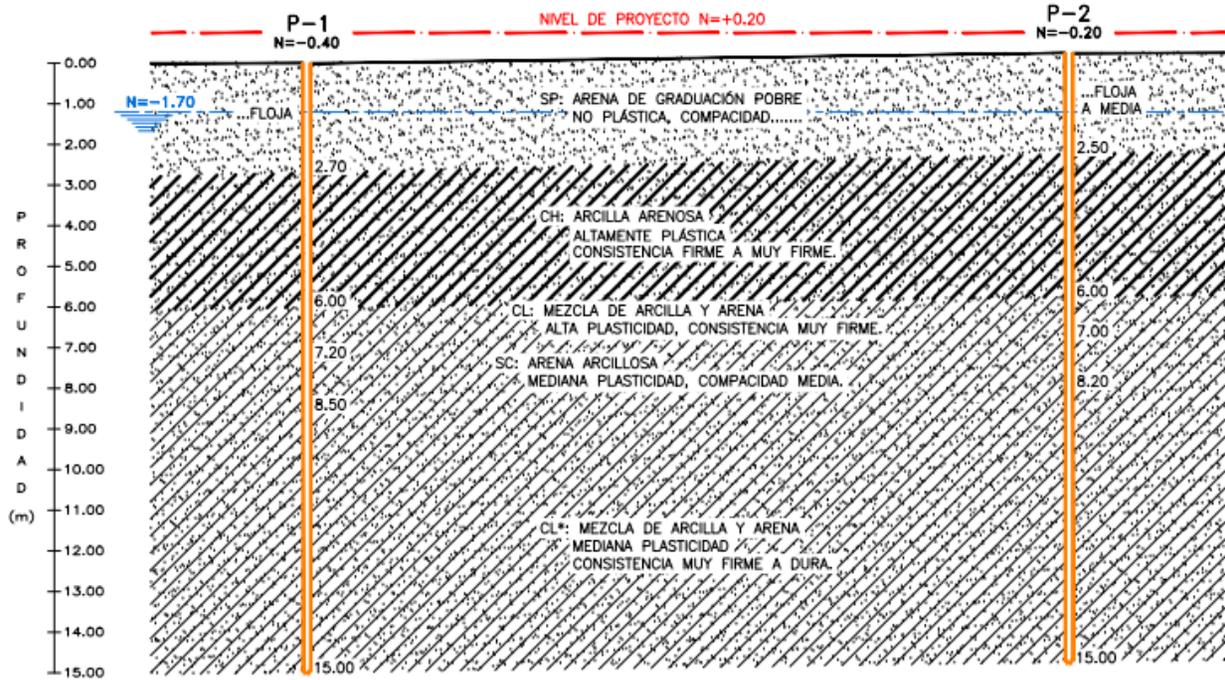
Se recalca que el comportamiento exitoso de la cimentación depende estrictamente del fiel cumplimiento de estas recomendaciones.

Tabla 22. *Características del Suelo Tarqui*

Características del suelo		
Carga Admisible	25 a 30	T/m ²
Peso volumétrico	1,85	T/m ³
TIPO DE SUELO	Arena de graduación pobre, no plástica	Compacidad floja
	Arena de graduación pobre, no plástica	Compacidad floja a media
	Arcilla arenosa, altamente plástica	Consistencia firme
	Mezcla de arcilla y arena, alta plasticidad	Consistencia muy firme
	Arena arcillosa, media plasticidad	Compacidad media
	Mezcla de arcilla y arena, media plasticidad	Consistencia muy firme a dura
Eficiencia	70%	
	30%	

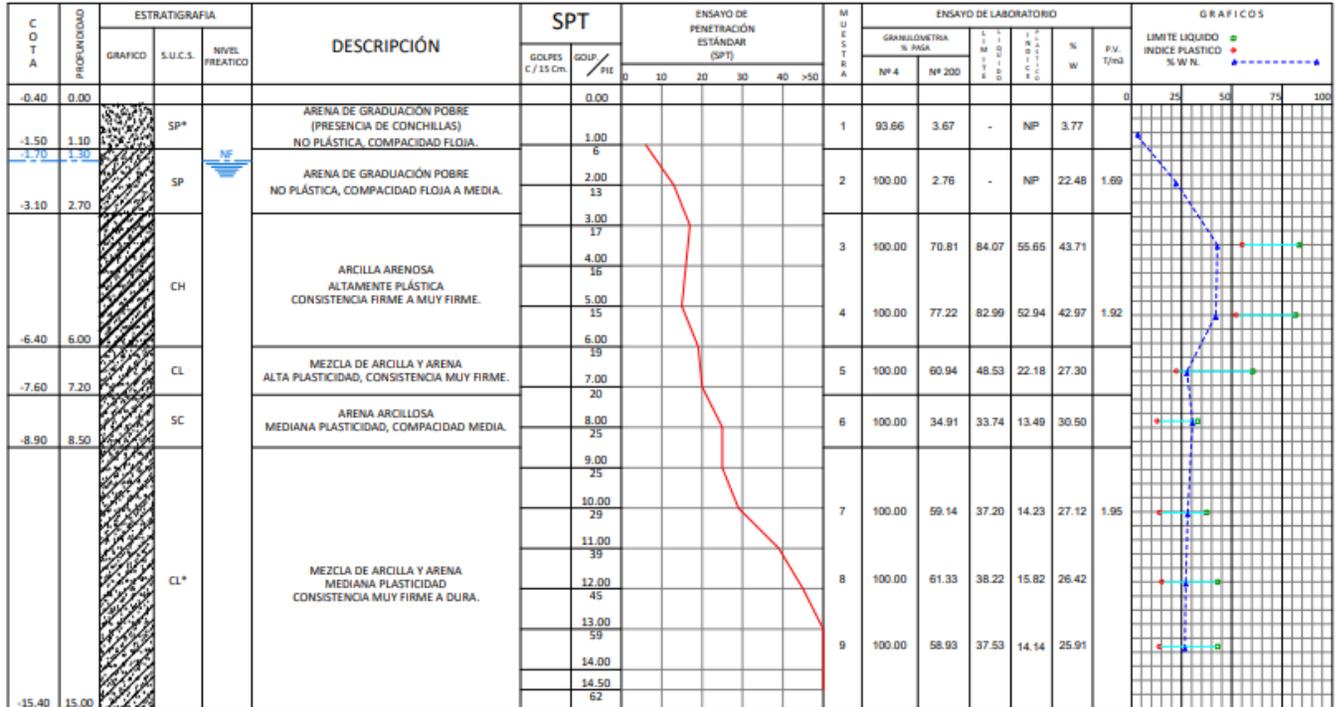
Nota. Mecánicas del suelo

Figura 7. Perfil Estratigráfico



Nota. Estratigrafía de perfil de CONGEOTEC S.A

Figura 8. Informe técnico Geotécnico



Nota. Informe técnico geotécnico de CONGEOTEC S.A.

3.5.2. Análisis Geotécnico en Sector "Ciudad del Mar"

La urbanización Ciudad del Mar está estratégicamente ubicada sobre la Vía a San Mateo, que forma parte de la conocida Ruta del Spondylus. Se encuentra a aproximadamente 6 kilómetros al oeste del centro de Manta, asentada en una zona exclusiva sobre un acantilado, lo que le otorga vistas privilegiadas del Océano Pacífico. Su localización exacta es en el tramo que conecta la zona de Barbasquillo con la playa de San Mateo, muy cerca de la Playa Piedra Larga. Es un complejo

residencial privado cuyo acceso principal se identifica claramente sobre esta importante vía costera.

Conclusiones y recomendaciones:

El proceso constructivo comenzará con la excavación para alcanzar la cota de proyecto, la cual deberá ser manejada como una excavación en roca sedimentaria suave. Posteriormente, se deberá realizar un mejoramiento general del terreno en toda el área de la construcción. Este consistirá en un relleno granular de al menos 0.60 metros de espesor, compuesto por una capa inferior de 0.40 metros de piedra bola y una capa superior de 0.20 metros de lastre debidamente compactado.

