



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA

**DISEÑO ESTRUCTURAL PARA UNA EDIFICACIÓN DE 4
NIVELES DE HORMIGÓN ARMADO APLICANDO METODOLOGÍA
BIM**

TUTOR

MGTR. JULY ROXANA HERRERA VALENCIA

AUTORES

AMBAR ELIZABETH TOAPANTA ORBEA

ERICK GERMÁNICO TROYA MIRANDA

GUAYAQUIL

2022

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

Título Y Subtítulo:

Diseño estructural para una edificación de 4 Niveles de Hormigón Armado Aplicando Metodología BIM.

AUTOR/ES:

Ambar Elizabeth Toapanta Orbea
Erick Germánico Troya Miranda

REVISORES O TUTORES:

Mgtr. July Roxana Herrera Valencia.

INSTITUCIÓN:

Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil

GRADO OBTENIDO:

Ingeniero Civil

FACULTAD:

Facultad de Ingeniería Industria Y
Construcción

CARRERA:

Ingeniería Civil

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2022

N. DE PAGS:

130 pags.

ÁREAS TEMÁTICAS: Ingeniería Industria y Construcción.

PALABRAS CLAVE: Estructuras, hormigón armado, análisis, BIM, Revit, Etabs, software.

RESUMEN:

El nuevo uso de metodologías y herramientas BIM (Building Information Modeling) en Ecuador generar nuevas alternativas de diseñar, planear, ejecutar y operar proyectos de construcción civiles. El uso de esta metodología se asienta en un plan piloto el cual tiene lugar el proyecto constructivo en la ciudad de Guayaquil. El presente proyecto está basado en un trabajo de investigación que involucró la implementación de una metodología BIM al proceso constructivo de una edificación de 4 niveles en estructura de hormigón armado,

con el fin de demostrar resultados de modelación, la documentación de obra y el presupuesto median la interpolación de los softwares BIM.		
N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES: Toapanta Orbea Ambar Elizabeth Troya Miranda Erick Germánico	Teléfono: 0982707147 0993847027	E-mail: atoapantao@ulvr.edu.ec etroyam@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	<p>Mgtr. Ing. Milton Gabriel Andrade Laborde Sub- decano de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción Teléfono: 259-6500 Ext. 260 E-mail: mandradel@ulvr.edu.ec</p> <p>Mgtr. María Eugenia Dueñas Barberán Sub- decano de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción Teléfono: 259-6500 Ext. 209 E-mail: mduñasb@ulvr.edu.ec</p>	

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD ACADÉMICA

17/7/22, 20:16

Turnitin

Visualizador de documentos

Turnitin Informe de Originalidad

Procesado el: 12-jul.-2022 10:51 -05

Identificador: 1869676729

Número de palabras: 18476

Entregado: 1

DISEÑO ESTRUCTURAL PARA UNA
EDIFICACIÓN DE 4 ... Por Ambar Y Erick
Toapanta Y Troya

Índice de similitud

4%

Similitud según fuente

Internet Sources:	4%
Publicaciones:	1%
Trabajos del estudiante:	0%

[excluir citas](#) [Excluir bibliografía](#) [excluir las coincidencias menores](#) modo:
 [imprimir](#) [actualizar](#) [descargar](#)

1% match (Internet desde 04-jun.-2022)
https://593dp.com/index.php/593_Digital_Publisher/article/view/1134

<1% match (Internet desde 14-jun.-2022)
https://593dp.com/index.php/593_Digital_Publisher/article/view/1032?articlesBySameAuthorPage=1

<1% match (Internet desde 20-jun.-2022)
<http://repositorio.ulasamericas.edu.pe>

<1% match (Internet desde 05-abr.-2022)
<http://repositorio.ulasamericas.edu.pe>

<1% match (Internet desde 23-mar.-2022)
<http://repositorio.ulasamericas.edu.pe>

<1% match (Internet desde 05-abr.-2022)
<http://repositorio.ulasamericas.edu.pe>

<1% match (Internet desde 23-mar.-2022)
<http://repositorio.ulasamericas.edu.pe>

<1% match (Internet desde 13-jun.-2022)
<http://repositorio.ulasamericas.edu.pe>

<1% match (Internet desde 17-abr.-2022)
<https://Repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79163?show=full>

<1% match (Internet desde 06-mar.-2022)
<http://raduconstantinescu.ase.ro>



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados AMBAR ELIZABETH TOAPANTA ORBEA y ERICK Y GERMÁNICO TROYA MIRANDA, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, Diseño Estructural para una Edificación de 4 Niveles de Hormigón Armado Aplicando Metodología BIM, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autores:

Firma:



AMBAR ELIZABETH TOAPANTA ORBEA

C.I. 0924565898

Firma:



ERICK Y GERMÁNICO TROYA MIRANDA

C.I. 0250063047

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación Diseño Estructural para una Edificación de 4 Niveles de Hormigón Armado Aplicando Metodología BIM., designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Facultad De Ingeniería Industria Y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: Diseño Estructural para una Edificación de cuatro Niveles de Hormigón Armado Aplicando Metodología BIM, presentado por los estudiantes AMBAR ELIZABETH TOAPANTA ORBEA y ERICK Y GERMÁNICO TROYA MIRANDA como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



MGRT. JULY ROXANA HERRERA VALENCIA

C.I: 0916201569

AGRADECIMIENTO

Quiero empezar por agradecerle a Dios por darme la sabiduría y fortaleza de luchar por mis sueños.

A nuestra tutora Mgst. July Herrera por confiar en mí y por su paciencia y disposición durante todos estos años de la carrera. Por compartir sus conocimientos con nosotros y ser parte de inspiración para este proyecto.

A mi compañero de tesis Erick, gracias por demostrar ser un amigo incondicional durante estos cinco años de la carrera.

A mis padres y hermanas que siempre estuvieron pendientes de los avances y logros que he tenido.

Gracias totales a amigos, colegas y docentes que aportaron parte de sus conocimientos para la realización de este proyecto.

Ambar Elizabeth Toapanta Orbea

AGRADECIMIENTO

Agradezco a cada persona especial en mi vida, quienes me han apoyado al inicio y final durante toda esta carrera universitaria.

A mi abuelita Sara Piedad Viscarra Viscarra, por ser la persona que siempre me da demostrada la importancia de aprender cosas nuevas siempre.

A mi padre Freddy Isafas Troya Viscarra, por apoyarme siempre en cada decisión que tomo en esta vida para poder hacer un mundo mejor.

A mi madre Maga Esther Miranda Balanzategui, por creer en mi en mis momentos más difíciles a lo largo de esta etapa.

A mi amiga Ambar, por ser la mejor acompañante en todo este trayecto de vida universitaria.

Agradezco a mi tutora de tesis la Ing. July Herrera, por siempre motivarnos a continuar esta carrera universidad.

Finalmente quiero dar las gracias a profesionales, docentes, amigos colegas, familiares y amigos, y que contribuyeron de una u otra manera en ser parte de este proyecto.

Erick Germánico Troya Miranda

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a mis padres, el Lcdo. Neris Toapanta y la Lcda. Norma Orbea que fueron pilares fundamentales para lograr cada una de mis metas. Y a mis hermanas la Arq. Lizbeth Toapanta y la Dra. Lisseth Toapanta que gracias a sus palabras de aliento hicieron que cada día dé lo mejor de mi tanto en el ámbito académico como en el laboral.

Ambar Elizabeth Toapanta Orbea

Lleno de amor y cariño dedico este proyecto a mi abuelita Sara Piedad Viscarra Viscarra, quien estuvo presente en cada momento importante de mi vida, bendiciéndome y brindándome su apoyo incondicional.

Erick Germánico Troya Miranda

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I.....	2
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Tema	2
1.2. Planteamiento del Problema.....	2
1.3. Formulación del Problema	3
1.4. Objetivo General.....	3
1.5. Objetivos Específicos.....	3
1.6. Hipótesis.....	3
1.7. Línea de Investigación Institucional/Facultad.....	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes.....	5
2.1.1 BIM en Europa.	5
2.1.2 BIM en Ecuador	6
2.2 Marco referencial	6
2.2.1 BIM.....	6
2.2.2 Flujo de Trabajo BIM.	7
2.2.3 Fase de Diseño.....	8
2.2.4 Fase de Aprobación.	9
2.2.5 Fase de Ejecución	10
2.2.6 Libro de Estilos	10
2.2.7 BIM Execution Plan (BEP).....	10
2.2.8 Dimensiones BIM en el Proyecto.....	11

2.2.9	Conceptualización de Revit.....	15
2.2.10	Plan de Gestión BIM en Proyectos de Mantenimiento y Operación.....	16
2.2.11	Tipos de Software.....	17
2.2.12	Plan de Gestión BIM en Proyectos Estructurales.....	21
2.2.13	Peligro Sísmico.....	21
2.2.14	Vulnerabilidad Sísmica.....	22
2.2.15	Origen de los Terremotos.....	22
2.2.16	Terremotos en Ecuador.....	22
2.2.17	Sismos.....	23
2.2.18	Tipos de Sistemas Estructurales.....	23
2.2.19	Muros Estructurales.....	25
2.2.20	Sistema Dual.....	25
2.2.21	Definiciones.....	26
MARCO LEGAL.....		30
2.3	Registro Oficial No.449, 20 de octubre del 2008.....	30
2.3.1	Sección Segunda.....	30
2.4	Norma Ecuatoriana de la Construcción.....	31
2.4.1	Estructuras de Hormigón Armado.....	31
2.4.2	Cargas (no sísmicas).....	31
2.4.3	Cargas Sísmicas: Diseño Sismo Resistente.....	31
2.4.4	Geotecnia y Diseño de Cimentaciones.....	32
2.4.5	Estructuras de Hormigón Armado.....	32
2.4.6	Estructuras de Mampostería Estructural.....	32
2.5	Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente.....	32
2.5.1	TÍTULO B — Cargas.....	32

CAPÍTULO III.....	34
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	34
3.1. Enfoque de la Investigación	34
3.2. Alcance de la Investigación.....	34
3.3. Técnica e Instrumentos para Obtener los Datos:.....	34
3.3.1. Observación.....	35
3.3.2. Encuesta	35
3.4. Presentación y Análisis de Resultados.....	35
3.4.1. Especificaciones Técnicas de Materiales	36
3.4.2. Evaluación de Cargas Estructurales.....	37
3.4.3. Zona Sísmica	43
3.4.4. Perfil de Suelo	45
3.4.5. Desarrollo y Aplicación de softwares colaborativos	49
3.5. Análisis de resultados del Formato de Encuestas	88
3.6. Propuesta	96
CONCLUSIONES.....	97
RECOMENDACIONES.....	98
BIBLIOGRAFÍA.....	99
ANEXOS	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Línea de investigación de FIIC.....	4
Tabla 2. Comparativa entre el CAD Tradicional y el BIM.....	12
Tabla 3. Tipos de Software.	17
Tabla 4. Técnicas e Instrumentos a utilizar.....	34
Tabla 5. Normas y códigos de diseño.	35
Tabla 6. Propiedades mecánicas de los materiales.	36
Tabla 7. Pesos específicos de los materiales.	36
Tabla 8. Peso paredes (NEC).	37
Tabla 9. Peso paredes (NEC).	38
Tabla 10. Peso paredes (NSR).....	39
Tabla 11. Peso paredes (NSR).....	40
Tabla 12. Peso del piso.	41
Tabla 13. Carga muerta Subsuelo.....	42
Tabla 14. Carga muerta Planta baja.....	42
Tabla 15. Carga muerta Planta Alta.....	43
Tabla 16. Carga muerta Cubierta.....	43
Tabla 17. Factores Z en función de la zona sísmica adoptada.	44
Tabla 18. Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipo C, D, E según NEC-15.....	45
Tabla 19. Definición de las cargas gravitacionales.	51
Tabla 20. Cuantificación del peso sísmico.....	59
Tabla 21. Períodos y masas participativas.	62
Tabla 22. Fuerzas sismo- dinámicas.	64
Tabla 23. Deriva máxima según la NEC-2015.....	65
Tabla 24. Control de derivas en la dirección del eje X.....	66
Tabla 25. Control de derivas en la dirección del eje Y.....	66
Tabla 26. Resultados del rango de edades.	88
Tabla 27. Aplicación de metodología convencional.....	89
Tabla 28. Programas aplicados a proyecto de obra civil.	90
Tabla 29. Conocimiento de métodos colaborativos.....	91

Tabla 30. Mejoramiento de tiempo fase de diseño estructural.....	91
Tabla 31. Programas para el diseño estructural.....	92
Tabla 32. Programas para la planificación del cronograma de obra.	93
Tabla 33. Importancia de la implantación del BIM.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño de un proyecto.	8
Figura 2. Línea para la aprobación de un proyecto.	9
Figura 3. Actividades para realización de un presupuesto referencial.	9
Figura 4. Diagrama del proceso constructivo de una obra civil.....	10
Figura 5. 2D – BIM.	11
Figura 6. 3D - BIM.....	13
Figura 7. 4D - BIM.....	14
Figura 8. BIM y sus dimensiones.....	15
Figura 9. Cargas mínimas de elementos no estructurales verticales-muros.	39
Figura 10. Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales horizontales-pisos...40	
Figura 11. Cerámica marmoleada 45x45 cm..	41
Figura 12. Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales horizontales-Cielo raso.	42
Figura 13. Zonificación Sísmica.	44
Figura 14. F_a : Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto46	
Figura 15. F_d : amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca.	46
Figura 16. F_s : comportamiento no lineal de los suelos.....	47
Figura 17. Modelo matemático.	47
Figura 18. Flujo de trabajo del presente proyecto.....	49
Figura 19. Pre-Dimensionamiento de columnas.	50
Figura 20. Pre-Dimensionamiento de vigas.....	50
Figura 21. Definición de inercias agrietadas 0.8 para columnas en Etabs.	52
Figura 22. Definición de inercias agrietadas 0.8 para vigas en Etabs.	52
Figura 23. Definición de inercias agrietadas 0.5 para vigas en Etabs.	53
Figura 24. Definición del diafragma rígido en Etabs.	54
Figura 25. Definición de brazos rígidos en Etabs.	54
Figura 26. Visualización de brazos rígidos en Etabs.....	55
Figura 27. Espectros sísmicos diseñado por la NEC y aplicado en Etabs.	57
Figura 28. Parámetros del espectro sísmico.....	60

Figura 29. Definición del caso modal en Etabs.....	61
Figura 30. Definición de la fuerza sísmica en dirección del eje X.....	63
Figura 31. Definición de la fuerza sísmica en dirección del eje Y.....	64
Figura 32. Interoperabilidad entre Etabs y Revit.	67
Figura 33. Uso de la herramienta Concrete Frame Design para diseño de columnas.	68
Figura 34. Parámetros para evaluar.	68
Figura 35: Verificación de resultados del diseño de las columnas.	69
Figura 36. Momentos flectores de los elementos estructurales.	70
Figura 37. Cargas combinadas consideradas para el diseño estructural aplicadas en Etabs.	70
Figura 38. Detalle de elevación de la columna	72
Figura 39. Cortante de diseño para columnas.....	73
Figura 40: Armado longitudinal de la columna.....	74
Figura 41: Armado longitudinal de la columna voladizo.....	74
Figura 42. Uso de la herramienta Concrete Frame Design para diseño de vigas.....	75
Figura 43. Verificación de parámetros de diseño.....	76
Figura 44. Definición de la envolvente para vigas en Etabs.....	77
Figura 45. Análisis de momentos.....	78
Figura 46. Armado transversal de viga.....	79
Figura 47. Análisis de columna Fuerte-Viga débil aplicado en Etabs.	80
Figura 48. Materiales y secciones para losa.....	81
Figura 49. Deformaciones según el análisis sísmico resistencia aplicada a losa.	82
Figura 50. Armado estructural de losa nervada.	82
Figura 51. Esfuerzo de contacto producido en la masa de suelo.	84
Figura 52. Diagrama de momento en vigas riostra.	85
Figura 53. Aplicación de diseño de zapata aislada.....	85
Figura 54. Aplicación de diseño de viga riostra.....	86
Figura 55. Armado de acero estructural de zapata y viga riostra.....	87
Figura 56: Armado estructural de acero de zapara aislada.....	87
Figura 57. Resultados del rango de edades.....	88
Figura 58. Aplicación de metodología convencional. 	89

Figura 59. Programas aplicados a proyecto de obra civil.	90
Figura 60. Conocimiento de métodos colaborativos.	91
Figura 61. Mejoramiento de tiempo fase de diseño estructural	92
Figura 62. Programas para el diseño estructural.	93
Figura 63. Programas para la planificación del cronograma de obra.	94
Figura 64. <i>Importancia de la implantación del BIM.</i>	95

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Planos arquitectónicos, Subsuelo y Planta Baja.	103
Anexo 2. Planos arquitectónicos, Planta alta y Terraza	104
Anexo 3: Planos arquitectónicos, Corte A-A' y B-B'	105
Anexo 4. Alcance del proyecto	106
Anexo 5. Implementación de detalles de columnas y escaleras	107
Anexo 6. Implementación de detalles de vigas.....	108
Anexo 7. Implementación de detalles de terraza y losa	109
Anexo 8. Implementación de detalles de cimentación	110
Anexo 9. Planilla de acero de viga y cimentación	111
Anexo 10. Presupuesto referencial de cantidad de acero en elementos estructurales.....	112

INTRODUCCIÓN

La práctica actual de la ingeniería estructural exige el uso de diferentes programas de diseño y dibujo, además de una constante interacción entre profesionales de las múltiples disciplinas involucradas en el ciclo de vida de un edificio. Estas interacciones hacen la tarea más lenta y compleja, pues al hablar de todos estos participantes de lenguajes distintos, hay una diferencia que en la práctica se traduce tanto en la incompatibilidad entre los formatos de datos, como en el trabajo que toma traspasar, interpretar y representar esta información.

Existe una gran exigencia del uso de programas debido a la aplicación de la ingeniería estructural a proyectos de gran magnitud o proyectos enfocados a casas unifamiliares. La aplicación de programas de diseño y dibujo son utilizados por diversos profesionales para llevar a cabo proyectos civiles el cual existen varios profesionales que aporta al diseño y construcción del mismo. La metodología BIM se ha convertido en una herramienta muy importante para el sector de la construcción. La aplicación y manejo de archivos digitales se ha convertido en recurso imprescindible desde hace mucho tiempo en los proyectos civiles.

Para la realización de la investigación se opta por utilización de recursos informáticos (Software Etabs 2016) para el análisis estructural, al igual que planos estructurales y arquitectónicos de una edificación modelo. El uso de Análisis de Precio Unitario (APU) se toma como instrumento fundamental para la comparativa económica en relación al presupuesto de los sistemas estructurales, generando datos que permitan el debate del tipo de sistemas óptimo para la seguridad estructural.

CAPÍTULO I

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Tema

Diseño Estructural para una Edificación de 4 Niveles de Hormigón Armado Aplicando Metodología BIM.

1.2. Planteamiento del Problema

En el Ecuador existe gran demanda de obras residenciales donde participan diversos profesionales técnicos para llevar a cabo varios proyectos civiles. Las diferentes actividades y tareas que dicho personal realiza son manejadas en conjunto en diversas etapas que permiten el avance del proyecto. En respectivas ocasiones se generan retrasos por la falta de comunicación y gestión de documentaciones por el incorrecto manejo del flujo de información.

La construcción de viviendas residenciales a lo largo de los años se ha manejado con valores o medidas estándares en distintas partes del país, donde en algunos casos se ha evidenciado la falta de estudio de un análisis de diseño estructural con distintos materiales y métodos de construcción que garantice la factibilidad de dicha edificación, poniendo en riesgo la vida de los habitantes. En este caso se realizará mediante el programa Etabs con el fin de simular si la edificación con sus respectivas características es apta para su construcción acorde a las normativas establecidas.

El comportamiento de las estructuras se rige acorde a una normativa vigente que es la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) donde se establecen los procedimientos para el análisis y diseño estructural de las edificaciones y viviendas. Desde un punto de vista del cálculo de estructuras, el Ingeniero Civil (específicamente el Ingeniero Estructural) espera que un análisis estructural proporcione los datos necesarios para la comparación estructural en diferentes elementos.

El escaso conocimiento del uso de softwares como Building Information Modeling (BIM) en el sector de la construcción de viviendas familiares genera diversos retrasos. Los tiempos pocos aprovechables son traducidos en ingresos considerados en referencias al presupuesto. El cual

obliga el desarrollo de nuevas metodologías de construcción y avances tecnológicos para la mejora de actividades y diseño de elementos de construcción. Dando confort y seguridad a los usuarios por medio de estudios de seguridad estructural y brindar una economía rentable para garantizar calidad.

1.3. Formulación del Problema

¿De qué manera la metodología BIM aporta en la fase del diseño estructural a una edificación de 4 niveles de hormigón armado?

1.4. Objetivo General

Elaborar el diseño estructural de una edificación de 4 niveles de hormigón armado aplicando metodología BIM para su gestión en etapas posteriores.

1.5. Objetivos Específicos

- Diseñar el sistema estructural de la edificación mediante el software Etabs para garantizar la estabilidad y durabilidad del bien durante su tiempo de vida útil.
- Establecer un entorno colaborativo para el flujo de trabajo en la fase de ingeniería estructural mediante el software Revit.
- Elaborar presupuesto referencial del sistema estructural a través de la herramienta tabla de planificación del software Revit para valorar costos de inversión.

1.6. Hipótesis

Aplicar la metodología BIM en el diseño estructural para una vivienda facilita el proceso de un modelo más eficaz donde se ve reflejado una mejor organización del diseño mediante la ayuda de softwares colaborativos.

1.7. Línea de Investigación Institucional/Facultad

Tabla 1. *Línea de investigación de FIIC.*

DOMINIO:	LÍNEA:	SUBLÍNEA:
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables	Territorio	Ordenamiento territorial, Usos del suelo y Urbanismo

Fuente: (ULVR- Líneas de Investigación Institucional, s.f.)

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

A mediados de la década de los 60s sale a luz el primer programa informático llamado Skechpad donde aparecen los primeros modelados y manipulación digitales de objetos gráficos. Charles M. Eastman, del Georgia Tech Institute of Technology, fue el primero en difundir el concepto de modelo de información de edificación en 1974, como un sinónimo de BIM en libros y artículos académico. Estos conceptos fueron evolucionando hasta llegar a como los conocemos ahora de manera general como BIM. Finalmente, a inicio de los 80s aparece la creación de AutoCAD que estableció herramientas de dibujos únicamente de dos dimensiones (2D) (Del Villar Juez, 2018).

En Hungría la empresa Graphisoft fue pionera en el uso de concepto BIM por en 1984 por medio del programa ArchiCAD. El uso del programa anteriormente solo podía ser ejecutado por un solo usuario que podía modelar dibujos CAD a una modelación tridimensional (3D). Los desarrolladores de Autodesk adoptan la metodología BIM y agregan un nuevo programa a sus programas base gracias a la compra de la compañía texana Revit Technology para poder ser capaz de realizar construcciones paramétricas (Del Villar Juez, 2018).

2.1.1 BIM en Europa.

La gestión de información de forma digital para proyectos de construcción de edificio aparece en 1975, este nuevo método de diseño para estructuras con diversas funcionalidades permite obtener plantas y selecciones partiendo de un modelo digital 3D realizados por desarrollados BIM. Se realizó un proyecto integrador en Finlandia en el año 2002 el cual fue tomado como muestra la aplicación obligatoria del BIM en años posteriores en diversos países europeos tales como España y Reino Unido, siendo este último aplicado en 2016 individualmente (Gámez, Severino, & Márquez, 2014).

2.1.2 BIM en Ecuador

Dentro del territorio ecuatoriano que existe estándares normados para la implementación del BIM. Sector empresarial privado son unos de los principales usuarios en el uso de metodología BIM en sus proyectos mientras tanto el sector público se sigue manteniendo en el trazo en dos dimensiones (2D). Actualmente el Ecuador no dispone con políticas que regulen la gestión de la implementación BIM la cual se ha convertido como una metodología primordial para el trabajo colaborativo en el sector de la construcción.

2.2 Marco referencial

2.2.1 BIM

Se habla de BIM (Building Information Modelling) cuando existe una representación digital de las características funcionales y físicas de un proyecto colaborativo que crea recursos de conocimiento compartido. Para obtener información al respecto se necesita formar una base confiable la cual BIM brinda mencionada necesidad. Este tipo de actividad permanece durante su ciclo de vida de un proyecto, desde la primera concepción hasta la demolición. En otras palabras, BIM es una forma de abordar el diseño y la documentación de un proyecto, utilizando tecnología informática 3D que se comparte entre el diseño y la construcción (Suryadinata, 2018).

Según (Domínguez & Moreno, 2018) como lo menciona en su proyecto de titulación: La implementación de elementos estructurales en zonas requeridas en una edificación de 7 niveles, tales como muros estructurales los cuales permite disipar un excesivo desplazamiento en un análisis sísmico. Las plantas bajas pueden presentar posibles irregularidades lo cual influyen la reducción del factor de coeficiente sísmico en dirección X y Y. Por lo expuesto provoca un aumento del cortante basal como fuerza actuante.

Dentro del mercado de los programas BIM enfocados en la ingeniería estructural se muestran diversas herramientas que tiene como objetivo asistir la etapa de diseño y análisis. Los desarrolladores Revit y ETABS facilitan el flujo de trabajo BIM cubriendo necesidades de herramientas que se emplean en los distintos proyectos civiles donde se aplica la ingeniería estructural. Este tipo de modelo BIM genera impacto representado en la industria a través de la aplicación desarrollada en Revit (Loyola & Lafontaine, 2018).

Navegar en un ambiente tridimensional modelado cuyos elementos mantienen parámetros sobre cómo se debe desarrollar el modelo de trabajo en referencia a las mesas de dibujo CAD en consecuencia de las reglas que implican un cambio en su entorno. El manejo de software requiere habilidades para brindar un modelo con un enfoque directamente en la representación tridimensional. La forma parametrizada de los elementos modelados se necesita un previo análisis para lograr un uso certero. Generar un modelo BIM demanda de la asignación de parámetros para alcanzar la utilidad de este método colaborativo (Mojica & Valencia, 2012).

Para optimizar el tiempo es necesario la aplicación de un modelo global que cuente con las propiedades de cada disciplina. Debido a que se facilita la navegación de dicho modelo con objetivo de obtener información específica en un ambiente colaborativo. Los problemas se pueden visualizar con anticipación debido al correcto estudio y desarrollo del proyecto en la fase de diseño. Concluyendo que el producto final obtenga eficiencia y calidad para lo que fue desarrollado (Maya, 2018).

2.2.2 Flujo de Trabajo BIM.

Según (Vélez, 2020), es importante, para realización de un proyecto nuevo es fundamental el uso de diagramas de flujo, permite entender mejor los procesos y actividades a realizar. También es importante definir por nombre cada actividad que se realiza con la finalidad tener un aproximado a la realidad. Se maneja el uso de personal y están involucrados en el proyecto y las herramientas a utilizar.

2.2.3 Fase de Diseño.

La fase de diseño nace de la solicitud de un cliente, a partir de la cual se crea un BEP (Bim Execution Plan) es un documento que define de forma global los detalles de implementación de la metodología BIM de todo el proyecto, definiendo el alcance de la implementación, los procesos y tareas BIM, intercambios de información, infraestructura necesaria, roles y responsabilidades, entre otros (University, 2010).

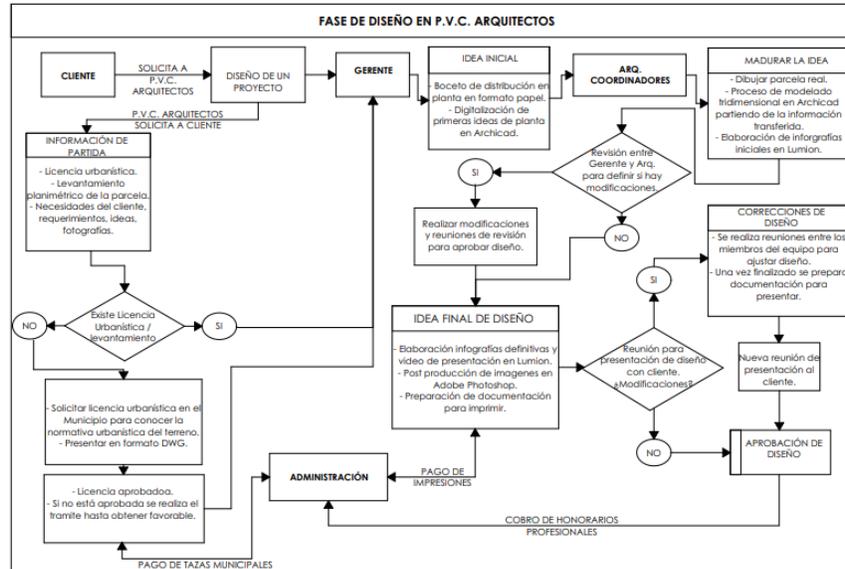


Figura 1. Diseño de un proyecto.

Fuente: (Vélez, 2020).

