



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DESARROLLO DE PLANTILLA PARA DETALLADO DE ELEMENTOS DE
HORMIGÓN ARMADO ACORDE A LA PRÁCTICA NACIONAL, A TRAVÉS DEL
SOFTWARE REVIT, PARA UN EDIFICIO DE 4 PISOS UBICADO EN LAGO
AGRIO**

Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Ingeniera Civil

AUTORA: Michelle Marlene Hidalgo Correa

TUTORA: Jacqueline Vanessa Ochoa Román

Quito – Ecuador
2022

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACION**

Yo, Michelle Marlene Hidalgo Correa, con documento de identificación N° 1724702996 manifiesto que:

Soy la autora y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 04 de marzo del 2022

Atentamente,



Hidalgo Correa Michelle Marlene

1724702996

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Hidalgo Correa Michelle Marlene con documento de identificación N° 1724702996, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: “Desarrollo de plantilla para detallado de elementos de hormigón armado acorde a la práctica nacional a través del software Revit, para un edificio de 4 pisos ubicado en Lago Agrio”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 04 de marzo del 2022

Atentamente,



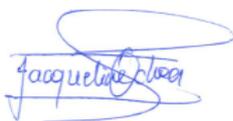
Hidalgo Correa Michelle Marlene

1724702996

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Jacqueline Vanessa Ochoa Román, con documento de identificación No. 1720556446, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollando el trabajo de titulación: DESARROLLO DE PLANTILLA PARA DETALLADO DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO ACORDE A LA PRÁCTICA NACIONAL A TRAVÉS DEL SOFTWARE REVIT, PARA UN EDIFICIO DE 4 PISOS UBICADO EN LAGO AGRIO, realizado por Michelle Marlene Hidalgo Correa con documento de identificación N° 1724702996, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 04 de marzo del 2022



Ing. Jacqueline Vanessa Ochoa Román, MSc.

CI: 1720556446

DEDICATORIA

Para obtener mi carrera universitaria que viene acompañada de sueños y aspiraciones quiero dedicar este trabajo a los seres más admirables que son mis padres Oswaldo y Marilú quienes son la primordial razón para no haber desmayado ante todas las adversidades que se nos presentó para alcanzar este logro el cual deseo festejar junto a ellos quienes con su guía y fortaleza me animaron para continuar ofreciendo lo mejor de mí y cumplir con un anhelo que se verá reflejado en mi vida profesional.

A mis hermanas Zully y Flavia, que me ofrecen su hombro para los días que parecen oscuros, su complicidad en los incontables días y noches de desvelos que van acompañados de risas en todo instante, su compañía me ha aportado de energía para seguir en este duro camino en el que hemos fortalecido este lazo de hermandad y seguiremos apoyándonos en todo instante.

A esta gran familia que me brinda amor, confianza y apoyo incondicional será un paso más que demos juntos para continuar en este trayecto llamado vida.

Michelle Marlene Hidalgo Correa

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios por regalarme la bendición de culminar con éxito mi formación profesional como Ingeniera Civil en esta prestigiosa universidad.

A mi tutora Ing. Jacqueline Ochoa, quien formo parte de mi aprendizaje desde el aula hasta su guía en encaminarme para ser una buena profesional me ha brindado su conocimiento y experiencia en mi etapa universitaria.

A Marco quien, ha sido un mentor brindándome su tiempo, apoyo, consejo y conocimiento con lo que he logrado iniciar esta nueva etapa de ser Ingeniera.

A todos mis maestros quienes aportaron su conocimiento y experiencias las cuales forjaron entusiasmo y dedicación para lograr el objetivo con el que se ingresa a la universidad, convertimos en profesionales.

CONTENIDO

<i>CAPÍTULO I</i>	1
1. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	1
1.1. Introducción	1
1.1. Justificación	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivo Específico	2
<i>CAPÍTULO II</i>	4
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Sistemas Estructurales	4
2.2. Elementos verticales	5
2.2.1 Columnas	5
2.2.2 Muros Estructurales	5
2.3. Elementos Horizontales	5
2.3.1 Losa	5
2.3.2 Vigas.....	5
2.3.3 Cimentación.....	5
2.4. Materiales	6
2.4.1 Hormigón.....	6
2.4.2 Acero de refuerzo	6
2.5. Análisis de cargas	7

2.5.1 Cargas Permanentes.....	7
2.5.2 Cargas Variables.....	7
2.6. Combinación de cargas para el diseño por última resistencia.....	8
<i>CAPITULO III.....</i>	<i>9</i>
3. METODOLOGÍA.....	9
3.1. Generalidades del proyecto	9
3.1.1 Ubicación del Proyecto.....	9
3.1.2 Arquitectura del Proyecto.....	10
<i>CAPITULO IV.....</i>	<i>17</i>
4. PREDISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y MODELADO EN SOFTWARE ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS	17
4.1. Predimensionamiento de elementos.....	17
4.1.1 Losa	18
4.1.2 Viga	23
4.1.3 Columnas.....	31
4.1.4 Muros estructurales.....	34
4.2. Análisis de cargas	35
4.2.1 Análisis de cargas permanentes	35
4.2.1.1. Carga Muerta	35
4.2.2 Análisis de cargas variables.....	37
4.2.2.1. Carga Viva	37
4.2.2.2. Carga de Granizo	37
4.2.2.3. Carga Sísmica	38

4.3. Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones	41
4.3.1 Determinación del período de vibración T	44
4.4. Categoría de edificio y coeficiente de importancia.....	45
4.5. Factor de reducción de resistencia sísmica R	46
4.6. Factor de penalización por irregularidad en planta	47
4.7. Factor de penalización por irregularidad en elevación	47
4.8. Cortante Basal	48
<i>CAPITULO V.....</i>	<i>51</i>
5. <i>MODELADO EN SOFTWARE ROBOT ANALYSIS.....</i>	<i>51</i>
5.1. Preferencia del trabajo	51
5.2. Materiales.....	53
5.3. Grillas de construcción	54
5.4. Definición de secciones.....	55
5.4.1 Columnas	55
5.4.2 Vigas.....	56
5.4.3 Losa y Muros	57
5.5. Asignación de elementos estructurales a las plantas.....	57
5.6. Asignación de cargas a elementos losa	61
5.7. Análisis Modal Espectral	64
5.8. Casos espectrales de análisis.....	66
5.8.1 Conversión de cargas a masa reactiva	68
5.8.2 Combinaciones de carga.....	69

5.9. Verificación del Modelo	70
<i>CAPITULO VI</i>	71
6. VERIFICACIONES SISMORESISTENTES	71
6.1. Peso de la edificación	71
6.2. Modos de vibración, periodo y masa participativa	71
6.3. Límites permisibles de las derivas	73
6.4. Cortante basal.....	75
6.5. Columna fuerte- viga débil.....	76
<i>CAPITULO VII</i>	79
7. DISEÑO Y DETALLADO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	79
7.1. Diseño y detallado estructural de columnas	79
7.2. Detallado estructural de vigas	79
7.3. Detallado estructural de losas	79
7.4. Detallado estructural de muros.....	79
<i>CAPITULO VIII</i>	80
8. PLANTILLA ESTRUCTURAL EN SOFTWARE REVIT STRUCTURAL	80
8.1. Familias en Revit	80
8.2. Interoperabilidad	81
8.3. Creación de materiales.....	86
8.3.1 Hormigón.....	86
8.3.2 Acero de refuerzo	87

8.3.2.1. Diámetros de varilla.....	89
8.3.2.2. Formas de varillas	90
8.4. Secciones.....	92
8.4.1 Pilares estructurales	92
8.4.2 Vigas	94
8.4.3 Muro estructural	95
8.4.4 Losa	96
8.5. Asignación de aceros a los elementos estructurales.	98
8.5.1 Pilares y Vigas Estructurales	98
8.5.2 Losa	102
8.5.3 Muros.....	103
8.6. Membrete	108
8.6.1. Información del proyecto	109
8.6.2 Elementos de anotación	110
8.6.2.1. Etiquetado de elementos por categoría	110
8.6.2.2. Etiquetado de elementos por categoría en aceros	111
8.7. Planos.....	112
9. CONCLUSIONES.....	114
10. RECOMENDACIONES.....	115
11. REFERENCIAS.....	116
12. ANEXOS.....	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clasificación de edificios de hormigón armado	4
Tabla 2	Combinaciones de cargas.....	8
Tabla 3	Dimensiones del edificio.....	17
Tabla 4	Niveles del edificio	17
Tabla 5	Espesor mínimo de losa bidireccional	19
Tabla 6	Centroide de figura compuesta	22
Tabla 7	Transformación de cargas tributarias a equivalentes	26
Tabla 8	Momentos de vigas	27
Tabla 9	Momentos de vigas sentido X-X.....	28
Tabla 10	Momento de vigas sentido Y-Y	30
Tabla 11	Predimensionamiento de columnas.....	33
Tabla 12	Resumen de cargas permanentes	36
Tabla 13	Valores de carga según la ocupación	37
Tabla 14	Resumen de cargas variables	37
Tabla 15	Valores de factor Z.....	38
Tabla 16	Factor de sitio Fa.....	39
Tabla 17	Factor de sitio Fd	40
Tabla 18	Factor de sitio Fs	40
Tabla 19	Coefficientes del perfil de suelo.....	41

Tabla 20	Coeficientes para estructuras	44
Tabla 21	Componentes Horizontales	44
Tabla 22	Tipo de uso, importancia de la estructura	46
Tabla 23	Coeficiente R para estructuras dúctiles.....	46
Tabla 24	Espectro elástico e inelástico	49
Tabla 25	Coeficientes y valores sísmicos	50
Tabla 26	Cargas	62
Tabla 27	Control de derivas sentido X.....	74
Tabla 28	Control de derivas sentido Y.....	74
Tabla 29	Cortante Basal.....	76
Tabla 30	Diámetros de varilla.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del proyecto.....	10
Figura 2 Implantación N-2.50	11
Figura 3 Implantación N+0.40.....	12
Figura 4 Implantación N+3.63, +6.42, +9.21	13
Figura 5 Implantación N+12.00.....	14
Figura 6 Implantación N+14.90.....	15
Figura 7 Fachada Frontal	15
Figura 8 Fachada Posterior	16
Figura 9 Fachada Lateral Izquierda	16
Figura 10 Tablero crítico	18
Figura 11 Planta y elevación de losa alivianada de 25cm	21
Figura 12 Corte de losa alivianada	21
Figura 13 Análisis para carga muerta en losa	22
Figura 14 Transformación a carga equivalente.....	24
Figura 15 Mosaico de cargas	25
Figura 16 Áreas cooperantes.....	32
Figura 17 Vista en planta y corte de losa alivianada	36
Figura 18 Espectro Elástico	41
Figura 19 Irregularidad en planta	47

Figura 20	Coeficientes de la estructura.....	47
Figura 21	Peso de la edificación	48
Figura 22	Espectro elástico e inelástico.....	49
Figura 23	Preferencia de trabajo	51
Figura 24	Configuraciones iniciales	52
Figura 25	Definición de materiales.....	53
Figura 26	Grillas y plantas.....	54
Figura 27	Definición de sección columnas.....	55
Figura 28	Definición sección vigas	56
Figura 29	Definición de losa.....	57
Figura 30	Asignación de elementos en planta pilares, vigas	58
Figura 31	Asignación de losa de planta y muro en planta	59
Figura 32	Asignación de apoyos.....	59
Figura 33	Desface para nudos.....	60
Figura 34	Modelo 3D en Robot	60
Figura 35	Asignación de cargas.....	61
Figura 36	Asignación de carga sobrepuesta SDEAD	62
Figura 37	Asignación de carga viva	63
Figura 38	Asignación de carga de granizo.....	63

Figura 39 Análisis Modal	64
Figura 40 Participación modal.....	65
Figura 41 Período y participación modal.....	65
Figura 42 Espectro de diseño.....	66
Figura 43 Dirección para espectro de diseño.....	67
Figura 44 Cargas sísmicas generadas por espectro.....	67
Figura 45 Conversión de cargas a masa.....	68
Figura 46 Cargas ficticias	69
Figura 47 Combinaciones de carga.....	69
Figura 48 Verificación del Modelo.....	70
Figura 49 Peso edificación.....	71
Figura 50 Período y participación modal.....	72
Figura 51 Modos de vibración	72
Figura 52 Límites de derivas	73
Figura 53 Derivas dirección X, Y	74
Figura 54 Cortante Basal Dinámico.....	75
Figura 55 Cortante Basal Estático	76
Figura 56 Columna fuerte- Viga débil.....	78
Figura 57 Clasificación de elementos	81

Figura 58	Proceso para interoperabilidad	82
Figura 59	Unidades	83
Figura 60	Modelo Analítico y Realista.....	84
Figura 61	Planos estructurales	85
Figura 62	Flujo de creación del hormigón.....	86
Figura 63	Configuración del recubrimiento	88
Figura 64	Flujos de diámetros para varillas.....	90
Figura 65	Flujo formas de varillas	91
Figura 66	Flujo pilares estructurales.....	93
Figura 67	Flujo vigas estructurales	94
Figura 68	Flujo muros estructurales	96
Figura 69	Flujo losas.....	97
Figura 70	Naviate Rex	98
Figura 71	Selección elementos estructurales	99
Figura 72	Geometría vista en Naviate Rex.....	99
Figura 73	Acero en Vigas y Columnas.....	100
Figura 74	Estribos y ramales	101
Figura 75	Acero en losa.....	102
Figura 76	Acero superior e inferior losas	103

Figura 77 Acero en muros	104
Figura 78 Acero Naviate Rex en muros.....	105
Figura 79 Particiones	106
Figura 80 Planilla de acero	107
Figura 81 Plano.....	108
Figura 824 Información del proyecto	109
Figura 835 Etiquetado por categoría.....	110
Figura 846 Etiquetado de acero	111
Figura 857 Creación del plano.....	112

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Valor promedio para losa	19
Ecuación 2 Espesor mínimo de losa	20
Ecuación 3 Altura equivalente	22
Ecuación 4 Relación entre lado mayor y menor	24
Ecuación 5 Carga triangular equivalente	24
Ecuación 6 Carga trapezoidal equivalente	24
Ecuación 7 Momento Nominal	29
Ecuación 8 Momento último.....	29
Ecuación 9 Peralte efectivo.....	29
Ecuación 10 Sección de columna.....	Error! Bookmark not defined.
Ecuación 11 Diseño por cortante en muros	34
Ecuación 12 Cortante basal	38
Ecuación 13 Espectro de respuesta elástica de aceleraciones	43
Ecuación 14 Período límite de vibración	43
Ecuación 15 Período de vibración	44
Ecuación 16 Deriva Elástica	73
Ecuación 17 Deriva Inelástica.....	73

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como finalidad desarrollar una plantilla para el detallado de elementos de hormigón armado mediante el uso de la metodología BIM de la mano con el software Revit - Módulo Estructural, para un edificio de 4 pisos ubicado en la Provincia de Sucumbíos, en Lago Agrio, el mismo que inicia con el prediseño de los elementos estructurales, para su modelamiento sísmico en el software Robot Análisis Structural Professional, todo esto bajo los requisitos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción vigente (NEC 2015) para su correcto análisis sísmico, con consideración de normas internacionales como el ACI 318-14.

Una vez modelada la estructura, es exportada al software Revit donde se efectuará el detallamiento de los elementos columnas, vigas, losa y muros para generar una plantilla estructural editando las familias que tiene por defecto Revit y acoplando las mismas a la nomenclatura del medio nacional.

Finalmente, se establecen las ventajas de optimización de tiempo al usar la metodología BIM en lugar de la metodología tradicional del dibujo en 2D.

Palabras clave: plantilla, hormigón armado, elementos estructurales, BIM, Robot Analysis, Revit.

ABSTRACT

The purpose of this degree work is to develop a template for the detailing of reinforced concrete elements using BIM technology hand in hand with the Revit-Structural Module software, for a 4-story building located in the Province of Sucumbíos in Lago Agrio, The project begins with the pre-design of the structural elements, for its seismic modeling in the software Robot Analysis Structural Professional, all this according to the Ecuadorian Standard of Construction (NEC 2015) for its correct seismic analysis, also relying on international standards such as ACI 318-14.

Once modeled, the structure is exported to Revit software where the detailing of columns, beams, slabs, and walls elements will be carried out to generate a structural template by editing the default Revit families and coupling them to the nomenclature of the national practice.

Finally, the advantages of using the BIM methodology instead of the traditional one, are established.

Keywords: template, reinforced concrete, structural elements, BIM, Robot Analysis, Revit.

CAPÍTULO I

1. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1. Introducción

El presente trabajo tiene como enfoque la aplicación de Revit con su Módulo Estructural, y el Software Robot Structural Analysis en el cual se realizará el modelado estructural de un edificio de hormigón armado ubicado en la Provincia de Sucumbíos, Cantón Nueva Loja, Barrio Guayaquil.

Al implementar la metodología BIM en el detallado de elementos de hormigón armado, los volúmenes de obra ya serán cuantificados de manera paralela y automática. Sin embargo, ya que el uso de esta metodología no es ampliamente conocida y usada en el país, es importante parametrizar los formatos que tiene Revit al medio nacional, y difundir este proceso para que pueda ser aplicado en la optimización de la generación de la documentación de obra.

1.1. Justificación

La motivación para el desarrollo de este trabajo se presentó al adquirir experiencia en la generación de información de un proyecto de remodelación. Tradicionalmente, el proceso para llegar a la presentación de planos estructurales es modelar la edificación en cualquier software de análisis estructural, y una vez que todos los chequeos han sido realizados, se dibuja nuevamente en otro software CAD para generar los planos definitivos, duplicando el esfuerzo y el trabajo. Por otro lado, una de las ventajas que se tiene al implementar la metodología BIM en los proyectos civiles es que, cualquier cambio que se realice en un único modelo, se reflejará en todas las vistas, detalles y cortes, lo cual optimizará tiempos de entrega y será más eficiente si se utiliza una plantilla de trabajo personalizada y adaptada al medio nacional.

Las personas beneficiadas con este proyecto serán los estudiantes, los profesionales dentro del área estructural y las personas que vean un uso adecuado a la herramienta presentada

para disminuir tiempo de trabajo y obtener datos reales de metrados y cantidades de obra a través de un modelo inteligente 3D.

Para el desarrollo de este trabajo, se contó con el apoyo de la empresa BIM Plus, la cual construirá un hotel en la ciudad de Lago Agrio. Esta empresa facilitó datos iniciales como planos arquitectónicos. El asesoramiento ha sido otorgado a través de dos profesionales que se mantienen a la vanguardia promoviendo el uso de esta metodología y buscando una nueva forma de interacción para la obtención de datos, generando una plantilla que pueda ser usada para otros proyectos.

La implementación de esta plantilla tiene una proyección a futuro porque puede ser utilizado como guía de aplicación de la metodología BIM tanto en trabajos académicos como profesionales, y de esta manera incentivar la utilización de herramientas avanzadas.

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Elaborar una guía para la parametrización de la plantilla estructural, a través del Software Revit Módulo Estructural para el detallado de elementos de hormigón armado en un edificio de cuatro pisos.

1.2.2 Objetivo Específico

Investigar el uso de la metodología BIM (Building Information Modeling), por medio del estudio bibliográfico y audiovisual, para aplicarlo al modelado de información de la estructura en Software Revit (Módulo Estructural).

Usar datos geométricos proporcionados de la estructura en estudio para modelarla en el software Robot Analysis Structural bajo normas NEC y ACI.

Calcular la estructura bajo normas de seguridad sismorresistente establecidas en las normas NEC-SE-CG cargas no sísmicas, NEC-SE-DS peligro sísmico y normas internacionales aplicables (ACI, ASCE).

Establecer secciones de elementos estructurales horizontales y verticales de hormigón armado para su posterior detallado a través del software Revit, módulo estructural.

Parametrizar la plantilla estructural preestablecida en el software Revit para adaptarlo al medio nacional y sea aplicable a otros proyectos que contemplen elementos de hormigón armado.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

Los materiales de construcción son evaluados y verificados conforme al Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN) y la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN) que se encuentren vigentes.

2.1. Sistemas Estructurales

El sistema estructural es representado por un prototipo físico que permite caracterizar el comportamiento de una edificación. En el caso de hormigón armado, la Tabla 1 muestra una clasificación de sistemas estructurales.

Tabla 1

Clasificación de edificios de hormigón armado

SISTEMA ESTRUCTURAL	ELEMENTOS QUE RESISTEN SISMO	RÓTULAS PLÁSTICAS	OBJETIVO DEL DETALLAMIENTO
Pórtico especial	Columnas y vigas descolgadas	Extremo de vigas y base de columnas 1er piso	Columna fuerte, nudo fuerte, viga fuerte a corte, pero débil en flexión.
Pórticos con viga banda	Columnas y vigas banda	Extremo de vigas y base de columnas 1er piso	Columna fuerte, nudo fuerte, viga fuerte a corte y punzonamiento, pero débil a flexión.
Muros estructurales	Columnas y muros estructurales	En la base de los muros y columnas 1er piso /a nivel de calle)	Muro fuerte en corte, débil en flexión. Columna no falla por corte.
Muros estructurales acoplados	Columnas, muros estructurales, y vigas de acople	En la base de los muros y columnas 1er piso (a nivel de la calle). Extremos vigas de acople.	Muro fuerte en corte, débil en flexión. Columna no falla por corte. Viga de acople fuerte en corte, débil en flexión.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción-NEC-SE-HM, 2015

Un sistema estructural tiene la funcionalidad de hacer que los elementos estructurales trabajen adecuadamente dando seguridad a los ocupantes.

2.2. Elementos verticales

Los elementos verticales son aquellos que trabajan principalmente a compresión; sin embargo, a veces, reciben esfuerzos laterales de flexión. Entre los principales elementos están:

2.2.1 Columnas

Son los elementos que soportan el peso propio, la carga por viento y sismo; trabajan generalmente a flexo compresión y pueden tener secciones rectangulares, circulares o poligonales.

2.2.2 Muros Estructurales

Elementos diseñados para resistir las fuerzas sísmicas en su propio plano, pudiendo ser muros de corte, mampostería confinada o mampostería estructural.

2.3. Elementos Horizontales

Son elementos que trabajan a flexión, apoyados en los extremos y soportando la carga en toda su longitud, tales como:

2.3.1 Losa

Diafragma horizontal cuya funcionalidad es transmitir las cargas gravitacionales al marco estructural. Su comportamiento está dominado por la flexión. Las más comunes son losas alivianadas, losas macizas y losas nervadas.

2.3.2 Vigas

Resisten cargas transversales perpendiculares al eje longitudinal de la viga; este elemento estructural trabaja a flexión, recibe las cargas de las losas transmitiéndolas a las columnas o muros.

2.3.3 Cimentación

Transmite las cargas de la estructura al terreno de fundación. (SOTO, D 2015).

2.4. Materiales

2.4.1 Hormigón

Es un material empleado en la construcción, que resulta de la mezcla de cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos. La calidad del material depende de la calidad de sus componentes y de los cuidados durante y después del vaciado. El hormigón debe satisfacer los requisitos de resistencia estructural que, en obra, deben ser verificados con la ayuda de pruebas de campo. En la práctica común, se usan los siguientes valores de resistencia específica a la compresión:

Valor mínimo para el hormigón: $f'_c = 21$ MPa

Valor máximo para elementos de hormigón liviano: $f'_c = 35$ MPa.

Dónde:

f'_c : Resistencia especificada a la compresión del hormigón (MPa). (NEC, 2015)

2.4.2 Acero de refuerzo

El acero es un material de gran resistencia que es usado en la construcción para resolver estructuras de hormigón que soportan esfuerzos de tracción. Las características principales del acero de refuerzo a ser usadas en el diseño de estructuras en hormigón armado son las siguientes:

Es Módulo de elasticidad del acero de refuerzo y del acero estructural, $E_s = 200.000$ MPa.

f_y Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo (MPa).

f'_{ye} Resistencia efectiva a la fluencia del refuerzo (MPa).

f'_{yt} Resistencia especificada a la fluencia f_y del refuerzo transversal (MPa).

2.5. Análisis de cargas

Las cargas y las categorías de diseño sísmico deben cumplir con los requisitos de la normativa correspondiente. Pueden dividirse en cargas permanentes, variables y accidentales (NEC-SEC-CG,2015), y se describen a continuación:

2.5.1 Cargas Permanentes

Carga Muerta (D): Corresponde a los pesos de todos los elementos estructurales como muros, columnas, vigas, losas, es decir todo lo constante y fijo durante la vida de la estructura.

Carga Muerta Sobreimpuesta (D): Corresponde a los pesos de paredes, recubrimientos, instalaciones sean mecánicas, eléctricas, sanitarias, etc.

2.5.2 Cargas Variables

Carga Viva (L): También conocida como sobrecarga de uso, se refiere a las cargas de ocupación en edificios, es decir están conformadas por los pesos de personas, equipo, muebles; en tal virtud su magnitud y distribución es incierta.

Carga Climática (W, S): En esta denominación se encuentran las cargas por viento y granizo. La magnitud de las presiones de viento sobre la estructura depende de la velocidad del viento, la forma y rigidez de la estructura, la rugosidad y el perfil del terreno que la rodea, y la influencia de estructuras adyacentes.

Carga Sísmica (E): Para el presente trabajo se usará el método modal espectral para poder realizar la verificación de la estructura que resultan de distribuir adecuadamente el cortante basal de diseño en toda la estructura, según la especificación de la norma NEC-SE-DS, 2015.

2.6. Combinación de cargas para el diseño por última resistencia

La estructura y sus componentes deben diseñarse de tal manera que sus resistencias de diseño excedan los efectos de las cargas mayoradas de acuerdo con las combinaciones que se indican en la tabla 2.

Tabla 2

Combinaciones de cargas

COMBINACIONES DE CARGA	
1	1.4D
2	1.2D + 1.6L + 0.5[máx (Lc; S; R)]
3	1.2D + 1.6max (Lc; S; R) + máx (L; 0.5W)
4	1.2D + 1.0W + L + 0.5max (Lc; S; R)
5	1.2D + 1.0E + L + 0.2S
6	0.9D + 1.0W
7	0.9D + 1.0E

Fuente: Código NEC-SE-DS, 2015

Donde:

D carga permanente (carga muerta).

L sobrecarga (carga viva).

Lr sobrecarga cubierta (carga viva).

EX carga sismo en dirección x.

EY carga sismo en dirección y.

S carga de granizo.

W carga de viento.

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

El presente trabajo posee un enfoque cuantitativo, puesto que, el análisis se realiza para contemplar las ventajas de la sincronización entre dos paquetes computacionales que se encuentran a la vanguardia como son Revit y Robot Structural Analysis, para la obtención de los detalles de hormigón armado, de los cuales se evidenciará la optimización de tiempo y versatilidad.

Se comienza modelando la arquitectura propuesta en Robot Structural Analysis para el análisis y verificación sismorresistente de acuerdo con la Normativa Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS para posteriormente llevar el modelo 3D a Revit, que será mediante la investigación experimental, para comprobar la optimización del tiempo y versatilidad al usar un nuevo software para el detallado de elementos de hormigón armado.

La obtención de la información provendrá de la recolección bibliográfica y audiovisual, puesto que la información requerida para el marco teórico y desarrollo de la posterior propuesta vendrá de una constante investigación y autoaprendizaje.

3.1. Generalidades del proyecto

Se establecerá la ubicación del proyecto como se muestra en la figura 1, mediante la localización brindada por el Google Earth, entre Av. 20 de junio y Av. Petrolera.

3.1.1 Ubicación del Proyecto

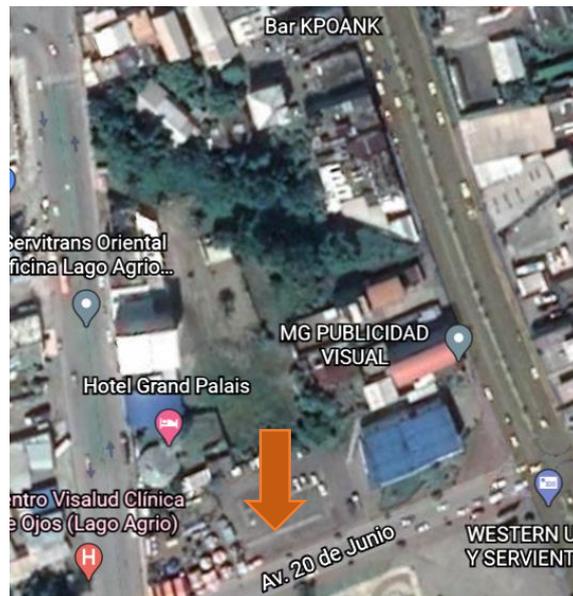
Provincia: Sucumbíos

Cantón: Nueva Loja

Barrio: Guayaquil

Figura 1

Ubicación del proyecto



Fuente: Google Earth, 2021

3.1.2 Arquitectura del Proyecto

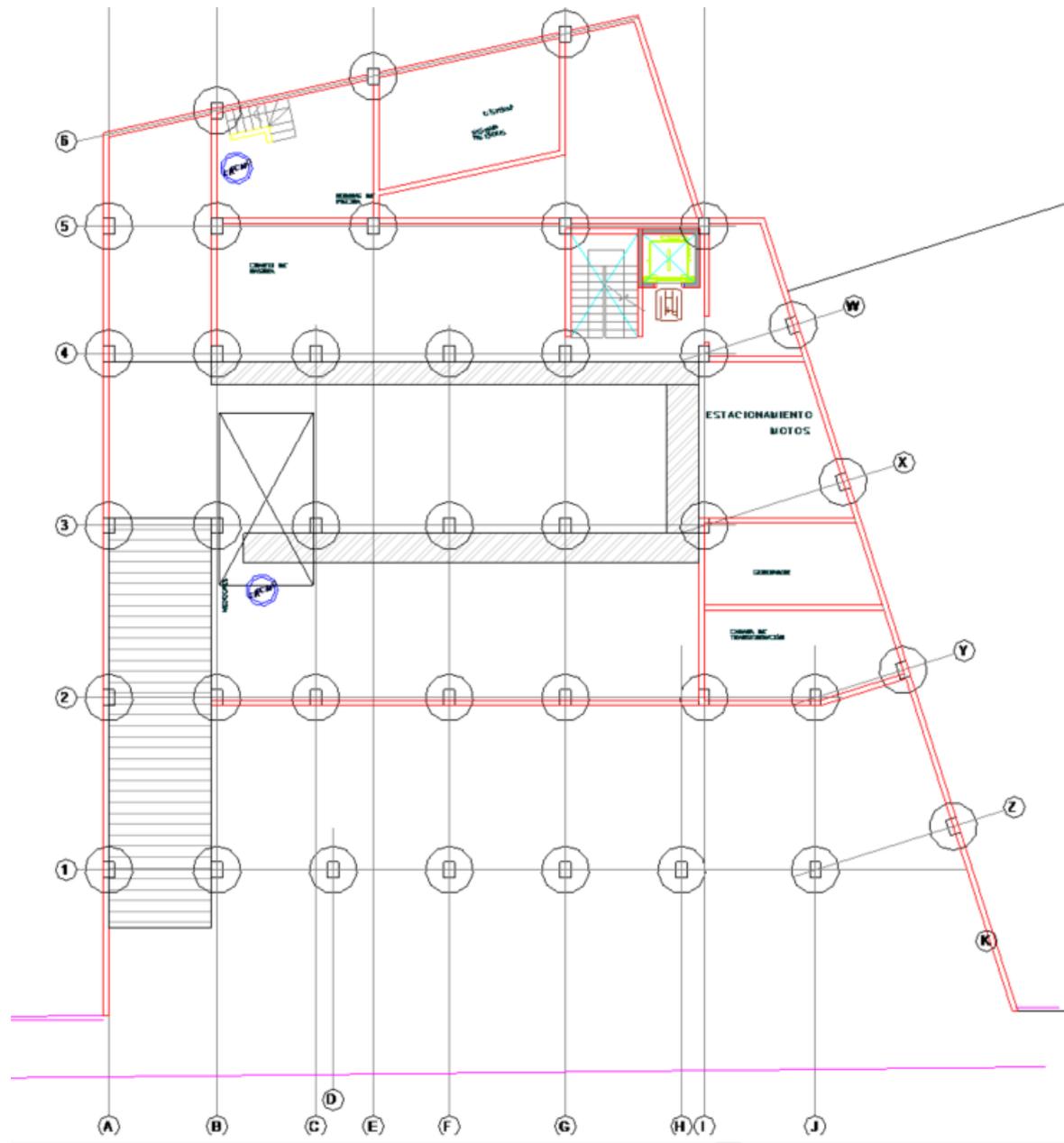
El proyecto consta de cuatro pisos, la altura entrepiso es de 2.80 m; cuenta con luces de hasta 6,20 m en todas las plantas.

El uso de esta edificación es para fines de hospedaje, que constará de 4 plantas y una terraza accesible, además cuenta con estacionamientos y áreas verdes recreativas. Los diferentes niveles de muestran de figura 2 a la 6.

La estructura presenta irregularidades geométricas en planta y elevación debido a su configuración arquitectónica, como se observa desde la figura 7 a la figura 10 con las respectivas fachadas de la edificación.

Figura 2

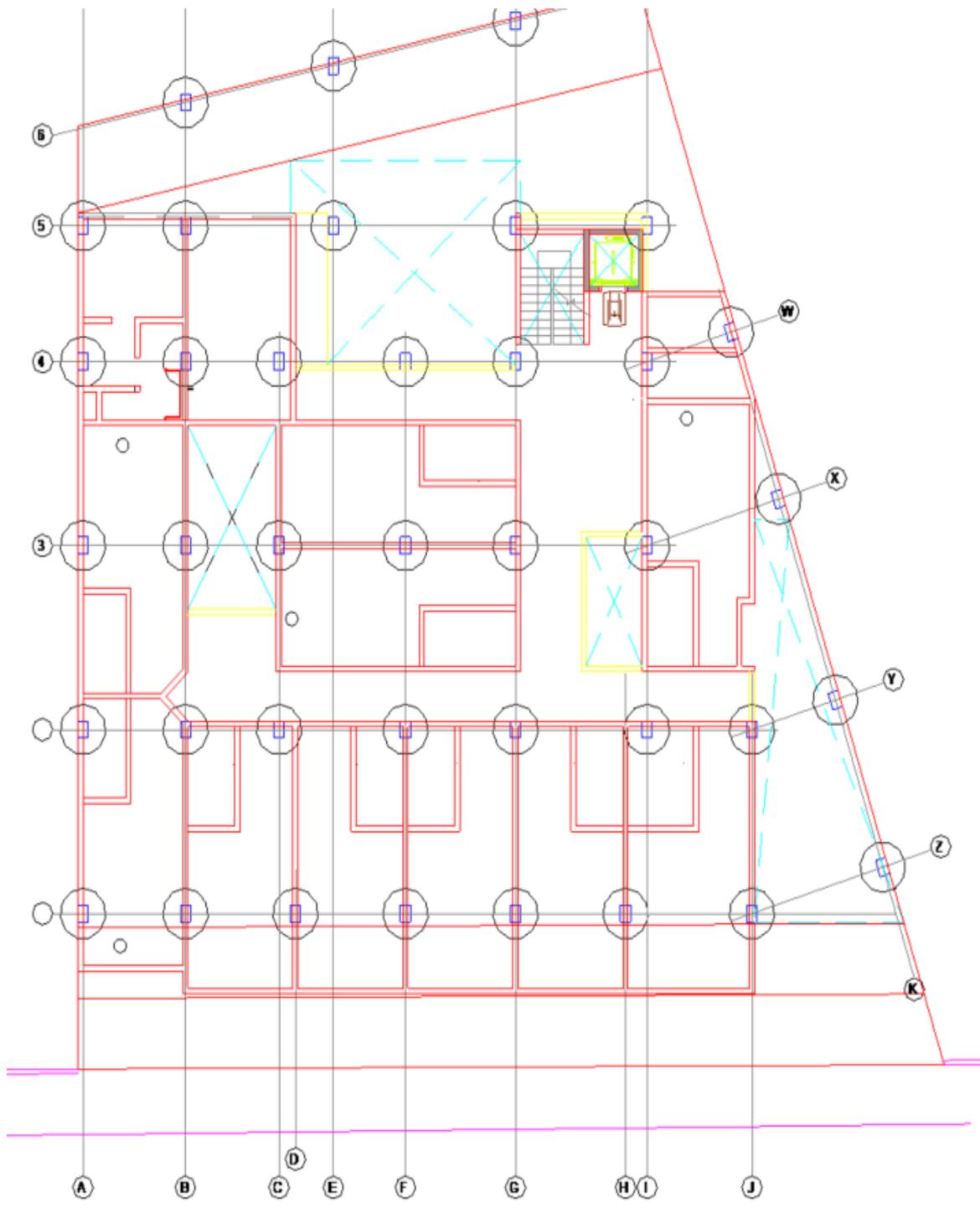
Implantación N-2.50



Fuente: BIMPlus, 2020.

Figura 3

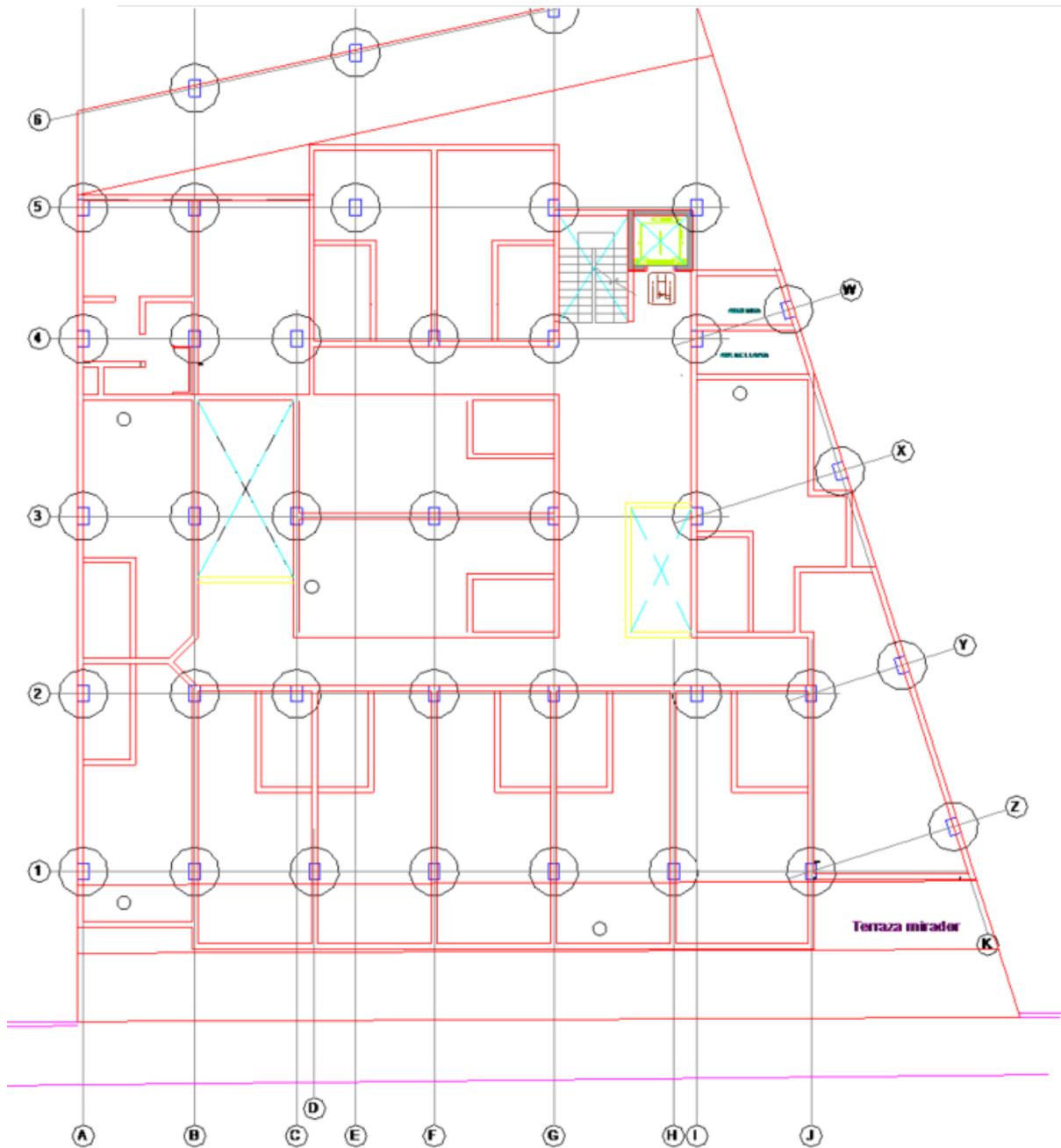
Implantación N+0.40



Fuente: BIMPlus, 2020.

Figura 4

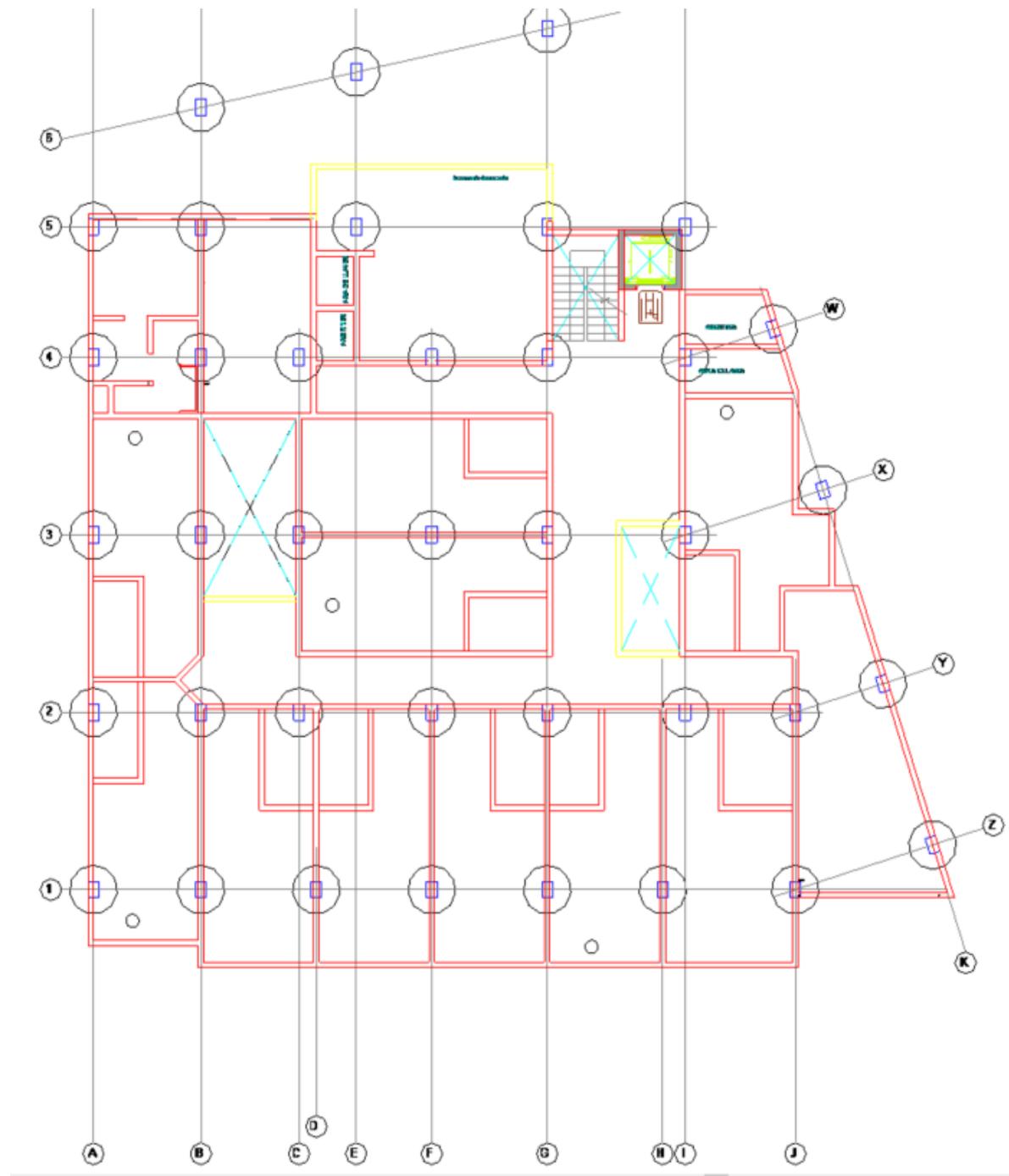
Implantación N+3.63, +6.42, +9.21



Fuente: BIMPlus, 2020.

