

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Arquitectura, Ingeniería Civil y del
Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR
DE 5 NIVELES CON UN SÓTANO MEDIANTE LA
METODOLOGÍA BIM.**

Tesis presentada por el Bachiller:

Machacca Chávez, Luis Alfredo

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Asesor:

Mg. Rosas Espinoza, Jorge

Arequipa – Perú

2022

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA CIVIL
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 14 de Julio del 2022

Dictamen: 005512-C-EPIC-2022

Visto el borrador del expediente 005512, presentado por:

2011243451 - MACHACCA CHAVEZ LUIS ALFREDO

Titulado:

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 NIVELES CON UN SÓTANO
MEDIANTE LA METODOLOGÍA BIM.**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**1949 - DIAZ GALDOS MIGUEL RENATO
DICTAMINADOR**



**2766 - ROSAS ESPINOZA JORGE
DICTAMINADOR**



**9633 - TORRES ALMIRON JENIFFER CARLA
DICTAMINADOR**





DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis amados padres Sixto y Zenovia, quienes nunca dejaron de apoyarme por más cansados que estuvieran, gracias por comprender todo lo que hice en esta etapa académica, que hoy se ve concluida por medio de esta tesis.

A mi querida familia Deyssy, Luana, Alisson, a mis hermanos José, Zenaida y Edward por alentarme y ayudarme con cariño cuando yo lo necesite.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de tener esta experiencia en la Universidad Católica de Santa María, a mis docentes que tuve en mi camino académico, un agradecimiento especial a mis Jurados de este proyecto por su apoyo y comprensión.

A mis queridos padres que sin ellos no hubiera sido posible terminar este proyecto de tesis, por su constante esfuerzo y dedicación en su hijo.

RESUMEN

En el presente proyecto de tesis se hizo la construcción virtual de la edificación de 5 niveles con la metodología BIM, esta metodología busca implantar una nueva forma de desarrollar la construcción y tener mejor entendimiento del desarrollo del análisis y diseño estructural.

El presente proyecto de tesis se dividió en 6 capítulos, los que fueron:

Capítulo I, se hace una descripción general de la edificación y desarrollamos nuestro marco teórico.

Capítulo II, comprende el estudio de suelos realizados para la edificación.

Capítulo III, desarrollamos el modelado de la Arquitectura en el Software Revit.

Capítulo IV, se presenta el trabajo colaborativo entre la disciplina de Arquitectura y Estructura del Software Revit, se desarrolla el modelo físico y analítico de la Disciplina de Estructura.

Capítulo V, se desarrolla el análisis dinámico de la edificación para poder controlar los giros y desplazamientos máximos permitidos.

Capítulo VI, comprende el diseño de los elementos estructurales de nuestra edificación.

Palabras claves: BIM, construcción, diseño, base de datos.

ABSTRACT

In this thesis project, the virtual construction of the 5-level building was done with the BIM methodology, this methodology seeks to implement a new way to develop the construction and have a better understanding of the development of the analysis and structural design.

This thesis project was divided into 6 chapters, which were:

Chapter I, a general description of the building is made and we develop our theoretical framework.

Chapter II, includes the study of soils made for building.

Chapter III, we develop the modeling of Architecture in Revit Software.

Chapter IV, the collaborative work between the Architecture and Structure discipline of the Revit Software is presented, the physical and analytical model of the Structure Discipline is developed.

Chapter V, the dynamic analysis of the building is developed to be able to control the turns and maximum displacements allowed.

Chapter VI, includes the design of the structural elements of our building.

Key words: BIM, construction, design, database.

ÍNDICE

DICTAMEN APROBATORIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	2
1. GENERALIDADES	3
1.1. NOMBRE DEL PROYECTO	3
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3. OBJETIVOS	3
1.3.1. OBJETIVOS GENERALES	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4. JUSTIFICACIÓN	4
1.5. MARCO TEORICO	5
1.5.1. BIM	5
1.5.2. SOFTWARE REVIT	5
1.5.2.1. Jerarquía en Software Revit	5
1.5.2.1.1. Disciplina	5
1.5.2.1.2. Categoría	5
1.5.2.1.3. Familia	5
1.5.2.1.4. Tipo	5
1.5.2.1.5. Ejemplar	6
1.5.2.2. Trabajo Colaborativo Software Revit	6
1.5.3. ESTRUCTURA	7
1.5.4. DISEÑO ESTRUCTURAL	7
1.6. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	7
1.6.1. UBICACIÓN	7
1.6.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	8

1.7.	NORMAS Y REGLAMENTOS	8
1.8.	METODOLOGÍA	9
1.8.1.	FLUJO DE INFORMACIÓN DE UN MODELO ESTRUCTURAL BIM	9
1.8.2.	MODELO FÍSICO Y ANALÍTICO	10
CAPÍTULO II.....		11
2.	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS	12
2.1.	MEMORIA DESCRIPTIVA	12
2.1.1.	UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	12
2.2.	GEOLOGÍA Y SISMICIDAD EN EL ÁREA DE ESTUDIO	12
2.2.1.	ANTECEDENTES GEOLÓGICOS	12
2.2.2.	SISMICIDAD.....	13
2.3.	INVESTIGACIÓN DE CAMPO	13
2.3.1.	TRABAJO DE CAMPO	13
2.3.2.	MUESTREO Y REGISTRO DE EXPLORACIÓN.....	13
2.3.3.	ENSAYOS DE LABORATORIO	13
2.4.	CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO	14
2.5.	CALCULO DE ASENTAMIENTOS.....	15
2.6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	15
CAPÍTULO III		17
3.	DISEÑO DEL MODELO DE ARQUITECTURA SOFTWARE REVIT	18
3.1.	CREAR UN PROYECTO NUEVO	18
3.2.	NIVELES DEL PROYECTO	18
3.3.	MODELO EN PLANTA DEL NIVEL TÍPICO	19
3.3.1.	IMPORTAR CAD	19
3.3.2.	MODELO DE MUROS ARQUITECTONICOS	20
3.3.3.	MODELO DE PUERTAS.....	21
3.3.3.1.	Replicar y Modificar un Tipo de Puerta	21
3.3.4.	MODELO DE VENTANAS	23
3.3.5.	MODELO DE COMPONENTES	23
3.3.6.	MODELO DE SUELOS ARQUITECTÓNICO.....	24
3.3.7.	MODELO DE TECHO.....	26
3.4.	PEGADO ESPECIAL DE REVIT	26
CAPÍTULO IV.....		28

4. DISEÑO DEL MODELO DE ESTRUCTURA SOFTWARE REVIT	29
4.1. PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES . 29	
4.1.1. LOSAS	29
4.1.2. VIGAS	29
4.1.3. COLUMNAS.....	30
4.1.4. PLACAS	32
4.2. MODELO DE ELEMENTOS ESTRUCTURA EN SOFTWARE REVIT ... 32	
4.2.1. VINCULAR MODELO ARQUITECTÓNICO.....	32
4.2.2. TRABAJO COLABORATIVO.....	33
4.2.3. GRILLADO DEL MODELO DE ESTRUCTURAS.....	33
4.2.4. MODELO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	34
4.2.4.1. Modelo de Columnas.....	34
4.2.4.2. Modelo de Muros.....	35
4.2.4.3. Modelo de Vigas	35
4.2.4.4. Modelo de Losa.....	36
4.2.4.5. Modelo de Escalera	37
4.2.5. MODELO ANALÍTICO	38
4.2.5.1. Alineación Modelo Analítico Columnas.....	39
4.2.5.2. Alineación Modelo Analítico Vigas.....	40
4.2.5.3. Alineación Modelo Analítico Muros	41
4.2.6. VERIFICACIÓN DE NODOS EN EL MODELO ANALÍTICO.....	41
4.3. METRADO DE CARGAS EN SOFTWARE REVIT	43
4.4. EXPORTACIÓN DE LA EDIFICACIÓN AL SOFTWARE ETABS 2016. 46	
CAPÍTULO V	48
5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	49
5.1. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO SISMO RESISTENTE	49
5.2. ANÁLISIS MODAL	49
5.3. ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL.....	50
5.3.1. ESPECTRO INELÁSTICO DE PSEUDO-ACELERACIÓN	51
5.3.2. FUERZA CORTANTE MÍNIMA.....	52
5.3.3. DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS DE LA EDIFICACIÓN	52
CAPÍTULO VI.....	54
6. DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	55

6.1.	FACTORES DE CARGA	55
6.2.	FACTORES DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA	55
6.3.	DISEÑO DE LOSAS ALIGERADAS.....	56
6.3.1.	DISEÑO POR CORTE	58
6.3.2.	DISEÑO POR FLEXIÓN	59
6.4.	DISEÑO DE VIGAS.....	61
6.4.1.	DISEÑO POR FLEXIÓN	61
6.4.2.	DISEÑO DE VIGA RECTANGULAR SOMETIDA A FLEXIÓN...	61
6.4.2.1.	Diseño de la viga V-16 (0.25 x 0.50) cm	63
6.4.3.	DISEÑO POR CORTANTE EN VIGAS	65
6.4.3.1.	Diseño de la viga V-16 (0.25 x 0.40) cm	66
6.5.	DISEÑO DE COLUMNAS	66
6.5.1.	DIAGRAMA DE INTERACCIÓN.....	66
6.5.2.	DISEÑO DE LA COLUMNA C-5 A FLEXOCOMPRESIÓN	67
6.5.3.	DISEÑO POR CORTANTE.....	72
6.5.3.1.	Separación de Estribos.....	73
6.5.4.	DISEÑO DE LA COLUMNA C-5 A CORTE	74
6.6.	DISEÑO DE MUROS DE CORTE.....	76
6.6.1.	DISEÑO POR CORTANTE.....	76
6.6.1.1.	Resistencia al Corte del Concreto	77
6.6.1.2.	Refuerzo Horizontal al Corte	77
6.6.1.3.	Refuerzo Vertical por Corte.....	78
6.6.2.	DISEÑO DEL MURO DP6X.....	78
6.7.	DISEÑO DE MUROS DE SÓTANO	84
6.7.1.	DISEÑO DE MUROS DE SÓTANO POR FLEXIÓN	84
6.7.2.	DISEÑO DE MUROS DE SÓTANO POR CORTANTE.....	87
6.8.	DISEÑO DE CIMENTACIÓN.....	87
6.8.1.	MODELADO DE CIMENTACIÓN.....	88
6.8.2.	VERIFICACIÓN DE GEOMETRIA Y PUNZONAMIENTO.....	88
6.8.3.	DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN	89
CONCLUSIONES		91
RECOMENDACIONES		92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		93
ANEXOS		95

ENSAYOS MECANICA DE SUELO.....96

PLANOS.....111



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Trabajo Colaborativo Software Revit.....	6
Figura N° 2 Ubicación Vista Satelital	8
Figura N° 3 Vista De Inicio De Un Nuevo Proyecto.	18
Figura N° 4 Niveles Del Proyecto De Arquitectura	19
Figura N° 5 Cuadro de Dialogo Importación Formato CAD	20
Figura N° 6 Modelo de Muros Primera Planta Terminado	21
Figura N° 7 Propiedades de Tipo/Modificar Cotas	22
Figura N° 8 Modelo de Puertas	22
Figura N° 9 Modelo de Ventanas	23
Figura N° 10 Modelo de Componentes - Etiqueta de Habitación y Área	24
Figura N° 11 Dibujo del Boceto De Suelo y Menú de Crear Contorno de Suelo	25
Figura N° 12 Modelo del Suelo Arquitectónico.....	25
Figura N° 13 Cuadro de Selección Niveles	27
Figura N° 14 Modelo de Arquitectura Terminado	27
Figura N° 15 Vinculo del Modelo Arquitectónico	32
Figura N° 16 Trabajo Colaborativo de Revit	33
Figura N° 17 Modelo de Grilla Disciplina Estructuras	34
Figura N° 18 Modelo de Columnas.....	34
Figura N° 19 Modelo de Muros Estructurales.....	35
Figura N° 20 Modelo de Vigas Estructural	36
Figura N° 21 Modelo de Boceto Suelo Estructural (Losa).....	36
Figura N° 22 Modelo de Escalera en Plano.....	37
Figura N° 23 Modelo de Pendientes en las Escaleras	38
Figura N° 24 Distorsiones entre Modelo Analítico y Modelo Físico.....	39
Figura N° 25 Alineación Modelo Analítico Columnas	40
Figura N° 26 Alineación Modelo Analítico Vigas	40
Figura N° 27 Alineación Modelo Analítico de Muros	41
Figura N° 28 Errores que se percatan en los Nodos	42
Figura N° 29 Modelo Analítico Alineado y Analizado por Nodos	42
Figura N° 30 Modelo 3D Estructuras	43
Figura N° 31 Menú de Opciones ObjectG.	43
Figura N° 32 Enlazar Vinculo al Modelo Estructural	44
Figura N° 33 Modelo Estructural con Muros Arquitectónicos	45
Figura N° 34 Modelo Analítico con las Cargas Designadas (CM y CV).....	46
Figura N° 35 Modelo Exportado Etabs	47
Figura N° 36 Grafico del Espectro de Respuesta Norma E-030	52
Figura N° 37 Losa Aligerada Entre Tramos 4 y 5.....	56
Figura N° 38 Modelo del Tramo de la Losa Aligerada	57
Figura N° 39 Momentos Sección más Crítica	57
Figura N° 40 Cortante Sección más Crítica	58
Figura N° 41 Columna C-5 (25 x 50) cm	67
Figura N° 42 Diagrama de Interacción Ángulo de Giro Eje Neutro 0° - 180°.....	70
Figura N° 43 Diagrama de Interacción Ángulo de Giro Eje Neutro 90° - 270°.....	70
Figura N° 44 Diagrama de Interacción Ángulo de Giro Eje Neutro 0° - 180°.....	71
Figura N° 45 Diagrama de Interacción Ángulo de Giro Eje Neutro 90° - 270°.....	71

Figura N° 46 Muro de Corte DP6X.....	79
Figura N° 47 Diagrama de Interacción Ángulo de Giro Eje Neutro 0° - 180°.....	81
Figura N° 48 Diagrama de Interacción Ángulo de Giro Eje Neutro 90° - 270°.....	81
Figura N° 49 Diagrama de Interacción Ángulo de Giro Eje Neutro 0° - 180°.....	82
Figura N° 50 Diagrama de Interacción Ángulo de Giro Eje Neutro 90° - 270°.....	82
Figura N° 51 Diagrama de Presiones, Momentos y Cortante	86
Figura N° 52 Modelo de la Cimentación.....	88
Figura N° 53 Verificación Software Safe 2016.....	89
Figura N° 54 Modelado de Franjas	90
Figura N° 55 Diseño por Franja de la Cimentación	90



ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1 Ejemplo de Jerarquía en Revit	6
Cuadro N° 2 Formas de Flujo de Información para el Cálculo Estructural	10
Cuadro N° 3 Diferencia entre Modelo Analítico y Físico.....	10
Cuadro N° 4 Diseño de la viga V-16 (0.25 x 0.50) cm	63
Cuadro N° 5 Diseño de la viga V-16 (0.25 x 0.40) cm	66
Cuadro N° 6: Pares Ordenados Diagrama de Interacción Columna.....	68
Cuadro N°7 Momentos y fuerzas de la columna, programa Etabs.....	68
Cuadro N° 8 Combos de diseño (demanda sísmica)	69
Cuadro N° 9 Diseño del muro DP6X	78
Cuadro N° 10 : Pares Ordenados Diagrama de Interacción Muro	80
Cuadro N° 11 Combos de diseño (demanda sísmica)	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Predimensionamiento de columnas.....	30
Tabla N° 2 Análisis modal	50
Tabla N° 3 Desplazamientos máximos de la edificación	53
Tabla N° 4 Diseño por flexión.....	86

INTRODUCCIÓN

La problemática en la actualidad en cuanto al proceso de diseño de una vivienda tiene deficiencias en la planeación y control de proyectos, en este proceso la clave para el adecuado desarrollo de un proyecto y el éxito de cada una de sus fases en su ciclo de construcción. Una buena planificación permite tener definido el trabajo a realizar, identificar deficiencias, situarse en distintos escenarios y desde ahí tener las soluciones. Por otra parte, BIM, una metodología de trabajo en conjunto en base a modelos digitales 3D, es la nueva dirección en que apunta la ejecución de los proyectos de ingeniería, siendo una gran herramienta de trabajo que permite optimizar costos, tiempos, entre otras variables. Dado los beneficios que ha mostrado la adopción de BIM en distintas áreas de la arquitectura, ingeniería y construcción, podemos también adoptar este proceso para el desarrollo del diseño estructural de una vivienda.

En el desarrollo del diseño estructural el presente trabajo muestra el desarrollo del trabajo colaborativo entre las distintas áreas de proceso de la planeación del proyecto, en cuanto al diseño propiamente dicho veremos los distintos escenarios que nos exige la norma peruana para un adecuado diseño.



CAPITULO I

1. GENERALIDADES

1.1. NOMBRE DEL PROYECTO

El presente trabajo de tesis lleva por nombre:

DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 NIVELES CON UN SÓTANO MEDIANTE LA METODOLOGÍA BIM

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El proceso tradicional de la elaboración del diseño estructural de una vivienda (representación bidimensional 2D de figuras geométricas) en su mayoría presenta deficiencias al momento de plantear el modelo estructural y su consecuente correlación con el modelo arquitectónico tanto en planos y especificaciones técnicas, lo que genera a su vez retraso en la entrega del proyecto, desperdicios y sobrecostos en materiales.

Retrasos y sobrecostos a los que la empresa constructora está acostumbrada a asumir y prever desde el inicio del proyecto. Por lo cual estas constructoras obtienen adendas, ganancias y el inversionista (propietario) termina asumiendo el costo.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVOS GENERALES

Plantear una solución con sostenibilidad Técnica, Social, Económica, que permita brindar un adecuado proceso del análisis y diseño estructural de una vivienda, sin deficiencias en los cálculos, planos y especificaciones técnicas mediante el enfoque BIM.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar el modelo tridimensional arquitectónico y estructural de la edificación y realiza el trabajo colaborativo entre ambas disciplinas mediante el programa REVIT.
- Elaborar el modelo analítico con el metrado de cargas en el programa REVIT
- Realizar el analizar estructural de la edificación mediante la compatibilización del programa REVIT con el programa ETABS.

- Diseñar los elementos estructurales y elaborar los planos arquitectónicos y estructurales de la edificación del modelo tridimensional.

1.4. JUSTIFICACIÓN

En el Perú los proyectos de edificaciones, se desarrollan según el modelo tradicional de entrega de proyectos Diseño/Licitación/Construcción, los documentos de diseño e ingeniería son elaborados en la etapa de diseño por arquitectos, consultorías y proyectistas de ingeniería, desempeñando un papel importante en los proyectos de construcción ya que trasladan las necesidades y requerimientos del cliente en planos y especificaciones técnicas. Estos documentos, al contener toda la información necesaria para llevar a cabo la construcción, sirven de base durante el proceso de licitación y posteriormente se entregan a la empresa contratista como documentos oficiales para que comience con la ejecución. En una situación ideal, los documentos contractuales del proyecto de construcción deberían estar completos, precisos, sin conflictos y ambigüedades, pero desafortunadamente esto es raramente encontrado y muy a menudo la contratista empieza la construcción con documentos incompatibles, erróneos, por consiguiente, clarificaciones que tienen que ser respondidas por los proyectistas y diseñadores en pleno proceso de construcción. Cuando se da este caso, es esencial que la información sea entregada a la contratista eficientemente y sin retrasos, de lo contrario podría influir en la eficiencia durante el desarrollo del proyecto. (Riccer Salvatierra, D. M., & Solórzano Esparza, M, 2014)

1.5. MARCO TEORICO

1.5.1. BIM

El Modelo de Información de Construcción (BIM, Building Information Modeling), es un proceso de colaboración, gestión, generación y actualización de información del ciclo de vida del proyecto utilizando software dinámico de modelamiento tridimensional para disminuir deficiencias, pérdida de tiempo y sobrecostos en el diseño y ejecución del proyecto. (Faubel, 2015)

1.5.2. SOFTWARE REVIT

El software REVIT es un programa dinámico que tiene características para diseño arquitectónico, estructural, instalaciones sanitarias y construcción, es un programa que admite un proceso de diseño multidisciplinario y trabajo colaborativo lo que permite a los profesionales llevar ideas claras con enfoque y coherencia basada en modelos de información.

1.5.2.1. Jerarquía en Software Revit

1.5.2.1.1. Disciplina

Todos los elementos se ordenan en una disciplina, estas no pueden modificarse, eliminar ni crear.

1.5.2.1.2. Categoría

Al igual que la categoría de disciplina no pueden modificar, eliminar o crear y se ordenan en elementos constructivos con características comunes.

1.5.2.1.3. Familia

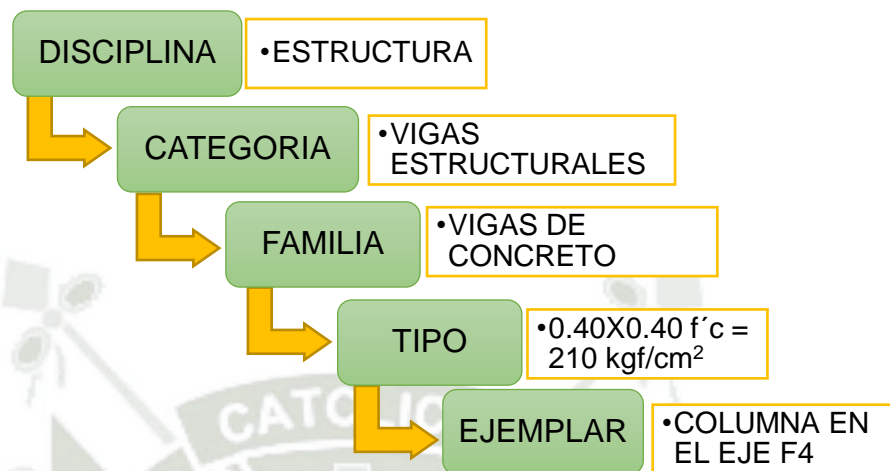
A diferencia de las dos primeras estas pueden modificarse, eliminar o crear, tienen una característica más específica. Todo es posible en Revit debido a las Familias.

1.5.2.1.4. Tipo

Son los que están sujeto a una parametrización ya sea de material, geometría, fabricante u otro parámetro disponible que defina al elemento.

1.5.2.1.5. Ejemplar

Cada uno de estos ejemplares son únicos y tiene sus propios parámetros.



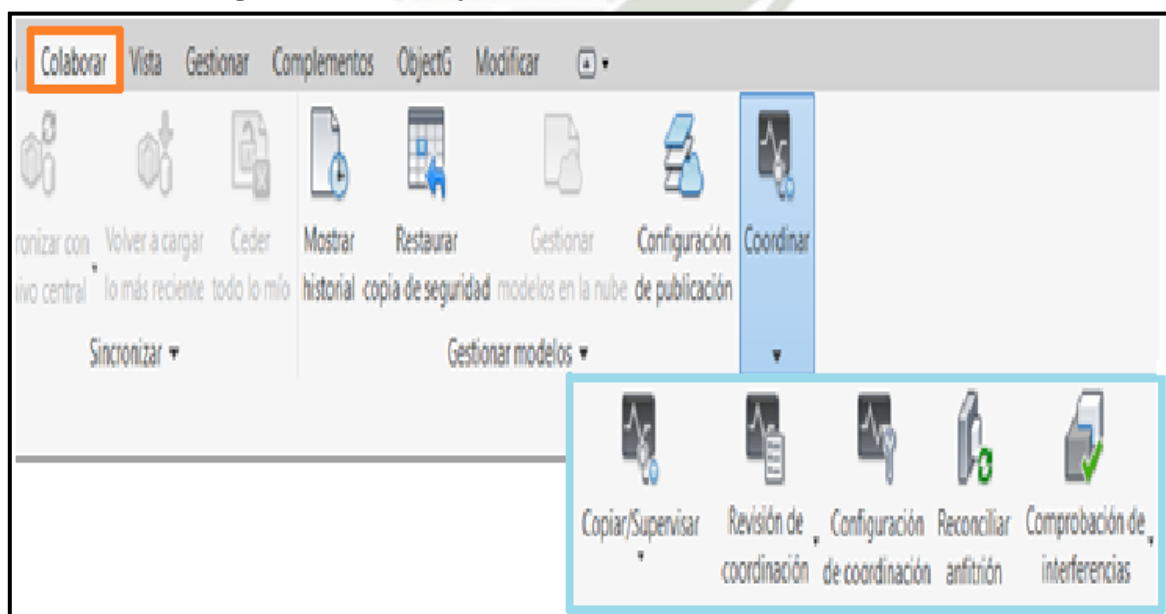
Cuadro N° 1 Ejemplo de Jerarquía en Revit

Fuente: Elaboración propia

1.5.2.2. Trabajo Colaborativo Software Revit

Al ser un software multidisciplinario Revit nos permite colaborar y supervisar todos los modelos de información para así aportar ideas y conocimientos que nos ayude a lograr un objetivo común, que es el mejor diseño y ejecución del proyecto.

Figura N° 1 Trabajo Colaborativo Software Revit



Fuente: Elaboración propia

1.5.3. ESTRUCTURA

Disposición y distribución de las partes de un todo, cuyo orden y relación entre sí permiten el funcionamiento de un determinado sistema.

En una estructura, cada elemento tiene una función específica y una correlación con los demás elementos que componen la estructura. Eso hace posible que el sistema sea eficaz en su propósito. Por lo tanto, una estructura está diseñada para cumplir una función.

1.5.4. DISEÑO ESTRUCTURAL

El diseño estructural es una metodología de investigación acerca de la estabilidad, la resistencia y la rigidez de las estructuras, y su principal función es generar estabilidad en una estructura por medio del buen uso de los materiales y su diseño.

1.6. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.6.1. UBICACIÓN

- Distrito: Cerro Colorado
- Provincia: Arequipa
- Departamento: Arequipa

Figura N° 2 Ubicación Vista Satelital**Fuente: Google Earth, (2020)**

1.6.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El edificio se proyecta sobre un terreno rectangular de 535.5 m², con un área techada de 463.26 m², distribuido de modo que todos los pisos cuentan con dos departamentos de aproximadamente 210 m². Los accesos se encuentran en la zona central del edificio del primer piso, los cuales conducen a la escalera y ascensor que une los cinco niveles.

En cuanto al diseño del edificio, se emplearon muros de corte de concreto armado. Se buscó una distribución que garantice una rigidez adecuada en ambas direcciones con la finalidad de controlar los desplazamientos laterales y evitar problemas de torsión, simetría tanto en masa como rigidez y pesos mínimos sobre todo en pisos últimos de la edificación. (Lluncor, 2015)

1.7. NORMAS Y REGLAMENTOS

El reglamento utilizado en el presente proyecto para el desarrollo del análisis y diseño está dado por el “Reglamento Nacional De Edificaciones (RNE)” actualizada al presente año, del cual se utilizó las siguientes:

- Noma E.020 cargas
- Norma E.030 diseño sismorresistente
- Norma E.050 suelo y cimentaciones

- Norma E.060 concreto armado

Esta norma establece condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas tengan un adecuado comportamiento sísmico. (Leon, 2005)

1.8. METODOLOGÍA

La metodología del cálculo estructural, a lo largo del tiempo ha cambiado en muchos aspectos con los avances tecnológicos, desde el cálculo manual, el uso de computadoras básicas, programas con detalles gráficos en 2D, el cálculo de edificaciones en 3D y lo que es el estructural BIM, que se desarrolla teniendo modelos de información como materiales, propiedades mecánicas y físicas, propiedades que nos sirvan para el desarrollo del cálculo de estructuras.