2.2.4 Fase de Aprobación.

Esta fase se da una vez que el diseño es aprobado por el cliente, el cual consiste en realizar el anteproyecto y proyecto para ser aprobado por el municipio.

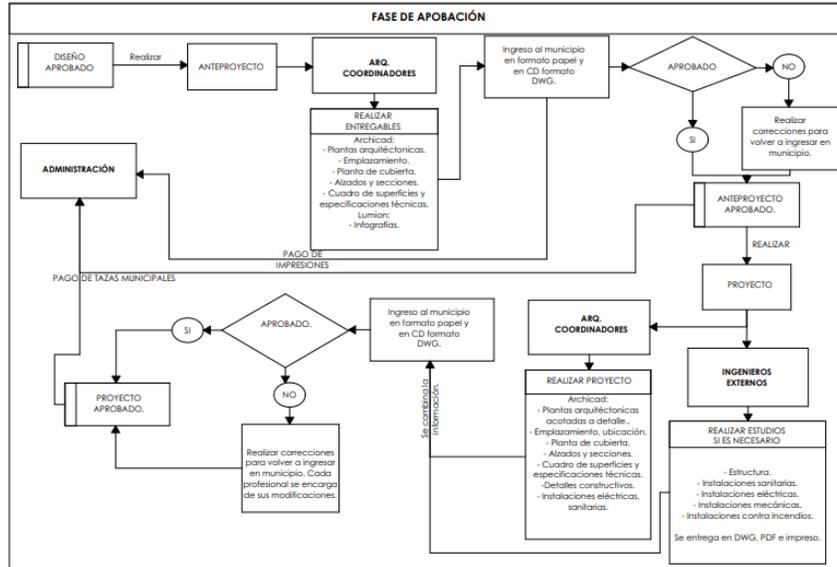


Figura 2. Línea para la aprobación de un proyecto.
Fuente: (Vélez, 2020).

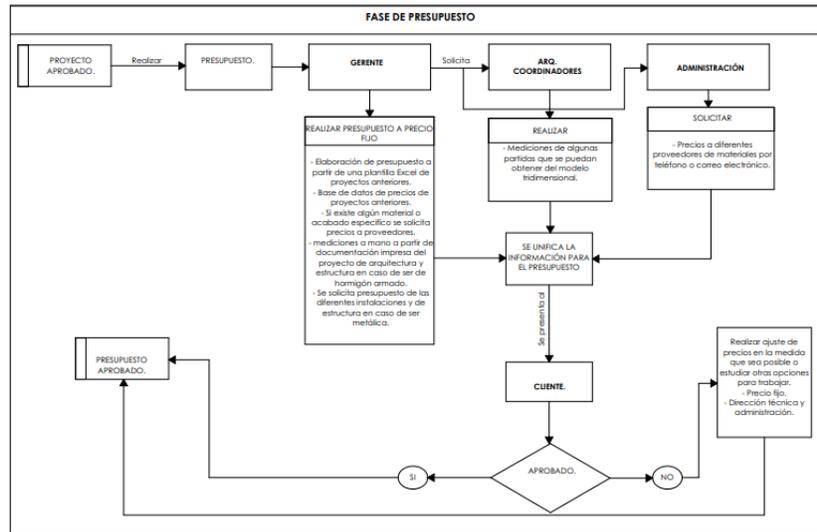


Figura 3. Actividades para realización de un presupuesto referencial.
Fuente: (Vélez, 2020).

2.2.5 Fase de Ejecución

La última fase de trabajo que se realiza es la ejecución de la obra. El primer paso es la solicitud del permiso de construcción en el municipio. Posteriormente, entran en juego los integrantes de la empresa para la construcción del proyecto municipio.

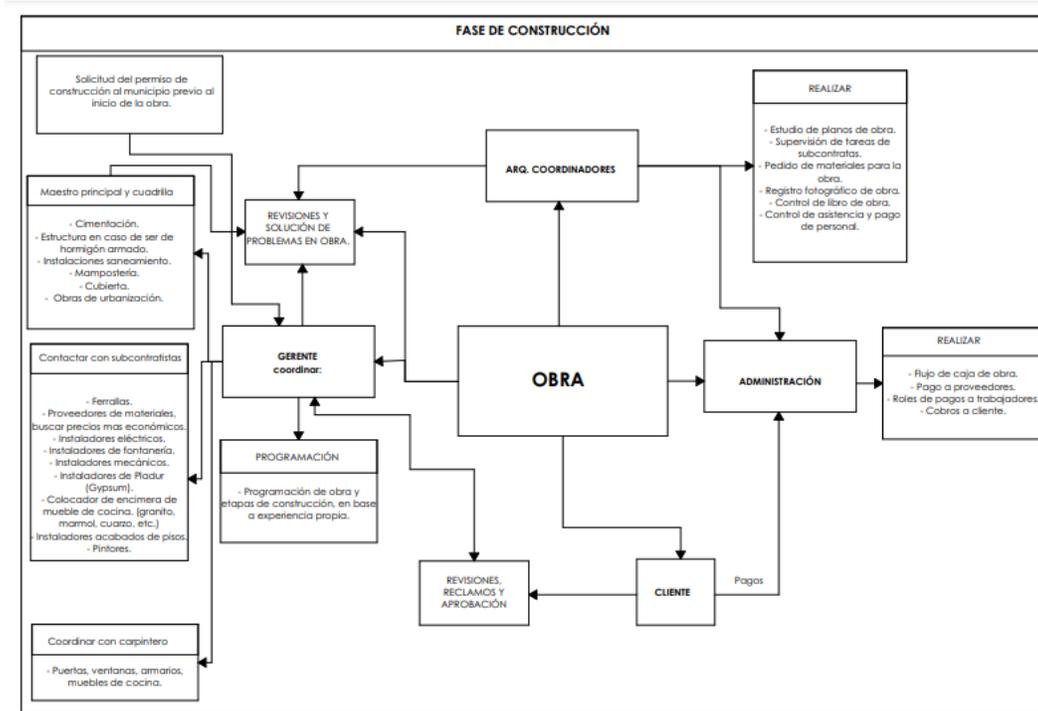


Figura 4. Diagrama del proceso constructivo de una obra civil.

Fuente: (Vélez, 2020).

2.2.6 Libro de Estilos

La utilización de los libros estilos ayudan a la organización de un proyecto BIM por medio de criterios de organización que pueden ser propio de una empresa. Para el procesamiento documental de recursos tecnológicos se define unidades de proyecto y trabajo para cada parámetro a evaluar o diseñar. Finalmente se hace uso del formato de presentación definiendo la organización y presentación del trabajo de oficina por medio de planos.

2.2.7 BIM Execution Plan (BEP)

Una forma de facilitar un proceso de implementación BIM en un proyecto, de manera organizada y eficiente es a través del establecimiento de un BIM Execution Plan (BEP) antes de iniciar la fase de diseño. El BEP es un proceso procesal que describe la visión general del proyecto

con detalles de implementación para el equipo del proyecto a seguir durante todo el proyecto. Asimismo, ayuda al empleador y los miembros del proyecto para documentar lo acordado Entregables BIM y procesos para el proyecto, definición de roles y responsabilidades para cada uno de esos entregables (Ramírez, Gómez, Ponz, Romero, & Gutierrez, 2018).

2.2.8 Dimensiones BIM en el Proyecto

2.2.8.1. 2D BIM, Planos y Especificaciones Técnicas

Existe un nivel de similitud entre la metodología BIM y CAD que se experimenta en la etapa de diseño de elementos estructurales y arquitectónicos con respecto a los componentes de 2 dimensiones. No obstante, el uso de CAD mantiene muchos limitantes para el trazado de polilíneas de elementos estructurales.

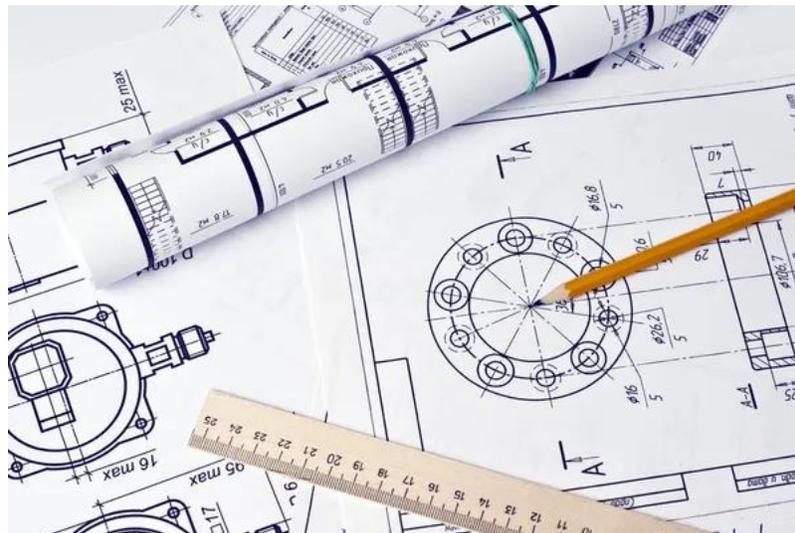


Figura 5. 2D – BIM.
Fuente: (DEPOSITPHOTOS, 2022).

Los planos estructurales realizado con la metodología únicamente CAD no contienen mayores detalles de información brindado como resultado una representación pobre de los elementos estructurales. A comparación de la implantación de los softwares BIM, estos pueden gestionar mejor los detalles que contiene información real de la construcción de los modelos estructurales (Ramo, 2016).

Tabla 2. *Comparativa entre el CAD Tradicional y el BIM.*

CAD Tradicional	BIM
<ul style="list-style-type: none"> • Una vez finalizados los planos se procede a tomar las decisiones finales. • Se trabaja con elementos genéricos. • La cubicación y mediciones se realizan una vez terminados los planos. • La información fácilmente puede no ser consistente • La información puede ser linkeada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Decisiones que favorezcan en todas las fases del diseño. • Se trabaja con elementos específicos (materiales, características...) • Las cubicaciones y mediciones pueden hacerse a lo largo de toda la fase de diseño. • La información en el modelo es exacta. • La información es bidireccional.

Fuente: (Del Villar Juez, 2018)

2.2.8.2. 3D BIM, Modelamiento y Visualización

Para poder visualizar la apariencia final de una edificación es necesario realizar un modelamiento tridimensional a cada elemento que conforma la edificación con el fin de simular una maqueta virtual. Se modelan cada componente y elemento estructurales de manera super detallada para el sencillo análisis y observación del técnico encargado de la etapa de ejecución de proyecto. Finalmente se logra disminuir la modificación de aspectos técnicos que refleja de manera ventajosas en referencias a sostenibilidad y costo (Vásquez, 2019).

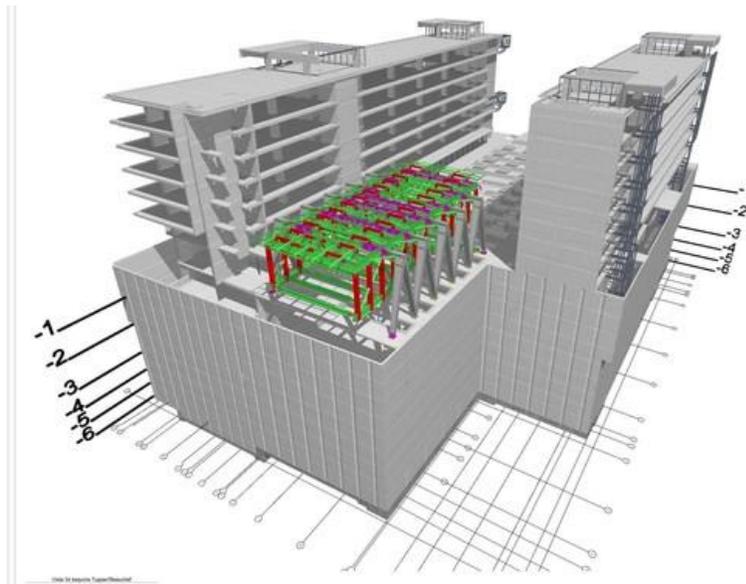


Figura 6. 3D - BIM.
Fuente: (Cruz, 2015)

Las características físicas y funciones de cada material o elemento pueden ser visualizada en esta fase gracias a la suministración datos de resistencia, volumen, pesto, etc. De igual forma se puede visualizar de manera digital posibles contratamientos que puede ser corregidos para mejorar la coordinación de ejecución de la obra y determinar la mejora del tiempo (Paguay & Reyes).

2.2.8.3. 4D BIM, Planificación del Cronograma de Obra

Para la ejecución de cada área técnica es necesario programar un cronograma o plan de trabajo con el fin de obtener una buena realización de obra para la construcción del edificio. Se toma como apoyo los diagramas de Gantt al igual el uso de detallado de los rubros que ayudan a la coordinación y mejora los tiempos en el cumplimiento de la obra (García, 2019).

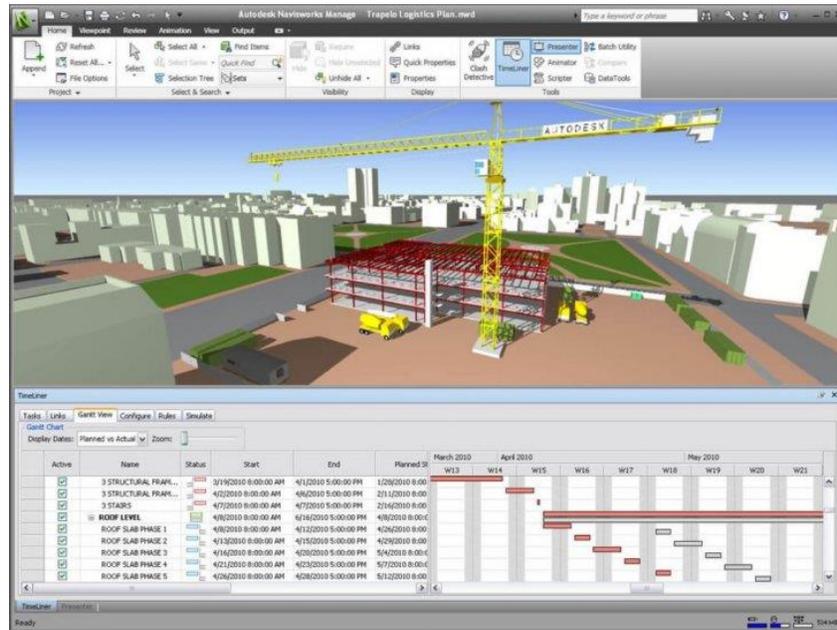


Figura 7. 4D - BIM.
Fuente: (Darós, 2019).

2.2.8.4. 5D BIM, Estimación de Costos y Control de Gastos

La estimación del presupuesto referencia se necesitamos realizar una tarea de dimensionamiento a partir de la implementación de modelos tridimensionales (3D). Los softwares cumplen con el objetivo primordial de determinar cantidades donde existe un cálculo de costos y son una herramienta de gran ayuda para estimar presupuestos referenciales (Maya, 2018).

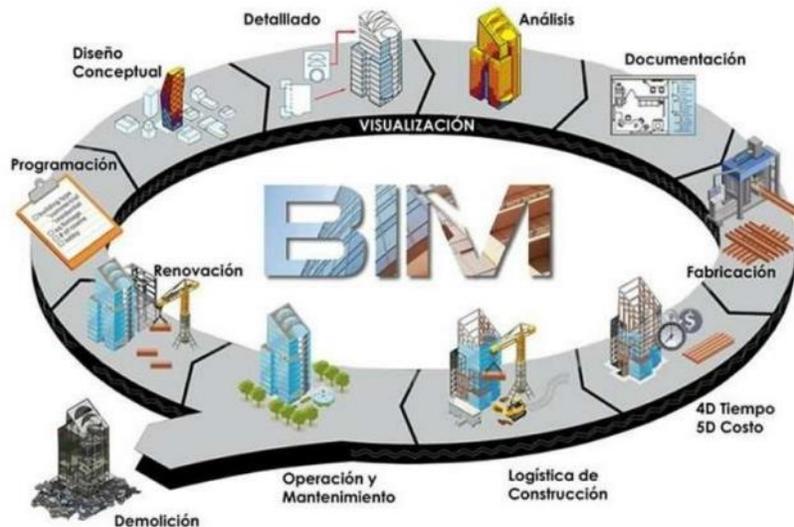


Figura 8. BIM y sus dimensiones.

Fuente: (ALUMED, 2018).

2.2.9 *Conceptualización de Revit.*

(Orózco, Pacheco, Pérez, & Quintero, 2021) rescatan que, para reconocer los principales conceptos que Revit provee como software a los usuarios de brindar la optimización en el diseño de proyectos que hacen uso del programa para ingeniería estructural. Ofrecer específicamente en la parte estructurista hasta la ejecución de la obra. Por medio de la conexión del diseño calculado y proyectado en una tercera dimensión, se mejora la constructibilidad y los niveles de precisión.

Para la creación de elementos ejemplares al igual que la creación de elementos en un proyecto se hace uso de familias y a su vez con el tipo de familias específicas. Cada tipo de elemento tiene un conjunto de propiedades, en el que es cambiante en el manejo de algunos parámetros propios del elemento sin tomar en cuenta los parámetros de la familia. Los cambios realizados únicamente se aplican en el ejemplar del elemento, es decir el único elemento que se

encuentra en el proyecto. Cuando existe un cambio en los parámetros del tipo de familia ocurren actualmente modificaciones en todos los ejemplares que conforma esa familia.

2.2.9.1. Las familias en Revit

Son elementos agrupados con un conjunto de diversas propiedades que entre si guardan bastantes similitudes llamadas parámetros y están representados de manera grafica. Las familias en Revit se clasifican en 2 grandes grupos:

- Las de Modelo: Diremos que las familias de modelo son tridimensionales y se asocian a una representación espacial.
- Las anotativas: Las familias anotativas son bidimensionales y, como tal, se asocian a una entidad planar. En todas las vistas las familias de modelo pueden ser observadas como en 3D o cámara. Por otra parte, familias anotativas solo pueden ser visualizadas en vista no tridimensional,

2.2.9.2. Categoría

Son la división que establece el programa para las familias, digamos que son las “carpetas” en las que las clasificaría, bajo una determinada Categoría, cada Familia es creada a partir de una plantilla de Familia con un conjunto de parámetros (características en común) que asocian cotas y dimensiones, materiales y acabados, datos de identidad, visibilidad, entre otras.

2.2.9.3. Tipo

Estas características de Familia se Duplican, por lo que es posible crear una Familia que contenga Tipos, los cuales comparten características (se estructuran igual) pero se comportan de manera diferente. Si estos Tipos se repiten en el Proyecto, comenzamos a hablar de "Ejemplar" del Tipo de Familia.

2.2.10 Plan de Gestión BIM en Proyectos de Mantenimiento y Operación

El uso de BIM en las fases de diseño hasta su mantenimiento y operación de proyecto de un edificio o infraestructura permite administrar de manera eficiente la información y documentación colaborativa. La utilización de una base de datos manejada por el modelo BIM permite generar un depósito de un modelo 3D virtual. Existe un gran beneficio el cual las empresas

de la industria de la construcción gozan a razón que las mismas pueden desarrollar tecnologías colaborativas que se traduce a la disminución de los costos (Pinzón, 2020).

2.2.11 Tipos de Software

Tabla 3. *Tipos de Software.*

Modelado BIM	
REVIT (Autodesk)	Utiliza la modelación en conjunto de objetos prediseñados que registran parámetros, posee en su barra de herramientas algunos comandos de modelado y construcción, ingeniería y para el diseño arquitectónico.
ArchiCAD (Graphisoft)	Posee objetos inteligentes (Smart Objects) para la ejecución de modelado 3D en conjunto se son almacenados en una memoria constructiva. Se genera un gran abanico de elementos inteligente prediseñados para cada especialidad del proyecto.
Aecosim (Bentley Systems)	El uso de este software específicamente en uso en la fase estructural de igual tiene más relevancia que al diseño de esta.
Edificius (ACCA Software)	Utiliza la aplicación de renderizado en las fases culminantes como una herramienta de modelación BIM, lo que demuestra la eficiencia de y el realismo del proyecto en tiempo real.
Allplan (Nemetschek)	La aplicación de este tipo de software es de origen alemán, es conocimiento por manejar una alta calidad de imagen en renderizados gracias al plugin “CineRender” propio del software y el trazado de diseños 2D a 3D.

Vectorworks (Nemetschek)	Mantiene un enfoque variado en diversas industrias como la construcción, el paisajismo, el entrenamiento y la mecánica industrial. Realizada modelados para estas industrias ya sea 2D o 3D.
-------------------------------------	--

Planificación de obra o 4D

Naviswork (Autodesk)	Ayuda a la detección irregularidades por medio de la libre navegación en tiempo real de los modelos digitales 3D y la mezcla de este con otras fases del proyecto. De igual forma realiza simulaciones 4D.
---------------------------------	--

Project (Microsoft)	Ayuda a realizar una proyección de un cronograma de actividades de un proyecto, el de especifica tareas a realizan que cuenta con un inicio y un fin y de igual forma administra el presupuesto en sus diferentes etapas,
----------------------------	---

TQCI	Se compone por 12 módulos colaborativos para la gestión de proyectos u obras en todas sus fases. Se considera que es un software que puede visualizar la construcción de forma virtual.
-------------	---

SYNCHRO	Posee diversas herramientas las cuales tiene como función principal analizar, visualizar, modificar y rastrear todo el contenido del proyecto. Puede ser optimizables que ayuda la transparencia en el proyecto enfocada en planificación.
----------------	--

Medición y Presupuesto o 5D

Presto - Cost It Realiza trazabilidad estructurada para la generación de un presupuesto referencial, por medio de mediciones completa del modelo arquitectónico y analítico. Además posee una herramienta identificadora de las superficies útiles de un proyecto, encontrando los parámetros más relevantes para determinar un precio.

Gest.MidePlan (Arktec) Uso la modelación BIM que mantienen un formato IFC para la medición automatizada de proyectos. Se usa la herramienta MidePlan para generar la presupuestación.

Arquímedes (CYPE) Posee funciones que permiten medir cantidades, el presupuesto las cuales certifican y además generar pliegos de condiciones e incluso genera manuales de uso y mantenimiento de la edificación.

Gestión ambiental y eficiencia energética o 6D

Green Building Studio (Autodesk) Demuestra el rendimiento estructural de una edificación, siendo capaz de optimizar la eficiencia en las primeras fases del diseño colaborativo. Brinda el diseño a corto tiempo a comparación de otros métodos convencionales.

RIUSKA Se enfoca en los cálculos a detalles de refrigeración necesario que requiera y de igual forma el cálculo preciso de uso de calefacción que genera el consumo de energía de la edificación. Todo el cálculo se lo realiza por medio de la simulación de energía y el confort que es modelado.

EcoDesigner (Graphisoft)	Es un software normado el cual realiza calculo energéticos a la edificación desde un inicio hasta la culminación del proyecto. Realiza evaluaciones energéticas del proyecto.
-------------------------------------	---

CYPETHERM HE	Netamente realiza cálculos de cargas energéticas del proyecto.
---------------------	--

Facility Managment o 7D

ARCHIBUS	Automatiza acciones para realizar un flujo de información de etapas tempranas e incluso a etapas finales de ejecución y a su vez simplifica de manera correcta el trabajo.
-----------------	--

Maximo (IBM)	Posee modelos únicos para cada interviniente del proyecto.
---------------------	--

Diseño de Instalaciones

DDS CAD	Posee herramientas para gestionar soluciones a díselos eléctricos, calefacción, fontanería, aire acondicionado, ventilación y sistemas fotovoltaicos.
----------------	---

CYPECAD MEP	Diseña la distribución, la envolvente y las instalaciones del edificio.
--------------------	---

Diseño de Estructuras

Etabs	Realiza análisis estructurales por medio de sismos de diseño aplicados bajo las normativas de diseño estructural. Posee un amplio catálogo de herramientas de análisis que busca aplicar diversos escenarios para comprobar que la estructura del proyecto sea sismo resistente en todas sus fases.
--------------	---

Tekla Structures	Maneja compones de una edificación tales como datos de materiales múltiples y además genera los dibujos 2D de forma automática. El análisis estructura es una de sus principales herramientas que puede ser aplicado en el diseño de cualquier proyecto.
Tricalc	Calcula elementos estructurales de cualquier material, con todas las formas de trabajo incluyendo las prestaciones.

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

2.2.12 Plan de Gestión BIM en Proyectos Estructurales

La implementación de un plan de gestión BIM permitir realizar monitoreos constantes, incrementando el flujo de trabajo en las diversas áreas en la fase de diseño del proyecto. De igual forma existe un control de la información y protocolos para realización de proyectos de índole estructural. Se necesita el uso de guías para generar un Project Charter que busca la recolección de requisitos del proyecto con metodología BIM, la determinación del alcance a través del BIM Goals (metas BIM), de reconocer los user BIM (usuarios) en el transcurso del proyecto (planificación, diseño, construcción y operación), se determinan los stakeholders (interesados), se maneja fichas de calidad y se plantea entregables BIM, se investigan demás procesos etc. Siempre va existir el diverso manejo de entregables físicos y virtuales en función a la necesidad requirente por parte del stakeholders a cargo del proyecto (Hardin & McCool, 2015).

2.2.13 Peligro Sísmico

El Ecuador al encontrarse en el cinturón de fuego está más expuesto a eventos naturales como terremotos, sismos, tsunamis entre otros. Estos eventos se registran y analizan día a día para llevar un control del peligro que puede provocar en nuestro entorno para en un futuro tomar mejores medidas de prevención.

La energía sísmica del planeta es liberada en distintas zonas generada por el movimiento de placas tectónicas. En el Ecuador se libera el 90% de energía sísmica total de la tierra que en referencia a sus costas la Placa Oceánica de Nazca subduce de forma oblicua bajo la Placa Continental Sudamericana. Por ende, los sistemas estructurales son afectados al momento de liberar dicha energía, por lo cual se le agrega mayor importancia a consecuencia del terreno del 16 abril de 2016 (Lara, Aguirre, & Gallegos, 2018).

La ejecución de obras civiles enfocadas en viviendas sin asistencia técnica es una problemática que se han mantenido en el campo de la construcción. De igual forma esto da origen a daños considerables al instante de momento sistema que actúa sobre estas edificaciones (Cabello, 2019)

2.2.14 Vulnerabilidad Sísmica

La vulnerabilidad sísmica de una estructura se basa netamente en los parámetros físicos y estructurales de su diseño. Existen varias condiciones que se deben tener en cuenta al momento de realizar el diseño estructural de una edificación. Algunos de estos factores influyen en la vulnerabilidad de un edificio y se debe a que se diseña con un material inapropiado que no es capaz de soportar los esfuerzos máximos (Chávez, 2016).

2.2.15 Origen de los Terremotos

Al año se presentan 7,000 sismos alrededor del mundo, conociendo los epicentros de cada uno de ellos. Estas referencias se toman en cuenta para conocer que lugares, países o regiones son los más activos a nivel sísmico. Existen lugares con un nivel de sismicidad alta, media, baja y otros en cero, hay casos mínimos donde se haya presentado actividad sísmica en zonas inactivas ya que es poco probable la presencia de sismos (Tavera, 2019).

El avance sobre la investigación y querer tener más conocimiento acerca de la tectónica global ha permitido conocer el comportamiento de las placas tectónicas, sus causas y mecanismos de la aparición de estos movimientos (Tavera, 2019).

2.2.16 Terremotos en Ecuador

Como lo menciona (Rosales & Baños, 2018) “Los terremotos en esta región son provocados en su mayoría por la subducción de la placa Nazca bajo la placa Sudamericana, la otra

causa común está asociada a los volcanes activos”. En todo el territorio ecuatoriano existen fallas o zonas activas que se relaciona con los movimientos que han ocurrido a lo largo de millones de años o zonas inactivas que no han presentado movimientos en los últimos 10 mil años.

Uno de los terremotos más fuertes que se ha registrado en los últimos 10 años en el Ecuador fue el del 16 de abril del 2016 con magnitud de 7.8 Mw en la escala de Richter dejando una gran cantidad de perdida material y humana. Debido a que el diseño estructural de la mayoría de las viviendas de las provincias de Pedernales y Cojimíes no era el adecuado.

2.2.17 Sismos

En nuestro país existe un alto nivel de riesgo sísmico por la vulnerabilidad que se registra en la zona. La energía que se encuentra en la atmosfera se va acumulando día a día y llega un punto en el que se libera cuando existe el contacto entre las placas tectónicas o fallas geológicas ya que éstas siempre se encuentran en constantes movimientos (Moncayo, Vargas, Moncayo, & Barzola, 2017).

2.2.18 Tipos de Sistemas Estructurales

2.2.18.1. Sistemas Estructurales Sismorresistentes

Es un tipo de sistema conformados por elementos estructurales que resisten fuerzas sísmicas, tales elementos son las columnas, vigas, cerchas, etc. La ventaja de este tipo de sistemas es que desarrollan un alto nivel de ductilidad en la estructura para disipar la energía sísmica, pero de la misma manera pierde rigidez afectando el desplazamiento horizontal del piso (Marquinez & Toledo , 2019).