Sobre este terreno preparado, la cimentación podrá ejecutarse mediante zapatas aisladas, implantadas a no menos de 1.00 metro de profundidad desde el nivel de contrapiso, o alternativamente, con zapatas corridas a nivel superficial. Para el diseño de estas fundaciones, se deberá utilizar una capacidad portante admisible del suelo de $q_a=4.0 \text{ kg/cm}^2$ (40 T/m²).

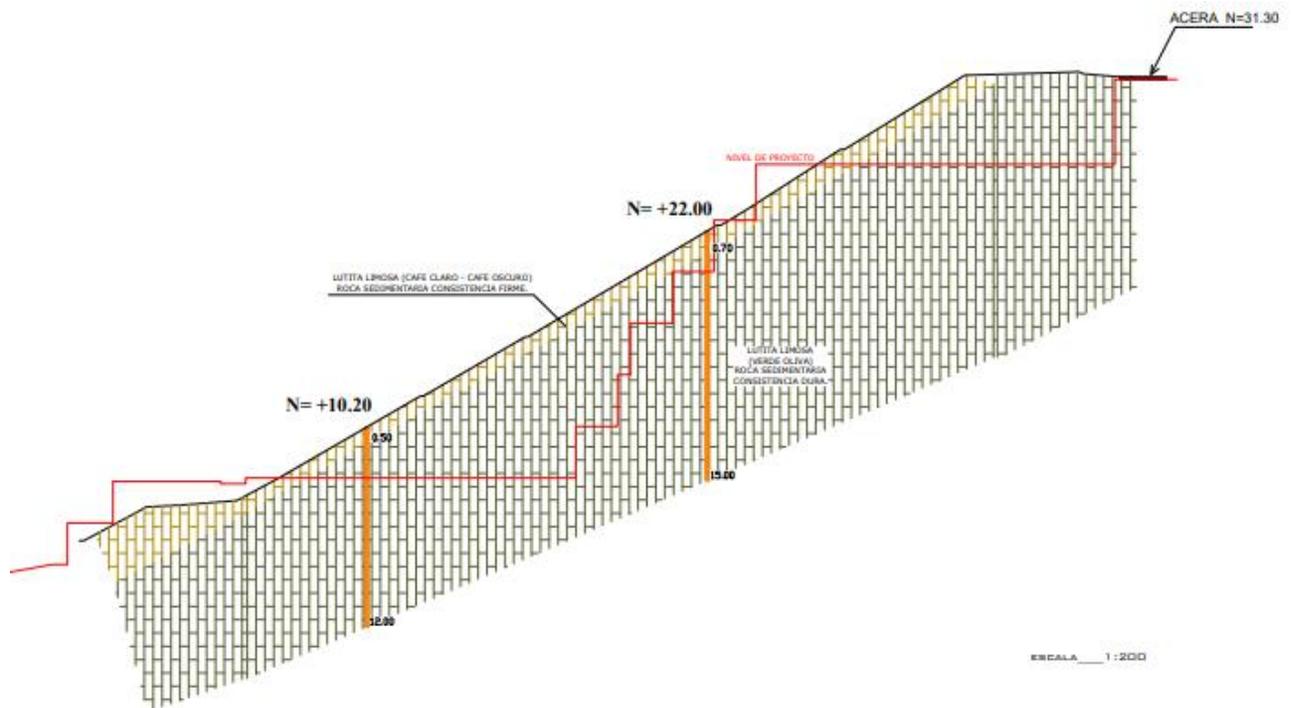
Para el cálculo y diseño de los muros de contención, se deben emplear los siguientes parámetros geotécnicos: un peso volumétrico del material de 1.75 T/m³ y un ángulo de fricción interna de 20°, característico de un suelo duro.

Tabla 23. *Características del suelo de "Ciudad del Mar" Urbanización "Ciudad del Mar"*

Características del suelo

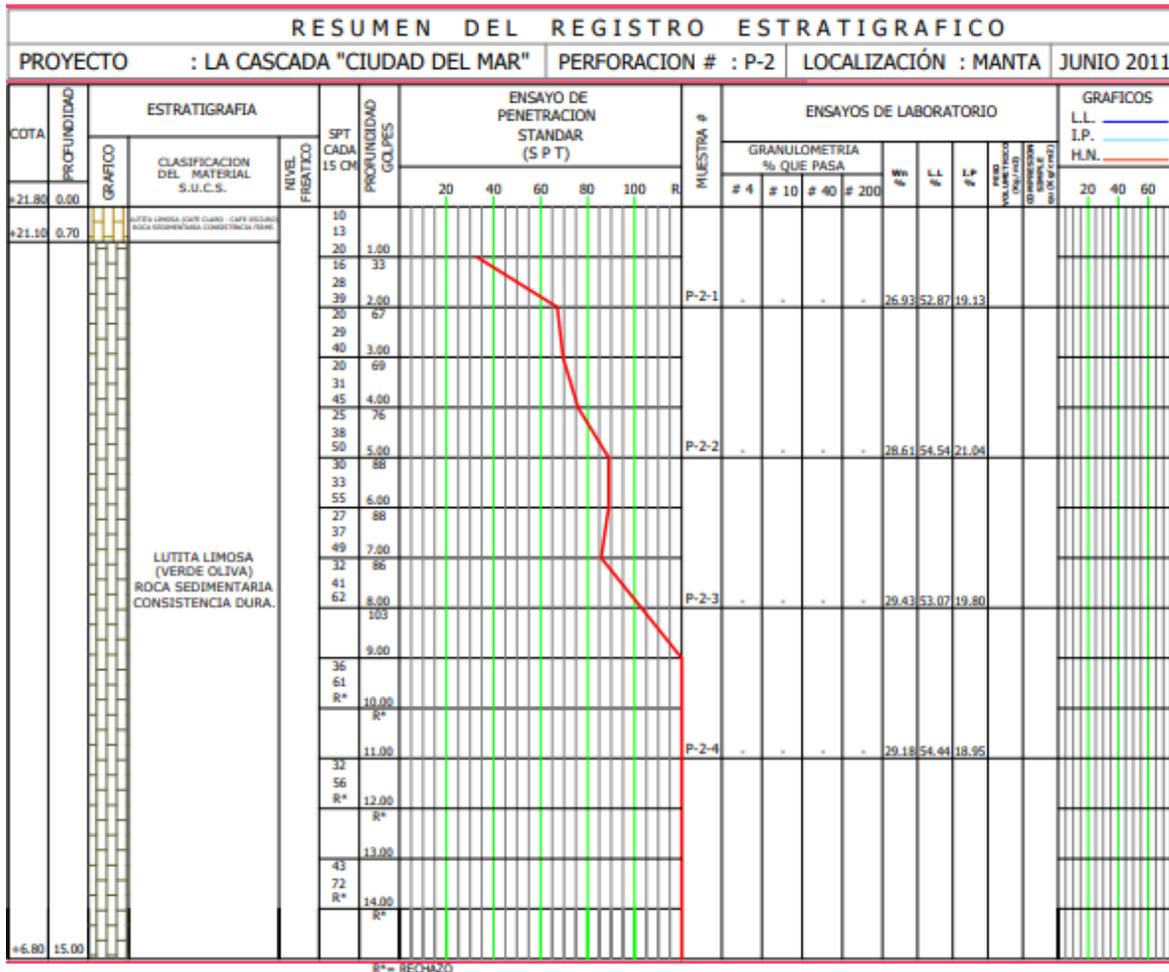
Carga Admisible	40	T/m ²
Peso volumétrico	1,75	T/m ³
Angulo de fricción	20°	
Tipo de suelo	Lutita limosa	Consistencia firme
	Arena limosa (Verde oliva), Roca sedimentaria	Consistencia dura

Figura 9. Estratigrafía de perfil



Nota. Estratigrafía de perfil de CONGEOTEC S.A

Tabla 24. Resumen del Registro Estratigráfico



Nota. Informe técnico geotécnico del Ing. Javier Moreira Roca.