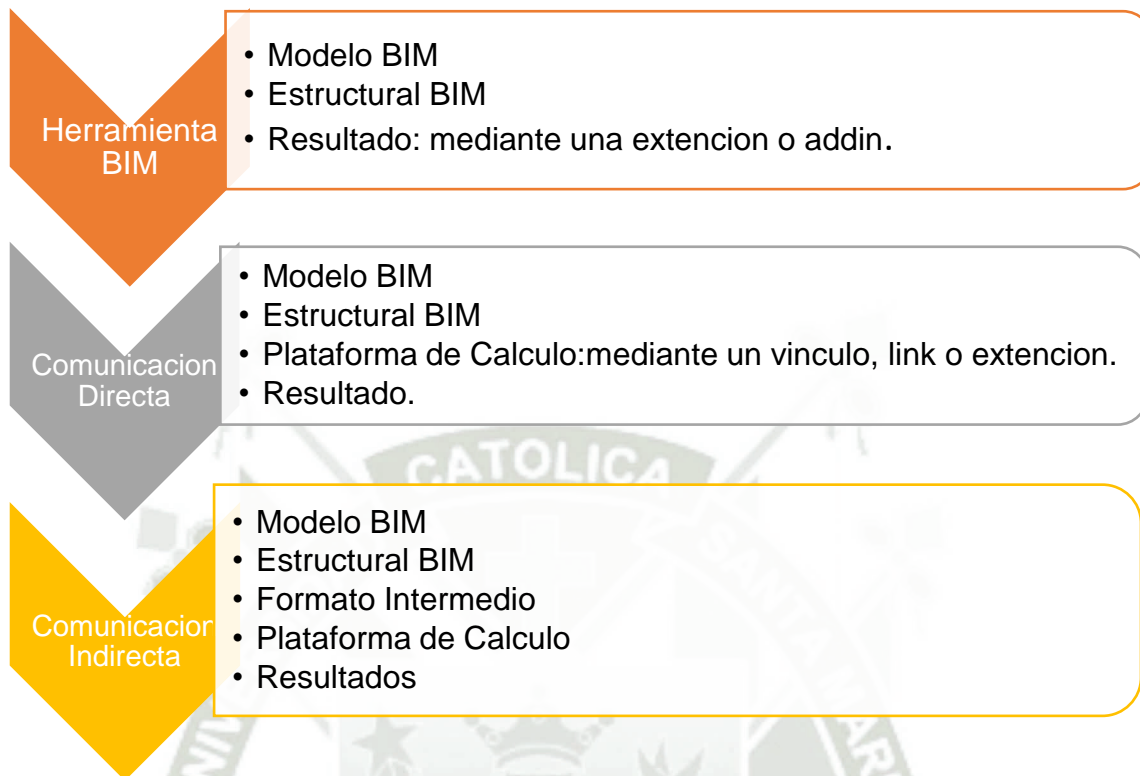
1.8.1. FLUJO DE INFORMACIÓN DE UN MODELO ESTRUCTURAL BIM

Para el desarrollo de la estructuración BIM, no existe una plataforma BIM que desarrolle el cálculo estructural, por ello podemos utilizar aplicativos como Addins, Extensiones, comunicación entre diferentes plataformas para el desarrollo del cálculo estructural.

Existe varias formas de flujo de información para el análisis estructural BIM; pero aún están en desarrollo, no obstante, podemos tener 3 formas diferentes de desarrollar el cálculo estructural.

- Utilización de herramientas BIM
- Comunicación Directa: flujo utilizado en la presente Tesis
- Comunicación Indirecta

Cuadro N° 2 Formas de Flujo de Información para el Cálculo Estructural



Fuente: Elaboración propia

1.8.2. MODELO FÍSICO Y ANALÍTICO

Cuadro N° 3 Diferencia entre Modelo Analítico y Físico.

MODELO FISICO	MODELO ANALITICO
<ul style="list-style-type: none"> • Posee toda la informacion de estruturas del proyecto. • La ubicacion de sus elementos obedece a la construccion del proyecto. • Esta representada por elementos solidos y de anotacion. • Funcion principal guia para la construccion del proyecto. • relacion configurable con el modelo analitico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Posee informacion del proyecto necesario para el calculo estructural. • La ubicacion de sus elementos obedece a la idealizacion del modelo estructural. • Esta representada por elementos simples. • Su funcion princial es de ser base para la comunicacion de software. • Relacion configurable con el modelo fisico.

Fuente: Elaboración propia



CAPÍTULO II

2. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

2.1. MEMORIA DESCRIPTIVA

El presente estudio de mecánica de suelo tiene como objetivo determinar la capacidad portante de un terreno sobre el cual se proyectara una edificación multifamiliar ubicado en el distrito de Cerro Colorado, por medio de trabajos de campo a través de calicatas, ensayos de laboratorio estándar y especiales, a fin de obtener las principales características físicas y mecánicas del suelo, así como, sus propiedades de resistencia, en base a los cuales se definen los perfiles estratigráficos, tipo y profundidad de cimentación, capacidad portante admisible, asentamientos y las recomendaciones generales para la cimentación. (Vásquez, 2015)

La programación para el desarrollo del estudio fueron los siguientes:

- Reconocimiento del terreno (inspección visual)
- Distribución y ejecución de calicatas.
- Ejecución de ensayos de laboratorio
- Evaluación de los ensayos tanto de campo como de laboratorio
- Perfiles estratigráficos
- Análisis de la Capacidad Portante Admisible
- Determinación de asentamientos
- Conclusiones y recomendaciones. (Vásquez, 2015)

2.1.1. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El terreno de estudio se encuentra en la asociación Flor de María S/N, en el distrito de Cerro Colorado, en la ciudad de Arequipa, el terreno es de aproximadamente 535.5 m².

2.2. GEOLOGÍA Y SISMICIDAD EN EL ÁREA DE ESTUDIO

2.2.1. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

De acuerdo al mapa geológico del Perú, en la cual la zona de Arequipa se encuentran unidades ígneas, sedimentarias y metamórficas con edades que van desde el Pre paleozoico hasta el Cuaternario Reciente. (Bejarano, 2016)

En la región Arequipa se reconocen cuatro unidades geomorfológicas: cordillera occidental, cordillera volcánica, el altiplano y la llanura costanera.

2.2.2. SISMICIDAD

El suelo en estudio pertenece a la zona 3 de alta sismicidad de acuerdo al “Mapa de Zonificación Sísmica del Perú (Perú – 2018)” de acuerdo a la norma técnica E-030 del Reglamento Nacional de Edificación. (Bejarano, 2016)

2.3. INVESTIGACIÓN DE CAMPO

2.3.1. TRABAJO DE CAMPO

De acuerdo al área del terreno se realizó una calicata, designada como C-1, la exploración del suelo nos permitió diferenciar la presencia de los estratos.

La excavación alcanzo la siguiente profundidad:

Calicata	Profundidad (m)
c-1	7.5

Se ha determinado la carga admisible en la calicata c-1, con sus respectivas propiedades físicas, mecánicas del suelo. (Bejarano, 2016)

2.3.2. MUESTREO Y REGISTRO DE EXPLORACIÓN.

Se tomaron muestras no disturbadas representativas de los estratos atravesados en cada calicata y en cantidades suficientes como para realizar los ensayos de identificación y clasificación, también se extrajeron muestras representativas para el ensayo de corte directo. (Chávez, Ascencios, 2015)

2.3.3. ENSAYOS DE LABORATORIO

Las muestras obtenidas de la calicata, fueron sometidas a ensayos para identificar y posteriormente clasificar según sus propiedades físicas y mecánicas, los ensayos fueron los siguientes:

- Densidad natural, cono de arena 6”
- Contenido de humedad

- Análisis granulométrico por tamizado
- Límites de Atterberg
- Gravedad específica de sólidos
- Ensayo de corte directo saturado – inalterado (Chávez, Ascencios, 2015)

2.4. CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO

Con los datos obtenidos en el ensayo de corte directo ($\Phi = 32^\circ$ y $C = 0 \text{ kgf/cm}^3$), en las condiciones más desfavorables y aplicando el método de Hansen, tenemos la siguiente capacidad portante.

$$q_u = q N_q d_q s_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma d_\gamma s_\gamma$$

$$q_{adm} = \frac{q_u}{F_s}$$

Donde:

q_{adm} = Capacidad portante admisible kgf/cm^2

Φ = Angulo de fricción interna = 32°

C = Cohesion = 0 kgf/cm^3

γ = Densidad natural = 1.72 grf/cm^3

D_f = Profundidad de cimentacion = 1.20 m

B = Ancho cimentacion = 1.50 m

N_q y N_γ = Factores de capacidad de carga para una falla local

F_s = Factor de seguridad = 3

Reemplazando en la formula se obtiene la siguiente capacidad portante de la calicata C-1, la cual servirá para toda la cimentación del proyecto:

$$q_{adm} = 25.5 \text{ tonf/m}^3$$

2.5. CALCULO DE ASENTAMIENTOS

Aplicando el Método Elástico

$$S_i = \frac{qB(1 - \nu^2)}{E} I_s$$

Donde:

S_i = Asentamiento diferencial

q = Capacidad portante

B = Ancho cimentacion

En el análisis del asentamiento se ha considerado los valores, basados a la caracterización geotécnica y estado de compacidad del suelo más desfavorable recomendados por J. Bowles. Y estos son:

ν = Relacion de Poisson = 0.30

E = Modulo de elasticidad = 220 kgf/cm²

Con respecto a los esfuerzos y dimensiones para calcular el asentamiento, estos corresponden a la capacidad de carga. Para estas condiciones, el asentamiento elástico, considerándose zapatas rígidas con asentamiento inmediato. (Vilca, 2018)

Reemplazando los valores en la formula obtenemos:

$$S_i = 0.95 \text{ cm}$$

2.6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo al trabajo en campo, laboratorio, características del proyecto y los cálculos realizados, se concluye:

- El terreno presenta una forma regular.
- La capacidad portante del terreno es de 25.5 tonf/m³
- La profundidad mínima de cimentación es de 1.20 m
- El material predominante del suelo es una arena mal gradada (SP)
- El asentamiento inmediato es de 0.95 cm

- No se encontró el nivel freático hasta los 7.5 m según el nivel +0.00. (Vilca, 2018)





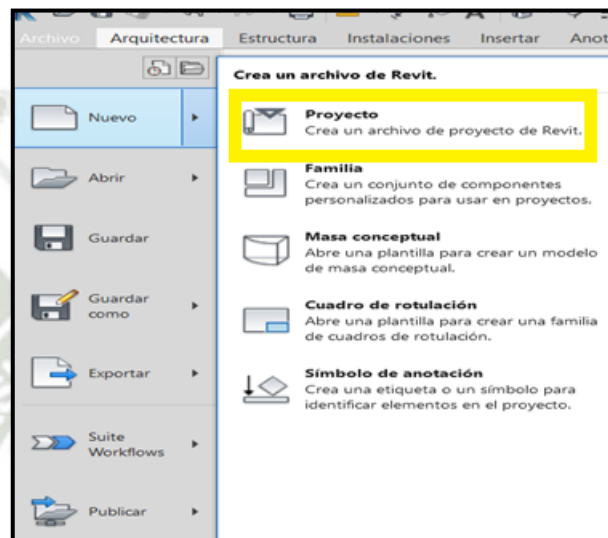
CAPÍTULO III

3. DISEÑO DEL MODELO DE ARQUITECTURA SOFTWARE REVIT

3.1. CREAR UN PROYECTO NUEVO

El software Revit nos permite la creación de varias opciones de archivos para iniciar un proyecto como se puede ver en la siguiente imagen.

Figura N° 3 Vista De Inicio De Un Nuevo Proyecto.



Fuente: Elaboracion propia

La opción adecuada para el proyecto que estamos desarrollando es la de Nuevo Proyecto, esto nos permite la creación del modelo de información.

Seguidamente, el programa nos pedirá cargar una plantilla para iniciar el proyecto, en la cual se utilizará la Plantilla De Construcción De Revit (la cual se puede modificar o aumentar familias de acuerdo a la necesidad del proyecto).

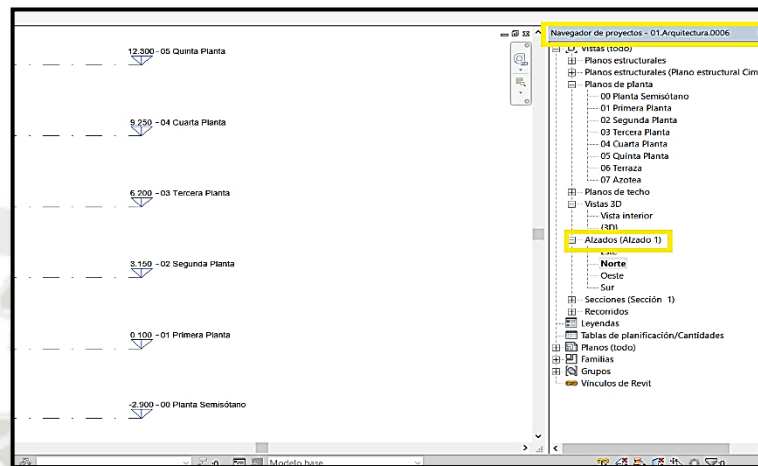
3.2. NIVELES DEL PROYECTO

Para empezar a modelar el proyecto de arquitectura, primero tenemos que fijar los niveles con los que cuenta, así el programa por defecto en la vista de alzados del navegador del proyecto nos crea dos niveles, estos pueden modificarse o simplemente lo eliminamos y creamos nuestros propios niveles, tener en cuenta que la creación de niveles tendremos que hacerla en la vista de alzados para poder verlas.

El presente proyecto cuenta con 5 niveles y un semisótano por lo cual presentara 8 niveles en el desarrollo del modelo los cuales están comprendidos entre piso

terminado de cada nivel, la altura del nivel del piso típico es de 3.05 m, la altura del sótano y azotea es de 3.00 m y 2.55 m respectivamente.

Figura N° 4 Niveles Del Proyecto De Arquitectura



Fuente: Elaboracion propia

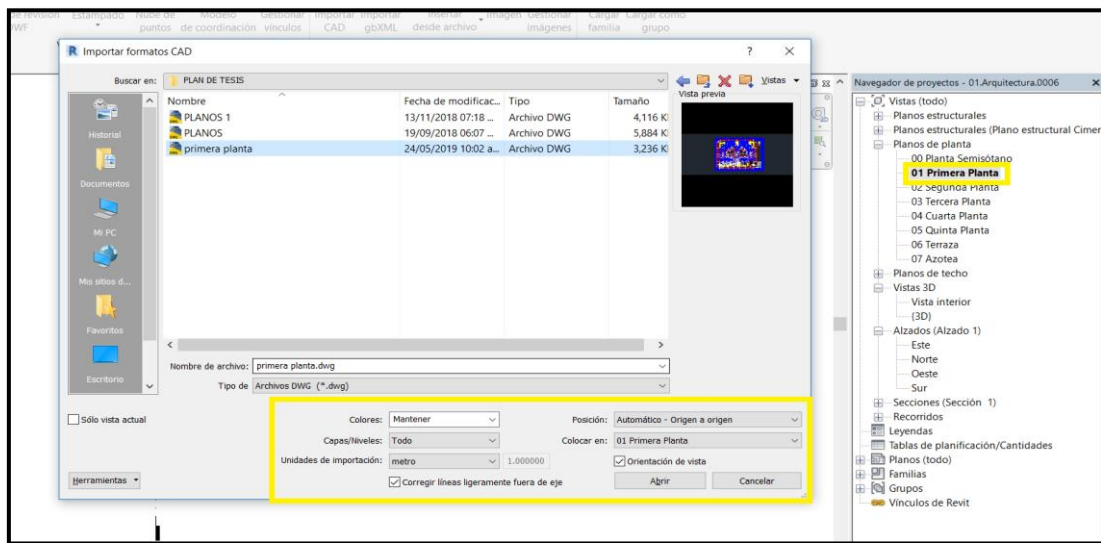
3.3. MODELO EN PLANTA DEL NIVEL TIPICO

El modelamiento de la planta se puede generar creando las diferentes grillas para así poder modelar los muros, columnas, vigas, losas, etc., pero para facilitar la creación de la planta, Revit nos permite importar archivos CAD para que a partir de este archivo desarrollar la planta del modelo de arquitectura.

3.3.1. IMPORTAR CAD

En la cinta de opciones de Revit, nos dirigimos a Insertar, para decirle al programa que importe CAD, en el cuadro de dialogo de Importar CAD seleccionamos el archivo, luego nos da las opciones de mantener los colores o importarlo en blanco y negro, también las capas que deseamos importar en este proyecto será todas las capas, la unidad de importación que es metro, la posición de importación será origen – origen y lo más importante es donde va colocar el archivo CAD que será en la primera planta, para ello también en Revit tendremos que estar en la primera planta, esta opción se encuentra en el Navegador de Proyectos <> Plano de Planta <> Primera Planta y aceptamos.

Figura N° 5 Cuadro de Dialogo Importación Formato CAD



Fuente: Elaboración propia

3.3.2. MODELO DE MUROS ARQUITECTONICOS

En la arquitectura lo más importante son los muros de estos tendremos que realizar el metrado de cargas en la disciplina de estructura, por eso el modelado tiene que ser lo más detallado posible en cuanto a las puertas y ventanas que alberga los muros.

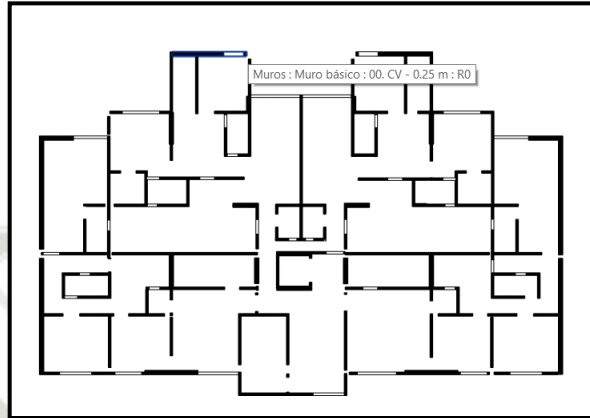
Para el modelado usaremos muros básicos de 0.15 y 0.25 m de espesor, para el desarrollo del modelo propiamente dicho utilizaremos de base el archivo CAD importado, además los muros tendrán que ser modelados por completo sin dejar espacios para puertas o ventanas, ya que las puertas y ventanas en Revit las alberga los muros.

Para modelar nos dirigimos a la cinta de opciones Disciplina Arquitectura <> Construir <> Muro <> Muro Arquitectónico, en la paleta de propiedades elegimos la opción que vamos a necesitar para el modelado como se verá en la siguiente imagen.

Luego de elegir el modelo de muro adecuado, vemos la paleta de propiedades en las restricciones, donde nos pide línea de ubicación, restricción de base, desfase de base, restricción superior y desfase superior, así elegimos eje de muro, Primera Planta, 0.000 m, segunda planta y 0.000 m respectivamente. (López, 2015)

Luego procedemos al modelado de muros desde un punto inicial a un punto final.

Figura N° 6 Modelo de Muros Primera Planta Terminado



Fuente: Elaboracion propia

3.3.3. MODELO DE PUERTAS

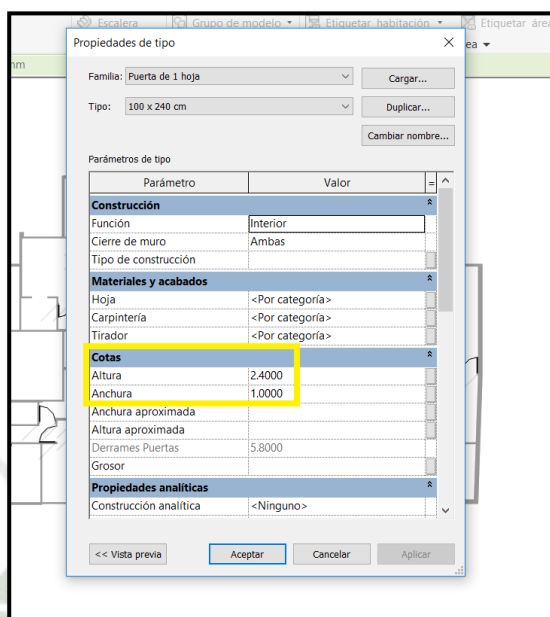
Las puertas se modelan muy fácilmente, iremos a la disciplinar Arquitectura opción puerta y en la paleta de propiedades elegimos el modelo deseado, de no haber un modelo en específico podremos replicar un modelo existente y modificarlo.

3.3.3.1. Replicar y Modificar un Tipo de Puerta

Tendremos que ya elegir una puerta de la paleta de propiedades e ir a la opción editar tipo, luego el programa mostrara las propiedades de tipo que tiene dicha puerta, escogeremos la opción duplicar, la cual pedirá un nombre para el tipo nuevo y aceptamos.

Una vez creado el nuevo tipo, tendremos que modificar sus propiedades para tener el tipo deseado, en este caso será las propiedades de Cota.

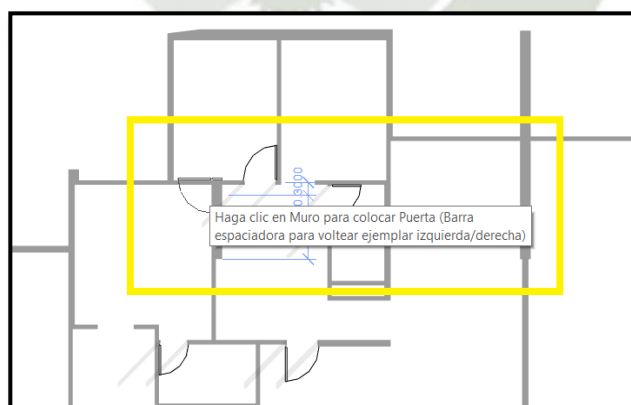
Figura N° 7 Propiedades de Tipo/Modificar Cotas



Fuente: Elaboracion propia

Al tener todos los Tipos de Puerta deseados, modelamos en su posición indicada en la Arquitectura, pero considerar que las puertas tienen que albergarse siempre en un muro de lo contrario no se podrá modelar.

Figura N° 8 Modelo de Puertas



Fuente: Elaboracion propia

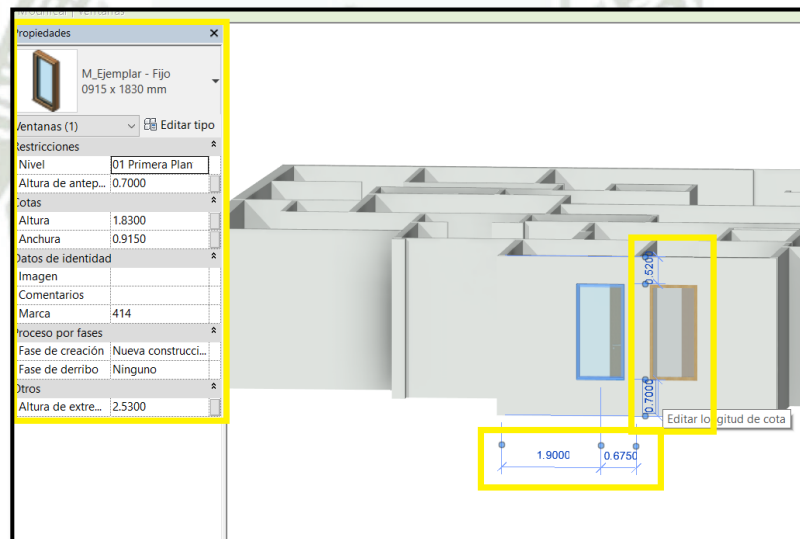
3.3.4. MODELO DE VENTANAS

En el modelo de ventanas de preferencia se hace en una vista 3D, esto para poder modelar exactamente, para ello vamos al Navegador de Proyectos <> Vistas <> Vista 3D <> 3D.

Al igual que las puertas las ventanas se albergan en un muro, para modelar iremos a la Disciplina Arquitectura <> Construir <> Ventana <> Paleta de Propiedades <> Elegir Modelo Deseado, de no haber un modelo que se ajuste a las dimensiones de exigencia del proyecto también se puede replicar y modificar el tipo.

Modelar las ventanas en el muro donde deseamos que vaya, no preocuparse de modelar exacto esto porque el programa nos permite modificar el lugar de modelamiento.

Figura N° 9 Modelo de Ventanas



Fuente: Elaboracion propia

3.3.5. MODELO DE COMPONENTES

Los componentes (mobiliario, aparatos sanitarios, vegetación, etc.) en la disciplina de arquitectura es importante por los espacios que podemos tener, en la disciplina de estructuras no tiene mayor importancia, por desarrollo del proyecto procederemos a modelar los componentes.

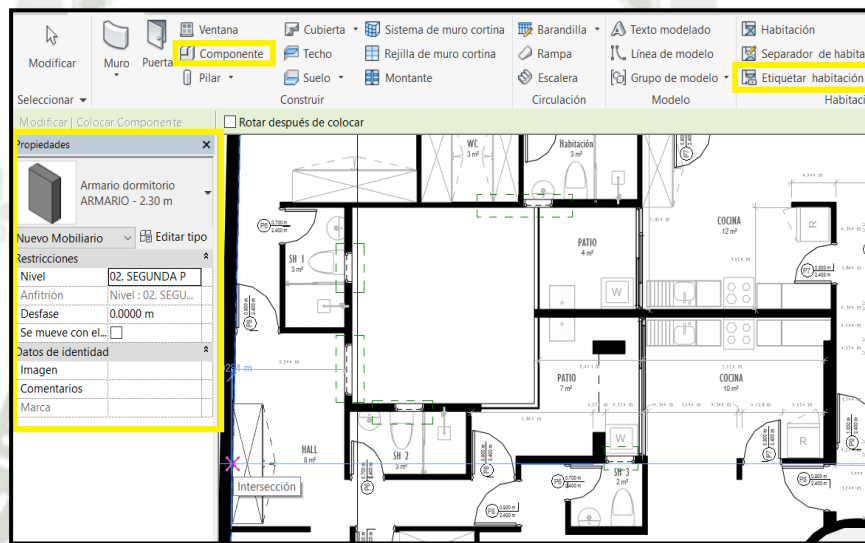
Para modelar los componentes tenemos que etiquetar las áreas del proyecto, para poder saber dónde va cada componente, iremos a la Disciplina Arquitectura <> Habitación y Área <> Etiqueta de Habitación <> Etiquetar

Habitación, procedemos a delimitar las habitaciones del proyecto con su respecto nombre y área.

En la Disciplina Arquitectura <> Construir <> Componentes <> Paleta De Propiedades <> Elegimos El Componente Que Deseamos Modelar.

Tener en cuenta que hay componentes especialmente Aparatos Sanitarios que solo se pueden modelar en muros.

Figura N° 10 Modelo de Componentes - Etiqueta de Habitación y Área



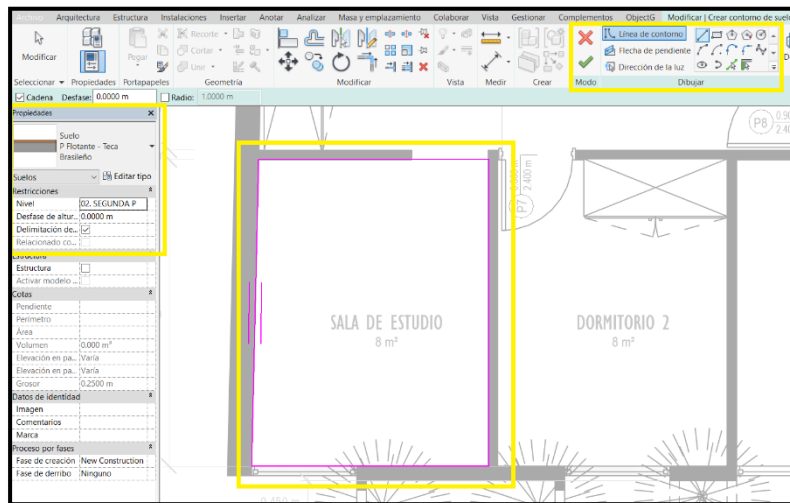
Fuente: Elaboracion propia

3.3.6. MODELO DE SUELOS ARQUITECTÓNICO

En Revit el suelo arquitectónico es el piso de nuestro proyecto, para modelar el piso usamos bocetos de delimitación para ver dónde va y sobre todo hasta donde abarca cada tipo de suelo.