2.2.18.2. Sistema aporticado

(Marquinez & Toledo , 2019) explican que existen varios tipos de sistemas aporticados que se pueden elegir para el diseño estructural de una edificación de los que se hablará a continuación:

2.2.18.2.1. Pórticos Ordinarios Resistentes a Momento OMF. El comportamiento de este sistema de estructuras es únicamente elástico y se aplican en zonas donde el nivel sísmico es bajo por lo que no tiene mayores exigencias.

2.2.18.2.2. Pórticos Intermedios Resistentes a Momento IMF. Su diseño se basa en que sea un poco inelástico, pero con cierta ductilidad y que de alguna manera se disipe la energía del sismo minimizando en lo posible la aparición de fallas. En este tipo de sistema estructural se debe considerar que la zona donde se vaya a ejecutar sea de moderada sismicidad acorde a la norma vigente.

2.2.18.2.3. Pórticos Especiales Resistentes a Momento SMF. Es capaz de incursionar en el rango elástico de manera constante, tiene un alto grado para disipar la energía y ductilidad, desarrollando un alto grado de ductilidad y disipación de energía. Se aplica en zonas donde existe alta sismicidad por lo que la presentación sismorresistente debe ser bien detallado.

2.2.18.2.4. Sistema de Pórticos con Arriostramientos. Este tipo de sistemas desarrolla buen comportamiento ante la ductilidad de la estructura frente a la presencia de un sismo considerable en su magnitud. La función de los arriostramientos es brindar resistencia y a la vez rigidez al sistema estructural, pero cuando se someten a la presencia de un sismo este sistema sufre deformaciones elásticas. Por este motivo es importante que, al considerar elegir un modelo de este tipo, las conexiones se deben detallar muy bien para que al final ésta pueda desarrollar una mejor capacidad.

2.2.18.2.5. Pórticos con Arriostramientos Concéntricos CBF. Su estructura está conformada por un sistema de riostras, columnas y vigas donde su respuesta en esfuerzos es de compresión y tracción. De igual manera es un sistema con bastante rigidez y permite controlar las derivas de piso, pero la disipación de energía es controlada, por motivo que en las riostras existe pandeo. Para el diseño de los arriostramientos se debe tener en cuenta lo económico y la ubicación de ventanas y puertas de la edificación.

2.2.18.2.6. Pórticos con Arriostramientos Excéntricos EBF. Su estructura está conformada por columnas, vigas y un sistema de riostras en una ubicación excéntrica, es decir que puede estar en la mitad o a un extremo de la viga y son sometidas a esfuerzos de corte y considerables momentos flectores. Este tipo de sistema estructural se caracteriza por la capacidad de tener un comportamiento dúctil y estable. En las riostras se generan los esfuerzos axiales que son transmitidos por esfuerzos a flexión y de corte a pequeños segmentos en corta longitud a los que se conoce como links logrando así disipar la energía por medio de la fluencia del acero.

2.2.19 Muros Estructurales

En este sistema estructural la mayor parte de la fuerza de la cortante basal considerando un 70% es resistida por los muros estructurales. Es posible que en este sistema existan pórticos con la finalidad de aportar más rigidez en zonas débiles.

2.2.20 Sistema Dual

Es un sistema que combina los pórticos con refuerzo por muros o arriostramientos en diagonal. Los efectos del sismo son resistidos por la combinación que se genera entre los muros estructurales y los pórticos.

Existen otros tipos de sistemas estructurales que no se mencionan pero que son de igual importancia y se pueden aplicar a varios proyectos de acuerdo a la normativa vigente.

2.2.21 Definiciones

Se deben conocer algunos términos teóricos básicos que se aplicarán más adelante en el proyecto (Borja Fernández, 2020).

2.2.21.1. Hormigón:

Es la mezcla de diversos agregados grueso, agregados finos, y agua con la mezcla de cemento el cual depende el tipo que responde a las necesidades que el hormigón será actuante, al igual que el uso y no uso de aditivos. Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC estiman el manejo mínimo de un hormigón de 240kg/cm² para elementos estructurales.

2.2.21.2. Acero de Refuerzo

La forma este elemento es una barra que puede ser lisas, corrugados o directamente una malla electrosoldada. La unión de las barras forma un armado estructural que es independiente acorde al tipo de elemento que fue diseñado. Debido a la fluencia del acero de 4200kg/cm² el material tiene la capacidad esfuerzos actuantes como de tracción, torsión y cortante.

2.2.21.3. Estribos

Para la resistencia de esfuerzos a flexión, rotación y cortante se hace uso de los estribos y al igual que el acero de refuerzos vienen en presentación de barras corrugadas en forma L, U circulares o rectangular. La colación de estos refuerzos es forma perpendicular a los refuerzos longitudinales con el fin de contrarrestar el corte de la sección.

2.2.21.4. Carga Viva

Este tipo de carga es selecciona según el uso ocupacional de la estructura, generalmente la unidad está dada en metros cuadrados y toma la sobre carga de pesos muebles, personas, equipos, accesorios en general no estáticos.

2.2.21.5. Carga Muerta

Los elementos que conforman la estructura como losas, vigas, columnas, mampostería, muros, instalaciones generales (sanitarias, eléctricas y mecánicas) son cargas permanentes o también conocidas como cargas muertas. Se debe tomar en cuenta estas cargas en el proceso constructivo ya que son las cargas estáticas propias de la estructura.

2.2.21.6. Carga Sísmica

Es un tipo de carga lateral que actúa sobre la estructura cuando existe algún tipo de evento sísmico. Esta carga tiene la capacidad de deformar elementos estructura y se relaciona con el peso total más el 25% de la carga viva considerada acorde el tipo de uso de la edificación.

Se hace uso de un coeficiente que afecta a la carga en cual se forma en planta y altura de la estructura, desde el centro de gravedad se coloca la carga y a su vez se reparte a cada nivel de la edificación.

2.2.21.7. Carga Mayorada

Se aplica esta carga al momento de realizar la multiplicación de factores que son apropiados, dependiente del efecto que experimento al tomarse en cuenta. Esta carga es aplicable para diseñar los elementos usados en el método de resistencia como diseño.

2.2.21.8. Factor de Reducción de Resistencia

Se usa como coeficiente o factor para el cálculo conversión de resistencia de diseño tomado la resistencia nominal.

2.2.21.9. Resistencia de Diseño

Es el producto de la multiplicación de un factor de reducción de resistencia ϕ con la resistencia nominal, esta es dependiente del efecto que se está estudiando.

2.2.21.10. Resistencia Nominal

La resistencia nominal es un tipo de resistencia teoría en base a los elementos estructurales calculada con las hipótesis y disposiciones de la metodología aplicada por resistencia.

2.2.21.11. Resistencia Requerida

Este tipo de resistencia debe ser capaz de resistir las cargas afectadas o también llamadas cargas mayoradas con un factor de correspondía de mayoración. Para el diseño de elementos estructurales se hace uso de estas resistencias requeridas.

2.2.21.12. Cortante Basal de Diseño

Es la fuerza resultante de la aplicación cargas laterales que actúan sobre la base de la estructura. Este tipo de fuerza es aplicable en el centro de masas de cada nivel, así que la excentricidad puede existir o no.

2.2.21.13. Espectro de Respuesta para Diseño

Se lo demuestra por medio de un espectro de respuesta tomado de condiciones tectónicas, sismo genéticas, geológicas, y del tipo de suelo relacionada con el sitio donde se encontrará la estructura. Este espectro tiene un amortiguamiento respecto al crítico del 5%.

2.2.21.14. Estructura Esencial

Son elementos estructurales que deben encontrarse en perfecto estado después de experimentar un evento sísmico, pueden ser edificaciones de diversos usos como colegios, hospitales, cárceles etc.

2.2.21.15. Deriva de Piso de Diseño

Es la distancia o desplazamiento que existe entre la parte superior e inferior de los pisos de la edificación dividiendo con la elevación del piso y esta diferencia no debe pasar de un 2%.

2.2.21.16. Pórticos Resistentes a Momento

Nudos de los pórticos resistentes a momento pueden ser capaces de resistir deformación de flexión, fuerza axial y cortante.

2.2.21.17. Fuerzas Sísmicas de Diseño

Son fuerza que actúan de forma lateral producto de la distribución de cortante basal diseñada en todos los niveles de la edificación.

2.2.21.18. Rótula Plástica

Es un tipo de instrumento que realiza un amortiguamiento de energía siendo capaz de realiza una rotura de deformación plástica generara por conexiones.

2.2.21.19. Periodo de Vibración

Es el tiempo que experimenta la estructura producida por un movimiento armónico ondulatorio, o también llamado vibratorio, objetivo que retornar a tu punto inicial posteriormente de una oscilación total. Se debe tomar en cuenta que el periodo de vibración fundamente es el mayor en la dirección que se considere.

2.2.21.20. Z (Factor)

Representa la aceleración máxima que la zona sísmica experimenta en la roca para un sismo de diseño que es perteneciente a el valor Z y es una expresión de la aceleración de la gravedad como fracción.

MARCO LEGAL

2.3 Registro Oficial No.449, 20 de octubre del 2008

De acuerdo con la Constitución de la República del Ecuador todo ciudadano tiene derecho a residir en un ambiente sano y a disfrutar de un hábitat seguro como lo observamos en las siguientes secciones: Sección Segunda

2.3.1 *Sección Segunda*

Ambiente Sano

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua. Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional.

Sección Sexta

Hábitat y Vivienda

Art. 30.- Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica.

Art. 31.- Las personas tienen derecho al disfrute pleno de la ciudad y de sus espacios públicos, bajo los principios de sustentabilidad, justicia social, respeto a las diferentes culturas urbanas y equilibrio entre lo urbano y lo rural. El ejercicio del derecho

a la ciudad se basa en la gestión democrática de ésta, en la función social y ambiental de la propiedad

y de la ciudad, y en el ejercicio pleno de la ciudadanía.

2.4 Norma Ecuatoriana de la Construcción

Esta norma se encuentra promovida por la Subsecretaría del Hábitat y Asentamientos Humanos, cuyo objetivo es la actualización del Código Ecuatoriano de la Construcción. Toda edificación que se construya en el País debe regirse indispensablemente por medio de la normativa ecuatoriana de construcción (NEC), la cual se compone de diversos capítulos que contemplan las siguientes partes principales: (i) Establecer Parámetros de Seguridad y Salud, (ii) Mejorar los mecanismos de control y mantenimiento, (iii) definir principios de diseño y montaje, etc.

2.4.1 Estructuras de Hormigón Armado

NEC-SE-HM: Contiene un conjunto de parámetros y ecuaciones que deben ser considerados al analizar y dimensionar los elementos estructurales de una edificación de hormigón armado, éstos deben cumplir con las especificaciones técnicas nacionales e internacionales.

2.4.2 Cargas (no sísmicas)

NEC-SE-CG: Dentro de la evaluación estructural de una edificación se debe tomar en cuenta las cargas que ésta soportará, las cargas permanentes, cargas variables, cargas accidentales y combinaciones de cargas, dentro de esta norma se pueden encontrar como analizar cada una de ellas.

2.4.3 Cargas Sísmicas: Diseño Sismo Resistente

NEC-SE-DS: Esta norma contiene los requerimientos técnicos y las metodologías que deben ser aplicadas para el diseño sismo resistente de las edificaciones, estableciéndose como un conjunto de especificaciones básicas y mínimas, adecuadas para el cálculo y el dimensionamiento de las estructuras que se encuentran sujetas a los efectos de sismos en algún momento de su vida útil.

2.4.4 Geotecnia y Diseño de Cimentaciones

NEC-SE-GM: Contempla criterios básicos a utilizarse en los estudios geotécnicos para edificaciones, basándose en la investigación del subsuelo, la geomorfología del sitio y las características estructurales de la edificación, proveyendo de recomendaciones geotécnicas de diseño para cimentaciones futuras, rehabilitación o reforzamiento de estructuras existentes.

2.4.5 Estructuras de Hormigón Armado

NEC-SE-HM: Contempla el análisis y el dimensionamiento de los elementos estructurales de hormigón armado para edificaciones, en cumplimiento con las especificaciones técnicas de normativa nacional e internacional.

2.4.6 Estructuras de Mampostería Estructural

NEC-SE-MP: Contempla criterios y requisitos mínimos para el diseño y la construcción de estructuras de mampostería estructural, para lograr un comportamiento apropiado bajo condiciones de carga vertical permanente o transitoria, bajo condiciones de fuerzas laterales y bajo estados ocasionales de fuerzas atípicas.

2.5 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente

La norma o Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) es el encargado de regular las condiciones con las que deben contar las construcciones con el fin de que la respuesta estructural a un sismo sea favorable. Fue promulgada por el Decreto 926 del 19 de marzo de 2010. Posteriormente al decreto 926 de 2010 han sido introducidas modificaciones en los decretos 2525 del 13 de julio de 2010, 092 del 17 de enero de 2011, 340 del 13 de febrero de 2012 y 945 del 5 de junio de 2017.

2.5.1 TÍTULO B — Cargas

El presente Título de este Reglamento da los requisitos mínimos que deben cumplir las edificaciones con respecto a cargas que deben emplearse en su diseño, diferentes a las fuerzas o efectos que impone el sismo. Para que una estructura sismo resistente cumpla adecuadamente su objetivo, debe ser capaz de resistir además de los efectos sísmicos, los efectos de las cargas

prescritas en el presente Título. El diseño de los elementos que componen la estructura de la edificación debe hacerse para la combinación de carga crítica.

2.5.1.1. Elementos No Estructurales

Para el cálculo de las cargas muertas producidas por materiales de construcción no estructurales, estos elementos se dividen en horizontales y verticales.

2.5.1.1.1 Elementos No Estructurales Horizontales

Los elementos no estructurales horizontales son aquellos cuya dimensión vertical es substancialmente menor que sus dimensiones horizontales, y están aplicados, soportados, fijados o anclados a las losas o a la cubierta de la edificación. Estos elementos incluyen, entre otros: formaletería permanente para losas o viguetas, morteros de afinado de piso, rellenos de piso, acabados de piso, rellenos en cubiertas inclinadas, elementos de cubiertas, tejas, membranas impermeables, aislamientos térmicos, claraboyas, cielo raso, alistados, y ductos para servicios.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de la Investigación

El presente proyecto es de enfoque cuantitativo porque se trabajó con herramientas de cálculos para el análisis estructural. Los parámetros estructurales son respuesta del manejo y aplicación del software Etabs que permitió obtener resultados de resistencia ante eventos sísmicos analizando la capacidad de los elementos estructurales.

3.2. Alcance de la Investigación

Es de tipo descriptivo porque mediante el software Etabs se procedió a realizar un análisis estructural para la obtención de datos de resistencias estructurales. Luego se trabajó en un entorno colaborativo para gestionar la información mediante el uso de metodología BIM.

3.3. Técnica e Instrumentos para Obtener los Datos:

Debido al tipo de enfoque se optó por el uso de las siguientes técnicas:

Tabla 4. *Técnicas e Instrumentos a utilizar.*

<i>Técnicas</i>	<i>Instrumentos</i>
<ul style="list-style-type: none">• Encuesta.• Observación.• Programas.	<ul style="list-style-type: none">• Cuestionario.• Planos arquitectónicos.• Etabs y Revit.

Fuente: (Toapanta & Troya, 2022).

Se aplicaron dos tipos de técnicas para el desarrollo del presente proyecto las cuales fueron: la observación y la encuesta. La particular de este tipo de técnicas es que permitió obtener una información real y actual sobre el conocimiento de BIM (Building Information Managamen) en el sector de la construcción específicamente en la zona de estudio.

3.3.1. Observación

Los planos arquitectónicos son de gran aporte para tener conocimiento o idea sobre cómo empezar a realizar el diseño estructural. Este tipo de técnicas permitió conocer ciertas características del proyecto que ayudan al diseño para su ejecución.

3.3.2. Encuesta

Se realizó una encuesta dirigida a un grupo específico que conforma la institución “Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas” (CICG) acerca de los programas que actualmente influyen para el diseño y ejecución de una edificación.

3.4. Presentación y Análisis de Resultados

En el presente proyecto se optó por un sistema de pórticos especiales resistentes a momentos que es capaz de resistir deformaciones inelásticas cuando están expuestas a fuerzas resultantes causadas por el mismo diseño. Soporta mayor capacidad de disipación de energía por lo tanto se diseña con parámetros de respuesta elevado logrando que la estructura sea dúctil y estable.

Conforme a los planos arquitectónicos de la edificación, se definió los ejes y se pre - dimensionó cada uno de los elementos estructurales.

Tabla 5. Normas y códigos de diseño.

<i>Normativa</i>	<i>Descripción</i>
NEC -15	Normativa Ecuatoriana de la Construcción.
NSR 10	Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente
ACI 318 – 14	Building Code Requirements for Structural Concrete.
ASCE 7-16	American Society of Civil Engineers

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

3.4.1. Especificaciones Técnicas de Materiales

Tabla 6. *Propiedades mecánicas de los materiales.*

<i>Propiedades mecánicas de los materiales</i>		
1	Resistencia del hormigón a la compresión a los $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ 28 días	
2	Módulo de elasticidad del hormigón	$E= 252671.33 \text{ kg/cm}^2$
3	Módulo de Poisson del hormigón	$V= 0.20$
4	Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo	$f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$
5	Factores de sobre resistencia acero de refuerzo	$R_y= 1.25; R_t= 1.2$
6	Módulo de elasticidad del acero de refuerzo	$E= 2100000 \text{ kg/cm}^2$
7	Módulo de Poisson del acero de refuerzo	$V= 0.3$
8	Esfuerzo de fluencia del acero estructural	$F_y= 2530 \text{ kg/cm}^2$
9	Factores de sobre resistencia acero estructural	$R_y= 1.50; R_t= 1.20$

Nota: Los valores de sobre resistencia se tomaron de Steel and Steel reinforcement Materials del AISC 341-16.

Fuente: (AISC 341-16).

Tabla 7. *Pesos específicos de los materiales.*

<i>Pesos específicos de los materiales</i>		
1	Hormigón estructural	2400 kg/m^3
2	Acero estructural	7850 kg/m^3
3	Acero de refuerzo	7850 kg/m^3
4	Bloques de hormigón	1200 kg/m^3
5	Mortero	2000 kg/m^3

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

3.4.2. Evaluación de Cargas Estructurales

Las cargas o acciones estructurales son las que producen una fuerza o deformación en los elementos estructurales. Las acciones que actúan sobre el sistema estructural durante la vida útil son: carga muerta, carga viva y carga accidental.

3.4.2.1. Carga Muerta. Son aquellas que actúan de forma permanente en la estructura y no cambian con el tiempo. Se considera al peso propio de la estructura, los elementos estructurales (viga, losa, etc.) y no estructurales (cubierta, sistema eléctrico, etc.).

Para el cálculo, se utilizan los planos arquitectónicos para determinar el valor total de carga muerta que baja por la estructura estas equivalen a la suma de paredes, instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias, tumbados, baldosas.

Cada carga evaluada fue considerada bajo varios criterios técnicos que se detallan a continuación:

➤ **NEC**

Peso de paredes

Para determinar el cálculo de paredes, se hizo la comparación entre 2 normativas, la NEC (Ecuador) y la NSR-10 (Colombiana).

Tabla 8. *Peso paredes (NEC).*

<i>NEC</i>					
Niveles	Altura (m)	Área (m ²)	Ancho de Paredes (ml)		
			0.1	0.2	0.3
Sub - suelo	5.2	97.6	13.80	5.40	
	3.04		21.15	23.45	
Planta baja	2.8	120.4	52.80	21.00	11.60
Planta alta	2.7	132.94	51.91	21.86	13.65
Cubierta	2.3	127.76	18.40	6.20	
	1.15		35.25	4.10	

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

- Los valores de altura, área y ancho de paredes se obtuvieron por medio de los planos arquitectónicos del proyecto.

Tabla 9. *Peso paredes (NEC).*

Niveles	Peso (kg)			TOTAL (kg)	Carga (kg/m ²)
	0.1	0.2	0.3		
Subsuelo	12,916.80	10,108.80		60,262.56	617
	11,573.28	25,663.68			
Planta baja	26,611.20	21,168.00	17,539.20	65,318.40	543
Planta alta	25,228.26	21,247.92	19,901.70	66,377.88	499
Cubierta	7,617.60	5,133.60		21,745.35	170
	7,296.75	1,697.40			

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

- $Peso (kg) = altura(m) * longitud(m) * espesor(m) * 1800kg/m^3$
- Se realizó la sumatoria de pesos por niveles.
- $Carga\ total = Peso\ por\ niveles / \text{Área}$

➤ **NSR**

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) con respecto a la evaluación de cargas muertas, tiene especificaciones técnicas más detalladas y con valores más moderados.

Para el análisis de cargas se tomó los valores del NSR - 10 Título B - Cargas del Capítulo B.3 Cargas Muertas como se observa en la figura 6.

Componente	Carga (kN/m ²) por m ² de superficie vertical (multiplicar por la altura del elemento en m para obtener cargas distribuidas en kN/m)	Carga (kgf/m ²) por m ² de superficie vertical (multiplicar por la altura del elemento en m para obtener cargas distribuidas en kgf/m)
Muros		
Exteriores de paneles (postes de acero o madera):		
Yeso de 15 mm, aislado, entablado de 10 mm	1.00	100
Exteriores con enchape en ladrillo	2.50	250
Mampostería de bloque de arcilla:	<i>Espesor del muro (en mm)</i> 100 150 200 250 300	<i>Espesor del muro (en cm)</i> 10 15 20 25 30
Pañetado en ambas caras	1.80 2.50 3.10 3.80 4.40	180 250 310 380 440
Sin pañetar	1.30 2.00 2.60 3.30 3.90	130 200 260 330 390
Mampostería de bloque de concreto:	<i>Espesor del muro (en mm)</i> 100 150 200 250 300	<i>Espesor del muro (en cm)</i> 10 15 20 25 30
Sin relleno	1.40 1.45 1.90 2.25 2.60	140 145 190 225 260
Relleno cada 1.2 m	1.70 2.25 2.70 3.15	170 225 270 315
Relleno cada 1.0 m	1.80 2.30 2.80 3.30	180 230 280 330
Relleno cada 0.8 m	1.80 2.40 3.00 3.45	180 240 300 345
Relleno cada 0.6 m	2.00 2.60 3.20 3.75	200 260 320 375
Relleno cada 0.4 m	2.20 2.90 3.60 4.30	220 290 360 430
Todas las celdas llenas	3.00 4.00 5.00 6.10	300 400 500 610
Mampostería maciza de arcilla:	<i>Espesor del muro (en mm)</i> 100 150 200 250 300	<i>Espesor del muro (en cm)</i> 10 15 20 25 30
Sin pañetar	1.90 2.90 3.80 4.70 5.50	190 290 380 470 550
Mampostería maciza de concreto:	<i>Espesor del muro (en mm)</i> 100 150 200 250 300	<i>Espesor del muro (en cm)</i> 10 15 20 25 30
Sin pañetar	2.00 3.10 4.20 5.30 6.40	200 310 420 530 640

Figura 9. Cargas mínimas de elementos no estructurales verticales-muros.
Fuente: (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)

- Se escogió el componente de mampostería de bloque de concreto con relleno cada 1.2m.

Tabla 10. Peso paredes (NSR).

Niveles	Altura (m)	Área (m ²)	NSR		
			Ancho de Paredes (ml)		
			0.1	0.2	0.3
Subsuelo	5.2	97.6	13.80	5.40	
	3.04		21.15	23.45	
Planta baja	2.8	120.4	52.80	21.00	11.60
Planta alta	2.7	132.94	51.91	21.86	13.65
Cubierta	2.3	127.76	18.4	6.20	
	1.15		35.25	4.10	

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

- Los valores de altura, área y ancho de paredes se obtuvieron por medio de los planos arquitectónicos del proyecto.

Tabla 11. *Peso paredes (NSR).*

Niveles	Peso (kg)			TOTAL	Carga (kg/m ²)
	0.1	0.2	0.3		
Subsuelo	10,046.40	6,318.00		41,405.64	424.24
	9,001.44	16,039.80			
Planta baja	20,697.60	13,230.00	10,231.20	44,158.80	366.77
Planta alta	19,621.98	13,279.95	11,609.33	44,511.26	334.82
Cubierta	5,924.80	3,208.50		9,133.30	71.49

Fuente: (Toapanta & Troya, 2022).

- $Peso (kg) = altura(m) * espesor(m) * coeficiente$
(este coeficiente depende del espesor de cada pared)
- Se realizó la sumatoria de pesos por niveles.
- $Carga\ total = Peso\ por\ niveles / \acute{A}rea$

Peso de pisos

Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales horizontales – pisos

Componente	Carga (kN/m ²) m ² de área en planta	Carga (kgf/m ²) m ² de área en planta
Pisos y acabados		
Acabado de piso en concreto	0.0200 (por mm de espesor)	20 (por cm de espesor)
Afinado (25 mm) sobre concreto de agregado pétreo	1.50	150
Baldosa cerámica (20 mm) sobre 12 mm de mortero.	0.80	80
Baldosa cerámica (20 mm) sobre 25 mm de mortero.	1.10	110
Baldosa sobre 25 mm de mortero	1.10	110
Bloque de asfalto (50 mm), sobre 12 mm de mortero	1.50	150
Bloque de madera (75 mm) sin relleno	0.50	50
Bloque de madera (75 mm) sobre 12 mm de mortero	0.80	80
Durmientes de madera, 20 mm	0.15	15
Madera densa, 25 mm	0.20	20
Mármol y mortero sobre concreto de agregado pétreo	1.60	160
Piso asfáltico o linóleo, 6 mm	0.05	5
Pizarra	0.030 (por mm de espesor)	30 (por cm de espesor)
Terrazzo (25 mm), concreto 50 mm	1.50	150
Terrazzo (40 mm) directamente sobre la losa	0.90	90
Terrazzo (25 mm) sobre afinado en concreto	1.50	150

Figura 10. *Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales horizontales-pisos.*

Fuente: (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)

La carga establecida por la NSR-10 es muy alta con un espesor de 25mm para el mortero como se observa en la figura 7. A nuestro criterio se consideró solo un espesor de 20mm para la pega de las cerámicas. Además, se tomó en cuenta el tipo de acabado que tendrá cada piso y para este caso se optó por una cerámica marmoleado con dimensiones de 45x45 cm por pieza para todos los niveles.



Figura 11. Cerámica marmoleada 45x45 cm.
Fuente: (Graiman, 2022).

Tabla 12. *Peso del piso.*

<i>Elementos</i>	<i>Carga (kg/m²)</i>
Cerámica marmoleada	17.39
Mortero (20mm)	44
TOTAL	61.39

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

- $Mortero = 2200 \frac{kg}{m^3} * espesor(m)$

- **Peso del tumbado**

Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales horizontales – Cielo raso

<i>Componente</i>	<i>Carga (kN/m²) m² de área en planta</i>	<i>Carga (kgf/m²) m² de área en planta</i>
<i>Cielo raso</i>		
Canales suspendidas de acero	0.10	10
Ductos mecánicos	0.20	20
Entramado metálico suspendido afinado en cemento.	0.70	70
Entramado metálico suspendido afinado en yeso.	0.50	50
Fibras acústicas	0.10	10
Pañete en yeso o concreto	0.25	25
Pañete en entramado de madera	0.80	80
Tableros de yeso	0.0080 (por mm de espesor)	8 (por cm de espesor)
Sistema de suspensión de madera.	0.15	15

Figura 12. Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales horizontales-Cielo raso.

Fuente: (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Se tomó el coeficiente del componente tableros de yeso con un peso de 8kgf/m² como se observa en la figura 9.

Los valores finales o cargas por piso se detallan a continuación en las siguientes tablas:

Tabla 13. Carga muerta Subsuelo.

<i>Carga Muerta</i>	<i>Kg/m²</i>
Paredes	425
Acabados pisos	62
Tumbado	8
TOTAL	495

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

Tabla 14. Carga muerta Planta baja

<i>Carga Muerta</i>	<i>Kg/m²</i>
Paredes	370
Acabados pisos	62
Tumbado	8
TOTAL	440

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

Tabla 15. Carga muerta Planta Alta

<i>Carga Muerta</i>	<i>Kg/m2</i>
Paredes	335
Acabados pisos	62
Tumbado	8
TOTAL	405

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

Tabla 16. Carga muerta Cubierta

<i>Carga Muerta</i>	<i>Kg/m2</i>
Paredes	125
Acabados pisos	62
Tumbado	8
TOTAL	195

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

3.4.2.2. Carga Viva. Son aquellas que sí varían en el tiempo y dependen del uso y ocupación de la edificación.

- Se considera cargas variables asociadas al funcionamiento de la estructura, basada de la NEC-SE-CG, para residencias (200 kg/m²) y para cubierta (100 kg/m²).

3.4.2.3. Carga Accidental. Son aquellas cargas externas que suceden de manera eventual durante la vida útil de la edificación. La acción sísmica se aplica a través de un espectro de diseño en función de algunos parámetros:

3.4.3. Zona Sísmica

La Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC – 15), toma en consideración el potencial sísmico como una posibilidad de excedencia de un 10% en 50 años (periodo de retorno de 475 años) mediante un mapa que muestra las iso – aceleraciones para conocer un valor “Z” correspondiente a cada zona sísmica del país. Este valor se simboliza como la aceleración máxima

esperada en la roca para un sismo de diseño, expresado como fracción de la aceleración de la gravedad.