3.5.3. Análisis Geotécnico en Sector Barbasquillo

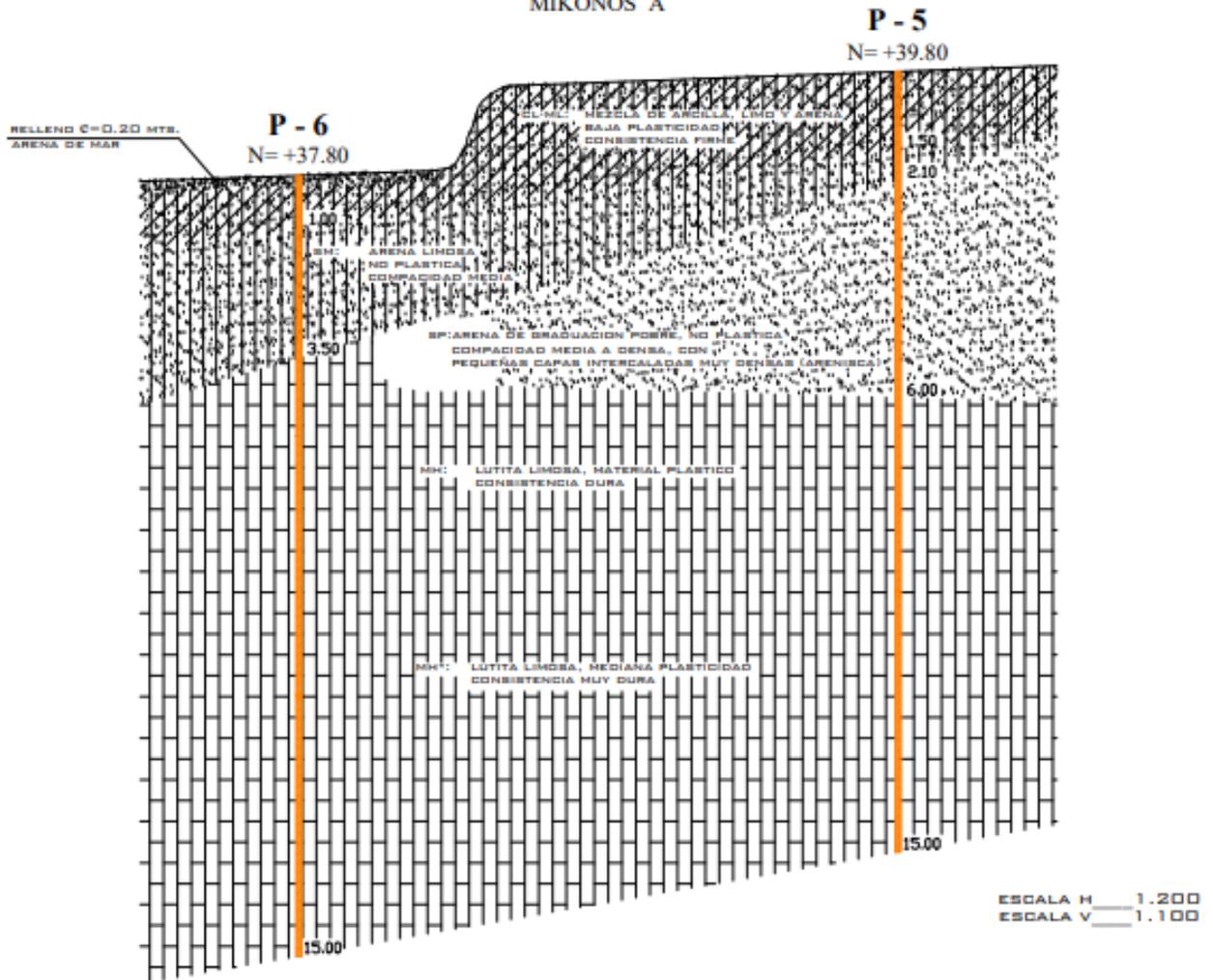
El Sector Barbasquillo se encuentra en la ciudad de Manta, a lo largo de la Vía Barbasquillo. Específicamente, está ubicado en la zona costera al oeste del centro de la ciudad, entre el final del Malecón Escénico y el inicio de la Vía a San Mateo, que conduce a la Ruta del Spondylus. Su franja principal bordea la playa del mismo nombre.

Tabla 25. *Características del suelo de Barbasquillo*

Características del suelo		
Carga Admisible	21	T/m ²
Peso volumétrico	1,65	T/m ³
Angulo de fricción	32°	
TIPO DE SUELO	Arcilla, limo y arena de baja plasticidad	Consistencia firme
	Arena limosa no plástica	Compacidad media
	Arena de graduación pobre, no plástica	Compacidad media
	Lutita limosa, material plástico	Consistencia dura