Iremos a la Disciplina Arquitectura <> Construir <> Suelo <> Suelo Arquitectónico, donde nos aparecerá el menú de opciones de crear contorno de suelo, primero en la paleta de propiedades escogemos el tipo de suelo que deseamos modelar y luego con el menú de opciones de contorno de suelo dibujamos el boceto de suelo deseado, este boceto tiene que ser cerrado para que Revit acepte el modelo, al terminar de dibujar los bocetos daremos clic en el check del menú de crear contorno de suelo. El boceto para ser creado o modificado tiene que estar el menú de crear contorno de suelo y por defecto es de color rosado.

Figura N° 11 Dibujo del Boceto De Suelo y Menú de Crear Contorno de Suelo



Fuente: Elaboracion propia

Figura N° 12 Modelo del Suelo Arquitectónico



Fuente: Elaboracion propia

3.3.7. MODELO DE TECHO

Al nosotros delimitar las áreas de los espacios de nuestro proyecto, la opción techo de Revit ya reconoce por defecto que esa área delimitada tiene que tener un techo.

Para modelarlo iremos a la Disciplina Arquitectura <> Construir <> Techo, en el modelo de planta iremos a las áreas delimitadas para crear nuestro techo que por defecto ya aparece el boceto en color rojo, para terminar, solo daremos clic y se modela el techo.

Y de no tener delimitado las áreas, también podemos utilizar el menú de crear contorno de techo que funciona igual que el de crear contorno de suelo.

Esto se repetirá para todos los niveles que no sean típicos, ya que en niveles típicos Revit nos da la oportunidad de hacer una copia y pegado especial para facilitar el modelo en Revit.

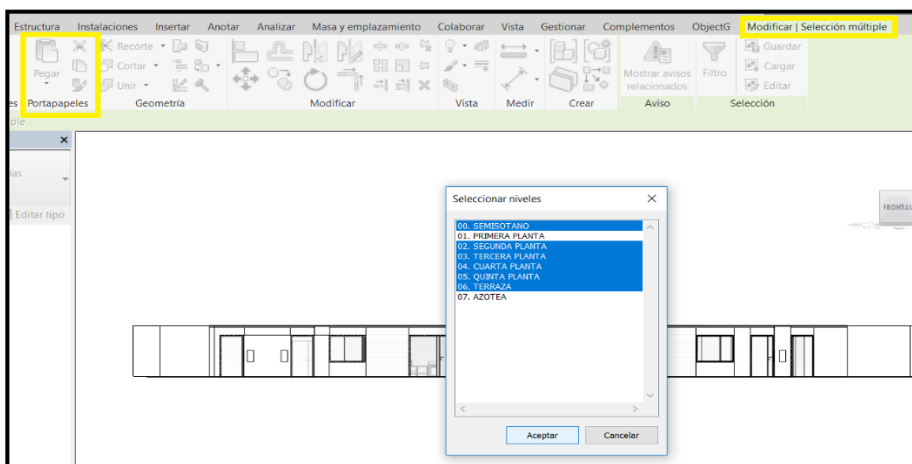
3.4. PEGADO ESPECIAL DE REVIT

Revit nos da la posibilidad de que un nivel se replique en cuantos niveles sean iguales en el proyecto, este proceso nos ayuda mucho para plantas típicas ya que solo tenemos que tener la certeza de modelar bien un nivel y replicarlo.

Primero tenemos que seleccionar todo el nivel modelado que queremos replicar, de ahí Revit por defecto nos muestra el menú de Modificar/Selección, nos dirigimos a portapapeles <> copiar en portapapeles <> pegar <> alineados con niveles seleccionados, de ahí nos aparecerá los niveles a los cuales queremos replicar, seleccionamos los niveles y aceptamos.

El programa tardará un poco y luego tendremos el modelo ya replicado con los niveles deseados.

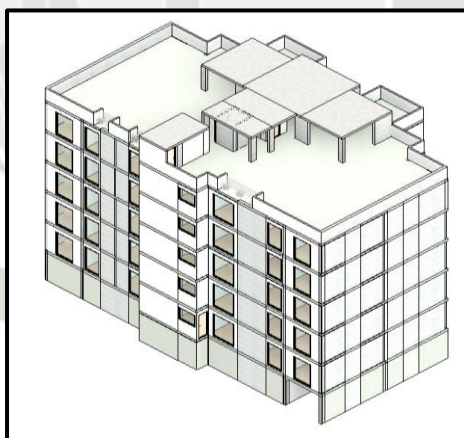
Figura N° 13 Cuadro de Selección Niveles



Fuente: Elaboracion propia

Al tener replicado los niveles típicos, se procede a modelar los niveles distintos de igual forma que ya describimos con anterioridad.

Figura N° 14 Modelo de Arquitectura Terminado



Fuente: Elaboracion propia



CAPÍTULO IV

4. DISEÑO DEL MODELO DE ESTRUCTURA SOFTWARE REVIT

4.1. PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

4.1.1. LOSAS

Para losas menores a los 7.00 m de luz libre, se recomienda utilizar losas aligerada en una dirección, en la cual el peralte debe cumplir con la siguiente fórmula para el caso más crítico.

$$h \geq \frac{L_n}{25}$$

Donde:

h = peralte de la losa

L_n = luz libre

$$h \geq \frac{6.05}{25} = 0.242$$

$$h \approx 25 \text{ cm}$$

4.1.2. VIGAS

Para dimensionar vigas principales tenemos que considerar las acciones de carga de gravedad y sismo, para este tipo de acciones hay criterios que la combinan, las cuales veremos a continuación.

$$h = \frac{L}{10} @ \frac{L}{25}$$

$$b = 0.30 * h @ 0.50 * h$$

Donde:

h = peralte de viga

L = luz libre de viga

b = base de viga

Utilizaremos los criterios más altos para desarrollar el Predimensionamiento de vigas, así tenemos:

$$h = \frac{495}{10} = 49.5 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

$$b = 0.5 * 50 = 25 \text{ cm}$$

El peralte de las vigas será de 50 cm y la base de las vigas será de 25 cm, también tendremos vigas chatas de 25 x 40 cm.

4.1.3. COLUMNAS

En el dimensionamiento de columnas, tomaremos el criterio de carga vertical, esto porque nuestra edificación tiene muros de corte, lo cual reduce considerablemente los momentos debido a cargas sísmicas en columnas.

Para este tipo de edificaciones se recomienda los siguientes criterios de dimensionamiento.

a. Columnas esquinadas:

$$Area = \frac{P_{(servicio)}}{0.35 * f'_c}$$

b. Columnas centrales

$$Area = \frac{P_{(servicio)}}{0.45 * f'_c}$$

Tabla N° 1 Predimensionamiento de columnas

PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS			
CONSIDERACION	TIPO	FORMULA	Ac = AREA DE COLUMNA
Para sistemas mixtos de pórticos y muros de corte	COLUMNA CENTRADA	$Ac = P_{servicio} / 0.45 * f'_c$	1225.04127
	COLUMNA EXCENTRICA Y ESQUINADA	$Ac = P_{servicio} / 0.35 * f'_c$	100.612245

EDIFICACION TIPO C

CALCULO $P_{servicio}$ COLUMNAS CENTRADA			
$P_{servicio} = P*A*N$		115766.4	
P	EDIFICACION TIPO A	1500	kgf / m ²
	EDIFICACION TIPO B	1250	kgf / m ²
	EDIFICACION TIPO C	1000	kgf / m ²
A	AREA TRIBUTARIA (m)	19.2944	
N	N° de pisos	6	
CALCULO $P_{servicio}$ COLUMNAS ESQUINADAS			
$P_{servicio} = P*A*N$		7395	
P	EDIFICACION TIPO A	1500	kgf / m ²
	EDIFICACION TIPO B	1250	kgf / m ²
	EDIFICACION TIPO C	1000	kgf / m ²
A	AREA TRIBUTARIA (m)	1.2325	
N	N° de pisos	6	

Fuente: Elaboracion propia

El anterior ejemplo es de las columnas más críticas que tenemos en nuestra edificación para las cuales tenemos para las columnas centrales dimensiones de 0.25 x 0.50 m y para las columnas esquinadas de 0.25 x 0.35 m, las cuales son igual o mayor al área de columna del predimensionamiento.

4.1.4. PLACAS

Es difícil dimensionar las placas, ya que estas absorben fuerza sísmica, es decir, entre más abundante e importante sea mayor fuerza sísmica absorbe lo cual alivia mucho a los pórticos.

Por ello se va considerar placas de 25 cm de espesor, también por ser el ancho de vigas.

4.2. MODELO DE ELEMENTOS ESTRUCTURA EN SOFTWARE REVIT

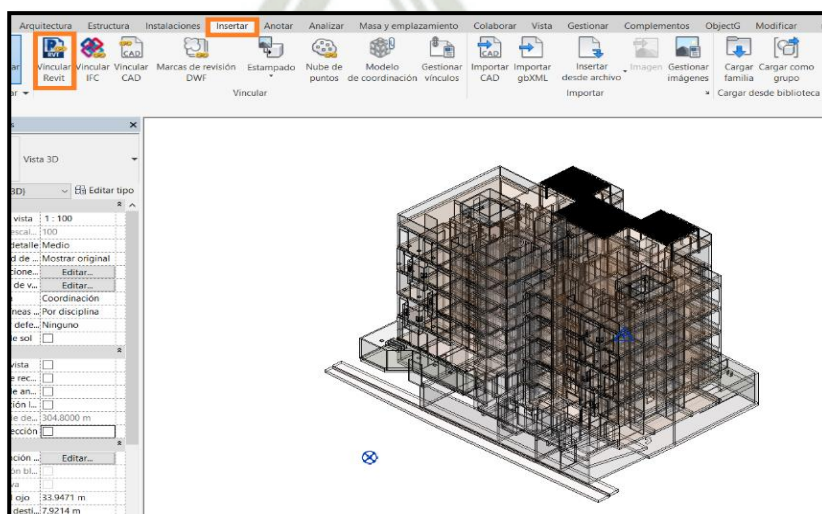
En Revit el modelado de elementos estructurales se puede generar mediante vincular el modelo arquitectónico, además nos podemos ayudar con el trabajo colaborativo que nos facilita mucho el inicio del proyecto de estructuras.

Para iniciar un proyecto de estructuras tendremos que crear un nuevo proyecto, pero en esta oportunidad, cargaremos la plantilla de estructuras, la cual contiene familias de tipos de columnas, vigas, losas, muros y lo que necesitamos para el modelado de estructuras.

4.2.1. VINCULAR MODELO ARQUITECTÓNICO

Para vincular el modelo arquitectónico iremos a la Cinta de Opciones <> Inserta <> Insertar Revit, en el cuadro de importar buscamos el modelo de arquitectura y en la opción posición le decimos al programa que lo pongo de origen a origen.

Figura N° 15 Vinculo del Modelo Arquitectónico



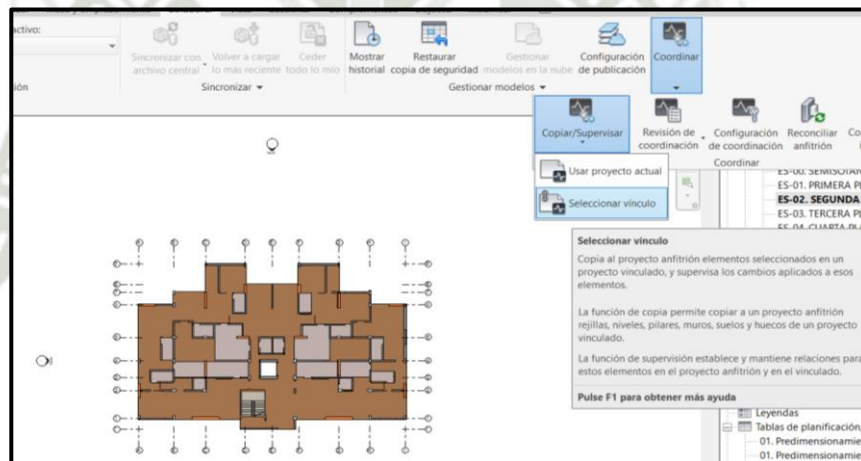
Fuente: Elaboracion propia

4.2.2. TRABAJO COLABORATIVO

Los proyectos con la metodología BIM se basan en trabajar con modelos de información para llegar a una meta coordinada en todo el proceso, el trabajo colaborativo de Revit nos permite desarrollar esta metodología, en si este es el paso más importante que muy pocos conocen.

En la Cinta de Opciones <> Colaborar <> Gestionar Proyectos <> Coordinación <> Copiar Y Supervisar <> Seleccionar Vinculo, luego seleccionamos el vínculo del modelo arquitectónico y tendremos que copiar los niveles del modelo arquitectónico, pero a estos niveles les restaremos 0.05 m por razón del piso terminado del modelo de arquitectura y daremos clic en finalizar. así tenemos el trabajo colaborativo de Revit.

Figura N° 16 Trabajo Colaborativo de Revit



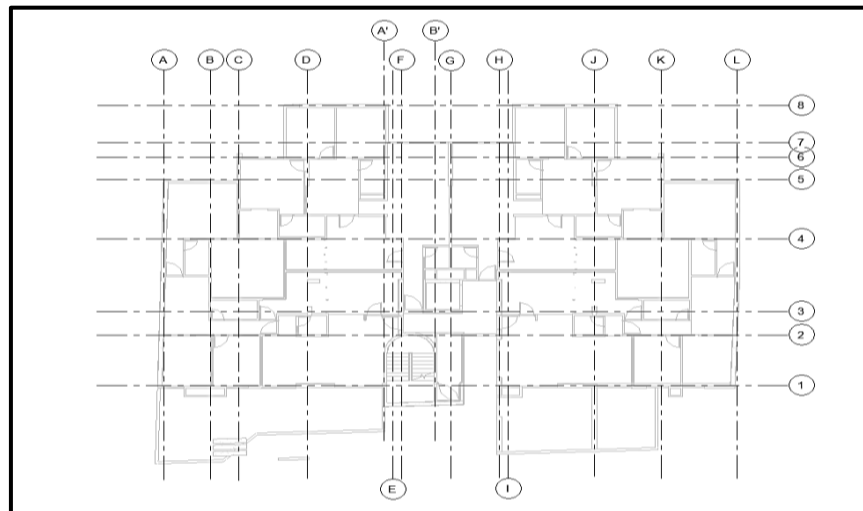
Fuente: Elaboración propia

4.2.3. GRILLADO DEL MODELO DE ESTRUCTURAS

En Revit crear las grillas es muy fácil solo necesitamos pulsar GR con las teclas o sino también en la Cinta de Opciones <> Disciplina Estructura <> Referencia <> Grilla, pero porque es importante, se debe a que el Software ETABS trabaja definiendo también grillas y así al exportarlo tendría la misma forma de modelar en ambos softwares.

Para los muros que son inclinados, al tener menos de 15° de inclinación lo podemos modelar rectos eso también nos facilita mucho el modelado de la estructura en el software ETABS.

Figura N° 17 Modelo de Grilla Disciplina Estructuras



Fuente: Elaboracion propia

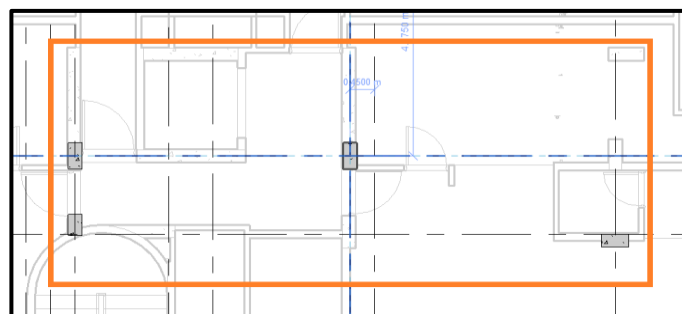
4.2.4. MODELO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

En la disciplina estructuras es donde debemos hacer el modelado estructural de todos los elementos, de no haber un tipo para los elementos estructurales, podemos replicar y modificar un tipo que se encuentra en la plantilla al igual que hicimos en el modelo arquitectónico con el tipo puerta.

4.2.4.1. Modelo de Columnas

El modelar columnas es simple en Revit, iremos a la Cinta de Opciones <> Disciplina Estructuras <> Estructura <> Pilar, en la paleta de propiedades escogemos el tipo columna de 50 x 25 cm centrales y esquinadas de 35 x 25 cm, en la parte superior del área de modelado nos pedirá la restricción del nivel superior, al tener los niveles modelados elegimos a partir de estos donde deseamos modelar, sin desfase tanto inferior como superior.

Figura N° 18 Modelo de Columnas



Fuente: Elaboracion propia

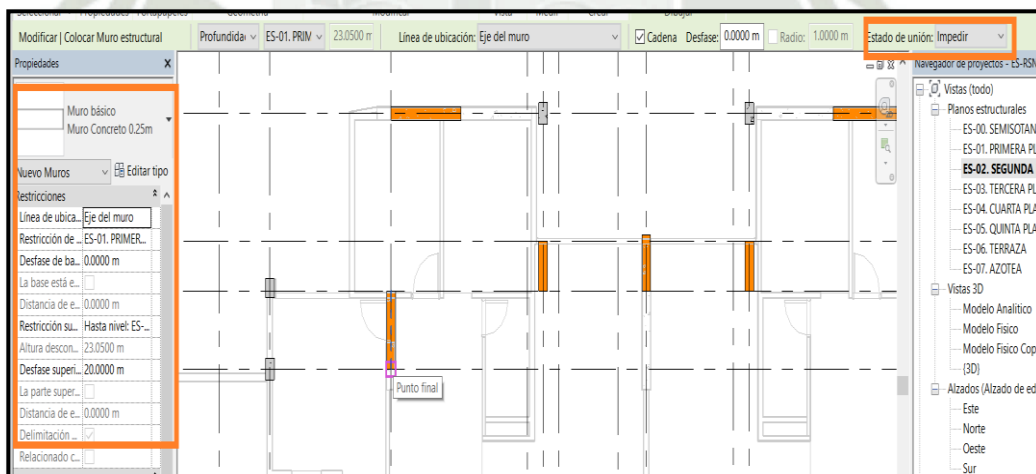
4.2.4.2. Modelo de Muros

Los muros en Revit están definidos en muros arquitectónicos y muros estructurales, los arquitectónicos tanto en la disciplina arquitectura como estructura los podemos modelar, esto permite Revit para poder metrar las cargas de muros arquitectónicos.

Para modelar un muro estructural, iremos a la Cinta de Opciones <> Disciplina Estructuras <> Estructura <> Muro <> Muro Estructural, en la paleta de propiedades escogemos el tipo muro estructural de espesor 25 cm, en este caso nos pedirá las restricciones de nivel y desfase tanto inferior como superior, en las restricciones de nivel podemos indicar de acuerdo a los niveles que tenemos ya modelados, en cambio el desfase es de acuerdo al modelo que deseamos hacer.

Para modelar nos pedirá una posición inicial y otra final, también indiquemos en la parte superior impedir unión, ya que, si hay continuación de muros, Revit asumirá un solo muro.

Figura N° 19 Modelo de Muros Estructurales

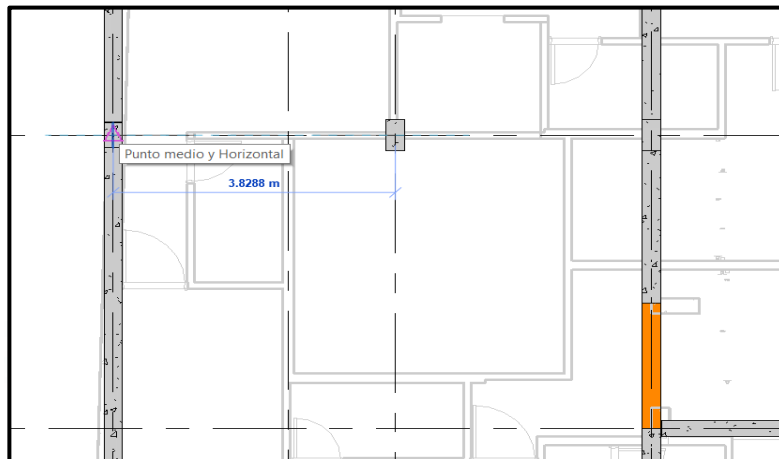


Fuente: Elaboracion propia

4.2.4.3. Modelo de Vigas

Tenemos el comando para modelar vigas en la Cinta de Opciones <> Disciplina Estructura <> Estructura <> Viga, en la paleta de propiedades elegimos el tipo de viga 40 x 25 cm, y solo tenemos que verificar que tenga unión tanto entre columna viga o muro estructural viga.

Figura N° 20 Modelo de Vigas Estructural

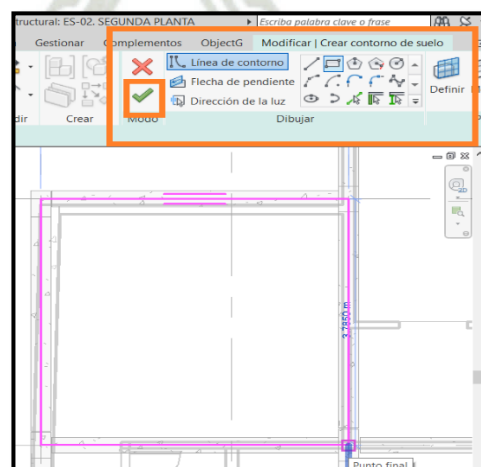


Fuente: Elaboracion propia

4.2.4.4. Modelo de Losa

Las losas en Revit se denominan suelo e igual a los muros podemos modelar tanto losa estructural como losa arquitectónica, para modelar vamos a la Cinta de Opciones <> Disciplina Estructura <> Estructura <> Suelo <> Suelo Estructural, nos va aparecer el menú de opciones de crear contorno de suelo donde podemos elegir cualquier opción para dibujar el boceto de la losa que ira entre mitades de viga y luego en la paleta de propiedades elegimos el tipo losa aligerada 1 sentido de 25 cm para desarrollar el boceto y dar en el check del menú de opciones de crear contorno.

Figura N° 21 Modelo de Boceto Suelo Estructural (Losa)



Fuente: Elaboracion propia

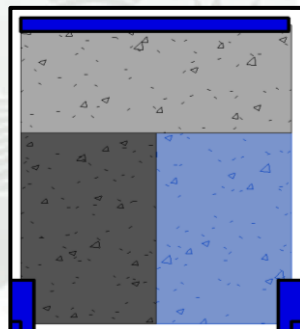
4.2.4.5. Modelo de Escalera

Las escaleras en la disciplina estructura no tiene opción directa para modelar por ello se utiliza suelos estructurales.

El tipo de suelos que vamos a utilizar son dos tipos distintos, uno para el descanso y otro para los tramos, en los tramos tenemos que sacar el equivalente en peso de los peldaños, garganta para tener una especie de rampa con los mismos ángulos, distancias y pesos que la escalera.

Modelamos desde la Cinta de Opciones <> Disciplina Estructura <> Estructura <> Suelo <> Suelo Estructural, primero en la paleta de propiedades elegimos el tipo descanso de escalera, dibujamos el boceto del descanso y damos check, luego en la paleta de propiedades elegimos el otro tipo de suelo para los tramos, dibujamos el boceto de los tramos y damos check, todo esto va estar en plano sin alturas.

Figura N° 22 Modelo de Escalera en Plano

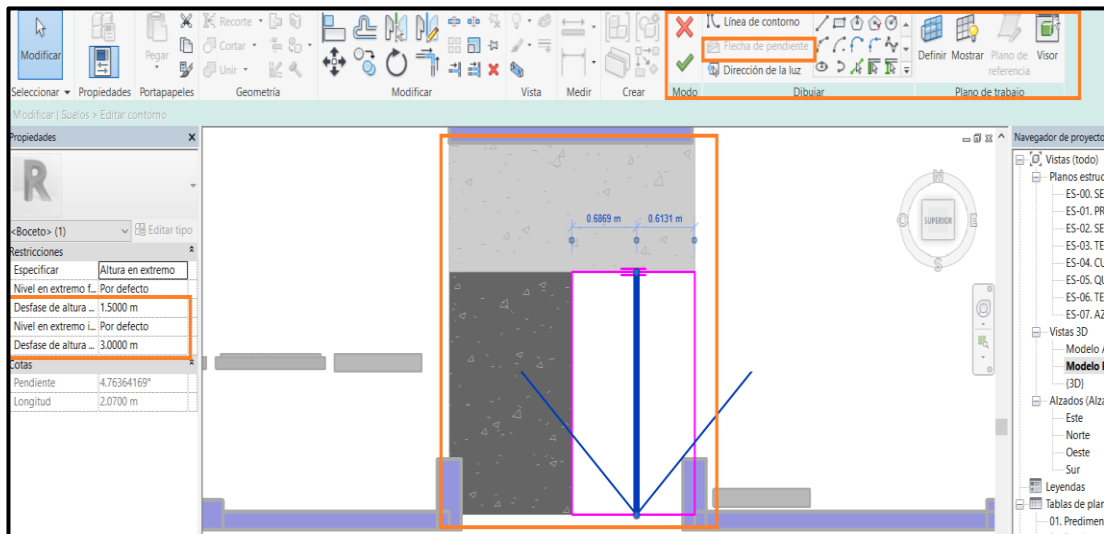


Fuente: Elaboracion propia

Para modelar la escalera con las alturas adecuadas, primero seleccionamos el descanso, luego en la paleta de propiedades en las restricciones en la opción desfase de altura ponemos la altura que en nuestro proyecto se encuentra a 1.525 cm desde el piso, luego para dar la inclinación a los tramos, seleccionamos los tramos por separado y en la cinta de opciones <> modificar suelo <> editar contorno, nos aparecerá el menú de opciones de editar contorno en el cual seleccionamos la opción flecha de pendiente, luego en el modelo del tramo de escalera le damos desde el punto inicial al punto final que deseamos la pendiente, nos aparecerá una flecha indicando la dirección de la pendiente la seleccionamos y en la paleta de propiedades nos mostrara las restricciones de dicha pendiente y le

ponemos las alturas que necesitamos y damos check para terminar el modelo.

Figura N° 23 Modelo de Pendientes en las Escaleras



Fuente: Elaboración propia

Una vez modelado los elementos estructurales, podemos hacer el copiado y pegado especial que describimos en la disciplina de arquitectura para plantas típicas y en las plantas que no lo son modelamos de igual forma ya descrita en esta disciplina de estructuras.