Considerando la ubicación geográfica del proyecto (Guayaquil) y con referencia al mapa de Zonificación Sísmica para Diseño (NEC-2015), el sitio de estudio se encuentra en la Zona Sísmica V, lo cual representa un factor Z de 0.40 g de aceleración máxima esperada en roca.

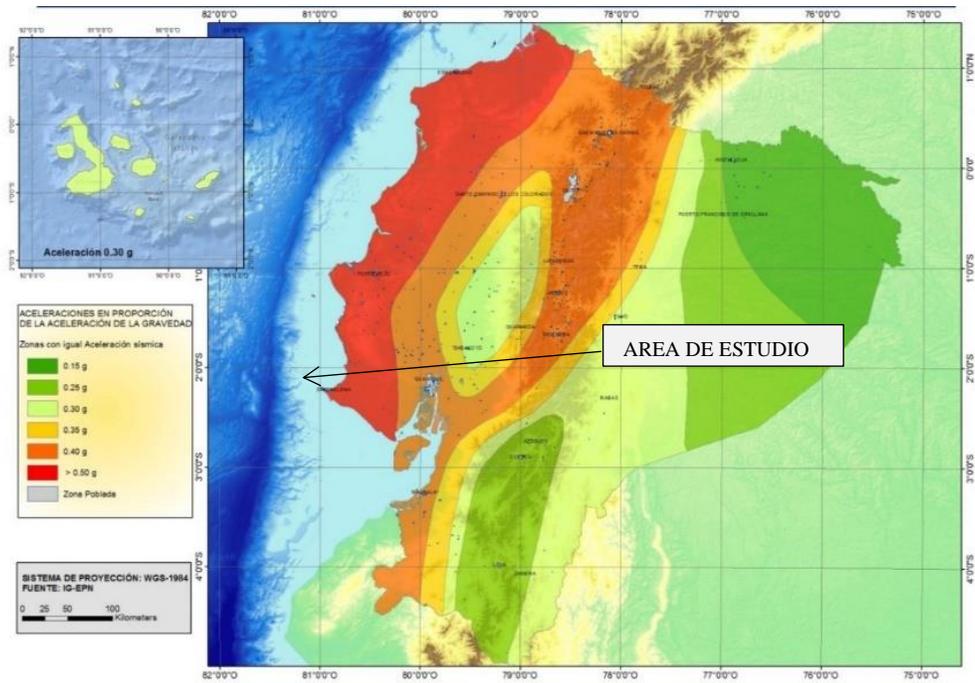


Figura 13. Zonificación Sísmica.
Fuente: (NEC, 2015).

Tabla 17. Factores Z en función de la zona sísmica adoptada.

Factores Z en función de la zona sísmica adoptada						
Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: (NEC, 2015).

3.4.4. Perfil de Suelo

En la NEC se definen seis tipos de perfiles de suelos para valorar los efectos locales de la respuesta sísmica. Los efectos locales de la respuesta sísmica de la edificación deben evaluarse en base al perfil del suelo, independientemente del tipo de cimentación. Los parámetros utilizados son los correspondientes a los 30 metros superiores del perfil litológico.

Tabla 18. *Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipo C, D, E según NEC-15.*

Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipo C, D, E según NEC-15			
TIPO DE PERFIL	V _s	N o Nch	Su
C	Entre 360 y 760 m/s	Mayor que 50	Mayor de 100 KPa
D	Entre 180 y 360 m/s	Entre 15 y 50	Entre 100 y 50 KPa
E	Menor de 180 m/s	Menor que 15	Menor que 50 KPa

Fuente: (NEC, 2015).

La resistencia mínima de diseño se basa en las fuerzas sísmicas determinadas a partir del espectro elástico de aceleraciones, considerando las condiciones sismológicas, tectónicas, geológicas y el tipo de suelo referentes con el sitio donde se asentará la estructura.

Teniendo en cuenta la ubicación geográfica del proyecto, la norma ecuatoriana recomienda los coeficientes de perfil de suelo, de tres tipos:

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4					

Figura 14. F_a : Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto.
Fuente: (NEC, 2015).

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Figura 15. F_a : amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca.
Fuente: (NEC, 2015).

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Figura 16. F_s : comportamiento no lineal de los suelos.
Fuente: (NEC, 2015).

El modelo matemático de este espectro se muestra en la figura siguiente:

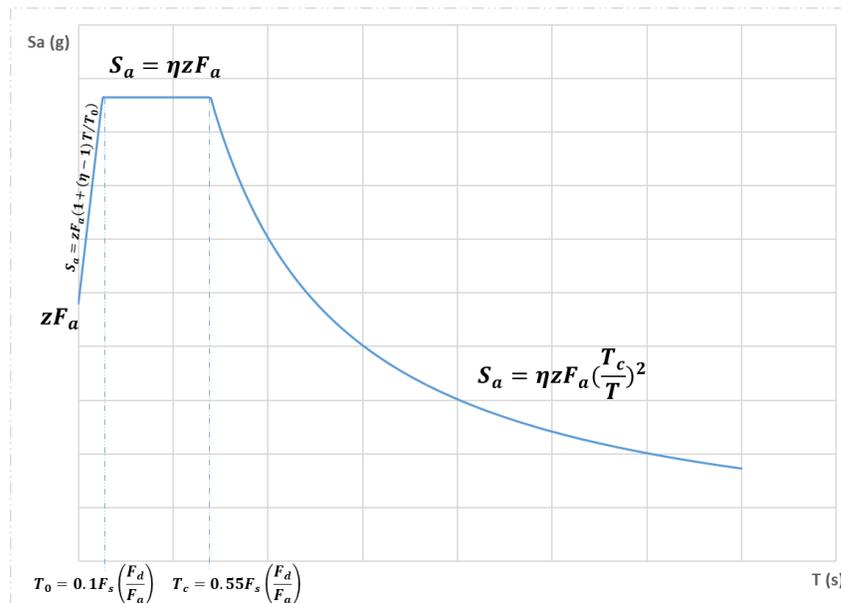


Figura 17. Modelo matemático.
Fuente: (NEC, 2015).

Dónde:

η = Relación entre la aceleración espectral S_a y el PGA para el periodo de retorno seleccionado y varía dependiendo de la región donde se ubica el proyecto:

$\eta=1.80$ para Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas)

$\eta=2.48$ para Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos

$\eta= 2.60$ para Provincias del Oriente

Fa= Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.

Fd= Coeficiente de amplificación de suelo, amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.

Fs= Coeficiente de amplificación de suelo, considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del periodo del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos.

Sa= Espectro de respuesta elástico de aceleraciones, depende del periodo o modo de vibración de la estructura.

T= Periodo fundamental de vibración de la estructura

To=Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

Tc= Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

Z= Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad, g.

r = Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyo valor depende de la ubicación geográfica del proyecto: $r=1$ para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E; y $r=1.5$ para suelo tipo

Este espectro presentado será ingresado al modelo estructural, teniendo en consideración los parámetros de ductilidad $R=8$, de importancia $I=1.00$ y factores de irregularidad en planta y elevación $\Phi_p=1$ $\Phi_e=0.9$.

3.4.5. Desarrollo y Aplicación de softwares colaborativos

Consiste en la selección del modelo teórico y analítico factible de ser analizado con procedimientos de cálculos disponibles con la mínima demanda computacional posible.

Se estableció un flujo de trabajo donde primero se toma el diseño arquitectónico para visualizar las irregularidades que tiene la edificación y definir ejes para luego realizar el modelo y análisis sísmico en Etabs. Posteriormente realizar los planos estructurales en Revit y finalizar con un presupuesto referencial de la cantidad de acero prevista para la estructura.

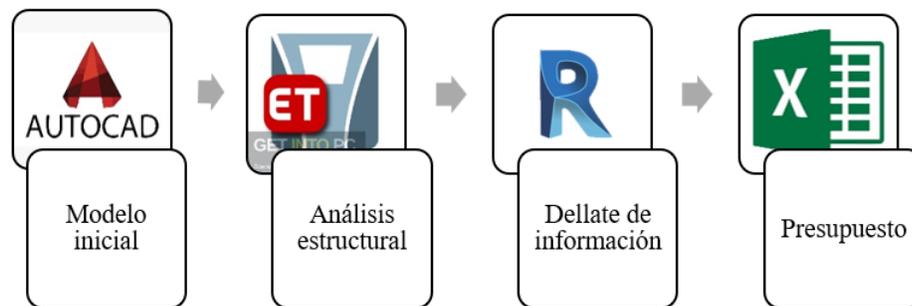


Figura 18. Flujo de trabajo del presente proyecto.

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

3.4.5.1. Pre-Dimensionamiento de Elementos Estructurales

3.4.5.1.1. Columnas

Se inició con el modelado de las columnas colocando su pre-dimensionamiento del elemento estructural según el criterio técnico. Se toma en cuenta el tipo de material con dimensión de 45x45cm.



Figura 19. *Pre-Dimensionamiento de columnas.*
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

3.4.5.1.2. Vigas

Posteriormente con el modelado de las vigas colocando su pre-dimensionamiento del elemento estructural. Se toma en cuenta de igual forma el tipo de material con dimensión de 30x40cm.

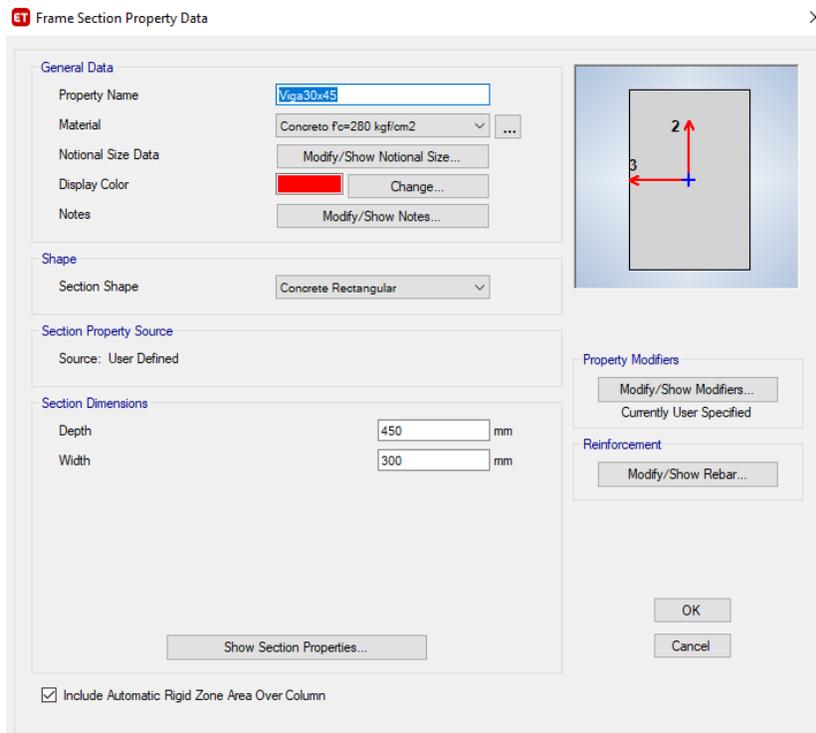


Figura 20. *Pre-Dimensionamiento de vigas.*
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

3.4.5.2. Asignación de cargas gravitacionales

Se empezó con definir las cargas gravitacionales del modelo de Etabs para el análisis estructural, tomando en cuenta el tipo de nivel de la estructura, convencionalmente se aplica estos valores de carga de manera igualitaria hacia todos los niveles a excepción del último nivel. Los niveles superiores generalmente son aprovechados para diferentes áreas de uso, es decir que las cargas pueden que disminuyan o aumente a su vez.

Las cargas muertas como vivas fueron obtenidos en el pre-dimensionamiento inicial de los principales elementos estructurales tomado como sistemas de pórticos (Losa, viga y columna). En las Tabla 19 se hace visible la definición de las cargas a considerar a cada piso del sistema estructural.

Tabla 19. *Definición de las cargas gravitacionales.*

Cargas muertas	
Pisos	Kg/m²
Subsuelo	495
Planta Baja	440
Planta Alta	405
Terraza	195

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

3.4.5.3. Definición de inercias agrietadas a elementos estructurales.

El hormigón siempre va presenta fisuras desde su etapa inicial de endurecimiento, debido que la perdida humedad propia del material genera estas fisuras al igual los cambios de temperatura que presenta en diferentes épocas anuales que presenta una contracción y dilatación del elemento estructural o cualquier tipo de condiciones que se presenta al instante de su elaboración. La NEC propone factores de reducción según el tipo de elemento estructural para contemplar estos agrietamientos en el hormigón que es sinónimo de una perdida de rigidez de la sección y son más visibles cuando los elementos están sometidos a esfuerzos de flexión. A continuación, en la Figura 21 y Figura 22, se muestra los factores de inercia a considera la disipar el agrietamiento en vigas y columnas.

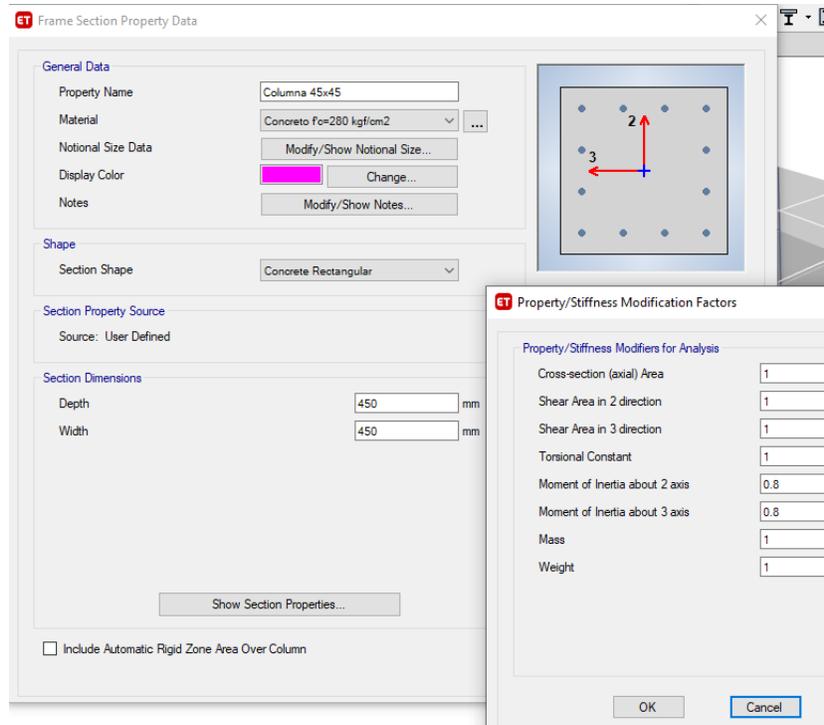


Figura 21. Definición de inercias agrietadas 0.8 para columnas en Etabs.
 Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

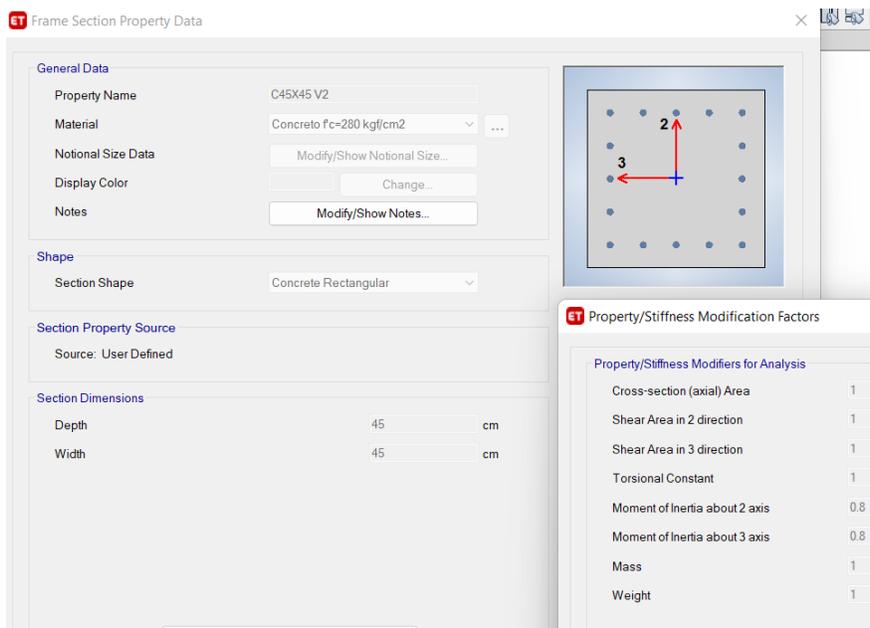


Figura 22. Definición de inercias agrietadas 0.8 para vigas en Etabs.
 Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

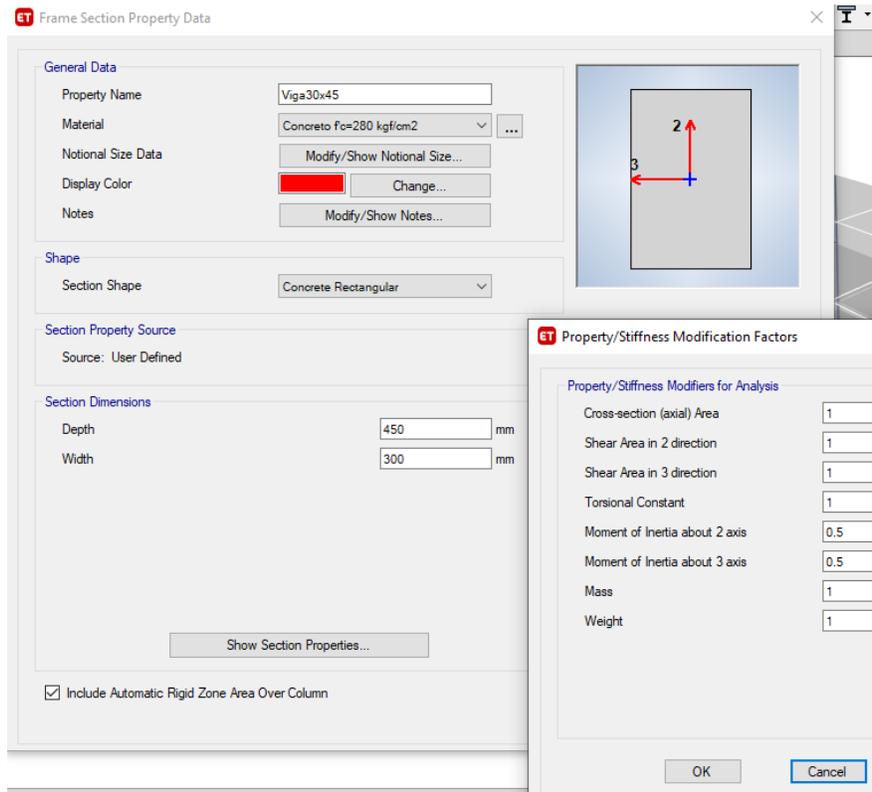


Figura 23. Definición de inercias agrietadas 0.5 para vigas en Etabs.
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

3.4.5.4. Asignación de diafragmas

Sobre la edificación existe fuerzas horizontales que son generadas de un sismo. Los elementos verticales que conforma la estructura están sujetos a la rigidez del diafragma del sistema estructural, que aparece por la distribución de las fuerzas sísmicas. Además, las grandes áreas de losas pueden generar esta abertura en el diafragma provocado una gran flexibilidad en este, si existe este caso no se recomienda la idealización de un diagrama rígido.

En este sentido, la edificación cuenta con plantas regulares de un sistema de pórticos y un porcentaje inferior de áreas de losas con respecto al área total que se maneja en cada nivel, se admite el comportamiento de un diafragma rígido para el sistema de piso. Se indica en la Figura 24 la asignación del diafragma rígido por nivel para el modelado estructural realizado en Etabs.

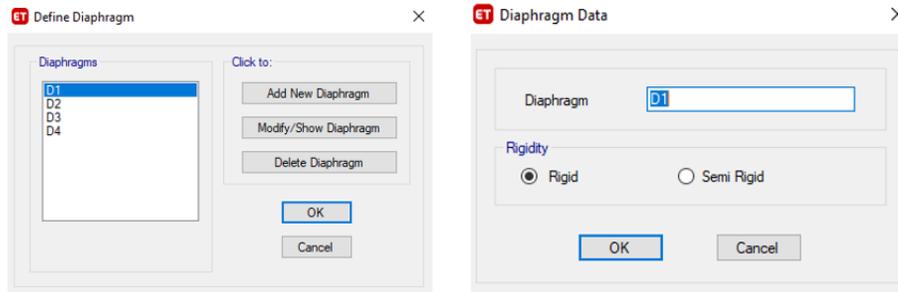


Figura 24. Definición del diafragma rígido en Etabs.

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

3.4.5.5. Definición de brazos rígidos

La zona de intersección en un modelado estructural está relacionada entre dos elementos estructurales que son vigas y columnas, esta acción se conocida como brazo rígido y el software Etabs es capaz de definir un factor de rigidez. Lo mencionado es aplicable en casos que el usuario no quiere la aplicación de una rigidez infinita. Al no existir un valor establecido del factor de rigidez, técnicamente se opta tomar un factor 0.85 expresado en las Figura 25 y Figura 26.

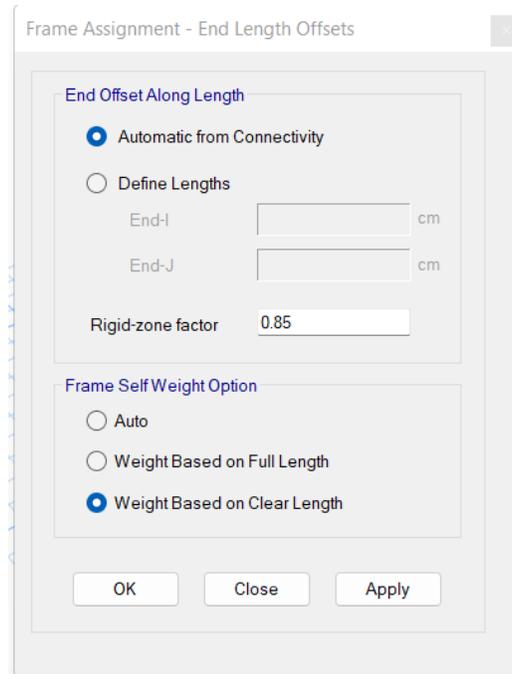


Figura 25. Definición de brazos rígidos en Etabs.

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

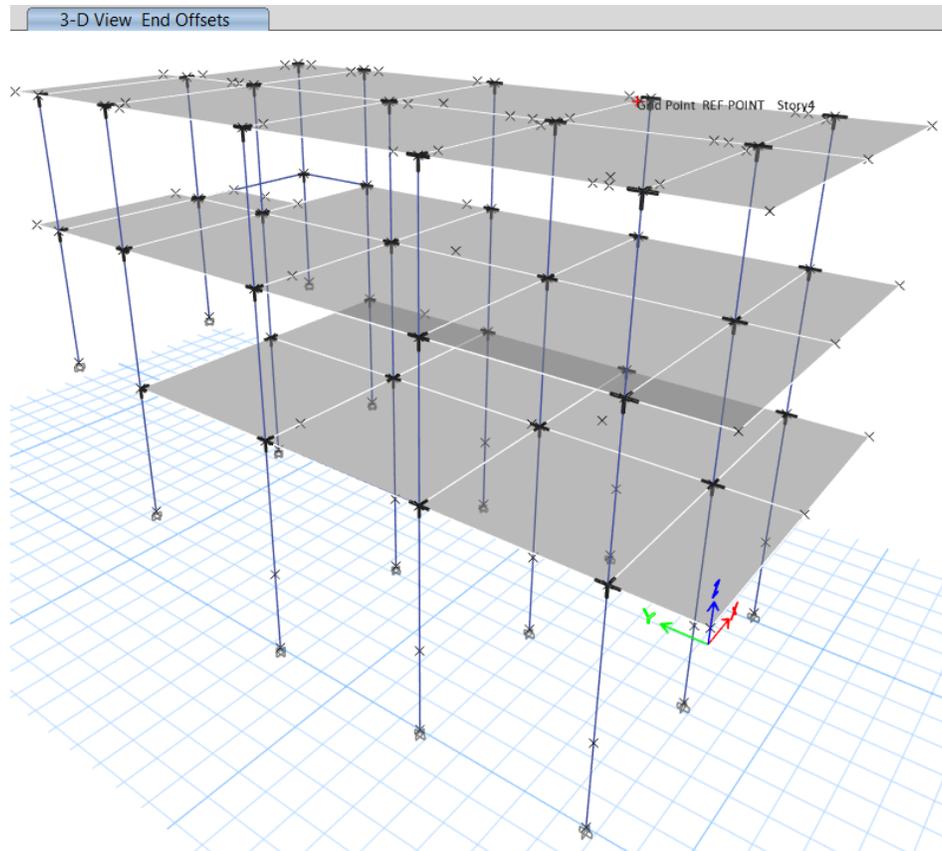


Figura 26. Visualización de brazos rígidos en Etabs.
 Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

3.4.5.6. Análisis Sísmico de Fuerzas Equivalentes

Para realizar un análisis sísmico de fuerzas equivalentes se requiere determinar el cortante basal que la estructura deberá ser capaz de soportar. La NEC en su Capítulo 2 describe el procedimiento para hallar el cálculo del cortante basal, lo cual solo es necesario representar los valores hallados en referencia a los parámetros, mostrando un valor directo.

3.4.5.6.1. Factor de importancia.

El uso del edificio es netamente de uso habitacional como residencia se lo encasilla en la categoría I, lo que significa que tiene un factor de importancia de:

$$I = 1$$

3.4.5.6.2. Factor de reducción de resistencia sísmica.

Se optó por un sistema estructural de pórticos que es resistente a momentos de hormigón armado, el cual le asigna un factor de 8.

$$R = 8$$

3.4.5.6.3. Coeficientes de irregularidades

La edificación mantiene una geometría estructural irregular debido que su diseño arquitectónico es moderno, el cual la distribución de áreas de la resistencia varía un poco. Existe una pequeña discontinuidad en los niveles por motivo que cada piso hay áreas distintas. Específicamente en el nivel de subsuelo tiene el área menor de toda la edificación existe una sección que es casi el doble de altura por condiciones de pendiente que representa el terreno que a su vez fueron aprovechadas en el diseño arquitectónico.

Se presenta una irregularidad geométrica Tipo 3 debido a que la dimensión longitudinal del piso 1 (16.20m) superó en un 30% la longitud del piso adyacente inferior (12.20m) por lo tanto se considera un coeficiente de:

$$\phi E = 0.90$$

3.4.5.6.4. Pseudo-aceleración espectral

Para el diseño de la edificación se consideró ubicación la ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas, siendo esta ubicada en la región Costa el País que es altamente sísmica. Según la NEC se encuentra en la Zona V que para esa zona se asigna un factor Z de 0.4. Según el suelo de la zona encontramos un tipo C. Con estos datos de tipo de suelo y factor Z se logra determinar los coeficientes de perfil de suelo F_a , F_d y F_s .

$$Z = 0.4$$

Tipo de suelo: C

$$F_a = 1.2$$

$$F_d = 1.1$$

$$F_s = 1.1$$

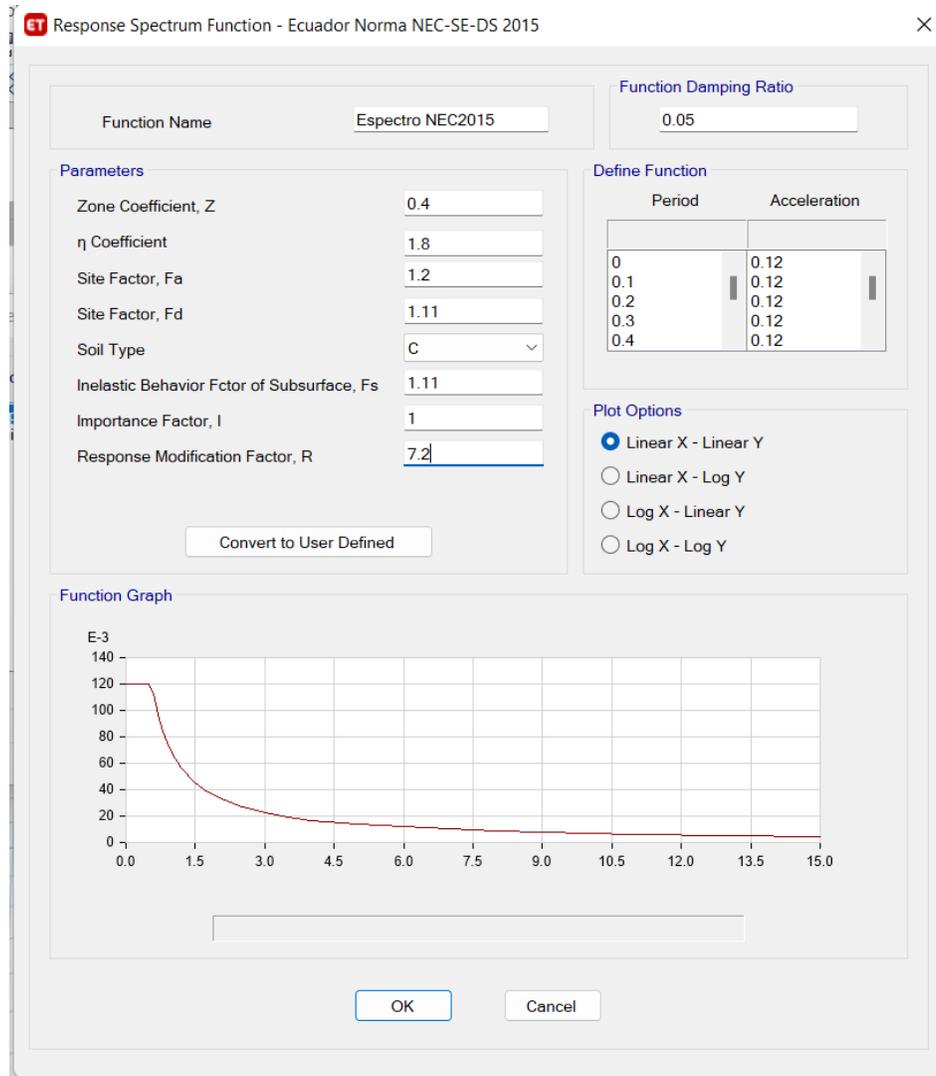


Figura 27. Espectros sísmicos diseñado por la NEC y aplicado en Etabs.
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

Como ya se mencionó la implementación del proyecto se encuentra en la zona costera de la provincia del Guayas se aplicó un espectro para esta zona del Ecuador. Posteriormente se realiza el trazado del grafico espectral con los parámetros recolectados por medio de las características del suelo y zona, empleados a continuación en referencia a las variables del periodo de vibración y la aceleración espectral.

$$\eta_r=1.80$$

$$T_0= 0.12$$

Se obtuvo los datos de aceleración espectral a partir del análisis del gráfico del espectro de aceleración de todas direcciones horizontales de la edificación, en referencias a los datos obtenidos por medio de un tipo de análisis modal aplicado. Por consiguiente, se representa los primeros modos de vibración cuando se manejan periodos fundamentales, debido al hecho de que generalmente solo se aplican cuando existe una mayor masa de la estructura.