Figura 10. *Perfil Estratigráfico*

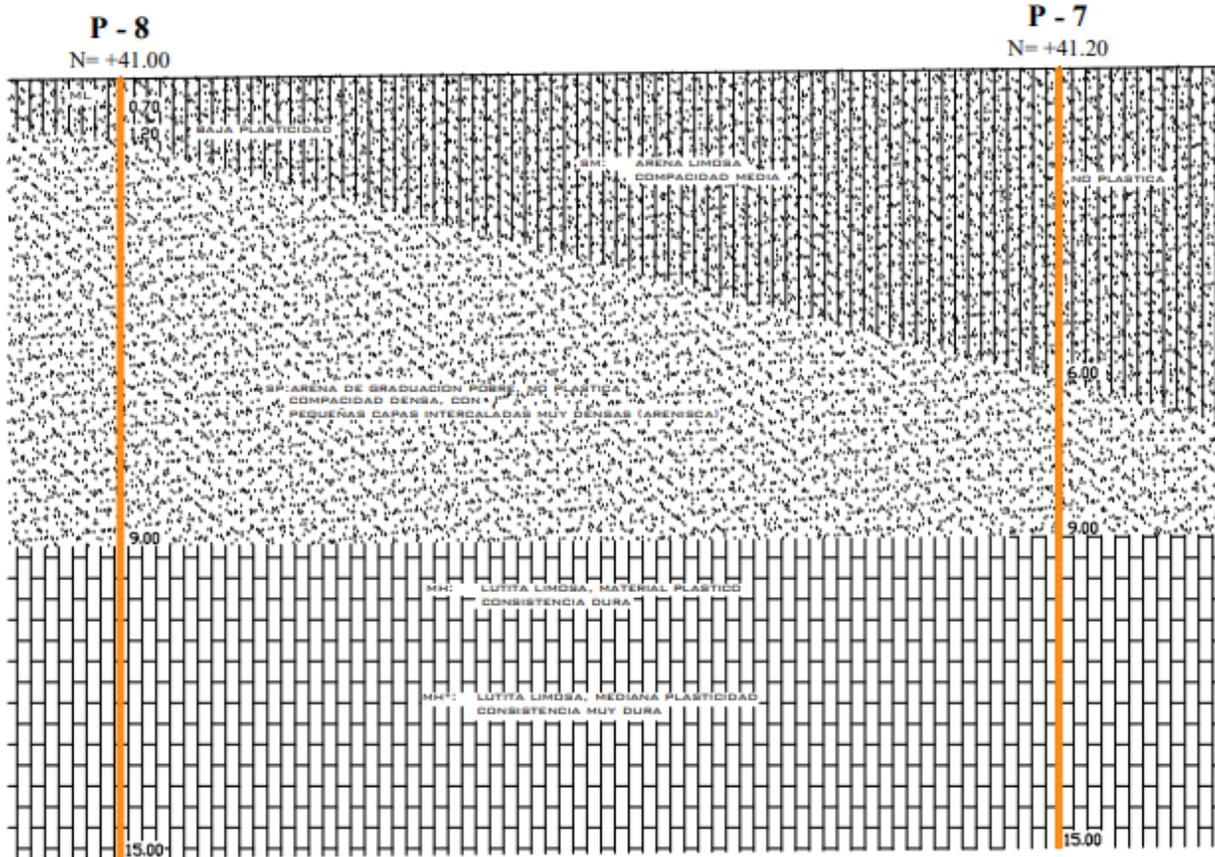
PERFIL ESTRATIGRÁFICO
MIKONOS A



Nota. Perfil Barbasquillo 1 de CONGEOTEC S.A

Figura 11. Perfil Estratigráfico Barbasquillo

PERFIL ESTRATIGRÁFICO MIKONOS D



Nota. Perfil Barbasquillo 2 de CONGEOTEC S.A

3.6. Cálculo de las cimentaciones

La selección del tipo de cimentación superficial a menudo se basa en el área que esta ocupará en relación con la superficie total de la construcción. Cuando las zapatas aisladas cubren menos del 25% del área, suelen ser la opción más económica. Si las zapatas ensanchadas necesitan cubrir más de la mitad del área del edificio, resulta más conveniente utilizar una losa de cimentación. En consecuencia, las zapatas corridas o combinadas se presentan como una solución

intermedia para los casos en que el área requerida de cimentación se encuentra entre el 25% y el 50% del área total (Das, 2012).

- **CIUDAD DEL MAR**

Zapatas corridas

De acuerdo con Das (2012) en varios casos, la carga que soportará una columna y la capacidad de carga del suelo son tales que el diseño estándar de una zapata corrida requerirá la extensión de cimentación de la columna más allá del lindero de la propiedad. En ese caso, dos o más columnas se pueden soportar sobre una cimentación rectangular individual. Si se conoce la presión neta permisible en el suelo, el tamaño de la cimentación (B×L) se puede determinar de la manera siguiente:

a. Se determina el área de la cimentación

$$A = \frac{Q1 + Q2}{q_{neta(perm)}}$$

Para este análisis se utiliza la capacidad portante del suelo del sector "Ciudad del Mar" y la carga total de la edificación para determinar el área de cimentación requerida. Con este resultado, se evalúa si la solución de zapatas corridas es apropiada.

1. Datos Iniciales:

- **Carga Total de la estructura (ΣF): 2965,269 Toneladas.**

- **Capacidad Portante Admisible del Suelo (q_{adm}):** 40 Ton/m² (correspondiente al suelo de "Ciudad del Mar").
 - **Área Total en Planta del Edificio:** Se calcula de la Figura 1: (4.5m + 4.5m + 5m + 4.5m + 4.5m) x (4m + 5m + 4m) = 23m x 13m = **299 m²**.
2. **Aplicación de la Fórmula:** Se calcula el área teórica de cimentación necesaria para soportar la carga total del edificio.

$$A = \frac{\sum F}{Q_{adm}}$$

3. **Cálculo del Área Requerida:**

$$A = \frac{2965.269 \text{ Ton}}{40 \text{ Ton/m}^2} = 74.1317 \text{ m}^2$$

4. **Verificación del Tipo de Cimentación:** Se calcula qué porcentaje del área total del edificio representa el área de cimentación requerida. Generalmente, si el área de zapatas ocupa más del 50% del área total, se recomienda una losa de cimentación.

$$\%Area = \frac{A_{requerida}}{A_{total}} \times 100$$

$$\%Area = \frac{74.1317 \text{ m}^2}{299 \text{ m}^2} \times 100 = 25\%$$

Conclusión: Dado que el 25% es menor al 50%, el uso de zapatas corridas es una solución técnica y económicamente viable para el suelo de "Ciudad del Mar", no se usa zapatas aisladas para una mayor confiabilidad del uso de la estructura y evitar problemas en un futuro.

Tabla 26. Zapatas corridas

	Fuerza	Q_{adm}	A_{teórica}	a	b	a	b	A_{real}	Verificación
Columna	Tonf	Ton/m ²	m ²	m	m	m	m	m ²	A _{teórica} <A _{real}
1	59,544	40	1,489	1,220	1,220	1,25	1,25	1,5625	Cumple
2	111,413	40	2,785	1,669	1,669	1,50	2,00	3	Cumple
3	111,413	40	2,785	1,669	1,669	1,50	2,00	3	Cumple
4	59,544	40	1,489	1,220	1,220	1,25	1,25	1,5625	Cumple
5	102,401	40	2,560	1,600	1,600	1,50	1,75	2,625	Cumple
6	196,670	40	4,917	2,217	2,217	2,00	2,50	5	Cumple
7	196,670	40	4,917	2,217	2,217	2,00	2,50	5	Cumple
8	102,401	40	2,560	1,600	1,600	1,50	1,75	2,625	Cumple
9	107,292	40	2,682	1,638	1,638	1,50	2,00	3	Cumple
10	163,997	40	4,100	2,025	2,025	2,00	2,25	4,5	Cumple
11	163,997	40	4,100	2,025	2,025	2,00	2,25	4,5	Cumple
12	107,292	40	2,682	1,638	1,638	1,50	2,00	3	Cumple
13	107,292	40	2,682	1,638	1,638	1,50	2,00	3	Cumple
14	163,997	40	4,100	2,025	2,025	2,00	2,25	4,5	Cumple
15	163,997	40	4,100	2,025	2,025	2,00	2,25	4,5	Cumple
16	107,292	40	2,682	1,638	1,638	1,50	2,00	3	Cumple
17	102,401	40	2,560	1,600	1,600	1,50	1,75	2,625	Cumple
18	196,670	40	4,917	2,217	2,217	2,00	2,50	5	Cumple
19	196,670	40	4,917	2,217	2,217	2,00	2,50	5	Cumple
20	102,401	40	2,560	1,600	1,600	1,50	1,75	2,625	Cumple
21	59,544	40	1,489	1,220	1,220	1,25	1,25	1,5625	Cumple
22	111,413	40	2,785	1,669	1,669	1,50	2,00	3	Cumple
23	111,413	40	2,785	1,669	1,669	1,50	2,00	3	Cumple
24	59,544	40	1,489	1,220	1,220	1,25	1,25	1,5625	Cumple

Cálculos por ejes para el diseño de zapatas corridas

Tabla 27. Cálculos por ejes para el diseño de zapatas corridas

	Fuerza	Q_{adm}	A_{teórica}	a	b	a	b	A_{real}	Verificación
Columna	Tonf	Ton/m ²	m ²	m	m	m	m	m ²	A _{teórica} <A _{real}
1	341,914	40	8,548	2,924	2,924	15,00	1,00	15	Cumple
2	598,144	40	14,954	3,867	3,867	15,00	1,00	15	Cumple
3	542,577	40	13,564	3,683	3,683	15,00	1,00	15	Cumple
4	542,577	40	13,564	3,683	3,683	15,00	1,00	15	Cumple
5	598,144	40	14,954	3,867	3,867	15,00	1,00	15	Cumple
6	341,914	40	8,548	2,924	2,924	15,00	1,00	15	Cumple
7	538,475	40	13,462	3,669	3,669	25,00	1,25	31,25	Cumple
8	944,160	40	23,604	4,858	4,858	25,00	1,25	31,25	Cumple
9	944,160	40	23,604	4,858	4,858	25,00	1,25	31,25	Cumple
10	538,475	40	13,462	3,669	3,669	25,00	1,25	31,25	Cumple

- **BARBASQUILLO**

Loza de cimentación

Para este escenario, se utiliza la capacidad portante del suelo del sector " Barbasquillo ". La carga total de la edificación es la misma, pero la menor resistencia del suelo exige un área de cimentación mayor.