4.2.5. MODELO ANALÍTICO

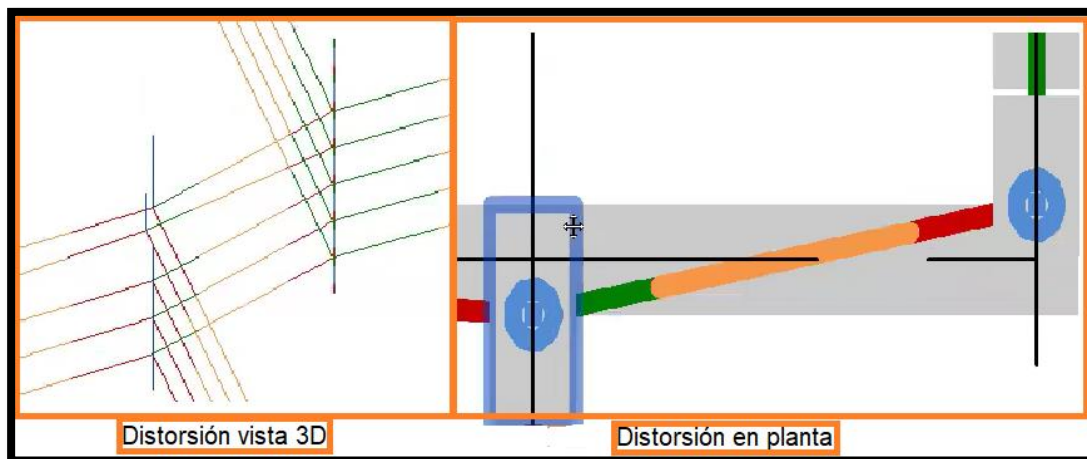
El modelo analítico, creado automáticamente por Revit al crear el modelo físico, se utiliza para realizar el diseño y el análisis estructural. Puede exportar el modelo analítico al software de diseño y análisis que para este proyecto es el software ETABS.

Pero este modelo no siempre es correcto ya que por defecto se crea de centro a centro de columnas las uniones de vigas y puede haber distorsiones entre el modelo físico y el modelo analítico.

Para ver el modelo analítico en planta tenemos que activar esta opción en la

parte inferior del cuadro de dibujo

Pero también Revit crea una vista en 3D del modelo analítico que se encuentra en el Navegador de Proyecto <> Vista <> Vista 3D <> Modelo Analítico.

Figura N° 24 Distorsiones entre Modelo Analítico y Modelo Físico

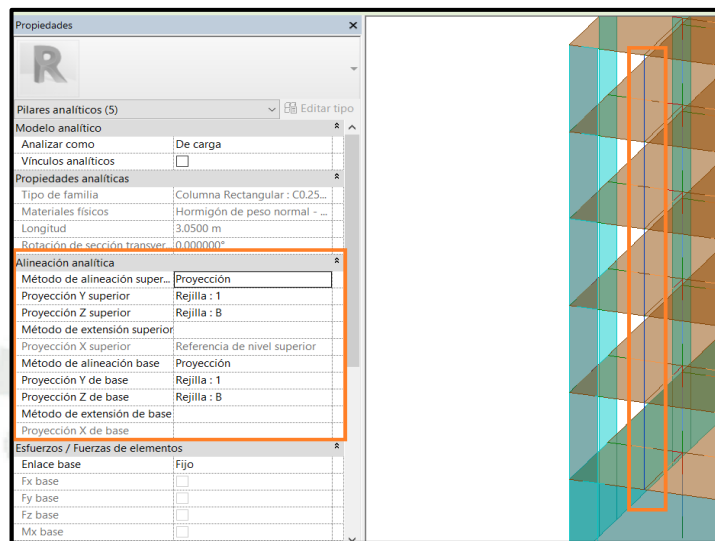
Fuente: Elaboración propia

He aquí la importancia de las grillas ya que podemos modificar estas distorsiones alineando el modelo analítico con las grillas que ya creamos en el proyecto. También al momento de importar al software ETABS como este programa trabaja con grillas tendremos el mismo lenguaje de modelar entre ambos softwares y permite tener el mismo alineamiento entre el modelo analítico y físico en el software Revit.

4.2.5.1. Alineación Modelo Analítico Columnas

Para alinear las columnas no solo necesitamos mover el modelo físico porque no funciona así, tenemos que seleccionar el modelo analítico en la vista 3D de las columnas que vamos alinear, en la paleta de propiedades en la opción alineación analítica nos aparecerá las opciones de método de alineación superior y de base las cuales por defecto tienen auto detectar, cambiamos ambos a proyección y se nos habilitará la proyección Y, Z tanto superior como en base, ahí elegimos las grillas que alberga a las columnas, tener en cuenta que si pones un orden en la proyección Y, Z superior este orden debe ser el mismo en la proyección Y, Z de la base.

Figura N° 25 Alineación Modelo Analítico Columnas

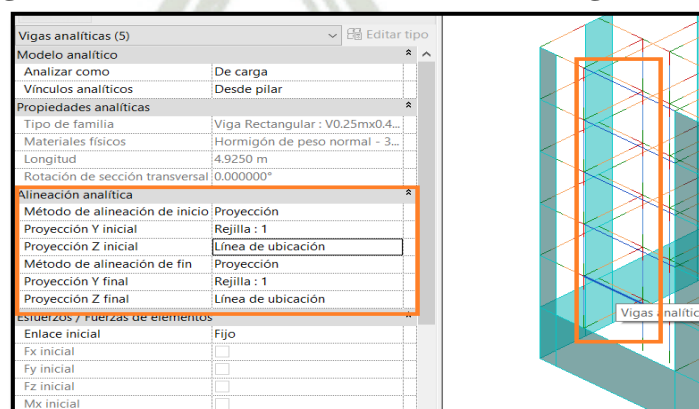


Fuente: Elaboracion propia

4.2.5.2. Alineación Modelo Analítico Vigas

Las vigas para alinearse con las grillas también las seleccionamos luego en la paleta de propiedades en la opción alineación analítica nos indica el método de alineación de inicio como fin, ambos auto detectado como nos indica al principio, cambiamos a proyección nos apertura la proyección Y, Z de inicio como fin, la única que modificamos es la proyección Y de inicio como fin con la grilla que le corresponde que debe ser la misma para ambos casos, esto porque la proyección Z es el lugar donde se ubica de acuerdo a los niveles que tenemos y esta tiene que coincidir con la línea de ubicación.

Figura N° 26 Alineación Modelo Analítico Vigas

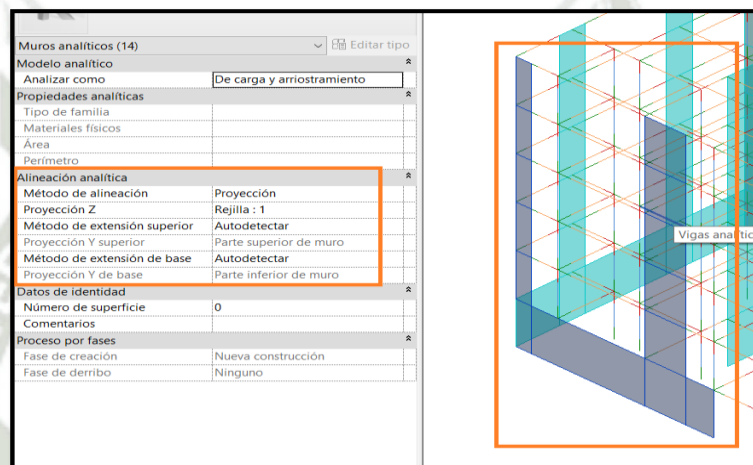


Fuente: Elaboracion propia

4.2.5.3. Alineación Modelo Analítico Muros

Los muros son más fáciles de alinear, al igual que las anteriores seleccionamos los muros que vamos alinear, en la paleta de propiedades, opción alineación analítica, nos indica el método de alineación que esta auto detectada e igual cambiamos a proyección, se nos apertura la opción de proyección Z que debemos elegir a la grilla que alberga al muro.

Figura N° 27 Alineación Modelo Analítico de Muros

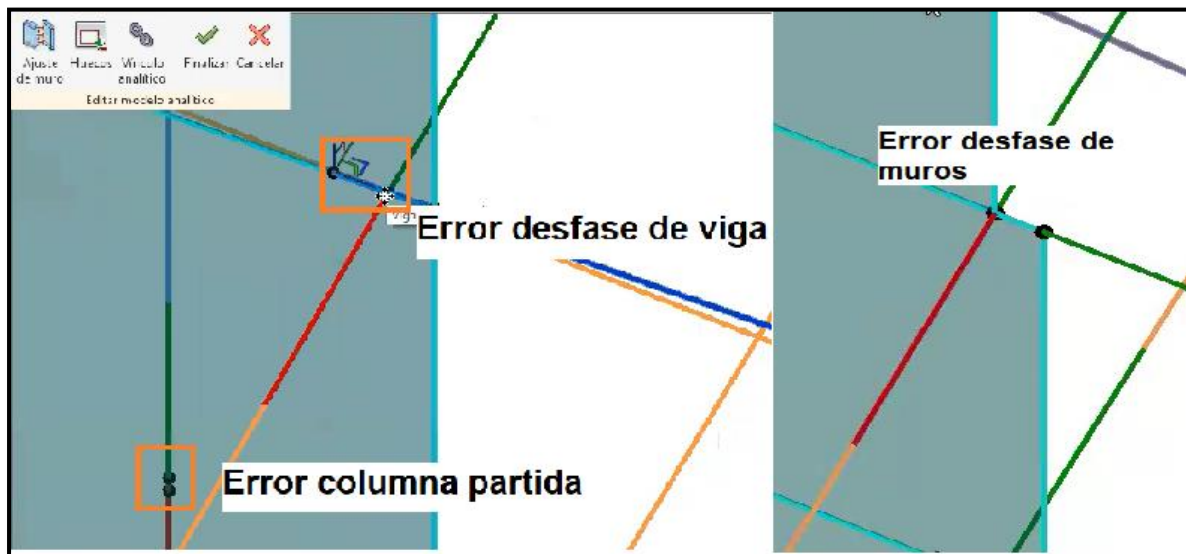


Fuente: Elaboracion propia

4.2.6. VERIFICACIÓN DE NODOS EN EL MODELO ANALÍTICO

En el modelado físico no siempre todo es perfecto esto porque cometemos errores diminutos que para el análisis puede ser muy grave, estos errores pueden ser milimétricos que no lo percibimos por eso también utilizamos la verificación de nodos que nos brinda Revit.

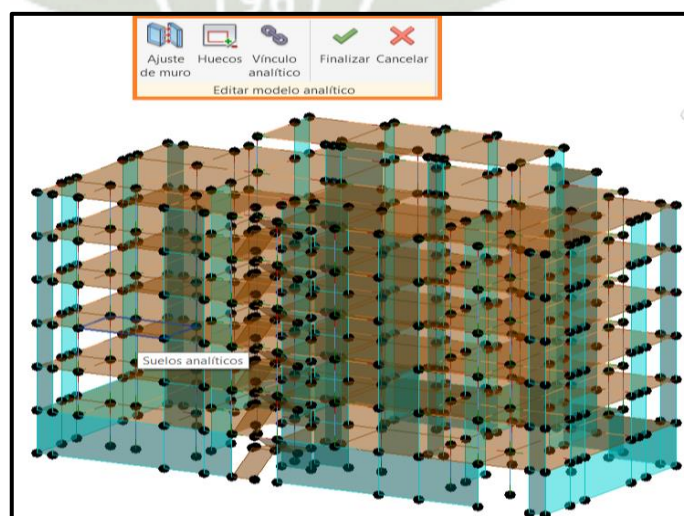
Figura N° 28 Errores que se percatan en los Nodos



Fuente: Elaboracion propia

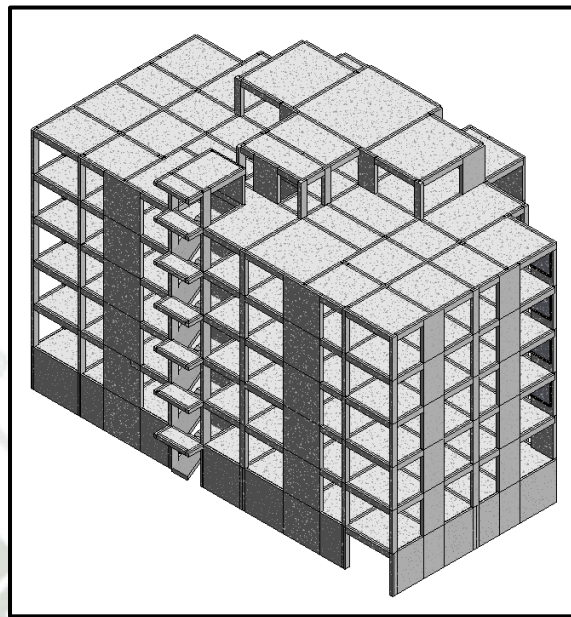
Para poder analizar los nodos iremos a la Cinta de Opciones <> Analizar <> Herramientas de Modelo Analítico <> Ajustar, nos mostrara el cuadro de Editar modelo analítico, para las columnas y vigas que estén errados con la opción de alineado de Revit las podemos alinear al nodo que deseamos que este y para muros usaremos la opción ajuste de muro del cuadro editar modelo analítico que no hace otra cosa que alinear los muros para que los errores de desfase que pueda haber lo corrija, luego de corregir los errores le daremos finalizar en el cuadro de Editar modelo analítico.

Figura N° 29 Modelo Analítico Alineado y Analizado por Nodos



Fuente: Elaboracion propia

Figura N° 30 Modelo 3D Estructuras

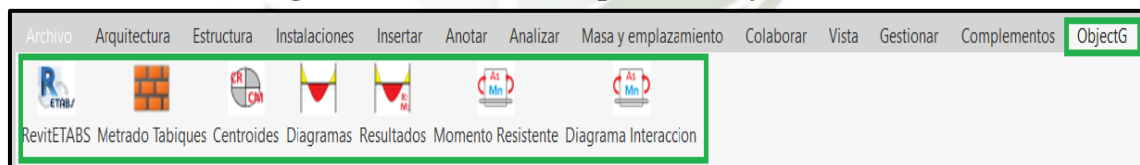


Fuente: Elaboracion propia

4.3. METRADO DE CARGAS EN SOFTWARE REVIT

El metrado de cargas en Revit no lo podemos hacer directamente, para metrar cargas debemos cargar un Addin al programa, que convierte el peso de muro en carga distribuida sobre viga o losa, esta Addin se llama ObjectG, nosotros al cargar el addin nos aparecerá en la cinta de opciones de Revit al seleccionar este Addin nos mostrará las siguientes opciones.

Figura N° 31 Menú de Opciones ObjectG.



Fuente: Elaboracion propia

- **RevitETABS:** importa/ exporta resultados con bidireccionalidad Revit-ETABS
- **Metrado de Tabique:** convierte el peso de un muro en carga.
- **Centroides:** dado un conjunto de elementos, calcula el centro de gravedad y rigidez.
- **Diagramas:** a partir de los resultados almacenados en el modelo analítico, se dibuja los diagramas correspondientes.

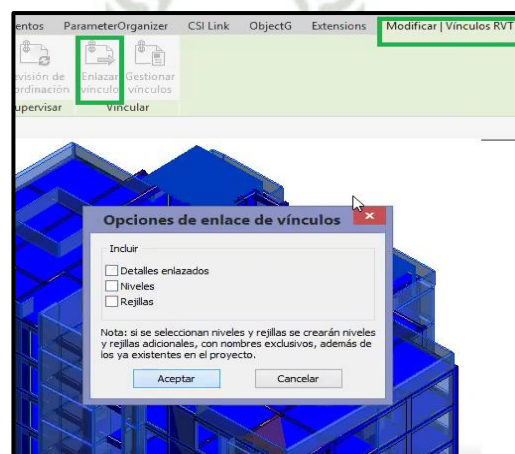
- **Resultados:** a partir de los resultados almacenados en el modelo analítico, se tabula los valores correspondientes.
- **Momento Resistente:** herramienta para comparar el momento resistente de las barras anotativas colocadas y el momento último.
- **Diagrama de Interacción:** es el diagrama del momento resistente.

Para metrar en Revit nosotros tenemos que preparar el modelo arquitectónico, con los parámetros que vamos a metrar, es decir, solo tener un modelo arquitectónico con muros puertas y ventanas, tener muy presente que las ventanas y puertas al ser albergadas por los muros generan aberturas que al no tener en cuenta estos elementos se vuelve muros solidos sin aberturas.

Para preparar el modelo arquitectónico seleccionamos el modelo y filtramos los muros, puertas y ventanas, luego suprimimos los demás elementos que no necesitamos.

Este nuevo modelo arquitectónico lo vinculamos con el modelo estructural, al cargar este proceso, seleccionamos el vínculo, nos aparecerá el cuadro de opciones de Modificar Vínculo RVT, donde nos dirigimos a la opción de Enlazar Vínculo, en el cual nos mostrara un cuadro de dialogo donde no marcamos ninguna de las opciones y aceptamos, esto nos va traer todos los elementos arquitectónicos que vinculamos con el objetivo principal de no modelar los elementos arquitectónicos nuevamente.

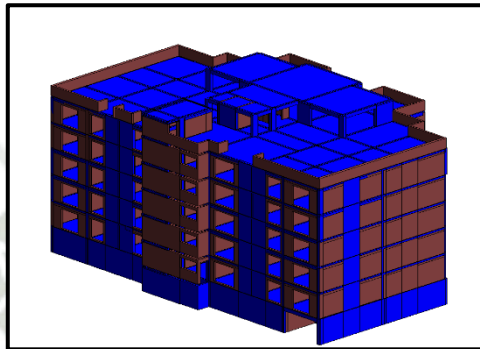
Figura N° 32 Enlazar Vinculo al Modelo Estructural



Fuente: Elaboracion propia

Una vez enlazado el vínculo al modelo estructural, este archivo, Revit lo toma como un Modelo de Grupo en conjunto, para tener los modelos desagrupados del conjunto, seleccionamos el Modelo de Grupo y nos mostrara el cuadro de Modificar Modelos de Grupo donde iremos a la opción desagrupar y así tendremos elemento por elemento.

Figura N° 33 Modelo Estructural con Muros Arquitectónicos



Fuente: Elaboracion propia

Finalmente, al tener el modelo ya listo para el metrado, empezamos a metrar los tabiques, iremos a la Cinta de Opciones <> ObjectG <> Exportación Importación <> Metrado de Tabiques, seleccionamos los tabiques a metrar y damos finalizar, nos abrirá un cuadro que nos indicara donde se albergara la carga si en una viga o losa, daremos aceptar y seleccionamos la viga o losa que albergará la carga, luego nos mostrara la carga del tabique en el elemento estructural seleccionado.

De preferencia se debe metrar en una vista 3D para estar seguro de la geometría de los tabiques, además si no está activada la opción de modelo analítico no se verá la carga del muro en la vista.

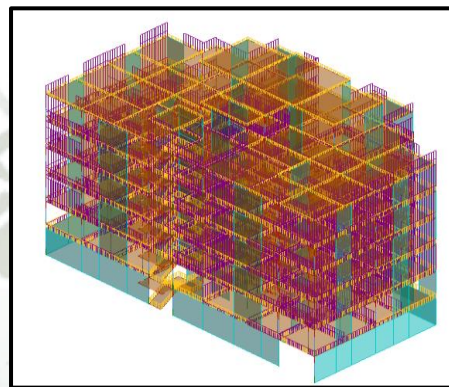
Una vez metrado toda la edificación, estas cargas no tienen un caso de carga, por lo cual en el panel de propiedades al seleccionar las cargas nos mostrara la opción caso de carga con la cual podemos indicar que es carga muerta (CM), al indicar esto las cargas cambiarán de color negro a morado lo que nos indica que la carga ya tiene un caso de carga designado.

Con la carga viva (CV) tiene otro tipo de designación, para ello iremos a la Cinta de Opciones <> Analizar <> Cargas <> Cargar Superficial Hospedada, en el panel de propiedades también nos brindara la opción de escoger el caso de carga a la cual seleccionaremos carga viva (CV), también en este mismo panel en la opción

fuerzas indicaremos en fz 1 el valor de la carga que para esta edificación es -200 kgf/m^2 , designamos la carga a todos los paños de la edificación.

Siempre es bueno revisar cada caso de carga, ya que de esto depende mucho el análisis de nuestra edificación, para ello podemos ir a nuestro modelo analítico y ver cómo funciona cada tipo de carga, si tiene la dirección correcta, el caso de carga es el indicado o simplemente si se ha medrado todo correctamente.

Figura N° 34 Modelo Analítico con las Cargas Designadas (CM y CV)



Fuente: Elaboracion propia

4.4. EXPORTACIÓN DE LA EDIFICACIÓN AL SOFTWARE ETABS 2016

la metodología BIM, más que un modelado y/o utilización de programas, es tener un modelo de información dinámico, el cual se pueda actualizar, gestionar y trabajar colaborativamente, al no tener Revit la plataforma que nos genere el cálculo estructural, el flujo de información que utilizaremos es de comunicación directa a través del complemento CSIXRevit 2018, que nos permite el cambio de información entre los softwares Revit y Etabs, con lo cual podremos desarrollar el cálculo estructural.

Para la exportación iremos a la Cinta de Opciones <> Complementos <> Herramientas Externas <> Exportar para crear nuevo Etabs, Safe o Sap 2000, nos abrirá la ventana de exportación de la cual seleccionamos todos los elementos que deseamos exportar y le daremos a ok y el complemento cargará todos los elementos del modelo analítico al finalizar aceptamos y nos pedirá guardar el modelo con una extensión exr.

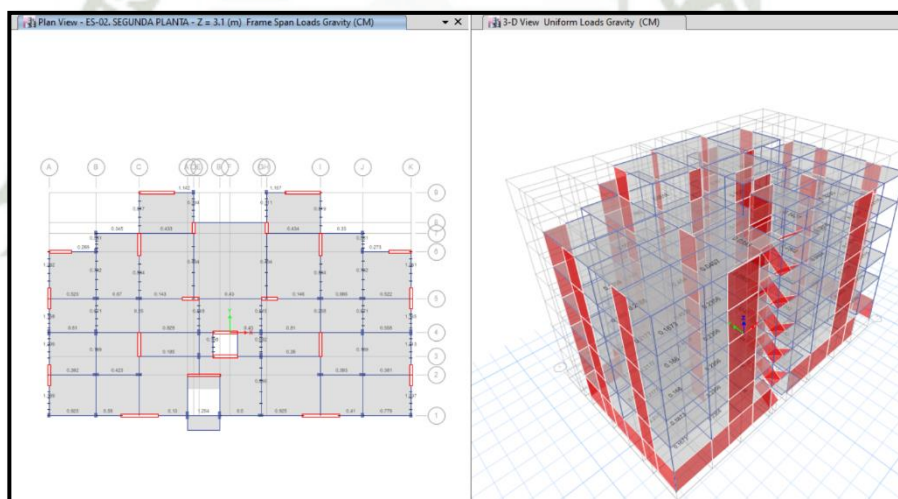
Abrimos el software Etabs 2016 e importaremos un modelo Revit estructural con extensión exr, seleccionamos el modelo guardado del complemento y nos abrirá

una ventana donde podemos cambiar los nombres de las elevaciones, grillas, con cuantos decimales queremos que exporte los datos y daremos aceptar, de ahí nos pedirá guardar el modelo, pero esta vez será como un modelo de Etabs.

Es recomendable verificar la exportación del modelo para estar seguros si esta toda la información que necesitamos para el cálculo estructural, para ello revisamos elevaciones, grillas, materiales, secciones, casos de cargas.

Para actualizar directamente desde Revit, el complemento también nos permite esta opción, ya no seleccionamos crear nuevo Etabs, si no exportar para actualizar Etabs que es la segunda opción, y en el documento ya abierto del modelo Etabs importamos lo actualizado.

Figura N° 35 Modelo Exportado Etabs



Fuente: Elaboracion propia



CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

5.1. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO SISMO RESISTENTE

La metodología para el desarrollo del diseño sismo resistente consiste en:

- Evitar pérdidas de vidas humanas
- Asegurar la continuidad de los servicios básicos
- Minimizar los daños de la propiedad

Se sabe que dar protección completa frente a todo tipo de sismo no es técnica ni económicamente factible, es por ello que en la norma E-030 del Diseño Sismorresistente nos presenta los siguientes principios:

- La estructura no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños importantes, debido a movimientos sísmicos calificados como severos para el lugar del proyecto.
- La estructura debería soportar movimientos del suelo calificados como moderados para el lugar del proyecto, pudiendo experimentar daños reparables dentro de límites aceptables.
- Para las edificaciones esenciales, se tendrán consideraciones especiales orientadas a lograr que permanezcan en condiciones operativas luego de un sismo severo. (Cáceres, Pichihua, 2020)

5.2. ANÁLISIS MODAL

Para el análisis modal debemos estimar el peso de la edificación que se calcula tomando la totalidad de la carga permanente más un porcentaje de la carga viva que se determina dependiendo de la categoría de la edificación, este proyecto es de categoría “C” por ello se tomara el 25% carga viva.

Con ello podemos realizar el análisis modal, para el cual daremos 3 grados de libertad por piso, teniendo en total 18 modos.

Se sabe que los tres primeros modos tienen mayor masa participativa, además que los dos primeros modos tienen que estar en translación y el tercero en rotación, sabiendo esto también podemos calcular los periodos de la edificación que a continuación de muestra:

Tabla N° 2 Análisis modal

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ
Modal	1	0.515	0.47	0.06	0.00	0.47	0.06	0.00	0.02	0.09	0.17
Modal	2	0.46	0.14	0.54	0.00	0.61	0.60	0.00	0.17	0.03	0.04
Modal	3	0.416	0.08	0.13	0.00	0.70	0.73	0.00	0.04	0.02	0.49

Fuente: Elaboracion propia

5.3. ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL

El análisis dinámico espectral considera para cada una de las direcciones horizontales analizadas un espectro inelástico de pseudo-aceleración definido por:

$$S_a = \frac{Z * U * C * S}{R} * g$$

Donde:

S_a = Aceleracion espectral

Z = Factor de zona

U = Factor de uso

S = Factor de suelo

C = Factor de amplificaiion sismica

R = Coeficiente de reduccion

g = Aceleracion de la gravedad

Para este proyecto los factores del peligro sísmico son los siguientes:

- $Z = 0.35$
- $S = 1.15$
- El factor de uso depende de la categoría que se designa a la edificación, este proyecto al ser una vivienda es de categoría “C” por lo tanto, $U = 1$,
- El cálculo del factor de amplificación sísmica depende del periodo de la edificación por lo que tenemos:

$$T < T_p = 0.6, \text{ por lo tanto } C = 2.5$$

- El coeficiente de reducción se define por:

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

Donde:

$R_0 =$ Coeficiente básico de reducción

$I_a =$ Irregularidad en altura

$I_p =$ Irregularidad en planta

El coeficiente básico de reducción al ser un sistema estructural de muros estructurales en ambas direcciones es: $R_0 = 6$

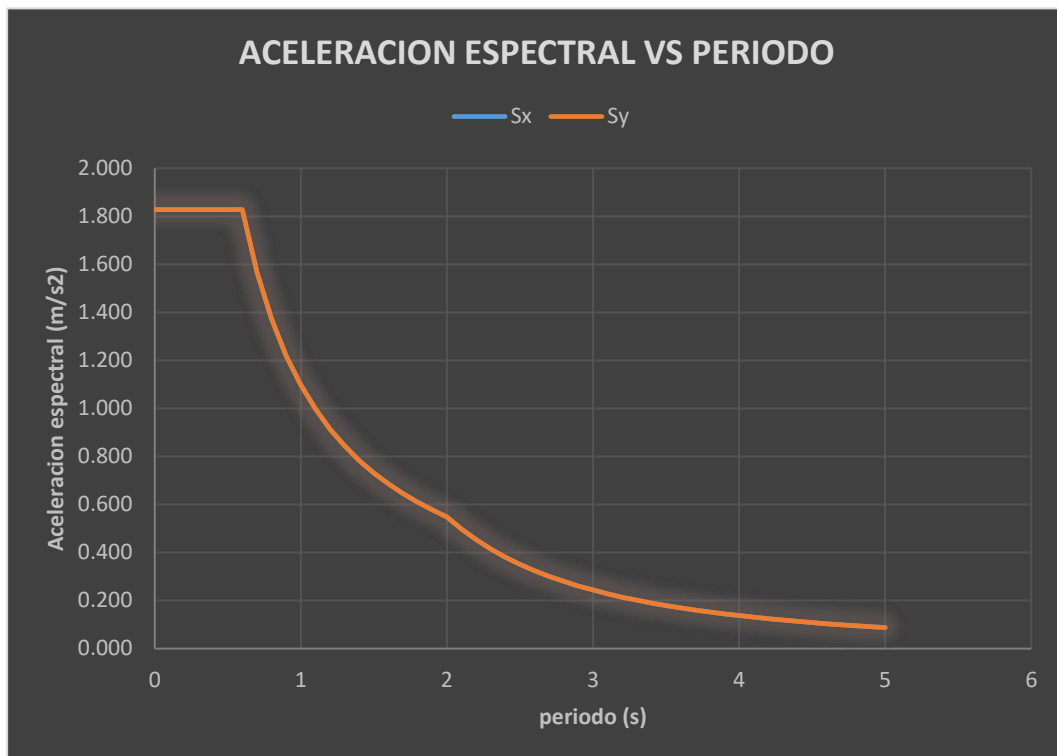
El cálculo de las irregularidades se detalla en los anexos, la edificación presenta irregularidad en planta de esquinas entrantes en ambas direcciones de análisis por lo cual los factores de irregularidad son: $I_a = 1$, $I_p = 0.9$.