3.4.5.6.5. *Peso sísmico*

Cuando se habla de peso sísmico generalmente es considerado como el 100% de la carga muerta de la edificación, adicionalmente a una pequeña parte de la carga viva. Es poco probable que se capaz en actuar en su totalidad en la presencia de un evento sísmico, debido que se hablan de cargas variadas entre sí en referencia al tiempo como otra variable.

El valor porcentaje de carga viva es variable según el reglamento los cuales son normatizados en cada país y referenciado de un reglamento base. La NEC considera un 25% de la carga en el caso si la estructura tiene como uso de funcionamiento de bodega o lugares que sean pacades de guardar artículos como almacenamiento. Por lo consiguiente, se toma en cuenta el uso esencial de la estructura del proyecto que destinado para uso residencial y se optó por trabajar con una normativa que no incremente los valores de carga muerta impuesta.

Se muestras en la Tabla 20 lo valores de carga muerta los cuales se incluyen el peso propio de los elementos estructurales, en cada nivel de la edificación. Todas las cargas estimadas se suman para obtener el peso sísmico de la edificación.

Tabla 20. *Cuantificación del peso sísmico.*

Cargas muertas	
Pisos	Kg/m²
Subsuelo	495
Planta Baja	440
Planta Alta	405
Terraza	195
TOTAL	1535

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

3.4.5.6.6. Cortante Basal

Para el cálculo de cortante basal o también llamado fuerza sísmica considerado en ambas direcciones horizontales se determinó por medio de la aplicación de factores como; factor de importancia (I), la aceleración del espectro de diseño (S_a), el factor de reducción (R), los coeficientes de irregularidades considerados y el peso sísmico de la estructura (W).

$$V_{est} = \frac{I * S_a(T_a)}{R * \phi_P * \phi_E} * W$$

Para definir el valor $S_a(T_a)$, Etabs nos brinda la aceleración espectral inicial, que es la multiplicación de los coeficientes $n * Z * F_a$, los datos se muestran en la Figura 28.

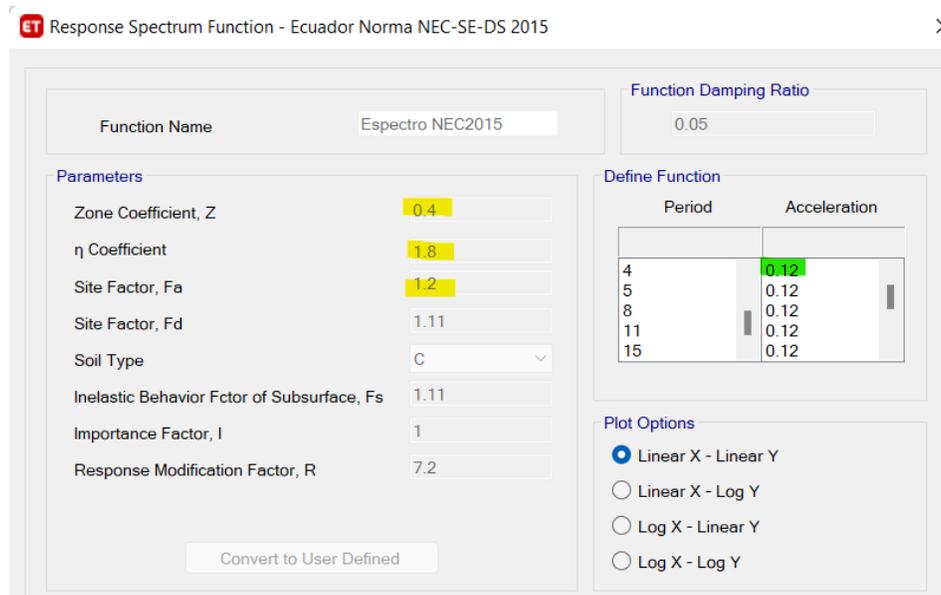


Figura 28. *Parámetros del espectro sísmico.*
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

En dirección del eje X y Y:

$$V_{est} = \frac{1 * 0.12}{8 * 1 * 0.9} * 331519.2$$

$$V_{est} = 39782.3 \text{ kgf}$$

3.4.5.7. Análisis Modal-Espectral

Para realizar este tipo de análisis se toma en cuenta únicamente 3 modos que las traslaciones en X, Y y rotacional en Z, aplicados a cada nivel de la edificación, debido la configuración de una de las plantas y pocos aberturas existentes y referencia al largo/ancho menor a dos, se idealizó un sistema de piso con un diafragma rígido. En la Figura 29 se puede evidenciar los datos obtenidos del análisis modal en el software Etabs.

Modal Case Data

General

Modal Case Name: Modal [Design...]

Modal Case SubType: Ritz [Notes...]

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Peso sismico

P-Delta/Nonlinear Stiffness

Use Preset P-Delta Settings: None [Modify/Show...]

Use Nonlinear Case (Loads at End of Case NOT Included)

Nonlinear Case: []

Loads Applied

Load Type	Load Name	Maximum Cycles	Target Dyn. Par. Ratio, %
Acceleration	UX	0	99
Acceleration	UY	0	99

[Add] [Delete]

Other Parameters

Maximum Number of Modes: 12

Minimum Number of Modes: 1

[OK] [Cancel]

Figura 29. Definición del caso modal en Etabs.
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

Se muestra en la Tabla 21 los periodos y masas participativas agrupa en una sumatoria en cada modo de vibración. Se obtuvo el total del 100% de la masa participativa en ambas direcciones horizontales seleccionadas, llegando al objetivo de cumplir lo que establece la NEC de poder llegar el 90% de la masa total.

Tabla 21. *Períodos y masas participativas.*

PARTICIPACIÓN MODAL DE MASA				
Case	Mode	Period (seg)	UX	UY
Modal	1	0.579	68.44%	0.07%
Modal	2	0.455	0.10%	82.39%
Modal	3	0.289	18.87%	0.02%
Modal	4	0.163	5.54%	0.13%
Modal	5	0.157	0.06%	15.22%
Modal	6	0.105	4.72%	0.00%
Modal	7	0.078	0.13%	0.39%
Modal	8	0.077	0.50%	0.11%
Modal	9	0.063	0.00%	0.00%
Modal	10	0.023	0.04%	1.60%
Modal	11	0.022	1.53%	0.05%
Modal	12	0.021	0.07%	0.01%
TOTAL			100.00%	99.99%

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

Paralelamente se define la fuerza sísmica dinámica que actúa sobre el edificio por medio del software Etabs tomado el espectro de respuesta inelástico que es aplicado inicialmente en el programa como primeros pasos para el análisis estructural como se puede demostrar en la Figura 30 y Figura 31. Se procedió a realizar el análisis estructural previamente definida la acción sismo-dinámica para encontrar el cortante basal.

ET Load Case Data

General

Load Case Name: Design...

Load Case Type: Response Spectrum Notes...

Mass Source: Previous (Peso sismico)

Analysis Model: Default

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Espectro NEC2015	13.6907
Acceleration	U2	Espectro NEC2015	4.107

Add Delete

Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms Modify/Show...

OK Cancel

Figura 30. Definición de la fuerza sísmica en dirección del eje X.
 Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

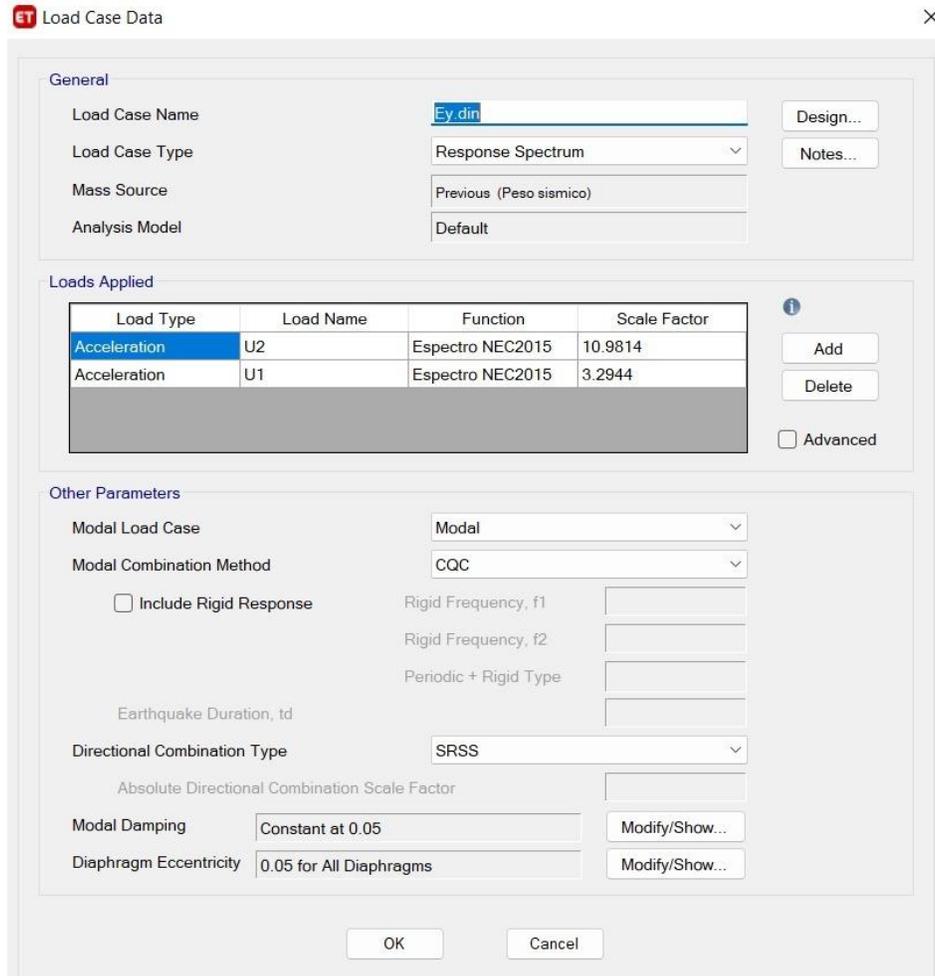


Figura 31. Definición de la fuerza sísmica en dirección del eje Y
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

Se presenta los resultados obtenidos del análisis de fuerzas sismo-dinámica. Finalmente, obtenido el cortante basal se procede a verificar según lo que está estipulado en las NEC para que no sea necesario un reajuste. El cortante obtenido debe ser menor al 80% en referencia al cortante calculado del análisis estático cuando se analizan una estructura regular en la Tabla 22, a continuación:

Tabla 22. Fuerzas sismo- dinámicas.

Fuerza	V _x (kgf)	V _x (kgf)	Verificación
SIS-DIN-X	37231.13	13743.79	Si cumple
SIS-DIN-Y	9078.27	36421.21	Si cumple

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

3.4.5.8. Control de derivas

Las edificaciones siempre esta propensas a daños estructurales representadas en niveles en función a los desplazamientos causados ante un evento sísmico, generar un peligro estructural y de los usuarios que hacen uso de la edificación. Por ello, se hizo uso de la normativa que establece límites que tiene el objetivo de disipar los altos niveles de daños en las construcciones que son sinónimos de altos costos de reparación o peor aún el colapso total de la edificación que sufren pérdidas materiales y humanas.

Normalmente, los desplazamientos son asociados en función de la altura de piso (derivadas) que deben ser inelásticos acorde a la definición que las estructuras sean sismorresistentes deben ser capaces de disipar la energía generada por un sismo. Se evidencia en la Tabla 23 lo impuesto por la NEC sobre los límites máximos establecidos para derivadas inelásticas de acuerdo con el tipo de sistema estructura seleccionado acorde a las necesidades por cubrir.

Tabla 23. *Deriva máxima según la NEC-2015.*

Estructuras de:	Δ_{MAX}
Hormigón armado, acero y de madera	0.02
Mampostería	0.01

Fuente: (NEC, 2015).

Etabs tiene la capacidad de proporcionar las derivadas elásticas, por tal motivo se aplica la multiplicación el 75% del factor R para el cálculo de derivadas inelásticas conforme a lo sugerido por la NEC.

Se realizó el cálculo de derivas máximas por cada nivel para posteriormente analizarlas con los límites establecidos por la NEC del 2%. Se muestra en las Tabla 24 y Table 25, el cálculo de las derivas inelásticas de cada sentido con la verificación del cumplimiento del límite máximo permitido en cada eje de la estructura estipulado por la NEC.

Tabla 24. Control de derivas en la dirección del eje X.

Control de deriva eje X-X' (cm)							
	Piso	Δx	R	Deriva elástica	Deriva inelástica	Deriva Max. NEC	Verificación
Cubierta	1144	2.75	7.2	0.0024	0.0130	0.02	Si cumple
Planta alta	844	2.25	7.2	0.0027	0.0144	0.02	Si cumple
Planta baja	520	1.41	7.2	0.0027	0.0146	0.02	Si cumple

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

Tabla 25. Control de derivas en la dirección del eje Y.

Control de deriva eje Y-Y' (cm)							
	Piso	Δy	R	Deriva elástica	Deriva inelástica	Deriva Max. NEC	Verificación
Cubierta	1144	1.61	7.2	0.0014	0.0076	0.02	Si cumple
Planta alta	844	1.12	7.2	0.0013	0.0072	0.02	Si cumple
Planta baja	520	0.6	7.2	0.0012	0.0062	0.02	Si cumple

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

3.4.5.9. Interoperabilidad entre Etabs y Revit

Una vez concluida el análisis estructural se tomó la modelación y posteriormente se exportó el archivo a Revit por medio de la CSixRevit. Esta herramienta ayuda en la transferencia de información de Etabs a Revit y de sentido contrario, no obstante, este tipo de herramienta requiere una previa instalación debido a que no forma parte del estado inicial del programa. El modelo principal realizado en Etabs del modelo analítico y el modelo realizado en Revit se lo puede visualizar en la Figura 32.

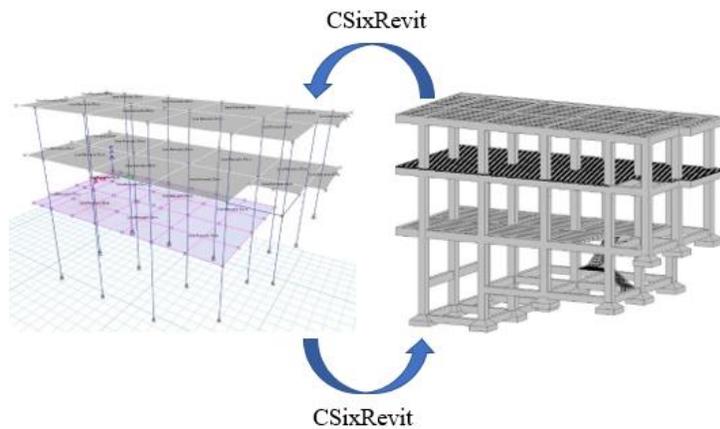


Figura 32. *Interoperabilidad entre Etabs y Revit.*
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

3.4.5.10. Diseño de columnas

Para el diseño de columnas el programa brinda una herramienta llamada “Concrete Frame Design” que automatiza los cálculos de área de acero que requiere el elemento estructural en referencia a las cargas consideradas que actúan sobre la estructura. Se muestra la localización de la herramienta en la Figura 33.

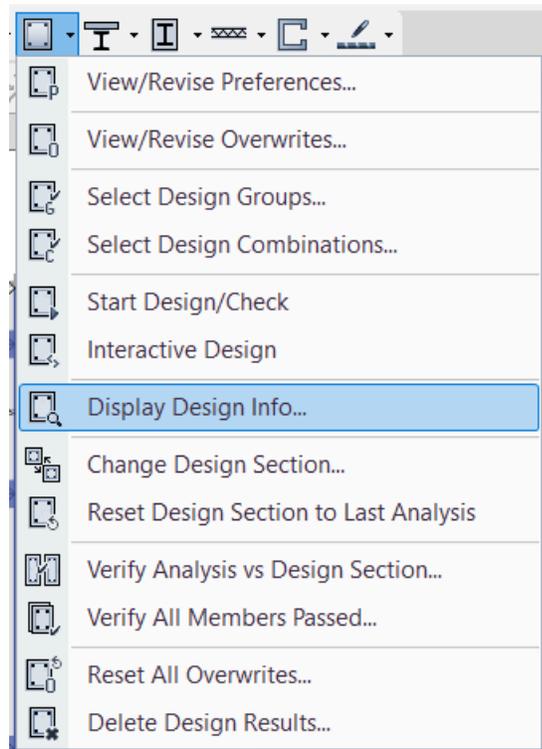


Figura 33. *Uso de la herramienta Concrete Frame Design para diseño de columnas.*
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

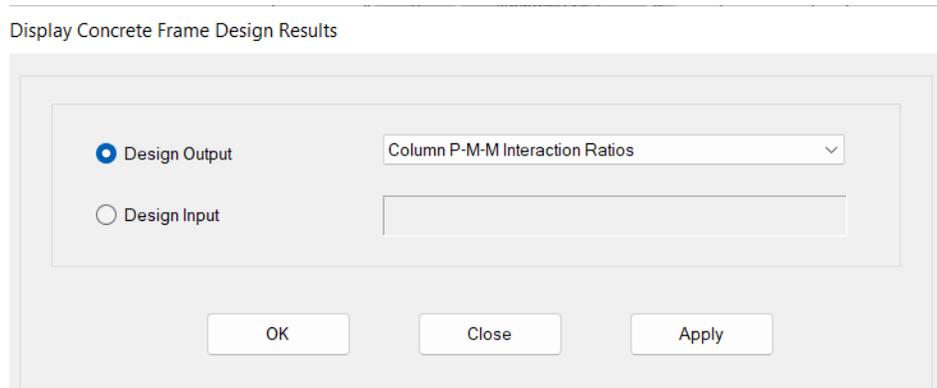


Figura 34. *Parámetros para evaluar.*
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

A continuación, se observa que el diseño cumple con los rangos de seguridad estructural que se pueden observar en la Figura 35.

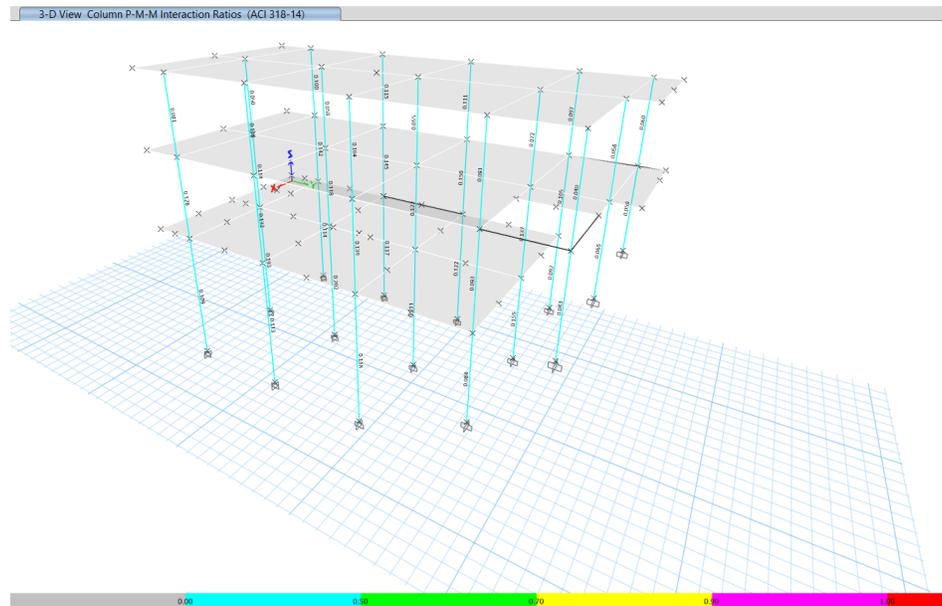


Figura 35: Verificación de resultados del diseño de las columnas.
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

3.4.5.10.1. *Diseño por flexocompresión*

Se usó las combinaciones definidas por Etabs y se retiró datos de demandas de carga de acciones y momentos provenientes del análisis del modelo estructural realizado por el software (ver Figura 37). Estas fuerzas

ayudan al evaluó de las columnas que analiza si es capaz de resistir dichas cargas.

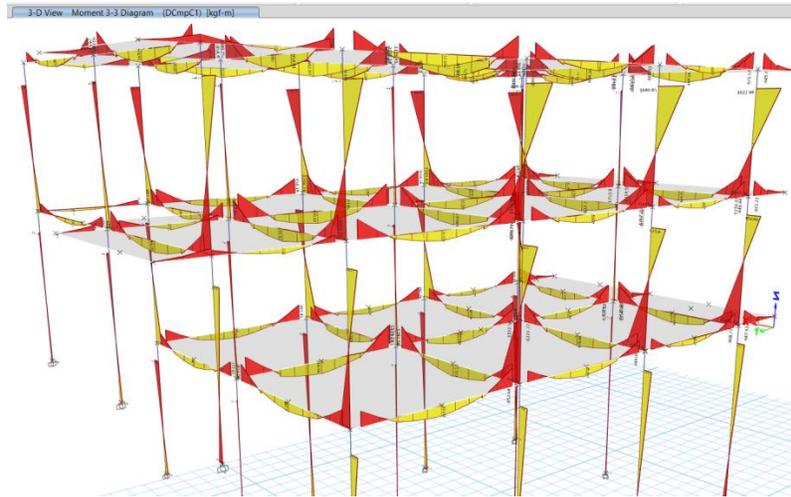


Figura 36. *Momentos flectores de los elementos estructurales.*
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

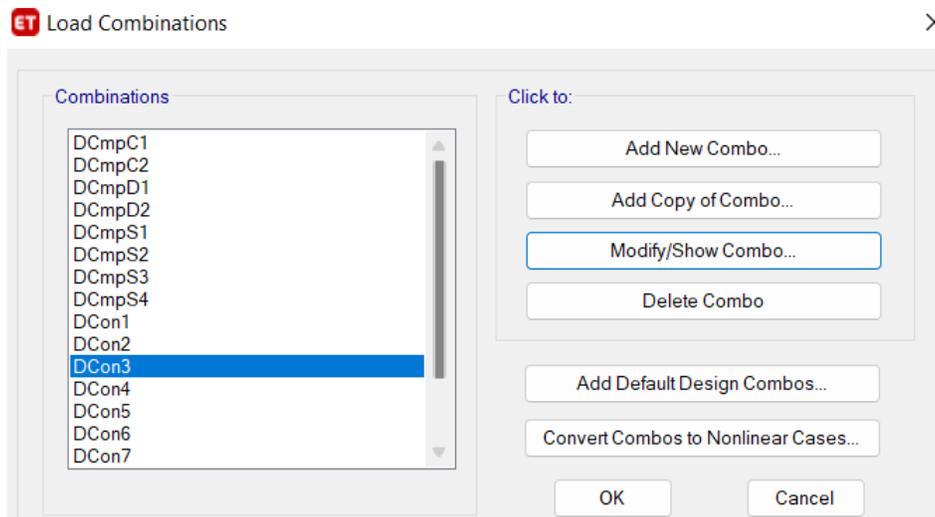


Figura 37. *Cargas combinadas consideradas para el diseño estructural aplicadas en Etabs.*
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

Para las columnas, se requirió el uso de diagrama de interacción que depende del armado del acero longitudinal y de las dimensiones de los materiales. Las normativas vigentes establecen que la cuantía mínima es de 1% y una cuantía máxima de 6% del acero, no obstante, para la

aplicación de un correcto bombeo del hormigón en elementos estructurales tipo columnas, no se recomienda aplicar cuantías superiores al 3%

3.4.5.10.2. *Diseño por confinamiento*

Debe existir un confinamiento especial a lo largo de una longitud llamada L_o considerada desde la cara de cada nudo. Por esta razón, es necesario encontrar el valor de esta distancia tomando en cuenta que no debe ser menor que las siguientes consideraciones:

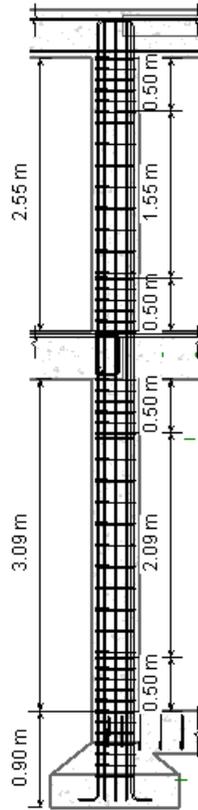
- La máxima dimensión de su sección transversal.
- Una sexta parte de la luz libre del elemento estructural.
- 450 (mm).

La distancia de los estribos en la longitud confinada L_o re deberá ser menor a los siguientes parámetros:

- La cuarta parte de la menor dimensión de la sección transversal del elemento.
- La distancia, donde esta separación no debe ser mayor a 150 mm y tampoco debe ser menor a 100 mm porque no es necesario.
- Seis veces el diámetro de la menor barra de esfuerzo longitudinal del elemento.

Por otra parte, la sección restante de la columna debe tener en su separación transversal estas consideraciones que no deben ser mayor a estos valores:

- Seis veces el diámetro de la menor barra de refuerzo longitudinal.
- 150 mm.



19 Elevación C6 y C7
1 : 50

Figura 38. *Detalle de elevación de la columna.*
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

3.4.5.10.3. *Diseño por corte*

Para este tipo de diseño se tomó en cuenta los momentos máximos que se desarrollan en la cara de los nodos, los refuerzos longitudinales son los responsables de generar estos momentos proporcionados a las vigas que se encuentra enlazadas en los nudos de la columna y de esta manera se logra cumplir con la condición de columna fuerte-viga débil.

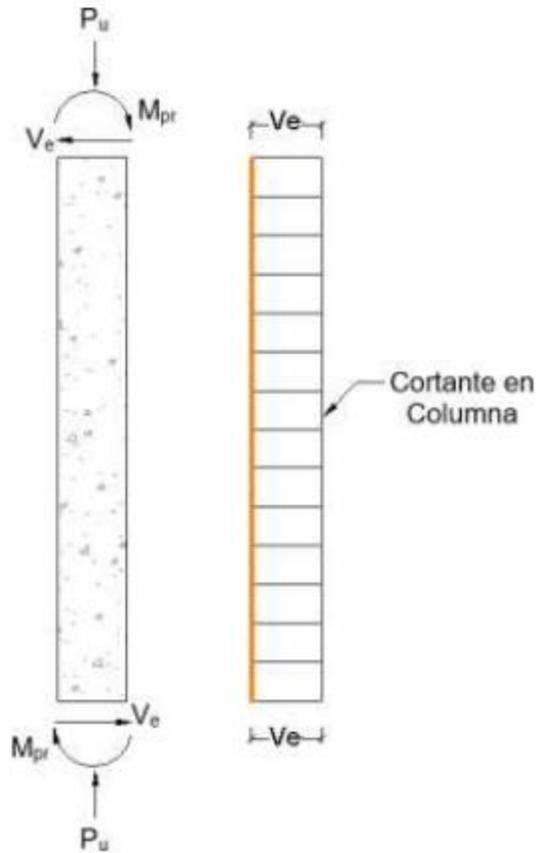


Figura 39. Cortante de diseño para columnas.
Elaborado por: (ACI 318, 2005)

3.4.5.10.4. *Detalle estructural de la columna*

Se utilizó el uso del programa Revit para la implementación del modelamiento estructural de la edificación. Esto permitió un avance de resultados continuo de los detalles estructurales en la presentación de la propuesta del diseño estructural. Se usó varillas 16 mm de para esta columna lo cual y se distribuyeron de esta manera en las Figura 40 y Figura 41.