Figura 5

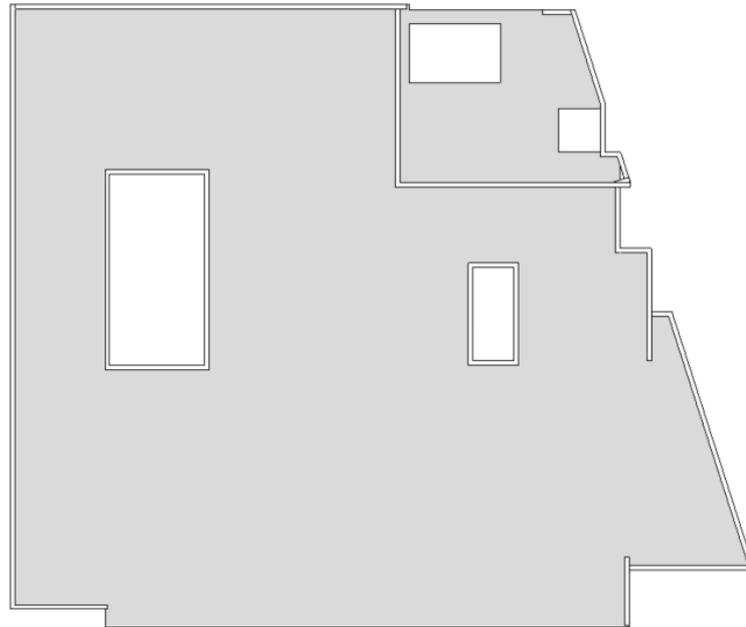
Implantación N+12.00



Fuente: BIMPlus, 2020.

Figura 6

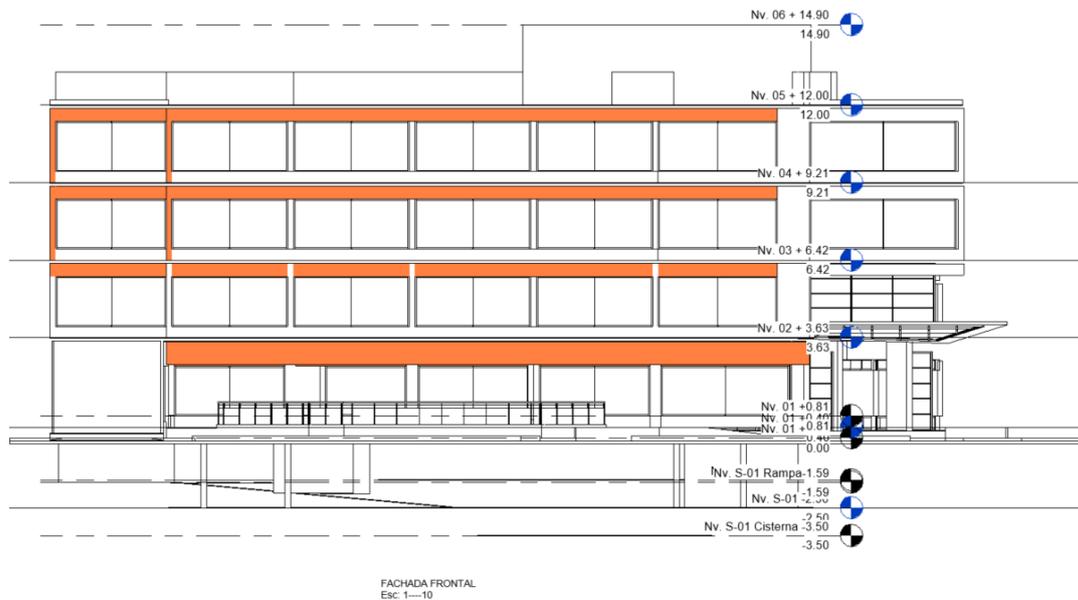
Implantación N+14.90



Fuente: BIMPlus, 2020.

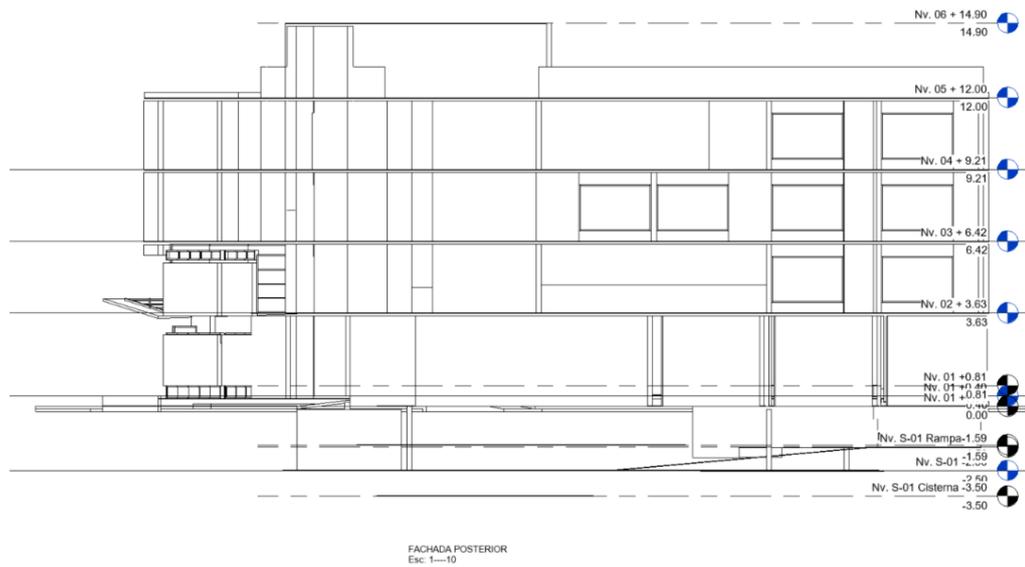
Figura 7

Fachada Frontal



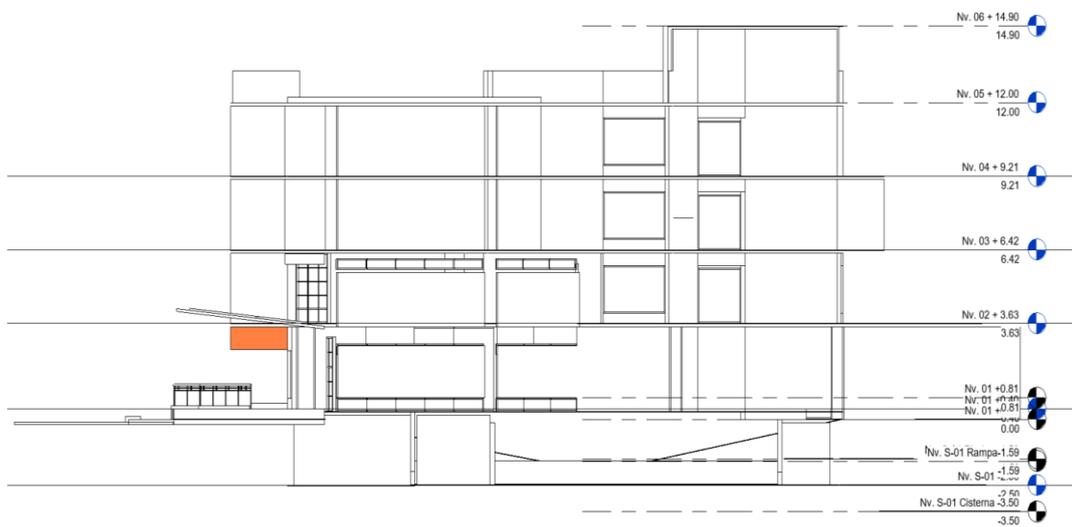
Fuente: BIMPlus, 2020.

Figura 8
Fachada Posterior



Fuente: BIMPlus, 2020.

Figura 9
Fachada Lateral Izquierda



Fuente: BIMPlus, 2020.

CAPITULO IV

4. PREDISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y MODELADO EN SOFTWARE ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS

4.1. Predimensionamiento de elementos

Para comenzar con el predimensionamiento de los elementos estructurales se deberá tener en claro las dimensiones de la edificación como se muestra en la tabla 3; al mismo tiempo saber los niveles con los que consta tal como la tabla 4, para la ejecución del proyecto se tomará el sistema de pórticos de hormigón armado, constando de columnas rectangulares, vigas aperaltadas y losas bidireccionales, cuya resistencia es $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ y acero de refuerzo $fy = 4200 \text{ kgf/cm}^2$.

Tabla 3

Dimensiones del edificio

Dimensiones	
Largo (L)	32.58 m
Ancho (B)	28.14 m
Altura (H)	17.40 m

Fuente: Autora

Tabla 4

Niveles del edificio

Tipo	Nivel	h (m)
Subsuelo	-2,5	
		2,9
Planta baja	0,4	
		3,2
Primera Planta	3,63	
		2,8
Segunda Planta	6,42	
		2,8
Tercera Planta	9,21	
		2,8
Cubierta	12	
		2,9
Tapa Grada	14,9	

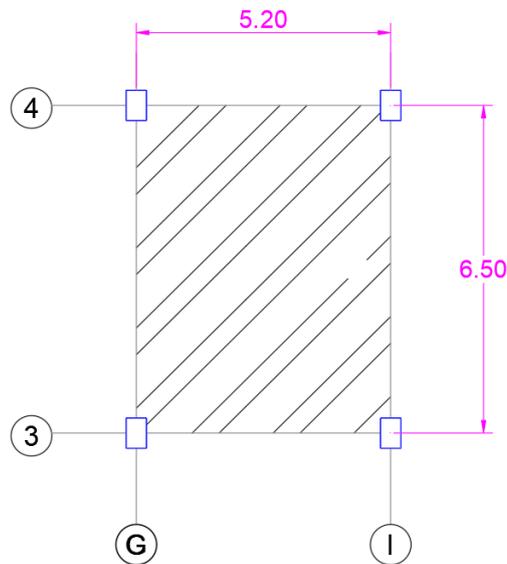
Fuente: Autora

4.1.1 Losa

Se tomará el criterio del ACI 318, que de acuerdo con la implantación se escoge el paño de mayor área para el prediseño, ubicado entre los ejes C-F y 3-4, correspondiente a una losa de 5.20 m x 6.50 m entre ejes.

Figura 10

Tablero crítico



Fuente: Autora

$$B = 5.20 \text{ m}$$

$$L = 6.50 \text{ m}$$

$$r = \frac{L}{B} = 1.3$$

Una vez determinada la relación L/B , se concluye que es una losa armada en dos direcciones puesto a que la relación es mayor a 0.5. Para determinar el espesor mínimo se hace referencia a la tabla 5 que es un extracto del ACI 318.

Tabla 5*Espesor mínimo de losa bidireccional*

α_{fm}	Espesor mínimo h, mm	
α_{fm}	Se aplica 8.3.1.1	
$0.2 < \alpha_{fm} \leq 2.0$	Mayor de	$h = \frac{\ln(0.8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0.2)}$
		125
$\alpha_{fm} > 2.0$	Mayor de	$h = \frac{\ln(0.8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta}$
		90

Fuente: ACI 318

Donde:

h = peralte o espesor de la losa maciza o altura de la inercia equivalente en losa nervada (m) α_{fm} = valor promedio de α_f ecuación 1 para todas las vigas en el borde de un panel**E_{cb}** = Módulo de elasticidad del concreto de las vigas de apoyo (kgf/cm²)**I_b** = Inercia de las vigas de apoyo (cm⁴)**E_{cs}** = Módulo de elasticidad del concreto de las losas de apoyo (kgf/cm²)**I_s** = Inercia de las losas de apoyo (cm⁴)**l_n** = luz libre en la dirección larga, medida cara a cara de las vigas (mm)**β** = relación de la luz libre en la dirección larga a la luz libre en la dirección corta de la losa.

Se asume el caso más crítico para la losa, por lo que usaremos:

$$\alpha_f = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cs} \cdot I_s} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$\alpha_f = 1$$

$$l_n = 5900 \text{ mm}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$\beta = \frac{L}{B} = 1.3$$

$$h_{min} = \frac{l_n(0.8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 9\beta} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$h_{min} = \frac{5900(0.8 + \frac{420}{1400})}{36 + 9(1.3)}$$

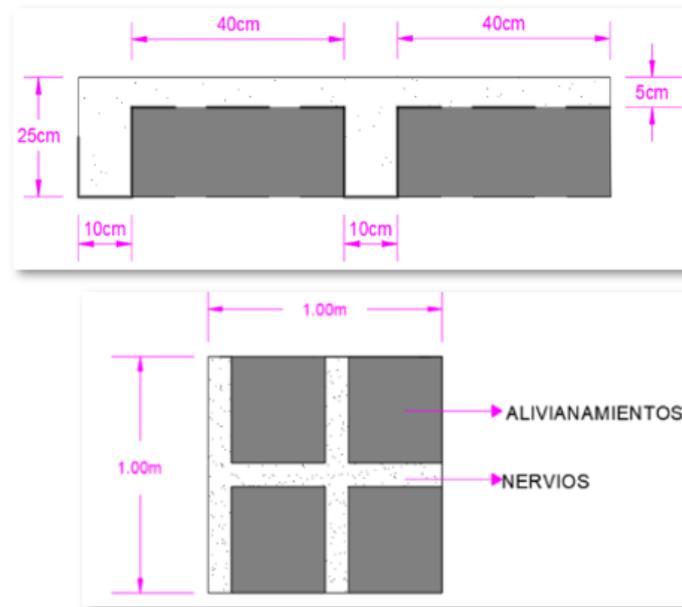
$$h_{min} = 15.75 \text{ cm}$$

La ecuación 2 permite hallar un espesor de losa este corresponde a una losa tipo maciza por lo que se definirá un espesor tentativo de losa tipo alivianada. Se asumirá una altura de losa de 25cm, con 5cm de loseta de compresión considerando un bloque de alivianamiento de 40x20x20cm, como se muestra en la figura 12. Los nervios deberán tener un ancho de al menos 10cm y un peralte no mayor a tres veces y medio dicho ancho. La distancia libre entre nervio no será mayor que 75 cm.

Por lo menos una varilla de refuerzo positivo deberá ser colocada todo lo largo del nervio o vigueta continua sobre los apoyos. De ser necesario, será empalmada sobre los apoyos con un traslape, y en el extremo se anclará con un gancho estándar, el corte de una losa alivianada de 25cm de espesor se observa en la figura 13.

Figura 11

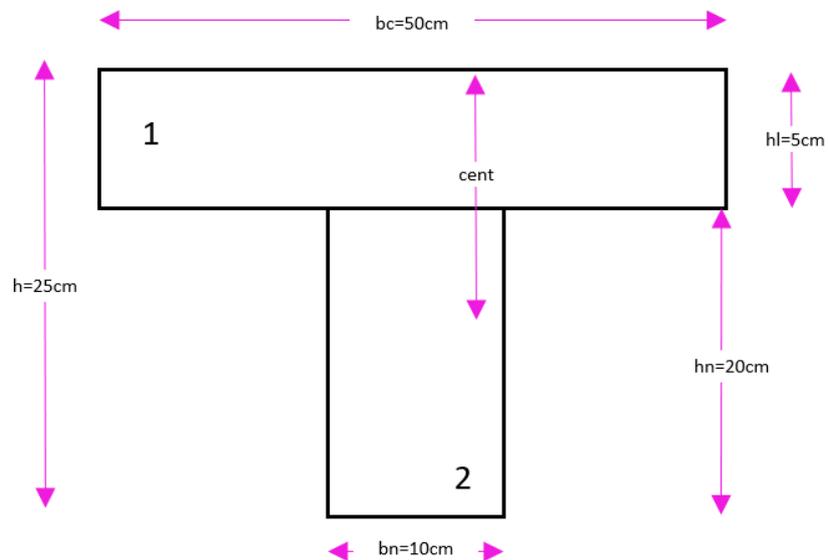
Planta y elevación de losa alivianada de 25cm



Fuente: Autora

Figura 12

Corte de losa alivianada



Fuente: Autora

Tabla 6*Centroide de figura compuesta*

CENTROIDE					
Sección	Área (cm²)	ym(cm)	Ixx(cm⁴)	A*yi	yi(cm)
1	250	22.5	520.83	5625	12.50
2	200	10	6666.67	2000	4.44
Σ	450				16.94

Fuente: Autora

La inercia equivalente de la figura compuesta que se obtiene como se muestra en la tabla 6:

$$I = b_c \cdot \frac{hl^3}{12} + A_1 \cdot \left(\frac{hl}{2} + (h - hl - cent) \right)^2 + \frac{b_n \cdot (h - hl)^3}{12} + A_2 \cdot \left(cent - \frac{h - hl}{2} \right)^2$$

$$I = \frac{50cm \cdot 5cm^3}{12} + (250cm^2) \cdot (5.56cm^2) + \frac{10cm \cdot 15cm^3}{12} + 150cm^2 \cdot (6.94cm^2)$$

$$I = 24548.6 \text{ cm}^4$$

Con la inercia obtenida, propondremos la altura equivalente de la losa:

$$he = \sqrt[3]{\frac{I \cdot 12}{bc}} \quad \text{Ecuación 3}$$

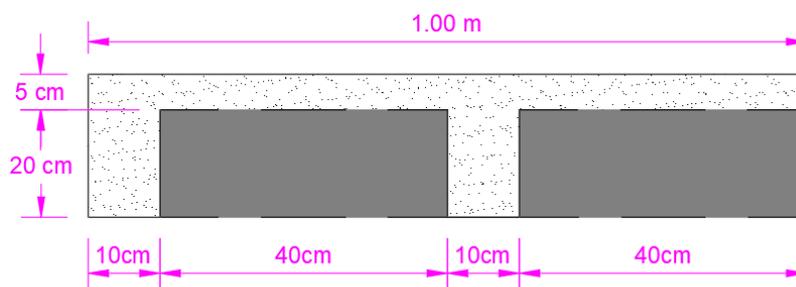
$$he = 18.061 \text{ cm}$$

$$he > hmin$$

Se verifica que la altura equivalente con la ecuación 3 de la losa nervada propuesta supera la altura mínima que fue calculada, entonces se asume una losa alivianada de 25cm.

Se realizará un análisis de la carga muerta en 1m² como muestra a figura 14.

Figura 13
Análisis para carga muerta en losa

**Fuente:** Autora

$$\text{Peso nervios} = (0.1\text{m})(0.2\text{m})(3.6\text{m}) \left(2400 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \right) = 172.8 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso loseta de compresión} = (1\text{m})(1\text{m})(0.05\text{m})(3.6\text{m}) \left(2400 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \right) = 120 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso alivianamientos} = (8) \left(12 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \right) = 96 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Enlucido y masillado} = (1\text{m})(1\text{m})(0.04\text{m}) \left(2200 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \right) = 88 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Recubrimiento pisos} = (1\text{m})(1\text{m})(0.015\text{m}) \left(1800 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \right) = 27 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso mampostería} = 200 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Carga Muerta} = 703.8 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Carga Viva} = 200 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

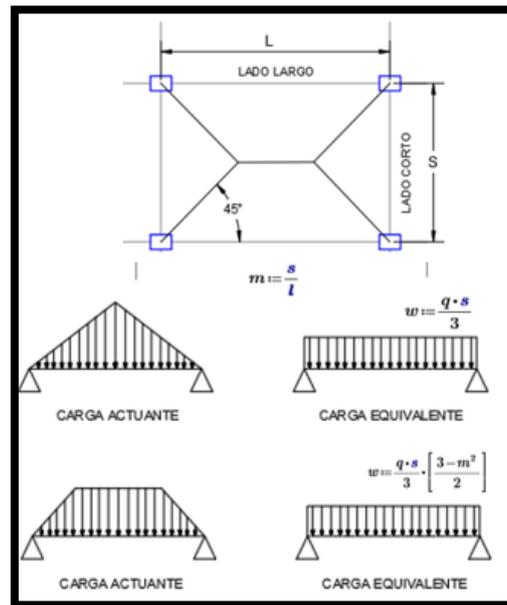
4.1.2 | *Viga*

La sección asumida será de 30cmx40cm de peralte. En el cálculo se considerará el peso total por carga muerta sin el peso propio de las vigas, por lo que una vez encontrada la sección de las vigas se deberá recalcular dichas secciones tomando en cuenta el peso de éstas.

Para el prediseño se toma en cuenta la combinación más crítica en sentido x-x, y-y por carga muerta D y carga viva L. Debido a que la losa es armada en dos direcciones, se usan las ecuaciones 4, 5 y 6 para el cálculo de cargas distribuidas a las vigas prediseñadas con el concepto de mosaico de cargas como se muestra en la figura 16.

Figura 14

Transformación a carga equivalente



Fuente: Autora

$$m = \frac{s}{l} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$w = \frac{q * s}{3} \quad \text{Ecuación 5}$$

$$W = \frac{q * s}{3} * \left[\frac{3 - m^2}{2} \right] \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

s= lado corto del tablero (m)

l= lado largo del tablero (m)

m= relación entre lado menor y mayor

q= carga por unidad de área ($tonf * m^2$)

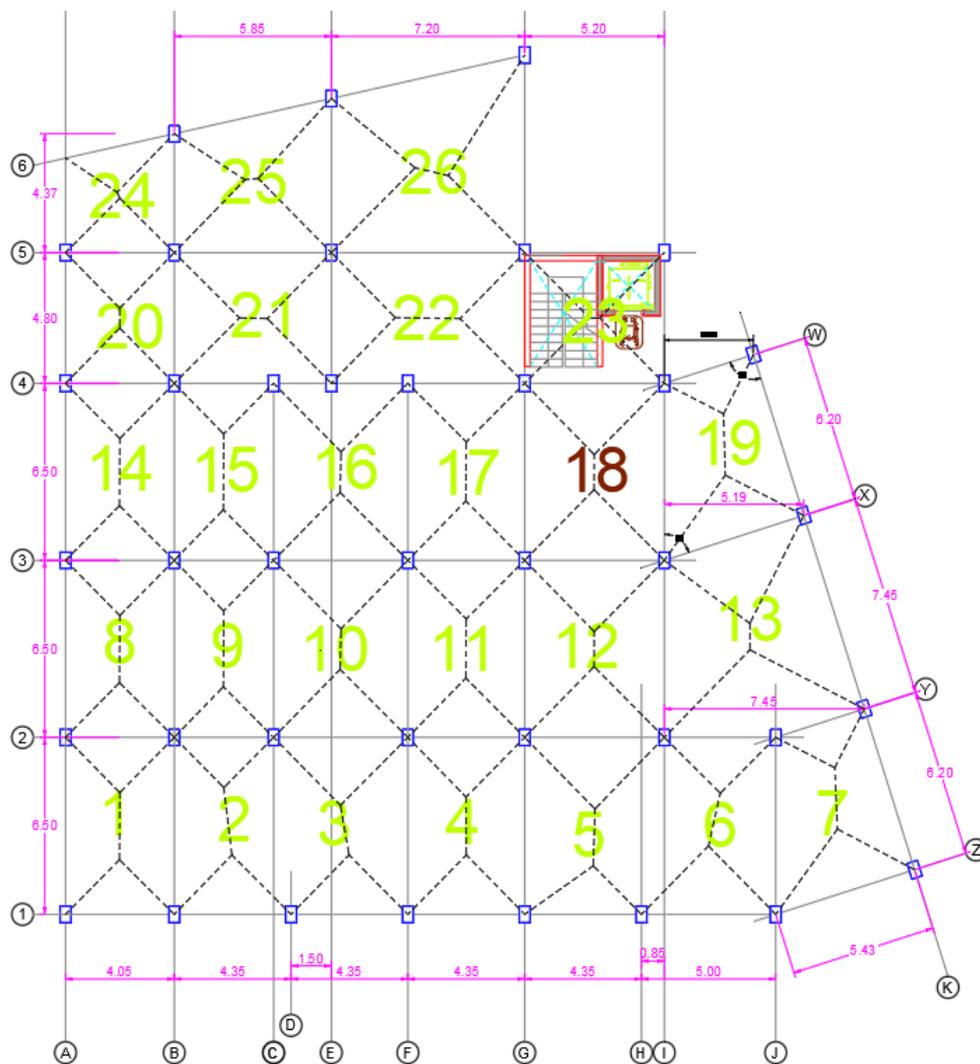
W=carga por unidad de longitud ($\frac{tonf}{m}$)

Con los valores de la carga equivalente como indica la figura 15 se deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Deben ser dos o más vanos
- Los elementos son prismáticos
- Las cargas están uniformemente distribuidas
- La luz del mayor de dos vanos adyacentes no debe superar el 20% la luz del menor

Figura 15

Mosaico de cargas



Fuente: Autora

Una vez obtenido el mosaico de cargas, se transforman las cargas actuantes a cargas equivalentes. La combinación para la carga mayorada de 1.2D+1.6L se usará en esta etapa de prediseño, como se detalla en la tabla 7.

Tabla 7
Transformación de cargas tributarias a equivalentes

TRANSFORMACIÓN DE CARGAS T/M ² —T/M					
Carga Viva	200	kg/m ²	Combinación		1164,56
Carga Muerta	703,8	kg/m ²	(1,2DL+1,6LL) kg/cm ²		1,16
Tablero	s (m)	l (m)	m (m)	Carga triangular	Carga trapezoidal
1	4,05	6,50	0,62	1,57	2,05
2	4,35	6,50	0,67	1,69	2,15
3	4,35	6,50	0,67	1,69	2,15
4	4,35	6,50	0,67	1,69	2,15
5	4,35	6,50	0,67	1,69	2,15
6	5,00	6,50	0,77	1,94	2,34
7	5,43	6,20	0,88	2,11	2,35
8	4,05	6,50	0,62	1,57	2,05
9	4,35	6,50	0,67	1,69	2,15
10	5,00	6,50	0,77	1,94	2,34
11	4,35	6,50	0,67	1,69	2,15
12	5,20	6,50	0,80	2,02	2,38
13	7,45	7,45	1,00	2,89	2,89
14	4,05	6,50	0,62	1,57	2,05
15	4,35	6,50	0,67	1,69	2,15
16	5,00	6,50	0,77	1,94	2,34
17	4,35	6,50	0,67	1,69	2,15
18	5,20	6,50	0,80	2,02	2,38
19	5,19	6,20	0,84	2,01	2,32
20	4,05	4,80	0,84	1,57	1,80
21	4,80	5,85	0,82	1,86	2,17
22	4,80	7,20	0,67	1,86	2,38
23	4,80	5,20	0,92	1,86	2,00
24	4,05	4,37	0,93	1,57	1,68
25	4,37	5,85	0,75	1,70	2,07
26	4,37	7,20	0,61	1,70	2,23

Fuente: Autora

Con base en la tabla 8 propuesta por el ACI, se determinan los momentos máximos para las vigas.

Tabla 8
Momentos de vigas

Momento	Ubicación	Condición	Mu
Positivo	Vanos extremos	Extremo discontinuo monolitico con el apoyo	$\frac{w_u l_n^2}{14}$
		El extremo discontinuo no está restringido	$\frac{w_u l_n^2}{11}$
	Vanos internos	Todos	$\frac{w_u l_n^2}{16}$
		Miembros contruidos monolíticamente con viga dintel de apoyo	$\frac{w_u l_n^2}{24}$
Negativo	Cara interior de los apoyos exteriores	Miembros contruidos monolíticamente con columna de apoyo	$\frac{w_u l_n^2}{16}$
		Dos vanos	$\frac{w_u l_n^2}{9}$
	Cara exterior del primer apoyo interior	Más de dos vanos	$\frac{w_u l_n^2}{10}$
		Las demás caras de apoyos	Todas
	Cara de todos los apoyos que cumplan (a) o (b)	(a) Losas con luces que no excedan de 3m (b) Vigas en las cuales la relación entre la suma de las rigideces de las columnas y la rigidez de la viga exceda de 8 en cada extremo del vano	$\frac{w_u l_n^2}{12}$

Fuente: Autora

Tabla 9*Momentos de vigas sentido X-X*

VIGAS EN SENTIDO X-X						
Eje	Tramo	Longitud m	Wu Ton/m	Mi - Ton.m	Md - Ton.m	M+ Ton.m
1	A-B	3,65	1,57	2,09	1,90	1,50
	B-D	3,95	1,69	2,63	2,40	1,65
	D-F	3,95	1,69	2,63	2,40	1,65
	F-G	3,95	1,69	2,63	2,40	1,65
	G-H	3,95	1,69	2,63	2,40	1,65
	H-J	4,60	1,94	4,11	3,73	2,57
	J-K	5,03	2,11	5,33	4,85	3,81
2	A-B	3,65	3,14	4,19	3,81	2,99
	B-C	3,30	3,38	3,68	3,34	0,25
	C-F	4,60	3,63	7,68	6,98	0,53
	F-G	3,95	3,38	5,27	4,79	0,36
	G-I	4,80	3,71	8,54	7,76	0,59
	I-K	4,79	5,89	13,51	12,28	9,65
	A-B	3,65	3,14	4,19	3,81	2,99
3	B-C	3,30	1,34	1,46	1,33	0,91
	C-F	4,60	1,54	3,26	2,96	2,03
	F-G	3,95	3,38	5,27	4,79	3,29
	G-I	4,80	4,04	9,30	8,46	5,81
	I-K	4,79	4,91	11,26	10,23	8,04
	A-B	3,65	3,14	4,19	3,81	2,99
	B-E	5,45	4,83	14,34	13,03	8,96
4	E-G	6,80	5,04	23,30	21,19	14,57
	G-I	4,80	4,02	9,26	8,42	5,79
	I-K	2,92	2,01	1,72	1,56	1,23
	A-B	3,65	3,14	4,19	3,81	2,99
5	B-E	5,45	4,24	12,59	11,45	7,87
	E-G	6,80	4,61	21,33	19,39	13,33
	G-I	5,20	2,00	5,41	4,92	3,87
	A-B	3,65	1,57	2,09	1,90	1,50
6	B-E	5,45	2,07	6,15	5,59	3,85
	E-G	6,80	2,23	10,32	9,38	7,37

Fuente: Autora

Para el diseño de las vigas tanto en el sentido x-x como en el sentido y-y, tomaremos el valor del momento más crítico.

Se asume la base de la viga con un valor de $b=30$ cm, que será verificado posteriormente como se indica en las tablas 9 y 10 por lo tanto:

$$M_{x\text{máx}} = 23.30 \text{ ton} * m$$

Con las expresiones que se definen a continuación encontraremos el valor de nuestro peralte efectivo.

$$M_n = R_u * b * d^2 \quad \text{Ecuación 9}$$

$$M_u = \phi * R_u * b * d^2 \quad \text{Ecuación 8}$$

$$d = \sqrt{\frac{M_u}{\phi * R_u * b}} \quad \text{Ecuación 7}$$

$$d = \sqrt{\frac{23.30 \text{ ton} \cdot \text{m}}{0.9 * 39.66 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 30\text{cm}}}$$

$$d = 44.429 \text{ cm}$$

$$d = 45 \text{ cm}$$

Donde:

Mn: Momento Nominal

Mu: Momento último

Ru: Factor de resistencia a flexión (Ru=39.66 kg/cm², para f'c=210kg/cm²)

Φ: Factor de reducción de resistencia a flexión

b: base de la viga (cm)

d: peralte efectivo (cm)

Se adopta una sección de viga en sentido x-x (30cmx45cm).

Tabla 10
Momento de vigas sentido Y-Y

VIGAS EN SENTIDO Y-Y						
Eje	Tramo	Longitud m	Wu Ton/m	Mi - Ton.m	Md - Ton.m	M + Ton.m
A	1-2	6,10	2,05	7,64	2,93	5,46
	2-3	6,10	2,05	7,64	2,93	4,77
	3-4	6,10	2,05	7,64	2,93	4,77
	4-5	4,40	1,80	3,48	1,02	2,18
	5-6	3,07	1,68	1,59	0,41	1,13
B	1-2	6,10	4,21	15,66	25,20	11,18
	2-3	6,10	4,21	15,66	25,20	9,79
	3-4	6,10	4,21	15,66	25,20	9,79
	4-5	4,40	3,66	7,09	8,64	4,43
	5-6	3,97	3,38	5,33	5,53	3,80
C	2-3	6,10	4,49	16,71	30,66	10,45
	3-4	6,10	4,49	16,71	30,66	11,94
E	4-5	6,10	3,73	13,87	17,51	9,90
	5-6	5,26	3,39	9,39	9,82	6,70
F	1-2	6,10	4,31	16,04	27,07	11,45
	2-3	6,10	4,49	16,71	30,66	10,45
	3-4	6,10	4,49	16,71	30,66	10,45
G	1-2	6,10	4,31	16,04	27,07	11,45
	2-3	6,10	4,54	16,88	31,59	12,06
	3-4	6,10	4,54	16,88	31,59	10,55
	4-5	4,40	3,73	7,21	9,11	4,51
	5-6	6,85	1,70	7,96	2,08	5,69
H	1-2	6,10	4,49	16,71	30,66	11,94
	2-3	6,10	5,27	19,62	49,62	12,27
I	3-4	6,10	4,70	17,48	35,08	10,93
	4-5	4,40	1,86	3,61	1,14	2,58
J	1-2	6,10	4,69	17,45	34,91	12,47
	1-2	5,60	2,35	7,38	3,72	5,27
K	2-3	6,10	2,89	10,76	8,18	6,73
	3-4	6,10	2,32	8,62	4,20	6,16

Fuente: Autora

$$M_{y\text{m}\acute{a}x} = 35.08 \text{ ton} * m$$

$$d = \sqrt{\frac{M_u}{\phi * R_u * b}}$$

$$d = \sqrt{\frac{35.08 \text{ ton} * m}{0.9 * 39.66 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 30\text{cm}}}$$

$$d = 54.515 \text{ cm}$$

$$d = 55 \text{ cm}$$

Por lo que se adopta una sección de viga en dirección y-y de 30cmx55cm.

4.1.3 Columnas

Para el predimensionamiento se tomará en cuenta principalmente la carga axial que soporta la columna, la cual debe tener una continuidad en altura. Se procederá a clasificar las columnas por su ubicación: esquineras, perimetrales y centrales como indica la figura 17, y así encontrar las áreas cooperantes para su posterior análisis.

Una vez calculada la sección de la columna según la norma ACI 318, ecuación 10 indica que la menor dimensión debe ser al menos 30cm y la relación entre los lados b y h de una columna rectangular deber ser $a \geq 0.4b$ y se describe en la tabla 11.

$$P_u \leq \phi P_n$$

$$\rho = 1.2\%$$

$$P_n = 0.80 \cdot P_o$$

$$P_o = [0.85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}]$$

$$P_u = \phi \cdot 0.8 \cdot [0.85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}]$$

$$A_g = \frac{3 \cdot P_u}{0.85 + \rho \cdot f_y}$$

$$P_{ser} = P_{uso} \cdot A_{trib} \cdot N_{pisos}$$

Donde:

P_u Carga axial vertical mayorada (kg/m²)

P_n Carga axial nominal (kg/m²)

P_{ser} Carga de servicio (kgf/m²)

P_o Carga axial debido a carga vertical (kg)

Φ Factor de reducción de resistencia para elementos sometidos a fuerza axial o combinación de momento y fuerza axial (0.65).

P Cuantía de acero (1.00%-1.30%)

$f'c$ Resistencia especificada a la compresión del hormigón (210 kg/cm²)

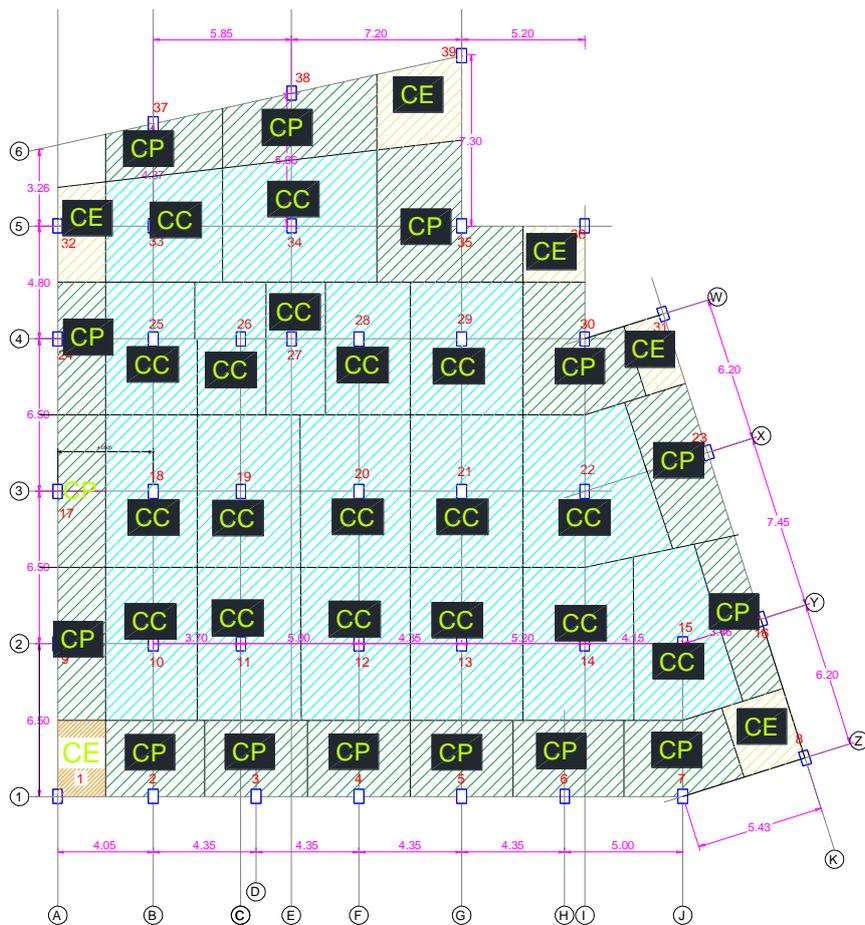
f_y Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (4200 kg/cm²)

A_g Sección de columna de hormigón (cm²)

A_{st} Sección de acero de refuerzo (cm²)

Figura 16

Áreas cooperantes



Fuente: Autora

Tabla 11*Predimensionamiento de columnas*

PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS							
Descripción	b	h	Area tributaria	P servicio	Area	Col. Rectangular	
	m	m	m ²	kg	cm ²	b	h
CE - 1	2,03	3,25	6,58	52820,06	718,64	50	60
CE - 8	2,72	3,10	8,42	67549,48	919,04	50	60
CE - 31	1,66	3,10	5,15	41300,97	561,92	50	60
CE - 32	2,025	4,03	8,16	65496,87	891,11	50	60
CE - 36	2,6	2,4	6,24	50081,24	681,38	50	60
CE - 39	3,6	3,65	13,14	105459,54	1434,82	50	60
CP - 2	4,20	3,25	13,65	109552,72	1490,51	60	70
CP - 3	4,35	3,25	14,14	113465,31	1543,75	60	70
CP - 4	4,35	3,25	14,14	113465,31	1543,75	60	70
CP - 5	4,35	3,25	14,14	113465,31	1543,75	60	70
CP - 6	4,68	3,25	15,19	121942,61	1659,08	60	70
CP - 7	5,22	3,25	16,95	136027,96	1850,72	60	70
CP - 9	2,03	6,50	13,16	105640,12	1437,28	60	70
CP- 16	1,73	6,83	11,81	94763,10	1289,29	60	70
CP- 17	2,03	6,50	13,16	105640,12	1437,28	60	70
CP - 23	2,60	6,83	17,71	142144,65	1933,94	60	70
CP - 24	2,03	5,65	11,44	91825,64	1249,33	60	70
CP - 30	4,26	5,65	24,07	193173,94	2628,22	60	70
CP - 35	6,2	6,05	37,51	301049,26	4095,91	60	70
CP - 37	4,95	4,37	21,63	173610,96	2362,05	60	70
CP - 38	6,525	5,66	36,93	296406,31	4032,74	60	70
CC - 10	3,88	6,50	25,19	202150,85	2139,16	65	75
CC - 11	4,35	6,50	28,28	226930,63	2401,38	65	75
CC - 12	4,68	6,50	30,39	243885,21	2580,80	65	75
CC - 13	4,78	6,50	31,04	249102,01	2636,00	65	75
CC - 14	4,68	6,50	30,39	243885,21	2580,80	65	75
CC - 15	3,81	6,83	25,97	208424,04	2205,55	65	75
CC - 18	3,88	6,50	25,19	202150,85	2139,16	65	75
CC - 19	4,35	6,50	28,28	226930,63	2401,38	65	75
CC - 20	4,68	6,50	30,39	243885,21	2580,80	65	75
CC - 21	4,78	6,50	31,04	249102,01	2636,00	65	75
CC - 22	5,20	6,50	33,77	271012,55	2867,86	65	75
CC - 25	3,88	5,65	21,89	175715,73	1859,43	65	75
CC - 26	2,925	5,65	16,53	132637,04	1403,57	65	75
CC - 27	2,5	5,65	14,13	113364,99	1199,63	65	75
CC - 28	3,6	5,65	20,34	163245,59	1727,47	65	75
CC - 29	4,775	5,65	26,98	216527,13	2291,29	65	75
CC - 33	4,95	4,62	22,87	183542,93	1942,25	65	75
CC - 34	6,525	5,05	32,95	264461,46	2798,53	65	75

Fuente: Autora

Por lo tanto, se usan columnas esquineras de 50cmx60cm; columnas perimetrales de 60cmx70cm; y columnas centrales de 65cmx75cm.