Teniendo como Coeficiente de reducción $R = 6 * 1 * 0.9 = 5.4$

5.3.1. ESPECTRO INELÁSTICO DE PSEUDO-ACELERACIÓN

Con los factores ya definidos de la edificación, podemos realizar el espectro de diseño el cual determina “el coeficiente con el cual se debe diseñar las estructuras, buscando lograr un comportamiento elástico durante los sismos leves, cuya frecuencia de ocurrencia es alta y un comportamiento inelástico durante sismos severos cuya probabilidad de ocurrencia es menor” (Chávez, Ascencios, 2015).

Para esto en la fórmula de la Aceleración espectral, tomamos el factor de amplificación sísmica como variable, que depende de los periodos de la edificación, así tenemos el siguiente espectro de diseño:

Figura N° 36 Grafico del Espectro de Respuesta Norma E-030

Fuente: Elaboracion propia

5.3.2. FUERZA CORTANTE MÍNIMA

Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entre piso (no se considera sótanos) de la edificación, no podrá ser menor que el 90% del valor calculado para edificaciones irregulares. (Chávez, Ascencios, 2015)

En nuestra edificación no cumple con esta fuerza cortante mínima, por lo cual se escaló proporcionalmente todos los resultados obtenidos menos los desplazamientos.

Teniendo como factor de escala en la dirección X = 1.184 y en la dirección Y = 1.174.

5.3.3. DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS DE LA EDIFICACIÓN

Los desplazamientos calculados se multiplicarán por el 85% del coeficiente de reducción para estructuras irregulares, esto permite reducir la demanda de rigidez en la estructura. Es así que los desplazamientos reales se obtuvieron multiplicando por 4.59 los desplazamientos relativos. (Chávez, Ascencios, 2015)

De acuerdo a la Norma el máximo desplazamiento entre piso no deberá exceder de 0.007 para estructuras de concreto armado.

Tabla N° 3 Desplazamientos máximos de la edificación

Deriva XX							
Story	Load Case/Comb o	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
					m	m	m
TECHO6	DERIVA XX Max	X	0.003683	51	-2.9521	8.875	17.85
TECHO5	DERIVA XX Max	X	0.004576	37	4.4733	11.25	15.3
TECHO4	DERIVA XX Max	X	0.004988	37	4.4733	11.25	12.25
TECHO3	DERIVA XX Max	X	0.005084	54	-7.3021	11.25	9.2
TECHO2	DERIVA XX Max	X	0.004466	37	4.4733	11.25	6.15
TECHO1	DERIVA XX Max	X	0.002685	37	4.4733	11.25	3.1

Deriva YY							
Story	Load Case/Comb o	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
					m	m	m
TECHO6	DERIVA YY Max	Y	0.002350	8	7.3233	7.96	17.85
TECHO5	DERIVA YY Max	Y	0.003312	16	14.5892	6.51	15.3
TECHO4	DERIVA YY Max	Y	0.003955	117	14.5892	1.875	12.25
TECHO3	DERIVA YY Max	Y	0.004425	33	14.5892	3.575	9.2
TECHO2	DERIVA YY Max	Y	0.004265	16	14.5892	6.51	6.15
TECHO1	DERIVA YY Max	Y	0.002816	16	14.5892	6.51	3.1

Fuente: Elaboración propia



CAPÍTULO VI

6. DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Para el diseño de estructuras de concreto armado se realizará de acuerdo a lo establecido en la Norma, que nos indica desarrollar el método de Diseño por Resistencia, este método se caracteriza por ampliar las cargas actuantes y estudiar las condiciones de elemento en su esfuerzo último, para ello debemos tener las siguientes consideraciones importantes para un buen diseño sismo resistente:

- Para el Diseño por Flexión, debemos evitar la falla por compresión y buscar que nuestro elemento falle por tracción.
- En un elemento sometido a flexión y cortante, dar más capacidad al corte, para evitar su falla.
- Diseñar elementos continuos con cuantía de fierro tanto en compresión como en tracción para realizar una redistribución de los momentos y una adecuada ductilidad.
- En un elemento sometido a flexo compresión y cortante (muros y columnas), dar más capacidad por cortante que por flexión.

6.1. FACTORES DE CARGA

Los factores de carga tienen como propósito dar seguridad adecuada a la estructura, con lo cual la resistencia de diseño proporcionada a cada elemento sea la adecuada para su buen funcionamiento.

Por lo cual la resistencia requerida (U), debido a carga muerta (CM), carga viva (CV) y carga sísmica (CS) deberá ser:

$$U = 1.7 * CM + 1.4CV$$

$$U = 1.25 * (CM + CV) \pm CS$$

$$U = 0.9 * CM \pm CS$$

6.2. FACTORES DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA

Los factores de reducción Φ , toman en cuenta las inexactitudes del cálculo y las posibles fluctuaciones en la resistencia del material, las dimensiones de los elementos y la mala mano de obra, para ello se tienen los siguientes casos:

- Flexión sin carga axial, $\Phi = 0.90$
- Carga axial de tracción con o sin flexión, $\Phi = 0.90$
- Carga axial de compresión con o sin flexión, elementos con refuerzo espiral, $\Phi = 0.75$, otros elementos, $\Phi = 0.70$
- Corte y torsión, $\Phi = 0.85$
- Aplastamiento en el concreto, $\Phi = 0.70$. (Rueda, 2008)

6.3. DISEÑO DE LOSAS ALIGERADAS

Se tomará como ejemplo la losa aligerada entre los tramos 4 y 5, como se muestra en la figura:

Figura N° 37 Losa Aligerada Entre Tramos 4 y 5



Fuente: Elaboración propia

La carga a considerar para este caso será para cada vigueta con un ancho de 0.40 m, se ha tomado en cuenta el peso propio de la losa, el peso propio del piso terminado y la sobrecarga. (Carcausto, 2018)

- **Metrado para carga muerta (CM)**

$$\begin{aligned} \text{Peso propio losa aligerada } 25 \text{ cm} &= \left(0.35 \frac{\text{tnf}}{\text{m}^2}\right) * (0.40\text{m}) \\ &= 0.14 \text{ tof/m} \end{aligned}$$

$$\text{Peso propio piso terminado} = \left(0.10 \frac{\text{tnf}}{\text{m}^2}\right) * (0.40\text{m}) = 0.04 \text{ tof/m}$$

$$CM = 0.04 + 0.14 = 0.18 \text{ tonf/m}$$

- **Metrado para carga viva (CV)**

$$\text{Sobre carga} = \left(0.20 \frac{\text{tnf}}{\text{m}^2}\right) * (0.40\text{m}) = 0.08 \text{ tof/m}$$

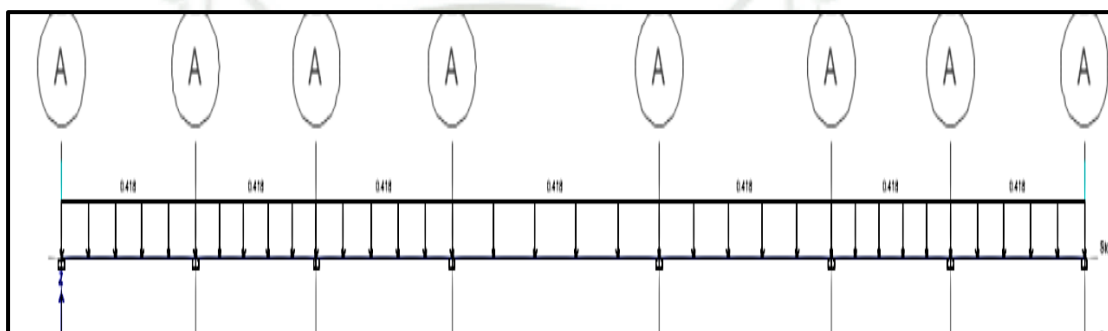
$$CV = 0.08 \text{ tonf/m}$$

Carga ultima por vigueta

$$U = 1.7 * CM + 1.4 * CV$$

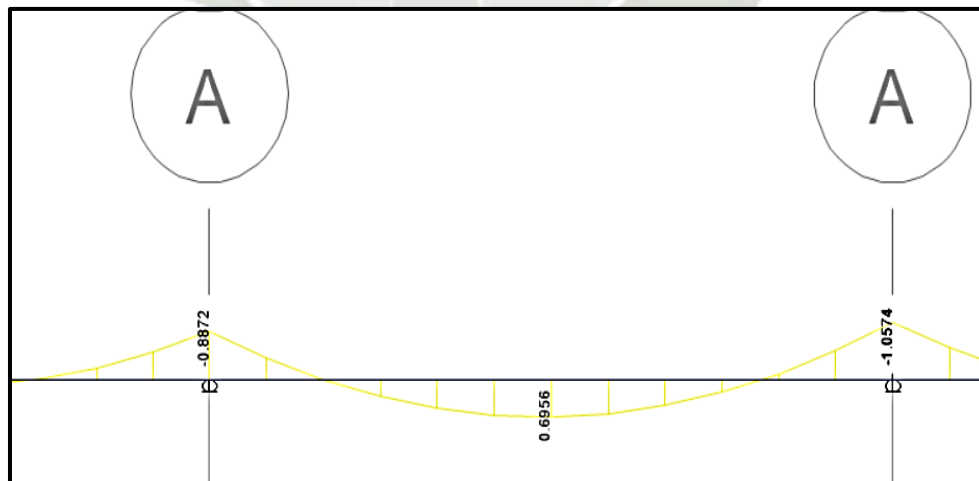
$$U = 1.7 * 0.18 + 1.4 * 0.08 = 0.418 \text{ tonf/m}$$

Figura N° 38 Modelo del Tramo de la Losa Aligerada



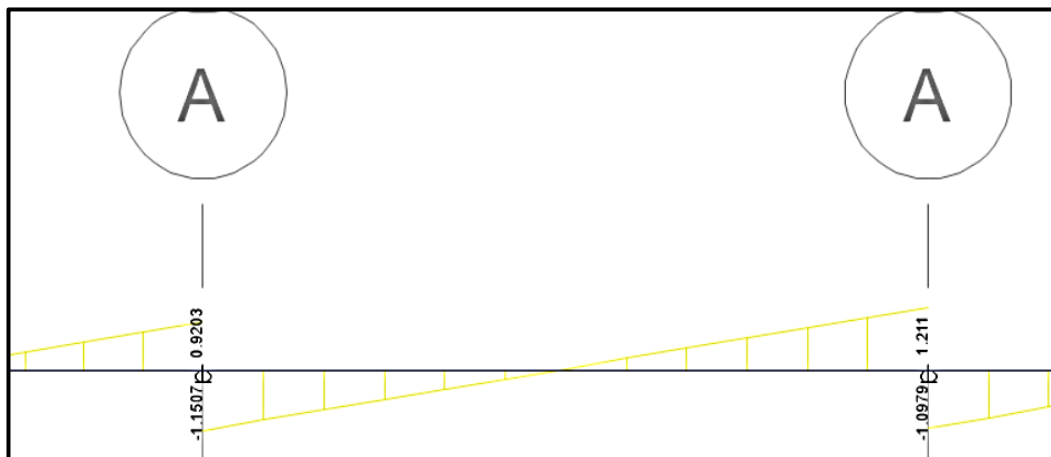
Fuente: Elaboracion propia

Figura N° 39 Momentos Sección más Crítica



Fuente: Elaboracion propia

Figura N° 40 Cortante Sección más Crítica



Fuente: Elaboracion propia

6.3.1. DISEÑO POR CORTE

Debe cumplir con la siguiente formula:

$$V_{cu} \leq V_c$$

Donde:

V_{cu} = *cortante ultima*

V_c = *cortante del concreto*

Para obtener el cortante del concreto debemos aplicar la siguiente formula:

$$V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f'c} * b_w * d$$

Para este proyecto:

b_w = *ancho de alma de la vigueta* = 10 cm

d = *peralte efectivo* = 22 cm

ϕ = 0.85

$f'c$ = 210 kgf/cm²

Realizando los calculo obtenemos

$$V_c = 1.436 \text{ tonf}$$

$$V_{cu} = 1.211 \text{ tonf}$$

Entonces cumplimos con la formula donde el cortante último es menor que el cortante del concreto.

6.3.2. DISEÑO POR FLEXIÓN

➤ Momento negativo

$$b_w = 10 \text{ cm}$$

$$d = 22 \text{ cm}$$

$$Mu = \text{momento ultimo analisis} = 1057.41 \text{ kgf/m}$$

$$a = d - \sqrt{d^2 - 2 * \frac{Mu}{0.85 * f'c * \phi * b_w}}$$

$$a = 22 - \sqrt{22^2 - 2 * \frac{1057.41}{0.85 * 210 * 0.9 * 10}}$$

$$a = 2.99 \text{ cm}$$

Área de acero requerida:

$$As = 0.85 * \frac{f'c * b * a}{f'y}$$

$$As = 0.85 * \frac{210 * 10 * 2.99}{4200}$$

$$As = 1.27 \approx 1\phi 1/2''$$

➤ **Cuantía mínima de temperatura**

“Para asegurar que el acero colocado provea un momento resistente mayor al momento de agrietamiento, la cuantía mínima que colocaremos será de 0.0018 tanto para acero de temperatura y fragua” (Chávez, Ascencios, 2015).

$$A_{s_{min}} = \rho_{min} * b * d$$

➤ **Momento positivo**

$$b_w = 40 \text{ cm}$$

$$d = 22 \text{ cm}$$

$$M_u = \text{momento ultimo analisis} = 695.63 \text{ kgf/m}$$

Área Comprimida

$$a = d - \sqrt{d^2 - 2 * \frac{M_u}{0.85 * f'_c * \phi * b_w}}$$

$$a = 22 - \sqrt{22^2 - 2 * \frac{695.63}{0.85 * 210 * 0.9 * 40}}$$

$$a = 0.49 \text{ cm}$$

Área de acero requerida:

$$A_s = 0.85 * \frac{f'_c * b * a}{f'_y}$$

$$A_s = 0.85 * \frac{210 * 40 * 0.49}{4200}$$

$$A_s = 0.833 \approx 1\phi 1/2''$$

➤ **Acero de temperatura**

$$A_{stem} = 0.0018 * 100 * 5$$

$$A_{stem} = 0.9 \text{ cm}^2$$

La separación requerida será tomando un $\emptyset 3/8''$ y tenemos:

$$S = \frac{Av}{As} = \frac{0.71}{0.9} = 0.78$$

Según nuestra norma la máxima separación que podemos tener es de cinco veces el espesor de la losa, por lo tanto, el espaciamiento para el acero de temperatura será:

Usar $1\emptyset 3/8'' @ 25 \text{ cm}$

6.4. DISEÑO DE VIGAS

Las vigas por estar sometidas a cargas perpendiculares a su plano, tendrán esfuerzos de flexión y corte.

6.4.1. DISEÑO POR FLEXIÓN

Para el diseño por flexión debe basarse en las siguientes hipótesis, y deben satisfacer las condiciones de equilibrio y compatibilidad de deformación.

- Las deformaciones unitarias en el refuerzo y en el concreto deben suponerse directamente proporcionales a la distancia desde el eje neutro.
- La máxima deformación unitaria utilizable del concreto ϵ_c , en la fibra superior sometida a compresión, se asumirá igual a 0.003.
- El concreto a tracción tiene una resistencia mínima, por lo cual se asume que el acero toma el total de fuerza a tracción. (Guillermo, 2019)
- El área en compresión del bloque se conoce como:

$$a = \beta_1 * c$$

6.4.2. DISEÑO DE VIGA RECTANGULAR SOMETIDA A FLEXIÓN

El diseño de una viga rectangular sometida a flexión puede darse de dos maneras: que sea una viga simplemente reforzada o una viga doblemente

reforzada, esto lo podemos verificarlo mediante los valores permitidos por diseño de flexión para una viga simplemente reforzada que son las siguientes:

$$\rho_b = \frac{0.85 * f'c}{f'y} * \left(\frac{0.003 * k1}{\varepsilon_y + 0.003} \right)$$

$$\rho_{max} = 0.75 * \rho_b$$

$$w_{max} = \rho_{max} * \frac{f'y}{f'c}$$

$$Ku_{max} = \phi * f'c * w_{max} * \left(1 - \frac{w_{max}}{1.7} \right)$$

$$\rho_{min} = 0.7 * \frac{\sqrt{f'c}}{f'y}$$

Para los siguientes datos, calcularemos los valores máximos permitidos para una viga simplemente reforzada:

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

$$f'y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$$

$$Ec = 15000 * \sqrt{f'c} = 217370.65 \text{ kgf/cm}^2$$

$$Es = 2000000 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\phi = 0.9$$

$$k1 = 0.85$$

$$\varepsilon_y = \frac{f'y}{f'c} = 0.021$$

Para estos datos tenemos:

$$\rho_b = 0.021$$

$$\rho_{max} = 0.016$$

$$w_{max} = 0.0319$$

$$Ku_{max} = 48.948 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$\rho_{min} = 0.00242$$

6.4.2.1. Diseño de la viga V-16 (0.25 x 0.50) cm

Datos del análisis

Cuadro N° 4 Diseño de la viga V-16 (0.25 x 0.50) cm

momento negativo			momento positivo		
Mu inicio	Mu medio	Mu final	Mu inicio	Mu medio	Mu final
1442337.57	0.00	1438031.97	0.00	1016352.90	0.00

Fuente: Elaboracion propia

Calculamos los valores de verificación momento positivo:

$$d = h - 1 \text{ (para dos capas)}$$

$$Ku = \frac{Mu}{b_w * d^2} = \frac{1016352.90 \frac{kgf}{cm}}{25 * 34^2} = 35.168 \frac{kgf}{cm^2}$$

De acuerdo al calculo $ku < ku_{max}$, por lo tanto, la viga será simplemente reforzada.

Calculemos el área de acero:

$$\omega = 0.8475 - \sqrt{0.7182 - \frac{1.695 * Mu}{\phi * f'c * b_w * d^2}}$$

$$\omega = 0.8475 - \sqrt{0.7182 - \frac{1.695 * 1016352.90}{0.9 * 210 * 25 * 34^2}} = 0.2128$$

$$\rho = \frac{\omega * f'c}{f'y}$$

$$\rho = 0.0106$$

$$As = \rho * b_w * d$$

$$As = 9.04 \text{ cm}^2 \approx 2\emptyset 5/8" + 2\emptyset 3/4"$$

Calculamos los valores de verificación momento negativo:

$$d = h - 6 \text{ (para una capas)}$$

$$Ku = \frac{Mu}{b_w * d^2} = \frac{1442337.57 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}}}{25 * 34^2} = 60.035 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

De acuerdo al calculo $ku > ku_{max}$, por lo tanto, la viga será doblemente reforzada.

Calculemos el área de acero:

$$d = h - 9 \text{ (para dos capas)}$$

$$Mu = Mu_{max} + Mr$$

$$Mu_{max} = ku_{max} * b_w * d^2$$

$$Mu_{max} = 48.948 * 25 * 31^2 = 1175976.83 \text{ kgf/cm}$$

$$As_{max} = \rho_{max} * b_w * d$$

$$As_{max} = 0.016 * 25 * 31 = 12.35 \text{ cm}^2 \approx 2\emptyset 5/8" + 3\emptyset 3/4"$$

$$Mr = Mu - Mu_{max}$$

$$d' = 6 \text{ (para una capa)}$$

$$A's = \frac{Mu - Mu_{max}}{\emptyset * f'y * (d - d')}$$

$$A's = \frac{1442337.57 - 1175976.83}{0.9 * 4200 * (31 - 6)}$$

$$A's = 2.82 \text{ cm}^2 \approx 1\emptyset 3/4"$$

6.4.3. DISEÑO POR CORTANTE EN VIGAS

Para el diseño por cortante en vigas tenemos que ser más cuidadosos, ya que nuestra viga la diseñamos para que pueda fallar por flexión mas no por corte, por eso la resistencia a corte tiene que ser mayor que la resistencia a flexión.

La Norma peruana E- 060, en el capítulo de requisitos mínimos para el diseño sísmico, nos da valores mínimos de separación en una zona denominada confinamiento, esta distancia es el doble del peralte de la viga.

La distancia de separación dentro de la zona de confinamiento no debe superar los siguientes valores:

- El peralte efectivo entre 4, pero no necesariamente menor de 15 cm
- Diez veces el diámetro menor de la barra de refuerzo a flexión
- Veinticuatro veces el diámetro de la barra del estribo
- La separación máxima sea 30 cm

Para comprobar estos requisitos podemos hacer uso de la siguiente formula:

$$Vu < \phi * Vn$$

Donde la cortante nominal será igual a:

$$\phi * Vn = \phi * (Vc + Vs)$$

También tenemos para la cortante de acero y concreto las siguientes formulas:

$$Vs = \frac{Av * f'y * d}{S}$$

$$Vc = \phi * 0.53 * \sqrt{f'c} * bw * d$$

6.4.3.1. Diseño de la viga V-16 (0.25 x 0.40) cm

Cuadro N° 5 Diseño de la viga V-16 (0.25 x 0.40) cm

DISEÑO DE VIGA POR CORTANTE			
Siempre se utiliza la cortante 2-2 del etabs			
f'c	210 kgf/cm ²	f'y	4200 kgf/cm ²
b	25 cm	Vu	18.97 tnf
h	40 cm	Av (area estribo)	0.71 cm
Φ	0.85	diametro barra longitudinal	1.59 cm
N° de capas	1		
d	34 cm		
Vc	6.528 tnf		
Vs	15.789 tnf		
S	12.843 cm		
REQUISITOS MINIMOS PARA DISEÑO SISMICO CORTANTE NORMA E-060			
Zona de confinamiento debe ser igual a 2 veces el peralte			
El espaciamiento en la zona de confinamiento no debe ser mayor al menor valor de:			
la cuarta parte del peralte efectivo no necesariamente >15 cm			8.5 cm
diez veces el diametro menor de la barra longitudinal			15.9 cm
veinticuatro veces el diametro de estribo			17.04 cm
300 mm			30 cm
distancia minima separacion zona confinamiento			10 cm
distancia separacion fuera zona de confinamiento			20 cm
COMPROBAR NORMA			
Vs zc	20.28 tnf	Vs fzn	10.14 tnf
Φ*Vn zc	22.79 tnf	Φ*Vn fzc	14.17 tnf
COMPROBAR Vu < ΦVn "ZC"		COMPROBADO	

Fuente: Elaboracion propia

Distribución de estribos será:

1 @ 5, 7 @ 10, resto a 20 cm.

6.5. DISEÑO DE COLUMNAS

Las columnas a diferencia de las vigas, se diseñan por flexo compresión, este diseño está basado en el diseño por resistencia, donde la demanda sísmica debe ser menor a la resistencia de la columna por un factor de seguridad.

6.5.1. DIAGRAMA DE INTERACCIÓN

La resistencia de la columna se halla mediante el diagrama geométrico de la resistencia tanto para flexión y compresión, este diagrama depende de la cuantía de acero y la geometría de la columna a diseñar.

Para empezar el diseño de columnas, suponemos una cuantía que puede estar entre 1 y 6 % del área bruta de la columna, para un diseño económico nuestra cuantía tiene que ser entre 1 a 3 %.

Los valores de la demanda sísmica serán pares ordenados que dependen del momento ultimo (Mu) y la fuerza axial ultima (Pu), este valor de la demanda sísmica si se encuentra dentro del diagrama, la cuantía de acero estará bien de

lo contrario debemos aumentar, es mejor aumentar el área geométrica de la columna antes que aumentar la cuantía.

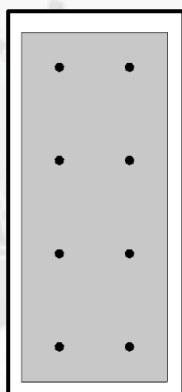
El diagrama de interacción con el cual diseñamos está afectado por un factor de reducción $\phi = 0.90$.

6.5.2. DISEÑO DE LA COLUMNA C-5 A FLEXOCOMPRESIÓN

Al ser complicado el diseño del diagrama de interacción, podemos utilizar los valores del programa Etabs 2016 y así construir el diagrama, este diagrama ya no será en el plano si no será un diagrama en volumen dependiendo del eje neutro el cual rotará.

Los valores con los cuales diseñaremos serán de 0° a 180° y 90° a 270° .

Figura N° 41 Columna C-5 (25 x 50) cm



Fuente: Elaboración propia

Esta columna como podemos ver en la imagen consta de 8 aceros los cuales se distribuyen en 4 $\phi 5/8''$ y 4 $\phi 3/4''$, con lo cual tenemos una cuantía del 1.55 % del área de la columna.

Para esta distribución geométrica y de cuantía tenemos los siguientes puntos para el diagrama de interacción.

Cuadro N° 6: Pares Ordenados Diagrama de Interacción Columna

PUNTOS	M33		M33		PUNTOS	M22		M22	
	0°		180°			90°		270°	
	ϕP_n	ϕM_n	ϕP_n	ϕM_n		ϕP_n	ϕM_n	ϕP_n	ϕM_n
1	160.9826	0	160.9826	0	1	160.9826	0	160.9826	0
2	160.9826	4.8862	160.9826	-4.8862	2	160.9826	2.6671	160.9826	-2.6671
3	160.7113	7.4052	160.7113	-7.4052	3	157.1838	4.1022	157.1838	-4.1022
4	145.2359	9.6122	145.2359	-9.6122	4	141.744	5.2262	141.744	-5.2262
5	129.0089	11.4262	129.0089	-11.4262	5	124.4813	6.2107	124.4813	-6.2107
6	112.2432	12.8438	112.2432	-12.8438	6	106.0327	7.0067	106.0327	-7.0067
7	93.4849	13.9803	93.4849	-13.9803	7	85.1719	7.6141	85.1719	-7.6141
8	72.4696	14.8825	72.4696	-14.8825	8	59.6468	8.0321	59.6468	-8.0321
9	56.9781	14.5882	56.9781	-14.5882	9	48.274	7.5794	48.274	-7.5794
10	39.8564	14.0354	39.8564	-14.0354	10	35.9874	6.924	35.9874	-6.924
11	25.1087	12.741	25.1087	-12.741	11	22.1018	6.0132	22.1018	-6.0132
12	7.5329	12.4956	7.5329	-12.4956	12	7.1666	5.7175	7.1666	-5.7175
13	-11.6243	10.2742	-11.6243	-10.2742	13	-24.5075	3.5525	-24.5075	-3.5525
14	-37.8374	4.9891	-37.8374	-4.9891	14	-48.7947	1.3756	-48.7947	-1.3756
15	-60.4799	0	-60.4799	0	15	-60.4799	0	-60.4799	0

Fuente: Elaboracion propia

Del análisis estructural tendremos los siguientes datos con los cuales haremos los combos de diseños para tener los pares ordenados tanto para la dirección X como Y.