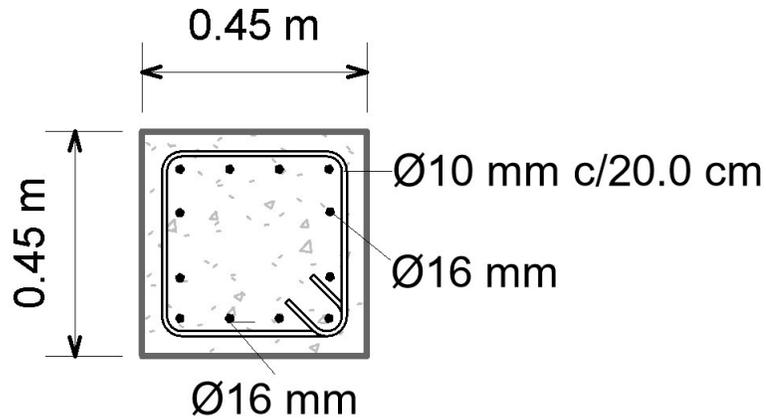


Figura 40: Armado longitudinal de la columna.
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

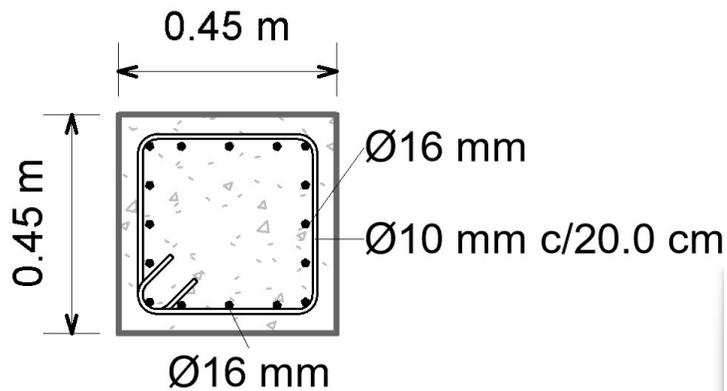


Figura 41: Armado longitudinal de la columna voladizo.
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

3.4.5.11. Diseño de viga

Al igual que el diseño de columnas se hizo el mismo uso de la herramienta “Concrete Frame Design”, la cual tiene la capacidad de diseñar diversos elementos estructurales de diferentes tipos. Al tratarse de un elemento de hormigón armado nos brinda la cantidad de acero que requiere este elemento para soportar los esfuerzos que actúan sobre ella (ver Figura 42).

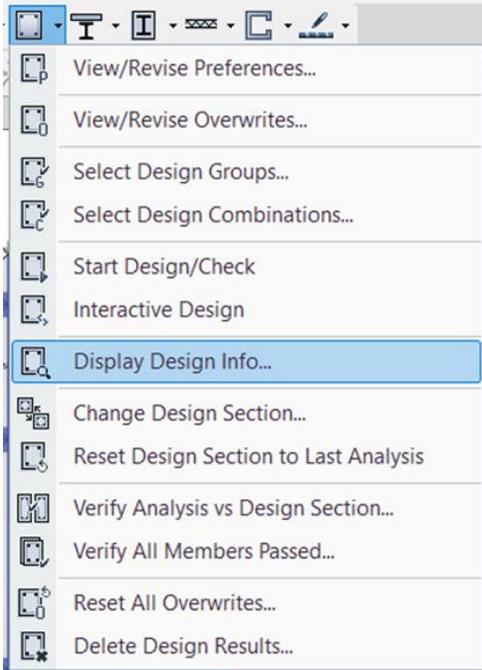


Figura 42. *Uso de la herramienta Concrete Frame Design para diseño de vigas.*
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

3.4.5.11.1. Requisitos del refuerzo longitudinal

Deberá existir 2 barras de refuerzo longitudinales que deben ser colocadas tanto superior como inferior a lo largo del todo el elemento estructural. Debido a que el diseño sismo resistente necesita colocar este tipo de refuerzo transversal a lo largo del miembro.

Por temas de ductilidad las vigas deben presentar la resistencia a momento positivo en cada extremo que deberá ser por lo menos la mitad de la resistencia al momento negativo en dicho extremo estipulado por los reglamentos vigentes para el diseño estructural. Por otra parte, la resistencia a momento que experimenta cualquier tipo de sección a lo largo del elemento estructural deberá ser mayor o igual a la cuarta parte de la resistencia máxima a momento negativo.

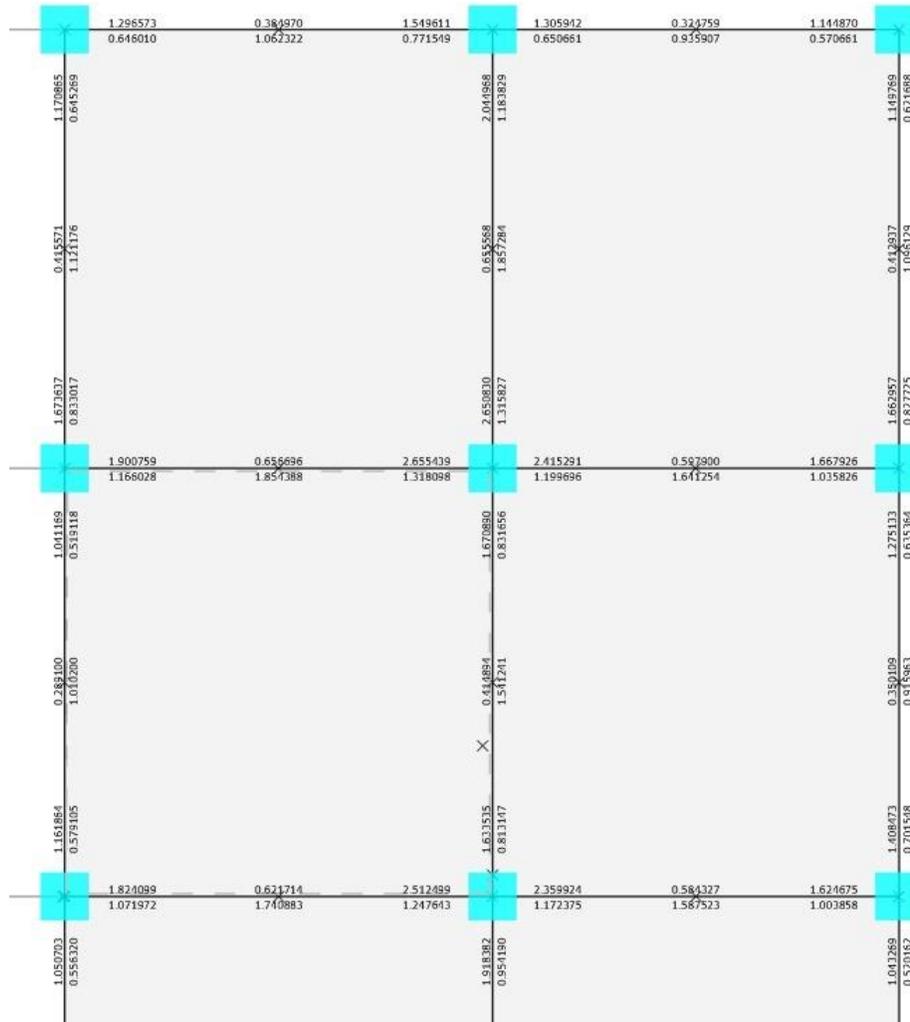


Figura 43. Verificación de parámetros de diseño.
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

Para evitar la cohesión de esfuerzos y posibles roturas del hormigón requiere que se genere al momento de vaciar el material en sitio se considera una cuantía del esfuerzo longitudinal a un valor máximo del 2.5% con el fin de evitar mencionado el problema. En segundo lugar, cuando existe elevadas cantidades de acero longitudinal podría generar la disminución de la altura actividad del elemento estructural, en este caso se aplica la limitación de la cuantía a valores cercanos de 1% con el fin de poder garantizar la adecuada debilidad del elemento.

A continuación, muestra la siguiente expresión que nos sirve para verificar el acero longitudinal que fue posteriormente colocado el cual tiene la capacidad de soportar la flexión requerida por el análisis estructural, dicha verificación de acero longitudinal debe ser igual o menor al área mínima de refuerzo y longitudinal.

$$A_s \min = 0.25 \frac{\sqrt{f'c}}{f_y} \cdot b \cdot d \geq \frac{14}{f_y} \cdot b \cdot d$$

3.4.5.11.2. *Diseño por flexión*

Se hace uso de la demanda de flexión para el cálculo de refuerzo longitudinal la cual es resultante de la envolvente de las combinaciones empleadas. Mediante el análisis estructural se obtuvo los momentos flectores producidos por la envolvente, dicha acción fue realizada mediante uso del software Etabs y se requirió definir las combinaciones tal cual se muestra en la **figura x**.

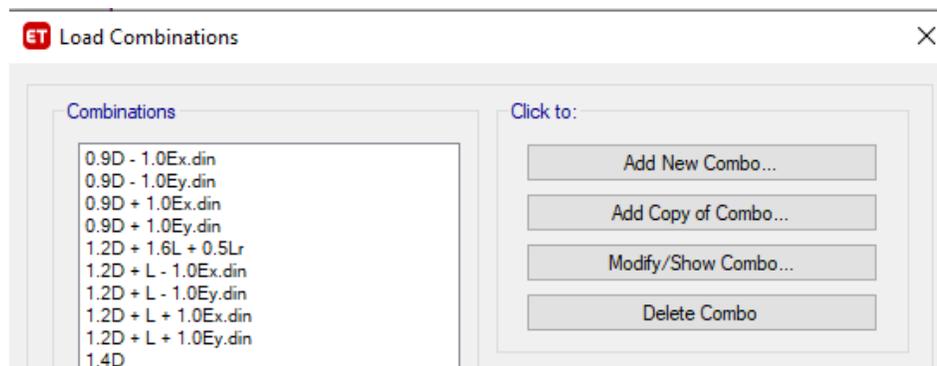


Figura 44. *Definición de la envolvente para vigas en Etabs.*
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

A continuación, se demuestran los resultados obtenidos en el software de los momentos flectores se para la envolvente. Los siguientes valores están expresados en (Ton.m).

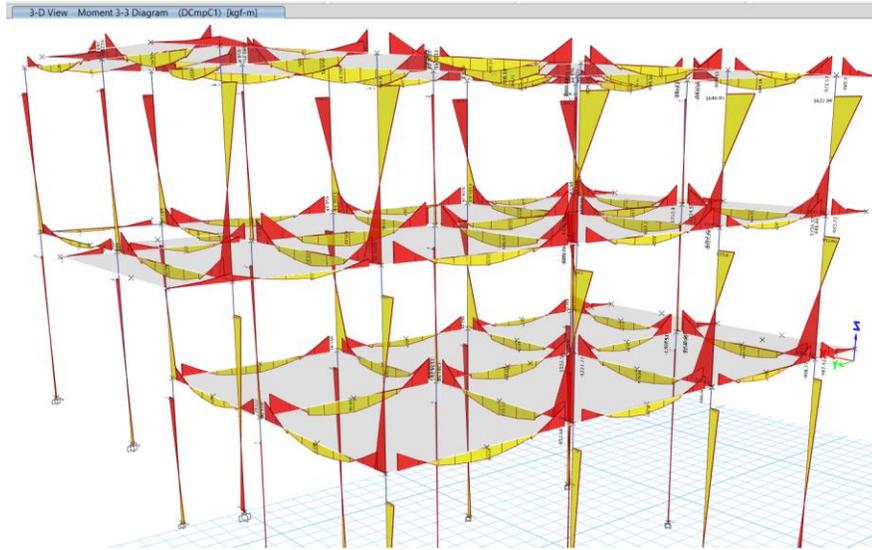


Figura 45. *Análisis de momentos.*
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

Se emplea las mismas de ecuaciones del cálculo de refuerzo de losa para hallar el área de refuerzo longitudinal que requiere el elemento estructural tipo viga, a la cual posteriormente se realiza la comprobación del área de acero que sea mayor o igual al acero mínimo. Posteriormente se elige el armado de acero para cubrir el área a cubrir, asegurando que las varillas cumplan con la ductilidad antes mencionada. Finalmente, la cuantía de refuerzo tuvo que ser mayor a la máxima que es permitida.

3.4.5.11.3. *Diseño por Cortante*

La filosofía de diseño sísmo resistente, se realiza un diseño estructural para que los elementos sean capaces de incursionar en el rango elástico sin ningún problema para disipar la energía generada por un evento sísmico el cual ocasiona deformaciones permanentes, pero no llegan al punto de rompimiento que provocaría el colapso instantáneo de la estructura en otras palabras, para que las fallas que se produzcan sean dúctiles.

3.4.5.11.4. *Detalle estructural de la viga*

Se realizó el mismo procedimiento en Revit para el modelado de los detalles de acero estructura a las vigas que conforman el sistema

estructural. Se usó varillas de 16 mm para esta viga lo cual y se distribuyeron de esta manera en la **Figura 46**.

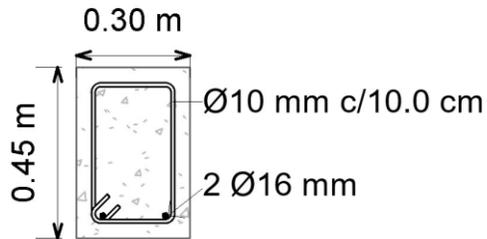


Figura 46. Armado transversal de viga.
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

3.4.5.12. Criterio Columna Fuerte-Viga Débil

El objetivo del criterio columna fuerte-viga débil (CF-VD) es garantizar el desarrollo el mecanismo de rotura plástica en las vigas y se desarrollen en las columnas, permitiendo evitar la funcionalidad y seguridad estructural de la edificación. Para llegar a acabo este criterio se debe cumplir que capacidad flexión de las columnas que puede resistir debe ser mayor o igual a 1.20 veces la capacidad momento de las vidas actuantes, es decir:

$$\Sigma M_{nc} \geq 1.2 \Sigma M_{nv}$$

Se debe asegurar que la condición debe ser aplicada a cada nudo (intersección) entre vigas y columnas que conforman el sistema estructural de la edificación y cuando exista el caso que no se pueda satisfacer criterio CF-VD en la intersección, se debe obviar la resistencia y rigidez lateral de las columnas que participen en dicha intersección, es decir esto de momento estructurales en el análisis estructural no deben contribuir en la resistencia y rigidez lateral del sistema sismorresistente.

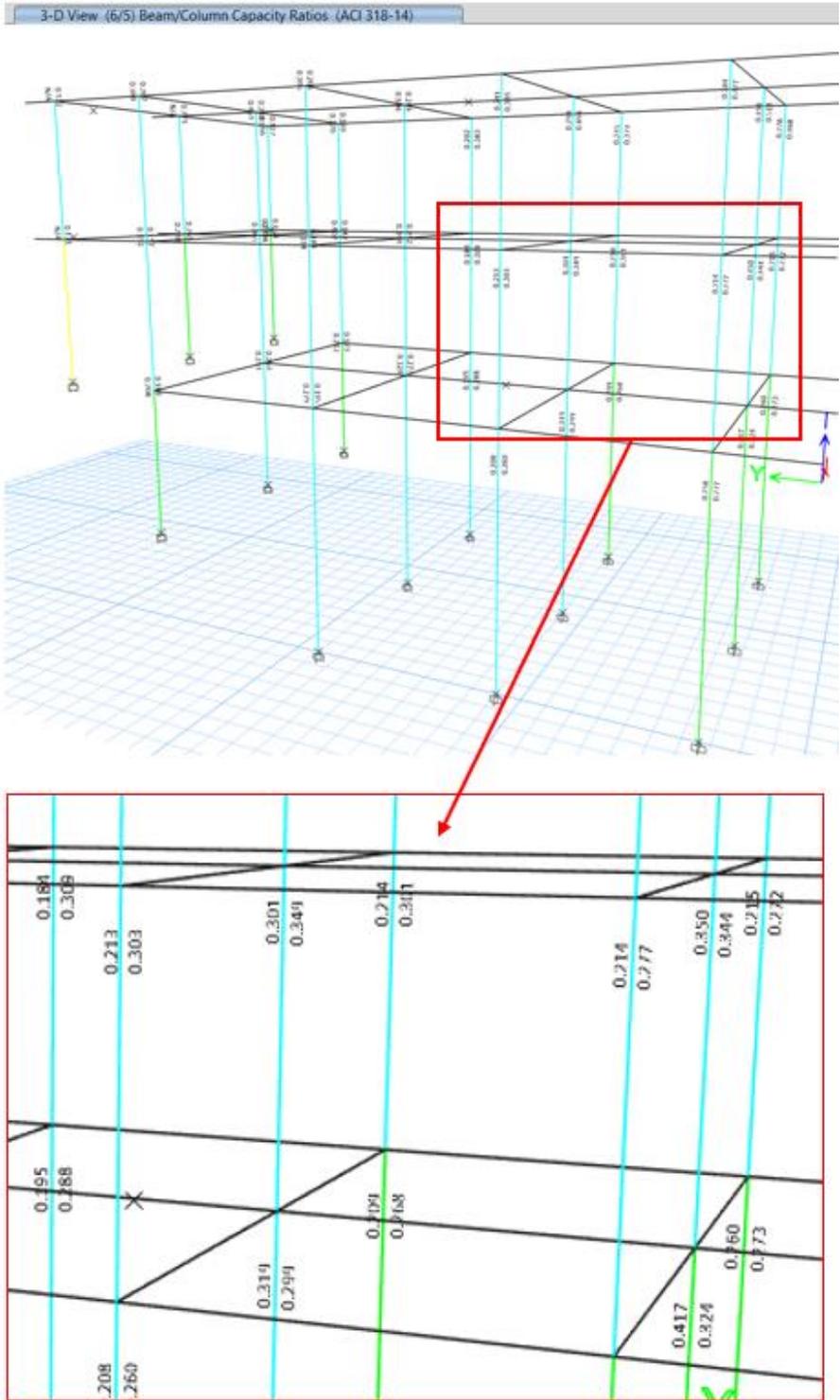


Figura 47. Análisis de columna Fuerte-Viga débil aplicado en Etabs. Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

3.4.5.13. Diseño de losa

Se optó un tipo de losa aligerada en dos direcciones para ser aplicada al análisis estructural de la edificación, la cual fue diseñada aplicando el diseño por bandas específicamente en las ubicaciones críticas de la losa.

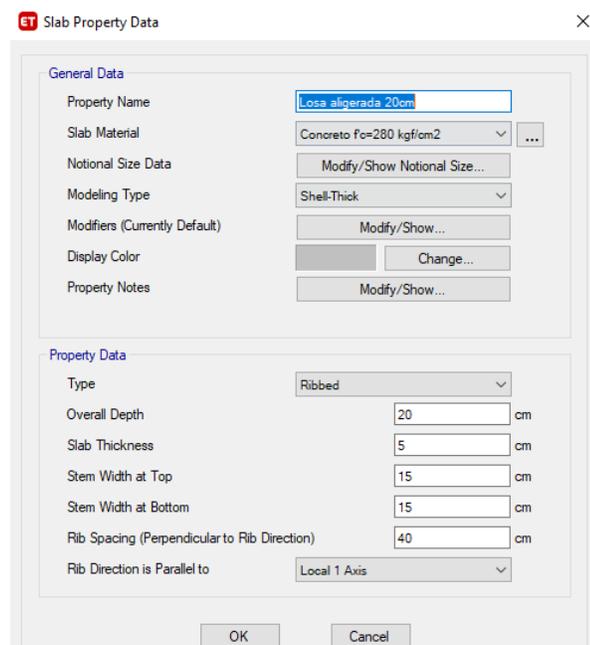


Figura 48. *Materiales y secciones para losa.*
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

En este tipo de método de diseño se requirió definir strips (bandas) de placas en zonas críticas de la losa nervada. El uso de bandas comúnmente se aplica a lo largo de los ejes (bandas de columnas - bandas intermedias) para los ejes longitudinal como para los ejes transversal. Las bandas (strips) que se aplican en diferentes direcciones pueden interceptarse sin que existan cambios entre sí.

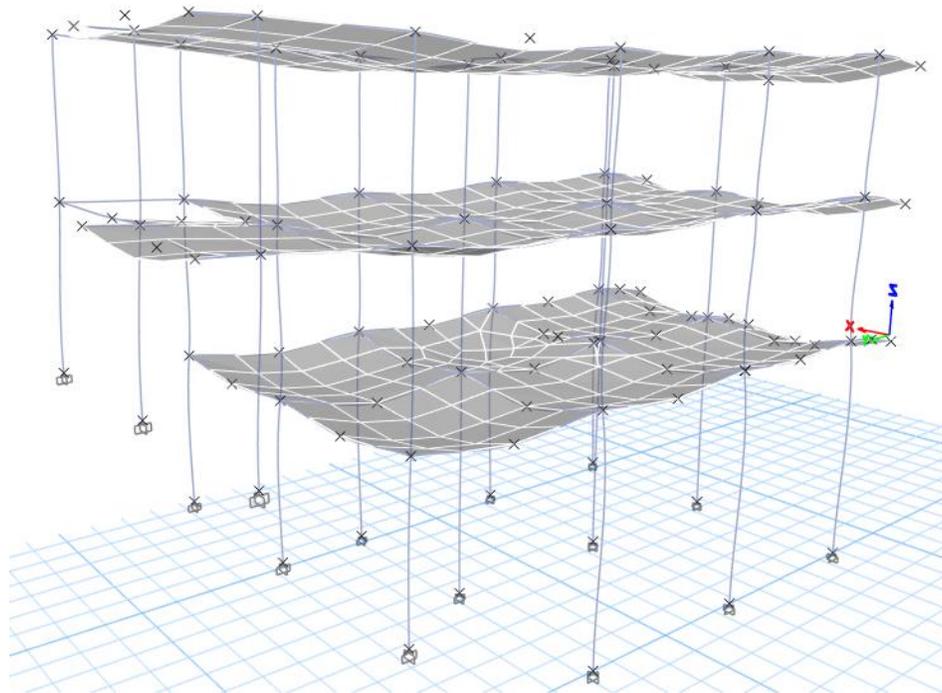
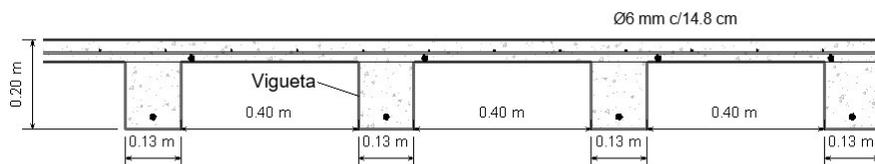


Figura 49. Deformaciones según el análisis sísmico resistencia aplicada a losa.
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

3.4.5.13.1. Detalle estructural de la losa

Se puede observar en la Figura 50 un corte transversal de la losa de tipo aligerada, esto se logró gracias al modelo realizado en Revit. Este modelado nos permite observar de manera detallada la distancia que existe entre cada nervio, altura y separación entre ellos igual forma se observa los refuerzos longitudinales interiores y superiores, también es visible el espesor de la capa de compresión donde se encuentra ubicada la malla electrosoldada.



Detalle Losa

Figura 50. Armado estructural de losa nervada.
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

3.4.5.14. Diseño de cimentación

Las cimentaciones de un tipo de estructura que su cálculo estructural depende de la de las cargas actuantes y las propiedades mecánicas del suelo en el cual será empleada. Acorde a las normativas antes mencionadas se escogió un tipo de suelo C, debido que para el diseño del proyecto se tomó parámetros referentes al sitio que se tiene pesando ejecutar la obra, la cual se encuentra zona altamente sísmica debido a que en la región costa del Ecuador.

Para este proyecto se consideró emplear una cimentación superficial la cual consiste en zapata aisladas y viga riostra. Al igual que los demás elementos estructurales se escoge una resistencia del hormigón a $f^c=280 \text{ kg/cm}^2$ y la cota de cimentación será a un metro de la cota de implantación.

El diseño estructural de la cimentación se lo realizó en el software SAFE, a partir de las reacciones producidas por las acciones permanentes, variables y accidentales en la base de la superestructura. Se conoció los asentamientos que presenta la cimentación tomando en cuenta los casos de carga se pueden aplicar en el análisis del software. Paralelamente se verifica que la carga de reacción del suelo debe ser menor a uno, si se cumple esta dicha condición significa que el diseño cumple la función principal de soportar las cargas actuando.

3.4.5.14.1. Idealización de la estructura.

El modelo matemático utilizado para el análisis y diseño de la cimentación corresponde a un sistema de zapata aislada con vigas riostras asentadas sobre un suelo representado con un coeficiente de balasto de 5.58 kg/cm^3 , el coeficiente de balasto fue calibrado a partir de estimaciones de esfuerzos y asentamientos.

Debido a la presión del terreno que influye en el sistema estructural algunos de esfuerzos fueron despreciable. La relación entre los esfuerzos resistentes y los esfuerzos actuantes debe es siempre menor uno, esto ayudó a dimensionar el peralte de la zapata tomando en cuenta la normativa ACI 318-14, la cual estipula que las dimensiones de la zapata mínima deben de 30 cm.

3.4.5.14.2. *Esfuerzo de contacto*

Es esfuerzo de contacto máximo producido en el suelo por la envolvente de cargas de la superestructura es de 19.83 Ton/m², del estudio geotécnico se obtuvo una capacidad de carga admisible de 22.92 ton/m² con lo que se tiene un diseño adecuado.

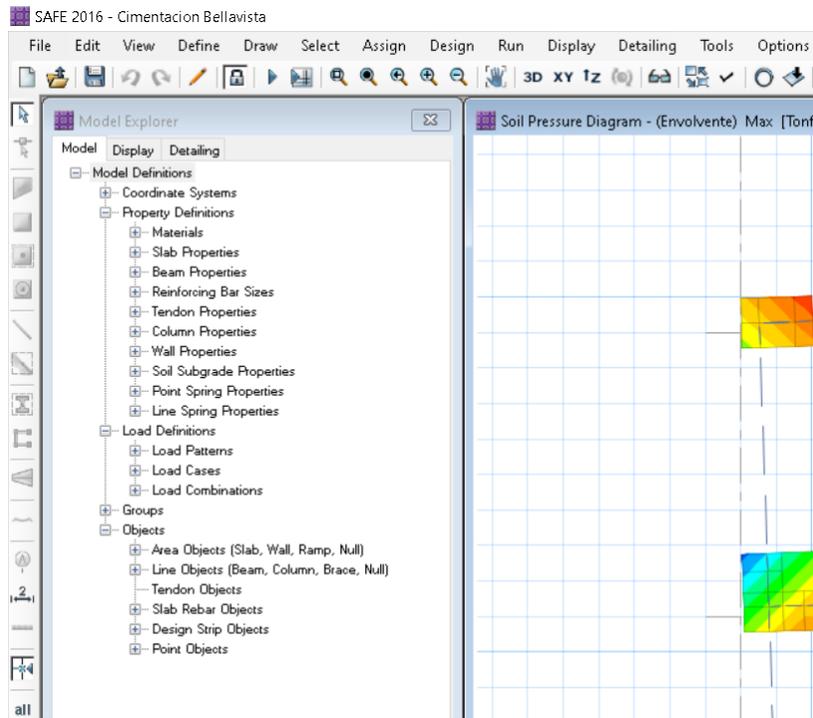


Figura 51. *Esfuerzo de contacto producido en la masa de suelo.*
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

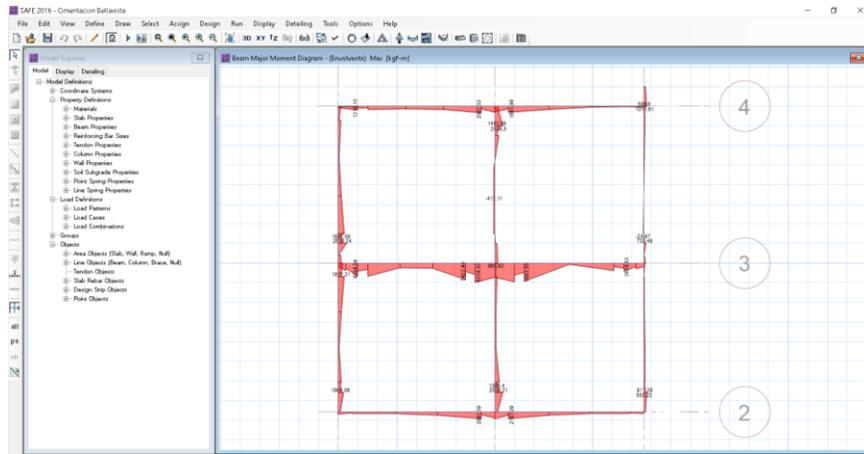


Figura 52. Diagrama de momento en vigas riostra.
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

3.4.5.14.3. *Diseño estructural de las zapatas aisladas.*

El acero de refuerzo de las zapatas aisladas será con varillas $2\Phi 16\text{mm}$ cada 15cm en ambas para el resto de las zapatas.