4.1.4 Muros estructurales

Los muros pueden ayudar a reducir significativamente el cortante que toman los pórticos por efectos sísmico y controlar las derivas de piso; debido a esto, se les conoce como muros de cortante. Además, están sometidos a cargas axiales y momentos flectores.

Para su predimensionamiento, se deben contemplar ciertos criterios indicados en el ACI318

- El muro debe estar anclado al piso, columna y otros elementos de la estructura.
- $10\text{cms} \geq h \geq \frac{l}{25}$; h es el espesor del muro y l el menor valor entre la longitud y la altura no apoyada del muro.
- La cuantía de acero vertical y horizontal serán para un acero con esfuerzo de fluencia menor o igual a 420 MPa.

$$\rho_{vertical} = 0.0025$$

$$\rho_{horizontal} = 0.0025$$

- Los muros con $h \geq 25\text{cm}$ deberán usar dos capas de armadura.
- Los espaciamientos del refuerzo longitudinal no deben exceder $\frac{hw}{3}$ y el horizontal $\frac{lw}{5}$.

Donde:

hw = alto de muro (m)

lw = longitud del muro (m)

Para el diseño por cortante se contemplan:

- Fuerzas cortantes horizontales en el plano del muro, como la ecuación 11

$$V_c = 0.53\sqrt{f'c} \cdot h \cdot d \quad \text{Ecuación 10}$$

- Fuerzas cortantes horizontales fuera del plano del muro

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\frac{V_u}{\phi} = V_c + V_s$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$

Donde:

d = altura efectiva (cm)

s = espaciamiento del área de acero por cortante

A_v = esfuerzo de fluencia del acero transversal.

4.2. Análisis de cargas

Se procederá a analizar las cargas que inciden en la edificación de acuerdo a la norma NEC-SE-CG siendo cargas permanentes los pesos de columnas, vigas, losas, recubrimientos, mamposterías, instalaciones, la carga viva que depende de la funcionalidad del edificio, que en este caso es un hotel, y las cargas sísmicas, para obtener las secciones de los elementos estructurales que garantizarán un comportamiento adecuado contemplando las normas técnicas vigentes.

4.2.1 Análisis de cargas permanentes

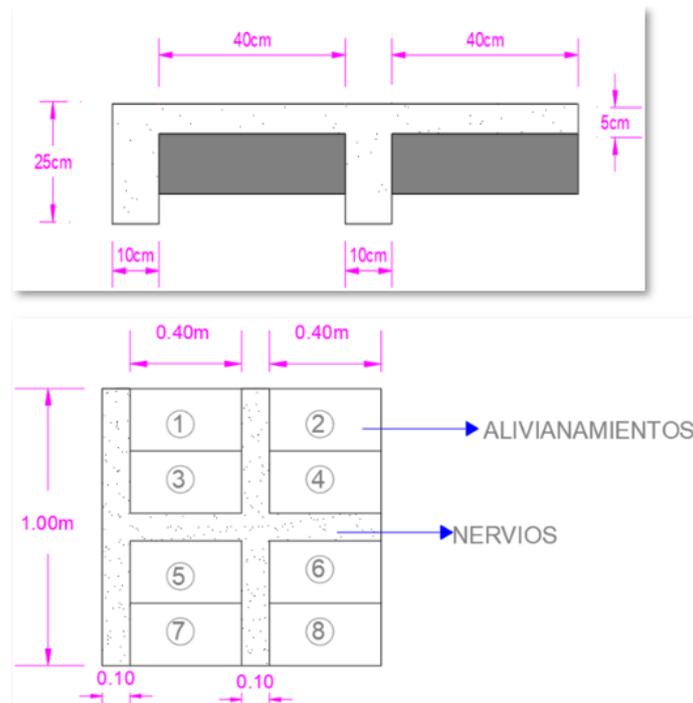
Las cargas que actúan sobre las estructuras pueden dividirse en cargas permanentes, variables y accidentales (NEC-SEC-CG), y se describen a continuación:

4.2.1.1. Carga Muerta

El análisis se realizará para 1m² de losa alivianada como muestra la figura 18, con los datos obtenidos del predimensionamiento de losa como se muestra en la figura teniendo el modulado de los nervios y bloques de 0.40mx0.40x0.20m

Figura 17

Vista en planta y corte de losa alivianada



Fuente: Autora

Una vez obtenido las secciones y calculado el peso que aporta cada uno de los elementos se podrá resumir tal como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12

Resumen de cargas permanentes

RESUMEN CARGAS MUERTAS Ton/m²			
Tipo	Entrepiso	Terraza accesible	Tapagrada
Nivel	-2,5/+0,81/+3,63/ +6,42/+9,21	+12,00	+14,90
Acabados	0.09	0.04	0.04
Ceramica	0.04	0.00	0.00
Mamposteria	0.10	0.05	0.05
Gypsum	0.04	0.04	0.04
Instalaciones	0.12	0.12	0.12
sdead	0.39	0.25	0.25
Subtotal	0.39	0.25	0.25

Fuente: Autora

4.2.2 Análisis de cargas variables

4.2.2.1. Carga Viva

La carga viva hace referencia a la sobrecarga de uso, que en este caso será destinado a la ocupación de un hotel para lo cual se usará la tabla 13 de acuerdo con la ocupación o usos según NEC-SE-CG,2015:

Tabla 13

Valores de carga según la ocupación

	Ocupación o Uso	Carga uniforme (KN/m ²)
Hoteles	Residencias Multifamiliares	2.00
	Salones de uso público y sus corredores	4.80

Fuente: NEC-SE-CG,2015

4.2.2.2. Carga de Granizo

Se considera esta carga debido al incremento de las precipitaciones con caída del granizo en los últimos años que han provocado daños en las edificaciones. Se considera una carga de granizo mínimo de 0.10 Tonf/m² y se resume en la tabla 14.

Tabla 14

Resumen de cargas variables

RESUMEN CARGAS VARIABLES Ton/m ²			
Tipo	Entrepiso	Terraza accesible	Tapagrada
Carga Viva	0,20	0,20	0,07
Granizo	0,00	0,10	0,10
Subtotal	0,20	0,30	0,17

Fuente: Autora

4.2.2.3. Carga Sísmica

El análisis dinámico con espectro de respuesta se basa en la normativa ecuatoriana NEC-SE-DS. El cortante basal de diseño se determina de acuerdo con la ecuación 12:

$$V = \frac{I \cdot S_a}{R \cdot \phi_E \cdot \phi_P} \cdot W \quad \text{Ecuación 11}$$

S_a Aceleración elástica espectral (g)

φ_Eφ_P Coeficiente de irregularidad en planta y elevación

I Coeficiente de importancia

R Factor de reducción de respuesta estructural

V Cortante basal total de diseño

W Carga sísmica reactiva (tonf)

T Periodo de vibración (seg)

a. Zonificación sísmica

El proyecto está ubicado en Provincia de Sucumbíos en el barrio Guayaquil es decir en la zona I que caracteriza un peligro sísmico intermedio donde el valor de Z es igual a 0.15g que representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño.

Tabla 15

Valores de factor Z

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-SE-DS,2015

b. Tipo de perfil de suelo para el diseño sísmico

Para catalogar el perfil de suelo se realizó un estudio geotécnico por parte de la empresa “Civiles Estudio de Suelos y Pavimentos”, el cual concluye que en la zona de implantación se cuenta con un suelo tipo E.

c. Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd, Fs.

Fa: coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16

Factor de sitio Fa

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

Fuente: NEC-SE-DS,2015

Fd: amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamiento para diseño en roca como se muestra en la tabla 17.

Tabla 17

Factor de sitio Fd

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

Fuente: NEC-SE-DS,2015

Fs: comportamiento no lineal de los suelos como se muestra en la tabla 18.

Tabla 18

Factor de sitio Fs

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

Fuente: NEC-SE-DS,2015

En la tabla 19 se muestra un resumen de los coeficientes de perfil de suelo para el análisis sísmico.

Tabla 19
Coeficientes del perfil de suelo

Coeficientes de perfil de suelo	
Fa	1,80
Fd	2,10
Fs	1,50

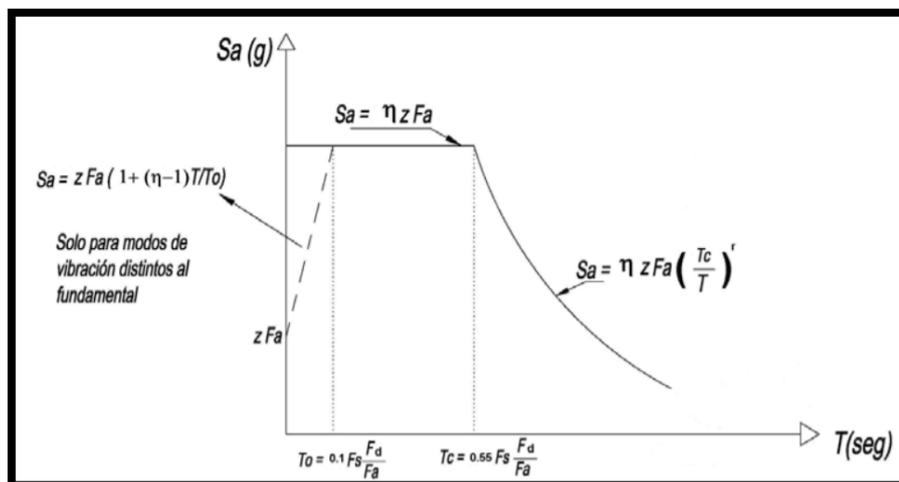
Fuente: NEC-SE-DS,2015

4.3. Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones

El espectro de respuesta elástico de aceleraciones S_a , representa el sismo de diseño y es consistente con el factor de zona sísmica Z , el tipo de suelo del sitio de emplazamiento de la estructura y los valores de los coeficientes de amplificación de suelo se ve en la figura 19.

Figura 18

Espectro Elástico



Fuente: NEC-SE-DS,2015

Como dice la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-2015), al definir los términos para el espectro elástico:

Fa: Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período 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 período 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 (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del período o modo de vibración de la estructura y se calcula usando la ecuación 13.

T: Período fundamental de vibración de la estructura.

To: Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

Tc: Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño y se lo puede calcular con la ecuación 14.

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

$$S_a = \eta \cdot Z \cdot F_a, \quad \text{para } 0 \leq T \leq T_c$$

Ecuación 12

$$S_a = \eta \cdot Z \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_c}{T}\right)^r, \quad \text{para } 0 \leq T \leq T_c$$

Donde

η : Razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1$ s)

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

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

$\eta = 2.60$ Provincias del Oriente

r : Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto

$r = 1$ para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E

$r = 1.5$ para tipo de suelo E.

Los límites para el periodo de vibración T_c y T_L se determina con las siguientes expresiones:

$$T_c = 0.55 \cdot F_s \cdot \frac{F_d}{F_a} \quad \text{Ecuación 13}$$

$$T_L = 2.4 \cdot F_d$$

Donde:

T_L : Es el período límite de vibración utilizado para la definición de espectro de respuesta en desplazamientos. Para los perfiles de suelo tipo D y E se limitarán a un valor máximo de 4 segundos y se lo puede calcular con la ecuación 14.

4.3.1 Determinación del período de vibración T

$$T = C_t h_n^\alpha \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde:

C_t: Coeficiente que depende del tipo de edificio que se obtiene de la tabla 20.

h_n: Altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la estructura.

T: Periodo de vibración que se obtendrá de la ecuación 15.

Tabla 20

Coeficientes para estructuras

Tipo de estructura	C _t	α
Estructura de acero		
Sin arriostramiento	0.072	0.80
Con arriostramiento	0.073	0.75
Pórtico especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.055	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y	0.055	0.75

Fuente: NEC-SE-DS,2015

Los parámetros obtenidos servirán para obtener los componentes horizontales de la carga sísmica que se pueden observar en la tabla 21.

Tabla 21

Componentes Horizontales

Datos	
Z	0,15
Fa	1,80
Fd	2,10
Fs	1,50
η	2,60
r	1,5
C _t	0,055
α	0,9
H _n	17,4

Fuente: Autora

Cálculo del periodo fundamental de la estructura (T):

$$T = C_t h_n^\alpha$$

$$T = 0.719 \text{ seg}$$

Cálculo de periodos límites en la estructura:

$$T_o = 0.1 \cdot F_s \cdot \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_o = 0.175 \text{ seg}$$

$$T_c = 0.55 \cdot F_s \cdot \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_c = 0.963 \text{ seg}$$

$$T_L = 2.4 \cdot F_d$$

$$T_L = 5.04 \text{ seg}$$

Cálculo del espectro elástico de aceleraciones:

$$S_a = \eta \cdot Z \cdot F_a$$

$$S_a = 0.702 \text{ g}$$

4.4. Categoría de edificio y coeficiente de importancia

Según la NEC (2015), “El propósito del factor I es incrementar la demanda sísmica de diseño para estructuras, que por sus características de utilización o de importancia deben permanecer operativas o sufrir menores daños durante y después de la ocurrencia del sismo de diseño”(p.41). El valor se obtendrá de la tabla 22.

Tabla 22

Tipo de uso, importancia de la estructura

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coefficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

Fuente: NEC-SE-DS,2015

4.5. Factor de reducción de resistencia sísmica R

Según la NEC (2015), “El factor R permite una reducción de las fuerzas sísmicas de diseño, lo cual es permitido siempre que las estructuras y sus conexiones se diseñen para desarrollar un mecanismo de falla previsible y con adecuada ductilidad, donde el daño se concentre en secciones especialmente detalladas para funcionar como rótulas plásticas” (p.67).

El valor se obtendrá de la tabla 23.

Tabla 23

Coeficiente R para estructuras dúctiles

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	7
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	8

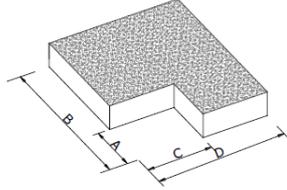
Fuente: NEC-SE-CG,2015

4.6. Factor de penalización por irregularidad en planta

La estructura a diseñar debido a su configuración arquitectónica presenta irregularidad geométrica en planta por lo que adoptaremos el valor de la norma NEC-SE-DS de $\phi_p = 0.9$, como se evidencia de la figura 20.

Figura 19

Irregularidad en planta

<p>Tipo 2 - Retrocesos excesivos en las esquinas $\phi_{pi}=0.9$ $A > 0.15B$ y $C > 0.15D$</p> <p>La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</p>	
---	---

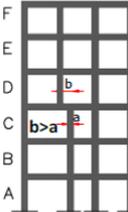
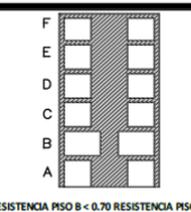
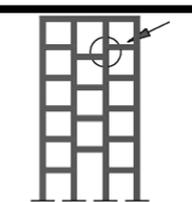
Fuente: NEC-SE-DS,2015

4.7. Factor de penalización por irregularidad en elevación

De la misma manera basándonos en la norma NEC-SE-DS, el valor para nuestra edificación por irregularidad en elevación será de $\phi_E = 0.9$, debido a que la altura de entrepiso no es constante, pero controlaremos los parámetros que se visualiza en la figura 21

Figura 20

Irregularidades en elevación

IRREGULARIDADES EN ELEVACIÓN	
<p>Ejes verticales discontinuos o muros soportados por columnas. La estructura se considera irregular no recomendada cuando existen desplazamientos en el alineamiento de elementos verticales del sistema resistente, dentro del mismo plano en el que se encuentran, y estos desplazamientos son mayores que la dimensión horizontal del elemento.</p>	
<p>Piso débil-Discontinuidad en la resistencia. La estructura se considera irregular no recomendada cuando la resistencia del piso es menor que el 70% de la resistencia del piso inmediatamente superior, (entendiéndose por resistencia del piso la suma de las resistencias de todos los elementos que comparten el cortante del piso para la dirección considerada).</p>	 <p>RESISTENCIA PISO B < 0.70 RESISTENCIA PISO C</p>
<p>Columna corta Se debe evitar la presencia de columnas cortas, tanto en el diseño como en la construcción de las estructuras.</p>	

Fuente: NEC-SE-DS,2015

4.8. Cortante Basal

El cálculo del peso total de la edificación (W) se realizará de manera manual y será comparado con los datos obtenidos en el software Robot.

Figura 21

Peso de la edificación

RESUMEN PESO DE LA ESTRUCTURA				
PISO	h (m)	hi (m)	Area (m2)	W tot (t)
Subsuelo	2.90	2.90	838.85	153.40
Pb	3.20	6.10	758.97	644.28
P1	2.80	8.90	772.46	610.84
P2	2.80	11.70	772.46	608.02
P3	2.80	14.50	676.96	477.81
Cubierta	2.90	17.40	98.52	45.68
				2540.03

Nudo/Caso/Modo	FX (T)	FY (T)	FZ (T)
Caso	1 - PP		
Modo			
Suma final	0.00	0.00	2504.99
Suma de reacciones <	0.00	0.00	2504.99
Suma de esfuerzos	0.0	0.0	-2504.99
Verificación	0.00	0.00	-0.00
Precisión:	3.84627e-09	1.46848e-16	

$$V = \frac{I \cdot S_a}{R \cdot \phi_E \cdot \phi_P} \cdot W$$

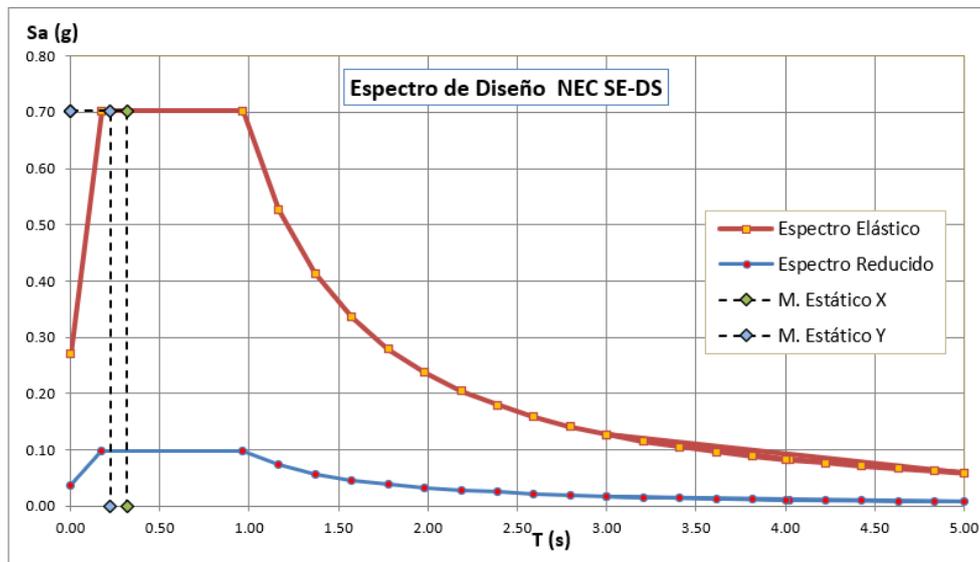
$$V = 0.10833 \cdot 2505 \text{ ton}$$

$$V = 271.29$$

El espectro elástico e inelástico de respuesta se muestra en la figura 23 con los datos de la tabla 24, y así finalmente se muestra una tabla resumen de los coeficientes y valores sísmicos usados para la edificación, tabla 25.

Figura 22

Espectro elástico e inelástico



Fuente: Autora

Tabla 24
Espectro elástico e inelástico

ESPECTRO EN ACCELERACIONES				
Período	Espectro Elástico		Espectro Reducido	
T (s)	Sa (g)	Sa (m/s ²)	Sa (g)	Sa (m/s ²)
0.00	0.270	2.649	0.00	0.034
0.18	0.702	6.887	0.18	0.088
0.20	0.702	6.887	0.20	0.088
0.30	0.702	6.887	0.30	0.088
0.40	0.702	6.887	0.40	0.088
0.50	0.702	6.887	0.50	0.088
0.60	0.702	6.887	0.60	0.088
0.96	0.702	6.887	0.96	0.088
0.80	0.702	6.887	0.80	0.088
0.90	0.702	6.887	0.90	0.088
1.00	0.663	6.503	1.00	0.083
1.10	0.575	5.637	1.10	0.072
1.20	0.504	4.947	1.20	0.063
1.30	0.447	4.387	1.30	0.056
1.40	0.400	3.926	1.40	0.050
1.50	0.361	3.540	1.50	0.045
1.60	0.328	3.213	1.60	0.041
1.70	0.299	2.934	1.70	0.037
1.80	0.274	2.693	1.80	0.034
1.90	0.253	2.483	1.90	0.032
2.00	0.234	2.299	2.00	0.029
2.10	0.218	2.137	2.10	0.027
2.20	0.203	1.993	2.20	0.025
2.30	0.190	1.864	2.30	0.024
2.40	0.178	1.749	2.40	0.022
2.50	0.168	1.645	2.50	0.021
2.60	0.158	1.551	2.60	0.020
4.32	0.074	0.724	4.32	0.090

Fuente: Autora

Tabla 25*Coefficientes y valores sísmicos*

ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO EN ACELERACIONES (NEC-SE-DS)				
Parámetro	Variable	Valor	Unidades	Referencia
Factor de importancia	I	1.00	s.u	Tabla 6, Sec.4.1
Factor de reducción de respuesta	R	8.00	s.u	Tabla 15, Sec.6.3.4
Factor de irregularidad en planta	Øp	0.90	s.u	Tabla 13, Sec.5.2.3
Factor de irregularidad en elevación	Øe	0.90	s.u	Tabla 14, Sec.5.2.3
Aceleración de la gravedad	g	9.81	m/s ²	
Altura total del elemento	hn	17.40	m	Planos
Zonificación Sísmica		I		Tabla 1, Sec.3.1.1
Región del Ecuador		Oriente		Sec.3.3.1
Tipo de Suelo		E		Tabla 2, Sec.3.2.1
Factor de aceleración de la zona sísmica	Z	0.15	s.u	Tabla 1, Sec.3.1.1
Relación de amplificación espectral	n	2.60	s.u	Sec.3.3.1
Coefficiente Ct	Ct	0.055	s.u	Sec.6.3.3
Coefficiente para Calculo de Periodo	α	0.90	s.u	Sec.6.3.3
Factor de sitio Fa	Fa	1.80	s.u	Tabla 3, Sec.3.2.2
Factor de sitio Fd	Fd	2.10	s.u	Tabla 4, Sec.3.2.2
Factor de comportam. inelástico suelo	Fs	1.50	s.u	Tabla 5, Sec.3.2.2
Factor asociado al periodo de retorno	r	1.50	s.u	Sec 3.3.1
Período Método 1	T1	0.72	seg.	Sec.6.3.3
Período 1.3 del Método 1	T2	0.93	seg.	Sec.6.3.3
Período Límite en T=To	To	0.18	seg.	Sec.3.3.1
Período Límite en T=Tc	Tc	0.96	seg.	Sec.3.3.1
Período Límite en T=TL	TL	4.32	seg.	Sec.3.3.1
Aceleración en T=0	Sa	0.270	g	Sec.3.3.1
Aceleración en T=To	Sa_o	0.702	g	Sec.3.3.1

Fuente: Autora

CAPITULO V

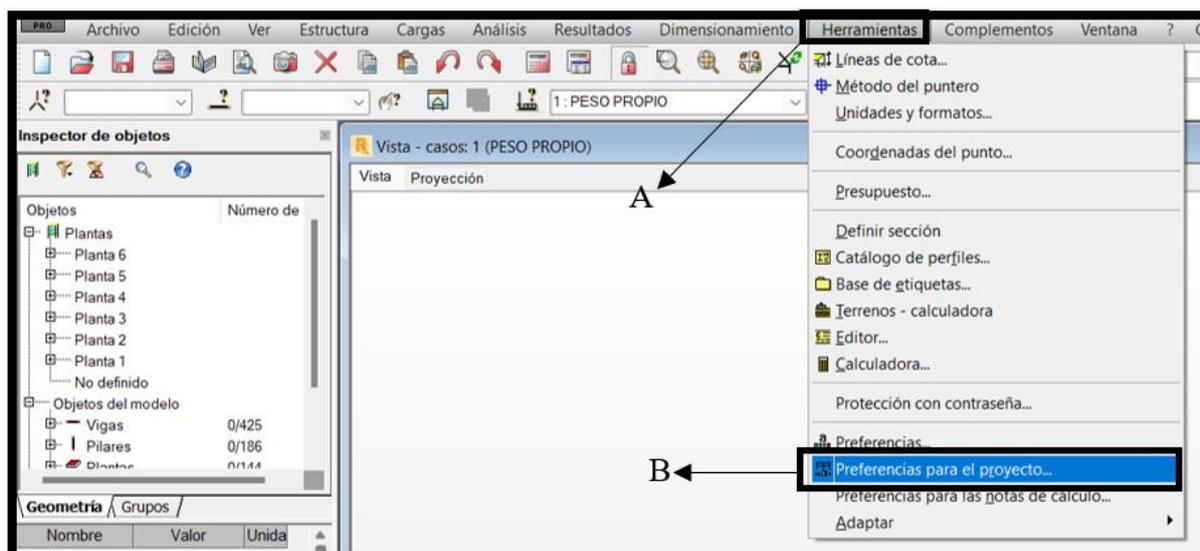
5. MODELADO EN SOFTWARE ROBOT ANALYSIS

5.1. Preferencia del trabajo

Para el desarrollo del presente trabajo el software a usarse por motivos de derechos de autor será en una versión estudiantil; para empezar el modelado se configura el entorno predeterminado, figura 24. Primero, se accede a la barra de comandos en el ícono herramientas(A), en preferencias para el proyecto (B), de la cual se despliega otra ventana de configuración de unidades y formatos, donde se ingresa el sistema de unidades a elección, guardando estas preferencias para ocuparlas en archivos futuros, figura 25.

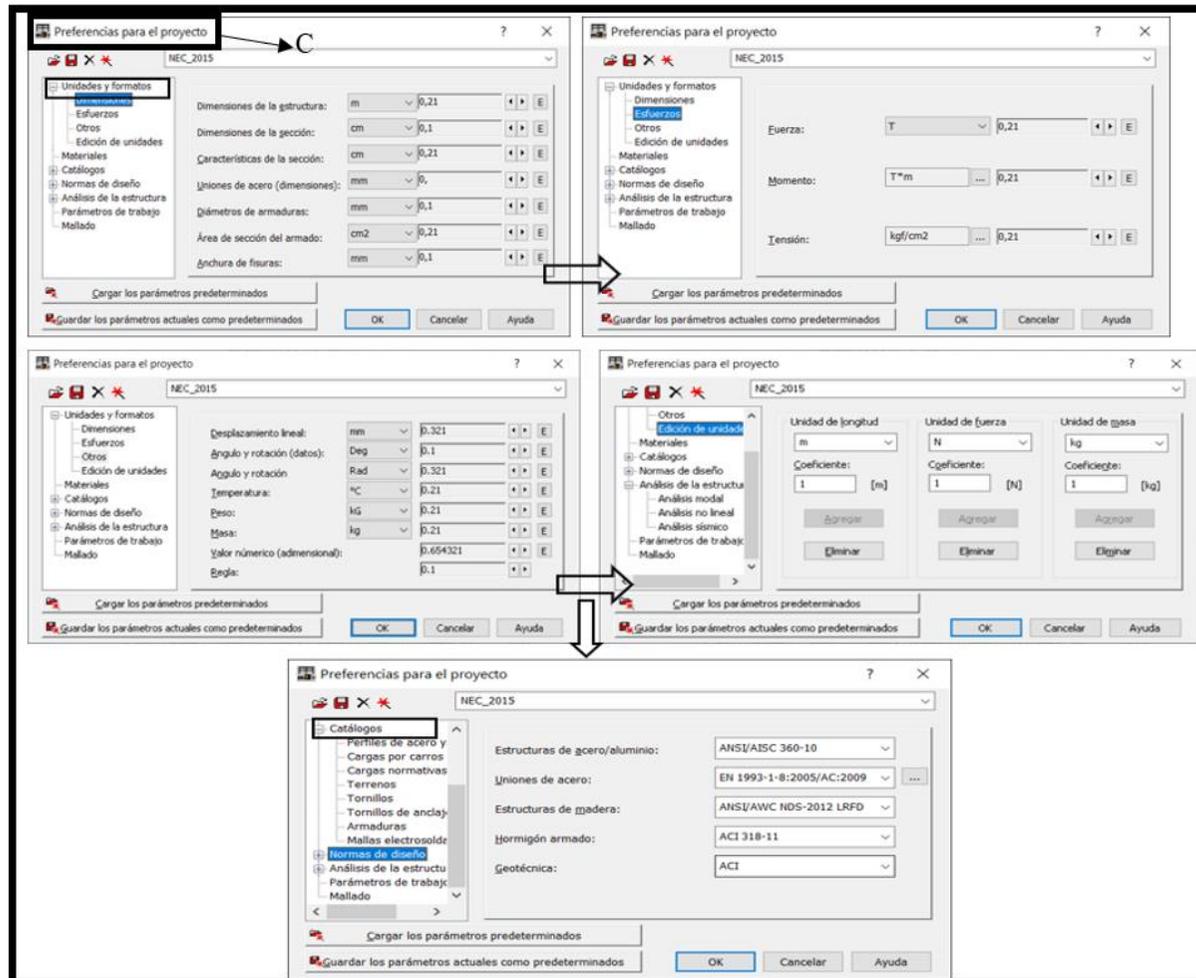
Figura 23

Preferencia de trabajo



Fuente: Autora

Figura 24
Configuraciones iniciales



Fuente: Autora

5.2. Materiales

Una vez configuradas las preferencias del proyecto, se definen los materiales, como se indica en la figura 26. Para este caso específico se usará un hormigón con resistencia a la compresión de $f_c=210 \text{ kgf/cm}^2$, y un acero con límite de fluencia $f_y=4200 \text{ kgf/cm}^2$.

Figura 25

Definición de materiales

The figure displays two screenshots of a software interface titled "Definición del material".

The top screenshot shows the configuration for a concrete material (Hormigón). The "Nombre" field is set to "210" and the "Descripción" field is "hormigon con resistencia a los 28 dias 21". The "Elasticidad" section includes: módulo de Young, E: 218819,79 (kgf/cm²); coeficiente de Poisson, ν : 0,2; coeficiente de Kirchoff, ζ : 91174,91 (kgf/cm²). The "Resistencia" section includes: Característico: 210,00 (kgf/cm²); Muestra: Cilíndrico. The "Peso específico (densidad)": 2,10 (T/m³); Dilatación térmica: 0,000010 (1/°C); Coeficiente de: 0,15. Buttons at the bottom are "Agregar", "Eliminar", "OK", "Cancelar", and "Ayuda".

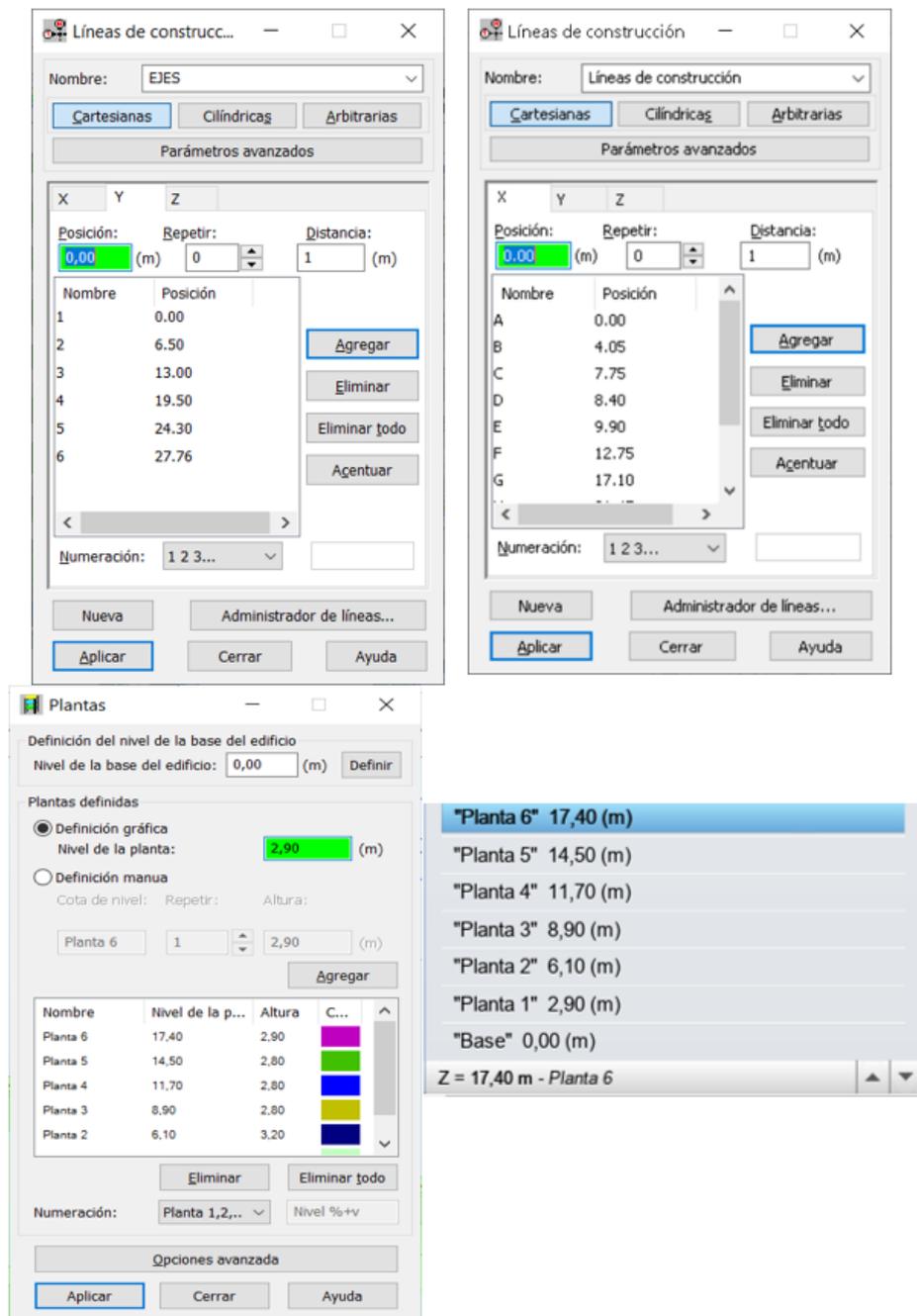
The bottom screenshot shows the configuration for a steel material (Acero). The "Nombre" field is set to "BARRAS" and the "Descripción" field is "barras de refuerzo fy 4200kg/cm2". The "Elasticidad" section includes: módulo de Young, E: 2100000 (kgf/cm²); coeficiente de Poisson, ν : 0,3; coeficiente de Kirchoff, ζ : 7692.3077 (kgf/cm²). The "Resistencia" section includes: Característico: 2531 (kgf/cm²); reducción para el cortante: 1,66; límite de tracción: 4200 (kgf/cm²). The "Peso específico (densidad)": 7,85 (T/m³); Dilatación térmica: 0,000012 (1/°C); Coeficiente de: 0,06. A checkbox for "Tratamiento térmico" is checked. Buttons at the bottom are "Agregar", "Eliminar", "OK", "Cancelar", and "Ayuda".

Fuente: Autora

5.3. Grillas de construcción

Con los parámetros iniciales configurados, se colocan las grillas de construcción en X y Y, y las respectivas alturas de entresijos de acuerdo con los planos arquitectónicos, figura 27.

Figura 26
Grillas y plantas



Fuente: Autora

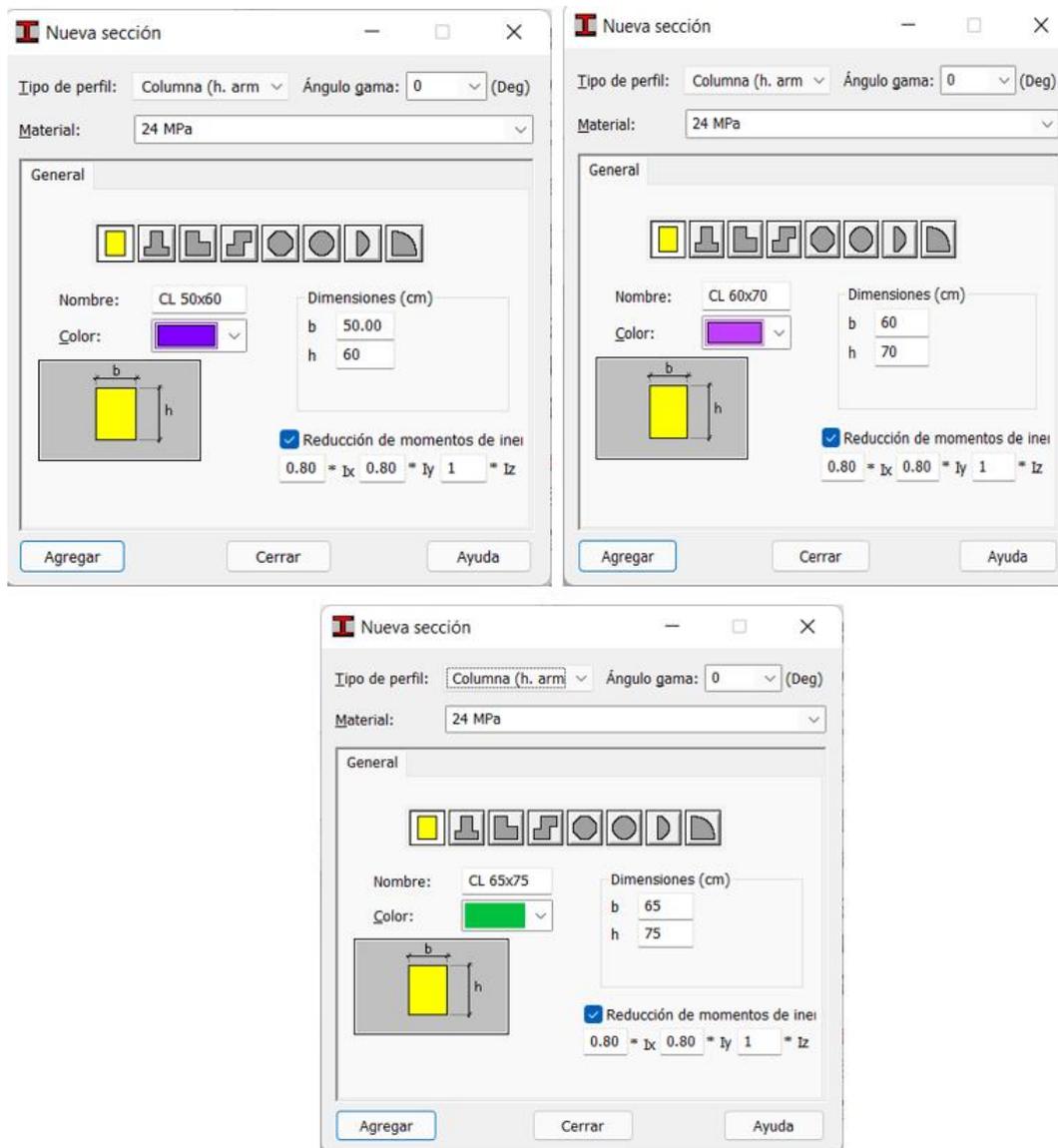
5.4. Definición de secciones

5.4.1 Columnas

De acuerdo con el prediseño, las columnas esquineras tienen sección de 50cmx60cm, columnas centrales de 65cmx75cm y columnas perimetrales de 60cmx70cm, todas estas deben ser agrietadas 0.8Ig de acuerdo con las disposiciones de la NEC-SE-DS-2015, figura 28.

Figura 27

Definición de sección columnas



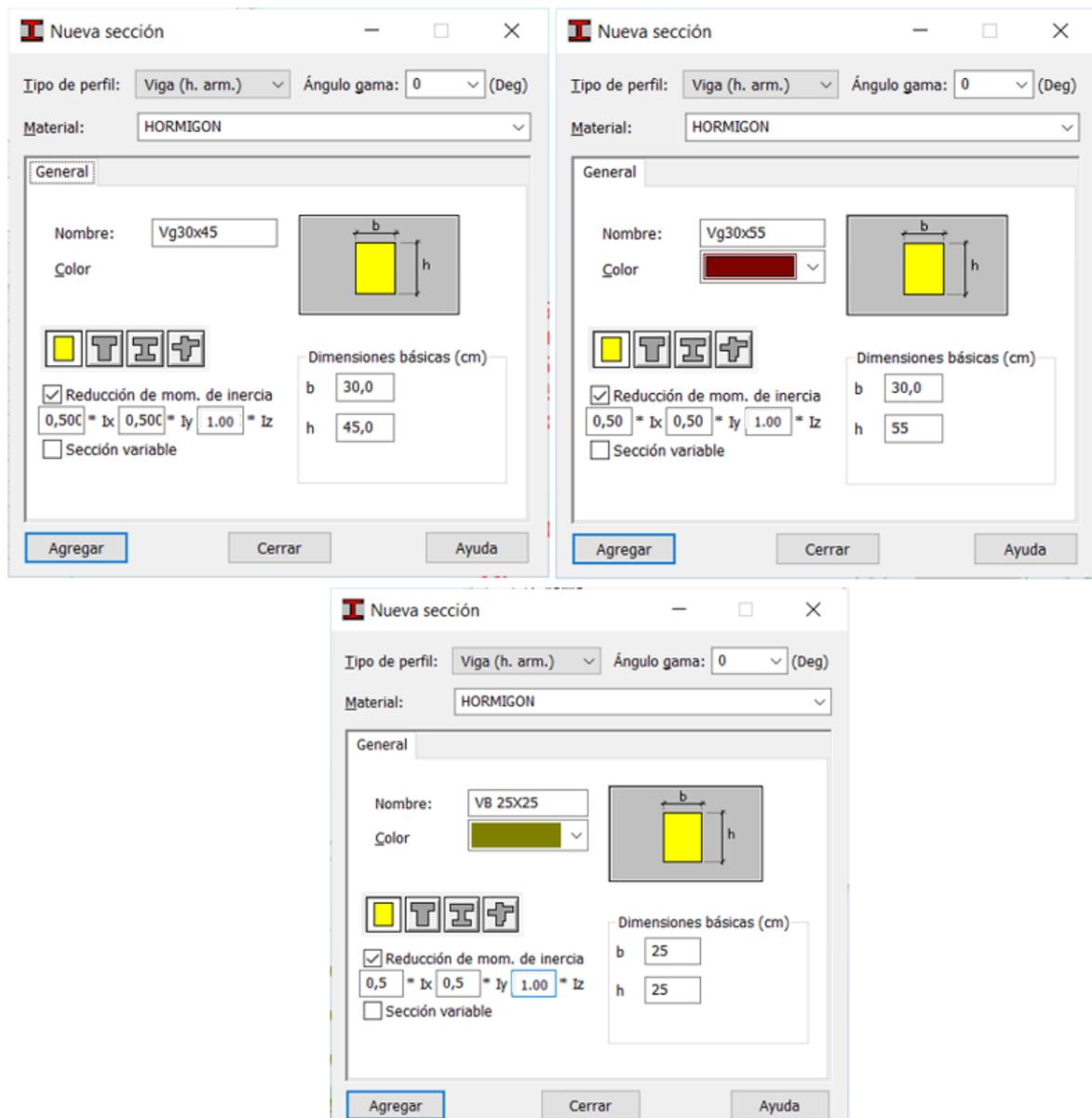
Fuente: Autora

5.4.2 Vigas

Las secciones de vigas en el sentido X-X (30cmx45cm), en el sentido Y-Y (30cmx55cm), y las vigas de borde de (25cmx25cm) son definidas, y tendrán un factor de agrietamiento de $0.5I_g$ de acuerdo con la NEC-SE-DS-2015, figura 29.