Cuadro N°7 Momentos y fuerzas de la columna, programa Etabs

Load Case/Combo	Station	P	V2	V3	T	M2	M3
CM	0	-25.708	-1.2101	-0.8155	-0.0012	-1.1045	-1.6125
CV	0	-3.7949	-0.2096	-0.1021	-0.0002	-0.137	-0.283
SX Max	0	14.2578	2.1144	1.7424	0.1616	2.4415	2.9888
SY Max	0	6.0833	2.1758	0.9786	0.07	1.3679	3.1086
	DEAD	25.708					
	LIVE	3.7949					

Fuente: Elaboracion propia

Para la carga viva y carga muerta en la fuerza axial cambiaremos los signos, debido a que el programa toma diferente los sentidos en la carga.

Para estas cargas calculamos los combos de diseño:

Para desarrollar los puntos de demanda sísmica en las direcciones de diseño, tomamos para la dirección X, la fuerza axial con el momento M3 y para la dirección Y, la fuerza axial con los momentos M2.

Así tenemos:

Cuadro N° 8 Combos de diseño (demanda sísmica)

SISXX				
	COMBOS	P	M2	M3
	1.4CM+1.7CV	42.44253	-1.7792	-2.7386
SISXX POSITIVO	1.25*(CM+CV)+SISXX	51.136425	0.889625	0.619425
	1.25*(CM+CV)-SISXX	22.620825	-3.993375	-5.358175
	0.9CM+SISXX	37.395	1.44745	1.53755
	0.9CM-SISXX	8.8794	-3.43555	-4.44005
SISXX NEGATIVO	1.25*(CM+CV)+SISXX	51.136425	-0.889625	-0.619425
	1.25*(CM+CV)-SISXX	22.620825	3.993375	5.358175
	0.9CM+SISXX	37.395	-1.44745	-1.53755
	0.9CM-SISXX	8.8794	3.43555	4.44005

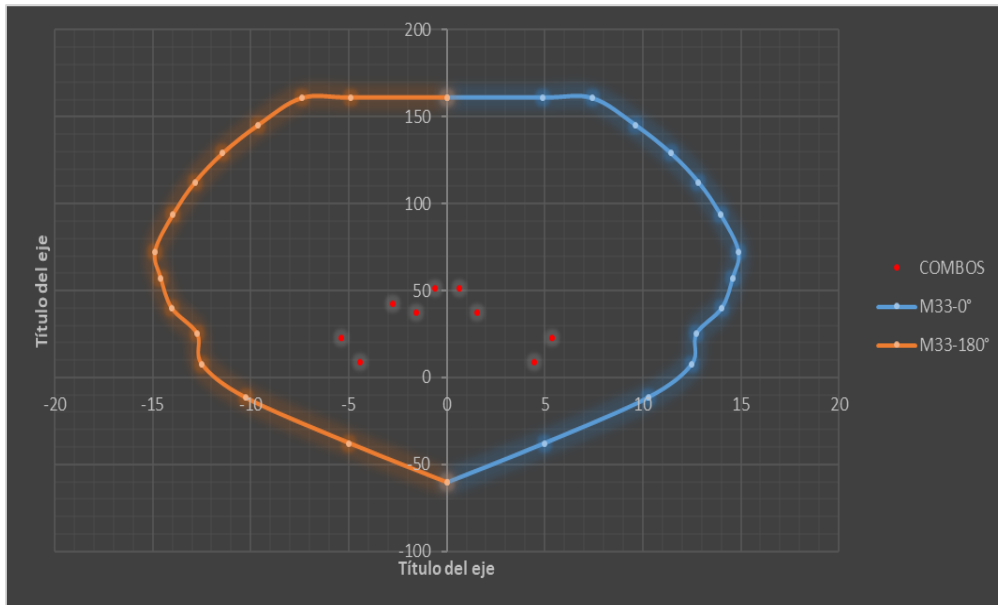
SISYY				
	COMBOS	P	M2	M3
	1.4CM+1.7CV	42.44253	-1.7792	-2.7386
SISYY POSITIVO	1.25*(CM+CV)+SISYY	42.961925	-0.183975	0.739225
	1.25*(CM+CV)-SISYY	30.795325	-2.919775	-5.477975
	0.9CM+SISYY	29.2205	0.37385	1.65735
	0.9CM-SISYY	17.0539	-2.36195	-4.55985
SISYY NEGATIVO	1.25*(CM+CV)+SISYY	42.961925	0.183975	-0.739225
	1.25*(CM+CV)-SISYY	30.795325	2.919775	5.477975
	0.9CM+SISYY	29.2205	-0.37385	-1.65735
	0.9CM-SISYY	17.0539	2.36195	4.55985

Fuente: Elaboracion propia

Al tener todos estos valores podemos realizar nuestro diagrama de interacción, con los puntos de la demanda sísmica.

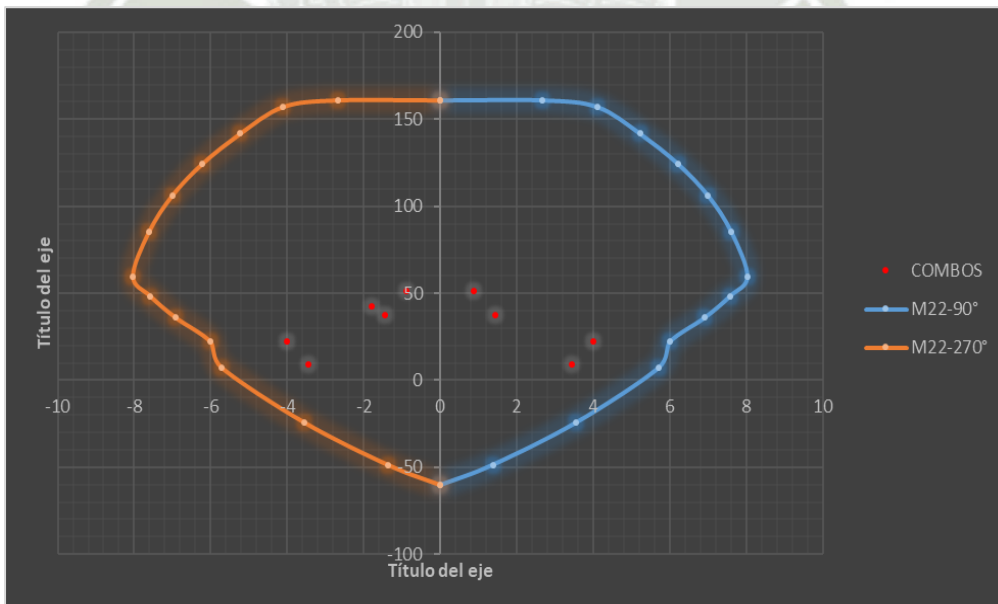
➤ **Dirección X**

Figura N° 42 Diagrama de Interacción Ángulo de Giro Eje Neutro 0° - 180°



Fuente: Elaboracion propia

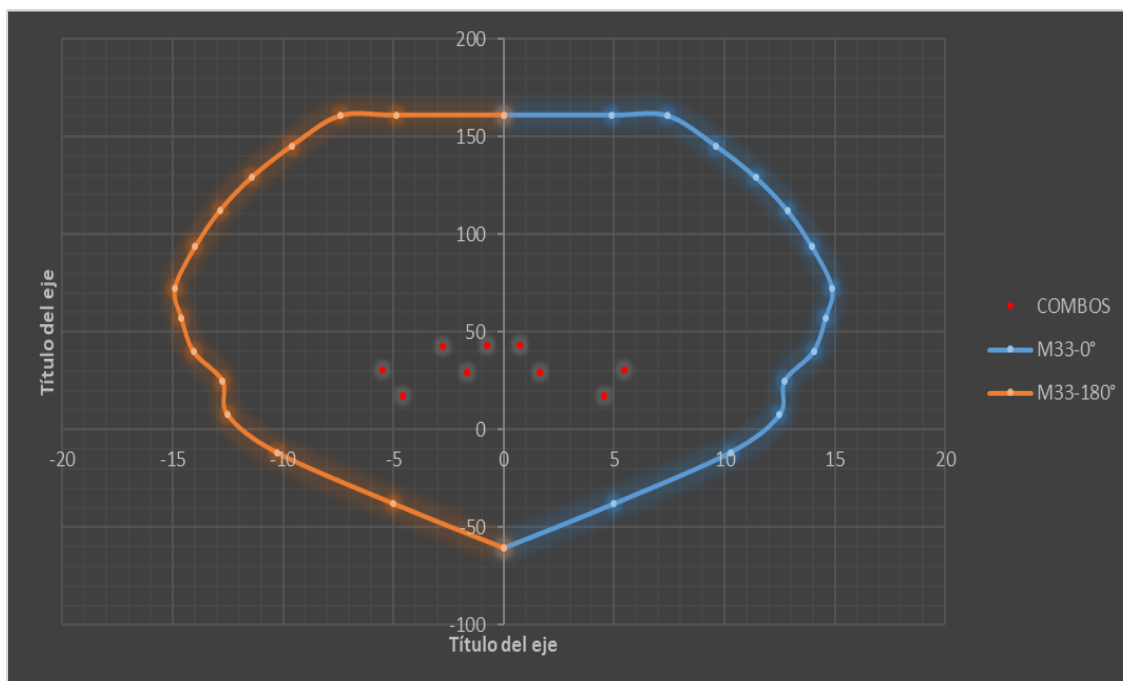
Figura N° 43 Diagrama de Interacción Ángulo de Giro Eje Neutro 90° - 270°



Fuente: Elaboracion propia

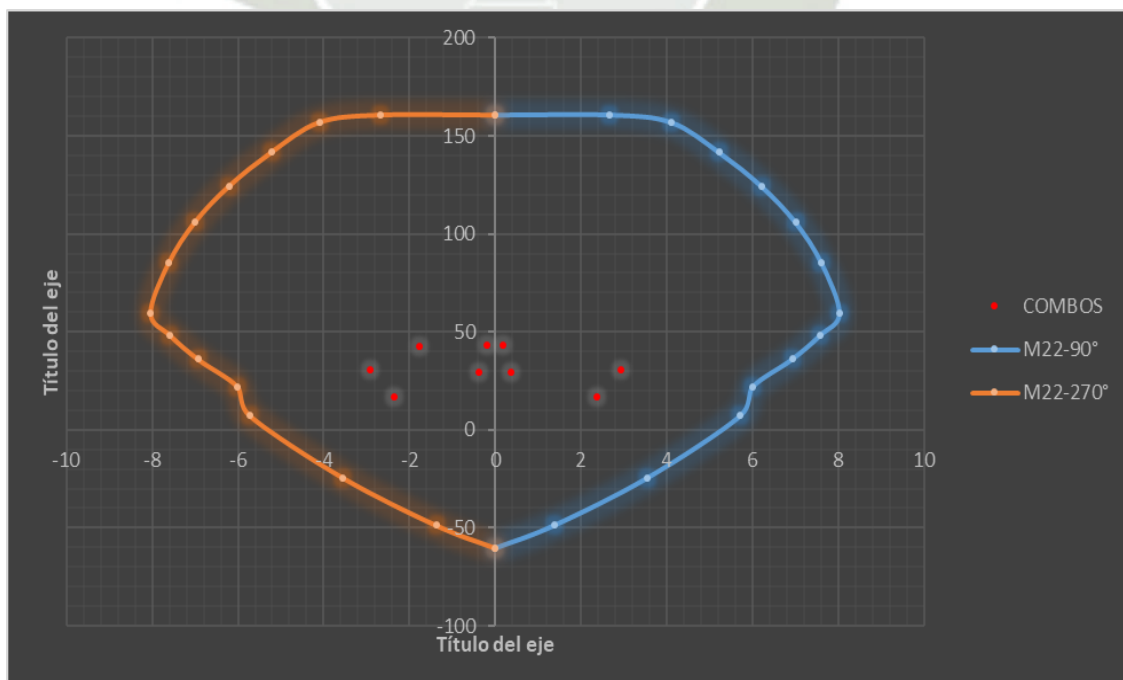
➤ Dirección Y

Figura N° 44 Diagrama de Interacción Ángulo de Giro Eje Neutro 0° - 180°



Fuente: Elaboracion propia

Figura N° 45 Diagrama de Interacción Ángulo de Giro Eje Neutro 90° - 270°



Fuente: Elaboracion propia

Como se observan en los gráficos los puntos de la demanda sísmica se encuentran dentro del diagrama de interacción lo cual nos indica que la cuantía y la geometría de la columna está bien.

6.5.3. DISEÑO POR CORTANTE

Buscando la falla por flexión en vez de la falla por corte, la fuerza cortante en los elementos en flexo compresión se determinará a partir de la resistencia nominal en flexión (M_n).

El diseño de la sección transversal sujetos a fuerzas cortantes se desarrollará según lo determinado en la Norma Técnica E-060, mediante la siguiente expresión:

$$V_u = 2 * V_n / l_n$$

Donde:

V_u = Resistencia requerida

V_n = resistencia nominal

l_n = luz libre de la columna en la dirección de análisis

La resistencia nominal tendrá contribución tanto del concreto (V_c) como del acero (V_s), entonces:

$$V_u \leq \phi * (V_c + V_s)$$

La contribución del concreto está dada por:

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'_c} * b_w * d * (1 + 0.0071 * \frac{P_u}{A_g})$$

Donde, P_u se expresa en kgf y A_g en cm^2 .

Cuando la resistencia de la cortante ultima V_u excede a la resistencia de corte del concreto $\phi * V_c$, deberá proporcionarse el refuerzo para que cumpla la siguiente condición:

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

6.5.3.1. Separación de Estribos

Según la Norma Técnica E-060, deberá cumplirse con las siguientes separaciones mínimas establecidas:

➤ **La Zona de Confinamiento**

La zona de confinamiento será el mayor de las siguientes longitudes:

$$l_{o1} = \frac{ln}{6}$$

$$l_{o2} = \max(a, b)$$

$$l_{o3} = 50 \text{ cm}$$

➤ **Separación dentro de la Zona de Confinamiento**

Los estribos se colocarán dentro de la zona de confinamiento con una separación “S”, para esta no deberá ser mayor al menor valor de:

$$S_1 = 8 * db$$

$$S_2 = \min\left(\frac{a}{2}, \frac{b}{2}\right)$$

$$S_3 = 10 \text{ cm}$$

El primer estribo estará ubicado a 5 cm o la mitad del espaciamiento “S”.

➤ **Separación fuera de la Zona de Confinamiento:**

Los estribos se colocarán en esta zona con una separación “S” que no exceda el menor de las siguientes longitudes:

$$S_1 = 16 * db$$

$$S_2 = \min(a, b)$$

$$S_3 = 30 \text{ cm}$$

➤ Separación dentro el nudo S''

$$S'' = 15 \text{ cm}$$

6.5.4. DISEÑO DE LA COLUMNA C-5 A CORTE

Datos:

$$V_u = 2.49 \text{ tonf}$$

$$P_u = 160.98 \text{ tonf}$$

$$A_g = 1250 \text{ cm}^2$$

$$\emptyset = 0.85$$

$$F'_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$$

$$F'_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$$

$$A_v = 0.71 \text{ cm}^2 \text{ (barra de } 3/8'')$$

$$d_b = 1.98 \text{ cm}$$

$$a = 25 \text{ cm}$$

$$b = 50 \text{ cm}$$

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

$$l_n = 2.65 \text{ m}$$

➤ La contribución del concreto V_c será:

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'_c} * b_w * d * \left(1 + 0.0071 * \frac{P_u}{A_g}\right)$$

$$V_c = 0.53 * \sqrt{210} * 25 * 45 * \left(1 + 0.0071 * \frac{160.98}{1250} * 10^3\right) * 10^{-4}$$

$$V_c = 1.68 \text{ tonf}$$

➤ La contribución del acero está dada por:

$$V_s = \frac{2.49}{0.85} - 1.68$$

$$V_s = 1.27 \text{ tonf}$$

➤ **Longitud de la Zona de Confinamiento**

Deberá considerarse el mayor de los siguientes valores:

$$l_{o_1} = \frac{265}{6} \cong 45 \text{ cm}$$

$$l_{o_2} = 50 \text{ cm}$$

$$l_{o_3} = 50 \text{ cm}$$

La longitud de la zona de confinamiento será 50 cm

➤ **Separación de estribos en la Zona de Confinamiento**

El espaciamiento “S” de la zona confinada no deberá exceder al menor de las siguientes longitudes:

$$S_1 = 8 * 1.98 = 15.84 \text{ cm}$$

$$S_2 = 12.5 \text{ cm}$$

$$S_3 = 10 \text{ cm}$$

La separación entre estribos dentro de la zona de confinamiento será de 10 cm.

➤ **Separación de estribos fuera de la Zona de Confinamiento**

Los estribos en esta zona se colocarán con un espaciamiento no mayor a las siguientes longitudes:

$$S_1 = 16 * 1.98 = 31.68 \text{ cm}$$

$$S_2 = 25 \text{ cm}$$

$$S_3 = 30 \text{ cm}$$

La separación entre estribos en esta zona será de 25 cm.

➤ **Separación dentro del nudo**

La separación dentro del encuentro columna – viga será de 15 cm

➤ **Distribución de estribos de la columna:**

1 @ 5, 5 @ 10, resto a 25 cm.

6.6. DISEÑO DE MUROS DE CORTE

Se denomina muro de corte debido a que la carga lateral de una edificación, producida por el sismo o viento, se transfiere por corte horizontal a estos elementos y debido a su rigidez absorbe la mayor parte de las fuerzas sísmicas de la edificación.

Los muros se diseñarán por flexo compresión y corte, al ser mayor de 20 cm el espesor del muro se distribuirá el refuerzo horizontal y vertical en las dos caras del muro para el corte y núcleos en zonas propensas a fallas, estos núcleos actuarán como columnas dentro del muro y se llevarán la mayor parte de la fuerza de flexo compresión. (Chávez, Ascencios, 2015)

6.6.1. DISEÑO POR CORTANTE

Los muros con esfuerzo de corte, debido a las fuerzas sísmicas se diseñarán considerando:

$$V_u \leq \phi * V_n$$

$$V_n = (V_c + V_s)$$

Donde V_n no deberá exceder de: $2.6 * \sqrt{f'_c} * t * d$.

La sección crítica de diseño se encuentra ubicada a $L/2$ o $H/2$ de la base (la menor distancia de ambas), las secciones localizadas entre la base y la sección crítica se podrán diseñar con el mismo valor.

Adicionalmente la fuerza cortante obtenida por el análisis estructural, deberá ser corregida para evitar la falla de cortante antes de la falla por flexo compresión. (Chávez, Ascencios, 2015)

La expresión para calcular la cortante última V_u será la siguiente:

$$Vu \geq Vua * \frac{Mur}{Mua} * wt$$

Donde:

Vua = Cortante ultima del analisis

Mur = Momento ultimo del analisis

Mua

= Momento nominal de la seccion, asociada al Pu, debido al acero colocado

wt = Factor de amplicacion dinamica

wt, se calculará con alguna de las siguientes condiciones:

$$wt = 0.9 + n/10 \quad \text{Si, } n \leq 6$$

$$wt = 1.3 + n/30 \quad \text{Si, } 15 \geq n \geq 6$$

$$wt = 1.8 \quad \text{Si, } n \geq 15$$

En estas expresiones, n es el número de pisos de la edificación.

En este tipo de diseño, la distancia d se calculará con lo expuesto en la Norma Técnica E-060, donde permite utilizar el valor aproximado de “d” igual a 0.8*L.

6.6.1.1. Resistencia al Corte del Concreto

La resistencia del concreto a corte V_c , podrá ser evaluada con la siguiente expresión:

$$Vc = 0.53 * \sqrt{f'c} * t * d$$

6.6.1.2. Refuerzo Horizontal al Corte

Cuando V_u sea mayor al $\emptyset * V_n$, deberá colocarse refuerzo horizontal por corte. El área de este refuerzo se calculará con la siguiente formula:

$$V_s = \frac{A_v * f'_y * d}{S}$$

La cuantía ρ_h del refuerzo horizontal de corte, será mayor o igual a 0.0025.

El espaciamiento del refuerzo horizontal “S” no deberá ser mayor de las siguientes longitudes:

$$S = L/5$$

$$S = 3 * t$$

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

6.6.1.3. Refuerzo Vertical por Corte

La cuantía ρ_v del refuerzo vertical de corte, será mayor o igual a:

$$\rho_v = [0.0025 + 0.5 * \left(2.5 - \frac{H}{l}\right) * (\rho_h - 0.0025)]$$

Pero no necesariamente mayor que el refuerzo horizontal requerido.

El espaciamiento del refuerzo vertical “S” no deberá ser mayor de las siguientes longitudes:

$$S = L/3$$

$$S = 3 * t$$

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

6.6.2. DISEÑO DEL MURO DP6X

Resultados del análisis estructural:

Cuadro N° 9 Diseño del muro DP6X

Load Case/Combo	Station	P	V2	V3	T	M2	M3
CM	Bottom	-61.7186	-0.4169	-0.468	0.0119	-0.7087	-3.6426
CV	Bottom	-9.3467	-0.2194	-0.1163	0.0064	-0.1799	-0.596
SX Max	Bottom	24.9292	54.6438	1.287	0.9094	3.2484	247.9052
SY Max	Bottom	25.7768	35.0239	1.1835	0.4056	2.9737	166.8373

➤ **DISEÑO POR FLEXOCOMPRESIÓN**

Con ayuda del programa Etabs 2016, nosotros nos apoyaremos para realizar el diagrama de interacción.

Para realizar este diagrama, necesitamos el refuerzo horizontal, que será la cuantía mínima para muros de corte:

$$\rho_h = 0.0025$$

Para un metro de muro de corte tenemos el siguiente refuerzo:

$$A_s = 0.0025 * 100 * 25 = 6.25 \text{ cm}^2/m$$

Para el refuerzo horizontal utilizaremos varillas de 3/8", para lo cual tendremos la siguiente separación entre varillas:

$$S = \frac{A_{colocado}}{A_{s \text{ requerido}}}$$

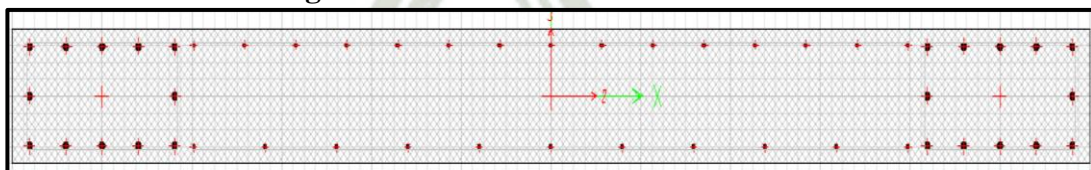
$$S = \frac{2 * 0.71}{6.25} = 0.227 \text{ m}$$

Por lo tanto, la separación será: 1 Ø 3/8" @ 20 cm

Los núcleos de nuestro muro de corte, estarán ubicados en los extremos, cada núcleo será de 25 x 50 cm, con un refuerzo de 12 varillas de 5/8".

Así tenemos:

Figura N° 46 Muro de Corte DP6X



Fuente: Elaboración propia

Para esta distribución geométrica y de cuantía tenemos los siguientes puntos para el diagrama de interacción, con un giro del eje neutro de 0°, 90°, 180° y 270°.

Cuadro N° 10 : Pares Ordenados Diagrama de Interacción Muro

PUNTOS	M33		M33		PUNTOS	M22		M22	
	0°		180°			90°		270°	
	ϕ_{Pn}	ϕ_{Mn}	ϕ_{Pn}	ϕ_{Mn}		ϕ_{Pn}	ϕ_{Mn}	ϕ_{Pn}	ϕ_{Mn}
1	899.3514	0	899.3514	0	1	899.3514	0.7611	899.3514	0.7611
2	899.3514	168.0401	899.3514	-168.0401	2	899.3514	14.7686	899.3514	-13.8254
3	899.3514	256.4108	899.3514	-256.4108	3	899.3514	22.3746	897.9703	-21.4865
4	835.6905	332.1754	835.6905	-332.1754	4	817.4444	29.0008	809.659	-28.2201
5	754.0672	396.6532	754.0672	-396.6532	5	727.294	34.3855	718.1175	-33.7373
6	669.2059	449.7128	669.2059	-449.7128	6	633.0033	38.6224	622.069	-38.1416
7	579.6386	492.6163	579.6386	-492.6163	7	532.6871	41.8618	519.4614	-41.5992
8	483.6714	527.2423	483.6714	-527.2423	8	424.1107	44.3618	407.7738	-44.3956
9	394.463	535.883	394.463	-535.883	9	357.1279	43.2497	340.791	-43.2834
10	314.4797	513.8438	314.4797	-513.8438	10	286.3722	40.6648	270.1052	-40.7052
11	232.9132	472.4056	232.9132	-472.4056	11	204.2637	36.4339	188.9663	-36.5666
12	148.6492	410.2215	148.6492	-410.2215	12	125.7774	30.5656	112.096	-30.8523
13	65.5264	366.3674	65.5264	-366.3674	13	37.9276	26.7709	25.9297	-28.1103
14	-76.7056	241.0738	-76.7056	-241.0738	14	-169.4289	8.433	-170.853	-10.3412
15	-251.1866	0	-251.1866	0	15	-251.1866	-1.0219	-251.1866	-1.0219

Fuente: Elaboracion propia

Calculamos los combos de diseño (demanda sísmica) para el muro de corte.