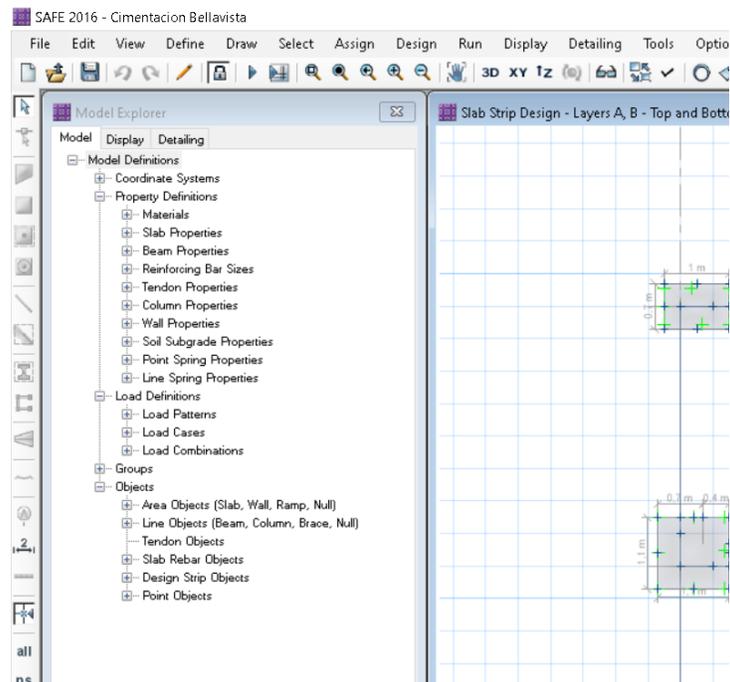


Figura 53. Aplicación de diseño de zapata aislada.
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

3.4.5.14.4. *Diseño estructural de vigas riostra*

El diseño estructural de las vigas riostras se lo realizo con la opción Beam Design del software SAFE, para una viga de sección 40x25cm.

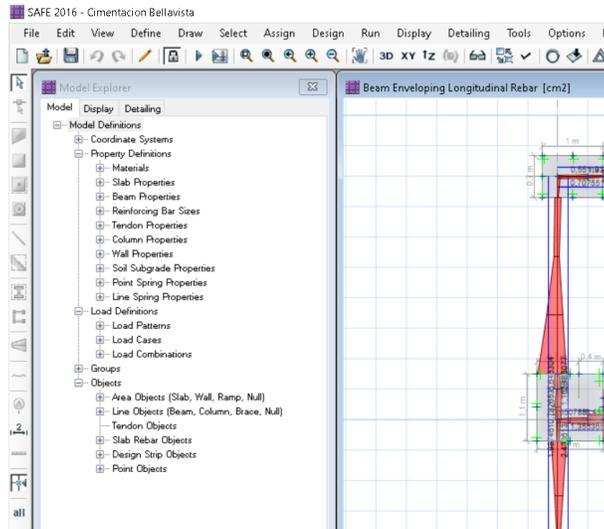


Figura 54. *Aplicación de diseño de viga riostra.*
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

3.4.5.14.5. Detalle estructural de la cimentación

Finamente se realiza los detalles estructurales que conforman la cimentación la cual está conformada por zapatas aisladas y vigas riostras. Este grupo de elementos estructurales fueron diseñado mediante el programa Safe y posteriormente modelado en Revit. A continuación, se muestran los cortes de estos elementos en las Figura 55 y Figura 56.

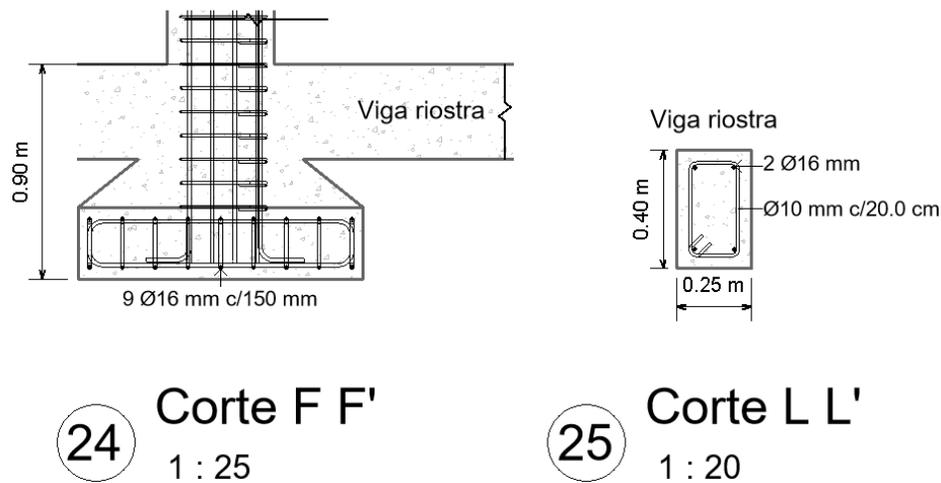


Figura 55. Armado de acero estructural de zapata y viga riostra.
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

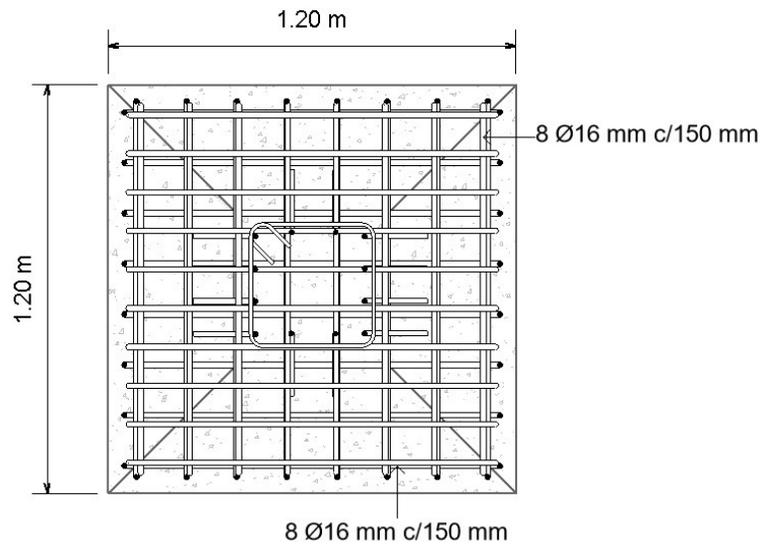


Figura 56: Armado estructural de acero de zapara aislada.
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

3.5. Análisis de resultados del Formato de Encuestas

Se realizó una encuesta a un grupo específico del “Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas” sobre la implementación de la metodología BIM en su entorno.

1. Edad

Tabla 26. Resultados del rango de edades.

ITEM	VALORACIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
3	20-30	5	23%
2	31-40	14	64%
1	Mayor de 40	3	14%
TOTAL		22	100%

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

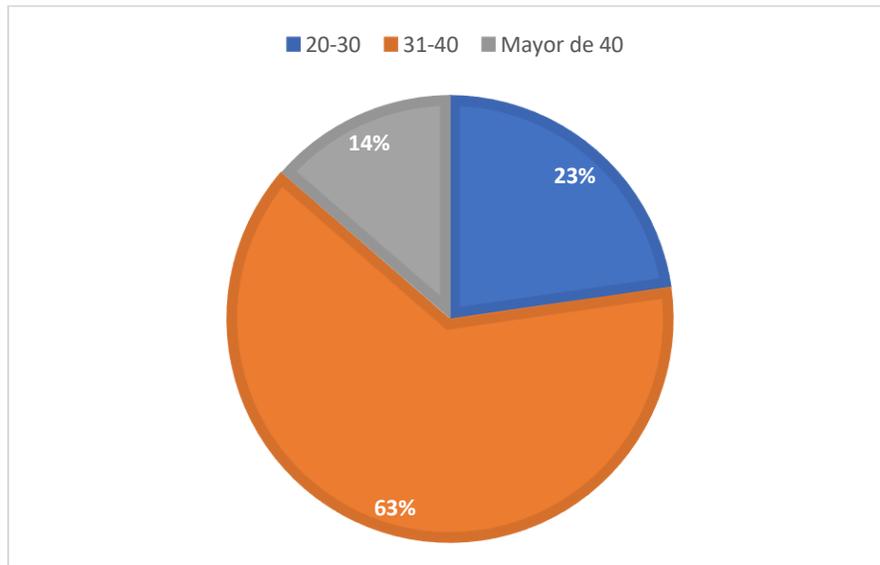


Figura 57. Resultados del rango de edades.

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

Interpretación de datos: El rango de edad de los encuestados ronda entre 30 - 40 años (siendo el porcentaje más alto 63,6 %).

2. Para la ejecución de sus proyectos, ¿sigue aplicando una metodología convencional?

Tabla 27. *Aplicación de metodología convencional.*

ITEM	VALORACIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
2	SI	15	68%
1	No	7	32%
TOTAL		22	100%

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

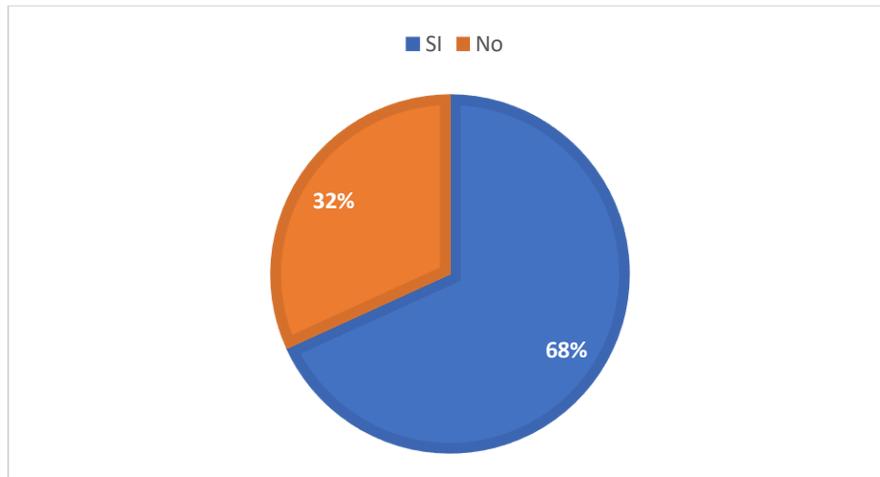


Figura 58. *Aplicación de metodología convencional.*

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

Interpretación de datos: El 68.2% de los encuestados aún sigue utilizando metodología convencional para sus proyectos.

3. ¿Cuáles de estos programas son los que ha utilizado para sus proyectos?

Tabla 28. *Programas aplicados a proyecto de obra civil.*

ITEM	VALORACIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
20	AutoCAD	19	34%
19	REVIT	11	20%
18	SKETCHUP	4	7%
17	ARCHICAD	3	5%
16	ETABS	3	5%
15	LUMION	2	4%
14	SYNCHRO PRO	1	2%
13	SOLIBRI	1	2%
12	PRESTO	1	2%
11	VRAY	1	2%
10	SAP 2000	1	2%
9	ARGIS	1	2%
8	CIVIL CAD	1	2%
7	GLOBAL MAPER	1	2%
6	GOOGLE EARTH	1	2%
5	SMARTH STUDIO	1	2%
4	EXCEL	1	2%
3	EASY FIT	1	2%
2	HYDROGNOMON	1	2%
1	RKWARD	1	2%
TOTAL		56	100%

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

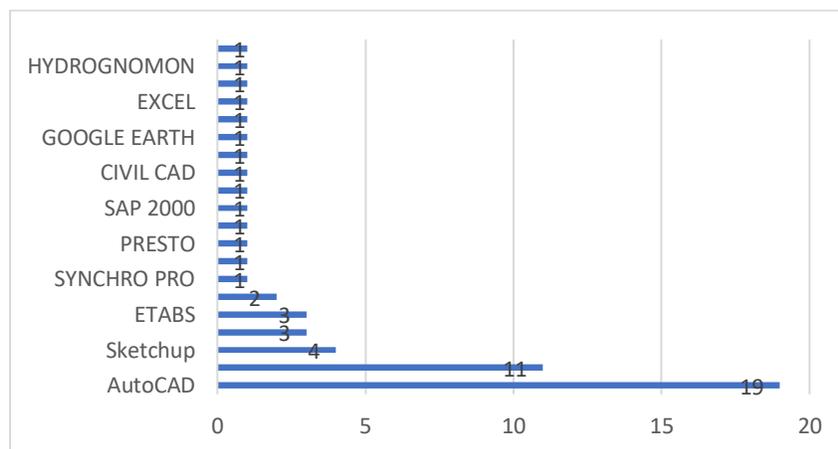


Figura 59. *Programas aplicados a proyecto de obra civil.*

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

Interpretación de datos: Los programas más utilizados son AutoCAD y Revit.

4. ¿Conoce usted el uso de métodos colaborativos para modelados de proyectos de ingeniería civil?

Tabla 29. *Conocimiento de métodos colaborativos.*

ITEM	VALORACIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
3	SI	13	59%
2	NO	7	32%
1	TAL VEZ	2	9%
TOTAL		22	100%

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

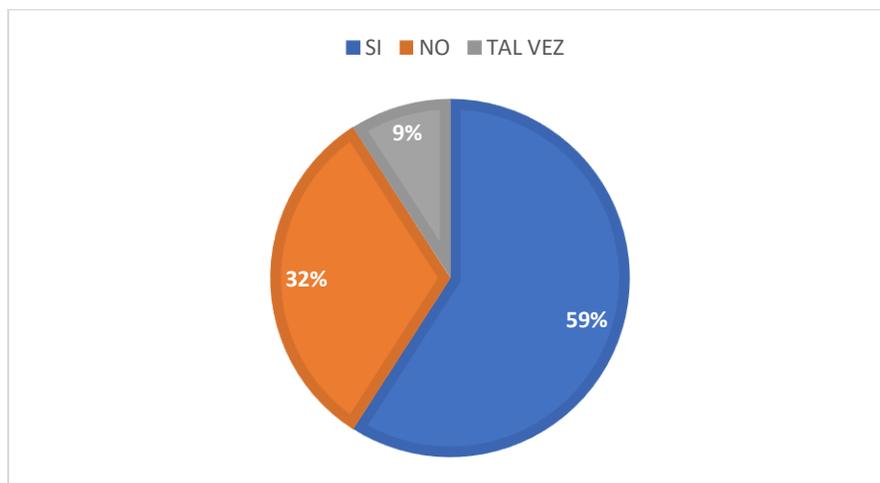


Figura 60. *Conocimiento de métodos colaborativos.*

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

Interpretación de datos: De los 22 encuestados solo el 59,1% (13 personas) conoce acerca de métodos colaborativos para los proyectos.

5. ¿Le gustaría que se mejoren los manejos de tiempos y gestión de información para la elaboración de modelos estructurales?

Tabla 30. *Mejoramiento de tiempo fase de diseño estructural*

ITEM	VALORACIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
2	SI	22	100%
1	No	0	0%
TOTAL		22	100%

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

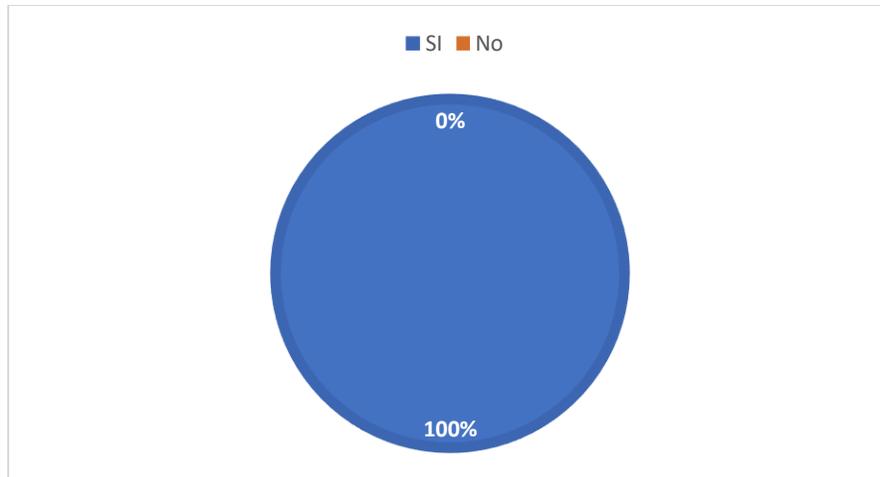


Figura 61. *Mejoramiento de tiempo fase de diseño estructural*
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

Interpretación de datos: El 100% está de acuerdo en que se mejore la gestión de proyectos con metodología BIM para modelados estructurales.

6. ¿Qué tipo de programas utiliza para la elaboración de planos estructurales?

Tabla 31. *Programas para el diseño estructural.*

ITEM	VALORACIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
7	AutoCAD	7	33%
6	REVIT	3	14%
5	ETABS	1	5%
4	SAP 2000	3	14%
3	ROBOT	1	5%
2	TEKLA STRUCTURES	1	5%
1	NINGUNO	5	24%
TOTAL		21	100%

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

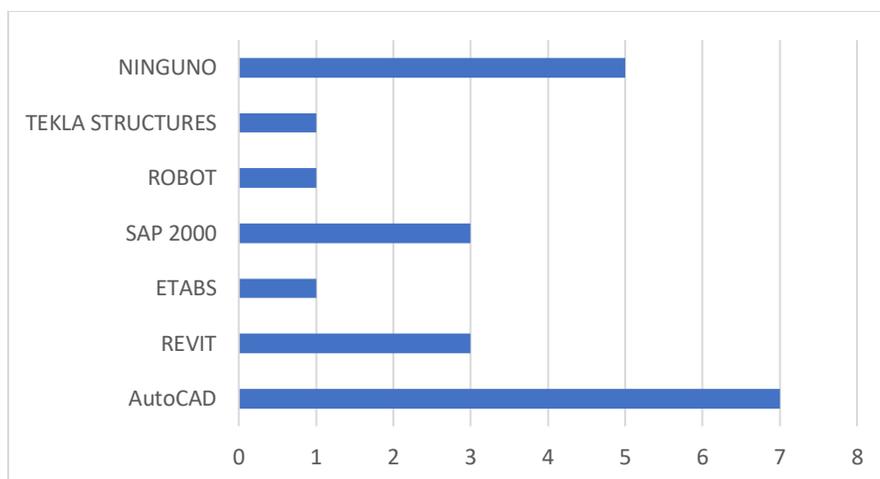


Figura 62. *Programas para el diseño estructural.*

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

Interpretación de datos: Este tipo de pregunta fue con respuesta abierta, se evidencia que de todos los programas mencionados AutoCAD sigue siendo uno de los programas con más uso en el ámbito laboral.

7. ¿Ha utilizado softwares de planificación para el mejoramiento de tiempos y recursos de un proyecto por medio de un cronograma? Mencíónelos.

Tabla 32. *Programas para la planificación del cronograma de obra.*

ITEM	VALORACIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
5	PROJECT	8	38%
4	PRIMAVERA	3	14%
3	NAVISWORK	1	5%
2	SYNCHRO	1	5%
1	NO	11	52%
TOTAL		24	114%

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

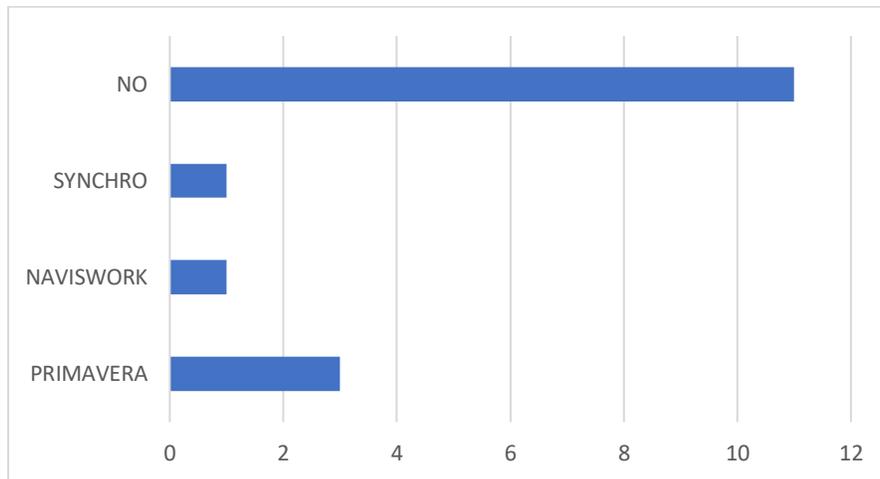


Figura 63. *Programas para la planificación del cronograma de obra.*
Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

Interpretación de datos: Gran parte de los encuestados no usan algún programa que les facilite un cronograma de avance de obra para gestionar los tiempos y recursos.

8. ¿Cree que es importante que se implemente la metodología BIM en nuevos proyectos?

Tabla 33. *Importancia de la implantación del BIM.*

ITEM	VALORACIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
2	SI	22	100%
1	No	0	0%
TOTAL		22	100%

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

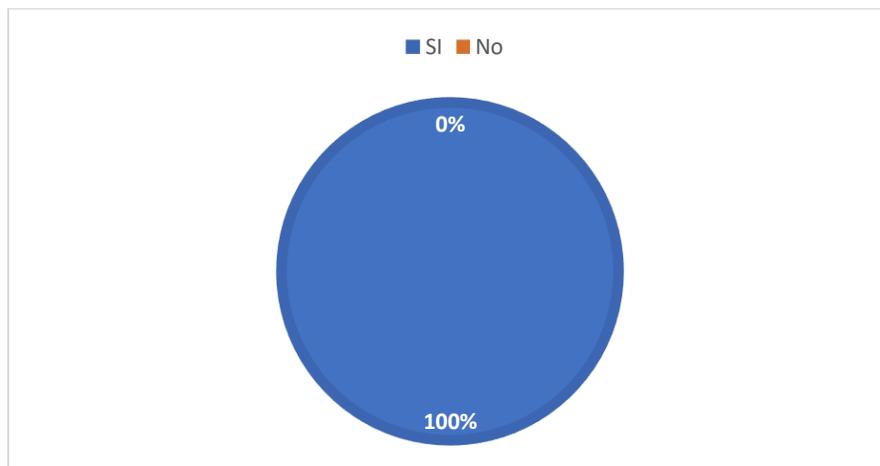


Figura 64. *Importancia de la implantación del BIM.*

Elaborado por: (Toapanta & Troya, 2022).

Interpretación de datos: El 100% está de acuerdo en que la metodología BIM sea implementada en proyectos nuevos.

3.6. Propuesta

Por medio de uso los softwares colaborativos se lograron llegar a la presentación a los planos estructurales como propuesta del diseño para el proyecto residencial. La aplicación de un entorno colaborativo permitió acortar tiempos para el diseño estructural mediante la interoperabilidad de programas y herramientas de apoyo. Esta información brinda los siguientes detalles:

- Implementación y detalle de cimentación.
- Implementación y detalle de columnas y escaleras
- Implementación y detalle de vigas.
- Implantación y detalle de terraza y losa.
- Planillas de Aceros.

De igual forma, se propone un presupuesto referencial acorde a las cantidades que el programa Revit calcula automáticamente al momento de modelar el sistema estructura. Mencionada función es realizada por herramientas que el programa dispone para las diferentes dimensiones de la metodología BIM.

CONCLUSIONES

- Podemos notar que se cumplió con la participación de la masa estructural establecido por la NEC que estipula que sea mayor al 90%, tomando en cuenta los modos de vibración que el programa genera para el análisis sísmico. Finalmente, se lo logro mantener en un rango inferior al 2% del control de derivas establecidas con la NEC, el cual es sinónimo de un buen desempeño estabilidad de la estructura.
- Mediante la interoperabilidad que se estableció entre los softwares Etabs y Revit se pudo crear un entorno colaborativo para el modelado estructural. Posteriormente en la realización del trazado de los planos estructurales se evidenció cada detalle del elemento estructural que conforman al sistema aporticado para una mejor lectura de los planos.
- La aplicación de softwares de Ingeniería Civil ha permitido optimizar costos y tiempos en la gestión de proyectos, en el presente proyecto se estimó un valor referencial de \$ \$78,799.81 dólares. La creación del presupuesto se pudo estimar mediante las tablas de cuantificación que se generan en Revit.
- En las encuestas se evidenció que una pequeña parte de los profesionales de la construcción no conocen acerca de la metodología BIM, sin embargo, hacen uso de software de planificación en la etapa de control y monitoreo de obra. Los encuestados concluyen de manera favorable la importancia de la implementación de la metodología BIM en el sector de la construcción debido al hecho que existe un bajo porcentaje que no implementan ningún software para el análisis y diseño de proyectos.
- La implementación del uso BIM nos permitió llevar de forma ordenada la gestión del proyecto, logrando completar las 5 dimensiones de la metodología BIM como fueron: 2D tomando como referencia el plano arquitectónico diseñado en AutoCAD, 3D realizando la modelación del sistema aporticado en el programa Etabs y Revit, 4D planificando un cronograma que permite establecer tiempos para cada actividad y 5D elaborando un presupuesto referencial de la cantidad de acero estimado para la futura construcción.

RECOMENDACIONES

- Para el análisis estructural se deben cumplir con todos los parámetros que están establecidos por la normativa vigente para garantizar la estabilidad y durabilidad de la estructura.
- Es importante conocer cada función que tienen las herramientas de Revit ya que el programa es capaz de brindar mejores resultados ante la modelación y ejecución de los planos.
- En el presupuesto referencial, considerar cada rubro o actividad que se pretende realizar con el fin de evitar mayores gastos no previstos en la planificación.