Figura 28

Definición sección vigas



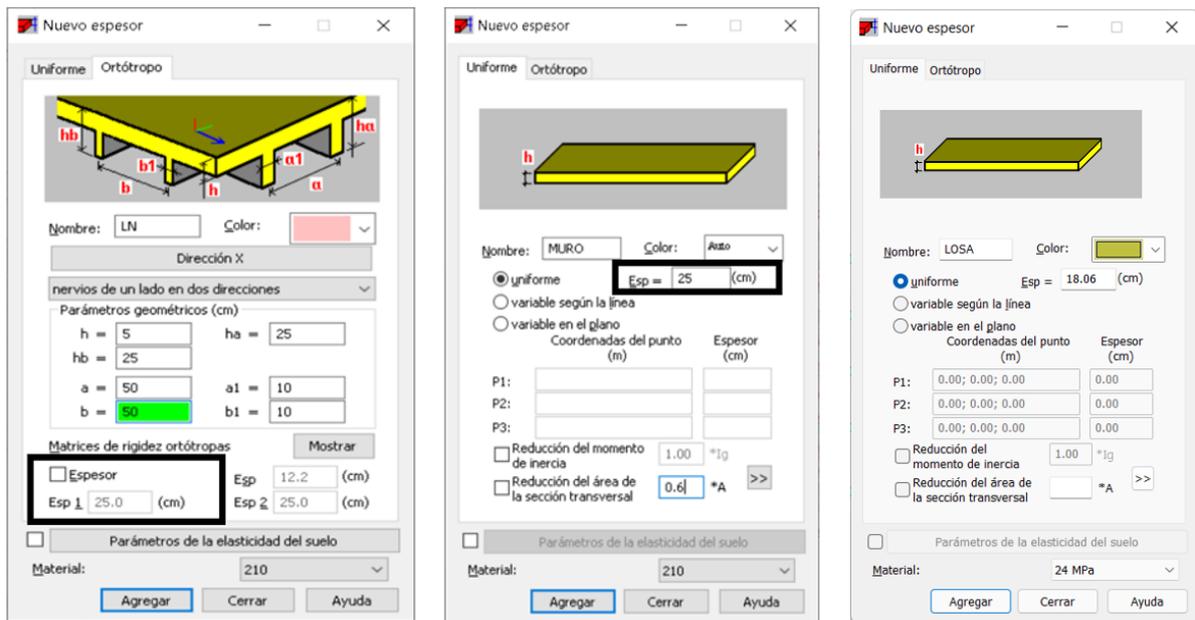
Fuente: Autora

5.4.3 Losa y Muros

Para la sección losa se escoge la opción uniforme que será la losa maciza equivalente de espesor 18.06 cm. De la misma manera se define el espesor para el muro estructural de 25cm de espesor, como se indica en la figura 30.

Figura 29

Definición de losa



Fuente: Autora

5.5. Asignación de elementos estructurales a las plantas

Una vez definidos todos los elementos estructurales, se deben disponer en el proyecto como muestra la figura 31; para ello es necesaria una vista de planta general que permita asignar los elementos de columnas. En Robot, el elemento columna será denominado pilar (a) y el elemento viga se denominará de la misma forma (b).

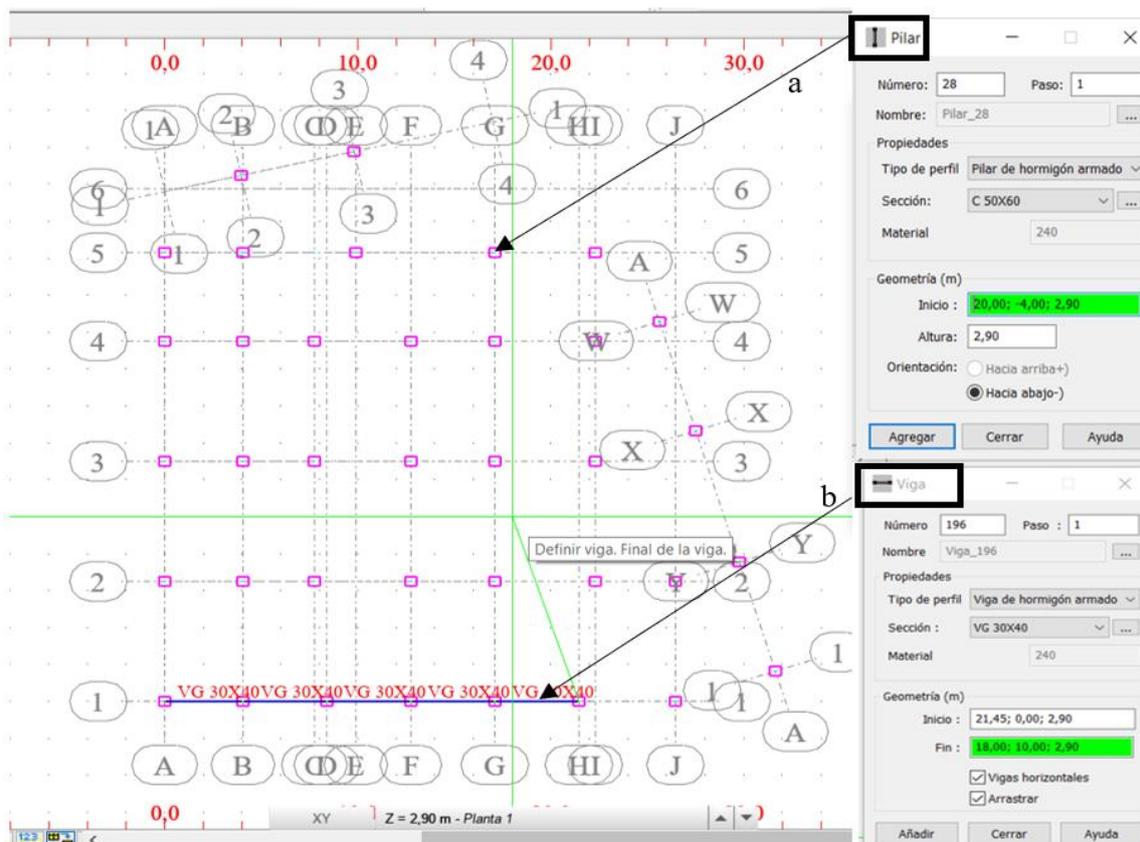
Una vez modelados los elementos columna y viga en planta, se podrá ingresar las distintas áreas de losa, de ser el caso con aberturas para tragaluz o escaleras; esta configuración se puede evidenciar en la figura 32, y se realiza para todas las plantas tanto para la losa nervada como para muro(c).

En este caso, la estructura se conecta al suelo a través de apoyos empotrados (d) colocados en la base de los pilares, figura 33.

A diferencia de programas de modelación estructural en donde es necesario implementar manualmente una condición de borde para diafragmas horizontales, Robot genera los diafragmas rígidos automáticamente. Si se desea un modelo con mayor exactitud, es necesario cambiar el punto de inserción de las vigas para que la cara superior de éstas coincida con el nivel de entrepiso y visualizar resultados más reales de las fuerzas internas del nudo viga-columna, para esto se usa un desface de nudo rígido (e), figura 34.

Figura 30

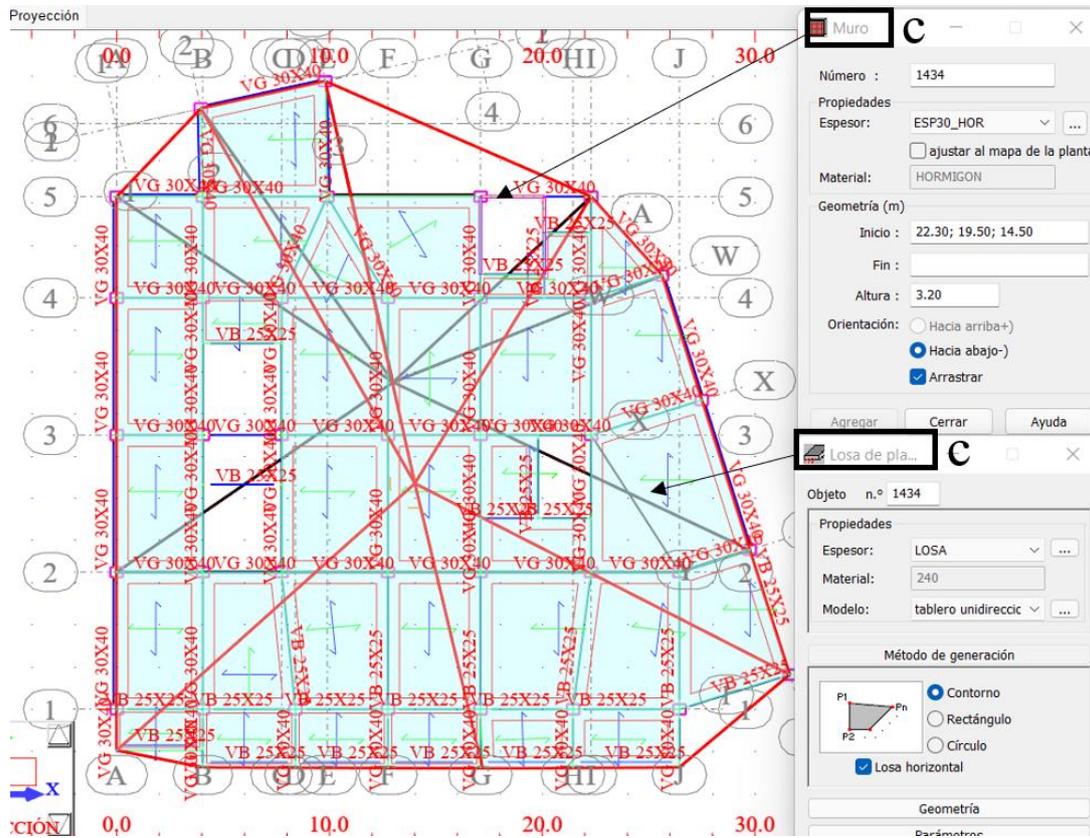
Asignación de elementos en planta pilares, vigas



Fuente: Autora

Figura 31

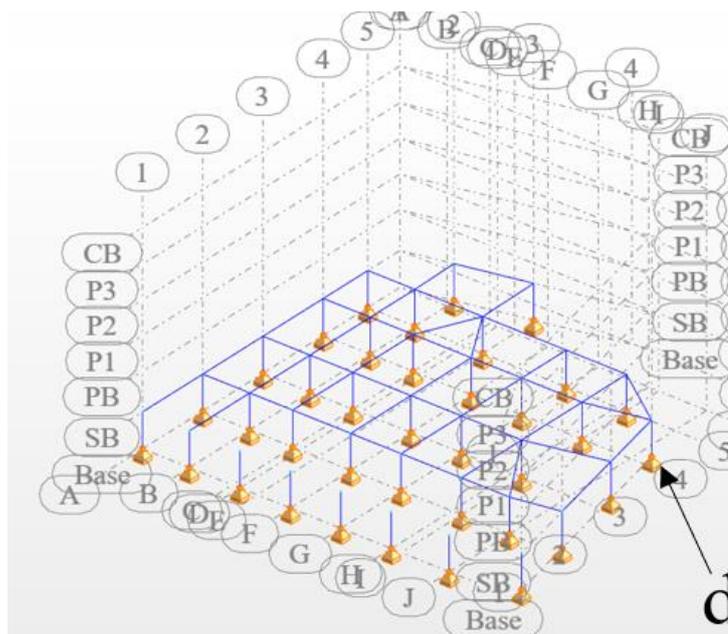
Asignación de losa de planta y muro en planta



Fuente: Autora

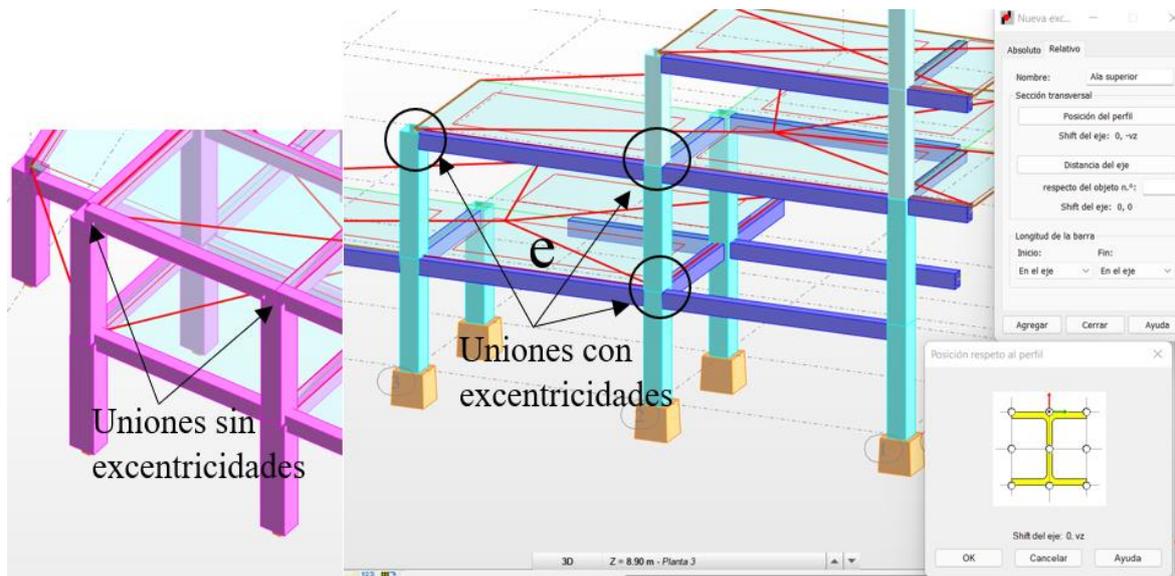
Figura 32

Asignación de apoyos



Fuente: Autora

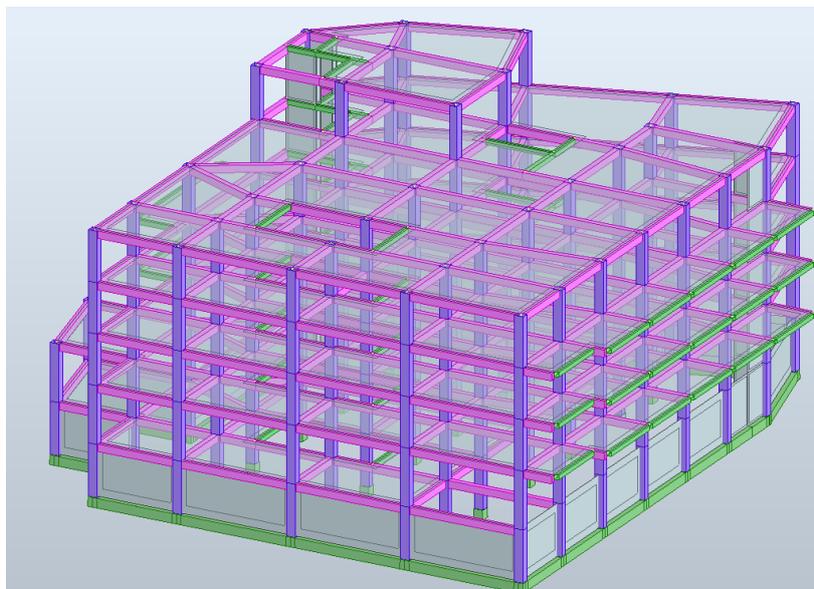
Figura 33
Desface para nudos



Fuente: Autora

Con todas las asignaciones correspondientes, se podrá obtener un modelo 3D de la edificación como se muestra en la figura 35.

Figura 34
Modelo 3D en Robot



Fuente: Autora

5.6. Asignación de cargas a elementos losa

Para la asignación de estas cargas se considerará el resumen de cargas permanentes y variables, teniendo en cuenta que en las cargas permanentes está incluido el peso propio de la losa debido a que, en el programa, las cargas por peso propio se calculan de forma automática, razón por la cual en los tipos de cargas existe el tipo de carga “DL o Sobrecarga”.

Las cargas a asignar en la edificación se muestran en la tabla 26 y serán: sobrecarga (DL), carga viva (LL), granizo (S) (terraza accesible, tapagrada) y carga sísmica las misma que se evidencian en la figura 36.

Figura 35

Asignación de cargas

Número	Nombre del caso	Naturaleza	Tipo de análisis
1	PP	permanente	Estático lineal
2	DL	permanente	Estático lineal
3	LL	explotación	Estático lineal
4	S	nieve	Estático lineal

Fuente: Autora

Tabla 26
Cargas

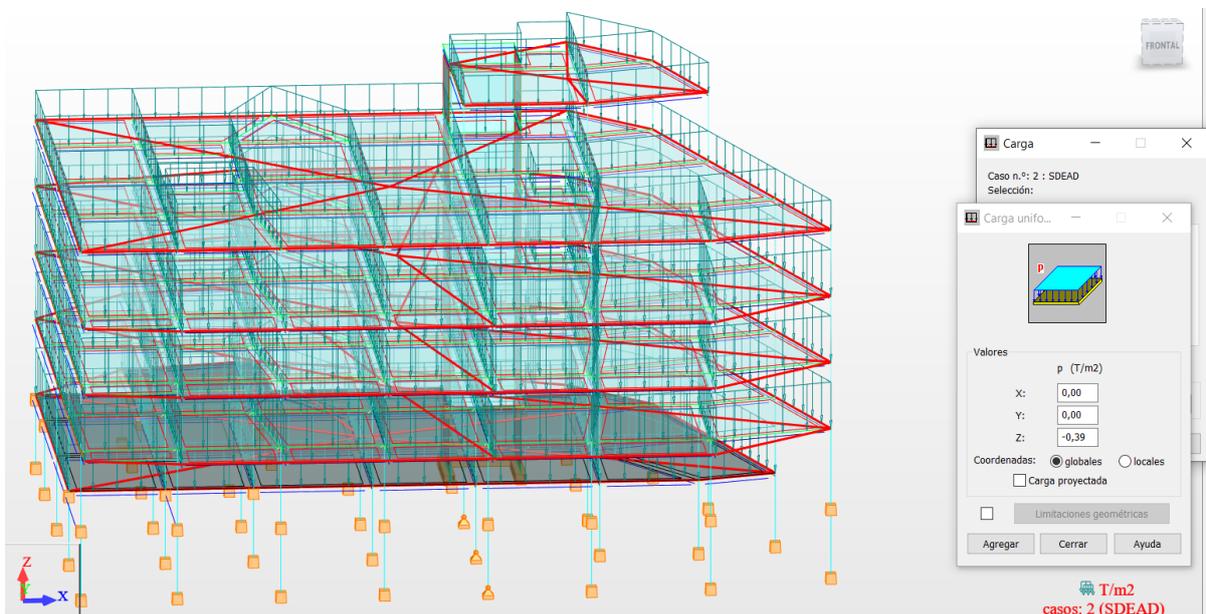
RESUMEN CARGAS Ton/m ²			
Tipo	Entrepiso	Terraza accesible	Tapagrada
Nivel	-2,5/+0,81/+3,63/ +6,42/+9,21	+12,00	+14,90
Sdead	0,39	0,25	0,25
Carga Viva	0,20	0,20	0,10
Granizo/ Lluvia	0,00	0,10	0,10

Fuente: Autora

Una vez determinadas las cargas que se asignarán a la edificación se procede a cargarlas a la estructura como se muestra en las figuras 37- 39 que representan las cargas SDEAD, Viva y de Granizo, respectivamente.

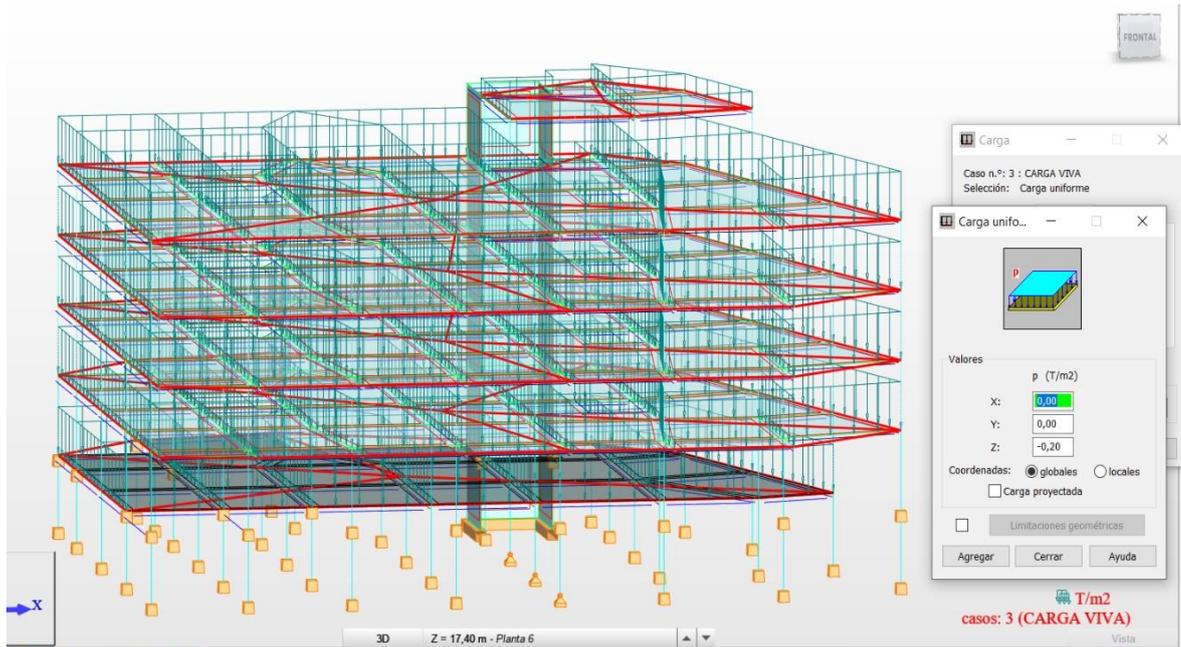
Figura 36

Asignación de carga sobrepuesta SDEAD



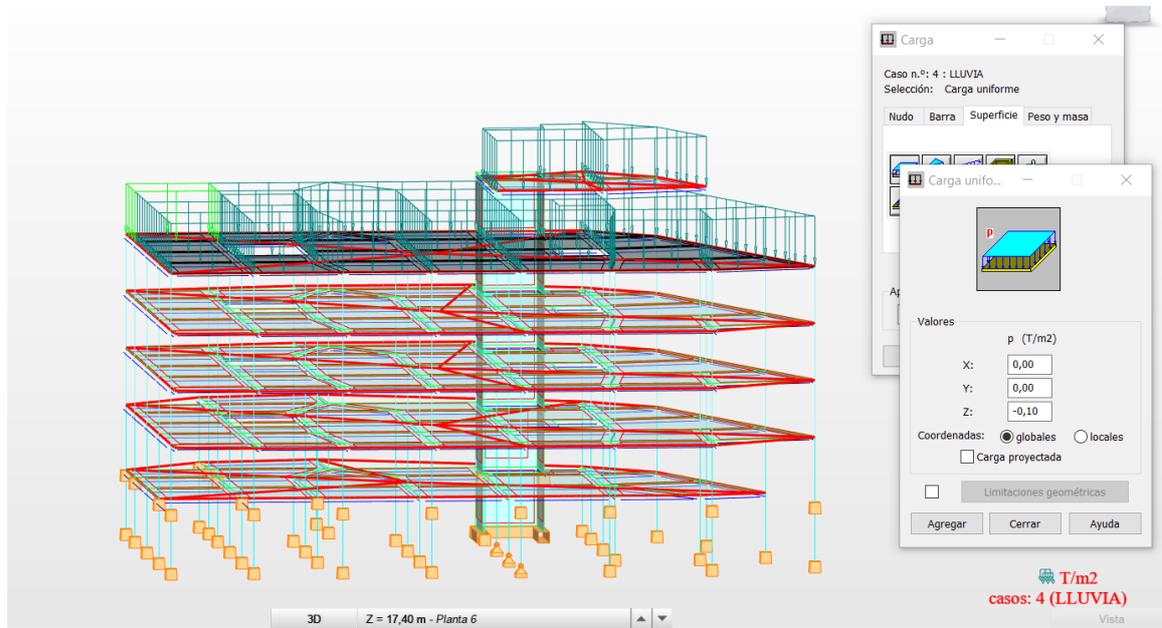
Fuente: Autora

Figura 37
Asignación de carga viva



Fuente: Autora

Figura 38
Asignación de carga de granizo



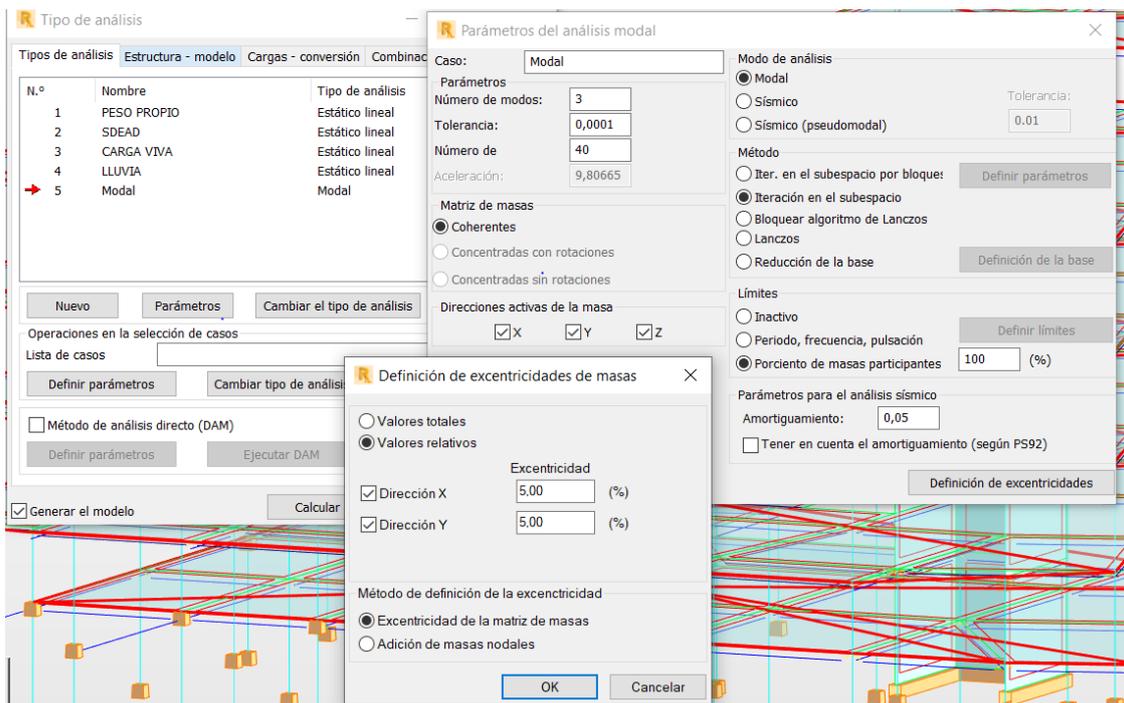
Fuente: Autora

5.7. Análisis Modal Espectral

Para empezar con el análisis modal, primero se debe generar el caso modal como indica la figura 40. Al realizar el análisis dinámico, se tomarán como mínimo 18 modos debido a que, generalmente, se consideran 3 grados de libertad por piso. El objetivo es conseguir como mínimo el 90% de masa participativa en cada dirección principal, para un amortiguamiento del 5%. Después de realizar este análisis en el programa, el periodo fundamental de la estructura es de 1.0 s (figura 41), el cual sobrepasa con más del 30% el periodo obtenido con el Método 1 de la NEC-15. Esto indica que se debe rigidizar la estructura. Además, con el número de modos establecidos no se alcanza el requerimiento mínimo de porcentaje de masa participativa.

Figura 39

Análisis Modal



Fuente: Autora

Figura 40*Participación modal*

Caso/Modo	Frecuencia (Hz)	Periodo (sec)	. UX (%)	. UY (%)	. UZ (%)
5/ 1	1,00	1,00	2,98	54,65	0,00
5/ 2	1,11	0,90	60,27	61,81	0,00
5/ 3	1,26	0,79	69,23	68,17	0,00
5/ 4	3,08	0,32	69,28	73,54	0,05
5/ 5	3,40	0,29	74,11	73,78	0,11
5/ 6	3,47	0,29	75,39	73,80	0,39
5/ 7	3,64	0,27	75,42	73,80	0,63
5/ 8	3,85	0,26	75,72	75,19	0,82
5/ 9	4,29	0,23	75,72	75,20	0,82
5/ 10	4,47	0,22	75,73	75,21	0,83
5/ 11	4,58	0,22	75,74	75,42	1,00
5/ 12	4,81	0,21	75,75	75,54	1,19
5/ 13	5,15	0,19	75,84	76,52	1,19
5/ 14	5,47	0,18	76,79	76,54	1,21
5/ 15	5,94	0,17	76,97	76,64	1,29
5/ 16	6,10	0,16	77,05	76,89	1,29
5/ 17	6,47	0,15	77,23	77,52	1,30
5/ 18	6,74	0,15	77,56	77,53	1,30

Fuente: Autora

Para rigidizar el modelo, se decidió aumentar la resistencia a la compresión del hormigón a 240 kg/cm², las secciones de columnas son de 50cmx40cm, el espesor del muro cortante es de 30cm. La estructura ahora tiene un periodo fundamental de de 0.66s y alcanza el 90% de la masa participativa en el modo 17 en X y en Y, figura 42.

Figura 41*Período y participación modal*

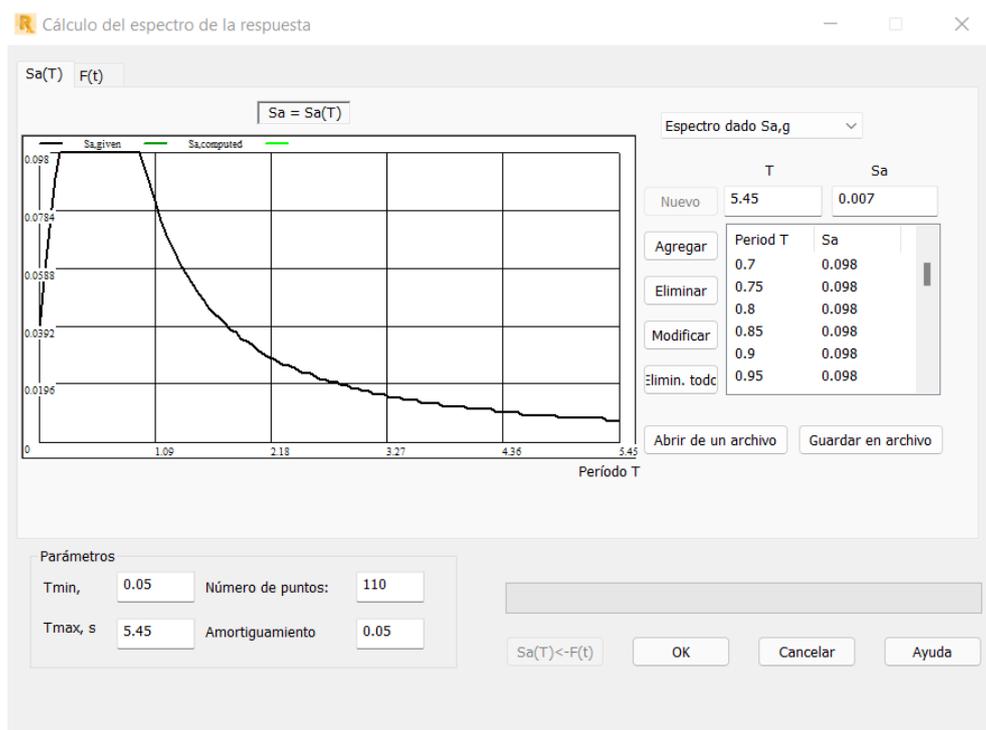
Caso/Modo	Frecuencia (Hz)	Periodo (sec)	. UX (%)	. UY (%)
5/ 1	1.51	0.66	36.02	31.86
5/ 2	1.85	0.54	76.00	57.65
5/ 3	2.35	0.43	76.45	77.36
5/ 4	4.48	0.22	79.48	78.80
5/ 5	4.86	0.21	79.78	80.49
5/ 6	5.85	0.17	83.13	81.26
5/ 7	7.06	0.14	83.13	81.59
5/ 8	7.52	0.13	83.20	82.95
5/ 9	8.04	0.12	83.24	83.07
5/ 10	8.82	0.11	84.51	83.09
5/ 11	9.02	0.11	84.52	83.11
5/ 12	10.05	0.10	84.54	83.12
5/ 13	10.72	0.09	84.89	83.17
5/ 14	11.33	0.09	84.89	83.27
5/ 15	11.62	0.09	84.92	83.53
5/ 16	12.31	0.08	88.97	84.92
5/ 17	12.80	0.08	94.29	94.98
5/ 18	12.98	0.08	94.58	94.98

Fuente: Autora

5.8. Casos espectrales de análisis

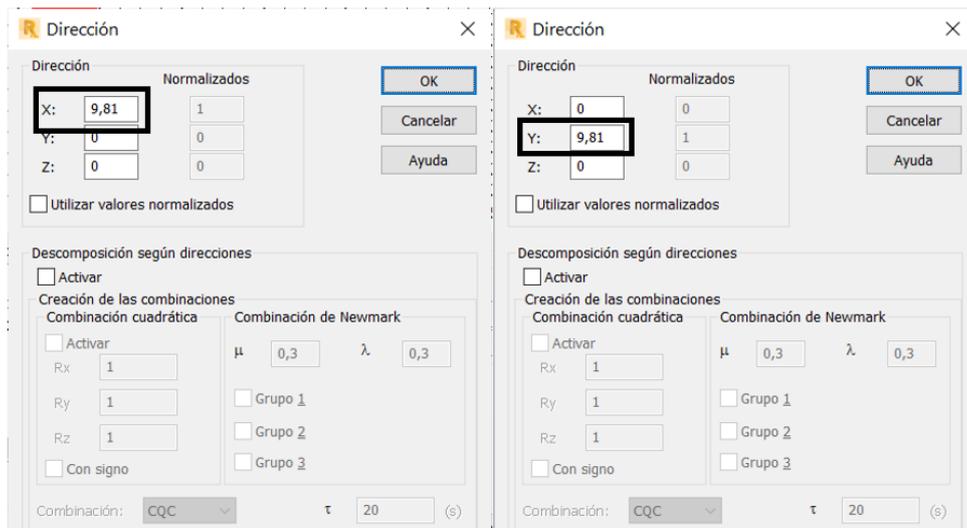
Con el caso modal creado, se puede definir el caso espectral que corresponderá al análisis dinámico tanto en dirección X e Y, como se indica en la figura 43. Se comienza definiendo el nombre para el espectro y el factor de amortiguamiento que para estructuras de hormigón armado es 5%, generalmente. El espectro de diseño es cargado desde un archivo externo, donde la aceleración espectral es definida en términos de gravedad. Se define la dirección en la que actuará el sismo de diseño, es decir, SX en X y SY para Y. En la figura 44 se observa la generación del espectro con la definición de las direcciones para estas aceleraciones y en la figura 45 la creación de los casos de carga sísmica dinámica.

Figura 42
Espectro de diseño



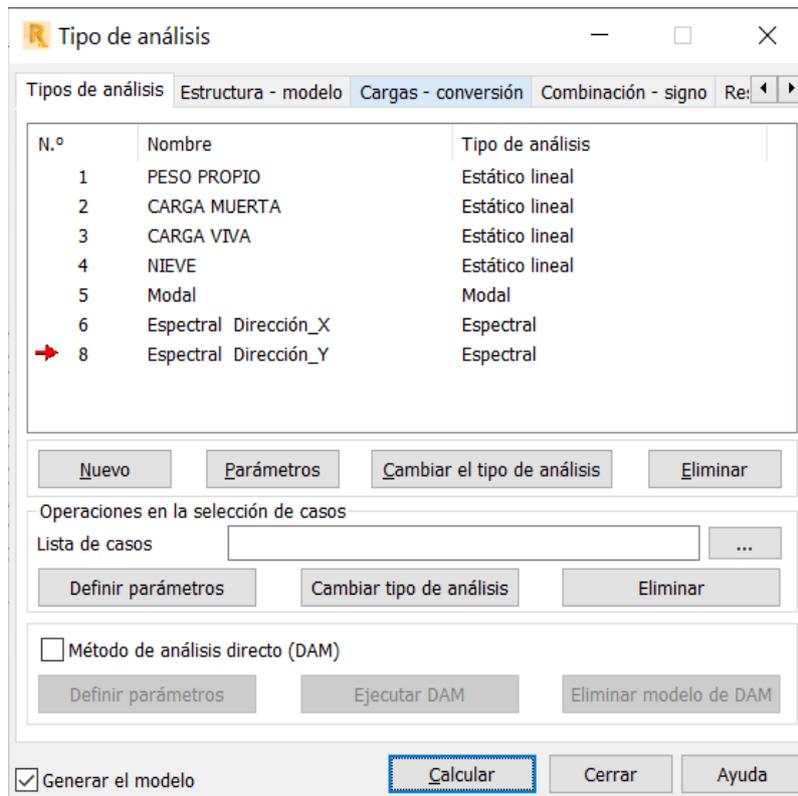
Fuente: Autora

Figura 43
Dirección para espectro de diseño



Fuente: Autora

Figura 44
Cargas sísmicas generadas por espectro



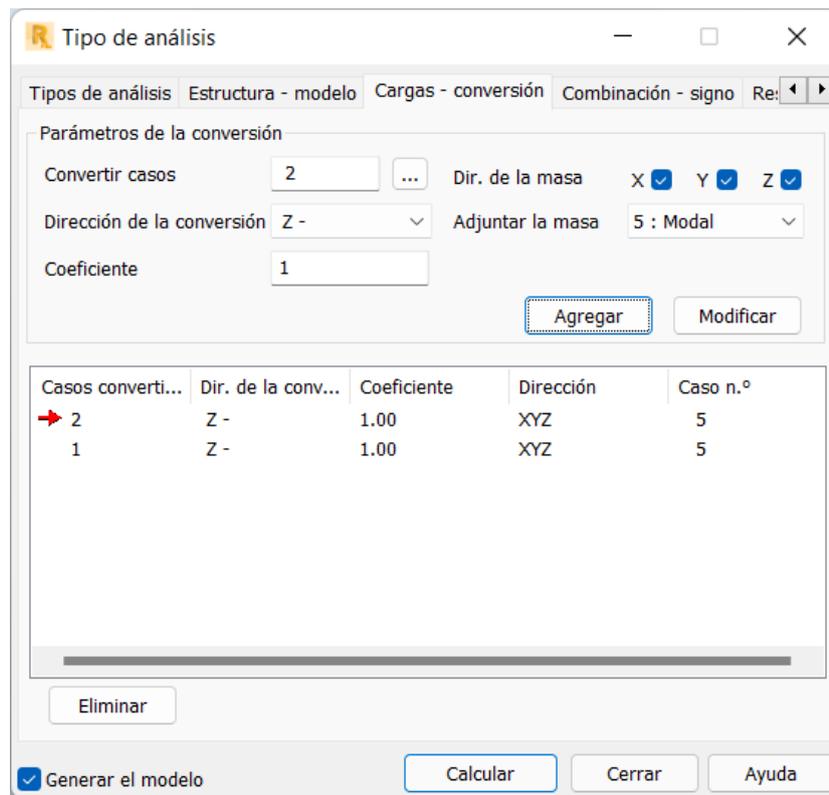
Fuente: Autora

5.8.1 Conversión de cargas a masa reactiva

La fuente de masa que actúa en el sismo es tomada en cuenta a través del 100% del total de la carga muerta, es decir, el peso propio de los elementos estructurales más la sobrecarga de acabados, mampostería, etc., figura 46.

Figura 45

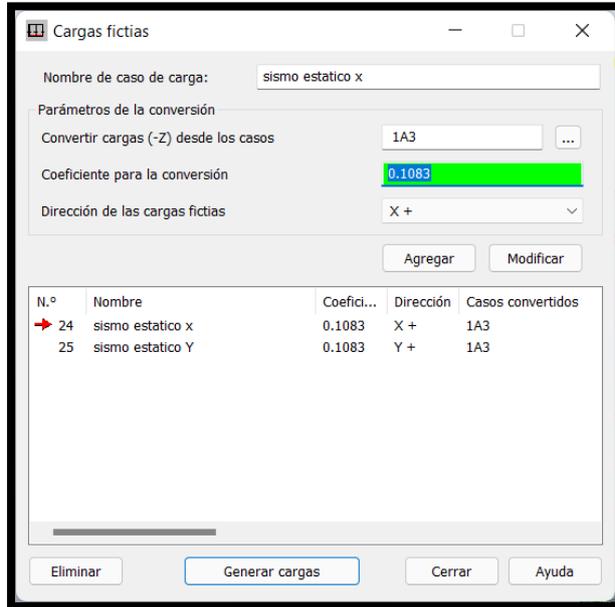
Conversión de cargas a masa



Fuente: Autora

Por otro lado, el caso por sismo estático en el sentido X e Y, figura 47, se genera a partir de una carga ficticia usando el coeficiente 0.1083 que corresponde al valor calculado del cortante basal estático, acorde con la NEC-15.

Figura 46
Cargas ficticias



Caso 24		sismo estatico x		
Suma final		-271.50	0.00	0.00
Suma de reaccion		-271.50	0.00	0.00
Suma de esfuerzos		271.50	-0.00	0.0
Verificación		-0.00	0.00	0.00
Precisión:		3.06913e-05	2.41942e-12	
Caso 25		sismo estatico Y		
Suma final		0.00	-271.50	0.00
Suma de reaccion		0.00	-271.50	0.00
Suma de esfuerzos		0.00	271.50	0.0
Verificación		0.00	-0.00	0.00
Precisión:		2.99937e-05	6.60772e-12	

Fuente: Autora

5.8.2 Combinaciones de carga

Para el análisis de la estructura, las combinaciones de carga a usarse serán las que recomienda la NEC y el ACI que se describen en la figura 48.