Cuadro N° 11 Combos de diseño (demanda sísmica)

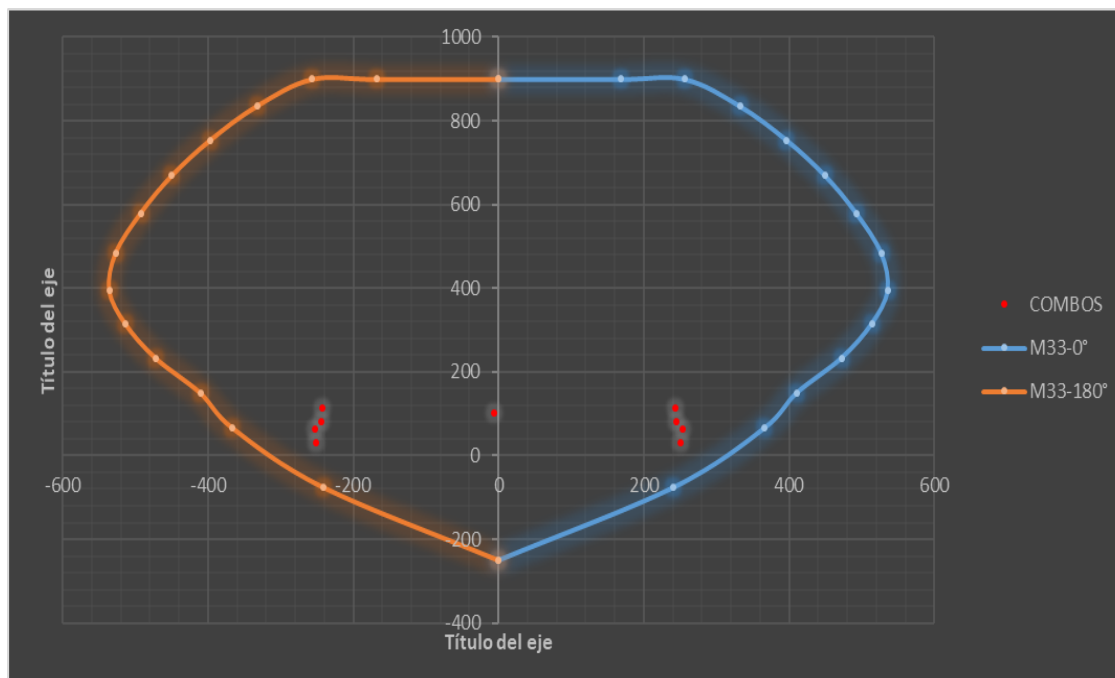
SISYY				
	COMBOS	P	M2	M3
	1.4CM+1.7CV	102.29543	-1.29801	-6.11284
SISYY POSITVO	1.25*(CM+CV)+SISYY	114.608425	1.86295	161.53905
	1.25*(CM+CV)-SISYY	63.054825	-4.08445	-172.13555
	0.9CM+SISYY	81.32354	2.33587	163.55896
	0.9CM-SISYY	29.76994	-3.61153	-170.11564
SISYY NEGATIVO	1.25*(CM+CV)+SISYY	114.608425	-1.86295	-161.53905
	1.25*(CM+CV)-SISYY	63.054825	4.08445	172.13555
	0.9CM+SISYY	81.32354	-2.33587	-163.55896
	0.9CM-SISYY	29.76994	3.61153	170.11564
SISXX				
	COMBOS	P	M2	M3
	1.4CM+1.7CV	102.29543	-1.29801	-6.11284
SISXX POSITVO	1.25*(CM+CV)+SISXX	113.760825	2.13765	242.60695
	1.25*(CM+CV)-SISXX	63.902425	-4.35915	-253.20345
	0.9CM+SISXX	80.47594	2.61057	244.62686
	0.9CM-SISXX	30.61754	-3.88623	-251.18354
SISXX NEGATIVO	1.25*(CM+CV)+SISXX	113.760825	-2.13765	-242.60695
	1.25*(CM+CV)-SISXX	63.902425	4.35915	253.20345
	0.9CM+SISXX	80.47594	-2.61057	-244.62686
	0.9CM-SISXX	30.61754	3.88623	251.18354

Fuente: Elaboracion propia

Al tener todos estos valores podemos realizar nuestro diagrama de interacción, con los puntos de la demanda sísmica.

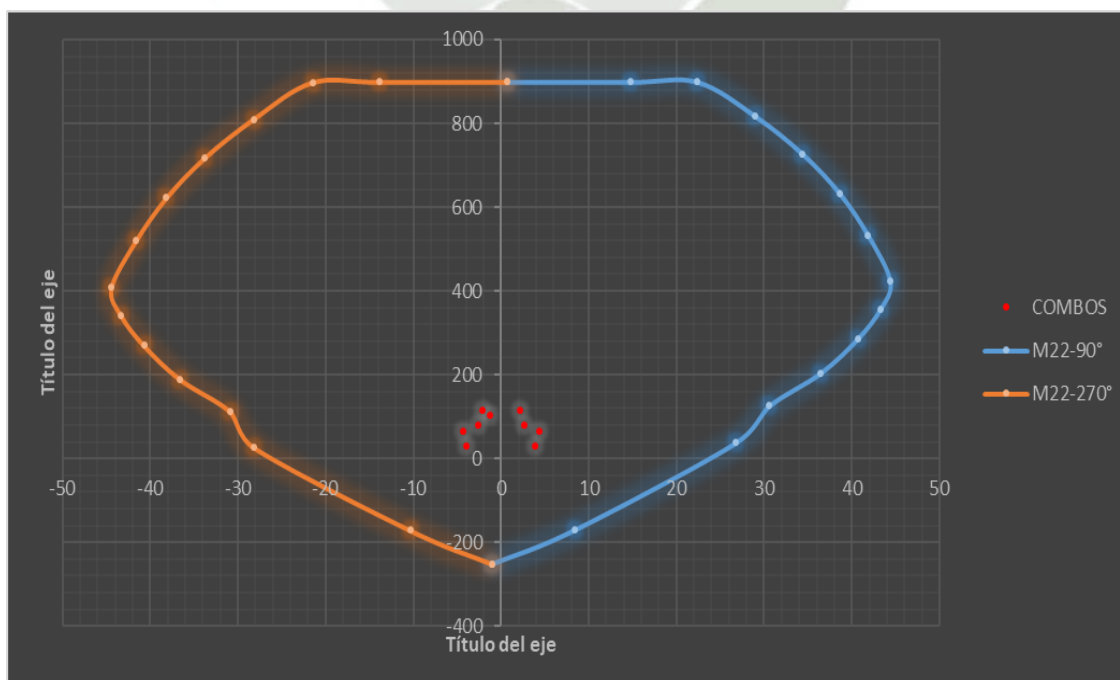
➤ **Dirección X**

Figura N° 47 Diagrama de Interacción Ángulo de Giro Eje Neutro 0° - 180°



Fuente: Elaboracion propia

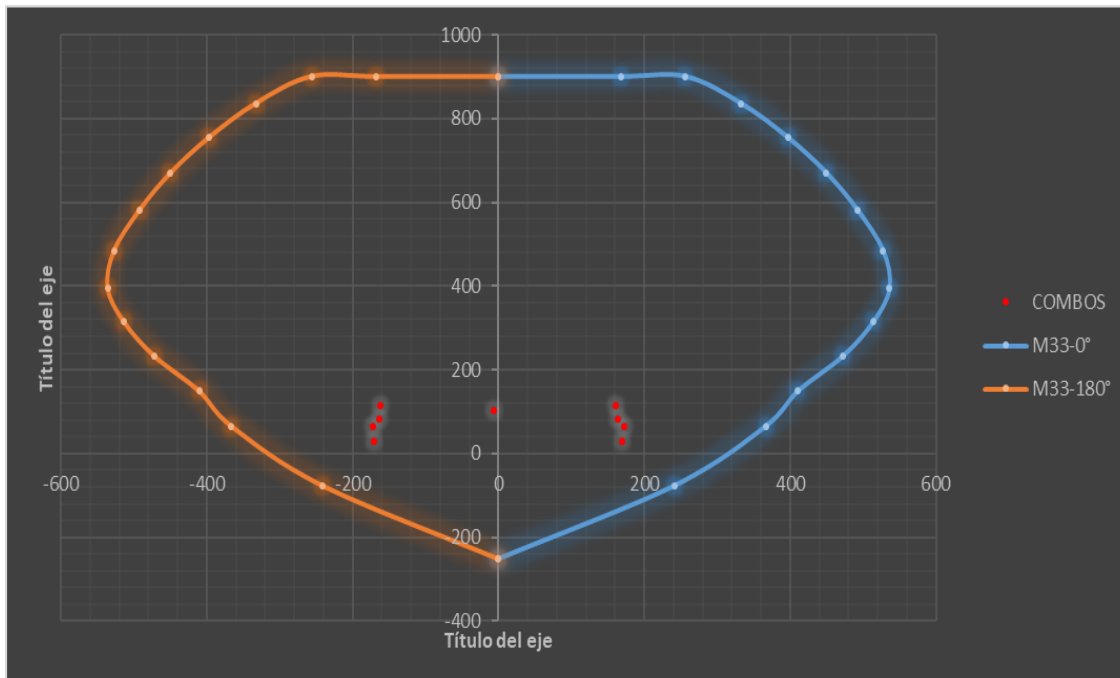
Figura N° 48 Diagrama de Interacción Ángulo de Giro Eje Neutro 90° - 270°



Fuente: Elaboracion propia

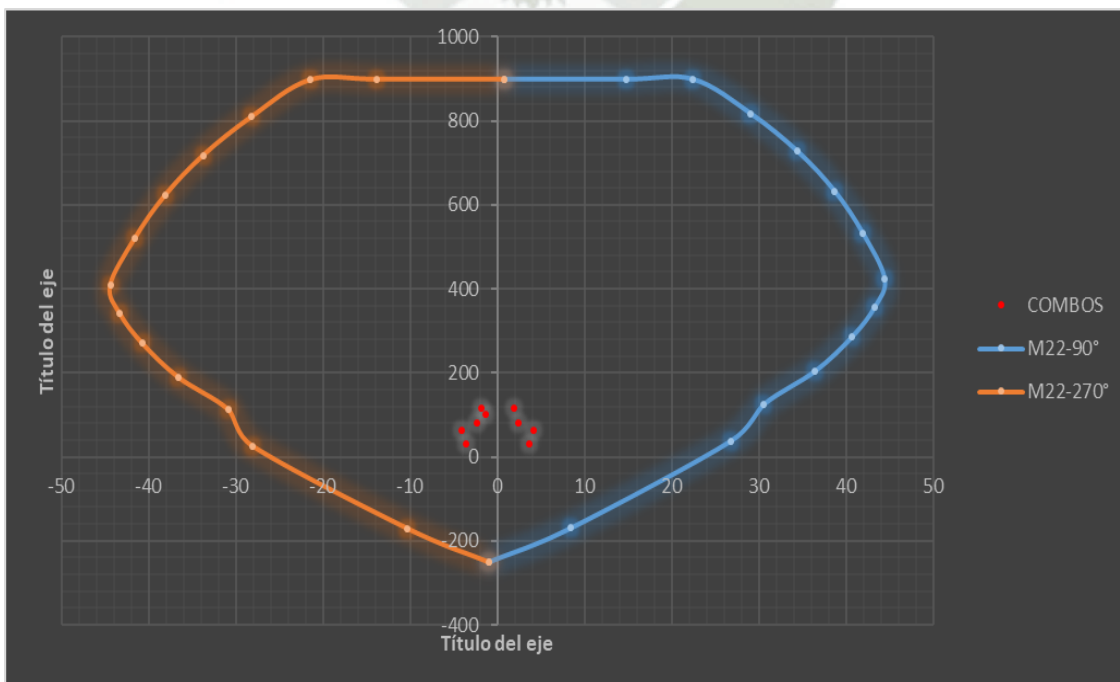
➤ Dirección Y

Figura N° 49 Diagrama de Interacción Ángulo de Giro Eje Neutro 0° - 180°



Fuente: Elaboracion propia

Figura N° 50 Diagrama de Interacción Ángulo de Giro Eje Neutro 90° - 270°



Fuente: Elaboracion propia

➤ **DISEÑO POR CORTE**

Datos:

$$V_u = 29.55 \text{ ton}$$

$$\rho_h = 0.0025$$

$$H = 3.00 \text{ m}$$

$$L = 2.80 \text{ m}$$

➤ **Cálculo de la cuantía mínima para el refuerzo vertical**

$$\rho_v = [0.0025 + 0.5 * \left(2.5 - \frac{H}{l}\right) * (\rho_h - 0.0025)]$$

$$\rho_v = [0.0025 + 0.5 * \left(2.5 - \frac{3}{2.8}\right) * (0.0025 - 0.0025)]$$

$$\rho_v = 0.0025$$

Entonces el área requerida por cada metro de muro es:

$$A_s = 0.0025 * 100 * 25 = 6.25 \text{ cm}^2/\text{m}$$

➤ **Cálculo de la separación requerida:**

Se utilizará $\emptyset 3/8''$, siendo $A_s = 2 * 0.71 = 1.42 \text{ cm}^2$

Así tenemos:

$$S = \frac{A_{s \text{ colocado}}}{A_{s \text{ requerido}}}$$

$$S_1 = \frac{2 * 0.71}{6.25} = 0.227 \text{ m}$$

Luego:

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'_c} * t * d$$

$$V_c = 0.53 * \sqrt{210 * 10} * 0.25 * 2.80$$

$$V_c = 17.00 \text{ tonf}$$

Entonces:

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

$$V_s = \frac{29.55}{0.85} - 17$$

$$V_s = 17.76 \text{ tonf}$$

Hallamos el espaciamiento del refuerzo:

$$S_2 = \frac{A_s * f' y * d}{V_s}$$

$$S_2 = \frac{1.42 * 4.2 * 0.8 * 280}{17.76}$$

$$S_2 = 75.22 \text{ cm}$$

$$S_3 = \frac{L}{5} = \frac{280}{5} = 56 \text{ cm}$$

$$S_4 = 3 * t = 3 * 25 = 75 \text{ cm}$$

$$S_4 = 45 \text{ cm}$$

Utilizaremos: ϕ 3/8" @ 20 cm

6.7. DISEÑO DE MUROS DE SÓTANO

Los muros de sótano se diseñan para resistir el empuje del suelo y en ocasiones para resistir cargas verticales transmitidas por la superestructura, se somete acción de cargas uniformes distribuidas, tienen apoyo tanto en la zona superior como inferior.

6.7.1. DISEÑO DE MUROS DE SÓTANO POR FLEXIÓN

Datos:

Peso específico del terreno (γ): 1.72 tonf/m³

Angulo de fricción interna (Φ): 32°

Altura del muro: 3.00 m

Espesor del muro 15 cm

➤ **Cálculo del coeficiente de presión activa**

Según la teoría de Rankine de las presiones de suelo, podemos calcular el coeficiente de presión activa, de la siguiente manera:

$$K_a = \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)$$

Así tenemos:

$$K_a = \tan^2\left(45 - \frac{32}{2}\right)$$

$$K_a = 0.307$$

Este factor debemos multiplicarlo por un factor de seguridad, que según recomienda Ferguson para el diseño por el método de la rotura de muros de concreto armado, se usará el valor de 1.30.

$$K_a = 0.307 * 1.30$$

$$K_a = 0.399$$

La presión ejercida por el empuje del suelo se ha tomado como prisma de presiones, por lo tanto, la presión a la profundidad de la cimentación será:

$$q = \gamma * h * k_a$$

$$q = 1.72 * 3 * 0.399$$

$$q = 2.06 \text{ tonf/m}^2$$

Espaciamiento

$$\emptyset As = 3/8'' = 0.71 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{\emptyset As * L}{As} = \frac{0.71 * 100}{2.96} = 0.24$$

Utilizaremos: $\emptyset 3/8'' @ 20 \text{ cm}$ en dos capas

6.7.2. DISEÑO DE MUROS DE SÓTANO POR CORTANTE

➤ Resistencia al cortante del concreto

$$\emptyset * Vc = \emptyset * 0.53 * \sqrt{f'c} * Acv$$

$$\emptyset * Vc = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 100 * 15$$

$$\emptyset * Vc = 9.79 \text{ tonf}$$

Al ser la resistencia a corte del concreto mayor al cortante actuante debido al empuje activo del suelo, podemos utilizar la cuantía mínima para el refuerzo.

$$Ash_{min} = 0.0025 * 100 * 15 = 3.75 \text{ cm}^2/m$$

Calculamos la separación requerida con acero de $3/8''$

$$S = \frac{As \text{ col.}}{As \text{ req.}} = \frac{0.71}{3.75} = 0.19$$

Se colocará, $\emptyset 3/8'' @ 20 \text{ cm}$ en dos capas.

6.8. DISEÑO DE CIMENTACIÓN

Se llama cimentación al elemento estructural que transmite las cargas de columnas, muros al suelo, la resistencia del suelo es menor a la del concreto por ello la cimentación tiene mayor área que su columna o muro para así reducir los esfuerzos que se transmiten al suelo. (Ccama, 2017)

El diseño de la cimentación la haremos en el programa Safe 2016, que es un software que trabaja con elementos finitos o elementos por franjas para el análisis y diseño de la cimentación.

Este programa nos permite elaborar el bosquejo de la cimentación y optimizarlo para tener un buen análisis y diseño, además nos permite verificar por esfuerzo de corte y punzonamiento.

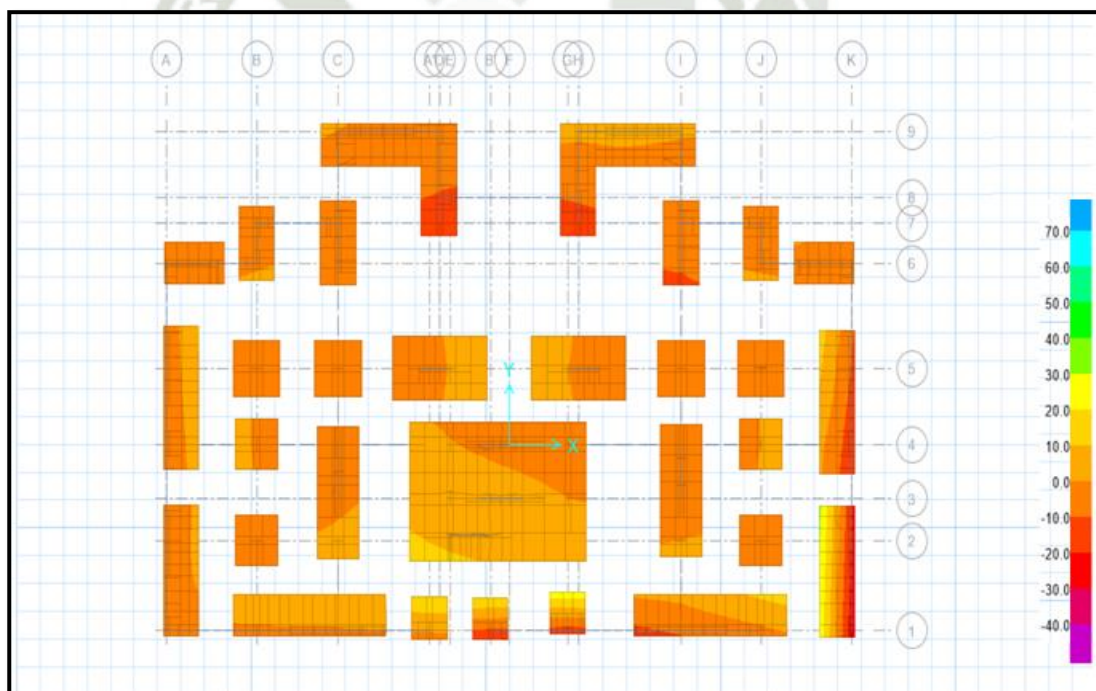
6.8.1. MODELADO DE CIMENTACIÓN

Para iniciar con el modelado de la cimentación debemos importar las fuerzas que llegan a la base del programa Etabs 2016, siempre que importamos modelos debemos verificar la importación para ver que estamos en lo correcto.

En el programa Safe 2016 crearemos los materiales, el esfuerzo admisible del suelo donde estará la cimentación y los parámetros de diseño.

Haremos el modelamiento de nuestra cimentación mediante zapatas aisladas.

Figura N° 52 Modelo de la Cimentación



Fuente: Elaboración propia

6.8.2. VERIFICACIÓN DE GEOMETRÍA Y PUNZONAMIENTO

La verificación de la geometría de la sección de la cimentación en el software, lo haremos mediante la verificación de esfuerzos, es decir, el esfuerzo del suelo debe ser mayor al esfuerzo que transmite la cimentación, esta verificación se hará con la combinación de servicio.

$$P \text{ servicio} = CM + CV$$

$$\sigma_t \geq \sigma_u$$

Este proyecto tiene como esfuerzo máximo del suelo de 25.5 tonf/m³.

Para la verificación del punzonamiento el software, tiene una función en la cual el valor de la cimentación donde analicemos tiene que ser:

$$Vu \leq \phi * Vc$$

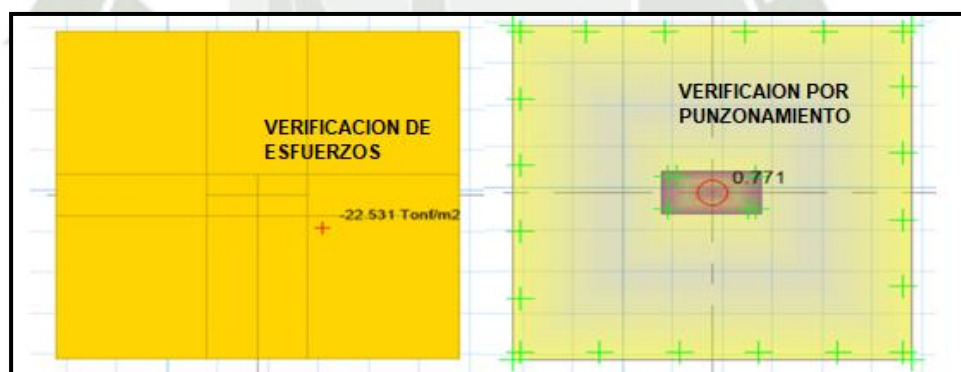
Así tenemos:

$$Dem_{.sis} \leq Cap_{.col.}$$

$$\frac{Dem_{.sis}}{Cap_{.col.}} \leq 1$$

- **Ejemplo de la zapata aislada entre ejes c y 5**

Figura N° 53 Verificación Software Safe 2016



Fuente: Elaboracion propia

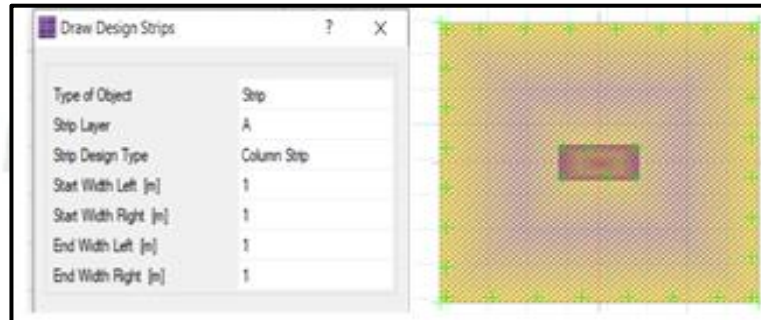
6.8.3. DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN

El diseño de la cimentación el programa Safe nos permite desarrollarlo mediante elementos finitos o franjas, para desarrollar el diseño por elementos finitos es algo complicado, por ello se desarrollará el diseño por franjas.

La franja se debe modelar en el software y esto se hace de una manera muy fácil, seleccionamos la cimentación iremos a la Cinta de Opciones <> Draw <> Draw Design Strips, nos aparecerá una ventada de opciones donde pondremos elegir la dirección A que es la dirección “X” y la dirección B que

es la dirección “Y”, también desarrollaremos las distancias de las franjas que será la medida del lado de la cimentación entre 4.

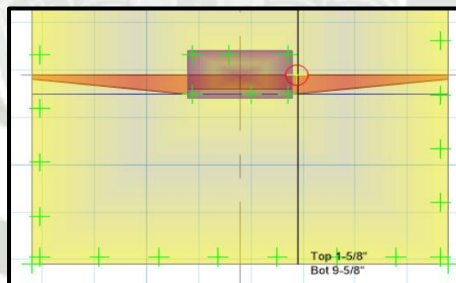
Figura N° 54 Modelado de Franjas



Fuente: Elaboracion propia

Luego de modelar las franjas, podemos diseñar en el software las cimentaciones por franjas. le pedimos que nos diseñe con acero de 5/8”, así tenemos:

Figura N° 55 Diseño por Franja de la Cimentación



Fuente: Elaboracion propia

Como podemos ver nos pide 9 varillas de 5/8”, pero no nos da la separación de las varillas, calculamos la separación de varillas de la siguiente formula:

$$S = \frac{long, diseñada - (2 * r + db)}{\#b - 1}$$

$$S = \frac{200 - (2 * 7.5 + 1.59)}{9 - 1}$$

$$S = 22.93 \text{ cm}$$

Se utilizará: Ø 5/8” @ 20 cm.

CONCLUSIONES

Mediante el estudio práctico realizado en esta investigación, se logró plantear una solución con sostenibilidad técnica, social y económica. Obteniendo como resultado un adecuado diseño de construcción sin deficiencias en los planos y con especificaciones técnicas.

El diseño de construcción de la edificación, se elaboró mediante los siguientes programas: REVIT, para el modelado de la edificación; ETABS, para el análisis estructural de la edificación y SAFE, para el análisis estructural de la cimentación.

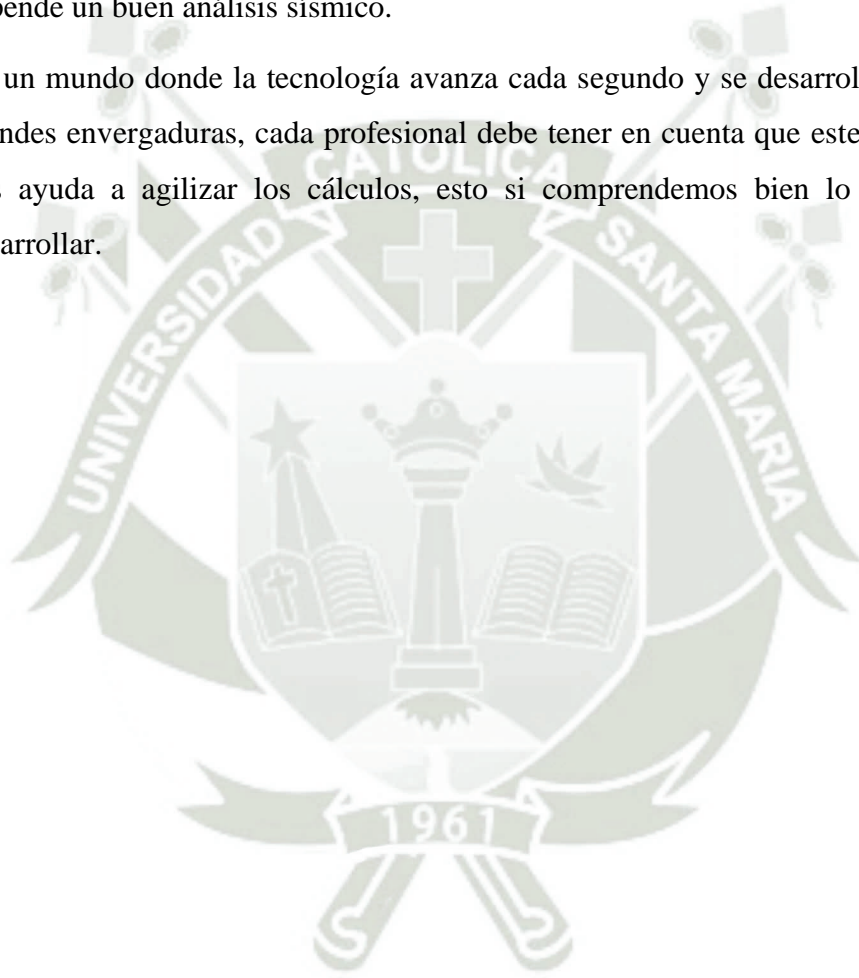
El modelo analítico del programa REVIT se encontró las interferencias de los nudos a lo cual se procedió a corregir el modelo para obtener un mejor análisis estructural.

En cuanto al análisis y diseño estructural, la edificación presenta irregularidad en planta en cuanto a esquinas entrantes, los desplazamientos máximos permisibles se encuentran en el rango dispuesto por la Norma Técnica Peruana. El diseño se realizó utilizando todos los conocimientos aprendidos durante la formación académica.

La metodología BIM no es solo el modelado de las diferentes disciplinas que engloba una construcción, es tener un modelo de información de donde podemos desarrollar una construcción virtual previa y así podemos evitar las diferentes deficiencias entre disciplinas. Al tener la comunicación entre los diferentes softwares que engloban el desarrollo del análisis, tendremos una corrección automática entre estos softwares. La estructuración fue compatible con la arquitectura, esto se facilitó debido al trabajo colaborativo entre ambas.