1. Datos Iniciales:

- **Carga Total de la estructura (ΣF):** 2965.269 Toneladas.
- **Capacidad Portante Admisible del Suelo (q_{adm}):** 21 Ton/m² (correspondiente al suelo de " Barbasquillo ").
- **Área Total en Planta del Edificio:** 299 m².

2. **Aplicación de la Fórmula:** Se emplea la misma fórmula para determinar el área de cimentación teórica.

$$Arequerida = \frac{\Sigma F}{q_{adm}}$$

3. Cálculo del Área Requerida:

$$Arequerida = \frac{2965.269 \text{ Ton}}{21 \text{ Ton/m}^2} = 141 \text{ m}^2$$

4. **Verificación del Tipo de Cimentación:** Se realiza la misma comparación porcentual para determinar la solución más eficiente.

$$\%Area = \frac{Arequerida}{Atotal} \times 100$$

$$\%Area = \frac{141 \text{ m}^2}{299 \text{ m}^2} \times 100 = 47\%$$

Conclusión: El área de cimentación requerida es del 47%, pero tomando en cuenta un factor de seguridad podríamos decir que nuestra área puede ser del 50%. Por lo tanto, para el suelo de Barbasquillo, la solución más adecuada es una losa de cimentación, ya que distribuye la carga de manera más uniforme sobre una superficie mayor.

Tabla 28. Losa de cimentación

	Fuerza	Q_{adm}	A_{teórica}	a	b	a	b	A_{real}	Verificación
Columna	Tonf	Ton/m ²	m ²	m	m	m	m	m ²	A _{teórica} <A _{real}
1	59,544	21	2,835	1,684	1,684	1,50	2,00	3	Cumple
2	111,413	21	5,305	2,303	2,303	2,25	2,50	5,625	Cumple
3	111,413	21	5,305	2,303	2,303	2,25	2,50	5,625	Cumple
4	59,544	21	2,835	1,684	1,684	1,50	2,00	3	Cumple
5	102,401	21	4,876	2,208	2,208	2,25	2,25	5,0625	Cumple
6	196,670	21	9,365	3,060	3,060	3,00	3,25	9,75	Cumple
7	196,670	21	9,365	3,060	3,060	3,00	3,25	9,75	Cumple
8	102,401	21	4,876	2,208	2,208	2,25	2,25	5,0625	Cumple
9	107,292	21	5,109	2,260	2,260	2,25	2,50	5,625	Cumple
10	163,997	21	7,809	2,795	2,795	2,75	3,00	8,25	Cumple
11	163,997	21	7,809	2,795	2,795	2,75	3,00	8,25	Cumple
12	107,292	21	5,109	2,260	2,260	2,25	2,50	5,625	Cumple
13	107,292	21	5,109	2,260	2,260	2,25	2,50	5,625	Cumple
14	163,997	21	7,809	2,795	2,795	2,75	3,00	8,25	Cumple
15	163,997	21	7,809	2,795	2,795	2,75	3,00	8,25	Cumple
16	107,292	21	5,109	2,260	2,260	2,25	2,50	5,625	Cumple
17	102,401	21	4,876	2,208	2,208	2,25	2,25	5,0625	Cumple
18	196,670	21	9,365	3,060	3,060	3,00	3,25	9,75	Cumple
19	196,670	21	9,365	3,060	3,060	3,00	3,25	9,75	Cumple
20	102,401	21	4,876	2,208	2,208	2,25	2,25	5,0625	Cumple
21	59,544	21	2,835	1,684	1,684	1,50	2,00	3	Cumple
22	111,413	21	5,305	2,303	2,303	2,25	2,50	5,625	Cumple
23	111,413	21	5,305	2,303	2,303	2,25	2,50	5,625	Cumple
24	59,544	21	2,835	1,684	1,684	1,50	2,00	3	Cumple

- **TARQUI**

Para la zona de Tarqui el SPT recomendó Pilotes por lo cual se realizaron cálculos de eficiencia y una nueva longitud de pilote.

Para el cálculo de pilote por fricción se toma en cuenta la longitud del pilote para el cálculo del N_{60} , diferencia al cálculo por punta se toma 4 veces su diámetro hacia abajo y 10 veces su diámetro hacia arriba del pilote para así encontrar el N_{60} ideal.

Cálculo de Capacidad de Carga del Pilote (Método SPT)

A continuación, se detalla el cálculo para determinar la capacidad de carga última (Q_u) de un solo pilote en el suelo de Tarqui, utilizando las fórmulas basadas en los resultados del Ensayo de Penetración Estándar (SPT). La capacidad última se compone de la resistencia por punta (Q_p) y la resistencia por fricción lateral (Q_s).

Fórmulas Generales:

- Capacidad de Carga Última:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

- * Capacidad de Carga Admisibles:

$$Q_{adm} = \frac{Q_u}{FS}$$

Datos Generales del Pilote:

- **Tipo:** Pilote cuadrado
- **Dimensiones (D):** 0.40 m x 0.40 m
- **Longitud (L):** 10 m
- **Área de la punta (Ap.):** 0.4 m×0.4 m=0.16 m²
- **Perímetro (P):** 4×0.4 m=1.6 m
- **Factor de Seguridad (FS):** 4
- **Presión atmosférica (pa):** 100 kPa

1. Cálculo de la Capacidad de Carga por Punta (Qp)

La resistencia por punta se calcula como el área de la punta multiplicada por la resistencia unitaria (qp), la cual está limitada por un valor máximo, para el promedio del N₆₀ se escoge los valores de cuatro veces el diámetro del pilote hacia arriba y dos veces el diámetro hacia abajo en valores del Spt para el promediarlos.

Tabla 29. SPT Calculo de N₆₀ promedio

Profundidad	Golpes
1	0
2	6
3	13
4	17
5	16
6	15
7	19

8	20
9	25
10	25
11	29
12	39
13	45
14	59
15	62

$$N_{60} = \frac{15 + 19 + 20 + 25 + 25 + 29 + 39}{7}$$

$$N_{60} = 24.57 \approx 25 \text{ Golpes}$$

- **Fórmula:**

$$Q_p = A_p(q_p) = A_p \left[0.4 p_a N_{60} \left(\frac{L}{D} \right) \right] \leq A_p (4 p_a N_{60})$$

Datos para el cálculo de punta:

- **Valor N60 (en la punta): 25**

Paso 1: Calcular el valor principal y el valor límite de qp.

- **Valor principal:**

$$Q_p = 0.16 \text{ m}^2 \left[0.4 \times 100 \text{ kPa} \times 25 \times \frac{12 \text{ m}}{0.4 \text{ m}} \right] = 0.16 \text{ m}^2 [25000 \text{ kPa}] = 4000 \text{ kN}$$

- **Valor límite:**

$$Qp(max) = 0.16 m^2[4 \times 100 kPa \times 25] = 0.16 m^2[10000 kPa] = 1600 kN$$

Paso 2: Seleccionar el valor final de Qp. Se elige el menor de los dos valores calculados.

$$Qp = 1600 kN$$

2. Cálculo de la Capacidad de Carga por Fricción (Qs)

La resistencia por fricción lateral depende de la fricción unitaria promedio a lo largo del fuste del pilote, para el cálculo del N_{60} para fricción se toma en cuenta la longitud del pilote para el promedio de los golpes.