Figura 47
Combinaciones de carga

Combinación	Nombre	Tipo de análisis	Tipo de combin	Naturaleza de caso	Definición
8 (C)	COMB1: 1.4D	Combinación línea	ELU	permanente	$(1+2)*1.40$
9 (C)	COMB2: 1.2D+1.6L+0.5R	Combinación línea	ELU	permanente	$(1+2)*1.20+3*1.60+4*0.50$
10 (C)	COMB3: 1.2D+1.6R+0.5L	Combinación línea	ELU	permanente	$(1+2)*1.20+4*1.60+3*0.50$
11 (C)	COMB4: 1.2D+L+0.5R	Combinación línea	ELU	permanente	$(1+2)*1.20+3*1.00+4*0.50$
12 (C)	COMB5: 0.9D	Combinación línea	ELU	permanente	$(1+2)*0.90$
13 (C) (CQC)	COMB6.1: 0.9D+SX	Combinación línea	ELU	permanente	$(1+2)*0.90+6*1.00$
14 (C) (CQC)	COMB6.2: 0.9D-SX	Combinación línea	ELU	permanente	$(1+2)*0.90+6*-1.00$
15 (C) (CQC)	COMB6.3: 0.9D+SY	Combinación línea	ELU	permanente	$(1+2)*0.90+7*1.00$
16 (C) (CQC)	COMB6.4: 0.9D-SY	Combinación línea	ELU	permanente	$(1+2)*0.90+7*-1.00$
17 (C) (CQC)	COMB7.1: 1.2D+L+SX	Combinación línea	ELU	permanente	$(1+2)*1.20+(3+6)*1.00$
18 (C) (CQC)	COMB7.2: 1.2D+L-SX	Combinación línea	ELU	permanente	$(1+2)*1.20+3*1.00+6*-1.00$
19 (C) (CQC)	COMB7.3: 1.2D+L+SY	Combinación línea	ELU	permanente	$(1+2)*1.20+(3+7)*1.00$
20 (C) (CQC)	COMB7.4: 1.2D+L-SY	Combinación línea	ELU	permanente	$(1+2)*1.20+3*1.00+7*-1.00$

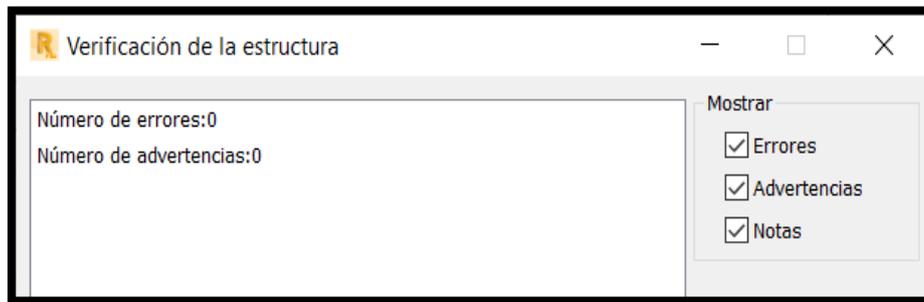
Fuente: Autora

5.9. Verificación del Modelo

Una vez ingresado todos los materiales, secciones, cargas gravitacionales, cargas sísmicas, caso modal y combinaciones de cargas, es importante comprobar si el modelo presenta posibles errores, como nodos sin conexión o inestabilidad estructural. La verificación de la estructura se muestra en la figura 49. Una vez que la verificación es satisfactoria, se puede visualizar toda la información para el análisis y diseño.

Figura 48

Verificación del Modelo



Fuente: Autora

CAPITULO VI

6. VERIFICACIONES SISMORESISTENTES

Con toda la edificación ya modelada en el software, se prosigue con la verificación sismorresistente. Se tomará en cuenta las combinaciones más críticas.

6.1. Peso de la edificación

Correspondiente a la carga reactiva que es el peso propio de los elementos estructurales obteniendo el valor que se muestra en la figura 50 correspondiente:

Figura 49

Peso edificación

Nudo/Caso/Modo	FX (T)	FY (T)	FZ (T)
Caso	1 - PP		
Modo			
Suma final	0.00	0.00	2504.99
Suma de reacciones <	0.00	0.00	2504.99
Suma de esfuerzos	0.0	0.0	-2504.99
Verificación	0.00	0.00	-0.00
Precisión:	3.84627e-09	1.46848e-16	

Fuente: Autora

6.2. Modos de vibración, periodo y masa participativa

Como se observa en la figura 51, el período de vibración fundamental es de 0.66s; primer y segundo modo flexurales y tercer modo de vibración es torsional en planta, que se observa en la figura 52 ; la aportación de masa participativa es del 94% en el modo 17; lo que cumple con el objetivo de la norma NEC-SE-DS-2015.

Figura 50

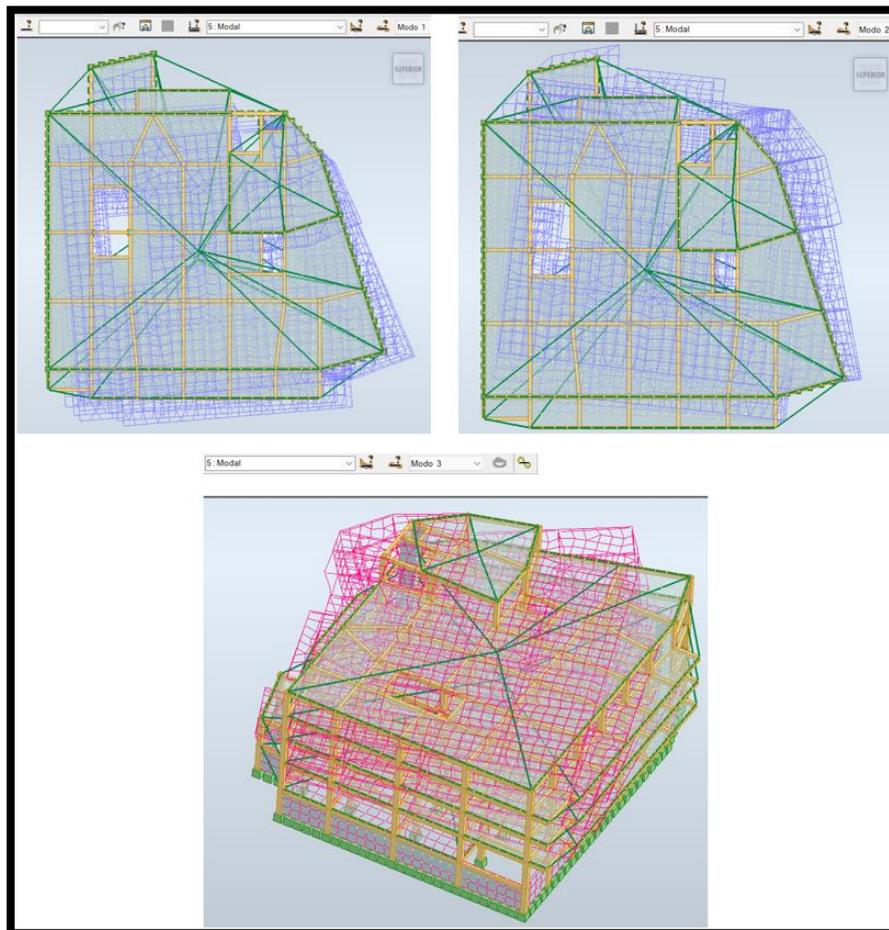
Período y participación modal

Caso/Modo	Frecuencia (Hz)	Periodo (sec)	. UX (%)	. UY (%)
5/ 1	1.51	0.66	36.02	31.86
5/ 2	1.85	0.54	76.00	57.65
5/ 3	2.35	0.43	76.45	77.36
5/ 4	4.48	0.22	79.48	78.80
5/ 5	4.86	0.21	79.78	80.49
5/ 6	5.85	0.17	83.13	81.26
5/ 7	7.06	0.14	83.13	81.59
5/ 8	7.52	0.13	83.20	82.95
5/ 9	8.04	0.12	83.24	83.07
5/ 10	8.82	0.11	84.51	83.09
5/ 11	9.02	0.11	84.52	83.11
5/ 12	10.05	0.10	84.54	83.12
5/ 13	10.72	0.09	84.89	83.17
5/ 14	11.33	0.09	84.89	83.27
5/ 15	11.62	0.09	84.92	83.53
5/ 16	12.31	0.08	88.97	84.92
5/ 17	12.80	0.08	94.29	94.98
5/ 18	12.98	0.08	94.58	94.98

Fuente: Autora

Figura 51

Modos de vibración



Fuente: Autora

6.3. Límites permisibles de las derivas

Según la NEC, se contempla que la deriva máxima para cualquier piso no excederá los límites (figura 53) de deriva inelástica. La deriva máxima se expresa como la razón del desplazamiento relativo entre pisos continuos y la altura de entrepiso. Este parámetro debe ser verificado en cada piso y en cada dirección principal para evitar que, en este caso, superen el 2% para estructuras de hormigón armado; por lo tanto, para obtener una deriva elástica será afectado por un $R= 8$ y un factor de 0.75 y se calcula con las ecuaciones 16 y 17, respectivamente. En la tabla 27-28 se muestra la verificación de los desplazamientos en el sentido X e Y como se visualiza en la figura 54-55.

Figura 52

Límites de derivas

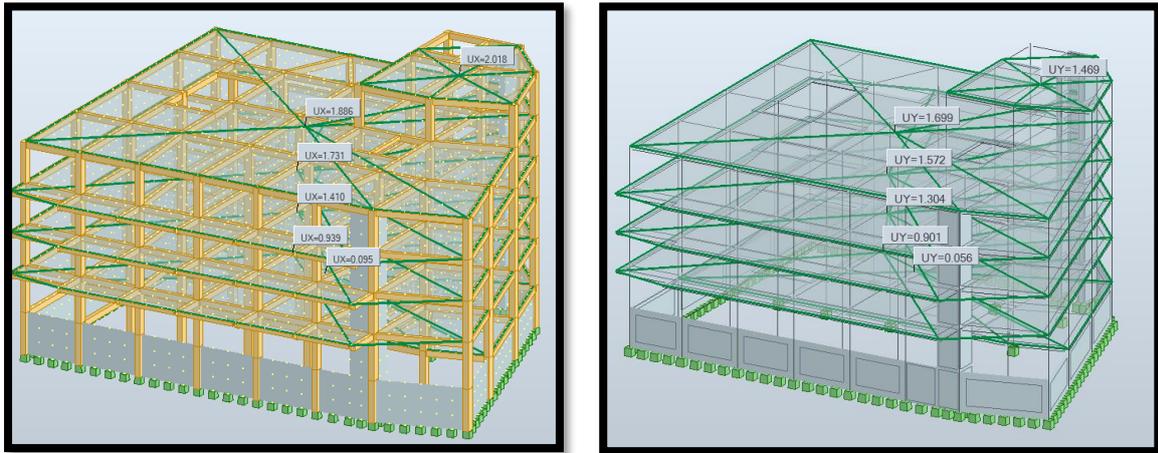
Estructuras de:	Δ_M máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Fuente: Autora

$$\Delta_E = \frac{U_{sup} - U_{inf}}{H} \quad \text{Ecuación 15}$$

$$\Delta_M = 0.75 \cdot R \cdot \Delta_E \quad \text{Ecuación 16}$$

Figura 53
Derivas dirección X, Y



Fuente: Autora

Tabla 27
Control de derivas sentido X

CONTROL DE DERIVAS					
Piso	Altura H (mm)	Desplazamiento medios mm	Deriva Elastica mm	Deriva Inelastica	
Cubierta	2900	2.08	0.000717241	0.004	CUMPLE
Piso 3	2800	1.89	0.000673571	0.004	CUMPLE
Piso 2	2800	1.73	0.000618214	0.004	CUMPLE
Piso 1	2800	1.41	0.000503571	0.003	CUMPLE
Planta Baja	3200	0.94	0.000293438	0.002	CUMPLE
Subsuelo	2900	0.095	0.000032759	0.000	CUMPLE

Fuente: Autora

Tabla 28
Control de derivas sentido Y

CONTROL DE DERIVAS					
Piso	Altura H (mm)	Desplazamiento medios mm	Deriva Elastica mm	Deriva Inelastica	
Cubierta	2900	1.47	0.000506552	0.003	CUMPLE
Piso 3	2800	1.70	0.000606786	0.004	CUMPLE
Piso 2	2800	1.57	0.000561429	0.003	CUMPLE
Piso 1	2800	1.30	0.000465714	0.003	CUMPLE
Planta Baja	3200	0.90	0.000281563	0.002	CUMPLE
Subsuelo	2900	0.056	0.000019310	0.000	CUMPLE

Fuente: Autora

6.4. Cortante basal

Conforme el Capítulo 6.2.2 de la NEC-SE-DS, se evalúa el corte acumulado en la base tanto para el método dinámico como para el método estático como indica la figura 57, con el fin de constatar en que porcentaje de cortante basal del método dinámico en la figura 56 con respecto del método estático sea mayor al 85% para estructuras de configuración irregular, como es el caso de la presente.

Figura 54
Cortante Basal Dinámico

Caso	6 - SDX					
Modo CQC						
Suma final	263.14	193.05	478.90	28.27	34.59	0.53
Suma de reacciones <	210.92	150.98	5.56	1641.33	2339.15	2690.04
Suma de esfuerzos	210.92	150.97	5.56	1641.33	2339.15	2690.03
Verificación	421.83	301.95	11.12	3282.66	4678.30	5380.07
Precisión:	1.24050e-02	3.11953e-05				
Caso	7 - SDY					
Modo CQC						
Suma final	279.89	270.15	563.91	40.81	35.00	0.58
Suma de reacciones <	187.12	224.98	8.32	2457.87	2081.70	3956.37
Suma de esfuerzos	187.12	224.97	8.31	2457.88	2081.70	3956.31
Verificación	374.23	449.95	16.63	4915.75	4163.40	7912.67
Precisión:	1.24051e-02	3.11953e-05				
Caso	6 - SDX					
Modo CQC						
Suma final	235.71	172.93	428.98	25.32	30.98	0.48
Suma de reacciones <	188.93	135.24	4.98	1470.23	2095.30	2409.62
Suma de esfuerzos	188.93	135.24	4.98	1470.23	2095.30	2409.61
Verificación	377.86	270.47	9.96	2940.46	4190.60	4819.23
Precisión:	1.20926e-02	1.27457e-03				
Caso	7 - SDY					
Modo CQC						
Suma final	246.76	238.17	497.15	35.98	30.86	0.51
Suma de reacciones <	164.97	198.34	7.33	2166.91	1835.27	3487.98
Suma de esfuerzos	164.96	198.34	7.33	2166.92	1835.27	3487.96
Verificación	329.93	396.68	14.66	4333.82	3670.54	6975.94
Precisión:	1.20926e-02	1.27457e-03				

Fuente: Autora

Figura 55
Cortante Basal Estático

Caso	24 - sismo estatico x					
Modo						
Suma final	-271.50	0.00	-0.00	2.99	-38.28	-0.04
Suma de reacciones <	-271.50	0.00	-0.00	-0.00	-2343.06	3206.93
Suma de esfuerzos	271.50	-0.00	0.0	0.00	2343.06	-3206.92
Verificación	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.01
Precisión:	7.95165e-05	2.44838e-12				
Caso	25 - sismo estatico Y					
Modo						
Suma final	0.00	-271.50	0.00	37.87	-10.76	-0.05
Suma de reacciones <	0.00	-271.50	0.00	2343.06	-0.00	-3847.82
Suma de esfuerzos	0.00	271.50	0.0	-2343.06	0.00	3847.81
Verificación	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.01
Precisión:	4.59858e-05	7.24818e-12				

Fuente: Autora

Tabla 29
Cortante Basal

Eje	Caso	Edificación	
		Cortantes de Piso	Ton
X	Sx ESTÁTICO	271.50	87%
	Sx NEC-2015	235.71	
Y	Sy ESTÁTICO	271.50	88%
	Sy NEC-2015	238.17	
<i>Cortante Dinámico</i>		$\geq 85\%$	
<i>Cortante Estático</i>			

Fuente: Autora

6.5. Columna fuerte- viga débil

Se selecciona una viga tanto en sentido X-X como en el sentido Y-Y, como en la figura 58 con todo el conjunto de columnas y vigas, y en la pestaña “Dimensionamiento” para proceder al análisis de dichos elementos que se realizarán con las combinaciones más críticas. El check en verde indica que se crea el nudo de intersección entre todos los elementos viga y columna.

Para que esta condición se cumpla debe tener la siguiente expresión:

$$\sum M_C \geq 1.2 \sum M_V$$

Donde:

$\sum M_V$ Sumatoria de los momentos nominales de flexión en las columnas que llegan a la cara del nudo.

$\sum M_C$ Sumatoria de los momentos resistentes nominales a flexión de las vigas que llegan a la cara del nudo.

Para el nodo analizado cumple con lo buscado donde:

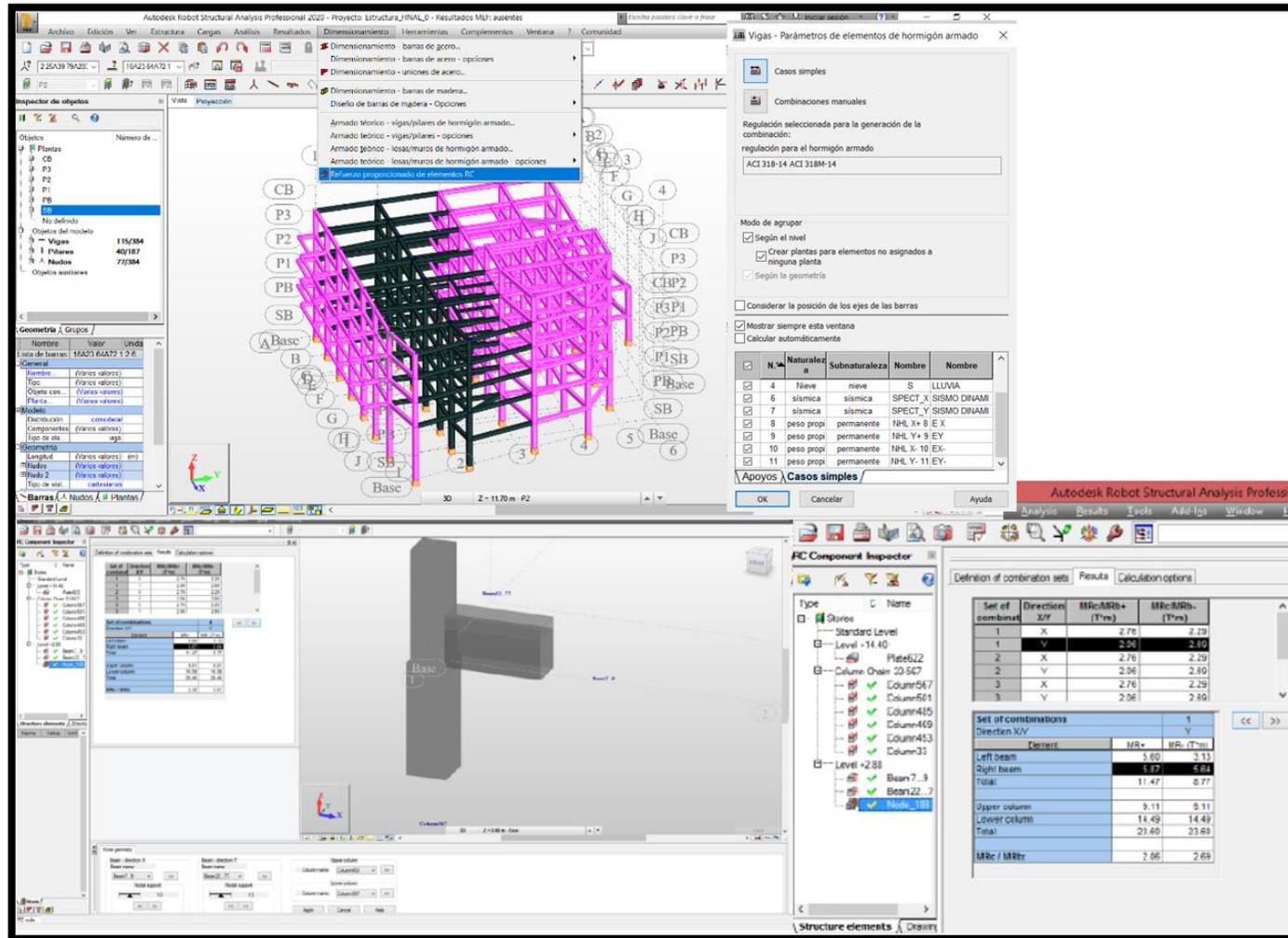
$$\sum M_C = 23.60 \text{ Ton} * m$$

$$\sum M_v = 5.64 \text{ Ton} * m$$

$$23.60 \geq 1.2(5.64)$$

$$23.60 \geq 6.77$$

Figura 56
Columna fuerte- Viga débil



Fuente: Autora

CAPITULO VII

7. DISEÑO Y DETALLADO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

7.1. Diseño y detallado estructural de columnas

Como se realizó el análisis sísmico previamente para el diseño las columnas tanto perimetrales, esquinas y de borde tienen secciones de 50cmx40cm respectivamente; para el detallado en el software Revit de la disposición de los aceros se cumplirá con todos los requisitos sismorresistentes (Anexo 1).

7.2. Detallado estructural de vigas

Para el detallado de vigas se contemplarán secciones de vigas principales y secundarias de 30cmx40cm y para las vigas de borde de 25cmx25cm; la disposición de los aceros respectivamente respetando las diferentes reglas sismorresistentes; en el ejemplo observaremos el cálculo de una viga para poder representar la forma de cálculo (Anexo 2).

7.3. Detallado estructural de losas

De la misma manera, se realizará el detallado de la losa de espesor 25cm del, para entender cómo será la distribución de acero la misma que se reflejará en el software Revit. (Anexo 3).

7.4. Detallado estructural de muros

Para el detallado de muro de corte con espesor 25 cm que se verificará mediante un anexo en donde se observarán los pasos para obtener el correcto detallamiento con la norma ACI 318. (Anexo 4).

CAPITULO VIII

8. PLANTILLA ESTRUCTURAL EN SOFTWARE REVIT STRUCTURAL

Una vez que la estructura cumple con todos los requisitos sismorresistentes, es tiempo de continuar con el modelo de detallado de los elementos estructurales como son las losas, vigas, pilares y muros; los mismos que se representarán en el software Revit en su módulo estructural para así comprobar la versatilidad y optimización de tiempo al ocupar este programa para generar una plantilla estructural.

Con el uso de esta nueva metodología, la interfaz del software Revit representa la geometría 3D real en una edificación por lo que existen varios tipos de elementos en el modelo como son: los anfitriones y los componentes de modelo.

Normalmente los elementos anfitriones alojan a otros elementos, por ejemplo las losas y muros estructurales, mientras que los componentes de modelo son los demás elementos que componente del modelo de construcción.

Adicional consta como elementos de referencias: modelos, rejillas y planos; todos estos elementos de construcción son paramétricos y Revit lo clasificara como familias.

8.1. Familias en Revit

Para entender el funcionamiento del software debemos mantener la idea que al crear un elemento nuevo o vincularlo este debe pertenecer a una jerarquía como en la figura 59 se muestra,- que es una categoría, familia y así mismo a un tipo que tienen propiedades en común, con la misma utilización y con una representación gráfica similar. Los distintos elementos de una familia pueden tener diferentes valores o propiedades existen tres tipos de familias.

Familias cargables: se crean a partir de plantillas de familias que han sido cargadas previamente y usarlas en ese proyecto especificando sus propiedades.

Familias de sistema: no se pueden cargar ni crear como archivos independientes pero se pueden usar los tipos predefinidos en el sistema.

Familias in situ: definen elementos personalizados que se crean en el contexto del proyecto que requiera una geometría exclusiva.

Figura 57

Clasificación de elementos



Fuente: Mallqui Badin, 2016

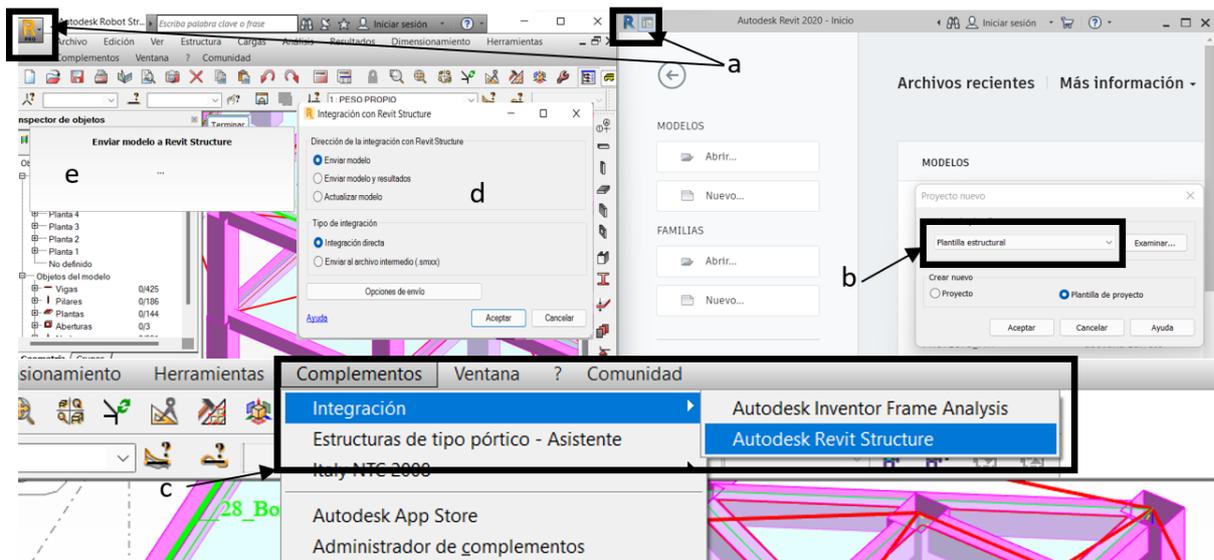
8.2. Interoperabilidad

Con todos los aceros a usar en nuestro proyecto procederemos a realizar la interoperabilidad entre los Softwares Revit y Robot, tendremos una similitud en versión que en nuestro caso será 2020; y simultáneamente tener los archivos abiertos(a).

Como realizamos el modelo de análisis estructural en Robot Structural Analysis el cual será enviado al software Revit como se indica en la figura 60 primero debemos generamos un nuevo archivo de plantilla estructural en Revit (b), nos dirigimos a la barra de tarea del Robot en la pestaña complementos hacemos la integración con Revit Structure (c), se nos desplegara una ventana nueva donde nos pedirá enviar el modelo con resultados o solo las secciones en nuestro caso será enviar modelo y resultados y la integración será directa (d) debido a que así podremos

actualizar el modelo en caso de modificaciones posteriores en el mismo; el procedimiento se podrá observar cuando en un mensaje nos indique como está enviando la información (e) y se podrá proseguir la secuencia con las figuras siguientes:

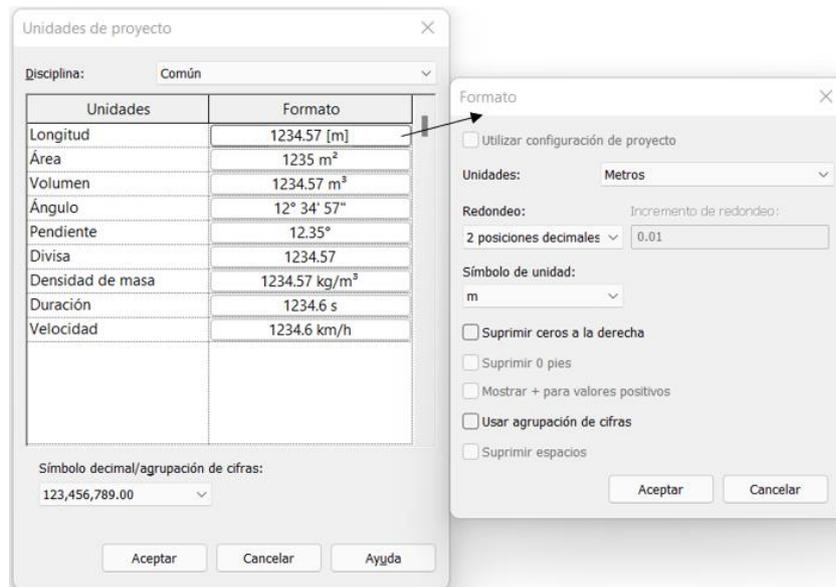
Figura 58
Proceso para interoperabilidad



Fuente: Autora

Con el modelo ya en importado el primer paso a verificar serán las unidades que se muestra en la figura 61; en la que se encuentra y de ser conveniente cambiamos al sistema SI, al igual que en el interfaz de AutoCAD podemos colocar siglas (un), para crear el atajo del comando; una vez en la ventana debemos ponernos en la disciplina Común del listado, y nos aparecen las unidades más comunes las cuales pueden editarse el formato en que queremos visualizar la unidad, los decimales, y su símbolo.

Figura 59
Unidades



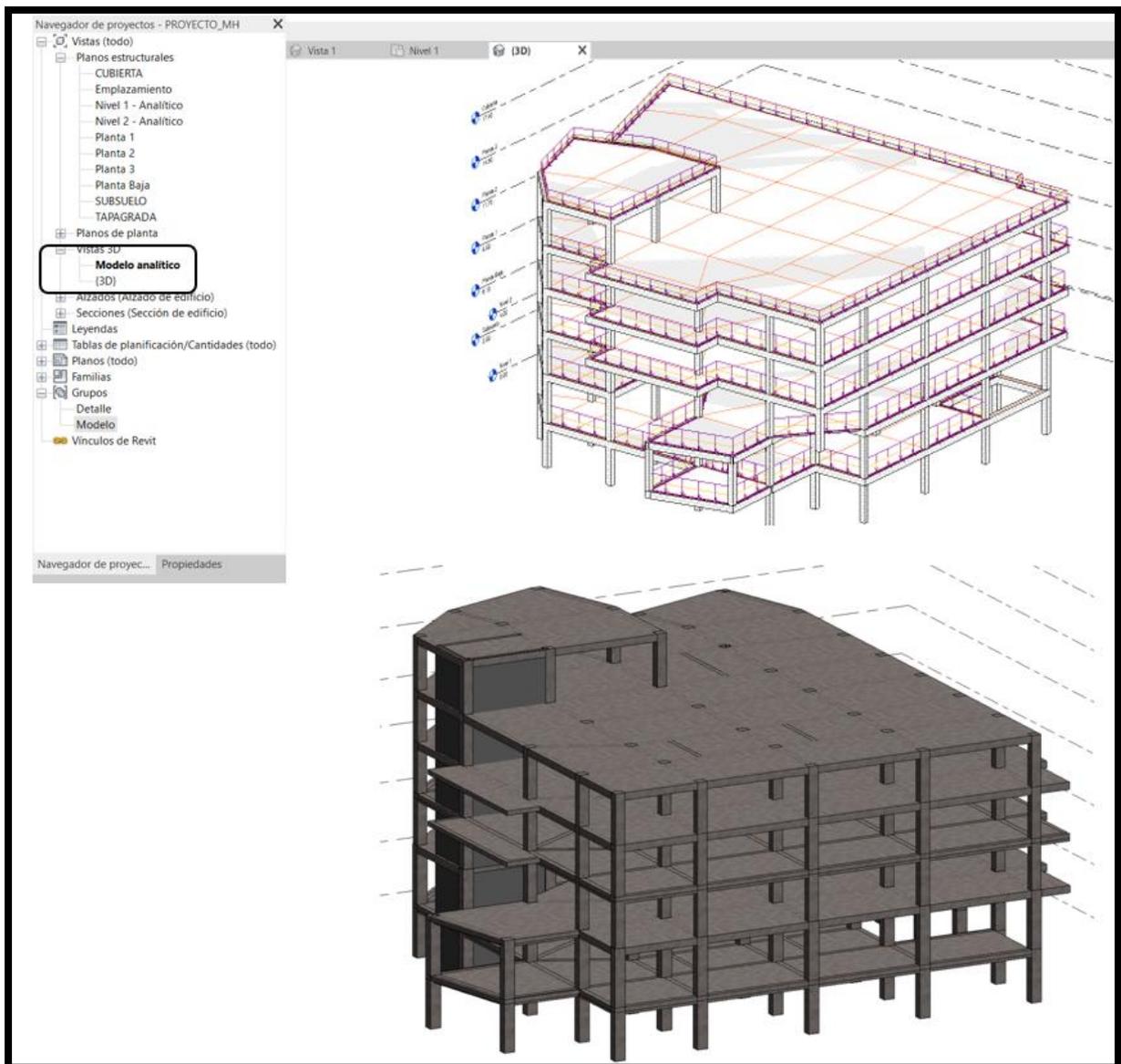
Fuente: Autora

Cuando el modelo está siendo integrado con Revit se visualizará como un modelo analítico y este se encuentra en el navegador de proyectos por lo que todos los elementos están interconectados entre los nudos, adicional los niveles y alturas correspondientes a nuestra edificación ya estará vinculada directamente de esta manera no se deberá generar las cotas ni rejillas de la misma manera como se integró de manera directa se puede observar las cargas con las que cuenta el proyecto y las restricciones.

De esta manera podemos visualizar nuestro modelo en 3D como en la figura 62, vista como una estructura inalámbrica que nos representara la forma analítica o una vista sombreada que se representaría como el modelo de manera realista donde se pueden observar ya los elementos estructurales de manera extruida.

Figura 60

Modelo Analítico y Realista

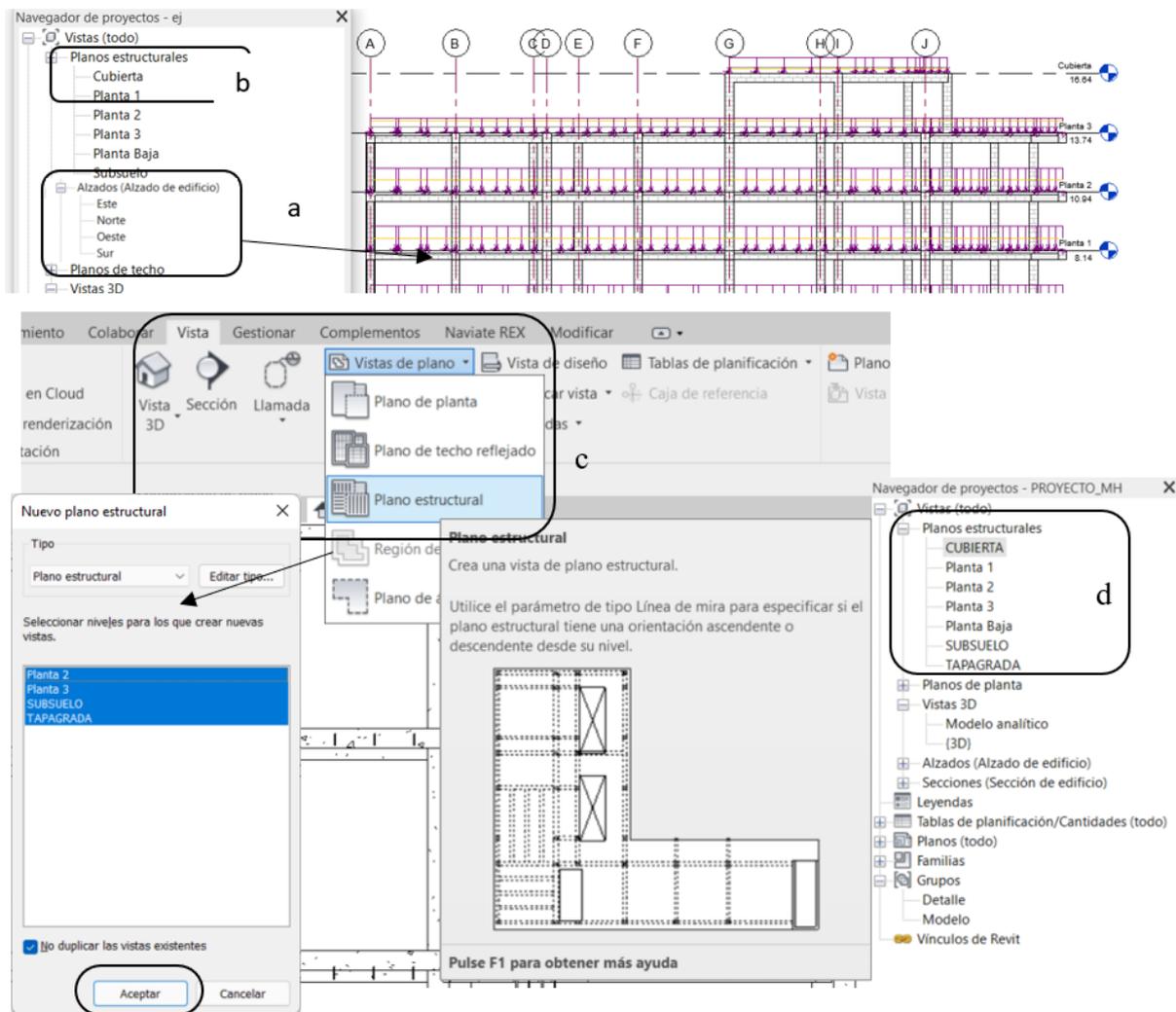


Fuente: Autora

Con el modelo ya en nuestro Revit debemos generar los planos estructurales y planos de planta el proceso se describe en la figura 63; para lo cual nos colocaremos en una vista de alzado (a) y nos daremos cuenta de que se autogenerarán los niveles y rejillas ya establecidos desde la importación (b), en caso de no ser así en la barra de tareas en la pestaña Vista en la opción vista de plano escogeremos el tipo plano estructural (c) los planos que encuentran ocultos se podrán

observan en ese ventana debemos seleccionarlos y damos en clic en Aceptar para que se visualice en el navegador de proyectos en el apartado planos estructurales(d).

Figura 61
Planos estructurales



Fuente: Autora

Al tener el modelo en nuestro software Revit continuaremos definiendo los materiales, debido a la interoperabilidad todos los materiales se definirán para no presentar errores al momento de la cuantificación ya que todo debe ser puesto como una familia de Revit.

8.3. Creación de materiales

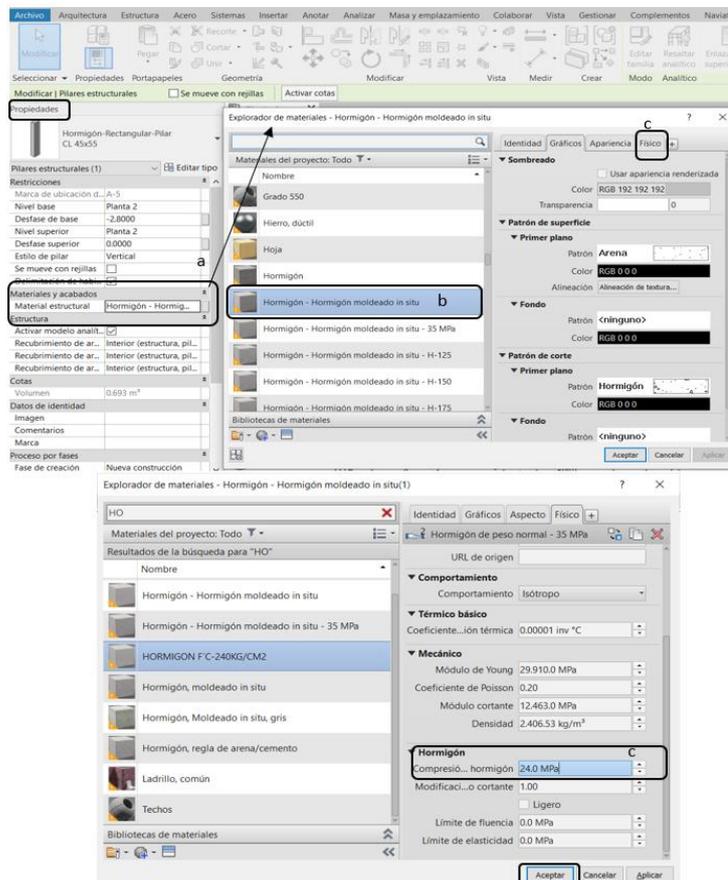
8.3.1 Hormigón

Como ya se definió la resistencia del hormigón es 240 kg/cm², al estar en una vista en 3D seleccionamos un pilar estructural seguiremos los pasos:

- En la paleta de propiedades vemos las características geométricas y restricciones nos dirigimos a la opción de materiales y acabamos para desplegar otra ventana.
- En el explorador de materiales sabiendo que será un hormigón modelado in situ de la biblioteca que tiene por default Revit modificaremos la resistencia.
- Se desplegará otra ventana en la cual en la cinta de propiedades de la misma en la pestaña Físico modificaremos a la resistencia de 24 MPa, luego clic en aceptar.

El Proceso se describe en la figura 64.