BIBLIOGRAFÍA

- Orózco, E., Pacheco, L., Pérez, Á., & Quintero, C. (2021). *MANUAL INTERACTIVO PARA MODELADO REVIT: FUNDAMENTOS ESTRUCTURALES BASADO EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA VIVIENDA*. SENA. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11404/7160>
- ACI 318. (2005). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05). FARMINGTON HILLS, MICHIGAN: american concrete institute. Obtenido de https://www.oaxaca.gob.mx/sinfra/wp-content/uploads/sites/14/2016/02/ACI_318_2005.pdf
- ALUMED. (7 de Noviembre de 2018). *ALUMED ALUMINIUM SYSTEMS*. (Alumedsi, Editor) Obtenido de <https://alumedistemas.com/bim-building-information-modeling-system/>
- Borja Fernández, F. (2020). *Importancia del análisis por desempeño en el proceso de diseño de un edificio de hormigón armado para uso educativo, ubicado en la ciudad de Cuenca-Ecuador*. Universidad del Azuay, Cuenca.
- Cabello, L. (2019). *Análisis estructural comparativo entre los sistemas estructurales de concreto armado aporticado y dual*. Universidad Cesar Vallejo, Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/54075>
- Chávez, B. (2016). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la ciudad de Quito – Ecuador y riesgo de pérdida*. Escuela Politécnica Nacional, Quito. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16537>
- Cruz, D. (2015). *ArchDaily*. Obtenido de https://images.adsttc.com/media/images/5670/65df/e58e/cee9/c000/01c7/medium_jpg/A401VistaEdificioBeauchef.jpg?1450206596
- Darós, J. (2019). *Building Information Modeling, D's do BIM*. Obtenido de <https://utilizandobim.com/wp-content/uploads/2019/06/navisworks-1024x768-731x548.jpg>
- Del Villar Juez, D. (2018). *BIM En la Planificación y Gestión de Infraestructuras*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

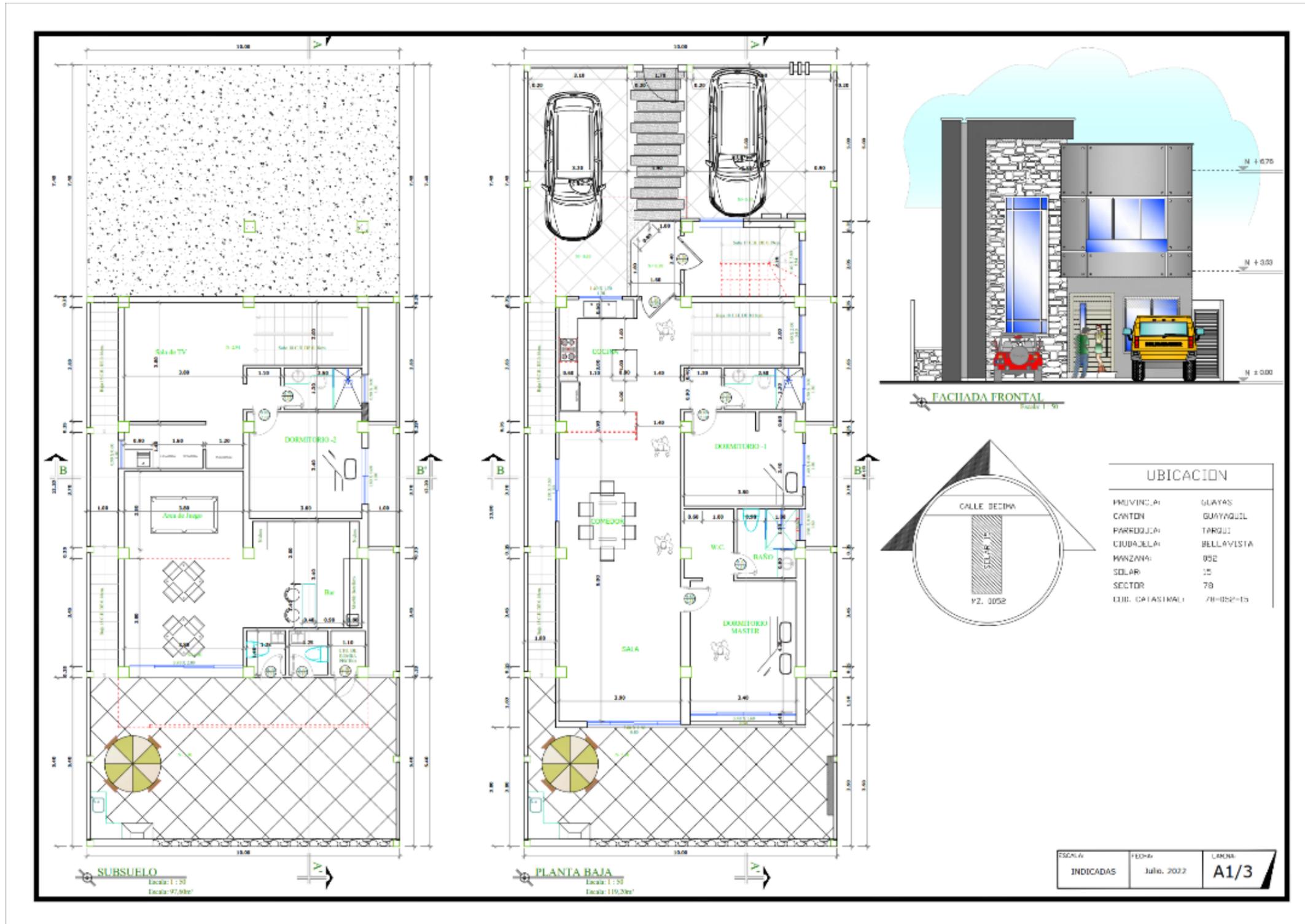
- DEPOSITPHOTOS. (2022). *DEPOSITPHOTOS*. Obtenido de https://static5.depositphotos.com/1034662/508/i/600/depositphotos_5087383-stock-photo-the-engineering-drawing.jpg
- Domínguez, N., & Moreno, A. (2018). *Diseño estructural sismorresistente de un edificio de siete niveles bajo la metodología bim en la provincia de Pomabamba*. Universidad César Vallejo, Huaraz. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/26694>
- Gámez, F., Severino, M., & Márquez, R. (2014). Introducción a la metodología BIM. *Spanish Journal of Building Information Modelling*, 4-10.
- García, M. (2019). *Dimensiones BIM, el alcance del programa*. Obtenido de EDITECA: <https://editeca.com/dimensiones-bim-alcance-del-programa/>
- Hardin, B., & McCool, D. (2015). *BIM and Construcción Management*. SYBEX: A Wiley Brand.
- Lara, M., Aguirre, H., & Gallegos, M. (2018). Estructuras Aporticadas de Hormigón Armado que Colapsaron en el Terremoto del 16 de Abril de 2016 en Tabuga– Ecuador. *Revista Politécnica*, 42(1). Obtenido de http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-01292018000400037&lng=es&tlng=es
- Loyola , L., & Lafontaine, M. (2018). *Desarrollo de aplicación en software BIM para la interoperabilidad entre el análisis y la representación 3D del refuerzo estructural en muros de edificios de hormigón armado*. Tesis de Pre-grado, UNIVERSIDAD DE CHILE, SANTIAGO DE CHILE. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/168503>
- Marquinez, L., & Toledo , J. (2019). *Análisis y diseño estructural Sismorresistente de un edificio metálico de seis niveles ubicado en el antiguo Municipio de la Ciudad de Portoviejo, empleando un sistema de pórticos especiales resistentes a momento y pórticos con Arriostramientos excéntrico*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/50767>
- Maya, L. (2018). *Análisis de la viabilidad para la implementación de metodologías y procesos Building Information Modeling en proyectos de ingeniería y construcción en el Ecuador*.

- Tesis de Pre-grado, Escuela Politécnica Nacional, Quito. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19294>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *NSR-10*. Bogotá: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Obtenido de http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/facultades/f_ingenieria/pregrado/civil/documentos/NSR-10_Titulo_B.pdf
- Mojica, A., & Valencia, D. (2012). *Implementación de las metodologías bim como herramienta para la planificación y control del proceso constructivo de una edificación en Bogotá*. Tesis de Pre-grado, PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, BOGOTÁ D.C. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10554/11135>
- Moncayo, M., Vargas, J., Moncayo, G., & Barzola, I. (2017). Análisis sobre la recurrencia de terremotos severos en Ecuador. En M. Moncayo, J. Vargas, G. Moncayo, & I. Barzola, *Análisis sobre la recurrencia de terremotos severos en Ecuador* (Vol. 7). Actualidad Tecnológica.
- Ormaza, G., & Tinoco, Y. (2021). *Diseño estructural de una edificación de 4 pisos ubicado en manta, implementando la metodología bim*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. ESPOL. FICT. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/52209>
- Paguay, F., & Reyes, J. (s.f.). *Interacciones entre BIM y LEAN para la innovación de procesos de construcción en Ecuador*. Tesis de Pre-grado, Escuela Politécnica Nacional, Quito. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21056>
- Pinzón, H. (2020). *Implementación de la metodología BIM en el proyecto Carrá-Cusezar para la supervisión técnica en etapa de estructura*. Tesis de Pre-grado, UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, BOGOTÁ D.C. Obtenido de <https://hdl.handle.net/10983/24452>
- Ramírez, J., Gómez, J., Ponz, J., Romero, J., & Gutierrez, L. (2018). requisitos para un plan de ejecución de BIM (BEP): propuesta de aplicación en Colombia,. *Building & Management, II*, 05-14. doi:<https://dx.doi.org/10.20868/bma.2018.2.3763>

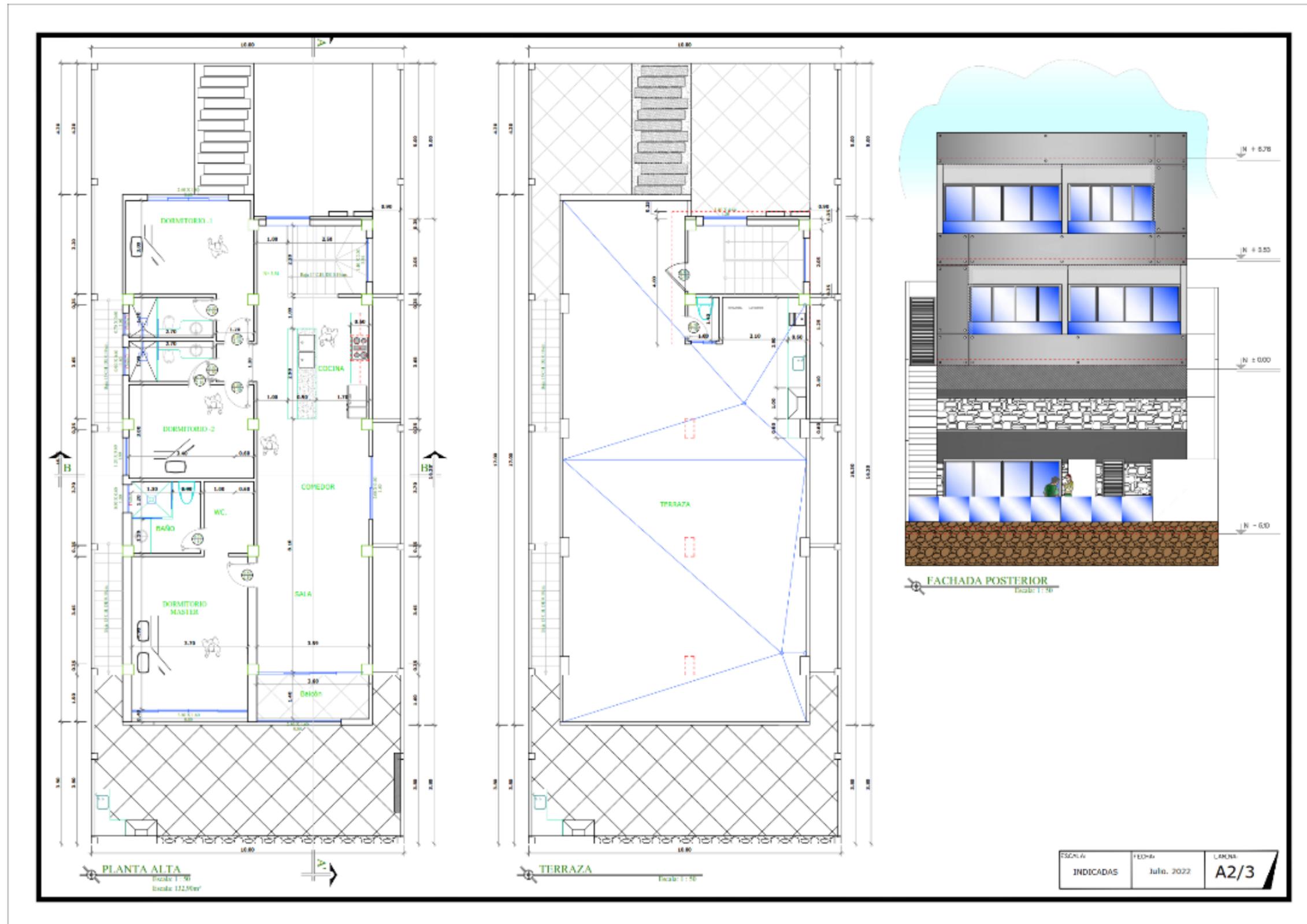
- Ramo, J. (2016). *Obtención e implementación de datos 3D en un sistema de gestión BIM*. Proyecto/Trabajo fin de carrera/grado, Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/76150>
- Rosales, C., & Baños, M. (2018). *Diseño Estructural De Una Edificación Residencial Metálica De 6 Plantas Sismo-Resistente, En La Ciudad De Milagro, Utilizando Metodología Bim En La Modelación 3D*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/46431>
- Suryadinata, A. (2018). A review of BIM (Building Information Modeling) implementation in Indonesia construction industry. *Materials Science and Engineering*, 352. doi:10.1088/1757-899X/352/1/012030
- Tavera, H. (2019). Geofísica. En H. Tavera, *Geofísica* (pág. 25). Perú.
- University, T. P. (2010). Why should the Project Team Develop a BIM Project Execution Plan. En T. P. University, *Why should the Project Team Develop a BIM Project Execution Plan* (Vol. 2, pág. 126). Obtenido de https://vdcscorecard.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj8856/f/bim_project_execution_planning_guide-v2.0.pdf
- Vásquez, Y. (2019). *Metodología BIM: estudio y rediseño del envolvente arquitectónico del edificio del rectorado de la Universidad de Guayaquil*. Tesis de Pre-grado, Universidad de Guayaquil, Guayaquil . Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/39971>
- Vélez, P. (2020). *Implementación de la metodología BIM en los procesos de trabajo de una empresa de arquitectura y construcción ubicada en Cuenca, Ecuador*. Tesis Maestría, ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN, Cuenca. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/164774>

ANEXOS

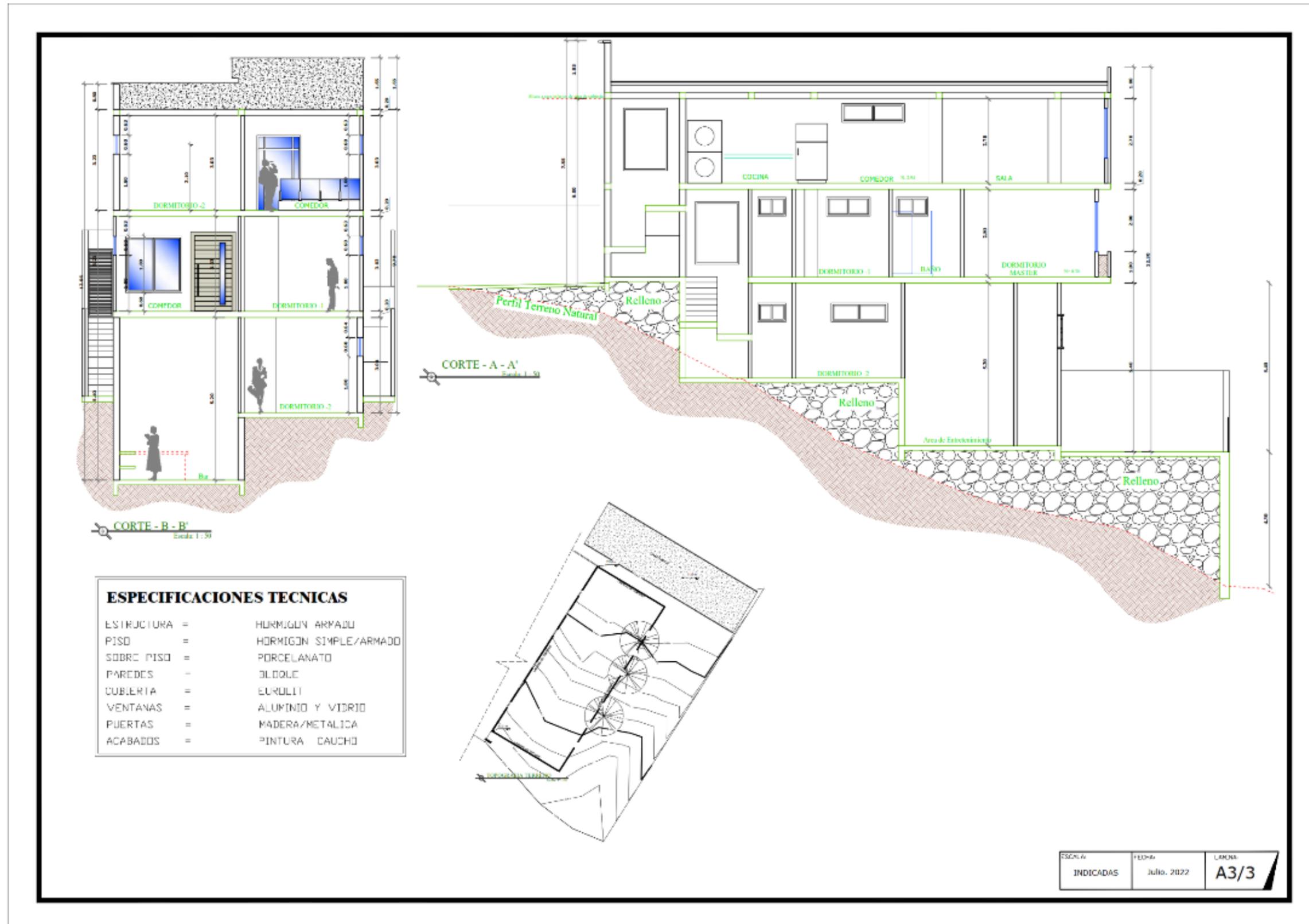
Anexo 1. Planos arquitectónicos, Subsuelo y Planta Baja.



Anexo 2. Planos arquitectónicos, Planta alta y Terraza



Anexo 3: Planos arquitectónicos, Corte A-A' y B-B'



Anexo 4. Alcance del proyecto

1 Alcance del Proyecto

2 Terraza 3D

3 Escalera 3D

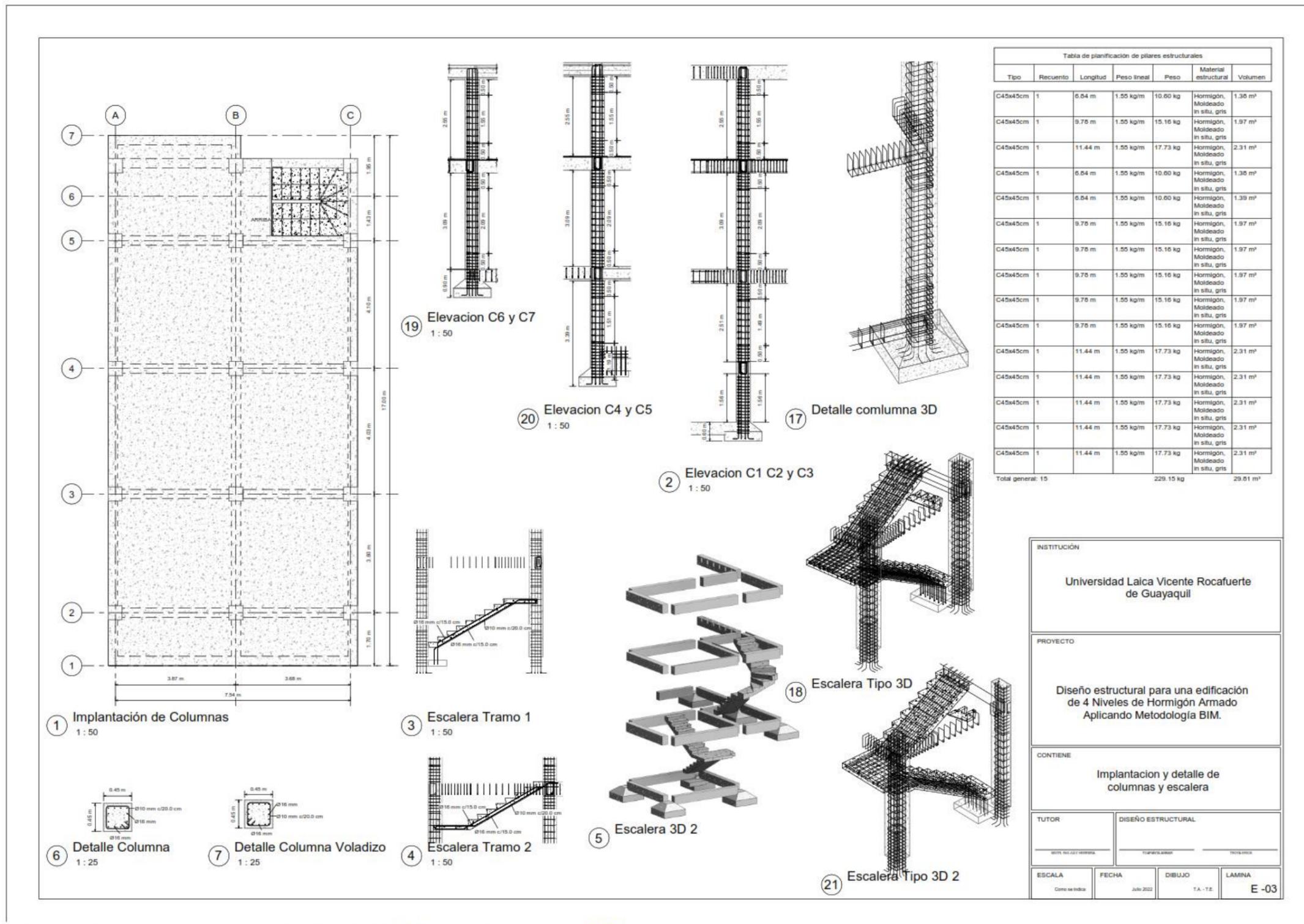
4 Cimentacion 3D

5 Losa 3D

INSTITUCIÓN			
Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil			
PROYECTO			
Diseño estructural para una edificación de 4 Niveles de Hormigón Armado Aplicando Metodología BIM.			
CONTIENE			
Alcance del proyecto			
TUTOR		DISEÑO ESTRUCTURAL	
MATERIA INICIAL		MATERIA INICIAL	
ESCALA	FECHA	DIBUJO	LAMINA
Como se indica	Julio 2022	T.A. - T.E.	E -01

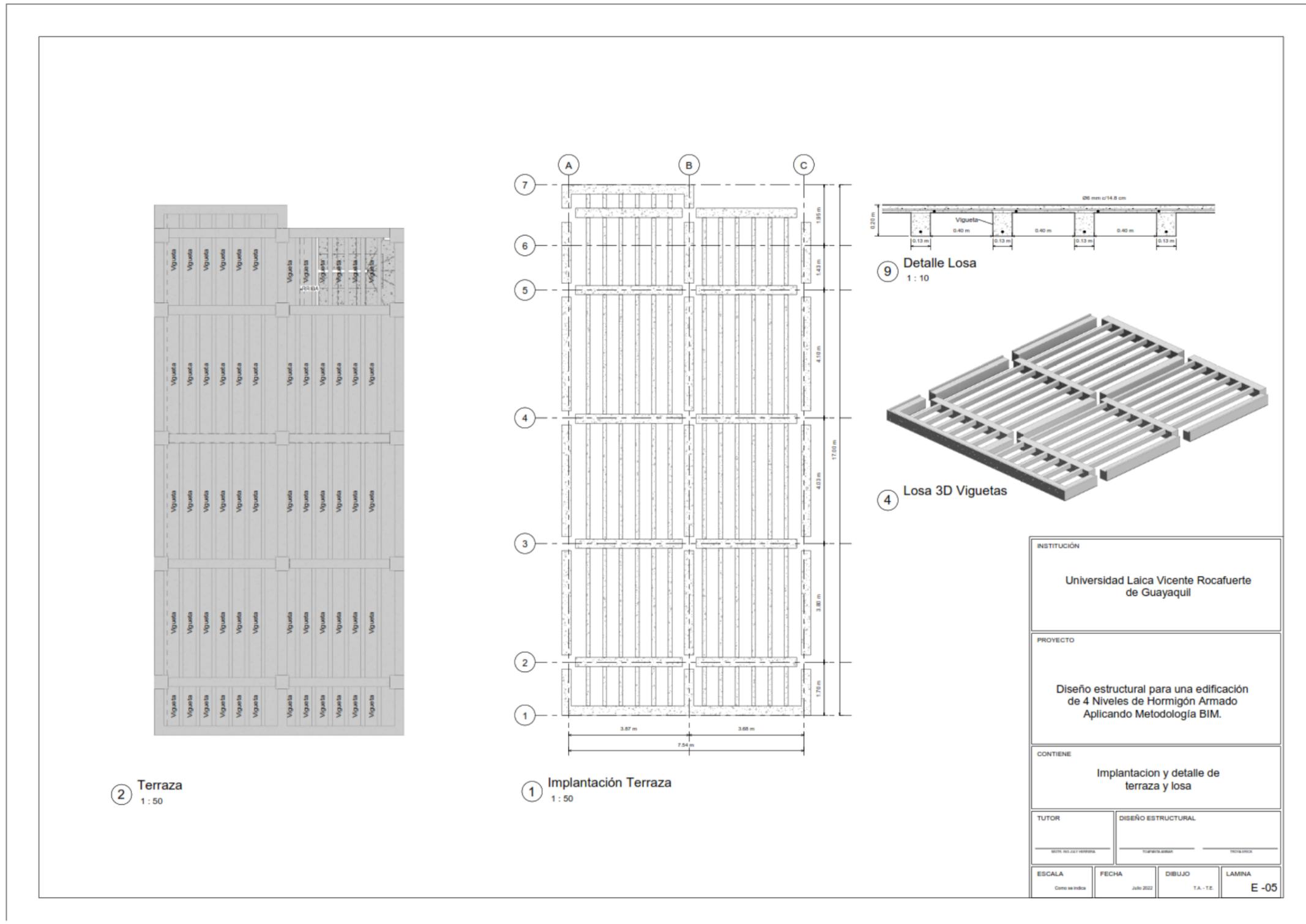
This document was created by an application that isn't licensed to use [novaPDF](https://www.novaPDF.com/). Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Anexo 5. Implementación de detalles de columnas y escaleras

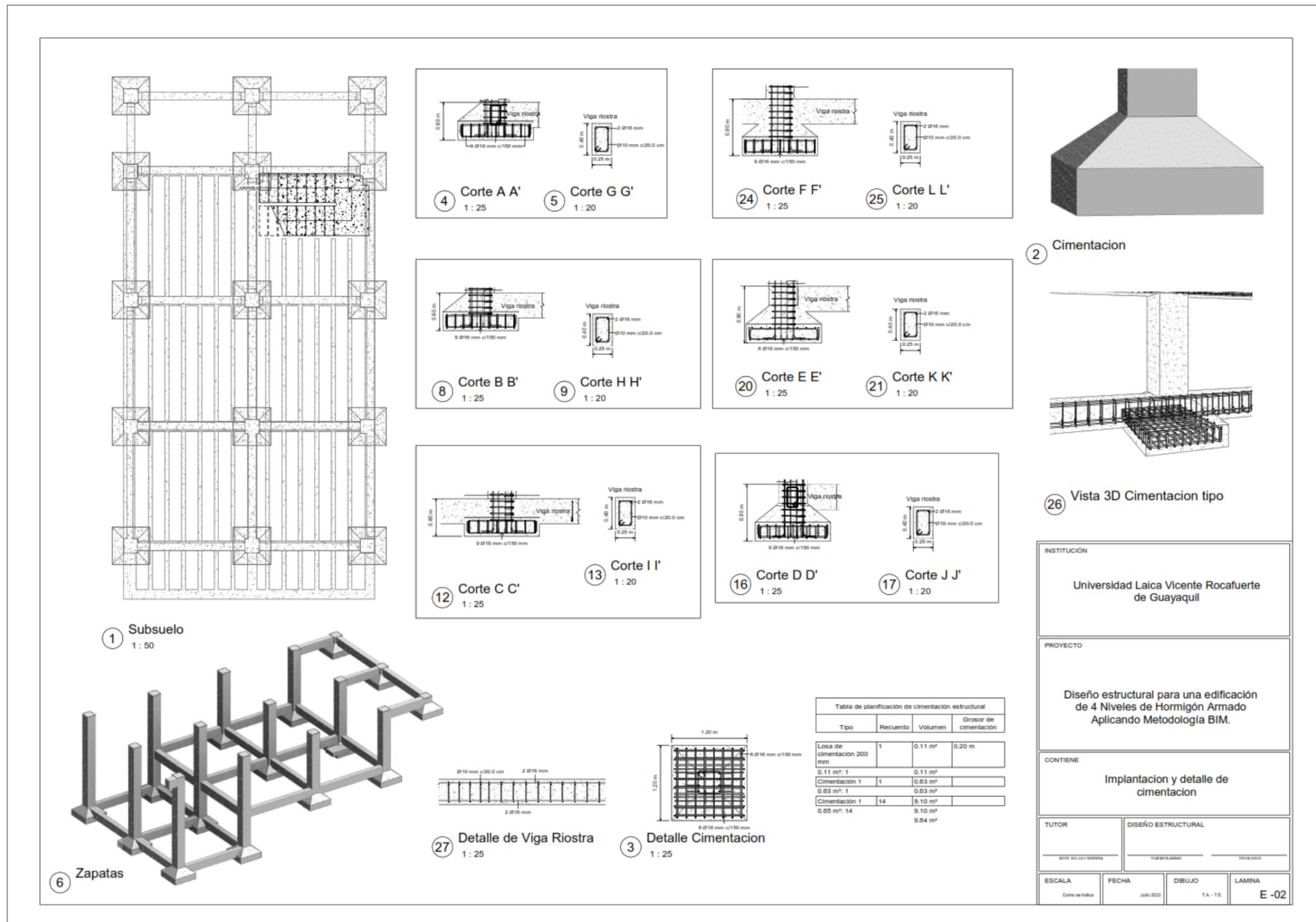


This document was created by an application that isn't licensed to use [novaPDF](#). Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Anexo 7. Implementación de detalles de terraza y losa



Anexo 8. Implementación de detalles de cimentación



This document was created by an application that isn't licensed to use [novaPDF](#). Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Diseño estructural para una edificación de 4 Niveles de Hormigón Armado Aplicando Metodología BIM.

ITEM	Rubros	UND	Cant	Precio Unitario	Precio total
1	SUPERESTRUCTURA				
1.1	Hormigon simple para columnas f'c=280 Kg/cm2 (Incluye encofrado)	M3	29.81	\$ 309.85	\$ 9,236.63
1.2	Acero de refuerzo fy=4200 Kg/cm2 para columnas.	KG	229.15	\$ 2.01	\$ 460.59
1.3	Hormigon simple para vigas f'c=280 Kg/cm2 (Incluye encofrado)	M3	51.64	\$ 317.61	\$ 16,401.38
1.4	Acero de refuerzo fy=4200 Kg/cm2 para vigas	KG	1419.15	\$ 2.01	\$ 2,852.49
1.5	Hormigon simple para zapatas f'c=280 Kg/cm2 (Incluye encofrado)	M3	77.76	\$ 610.35	\$ 47,460.82
1.6	Acero de refuerzo fy=4200 Kg/cm2 para zapatas	KG	1188.01	\$ 2.01	\$ 2,387.90
	TOTAL				\$78,799.81