Tabla 30. *SPT Calculo de N_{60} promedio*

Profundidad	Golpes
1	0
2	6
3	13
4	17
5	16
6	15
7	19
8	20
9	25
10	25
11	29
12	39
13	45
14	59
15	62

$$N_{60} = \frac{6 + 13 + 17 + 16 + 15 + 19 + 20 + 25 + 25}{9}$$

$$N_{60} = 17.33 \approx 17 \text{ Golpes}$$

- **Fórmulas:**

$$Q_s = f_{prom} PL$$

$$f_{prom} = 0.02 p_2 (N_{60})$$

Datos para el cálculo de fricción:

- **Valor N60 (promedio en el fuste): 17**

Paso 1: Calcular la fricción unitaria promedio (f_{prom}).

$$f_{prom} = 0.02 \times 100 \text{ kPa} \times 17 = 34 \text{ kPa}$$

Paso 2: Calcular la resistencia total por fricción (Q_s).

$$Q_s = 34 \text{ kPa} \times 1.6 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 544 \text{ kN}$$

3. Cálculo de la Capacidad de Carga Última (Q_u) y Admisible (Q_{adm})

- **Paso 1: Sumar las resistencias para obtener la capacidad última (Q_u).**

$$Q_u = Q_p + Q_s = 1600 \text{ kN} + 544 \text{ kN} = 2144 \text{ kN}$$

- **Paso 2: Aplicar el Factor de Seguridad (FS) para obtener la capacidad admisible (Q_{adm}).**

$$Q_{adm} = \frac{Q_u}{FS} = \frac{2144 \text{ kN}}{4} = 536 \text{ kN}$$

Convirtiendo a toneladas:

$$Q_{adm} = 536 \text{ kN} \times \frac{1 \text{ Tonf}}{9.81 \text{ kN}} \approx 54.64 \text{ Tonf}$$

La capacidad de carga admisible para un solo pilote es de **54.64 toneladas**.

Para tomar en cuenta cuantos pilotes necesitamos en llegar a la eficiencia del 100% necesitamos corroborarlo con la formula Converse-Labarre

$$\eta = 1 - \left[\frac{(n_1 - 1)n_2 + (n_2 - 1)n_1}{90n_1n_2} \right] \theta$$

A continuación, se muestra el desglose del cálculo utilizando los valores de la Tabla 27

1. Identificar las variables

En primer lugar, definimos las variables en función de los datos proporcionados para la disposición del grupo de pilotes.:

- n1 (pilas a lo ancho): **25**
- n2(pilas a lo largo): **15**
- D (diámetro del pilote): **0,4 m**
- d (distancia o espaciamiento entre pilotes): **1,6 m**

2. Calcula el ángulo (en grados)

El ángulo θ Representa la influencia de un pilote sobre otro y se calcula en función del diámetro y el espaciamiento de los pilotes.

$$\theta = \arctan\left(\frac{D}{d}\right)$$

Sustituyendo los valores:

$$\theta = \arctan\left(\frac{0.4}{1.6}\right) = \arctan(0,25)$$

$$\theta \approx 14.036^\circ$$

3. Sustituir valores en el numerador

A continuación, resolvemos la parte del numerador de la fracción:

$$(n_1 - 1)n_2 + (n_2 - 1)n_1.$$

$$\text{Numerador} = (25 - 1) \times 15 + (15 - 1) \times 25$$

$$\text{Numerador} = (24 \times 15) + (14 \times 25)$$

$$\text{Numerador} = 360 + 350 = 710$$

4. Sustituir valores en el denominador

Ahora, resolvemos el denominador: $90 n_1 n_2$.

$$\text{Denominador} = 90 \times 25 \times 15$$

$$\text{Denominador} = 33,750$$

5. Calcule la eficiencia final (n)

Finalmente, ensamblamos todas las partes en la fórmula completa para encontrar la eficiencia. n.

$$n = 1 - \left[\frac{710}{33,750} \right] \times 14.036$$

$$n = 1 - [0.021037] \times 14.036$$

$$n = 1 - 0,29528$$

$$n \approx 0.70471$$

Cuando se convierte a un porcentaje, la eficiencia del grupo de pilotes es aproximadamente **70%**, lo que confirma el resultado mostrado en su documento de investigación. Esto significa que cada pila del grupo solo puede soportar alrededor del 70% de su capacidad individual debido a los efectos del grupo.

Tabla 31. Eficiencia

Eficiencia		
Ancho	n1	25
Largo	n2	15
Diámetro	D	0,4
Distancia	d	1,6
Angulo	14,0362435	
n	0,70471903	70%

Tabla 32. Resultados de los Pilotes

	Fuerza	Q_{adm}	A_{teorica}		a
Columna	Tonf	Ton	Unidad	Unidad*Eficiencia	m
1	59,544	55	1,089	1,546	2,000
2	111,413	55	2,038	2,892	3,000
3	111,413	55	2,038	2,892	3,000
4	59,544	55	1,089	1,546	2,000
5	102,401	55	1,874	2,659	3,000
6	196,670	55	3,598	5,106	5,000
7	196,670	55	3,598	5,106	5,000
8	102,401	55	1,874	2,659	3,000
9	107,292	55	1,963	2,786	3,000
10	163,997	55	3,000	4,258	4,000
11	163,997	55	3,000	4,258	4,000
12	107,292	55	1,963	2,786	3,000
13	107,292	55	1,963	2,786	3,000
14	163,997	55	3,000	4,258	4,000
15	163,997	55	3,000	4,258	4,000
16	107,292	55	1,963	2,786	3,000
17	102,401	55	1,874	2,659	3,000
18	196,670	55	3,598	5,106	5,000
19	196,670	55	3,598	5,106	5,000
20	102,401	55	1,874	2,659	3,000
21	59,544	55	1,089	1,546	2,000
22	111,413	55	2,038	2,892	3,000
23	111,413	55	2,038	2,892	3,000
24	59,544	55	1,089	1,546	2,000

La sumatoria total de fuerza es de 2966 toneladas en los cuales dan como resultado 54 pilotes, por otro lado, al tener una eficiencia del 70% faltaría completar con 876 toneladas para llegar al 100% final. Por ello se agrega un 30% para de esta forma tener el número de pilotes final de 70, sin

embargo, el número de pilotes completos en la tabla será de 80 pilotes y de esta forma poder llegar a una carga de 4373 toneladas.

Tabla 33. Pilotes

70%	2965 toneladas	54 pilotes	80 pilotes
30%	875,6 toneladas		
100%	3841 toneladas	70 pilotes	4373 toneladas

Resultado Final

El análisis comparativo de las cimentaciones para la edificación de 6 plantas en tres sectores distintos de Manta arroja las siguientes soluciones como las más eficientes técnica y económicamente para cada tipo de suelo:

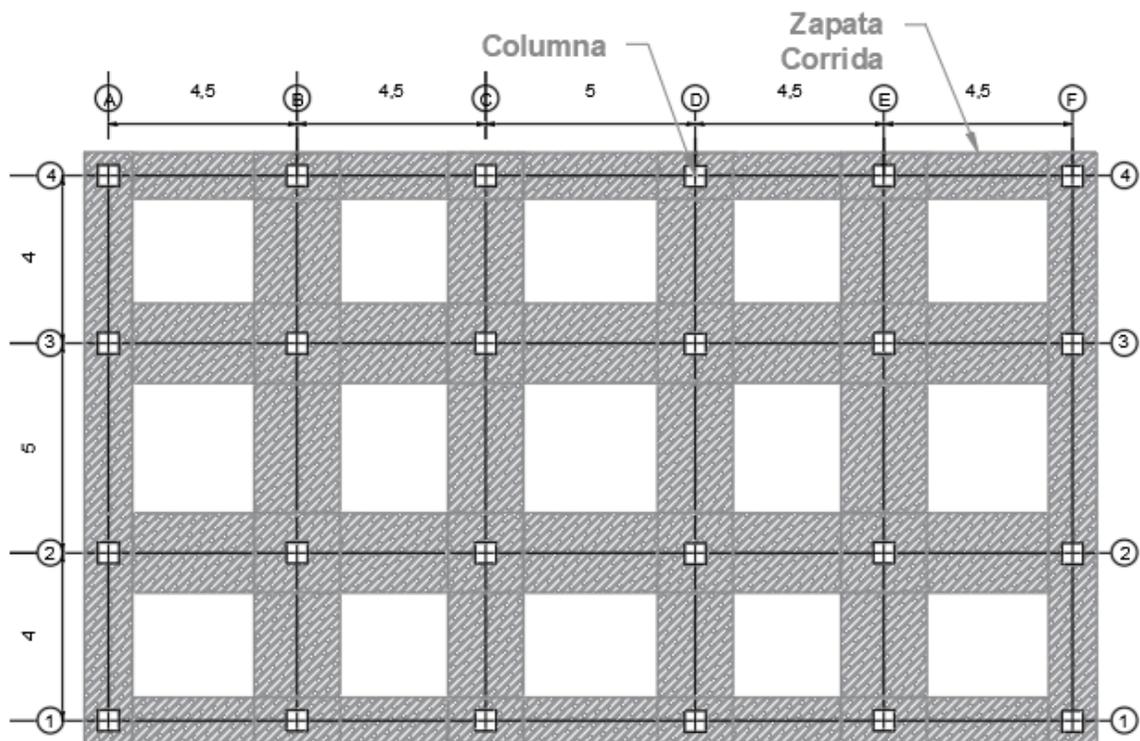
- **Sector "Ciudad del Mar":** Para este emplazamiento, caracterizado por un perfil de suelo de roca sedimentaria dura (lutita limosa) con una alta capacidad portante de 40 T/m^2 , la solución de diseño más adecuada es un sistema de zapatas corridas. El cálculo demostró que el área de cimentación necesaria correspondía al 25% del área total de la edificación, un porcentaje que hace de las zapatas una opción viable y eficiente sin necesidad de recurrir a una losa completa.
- **Sector Barbasquillo:** Debido a las condiciones del suelo, compuesto por arena limosa y arcilla de baja plasticidad con una capacidad portante intermedia de 21 T/m^2 , se determinó la necesidad de una losa de cimentación. El área de cimentación requerida para soportar las cargas de la estructura es del 50% del área total del edificio, haciendo de la losa la alternativa óptima para distribuir uniformemente las cargas y controlar posibles asentamientos.
- **Sector Tarqui:** Las complejas condiciones geotécnicas de esta zona, que incluyen un perfil de arena suelta de graduación pobre y un nivel freático elevado a -1.70 metros, hicieron inviable el uso de cimentaciones superficiales. La solución técnica requerida fue una cimentación profunda mediante pilotes de 10 metros de longitud. Se calculó la necesidad

de 80 pilotes para transferir las cargas de la edificación de manera segura a los estratos más firmes y competentes del subsuelo.

Cimentaciones

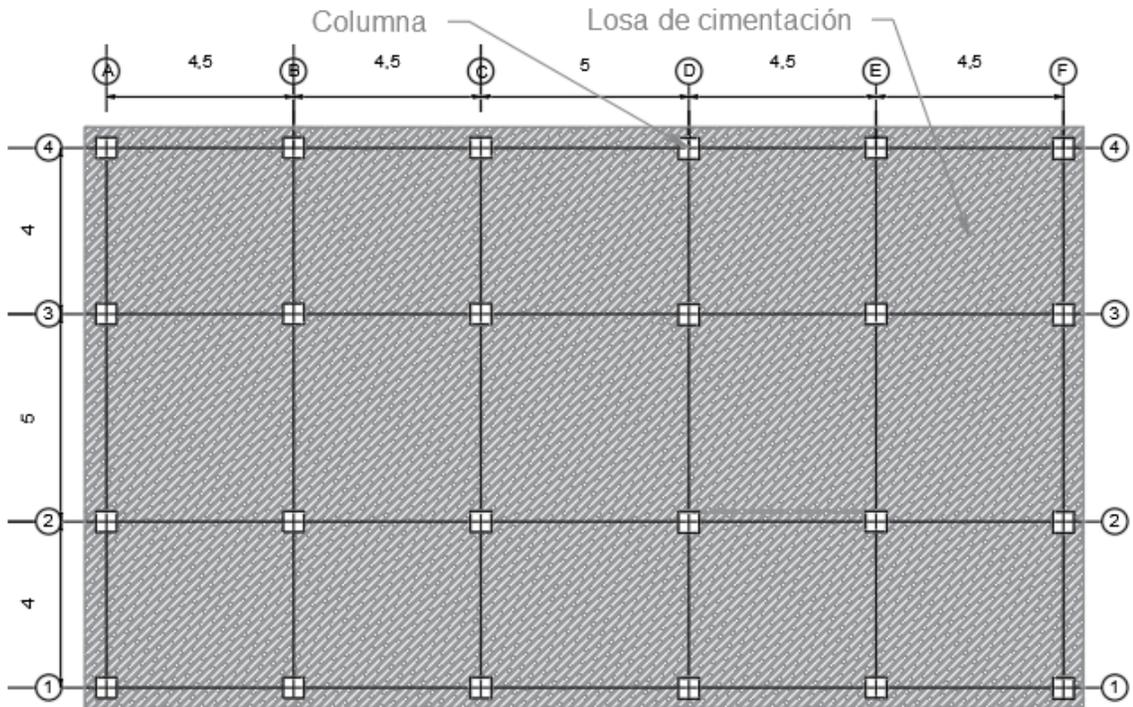
Zapata corrida

Figura 12. *Cimentaciones Zapatas corridas*



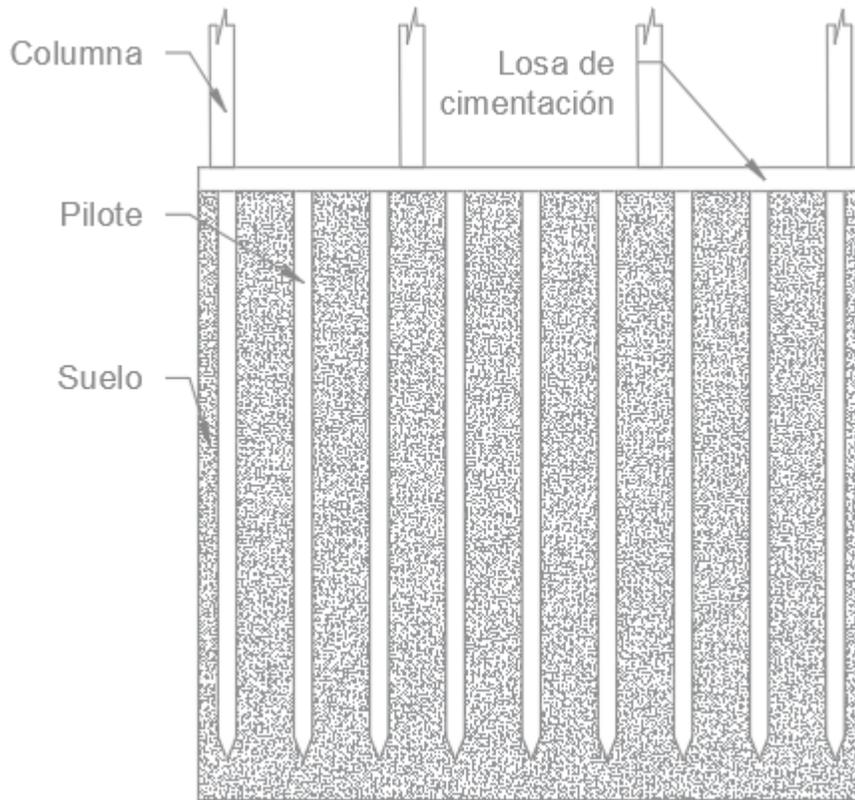
Losas de cimentación

Figura 13. Losa de cimentación



Pilotes

Figura 14. *Pilotes*



CONCLUSIONES

En cumplimiento del primer objetivo, se realizó la caracterización geotécnica de tres zonas representativas de Manta, revelando una notable diversidad en los perfiles de suelo. En el sector de Tarqui, se identificó un perfil predominantemente de arena de graduación pobre y arcilla arenosa con compacidad floja y un nivel freático alto a -1.70 metros. En la urbanización "Ciudad del Mar", el suelo se compone de una roca sedimentaria tipo lutita limosa de consistencia dura, clasificándose como un perfil de suelo duro con una alta capacidad portante de 40 T/m². Finalmente se encontró un perfil de arena limosa y arcilla de baja plasticidad sobre una lutita limosa, con una capacidad portante menor, de 21 T/m².