Figura 62
Flujo de creación del hormigón



Fuente: Autora

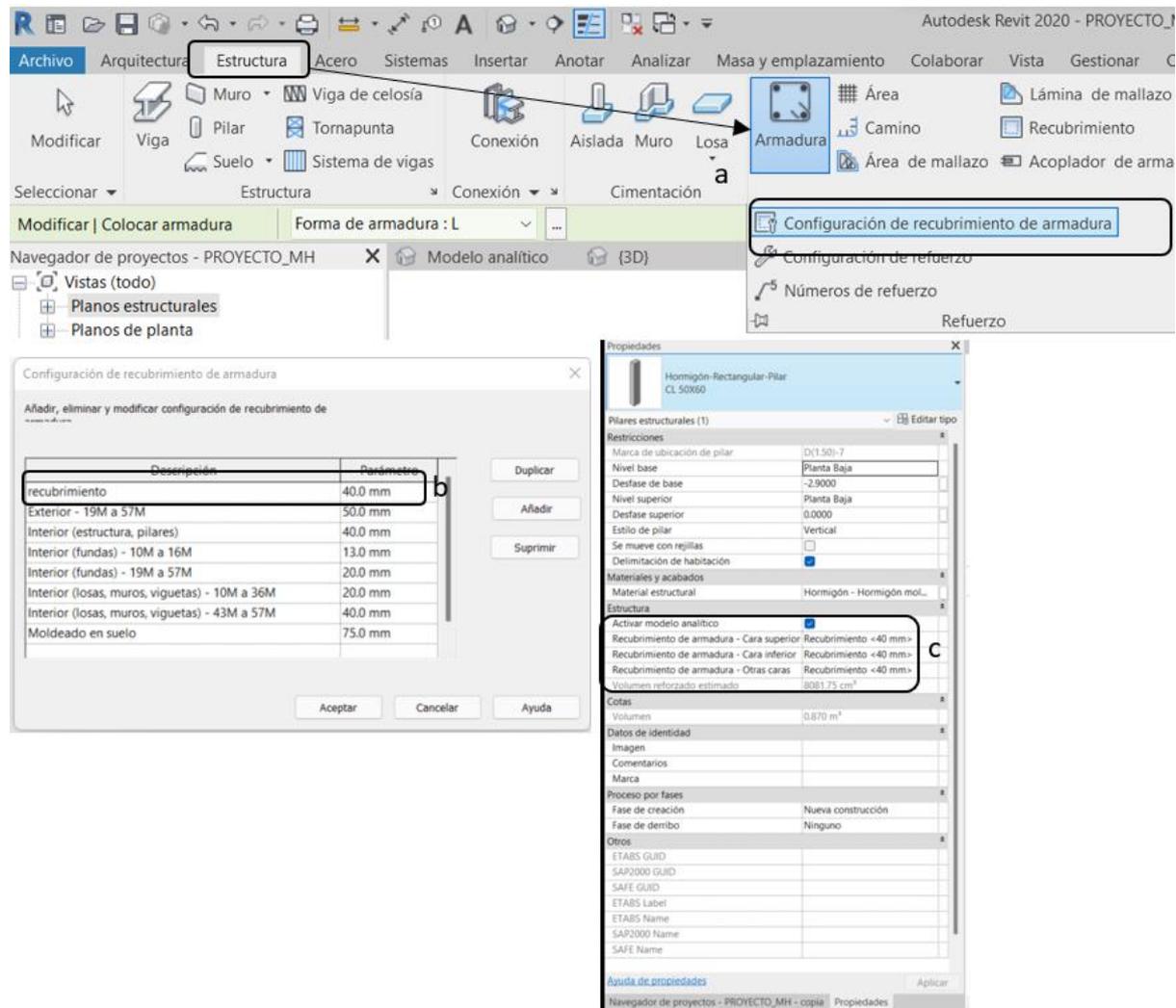
8.3.2 Acero de refuerzo

Para la creación del acero de refuerzo tenemos que considerar que el acero siempre se encuentra embebido en un elemento estructural de concreto, por lo que primero configuraremos el recubrimiento como se muestra en a figura 65, que es el espaciamiento libre que debe existir entre el extremo del acero y la cara externa del elemento estructural que puede ser en los pilares, vigas o losas que servirá para protección de agentes corrosivos que en nuestro caso el recubrimiento usado es de 4cm que es debido a la zona en la que se encuentra nuestra edificación y para su configuración es:

- a. En la cinta de Opciones en el área Estructura en el apartado de Refuerzo nos dirigimos en el apartado de armadura se nos desplegara una ventana seleccionamos configuración de recubrimiento de armadura.
- b. En la ventana emergente, se va a configurar los recubrimientos en función de las categorías de los elementos podemos hacer un recubrimiento para cada uno de ellos de manera personalizada indicando diferentes espaciamientos.
- c. En un mismo elemento se puede configurar distintos recubrimientos de esta manera podemos configurarlo desde la paleta de propiedades para la cara superior, cara inferior u otras caras.

Figura 63

Configuración del recubrimiento



Fuente: Autora

Con el recubrimiento configurado para el modelado continuaremos con el acero longitudinal en dirección del plano XZ y el acero transversal en el plano YZ, para esto aplicaremos un complemento (ADD-IN) , que automatiza el modelado del acero y será el NAVIATE REX que cuenta con la misma interfaz que el software Robot, y así la cuantificación del acero será de manera más rápida.

8.3.2.1. Diámetros de varilla

Empezaremos configurando los diámetros de las varillas de tal manera que la configuración será de la manera comercial con su respectivo peso y su diámetro de giro para el gancho como se muestra en la tabla 29.

Tabla 30
Diámetros de varilla

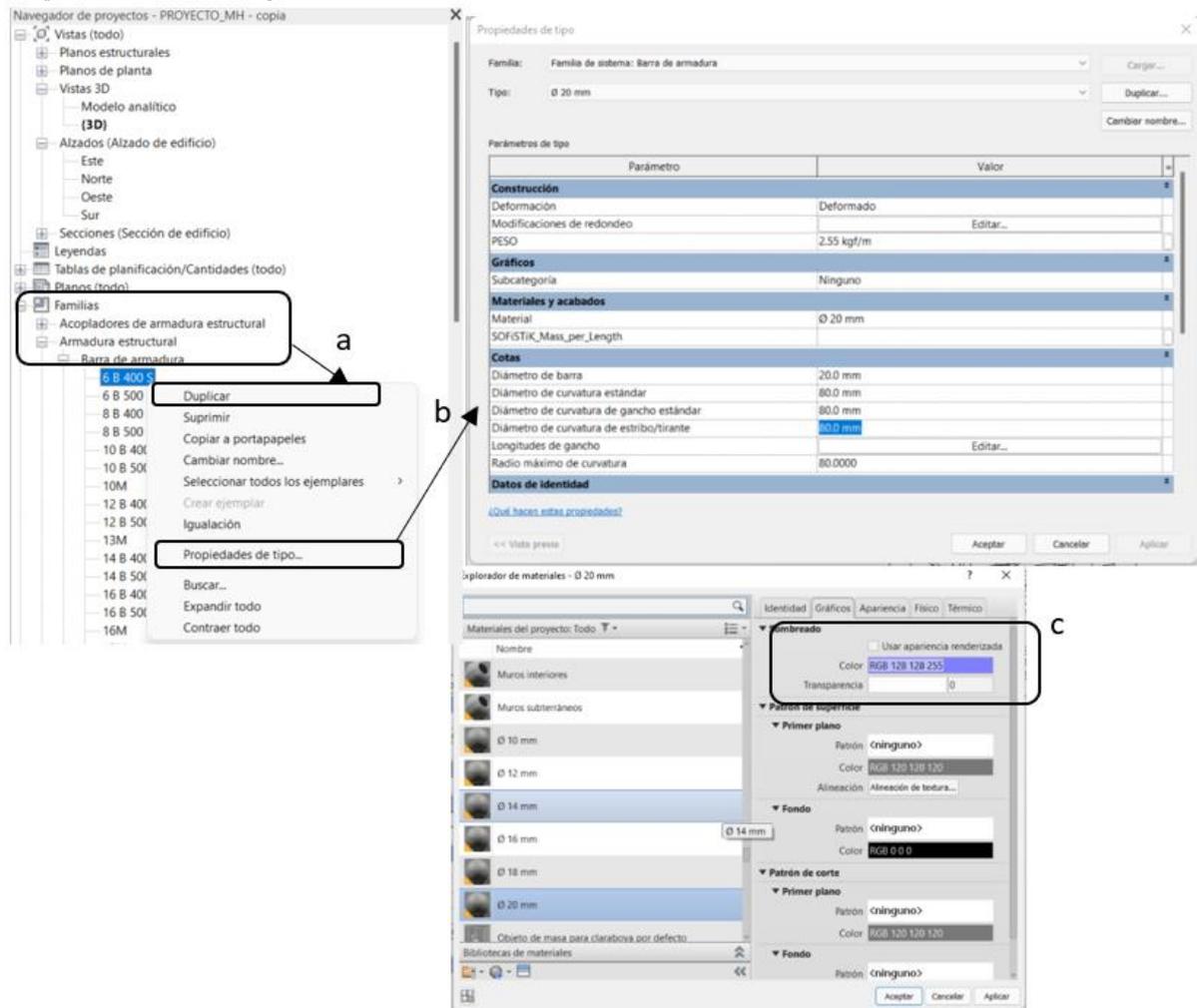
Ø (db)	PESO	Diam giro	GANCHO (cm)					
			180°		135°		90°	
(mm)	kg/m	Dg	6db	6db + Dg/2	8db	8db + Dg/2	12db	12db + Dg/2
8	0.395	3.20	4.80	6.40	6.40	8.00	9.60	11.20
10	0.617	4.00	6.00	8.00	8.00	10.00	12.00	14.00
12	0.888	4.80	7.20	9.60	9.60	12.00	14.40	16.80
14	1.208	5.60	8.40	11.20	11.20	14.00	16.80	19.60
16	1.578	6.40	9.60	12.80	12.80	16.00	19.20	22.40
18	1.998	10.80	10.80	16.20	14.40	19.80	21.60	27.00
20	2.550	12.00	12.00	18.00	16.00	22.00	24.00	30.00
22	2.984	13.20	13.20	19.80	17.60	24.20	26.40	33.00
25	3.853	15.00	15.00	22.50	20.00	27.50	30.00	37.50
28	4.834	22.40	16.80	28.00	22.40	33.60	33.60	44.80
32	6.313	25.60	19.20	32.00	25.60	38.40	38.40	51.20
36	7.990	28.80	21.60	36.00	28.80	43.20	43.20	57.60

Fuente: Autora

Su configuración será descrita en la figura 66:

- a. En la paleta de navegador de proyectos en el apartado de Familias, seleccionamos Armadura estructural y duplicamos uno de los aceros que vienen por default.
- b. Una vez duplicado modificaremos las propiedades configuramos el nombre y el peso adicional con la longitud del gancho.
- c. Adicional podemos configurar el color con el que se visualizará en el modelo y este se repetirá par todos lo diámetros.

Figura 64
Flujos de diámetros para varillas



Fuente: Autora

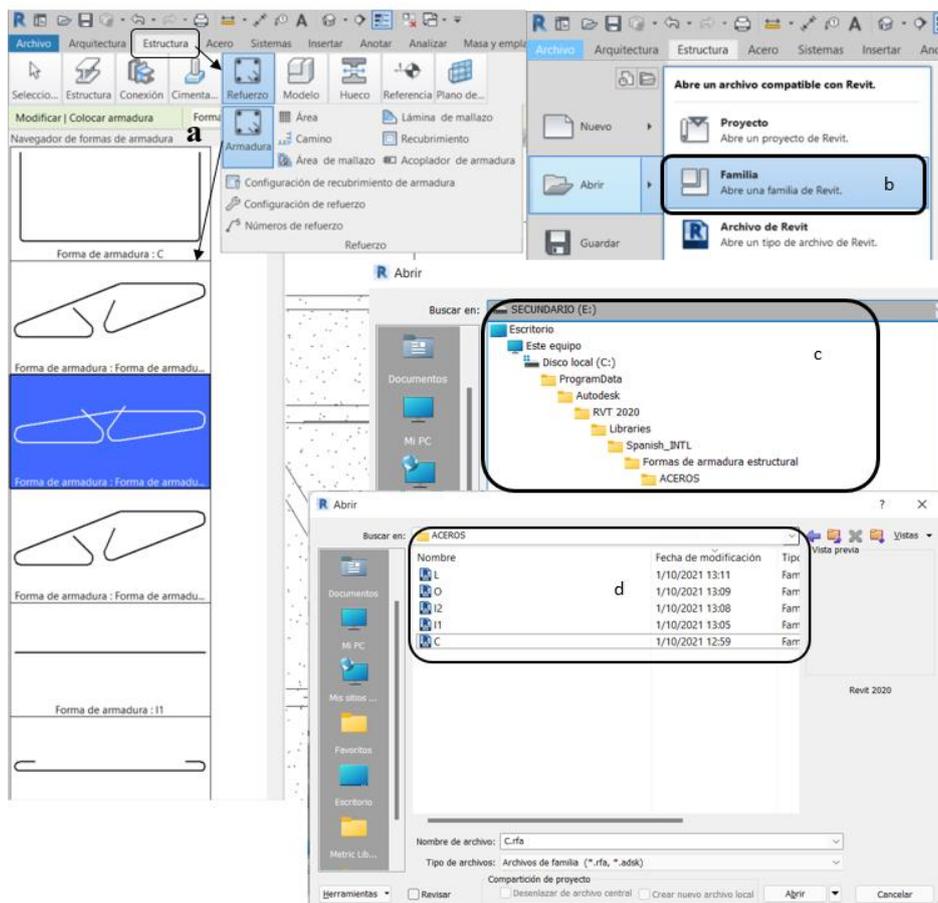
8.3.2.2. Formas de varillas

Existen varias maneras en que se pueden generar las formas de varillas una de las más prácticas es generando desde la misma familia por default que tienen Revit por lo que seguiremos los siguientes pasos como se describe en la figura 67:

- a. En la cinta de opciones en la disciplina de Estructura al seleccionar el ítem de refuerzo se nos desplegará un listado de las formas de acero que vienen por default escogeremos de ese listado las formas que se crean necesarias para nuestro proyecto.

- b. Abriremos la librería de las familias que está contenida las formas de acero que vienen por default y con las formas que escogimos para nuestro proyecto realizaremos una copia de los mismos.
- c. Crearemos una nueva carpeta identificándola como Aceros, pero la principal prioridad es guardarla dentro de la misma ruta donde está la librería de las formas de los aceros.
- d. Y una vez en la carpeta estarán las formas de las varillas.

Figura 65
Flujo formas de varillas



Fuente: Autora

Como bien se especificó el proceso que se debe mantener en Revit es indispensable por lo que todos los elementos deben estar contenidos dentro de una familia por lo que las secciones que tenemos para nuestra edificación deben pertenecer a una de ellas y esto facilitara la

cuantificación de materiales y de la misma manera deben estar bajo la misma ruta de la biblioteca que contiene todas las familias de Revit.

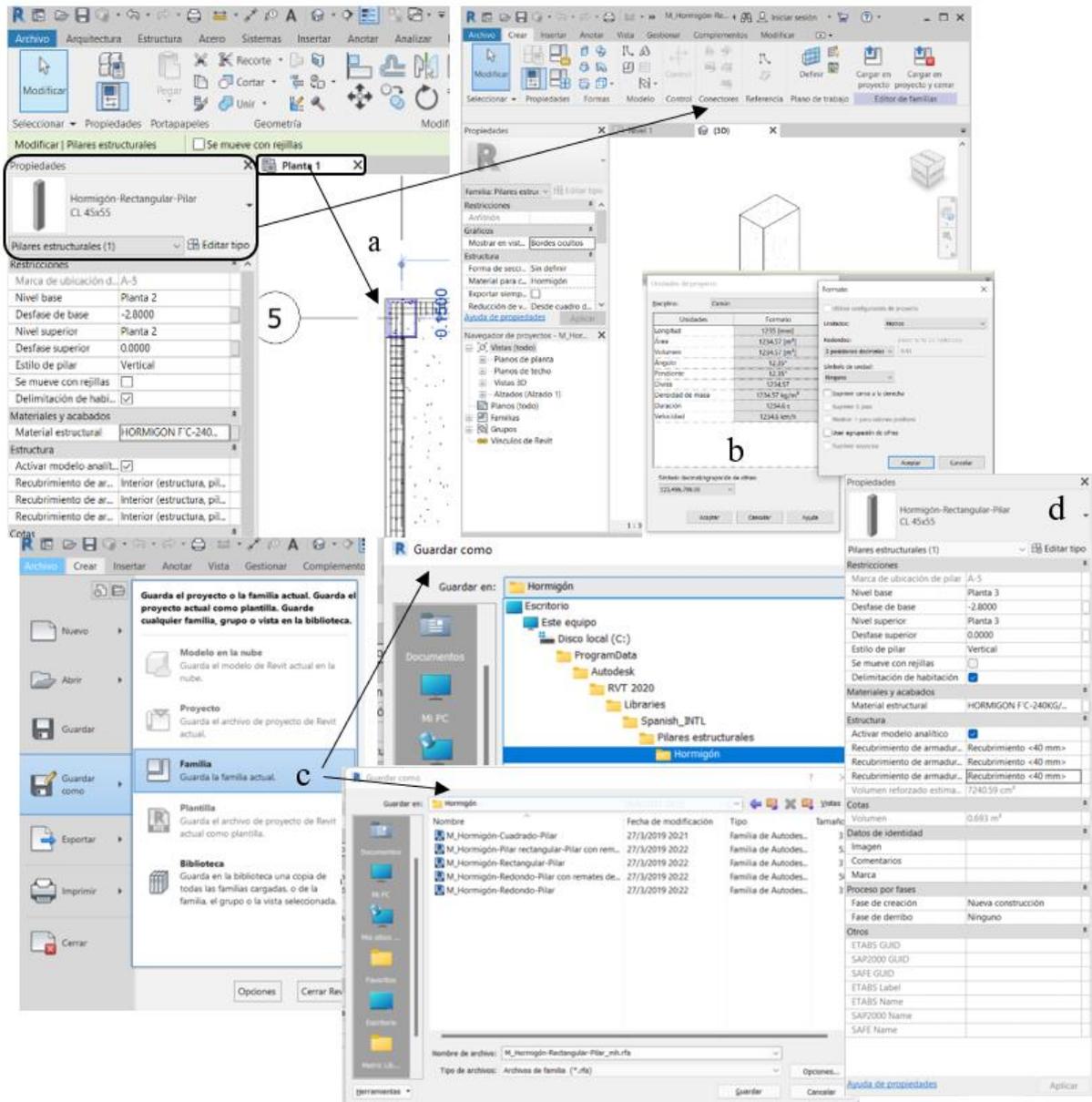
8.4. Secciones

8.4.1 Pilares estructurales

El flujo de creación se visualiza en la figura 68, donde empezaremos creando la familia que contenga un elemento guía que servirá para todas las columnas de nuestro proyecto que en el software Revit en su módulo estructural se denominan como pilar estructural. Por lo cual nosotros definiremos las unidades y las dimensiones de acuerdo a nuestra conveniencia arquitectónica, para su creación se seguirán estos pasos:

- a. En una vista en planta seleccionaremos un pilar estructural cualquiera para que aparezca en la paleta de propiedades.
- b. Duplicaremos la familia en la que está contenido nuestro pilar, verificando las unidades correspondientes.
- c. Guardaremos la familia nueva donde ya contiene nuestro pilar con las propiedades mecánicas que se establecieron con anterioridad se lo debe realizar de manera específica dentro de la biblioteca de Revit en la misma ruta donde se encuentren los elementos de hormigón y los pilares estructurales para que sea más fácil modificar de ser necesario.
- d. Una vez generada la familia en la paleta de propiedades podemos modificar el material, recubrimiento y si es necesario hasta el color.

Figura 66
Flujo pilares estructurales



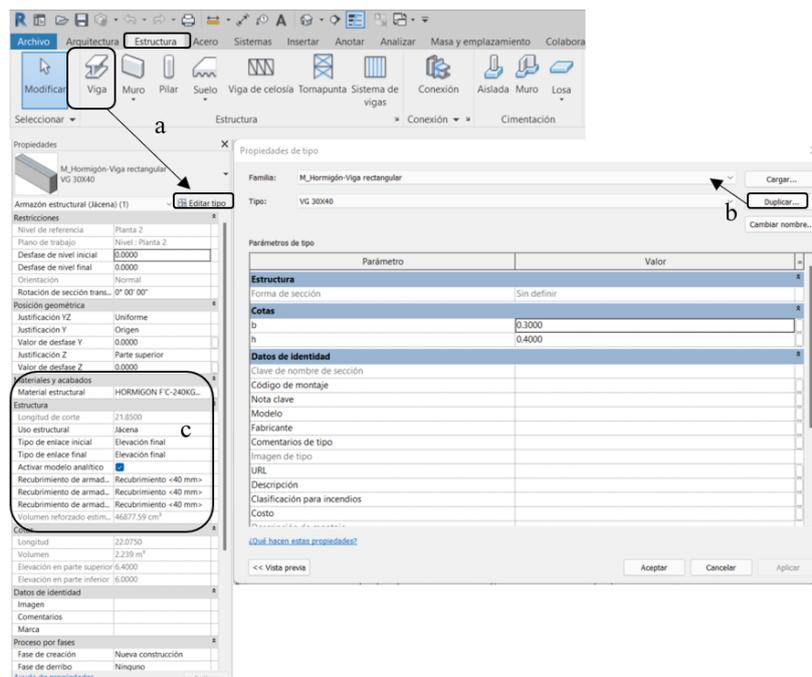
Fuente: Autora

8.4.2 Vigas

El flujo para creación de vigas en Revit se mostrará en la figura 69 y se deberá seguir los siguientes pasos:

- En una vista en planta seleccionaremos en la pestaña estructura vigas para que aparezca en la paleta de propiedades.
- Duplicaremos la familia en la que esta contenido nuestro pilar, verificando las unidades correspondientes y la sección con la que vamos a trabajar.
- De la misma manera que con el pilar estructural se debe guardar la familia dentro de la biblioteca de Revit en la misma ruta donde se encuentren los elementos de hormigón para que se mas facil modificar de ser necesario lo que se muestra en la paleta de propiedades y podemos modificar el material, recubrimiento y si es necesario hasta el color.

Figura 67
Flujo vigas estructurales



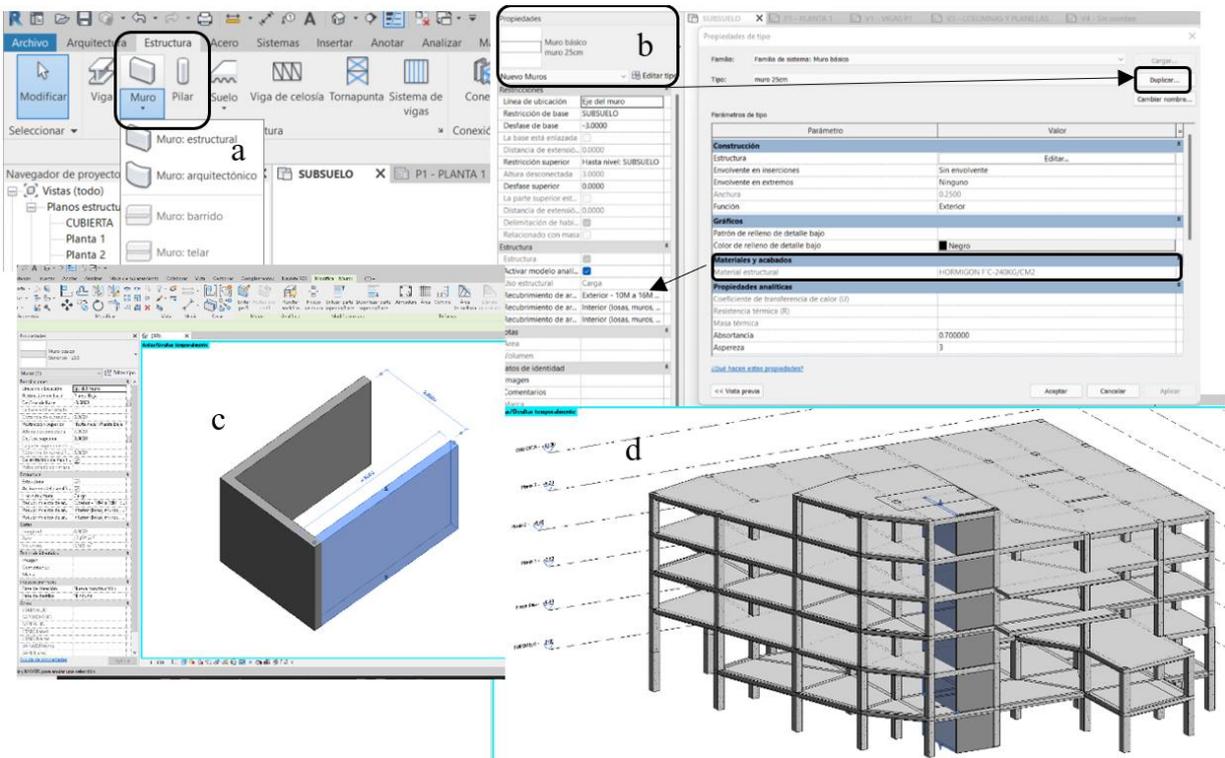
Fuente: Autora

8.4.3 Muro estructural

El flujo para creación de un muro estructural en Revit se mostrará en la figura 70 y se deberá seguir los siguientes pasos:

- a. En una vista en planta seleccionaremos en la pestaña estructura el icono de muro estructural para que aparezca en la paleta de propiedades.
- b. Duplicaremos la familia en la que está contenido nuestro muro estructural, verificando las unidades correspondientes y la sección con la que vamos a trabajar y de la misma manera se debe guardar la familia dentro de la biblioteca de Revit en la misma ruta donde se encuentren los elementos de hormigón para que sea más fácil modificar de ser necesario lo que se muestra en la paleta de propiedades y podemos modificar el material, recubrimiento y si es necesario hasta el color.
- c. Al tener nuestra configuración de la sección a usarse en una vista en 3d o en planta podemos configurar las dimensiones con las que cuenta nuestro muro.
- d. El muro se lo colocará por plantas en disposición como indique nuestros planos arquitectónicos, debido a que si lo realizamos de manera conjunta podemos cometer el error al momento de la cuantificación de materiales por pisos de manera en que sea un solo núcleo y para su apreciación se lo puede visualizar en el modelo 3D.

Figura 68
Flujo muros estructurales



Fuente: Autora

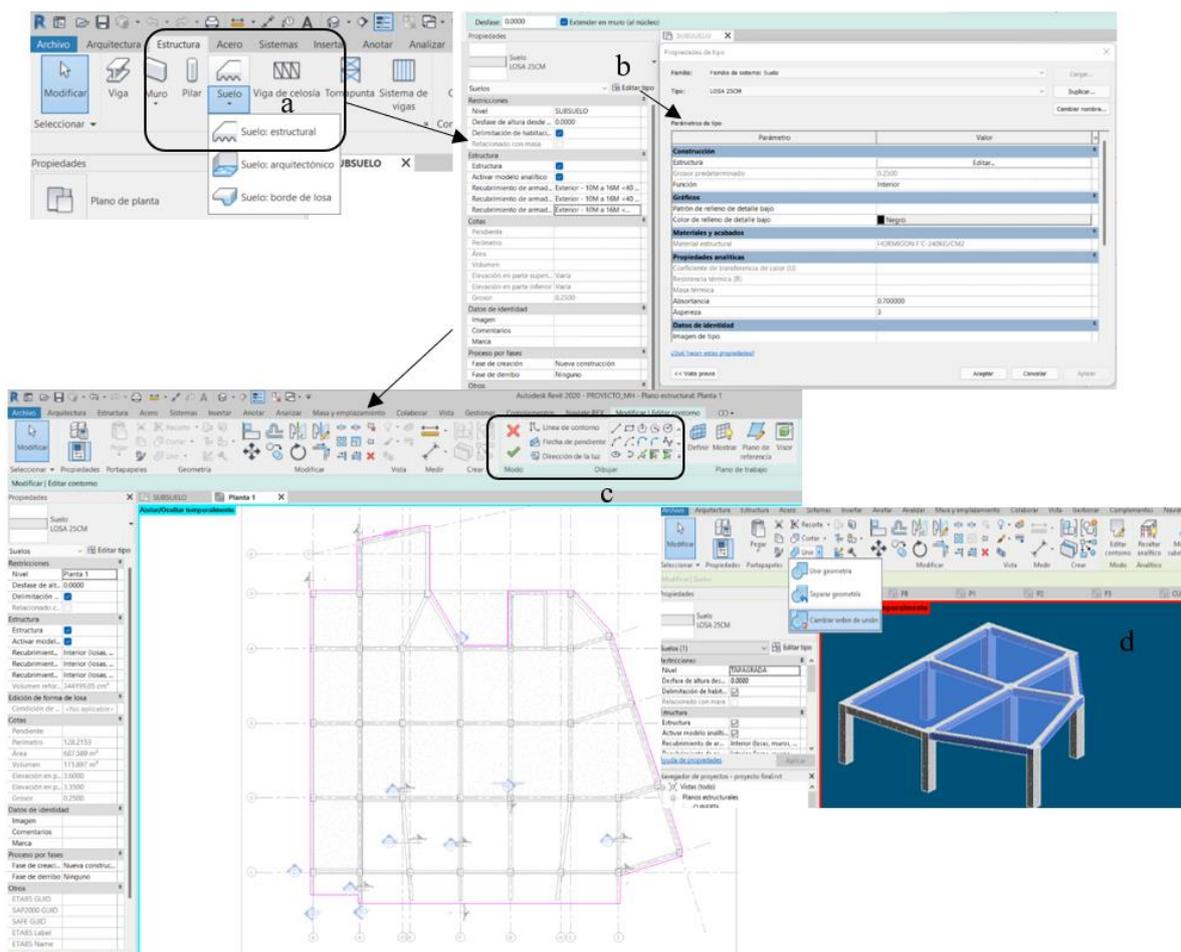
8.4.4 Losa

El flujo para creación de losas en Revit se mostrará en la figura 71 y se deberá seguir los siguientes pasos:

- En una vista en planta seleccionaremos en la pestaña estructura el icono de suelo estructural para que aparezca en la paleta de propiedades.
- Duplicaremos la familia en la que esta contenido nuestro suelo estructural, verificando las unidades correspondientes y la sección 25 cm con la que vamos a trabajar y de la misma manera se debe guardar la familia dentro de la biblioteca de Revit en la misma ruta donde se encuentran los elementos de hormigón para que se mas facil modificar de ser necesario lo que se muestra en la paleta de propiedades y podemos modificar el material, recubrimiento y si es necesario hasta el color.

- c. Al tener nuestra configuración de la sección en una planta podemos configurar como es el contorno de nuestra losa al hacerlo con una línea continua que se va poniendo de color magenta al concluir se dará un click en el visto verde.
- d. La losa se colocará por plantas en disposición como indique nuestros planos arquitectónicos, para su apreciación se lo puede visualizar en el modelo 3D donde nos podemos dar cuenta que como cuenta las uniones que tiene la losa con vigas y columnas están de forma conjunta es decir que no existirá la duplicidad en la cuantificación de los materiales de no ser así se lo puede realizar al colocarnos en la pestaña archivo en la lista geometría en la sección de unir y separaremos los elementos.

Figura 69
Flujo losas



Fuente: Autora

8.5. Asignación de aceros a los elementos estructurales.

Con los elementos ya definidos en una familia y con las secciones establecidas procederemos con la colocar el acero en cada elemento con el espaciado traslape y recubrimiento ya correspondiente para lo cual podemos realizarlo de diversas maneras una de ellas es añadir el complemento NAVIATE REX que se indica en la figura 72, que es específicamente para la colocación de acero y tiene la misma interfaz que usa Robot para que sea de manera más rápida la colocación de los aceros

Figura 70

Naviate Rex



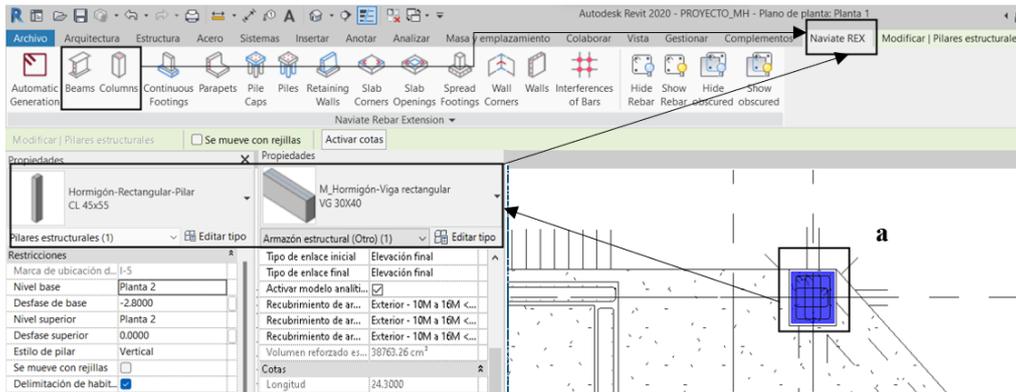
Fuente: Autora

8.5.1 Pilares y Vigas Estructurales

El proceso para la colocación de aceros que se describirá a continuación es similar en vigas y pilares:

- a. Nos colocamos en una vista en planta y seleccionamos a un elemento anfitrión siendo este una viga o una columna, que se mostrarán en la paleta de propiedades al mismo tiempo en la cinta de opciones se habilitará la pestaña de Naviate Rex en la cual seleccionaremos cual es el elemento en el que empezaremos a colocar el acero el procedimiento se muestra en la siguiente figura 73.

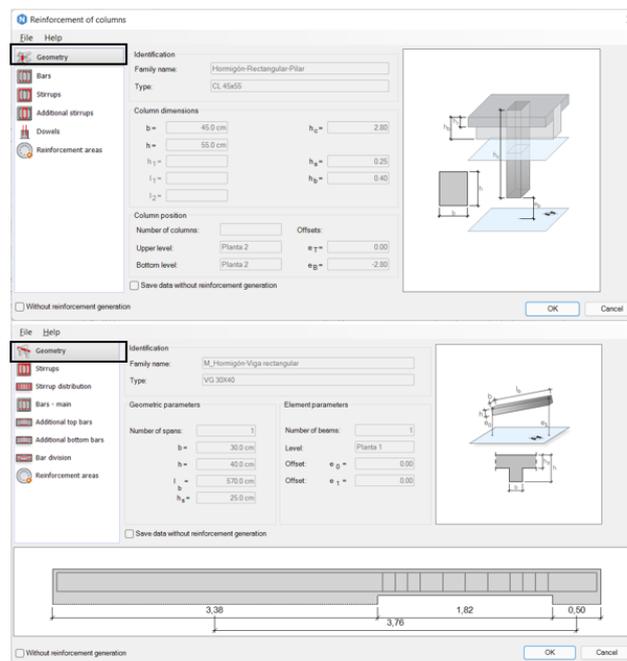
Figura 71
Selección elementos estructurales



Fuente: Autora

- b. Con la selección del elemento a colocar el acero se nos abrirá una ventana emergente figura 74, que será la que nos indique cuáles serán las acciones a seguir primero se nos muestra la geometría del elemento anfitrión en esta ventana no se deberá modificar ningún parámetro debido a su configuración previa con el diseño de los mismos.

Figura 72
Geometría vista en Naviate Rex

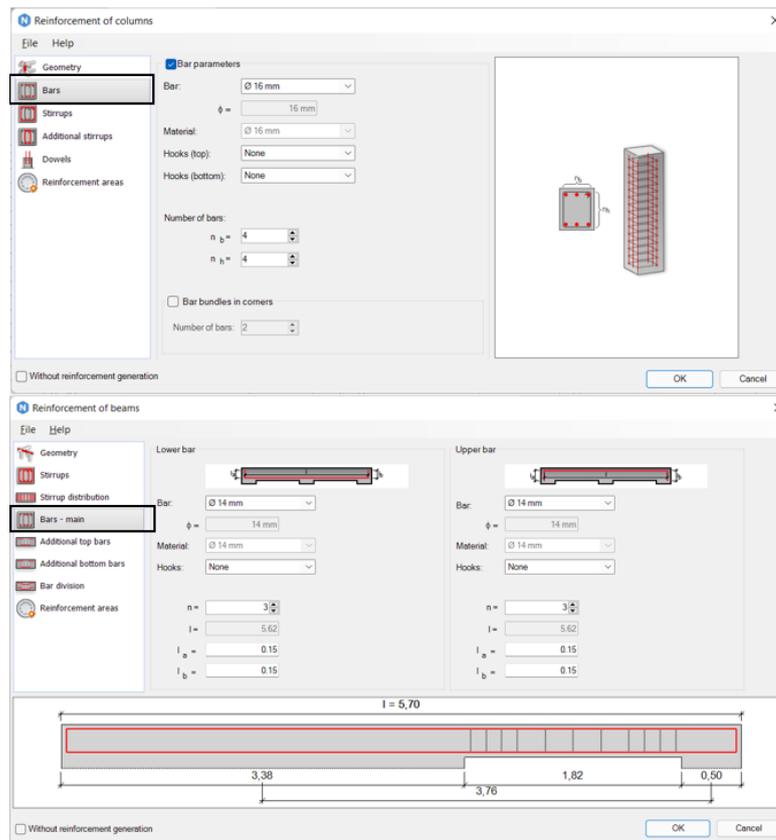


Fuente: Autora

- c. Siguiendo con los parámetros que tiene el Naviate en el caso de ser un elemento pilar se deberá establecer el diámetro y número de las varillas que tendrán lugar en el, en caso de ser una viga se debe colocar el diámetro del acero superior e inferior y la cantidad de varillas como se ve en la figura 75.

Figura 73

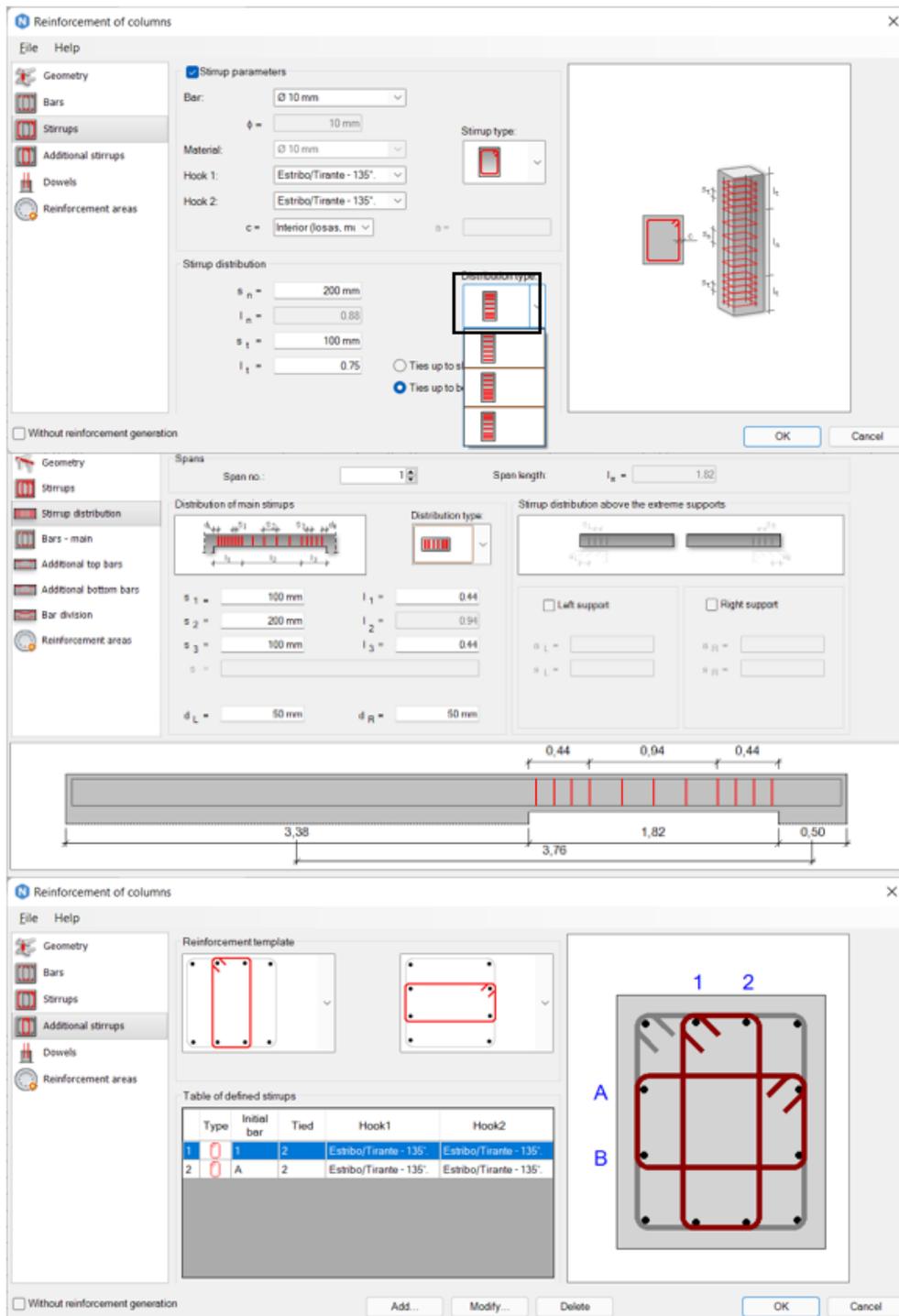
Acero en Vigas y Columnas



Fuente: Autora

- d. Establecido la cantidad de varillas que entraran en las secciones de los elementos continuaremos con los estribos por lo que definiremos de la misma manera el diámetro y la distribución la cual se estableció en el capítulo 7 de la misma manera los ramales correspondientes en cada uno de los elementos; se observa en la figura 76.

Figura 74
Estribos y ramales



Fuente: Autora

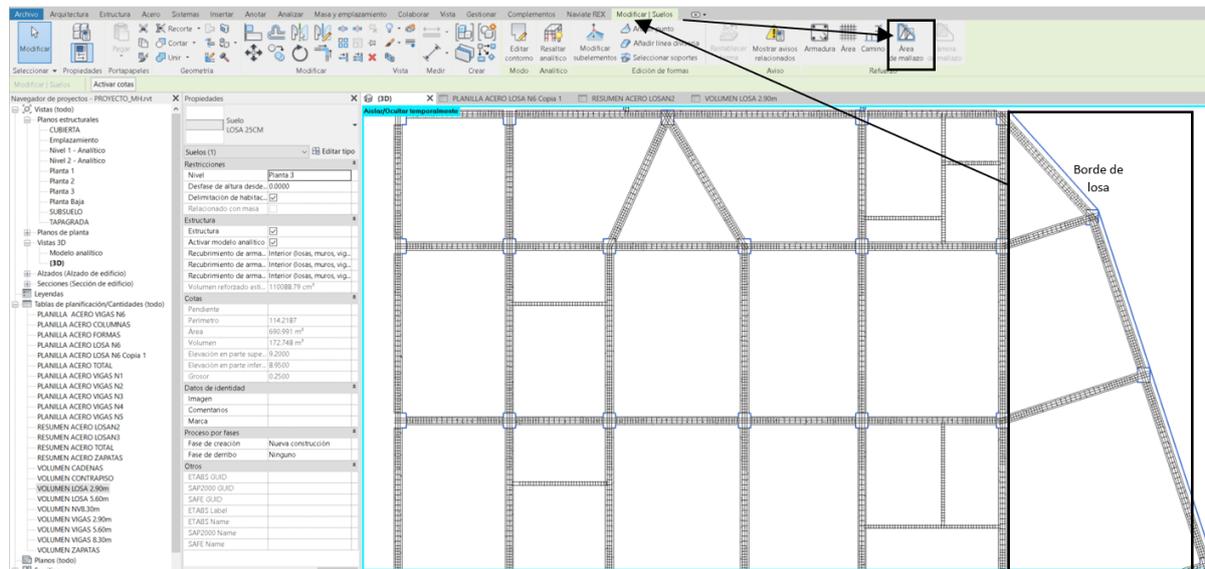
8.5.2 Losa

Una de las maneras de colocar el acero superior e inferior en losas será la que viene por default en nuestro Revit el cual se describirá a continuación:

- a. Nos colocaremos en una vista en planta y seleccionaremos uno de los bordes de la losa el que se resaltara de un color azul o magenta, y en la cinta de opciones se activara la pestaña Modificar, en la cual en la sección refuerzo seleccionaremos área de mallazo como se indica en la figura 77.