Para cumplir con el segundo objetivo, se diseñó una edificación de 6 niveles con un sistema estructural de pórticos resistentes a momento, utilizando hormigón de 240 kgf/cm² y acero de 4200 kgf/cm². El análisis estructural, realizado con el software ETABS, validó el diseño al cumplir con las derivas inelásticas máximas del 1.33% en X y 1.38% en Y, valores inferiores al 2% permitido por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). Con las cargas obtenidas, se procedió a diseñar la cimentación para cada tipo de suelo.

Como tercer objetivo, para el suelo de "Ciudad del Mar", se determinó que la solución adecuada son las zapatas corridas. En el suelo de "Barbasquillo", con menor capacidad portante, la solución fue una losa de cimentación para distribuir uniformemente las cargas. En Tarqui, debido a la baja compacidad y el nivel freático, la única solución viable fue pilotes de 10 metros de longitud.

Con base en el cuarto objetivo, se efectuó un análisis comparativo técnico que demuestra cómo la variación de las propiedades del suelo en Manta incide directamente en la selección y dimensionamiento de la cimentación para una misma edificación. El estudio confirma que no existe una solución de cimentación única. En el suelo rocoso de "Ciudad del Mar" ($q_a = 40 \text{ T/m}^2$), fue posible emplear zapatas corridas, una solución convencional. En el suelo de "Barbasquillo", la capacidad portante intermedia ($q_a = 21 \text{ T/m}^2$) obligó al uso de una losa de cimentación para controlar los asentamientos. En contraste, el suelo de Tarqui ($q_a = 55 \text{ T}$, pero con baja compacidad y nivel freático alto) requirió una cimentación profunda con 80 pilotes para transferir las cargas a estratos más competentes, siendo esta la solución técnicamente más compleja y de mayor magnitud en cuanto a volumen de obra.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar siempre una caracterización geotécnica exhaustiva mediante ensayos de campo y laboratorio antes de iniciar cualquier proyecto de edificación en la ciudad de Manta, dada la heterogeneidad de los perfiles de suelo encontrada. Poner especial atención en la identificación del nivel freático y en la consistencia de los estratos superficiales, ya que estos factores fueron determinantes para descartar cimentaciones superficiales en zonas como Tarqui.

Es recomendable utilizar herramientas de software especializadas para el análisis y diseño estructural, como ETABS, y verificar siempre que los resultados, como las derivas de piso, cumplan con los límites estipulados en la normativa vigente, como la NEC-15. Asimismo, se debe realizar un metrado de cargas manual para corroborar las reacciones obtenidas en el software, asegurando así la precisión de las cargas que se transmitirán a la cimentación.

Para futuros proyectos de ingeniería en la región, se recomienda extender el análisis comparativo para incluir un estudio económico detallado de las cantidades de obra de cada solución de cimentación. Esto permitirá no solo determinar la viabilidad técnica, sino también la eficiencia económica, ofreciendo al inversor una visión completa para la toma de decisiones y optimizando la relación costo-beneficio del sistema de cimentación seleccionado para las condiciones específicas del suelo.

REFERENCIAS

- Baena, G. (2014). *Metodología de la investigación*. Grupo Editorial Patria. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=6aCEBgAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Cacho-Perez, M., Frechilla, N., & Lorenzana, A. (2017). Estimación de las masas modales de una estructura en servicio mediante transformación en el espacio de estados. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0213131516300074>
- Cerna, M. (2025). *Evaluación de la interacción del suelo-estructura de cimentaciones superficiales para una edificación en la ciudad de Guayaquil*. Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/30293/1/UPS-GT006294.pdf>
- CONGEOTEC S.A. (2016). *Estudio de Mecánica de Suelos*. Obtenido de TESIS/TESIS%20NUEVAS/TESIS%20-%20ULEAM/ING.%20CIVIL%20-%20TESIS%20-%20PAUL%20ERAZO/INFORME%20CENTRO%20TOHALLI_TARQUI.pdf
- Das, B. (2012). Capítulo 11: Cimentaciones con pilotes. En *Fundamentos de Ingeniería de cimentaciones* (pág. 568). Obtenido de [INetCache/IE/JIYMAAS1/Fundamentos_de_ingeniería_de_cimentaciones,_7ma_Edición_-_Braja_M._Das_\[www.libreriaingeniero.com\]\[1\].pdf](INetCache/IE/JIYMAAS1/Fundamentos_de_ingeniería_de_cimentaciones,_7ma_Edición_-_Braja_M._Das_[www.libreriaingeniero.com][1].pdf)

- Domínguez, D., Rodríguez, A., Pino, J., & Orejuela, I. (2024). Diseño Eficiente de Cimentaciones en Suelos Friccionales y Cohesivos mediante Métodos Metaheurísticos. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 17(11), 214-232. Obtenido de <https://publicaciones.uci.cu/index.php/serie/article/view/1772/1411>
- Espinoza, O., & Pérez, I. (2015). *Análisis comparativo técnico-económico para 2 tipos de cimentaciones de una edificación de concreto armado de 6 pisos en las ciudades de Trujillo, Chiclayo y Lima*. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. McGRAW-HILL. Obtenido de <https://www.smujerescoahuila.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>
- López, K., Pino, J., Domínguez, D., & Orejuela, I. (2024). Optimización de cimentaciones rectangulares aisladas: un enfoque para la reducción de costos e impacto ambiental. *Revista Científica SAPIENTIAE*, 8(16). Obtenido de <https://publicacionescd.uleam.edu.ec/index.php/sapientiae/article/view/965/1875>
- Maldonado, C. (2016). *Estudio comparativo de los indicadores de Calidad del Suelo en la Urbanización de Challuabamba y Panamericana Norte Km.12*. Universidad Católica de Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ucacue.edu.ec/items/1a3ea776-a998-4de7-b78f-e20dd98a044c>

- Morales, H., Ramirez, W., Guerrero, M., Morales, A., & Morales, S. (2024). Estudio del Comportamiento Sísmico de la Interacción Suelo-Cimentación en una Estructura de Acero-Parte 1. *Ciencia Latina* , 8(6). doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15293
- Moreno, G. (2024). *Análisis de la calidad del suelo para determinar el tipo de cimentaciones en viviendas para el sector Terra Nostra del cantón Jaramijó*. UNESUM. Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/7768/1/Moreno%20Mera%20Galo%20Stalin.pdf>
- NEC. (2015). *Norma Ecuatoriana Construcción 2015*. Obtenido de <https://construccionesece.wordpress.com/norma-ecuatoriana-construccion-2015norma-ecuatoriana-construccion-2015/>
- Ortiz, K., & Viracucha, J. (2025). *Análisis de la capacidad de carga última del suelo para cimentaciones superficiales mediante métodos analíticos y elementos finitos*. Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/29675/1/TTS2141.pdf>
- Ramos, C. (2015). *Los Paradigmas de la investigación científica*. Av.psicol. Obtenido de https://www.unife.edu.pe/publicaciones/revistas/psicologia/2015_1/Carlos_Ramos.pdf
- Sabando, J. (2024). *Análisis de la calidad del suelo para determinar el tipo de cimentaciones para viviendas en el sector El Prado del cantón Montecristi en la provincia de Manabí*. UNESUM. Obtenido de

<https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/7744/1/Sabando%20%c3%81lava%20Jhon%20Steven.pdf>