Figura 75

Acero en losa

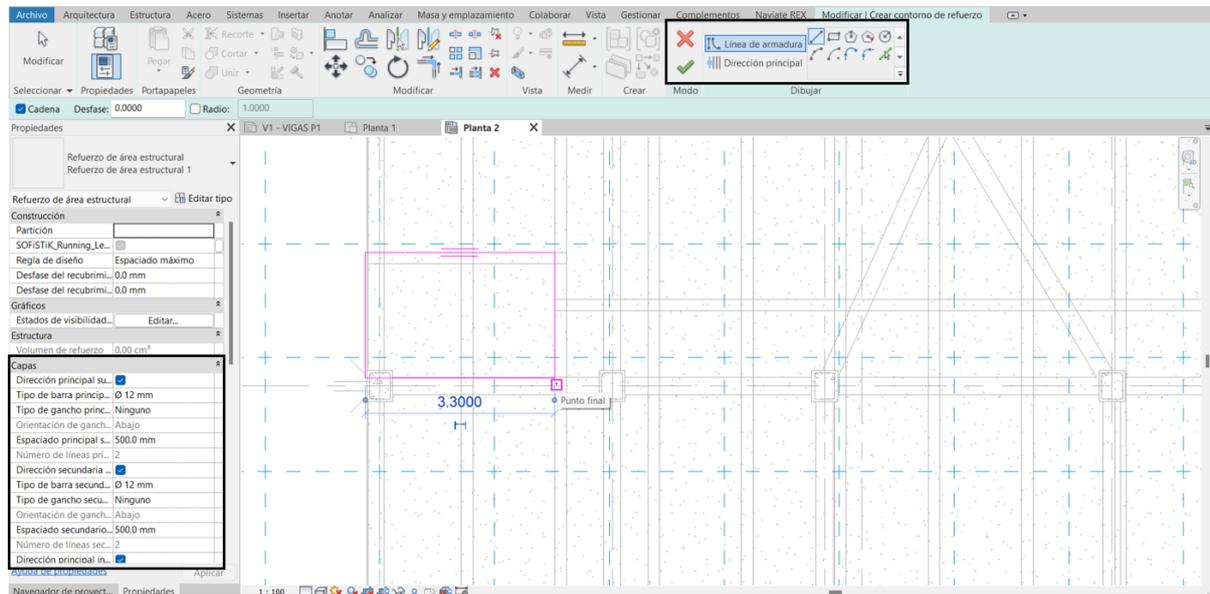


Fuente: Autora

- b. Se abrirá una nueva pestaña de Modificar y crearemos el contorno de refuerzo definiéndolo como una línea recta o un cuadrado rectángulo o la figura geométrica a la que más se asemeja la losa en nuestro caso será por medio de líneas debido a la configuración geométrica que tiene nuestra losa y de preferencia se lo realizara por paños en la cual se indica el refuerzo principal superior e inferior de diámetro 12mm y una separación de 50cm que se puede observar en la paleta de propiedades como indica la figura 78.

Figura 76

Acero superior e inferior losas



Fuente: Autora

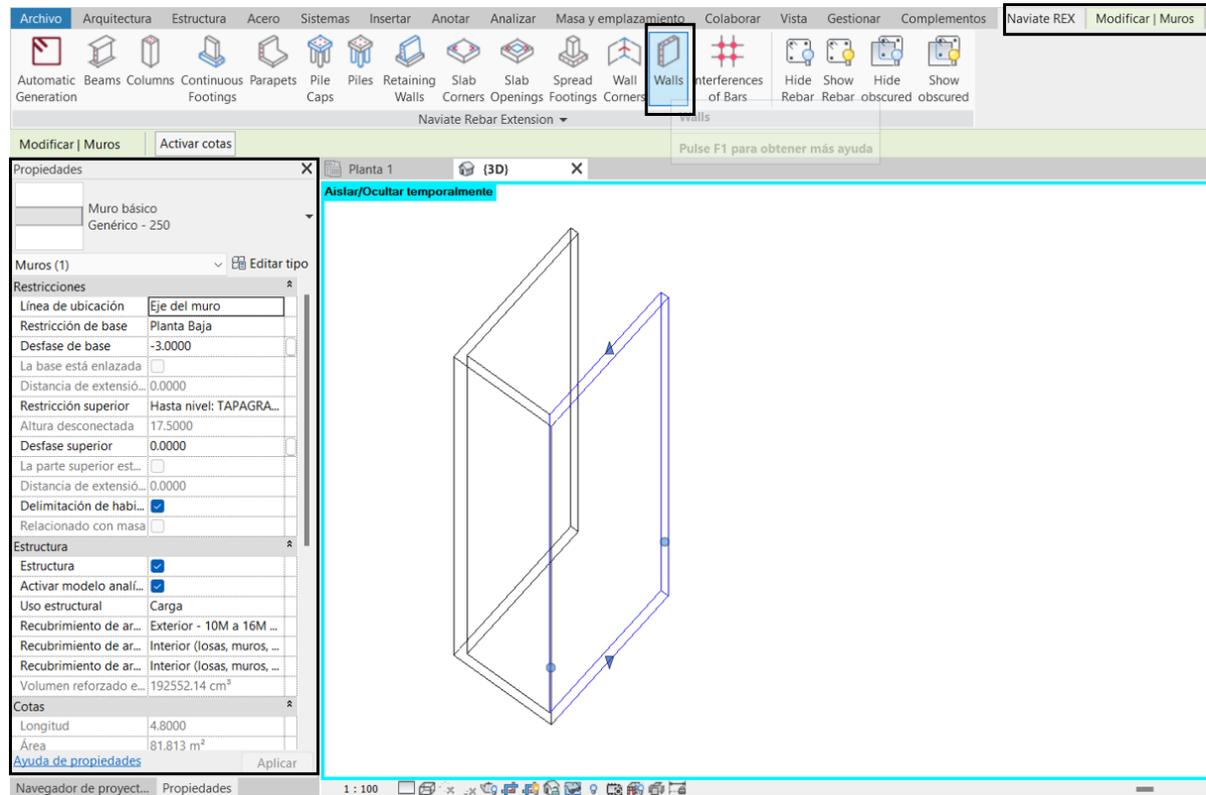
8.5.3 Muros

Para el caso de muros la colocación del acero se lo realizo mediante el complemento Naviate Rex donde el procedimiento es similar al de columnas o vigas el cual tuvo el siguiente procedimiento:

- a. Nos colocamos en una vista en 3D y seleccionamos un muro como elemento anfitrión y para no tener congestión de información podemos aislar dicho elemento, las propiedades e información se mostrarán en la paleta de propiedades al mismo tiempo en la cinta de opciones se habilitará la pestaña de Naviate Rex en la cual seleccionaremos el elemento muro para colocar el acero el procedimiento se muestra en la figura 79.

Figura 77

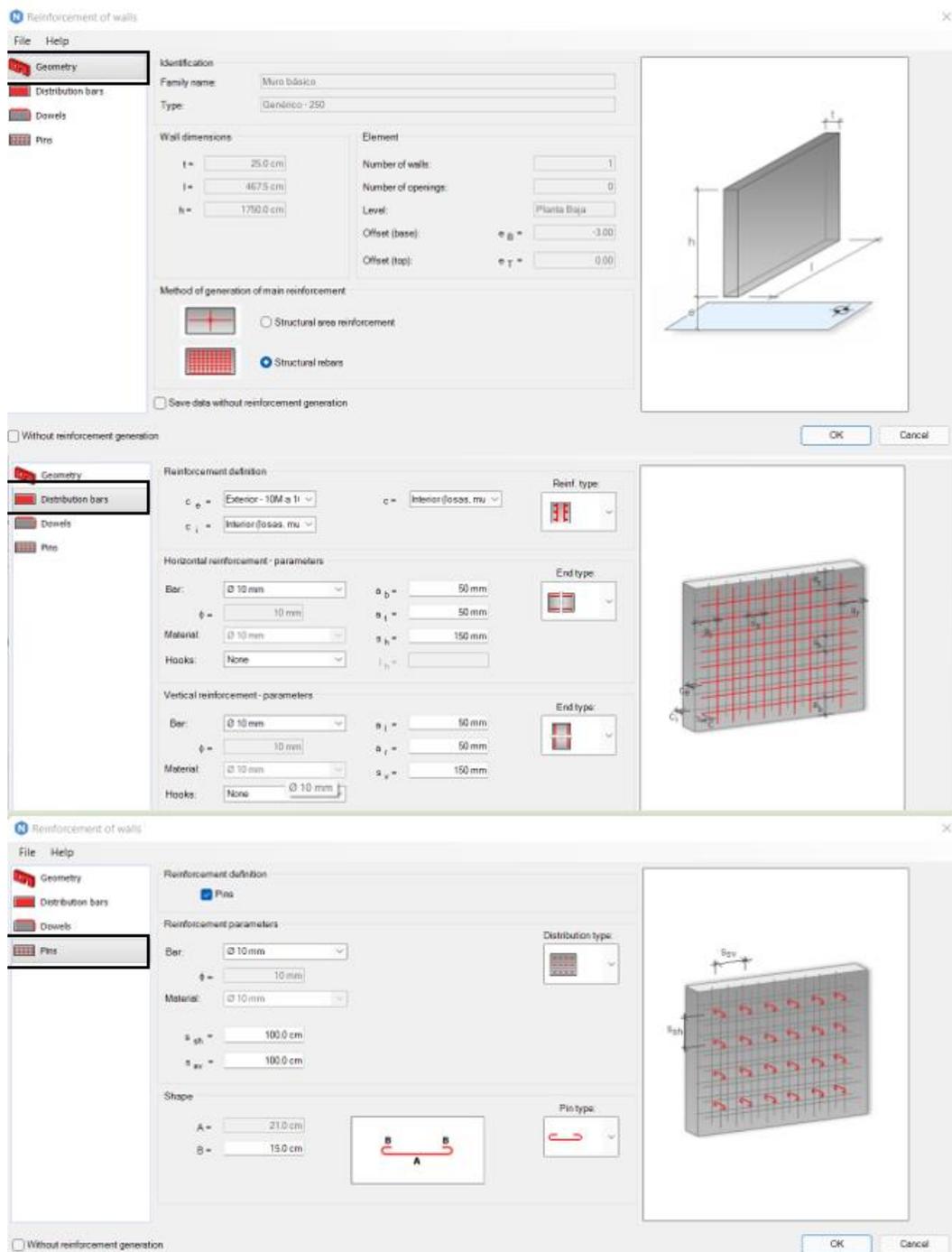
Acero en muros



Fuente: Autora

- b. Con el muro seleccionado al colocar el acero se nos abrirá una ventana emergente que se ve en la figura 80, que será la que nos indique cuáles serán las acciones a seguir primero se nos muestra la geometría del elemento anfitrión en esta ventana no se deberá modificar ningún parámetro debido a su configuración previa con el modelado, en la misma ventana encontraremos el diámetro de acero y los topes que se deberán colocar debido a que el muro se debe consolidar como si fuera una malla.

Figura 78
Acero Naviate Rex en muros

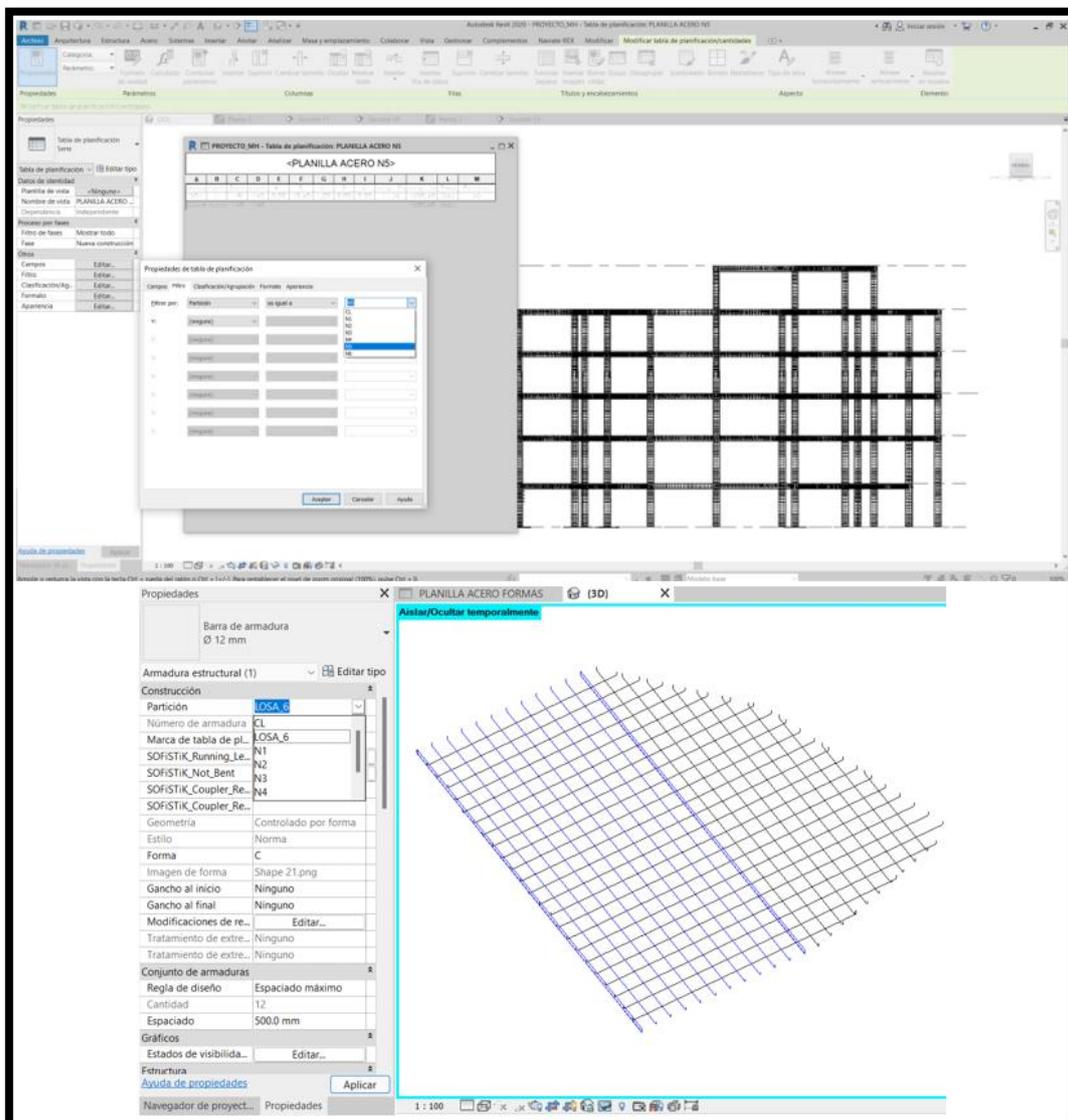


Fuente: Autora

Una vez colocado todo el acero en los elementos anfitriones procederemos a realizar las planillas de cuantificación y se seguirá los siguientes pasos:

- a. En una vista 3D seleccionáremos a los elementos por niveles y colocaremos una partición los que nos ayudará en la planilla de cuantificación de acero para lo cual se deberá colocar en la paleta de propiedades y asignar un membrete para su identificación como se muestra la figura 81.

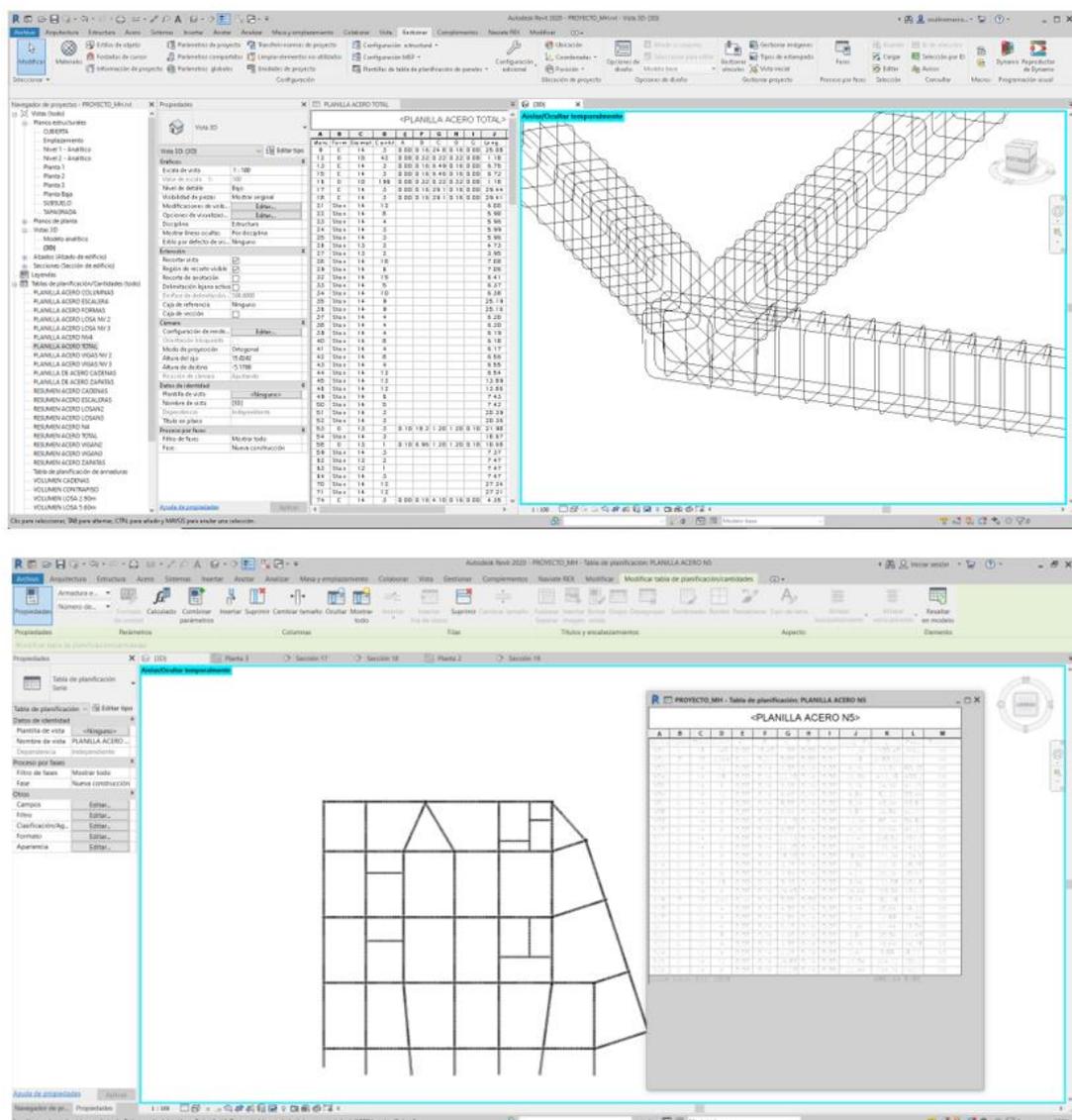
Figura 79
Particiones



Fuente: Autora

- b. En la paleta de navegador de proyectos en el apartado de tablas de planificación realizaremos una nueva tabla que contenga el detallado de acero que queremos filtrar para nuestro caso es para vigas, losas, columnas, y muros donde se detallara la misma información que es marca, forma, diámetro, cantidad y las longitudes como se observa en la figura 82.

Figura 80
Planilla de acero

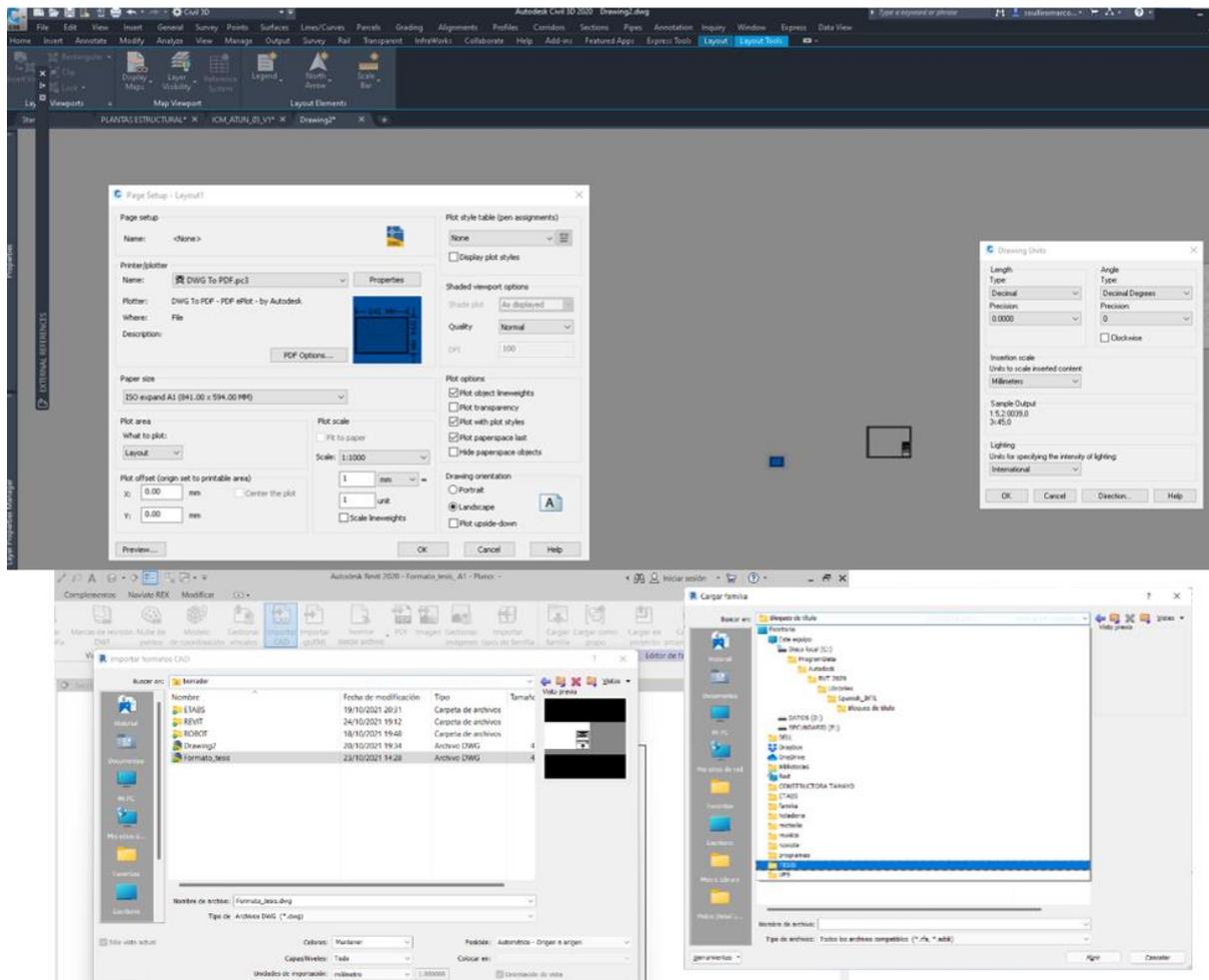


Fuente: Autora

8.6. Membrete

Con las tablas de planificación del acero ya listo procederemos a generar los planos para lo cual en forma didáctica se importará el membrete desde el AutoCAD el cual se lo traerá como una familia en Revit donde se guardará el formato ya específico sea este en A1, A0 los mismos que se agregan en la biblioteca que viene integrado en el software Revit como se indica en la figura compuesta 83, la cual indica el proceso de guardar el membrete configurando las unidades y la ruta donde se encontrara la familia.

Figura 81
Plano

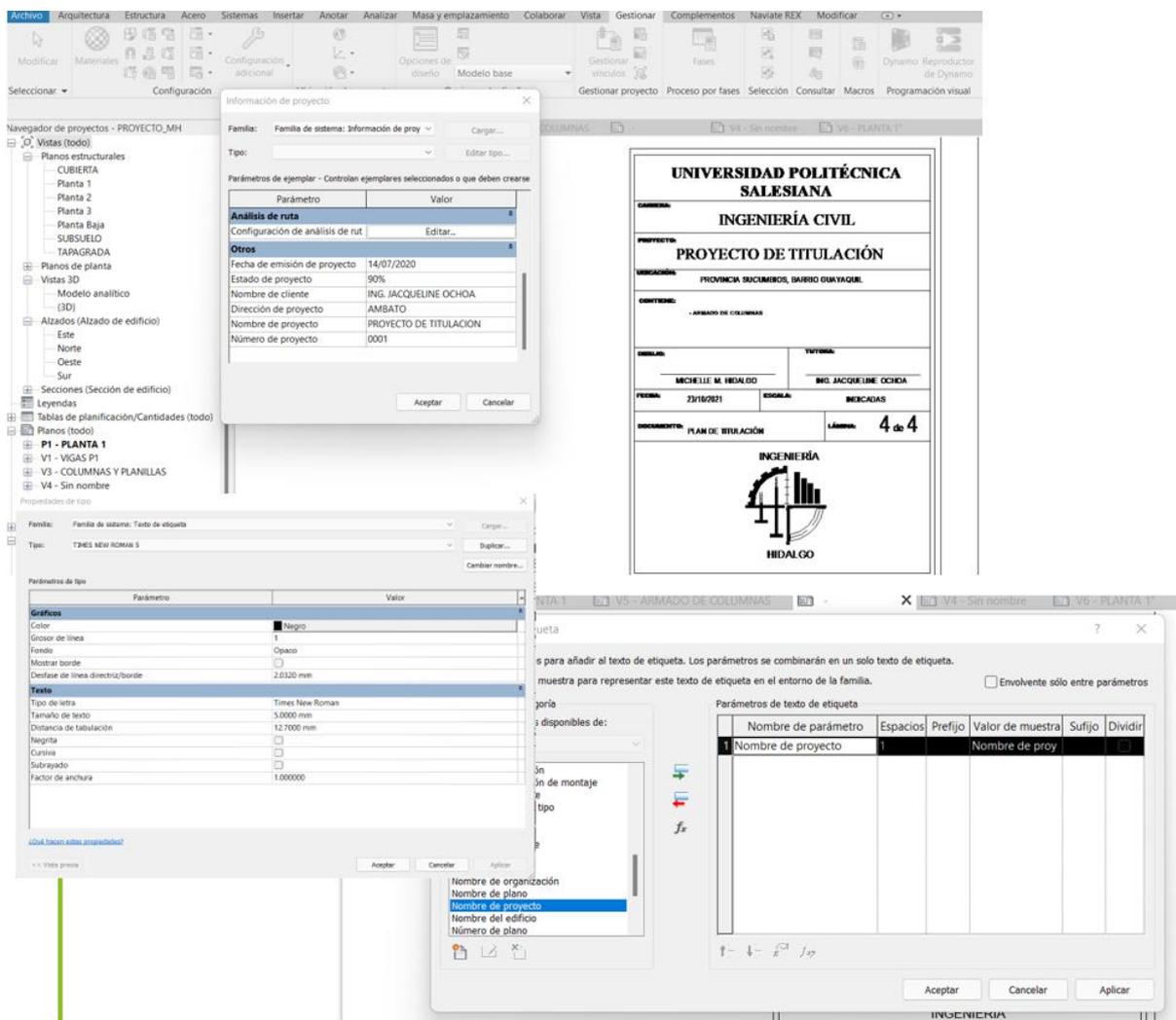


Fuente: Autora

8.6.1. Información del proyecto

Para que nuestro membrete tenga automatización generaremos la información básica del proyecto para lo cual nos dirigiremos a la pestaña Gestionar, en Información del proyecto en el que colocaremos los datos esenciales del proyecto como el nombre, ubicación, escalas con el estilo alineación color que creamos correspondientes como se indica en la figura 84.

Figura 824
Información del proyecto



Fuente: Autora

8.6.2 Elementos de anotación

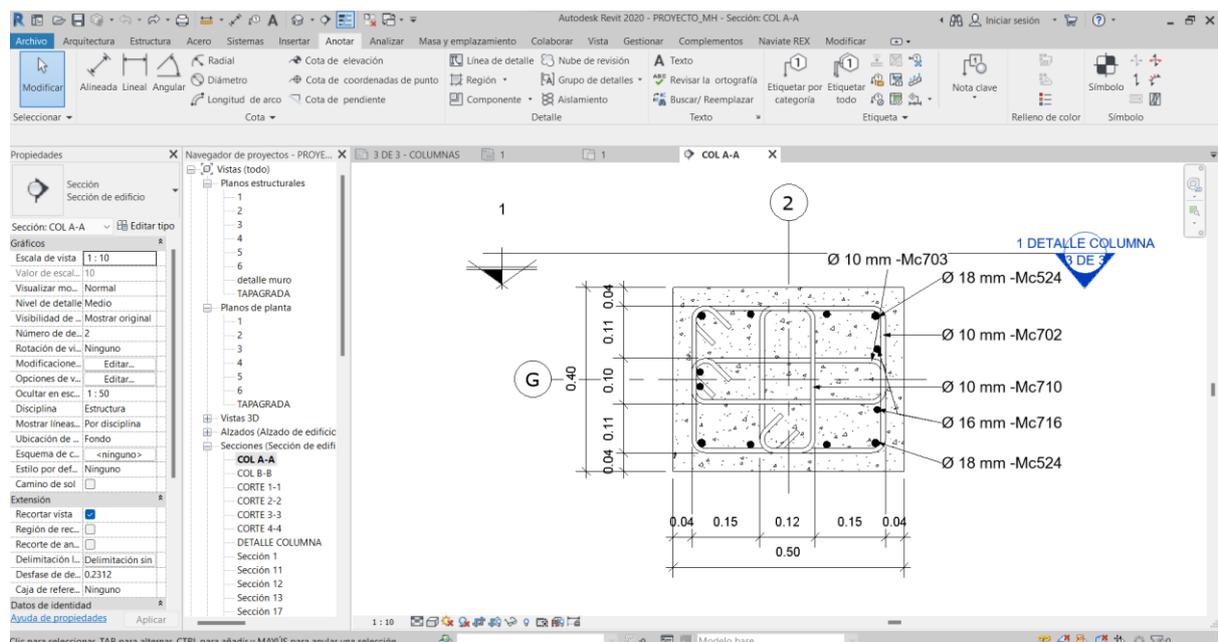
Estos componentes nos ayudan a dar el detalle a los elementos del modelo y en la elaboración de los planos; estos son creados en una vista en planta, corte o elevación y solo en donde se crearon son visibles esto podemos observar en la pestaña Anotar donde encontraremos la sección de acotamientos siendo alineada lineal o angular dependerá de la geometría.

8.6.2.1. Etiquetado de elementos por categoría

Los elementos estructurales como viga columna muro o sea el caso de zapatas seguirán un orden específico para su etiquetado que será colocarse en una vista en planta, dirigidos al menú anotar en la sección etiqueta y en etiqueta por categoría se selecciona un borde del elemento a etiquetar se selecciona la etiqueta con el estilo y en sus propiedades se deberá deshabilitar el parámetro de línea directriz y se coloca sobre el elemento en la cual podemos seleccionar si queremos el nombre de la viga la marca y el tipo o en su defecto las dimensiones la marca como se observa en la figura 85.

Figura 835

Etiquetado por categoría



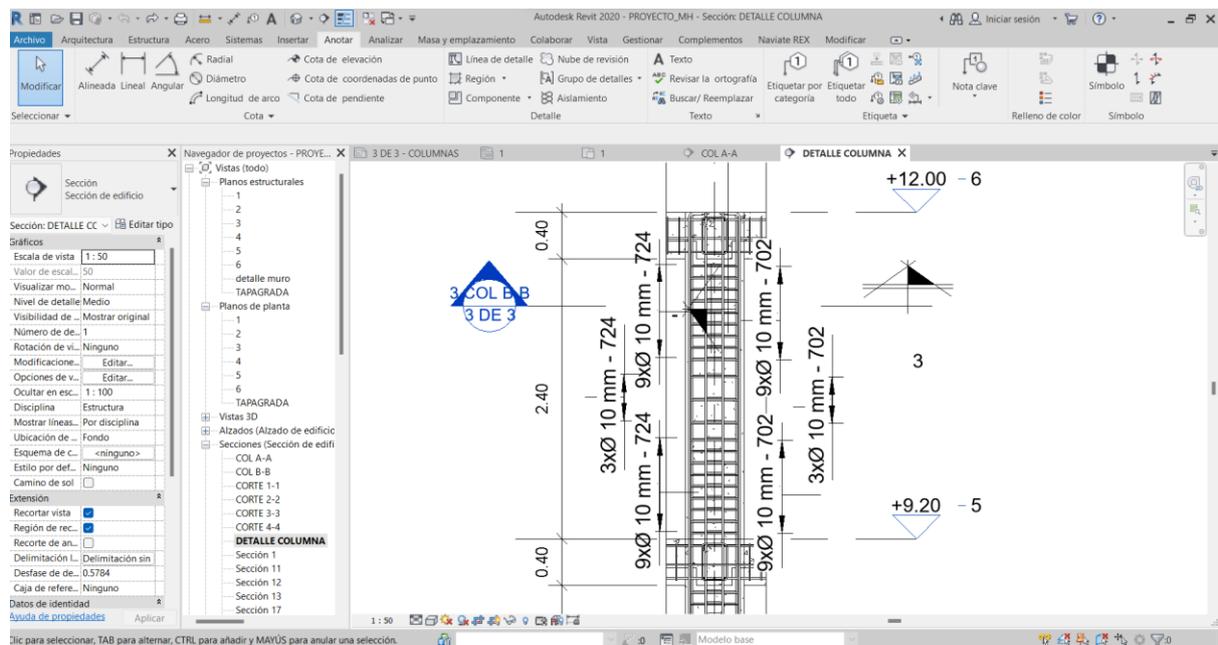
Fuente: Autora

8.6.2.2. Etiquetado de elementos por categoría en aceros

Como se observa en la figura 86, para etiquetar los aceros nos colocamos en una vista en planta y creamos una vista o sección del detalle viendo el alcance de detalle trazaremos el área de visualización estas secciones se crearan en la paleta de navegador del proyecto se encantaran todas las secciones creadas y en la pestaña anotar seleccionaremos la el etiquetado por categoría debido a que nuestros aceros fueron creados como un conjunto el detallado o numeración se realiza con el etiquetado del diseño en que veremos la visualización como la marca la cantidad y el diámetro se colocara al topar una de las esquinas del acero.

Figura 846

Etiquetado de acero



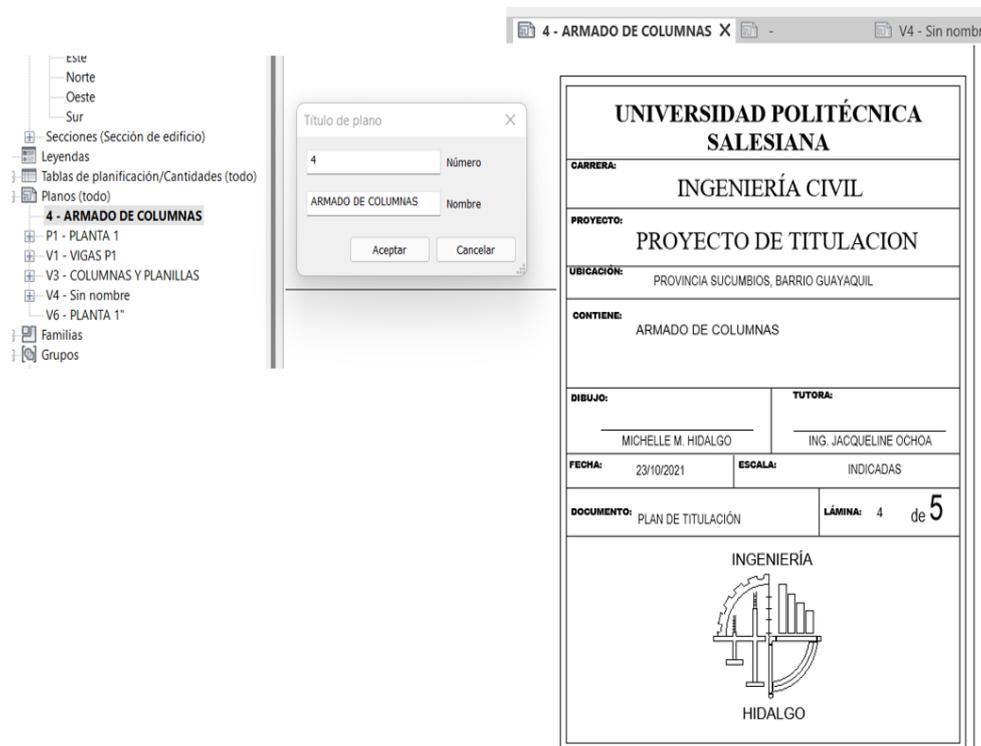
Fuente: Autora

8.7. Planos

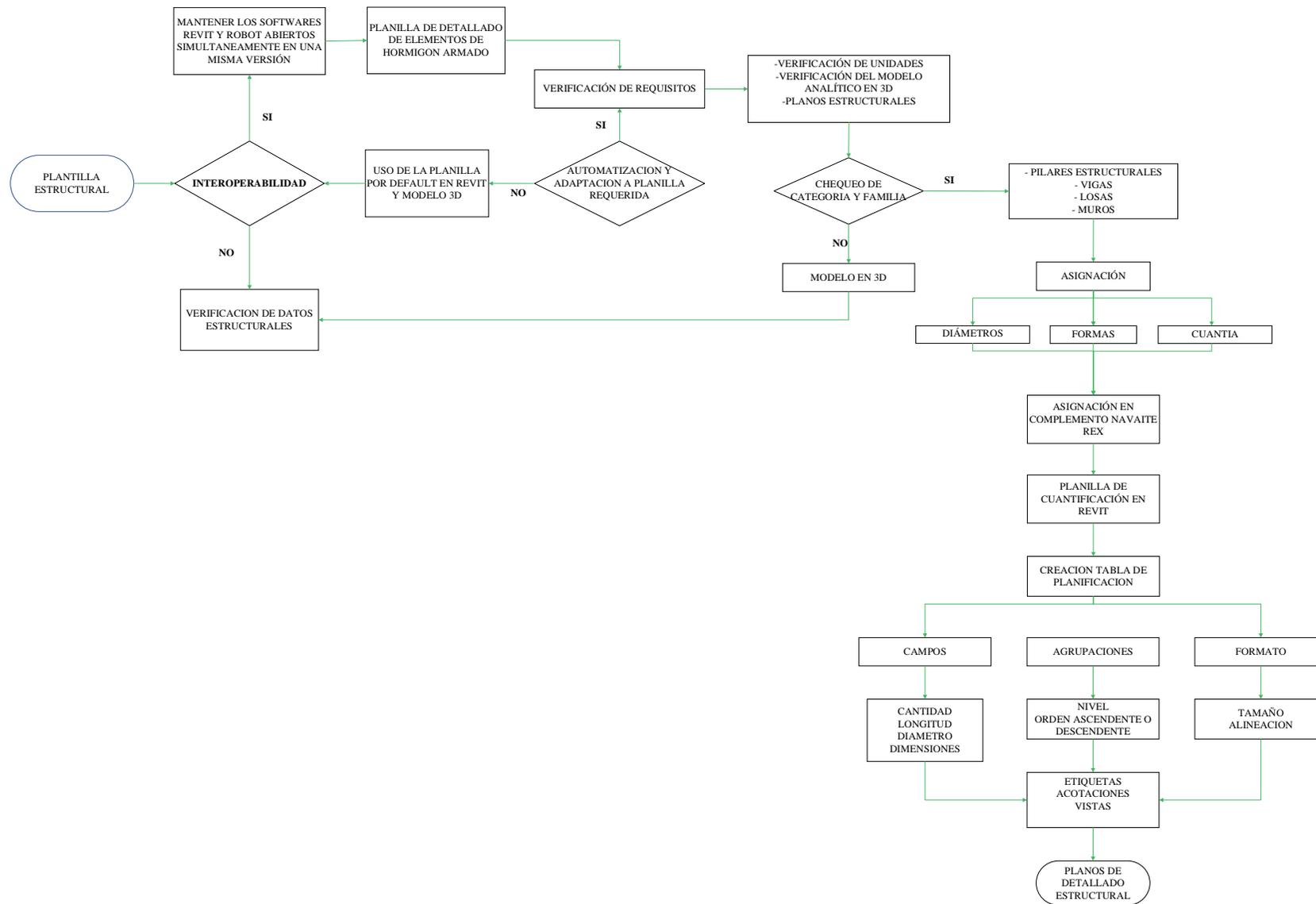
Con las secciones ya creadas al igual que su etiquetado en todos los elementos en la paleta de navegador de proyectos nos dirigiremos a la sección de planos crearemos un nuevo plano en el cual generaremos nuestro membrete y para crear el plano que necesitamos seleccionaremos las tablas y arrastraremos hasta el plano creado ajustaremos la escala a la cual queremos visualizar el detalle o el plano al mismo tiempo con las secciones y solo quedara alinear para ver su visualización en el plano como se observa en la figura 87 y en los anexos de los planos.

Figura 857

Creación del plano



Fuente: Autora



9. CONCLUSIONES

Al culminar con un análisis sísmico para la edificación de hormigón armado de cuatro pisos que tiene como fin el uso para un hotel, se verifica que la edificación cumple con los criterios para ser sismorresistente al satisfacer con los requisitos propuestos por la NEC-SE-DS-2015 como son: el periodo, las derivas de piso menores a 0.02, la participación modal de masas supera el 90%, los dos primeros modos de vibración son de tipo flexural y el tercero es torsional.

Se pueden destacar varios aspectos de la realización de una guía para la parametrización de la plantilla estructural en el Software Revit con la metodología BIM. En primer lugar, se aprecia la visualización 3D de los elementos estructurales y de su armado porque da una idea bastante clara de cómo quedará plasmado el diseño en campo. Segundo, el flujo de trabajo permite, a través de la interoperabilidad, que se pueda regresar del modelo analítico al de dibujo y viceversa, creando versatilidad en el proceso de diseño y en la generación de planos. Tercero, el primer proyecto siempre será el más difícil de sistematizar, pero la curva de aprendizaje determina que los siguientes proyectos serán logrados con mayor efectividad y eficiencia, entregándolos en tiempo récord y de una forma organizada; basta con incluir en las plantillas todo aquello que se necesite, y la generación de documentación será la parte menos preocupante del proyecto. Cuarto, generando hojas de reportes de los elementos usados se puede identificar conflictos tanto en la materialización de los diseños estructurales, arquitectónicos y de instalaciones esto debido a que se compila toda la información y se coordina con las áreas involucradas para la identificación de interferencias.

10. RECOMENDACIONES

Al tratar de interconectar dos softwares, herramientas para el empleo de la metodología BIM, se deberá primero mantener una versión del mismo año para que no presente conflicto al vincular la información.

Para hacer cualquier comparación de nuevos softwares se recomienda revisar la documentación existente que dichos proveedores facilitan y siempre comparar con un cálculo manual para desvirtuar o detectar cualquier error en el caso nuestro al realizar el respectivo detallado de elementos.

Para nuestro medio se puede utilizar cualquier software de análisis estructural que mantenga un complemento de interoperabilidad con Revit, ya que el diseñador puede estar más familiarizado con éste que con Robot, y esto no debe marcar una limitante para la aplicación de este proceso con metodología BIM. Robot Analysis puede convertirse en un software muy difícil de implementar, debido a que pertenece a una casa comercial netamente de dibujo (Autodesk), y los usuarios pudieran desconocer los beneficios que este puede brindar, además de presentar una interfaz un poco dificultosa comparada con otros programas.

11. REFERENCIAS

American Concrete Institute. (2015). Requisitos del Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-14) y Comentario (ACI 318SR-14). Estados Unidos.

BIMnD, (2019, 30 de abril). *Interoperabilidad en BIM*.
<https://www.bimnd.es/interoperabilidad-en-bim/>

AWAD, R. R. (2012). Análisis y diseño sísmico de edificios. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT.

Computers and Structures, Inc. CSI (2009, 30 de Abril). *Productos*.
<https://www.csiespana.com/software/2/sap2000>

NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, (NEC). CODIGO NEC-SE- DS,2015.
<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-DS.pdf>

NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, (NEC). CODIGO NEC-SE- CG,2015.
<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-CG-Cargas-S%C3%ADsmicas.pdf>

NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, (NEC) CODIGO NEC-SE- HM,2015
<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-HM.pdf>

Marsh, K. (2013). Autodesk Robot Structural Analysis Professional. Massachusetts.

McCORMAC, J. C. (2011). Diseño de Concreto Reforzado. New Jersey: Alfaomega.

MALLQUI, B (2006). *Revit Structure*. Editorial Macro.

LOPEZ, Y (2015). *Manual Imprescindible Revit 2015*. Madrid, Ediciones Anaya Multimedia

[https://www.casadellibro.com/libro-revit-architecture-2019-manual-](https://www.casadellibro.com/libro-revit-architecture-2019-manual-imprescindible/9788441540637/7363805)

[imprescindible/9788441540637/7363805](https://www.casadellibro.com/libro-revit-architecture-2019-manual-imprescindible/9788441540637/7363805)

SOTO, D. O. (2015). *Análisis de Estructuras: Problemas Resueltos*. México: Independiente.

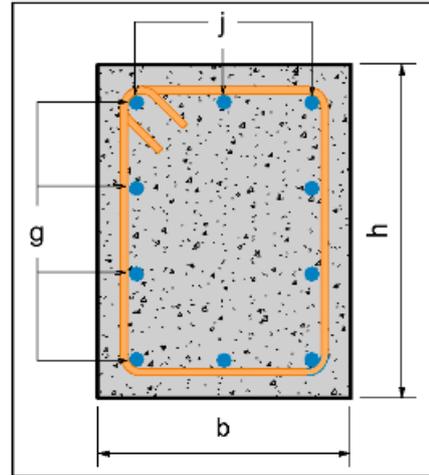
12. ANEXOS

Anexo 1: Detallado columna

DISEÑO DE COLUMNAS DE CONCRETO REFORZADO ACI 318-194

Materiales

Concreto	$f'_c := 240 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$
Acero de refuerzo	$f_y := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$
Módulo de elasticidad	$E_s := 200 \text{ GPa}$



Dimensiones

Altura	$h := 50 \text{ cm}$
Ancho	$b := 60 \text{ cm}$
Recubrimiento al estribo	$r := 4 \text{ cm}$

Refuerzo

# de barras en b	$j := 4$
# de barras en h	$g := 4$

Acero longitudinal $d_b := 16 \text{ mm}$

Acero transversal $d_v := 18 \text{ mm}$

Cuantía (10.6.1.1) $\rho = 0.008$

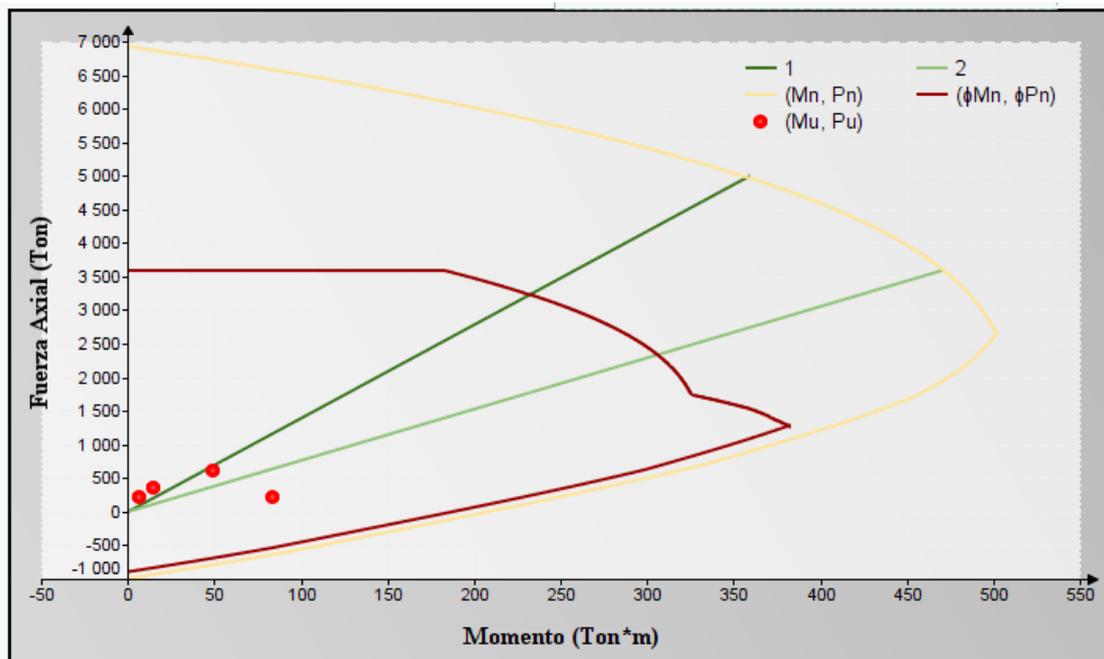
$$n_b = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

FUERZA AXIAL Y MOMENTO

Resistencia requerida

Fuerza Axial $P_u := [37.42 \ 23.77 \ 62.61 \ 22.2] \text{ tonnef}$

Momento $M_u := [1.47 \ 0.62 \ 4.97 \ 8.46] \text{ tonnef}\cdot\text{m}$



CORTE

Acero de refuerzo transversal

$$f_{yt} := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Factor de concreto liviano

$$\lambda := 1$$

Número de ramas del estribo

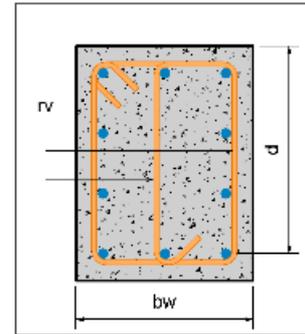
$$r_v := 3$$

Espaciamiento

$$s := 10 \text{ cm}$$

Factor de reducción de la resistencia

$$\phi := 0.75$$



Área de refuerzo transversal

$$A_v = 7.634 \text{ cm}^2$$

Resistencia Requerida

Fuerza Axial

$$N_u := P_u = [37.42 \ 23.77 \ 62.61 \ 22.2] \text{ tonnef}$$

Cortante

$$V_u := [30 \ 10 \ 80 \ 60] \text{ tonnef}$$

Verificación de las dimensiones de la sección transversal (22.5.1.2)

$$V_u = 784.532 \text{ kN} < \phi \cdot (V_c + 8 \cdot \sqrt{f'_c \cdot \text{psi}} \cdot b_w \cdot d) = 80.319 \text{ tonnef}$$

seccion = "cumple"

Requiere acero de refuerzo

acero = "require"

Refuerzo a cortante mínimo (10.6.2)

$$A_{vmin} = 0.502 \text{ cm}^2$$

Máximo espaciamiento si requiere refuerzo a corte (10.7.6.5.2)

$$s_{max} = 10.85 \text{ cm}$$

Resistencia de la sección

Resistencia del concreto (22.5.5)

$$V_c = 21.52 \text{ tonnef}$$

Resistencia del acero de refuerzo (22.5.8.5.3)

$$V_s = 139.154 \text{ tonnef}$$

Resistencia al corte

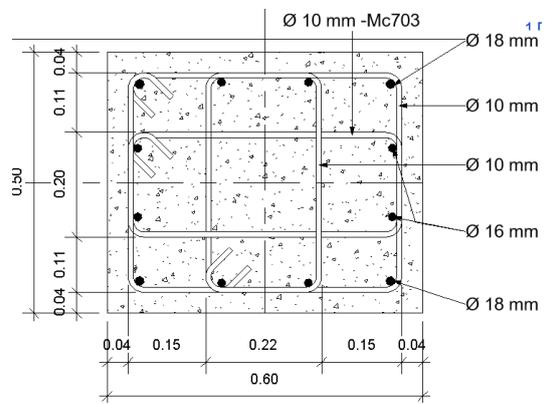
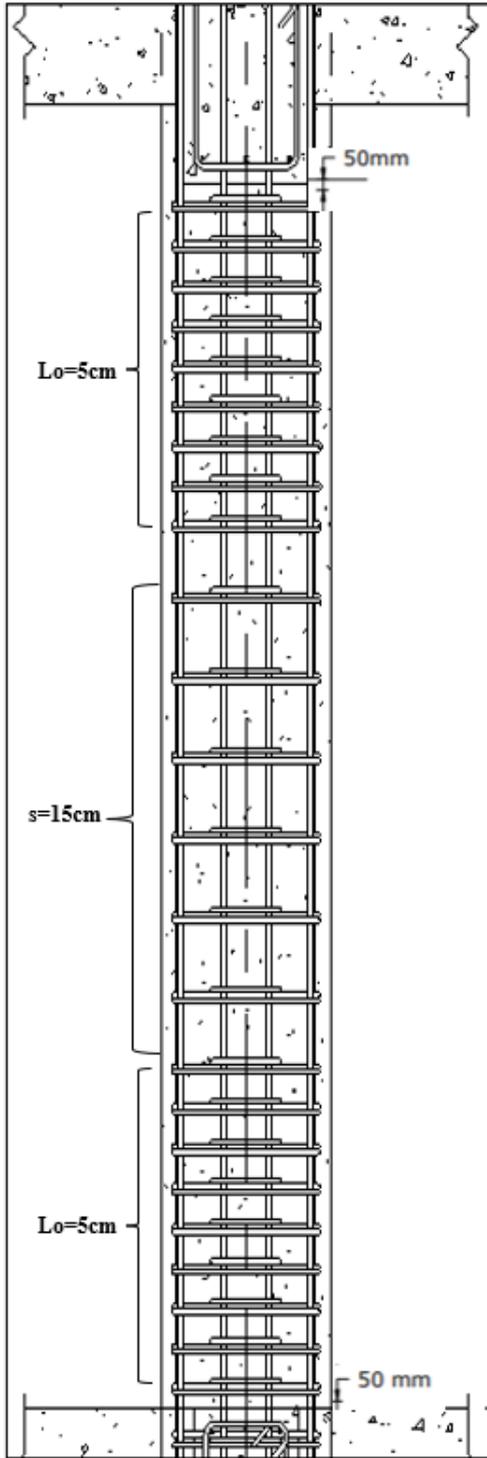
$$V_n := \phi \cdot (V_c + V_s)$$

$$V_n = 120.505 \text{ tonnef}$$

Resistencia requerida

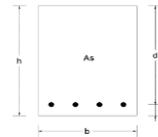
$$V_u = 80 \text{ tonnef}$$

corte = "cumple"



Anexo 2: Detallado viga

MATERIALES:			
Esfuerzo compresion horm.	f'c	240.00	kg/cm2
Esfuerzo de fluencia del ref.	fy	4200.00	kg/cm2
Peso específico del hormigón	γhor	2.40	t/m3
Factor reducción cap. a corte	Øf	0.90	s.u
Factor reducción cap. a flexión	Øv	0.75	s.u
Factor de corr. Bloque a comp.	β1	0.85	s.u
Factor endurecimiento por def.	α	1.25	s.u



GEOMETRIA DE VIGA:			
Longitud de la viga	Lv	6.50	m
Ancho de la viga	b	30.00	cm
Altura de la viga	h	40.00	cm
Recubrimiento mínimo	e min	4.00	cm
Diámetro del estribo	Dest	10	mm
Diámetro del refuerzo long.	Dvar	16	mm
Recubrimiento	e	5.80	cm
Altura efectiva	d	34.20	cm

$$e = e_{\min} + D_{est} + \frac{D_{var}}{2}$$

$$d = h - e$$

DISEÑO A FLEXIÓN:			
Solicitación de Momento	Mu	9.35	t.m
Cuantía calculada	ρ calc	0.0077	s.u
Cuantía por temperatura	ρ temp	0.0018	s.u
Cuantía a flexión	ρ min	0.0033	s.u
Cuantía balanceada	ρ b	0.0245	s.u
Cuantía máxima	ρ max	0.0122	s.u
Cuantía de diseño	ρ dis	0.0077	s.u
Area de refuerzo minima	As min	3.42	
Area de refuerzo maxima	As max	12.56	
Area de refuerzo requerida	As	7.85	cm2
Diámetro del refuerzo long.	Dvar	14	mm
Area de la varilla de refuerzo	Avar	1.54	cm2
Número de varillas de refuerzo	Nvar	6.00	u
Espaciamiento entre refuerzos	esp	2.00	cm

$$\frac{Mu}{\phi_b \cdot b \cdot d^2} = \rho \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{1}{1.7} \cdot \frac{\rho \cdot f_y}{f'_c}\right)$$

$$\rho = \frac{fy - fy \sqrt{1 - \frac{4}{1.7 \cdot f'_c} \cdot \frac{Mu}{\phi_b \cdot b \cdot d^2}}}{2 \cdot fy^2}$$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{fy}$$

$$A_{var} = \frac{\pi \cdot D_{var}^2}{4}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c}{fy} \left(\frac{6120}{6120 + fy}\right)$$

$$\rho_{\max} = 0.5$$

REFUERZO A CORTE:			
	MOMENTOS PROBABLES		
Momento probable derecha (-)	Mpr der(-)	5.88	t.m
Momento probable izquierda (+)	Mpr izq(+)	6.70	t.m
Momento probable derecha (+)	Mpr der(+)	5.88	t.m
Momento probable izquierda (-)	Mpr izq(-)	12.71	t.m
Vu sismo < Vu vert	Vu sismo	2.86	t

$$M_{pr} = \alpha \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\alpha \cdot A_s \cdot f_y}{1.7 \cdot f'_c \cdot b}\right)$$

$$V_{u\text{sismo}} = \frac{M_{pr\text{izq}}^{(-)} + M_{pr\text{der}}^{(+)}}{L_v}$$

$$V_{u\text{sismo}} = \frac{M_{pr\text{izq}}^{(+)} + M_{pr\text{der}}^{(-)}}{L_v}$$

tomar en cuenta Vc

CAPACIDAD DE LA SECCION			
Ec 11-3. ACI 318-08	Vc1	8424.20	kg
Ec 11-5. ACI 318-08	Vc2	8248.28	kg
Ec 11-5. ACI 318-08	Vc3	14782.09	kg
	Vc dis	8248.28	kg

$$V_{c1} = 0.53 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$V_{c2} = \left(0.5 \sqrt{f'_c} + 176 \cdot \rho \cdot \frac{V_u \cdot d}{M_u}\right) \cdot b \cdot d$$

$$V_{c3} = 0.93 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$V_c = \min\{V_{c1}, V_{c2}, V_{c3}\}$$

SOLICITACION DE CARGA:			
Corte por carga vertical	Vu vert	9.87	t
Momento por carga vertical	Mu vert	15.50	t.m
Corte ultimo de diseño	Vu dis	12729.34	Kg
Corte nominal	Vn	16972.46	kg
Refuerzo requerido por corte	Vs	8724.18	kg
Limites de refuerzo	Vs1	16848.41	kg
Limites de refuerzo	Vs2	33696.81	kg
Refuerzo min requerido a corte	Vs dis	33696.81	kg

$$\text{Si } V_{u\text{sismo}} > V_u \rightarrow V_c = 0$$

$$V_{u\text{dis}} = V_{u\text{sismo}} + V_{u\text{vert}}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} \quad V_s = V_n - V_s$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_{s1} = 1.06 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$V_{s2} = 2.12 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

ESPACIAMIENTO MAXIMO:			
	d/4	8.55	cm
	6Dvar	8.40	cm
	24De	24.00	cm
	20 cm	20.00	cm
Espaciamiento máximo	s min	8.40	cm
Espaciamiento escogido	s dis	8.00	cm
Area de refuerzo requerido	Av	1.88	cm2
Diámetro del estribo	Dest	10.00	mm
Area del estribo	Aest	0.79	cm2
Numero de ramales	Nramas	3.00	u

$$s_{\max} = \min \left\{ \begin{array}{l} d/4 \\ 6D_{var} \\ 24D_{est} \\ 20\text{cm} \end{array} \right.$$

$$A_{est} = \frac{\pi \cdot D_e^2}{4}$$

ESPACIAMIENTO ZONA MEDIA:			
	d/2	17.10	cm
	30 cm	30.00	cm
Espaciamiento máximo	s min	17.10	cm
Espaciamiento escogido	s dis	15.00	cm

$$s_{\max} = \min \left\{ \begin{array}{l} d/2 \\ 30\text{cm} \end{array} \right.$$

$$A_{est} = \frac{\pi \cdot D_e^2}{4}$$

Mu	9.35	1.17	-8.33	(-)
Robot	3.45	2.45	3.42	(+)
ρ calc	0.0077	0.0009	-0.0059	(-)
	0.0027	0.0019	0.0027	(+)
As (cm2)	7.85	0.91	-6.07	(-)
Robot	2.74	1.93	2.72	(+)
As (cm2) repart	7.85	0.97	-6.07	(-)
	3.93	1.93	-3.04	(+)
As (cm2)	3.42	3.42	3.42	(-)
min	3.42	3.42	3.42	(+)
As (cm2)	7.85	3.42	3.42	(-)
	3.93	3.42	3.42	(+)

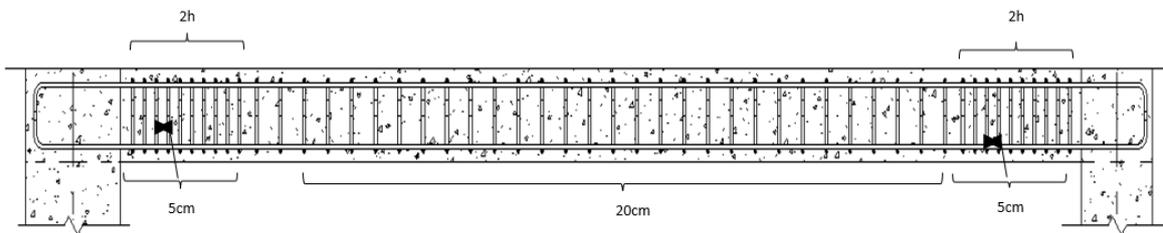
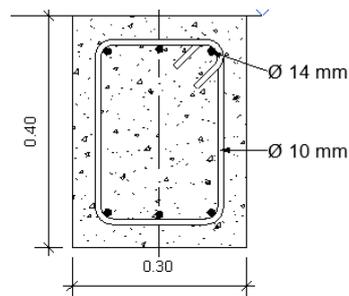
REFUERZO TIPICO:

Nvar	3	u
Dvar	14	mm
As	4.62	cm2

REFUERZO ADICIONAL:

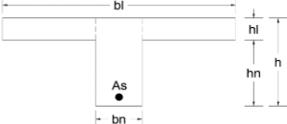
Dvar	14	mm
Avar	1.54	cm2

As falt (cm2)	3.23	0.00	0.00	(-)
	0.00	0.00	0.00	(+)
Var adic. unid	3.00	0.00	0.00	(-)
	0.00	0.00	0.00	(+)
Usar al plano	3Ø14	3Ø14	3Ø14	(-)
	3Ø14	3Ø14	3Ø14	(+)



Anexo 3: Detallado losa

MATERIALES:			
Esfuerzo compresión horm.	f'c	240.00	kg/cm2
Esfuerzo de fluencia del ref.	fy	4200.00	kg/cm2
Peso específico del hormigón	yhor	2.40	t/m3
Factor reducción cap. a flexión	Øf	0.90	s.u
Factor reducción cap. a corte	Øv	0.75	s.u
Factor de corr. Bloque a comp.	β1	0.85	s.u



GEOMETRIA DEL NERVIOS:			
Ancho del nervio	bn	10.00	cm
Altura del nervio total	h	25.00	cm
Diámetro del refuerzo long.	Dvar	12.00	mm
Recubrimiento mínimo	e min	4.00	cm
Recubrimiento	e	4.60	cm
Altura efectiva	d	20.40	cm

$$e = e_{min} + \frac{D_{var}}{2}$$

$$d = h - e$$

DISEÑO A FLEXIÓN: NERVIOS CENTRAL			
Solicitud de Momento	Mu	1.40	t.m/m
Ancho colaborante	b	0.50	m
Solicitud de Momento	Mu	0.70	t.m
Cuantía calculada	ρ calc	0.0047	s.u
Cuantía por temperatura	ρ temp	0.0018	s.u
Cuantía a flexión	ρ min	0.0033	s.u
Cuantía balanceada	ρ b	0.0245	s.u
Cuantía máxima	ρ max	0.0122	s.u
Cuantía de diseño	ρ dis	0.0047	s.u
Area de refuerzo requerida	As	0.95	cm2
Diámetro del refuerzo long.	Dvar	12	mm
Area de la varilla de refuerzo	Avar	1.13	cm2
Número de varillas de refuerzo	Nvar	1.00	u

$$\frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \rho \cdot fy \cdot \left(1 - \frac{1}{1.7} \cdot \frac{\rho \cdot fy}{f'c}\right)$$

$$\rho = \frac{fy - fy \sqrt{1 - \frac{4}{1.7 \cdot f'c} \cdot \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2}}}{2 \cdot fy^2 / 1.7 \cdot f'c}$$

$$\rho_{min} = \frac{14}{fy}$$

$$A_{var} = \frac{\pi \cdot D_{var}^2}{4}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \cdot \beta_1 \cdot f'c}{fy} \left(\frac{6120}{6120 + fy}\right)$$

$$\rho_{max} = 0.5$$

GEOMETRIA DEL NERVIOS MACIZADO			
Ancho del nervio	bn	50.00	cm
Altura del nervio total	h	25.00	cm
Diámetro del refuerzo long.	Dvar	12.00	mm
Recubrimiento mínimo	e min	2.50	cm
Recubrimiento	e	3.10	cm
Altura efectiva	d	21.90	cm

$$e = e_{min} + \frac{D_{var}}{2}$$

$$d = h - e$$

DISEÑO A FLEXIÓN: NERVIOS MACIZADO			
Solicitud de Momento	Mu	3.00	t.m/m
Ancho colaborante	b	0.50	m
Solicitud de Momento	Mu	1.50	t.m
Cuantía calculada	ρ calc	0.0017	s.u
Cuantía por temperatura	ρ temp	0.0018	s.u
Cuantía a flexión	ρ min	0.0033	s.u
Cuantía balanceada	ρ b	0.0245	s.u
Cuantía máxima	ρ max	0.0122	s.u
Cuantía de diseño	ρ dis	0.0033	s.u
Area de refuerzo requerida	As	3.65	cm2
Diámetro del refuerzo long.	Dvar	12	mm
Area de la varilla de refuerzo	Avar	1.13	cm2
Número de varillas de refuerzo	Nvar	4.00	u

$$\frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \rho \cdot fy \cdot \left(1 - \frac{1}{1.7} \cdot \frac{\rho \cdot fy}{f'c}\right)$$

$$\rho = \frac{fy - fy \sqrt{1 - \frac{4}{1.7 \cdot f'c} \cdot \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2}}}{2 \cdot fy^2 / 1.7 \cdot f'c}$$

$$\rho_{min} = \frac{14}{fy}$$

$$A_{var} = \frac{\pi \cdot D_{var}^2}{4}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \cdot \beta_1 \cdot f'c}{fy} \left(\frac{6120}{6120 + fy}\right)$$

$$\rho_{max} = 0.5$$

PUNZONAMIENTO:			
Ancho de la columna 1	c1	50.00	cm
Ancho de la columna 2	c2	60.00	cm
Altura de losa maciza	h	25.00	cm
Diámetro del refuerzo long.	Dvar	12.00	mm
Recubrimiento	e	4.00	cm
Recubrimiento	e	4.60	cm
Altura efectiva	d	20.40	cm
Perímetro de la sección crítica	bo	301.60	cm
Relación ancho c1/c2	β	0.83	s.u
Tipo de columna	BORDE		
	α	30	s.u
Ec 11-31. ACI 318-08	Vc1	171759.95	kg
Ec 11-32. ACI 318-08	Vc2	103692.49	kg
Ec 11-33. ACI 318-08	Vc3	95316.29	kg
	Vc	95.32	t
Vu < Vc	Vc	5.00	t

$$d = h - e$$

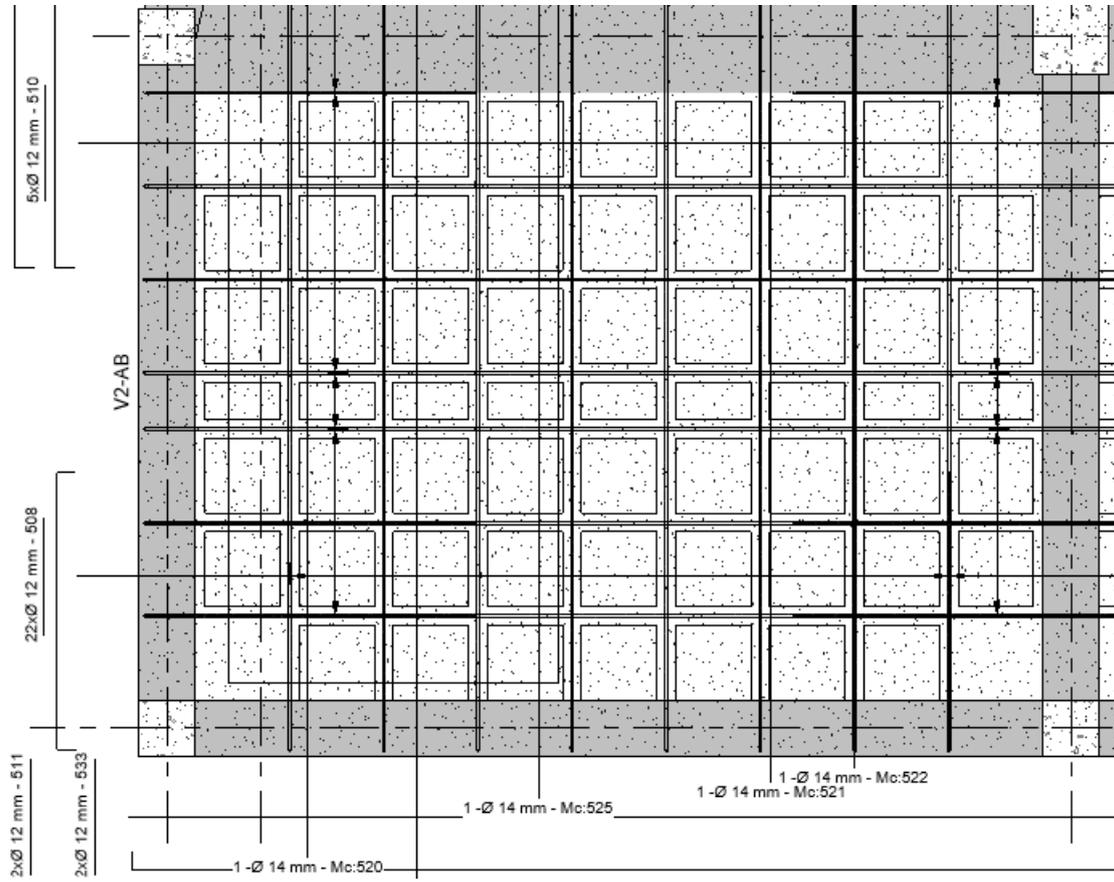
$$\beta = c1/c2$$

$$V_{c1} = 0.53 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d$$

$$V_{c2} = 0.27 \left(\frac{\alpha_c d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d$$

$$V_{c3} = \lambda \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d$$

sección suficiente

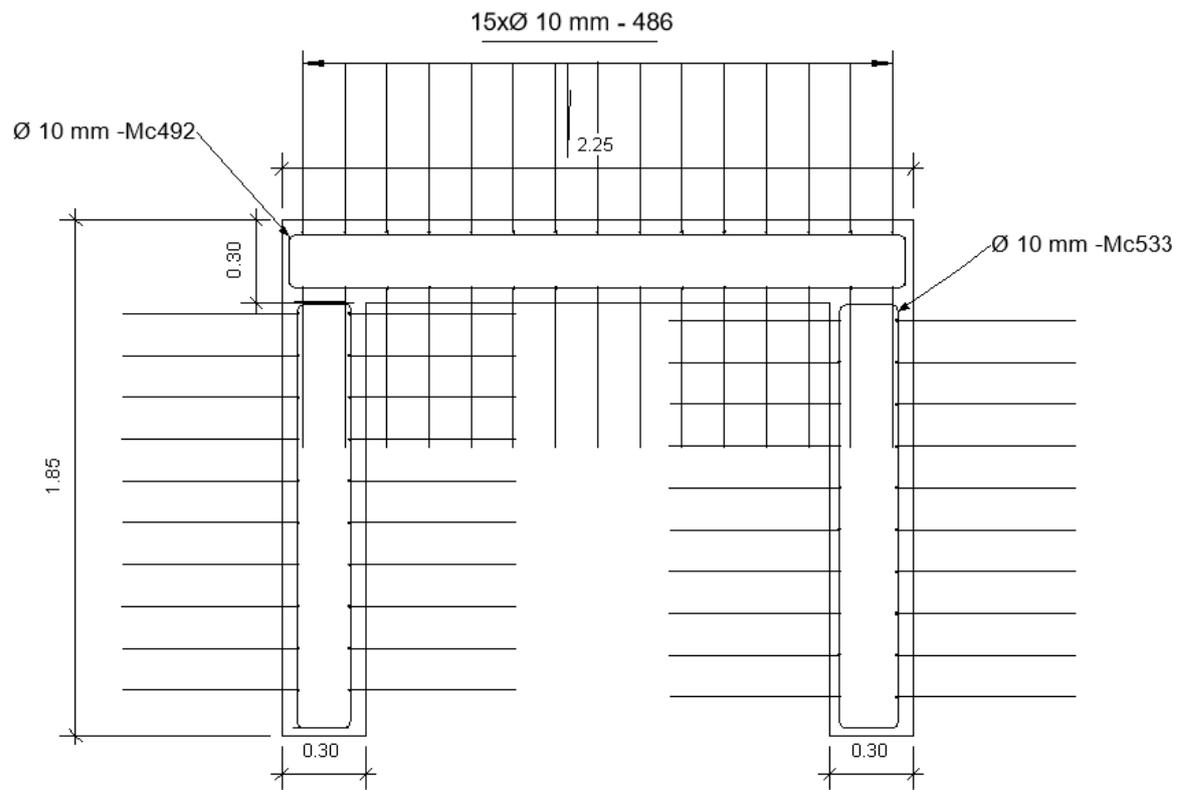


Anexo 4: Detallado muro

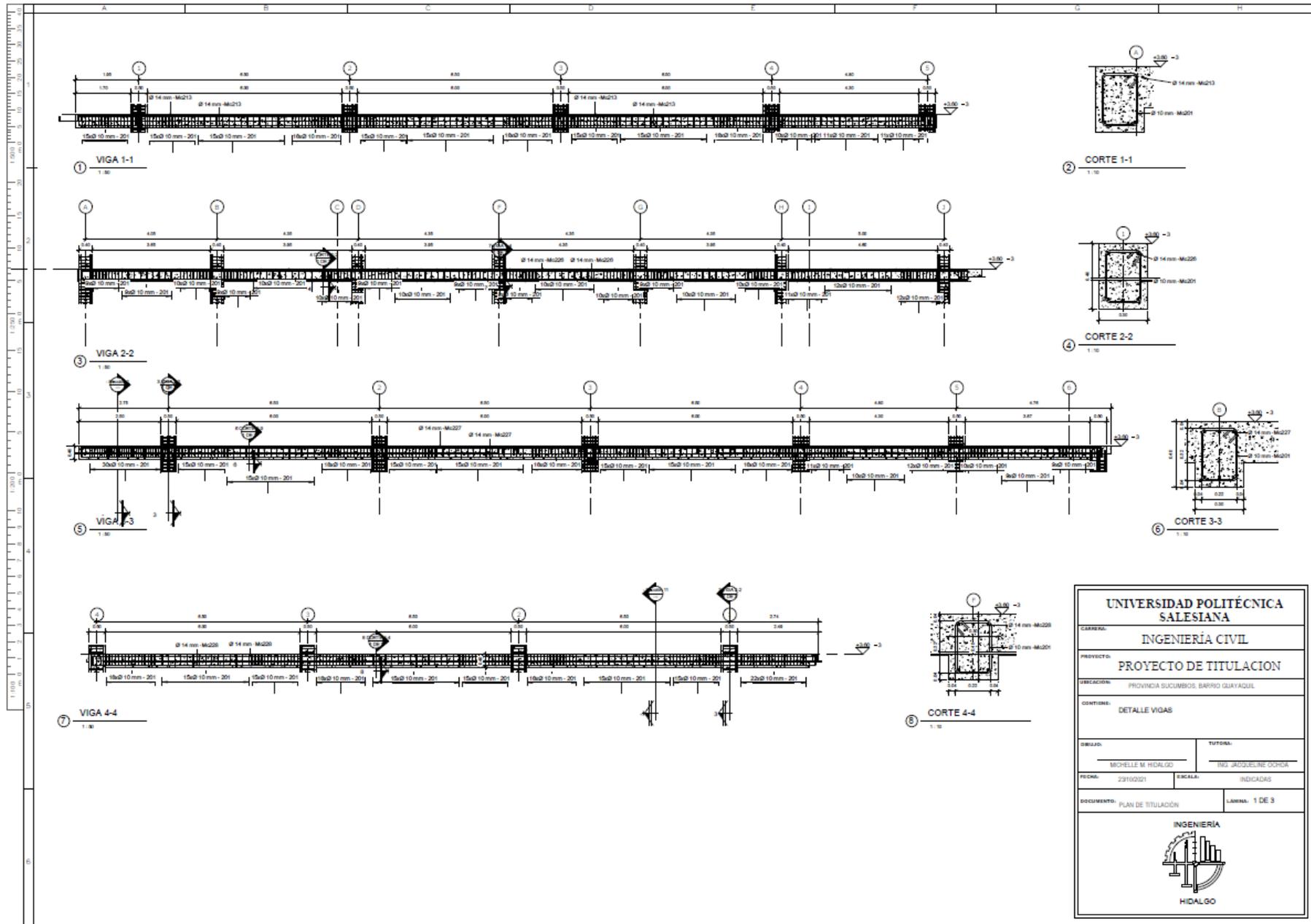
MATERIALES:				
Esfuerzo compresion horm.	f'c	240.00	kg/cm2	
Esfuerzo de fluencia del ref.	fy	4200.00	kg/cm2	
Factor reducción cap. a corte	Øv	0.75	s.u	

GEOMETRIA DE MURO DE CORTE 1					
espesor del muro	h (t)	25	cm	$Ag = e \cdot L$ $A_{var} = \frac{\pi \cdot D_{var}^2}{4}$ $N_{var} = [(N_{var e} - 2) + (N_{var L} - 2)] \cdot 2 + 4$ $A_s = A_{var} \cdot N_{var}$ $e = e_{min} + \phi_{est} + \frac{D_{var}}{2}$	
Lonitud del muro	lw	468	cm		
Altura libre del muro	hw	1750.00	cm		
Recubrimiento mínimo	e min	4.0	cm		
Diámetro del estribo	Dest	10	mm		
Diámetro del refuerzo long.	Dvar	10	mm		
Numero de varillas en (e)	Nvar e	2	u		
Numero de varillas en (L)	Nvar L	30	u		
Recubrimiento al centroide	e	5.50	cm		
Area bruta de la sección	Ag	11687.50	cm2		
Area de la varilla de refuerzo	Avar	0.79	cm2		
Número de varillas de refuerzo	Nvar	60	u		
Area de refuerzo total	As	47.12	cm2		
$\rho \geq 0.0025$	ρ	0.0040	s.u		ok
$esp \leq t$	esp 1	14.00	cm		ok
	esp 2	15.74	cm		ok
Se Usa:	Ø 14mm @ 15.00cm				refuerzo principal

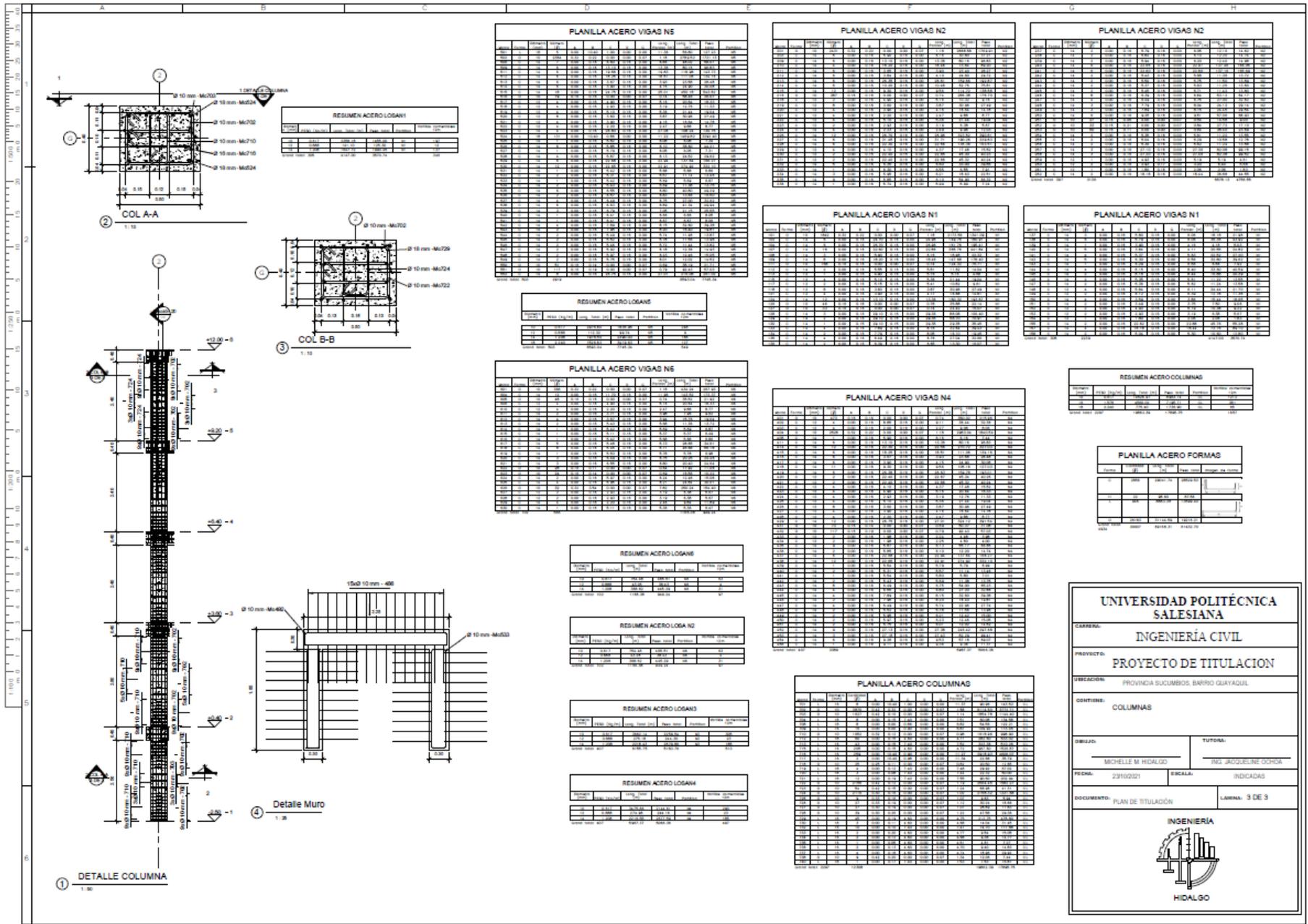
GEOMETRIA DE MURO DE CORTE 2					
espesor del muro	h (t)	25	cm	$Ag = e \cdot L$ $A_{var} = \frac{\pi \cdot D_{var}^2}{4}$ $N_{var} = [(N_{var e} - 2) + (N_{var L} - 2)] \cdot 2 + 4$ $A_s = A_{var} \cdot N_{var}$ $e = e_{min} + \phi_{est} + \frac{D_{var}}{2}$	
Lonitud del muro	lw	330	cm		
Altura libre del muro	hw	1750.00	m		
Recubrimiento mínimo	e min	4.0	cm		
Diámetro del estribo	Dest	10	mm		
Diámetro del refuerzo long.	Dvar	10	mm		
Numero de varillas en (e)	Nvar e	2	u		
Numero de varillas en (L)	Nvar L	22	u		
Recubrimiento al centroide	e	5.50	cm		
Area bruta de la sección	Ag	8250.00	cm2		
Area de la varilla de refuerzo	Avar	0.79	cm2		
Número de varillas de refuerzo	Nvar	44	u		
Area de refuerzo total	As	34.56	cm2		
$\rho \geq 0.0025$	ρ	0.0042	s.u		ok
$esp \leq t$	esp 1	14.00	cm		ok
	esp 2	15.19	cm		ok
Se Usa:	Ø 12mm @ 15.00cm				refuerzo principal



Anexo 6: Planos Estructurales



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL	
PROYECTO: PROYECTO DE TITULACION	
UBICACION: PROVINCIA SUCUMBIOS, BARRIO QUAYAZUL	
CONTIENE: DETALLE VIGAS	
ELABORADO: MICHELLE M. HIDALGO	TUTORIAL: ING. JOSELENE COCHA
FECHA: 23/10/2021	ESCALA: INDICADAS
DOCUMENTO: PLAN DE TITULACION	LÁMINA: 1 DE 3
 INGENIERÍA HIDALGO	



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

CARRERA: **INGENIERÍA CIVIL**

PROYECTO: **PROYECTO DE TITULACION**

UBICACION: PROVINCIA SUCUMBIOS, BARRIO GUAYACIL

CONTIENE: **COLUMNAS**

OBJETO: _____ TUTORIAL: _____

ALUMNO: **MICHELLE M HIDALGO** INGENIERO: **ING. JOAQUIN GONZALEZ**

FECHA: 23/10/2021 ESCALA: INDICADAS

DOCUMENTO: PLAN DE TITULACION LÁMINA: 3 DE 3

INGENIERÍA

HIDALGO