RECOMENDACIONES

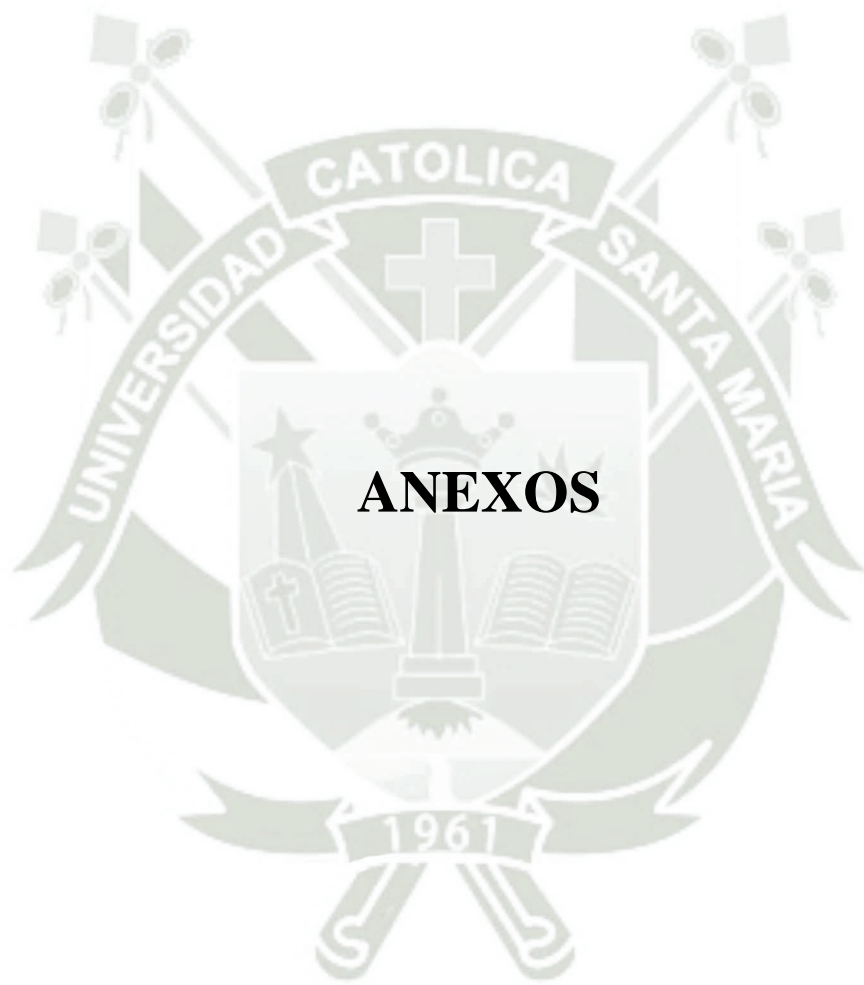
- Es importante diferenciar en el software Revit el modelo analítico del modelo físico, para evitar errores al momento de la importación al software de análisis estructural.
- Los elementos del modelo analítico deben estar alineados referente a las grillas debido a que, si sufren una modificación, no se altere su posición.
- En el análisis estructural debemos desarrollar todas las irregularidades ya que de esto depende un buen análisis sísmico.
- En un mundo donde la tecnología avanza cada segundo y se desarrolla software de grandes envergaduras, cada profesional debe tener en cuenta que este software solo nos ayuda a agilizar los cálculos, esto si comprendemos bien lo que vamos a desarrollar.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bejarano. (2016). *Evaluación geodinámica externa y análisis dinámico de los suelos en el distrito de Sachaca (Arequipa) usando métodos geofísicos*. Arequipa: [Tesis para optar el título profesional de: ingeniero geofísico].
- Blanco A. (1997). *Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado*. Lima: Editado por el Colegio de Ingenieros del Perú.
- Blanco A. (1999). *Diseño y Construcción de Cimentaciones*. Lima: Editado por el Colegio de Ingenieros del Perú.
- Blanco A. (2013). *Criterios y Conceptos de Estructuras en Edificaciones Sismo Resistentes*. Perú: Vierendel.
- Cabrera C. (2018). *Modelamiento BIM: Arquitectura*. Arequipa, Perú: Escuela Digital.
- Cáceres, Pichihua. (2020). *Reforzamiento estructural para mejorar el nivel de desempeño del Hospital Santa Rosa, implementando el diseño apropiado de amortiguadores fluido viscoso*. Lima: [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero civil].
- Carcausto. (2018). *Análisis y diseño estructural de la IES Agropecuaria N° 125 de Chupa, Distrito de Chupa-Azángaro-Puno*. Puno: [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero civil].
- Ccama. (2017). *Análisis y diseño estructural de edificio de concreto armado y comparación de la norma de diseño sísmico E030-2006 y la propuesta de norma E030-2014*. Arequipa: [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero civil].
- Chávez, Ascencios. (2015). *Análisis estructural y diseño sísmico de un edificio de 9 pisos con semisotano*. Arequipa: [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero civil].
- Chopra, A. (2017). *Dynamics Of Structures: Theory And Applications To Earthquake Engineering*. California. Hoboken: Pearson.
- Faubel. (2015). *EUBIM 2017. Congreso internacional BIM/ 6º encuentro de usuarios BIM*. Obtenido de https://www.lalibreria.upv.es/portaEd/UpvGESTore/products/p_6404-1-1
- Gonzales C. (2015). *Building Information Modeling: Metodología, Aplicaciones y Ventajas. Casos prácticos en gestión de proyectos*. Valencia, España.

- Guillermo. (2019). *Evaluación y diseño de dos propuestas de reforzamiento para vigas y columnas de concreto armado en una edificación de hotel*. Lima: [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero civil].
- Huarcaya L. (2015). *BIM – Building Information Modeling. Enfoque De Conocimientos Generales para su Implementación*. Obtenido de <https://www.equipu.pe/dinamic/publicacion/adjunto/1498700850mxn0MdvAuN.pdf>
- Leon. (2005). *Análisis estructural y diseño sísmico de un edificio de 10 pisos con semisotano*. Arequipa: [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero civil].
- Lluncor. (2015). *Propuesta de análisis de muros de corte empleando un modelo de desplazamientos esperados en edificaciones*. Lima: [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero civil].
- López. (2015). *Manual imprescindible*. Obtenido de <https://idoc.pub/documents/revit-2015pdf-eljqwrom5x41>
- Riccer Salvatierra, D. M., & Solórzano Esparza, M. (2014). *Modelo de gestión integrando nuevas tecnologías de información para gestionar eficientemente el proyecto: Condominio Residencial Sol de Villa-Trujillo–Perú*. Trujillo: [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero civil].
- Rueda. (2008). *Diseño de un edificio de concreto armado de cinco niveles*. Lima: [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero civil].
- Vásquez. (2015). *Análisis y diseño estructural puente tipo arco de luz de 40*. Obtenido de <https://prezi.com/0uq1ofkowitzvd/analisis-y-diseno-estructural-puente-tipo-arco-de-luz-de-40/>
- Vilca. (2018). *Factibilidad para la construcción de un depósito de relaves e implementación del tratamiento de relaves de cianuración en la concesión minera tres reyes magos en la región Tacna*. Arequipa: [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero civil].

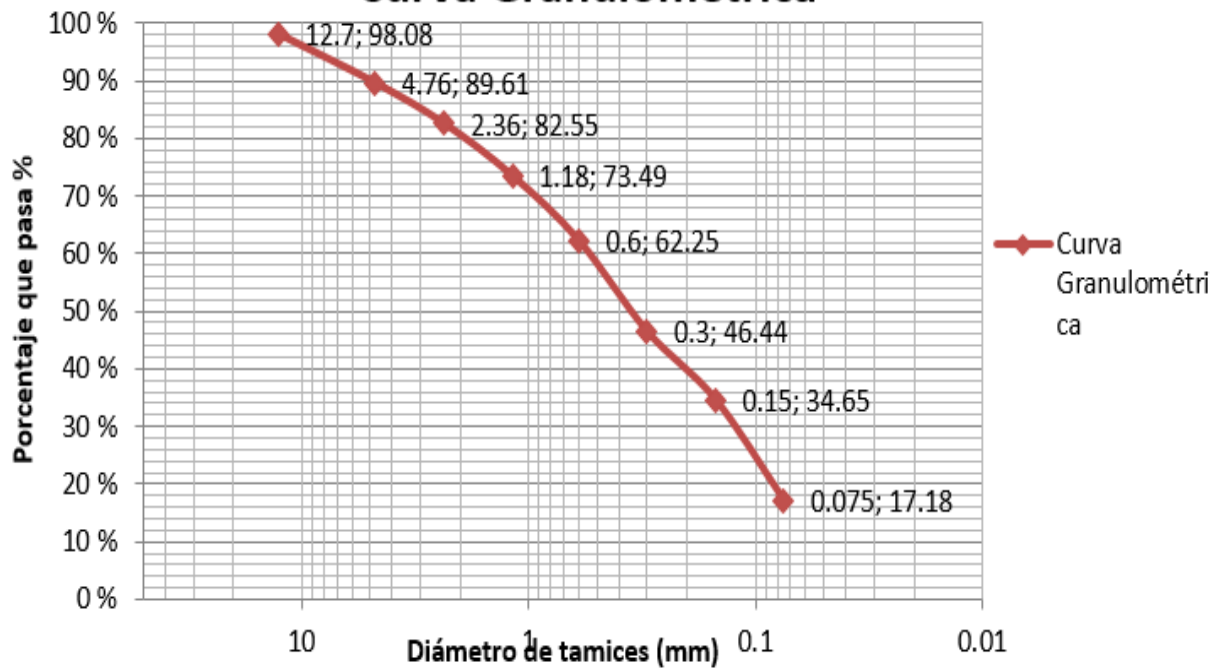


ENSAYOS MECANICA DE SUELO

- **DISTRIBUCION GRANULOMETRICA**

Tamiz	Diámetro (mm)	Peso Retenido (gr)	% Peso Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante	Tipo de Suelo	Porcentaje de tipo de suelo
1/2"	12.7	38.4	1.92	1.92	98.08	GRAVA	1.92 %
# 4	4.76	169.3	8.47	10.39	89.61	ARENA	80.9%
# 8	2.36	141.3	7.07	17.45	82.55		
# 16	1.18	181.1	9.06	26.51	73.49		
# 30	0.6	224.8	11.24	37.75	62.25		
# 50	0.3	316.1	15.81	53.56	46.44		
# 100	0.15	235.8	11.79	65.35	34.65		
# 200	0.075	349.3	17.47	82.82	17.18	FINOS	17.18%
FONDO		343.5	17.18	100.00	0.00		
		1999.6	100.00				

Curva Granulométrica



- **CLASIFICACION DEL SUELO**

- Coeficiente de uniformidad

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.5}{0.06} = 8.33$$

- Coeficiente de curvatura

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}} = \frac{0.15^2}{0.06 \cdot 0.35} = 0.94$$

Vemos que: $Cu > 6$ **cumple**

$1 < Cc < 3$ **no cumple**

➤ Límites de Atterberg

No presenta límite líquido ni límite plástico ya que la consistencia de la muestra de suelo es arenosa sin presencia de arcilla.

Descripción visual: el suelo presenta en su composición piedras alargadas.

CLASIFICACIÓN DEL SUELO: SP

SISTEMA: SUCS

• **DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

Muestra No.	2	2	2
Recipiente No. (lata)	1	2	3
Peso de lata + suelo húmedo	70.2	64.3	76.7
Peso de lata + suelo seco	68.2	62.6	74.4
Peso de lata	27.1	26.9	27.5
Peso de suelo seco	41.1	35.7	46.9
Peso de agua	2	1.7	2.3
Contenido de humedad %	4.87	4.76	4.90

FORMULA UTILIZADA PARA CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE AGUA

$$w = \frac{W - W_s}{W_s} \times 100 \%$$

PORCENTAJE DE AGUA DEL SUELO: 4.84%

- ENSAYO DE DENCIDAD DEL SUELO

MUESTRA	I	II	III	Unidades
PESO MUESTRA W	70.4	60.2	83.1	grf
PESO MUESTRA + PARAFINA W_{mp}	88.6	76.5	100.2	grf
PESO MUESTRA + PROBETA W_f	1261	1256.1	1267.2	grf
PESO MUESTRA CON 1000ml W_o	1232.5	1232.5	1232.5	grf
PESO ESPECIFICO PARAFINA γ_p	0.95	0.95	0.95	grf/cm ³
PESO ESPECIFICO AGUA γ_w	1	1	1	grf/cm ³
PESO ESPECIFICO SUELO γ	1.72	1.68	1.75	grf/cm ³

FORMULA UTILIZADA PARA CALCULO DE PESOS ESPECÍFICO DEL SUELO

$$\gamma = \frac{W}{\frac{(W_o + W_{mp} - W_f)}{\gamma_w} - \frac{(W_{mp} - W)}{\gamma_p}}$$

**PESO ESPECÍFICO DEL SUELO: 1.72 GRAMOS FUERZA POR
CENTÍMETRO CUBICO (grf/cm3)**

• **ENSAYO DE DENCIDAD RELATIVA**

SEGUNDO ESTRATO						
ITEMS	Peso del molde (gr)	Volumen del molde (cm ³)	Peso de molde + muestra compactada (gr)	Peso de molde + muestra no compactada (gr)	□ máx. (grf/cm ³)	□ mín. (grf/cm ³)
ENSAYO N°1	4216.5	940	5969.5	5641	1.86	1.52
ENSAYO N°2	4216.5	940	5984	5646	1.88	1.52
ENSAYO N°3	4216.5	940	5980	5650	1.88	1.53

Dr = 38.2 % ----- 15% - 35% ----- Compacidad: "Suelto"

• **PROPIEDADES SUELO**

➤ **PROPIEDADES FISICAS**

- Peso específico natural: $\gamma_n = 1.72 \text{ grf/cm}^3$
- Peso específico seco: $\gamma_d = \frac{\gamma_n}{1+\omega} = \frac{1.72}{1+0.0484} = 1.64 \text{ grf/cm}^3$
- Gravedad específica de los sólidos: $G_s = 2.18$
- Peso específico de saturación: $\gamma_{sat} = \left(1 - \frac{1}{G_s}\right) * \gamma_d + \gamma_w$

$$\gamma_{sat} = \left(1 - \frac{1}{2.18}\right) * 1.64 + 1 = 1.89 \text{ grf/cm}^3$$

➤ **PROPIEDADES DE FASE**

- Índice de vacíos: $e = \frac{G_s * \gamma_w}{\gamma_d} - 1 = 0.354$
- Porosidad: $n = \frac{e}{e+1} * 100\% = \frac{0.354}{0.354+1} * 100\% = 26.14\%$
- Contenido de agua: $\omega = 4.84\%$
- Grado de saturación: $s = \frac{G_s * \omega}{e} = \frac{2.18 * 4.84}{0.354} = 29.81\%$

• **ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

Primero tenemos la siguiente tabla que nos servirá para interpolar nuestros datos obtenidos en campo, además hallamos el área del molde a usar.

ÁREA = 36 m²

Lectura	Carga
0	0
190.8	60
254.3	80
381.6	120
512.2	160
640.1	200
771.1	240
899.9	280
1032	320
1162.4	360
1294.6	400
1460.9	450

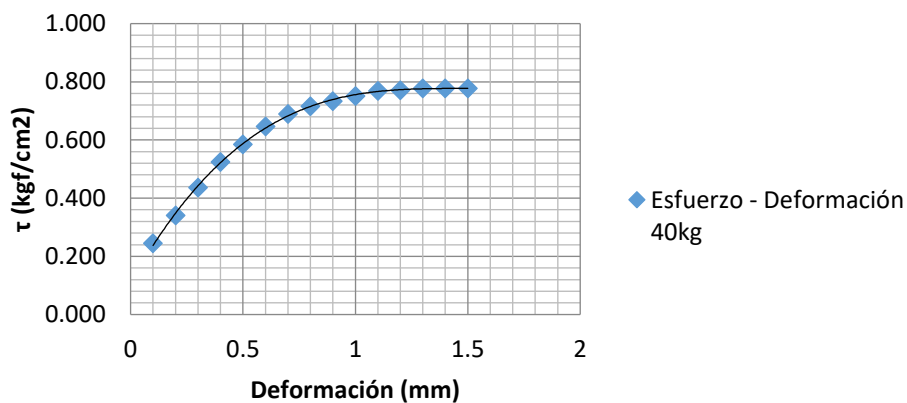
ENSAYO 1: CARGA 40 kg			
Defor. (mm)	F. tang (T)	F. tan interp.	Esfuerzo Cortante τ (kgf/cm ²)
0.1	28	8.8	0.244
0.2	39	12.26	0.341
0.3	50	15.72	0.437
0.4	60	18.87	0.524
0.5	67	21.07	0.585
0.6	74	23.27	0.646
0.7	79	24.84	0.69
0.8	82	25.79	0.716
0.9	84	26.42	0.734
1	86	27.04	0.751
1.1	88	27.67	0.769
1.2	88.3	27.77	0.771
1.3	89	27.99	0.778
1.4	89	27.99	0.778
1.5	89	27.99	0.778

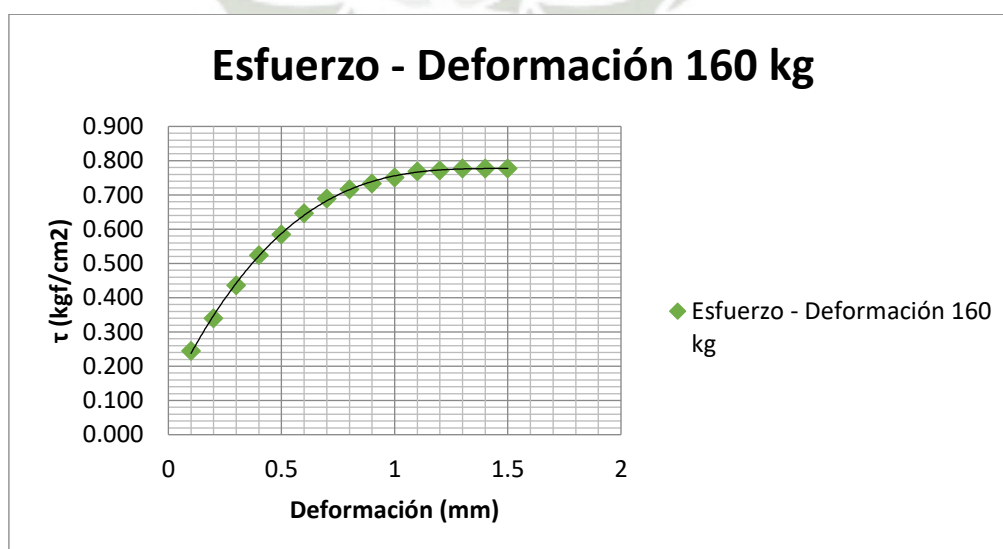
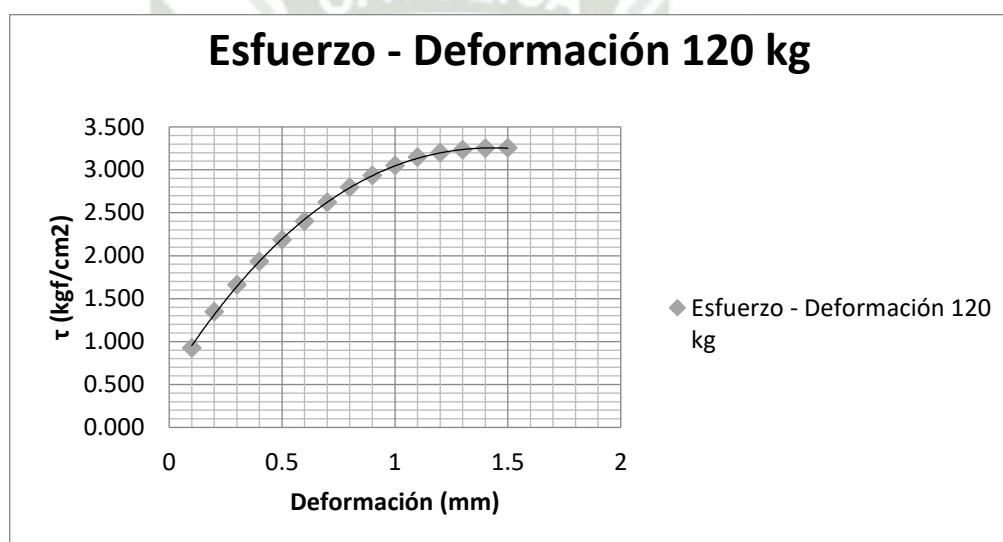
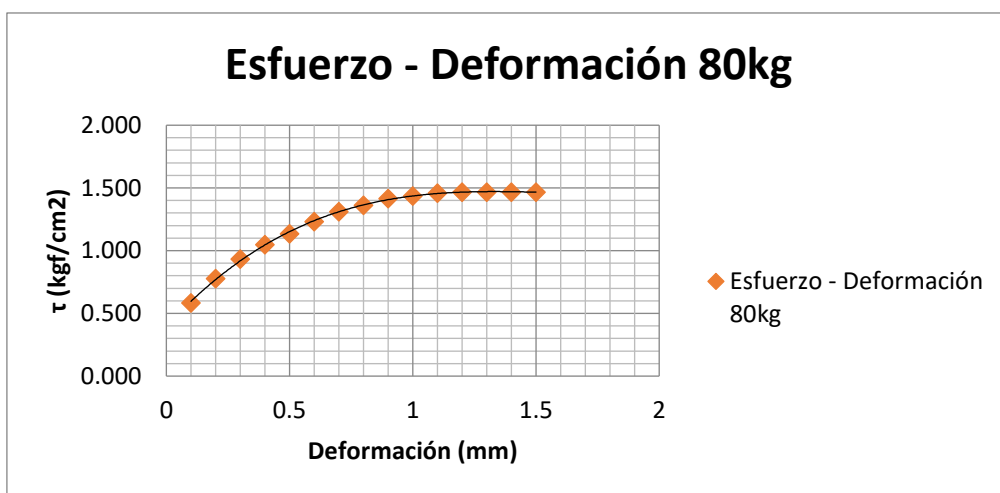
ENSAYO 2: CARGA 80 kg			
Defor. (mm)	F. tang (T)	F. tan interp.	Esfuerzo Cortante τ (kgf/cm ²)
0.1	67	21.07	0.585
0.2	89	27.99	0.778
0.3	107	33.65	0.935
0.4	120	37.74	1.048
0.5	130	40.88	1.136
0.6	141	44.34	1.232
0.7	150	47.17	1.31
0.8	156	49.06	1.363
0.9	162	50.94	1.415
1	164.5	51.73	1.437
1.1	167	52.52	1.459
1.2	167.9	52.8	1.467
1.3	168	52.83	1.468
1.4	168	52.83	1.468
1.5	168	52.83	1.468

ENSAYO 3: CARGA 120 kg			
Defor. (mm)	F. tang (T)	F. tan interp.	Esfuerzo Cortante τ (kgf/cm ²)
0.1	106	33.33	0.926
0.2	154	48.43	1.345
0.3	190	59.75	1.66
0.4	221	69.51	1.931
0.5	250	78.65	2.185
0.6	275	86.5	2.403
0.7	300	94.36	2.621
0.8	320	100.64	2.796
0.9	336	105.67	2.935
1	349	109.76	3.049
1.1	360	113.21	3.145
1.2	366	115.1	3.197
1.3	370	116.36	3.232
1.4	372.1	117.01	3.25
1.5	372.5	117.14	3.254

ENSAYO 4: 160 kg			
S	F. tang (T)	F. tan interp.	Esfuerzo Cortante τ (kgf/cm ²)
0.1	165	51.89	1.441
0.2	247	77.7	2.158
0.3	320	100.64	2.796
0.4	381	119.81	3.328
0.5	432	135.44	3.762
0.6	480	150.14	4.171
0.7	519	162.13	4.504
0.8	546	170.57	4.738
0.9	566	176.83	4.912
1	583	182.14	5.059
1.1	595	185.9	5.164
1.2	602	188.08	5.224
1.3	604	188.71	5.242
1.4	604	188.71	5.242
1.5	604	188.71	5.242

Esfuerzo - Deformación 40kg





Para realizar la gráfica Esfuerzo Normal vs Esfuerzo Cortante son necesarios los siguientes datos

Carga (Kgf)	Esfuerzo Normal σ (Kgf/cm ²)	Esfuerzo Cortante τ (kgf/cm ²)
40	1.11	0.778
80	2.22	1.468
120	3.33	3.254
160	4.44	5.242

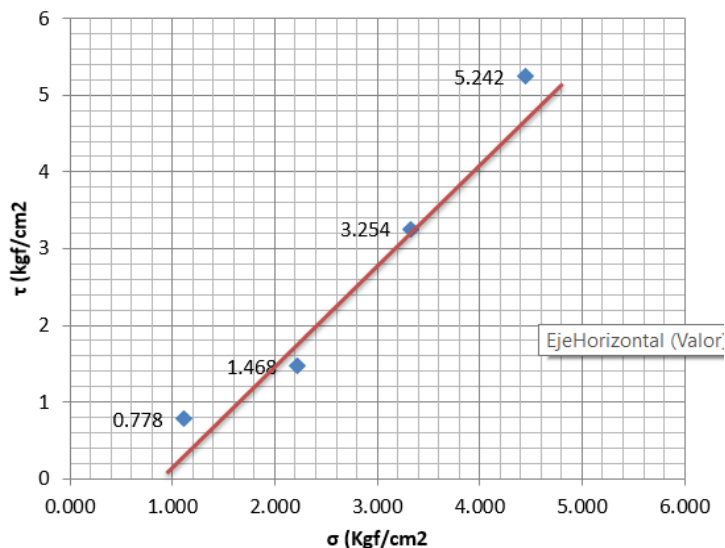
El esfuerzo normal lo calculamos con la fórmula

$$\sigma_n = \frac{F}{A}$$

Donde nuestra Fuerza F vendría a ser la carga aplicada a nuestra muestra, en este caso de 40,80,120 y 160 kgf respectivamente y el área de 36 cm²

Para el esfuerzo cortante tomamos los mayores valores de los ensayos realizados

**ESFUERZO NORMAL VS ESFUERZO
CORTANTE**



Del gráfico podemos concluir que:

- El ángulo de fricción del suelo es de 32°
- El coeficiente de cohesión de la muestra es C= 0.00

- **CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO**

➤ Según Hansen

$$q_u = cN_c s_c d_c + qN_q s_q d_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma$$

$$s_c = 1 + (N_q/N_c)(B/L);$$

$$s_q = 1 + (B/L) \tan \phi;$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 (B/L);$$

$$d_c = 1 + 0,4 D_f/B; \text{ para } D_f \leq B;$$

$$d_c = 1 + 0,4 \tan^{-1} (D_f/B); \text{ para } D_f > B$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 D_f/B; \text{ para } D_f \leq B$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} (D_f/B); \text{ para } D_f > B$$

$$d_\gamma = 1, \text{ para todo } \phi.$$

VALORES DE LA FORMULA	
S _c	1.79
S _q	1.77
S _γ	1.37
Para D _f ≤ B	
D _c	1.83
D _q	1.45
D _γ	1.00
N _q	64.18
N _c	7.53
N _γ	7.95
q _u	76.79 tonf/m ²
q _{adm}	25.60 tonf/m ²

CÁLCULOS ANÁLISIS ESTRUCTURAL

- CALCULO DE PESOS Y RATIOS**

Peso de la Edificación									
Story	Load Case/Comb o	Location	P	VX	VY	T	MX	MY	PESO POR NIVEL
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m	tonf
TECHO6	PESO SISMIC	Bottom	103.840	0.00	0.00	0.00	224.20	12.80	103.84
TECHO5	PESO SISMIC	Bottom	495.951	0.00	0.00	0.00	841.98	-0.51	392.11
TECHO4	PESO SISMIC	Bottom	1035.282	0.00	0.00	0.00	1645.78	-62.71	539.33
TECHO3	PESO SISMIC	Bottom	1569.905	0.00	0.00	0.00	2449.99	-88.83	534.62
TECHO2	PESO SISMIC	Bottom	2108.644	0.00	0.00	0.00	3228.63	-133.11	538.74
TECHO1	PESO SISMIC	Bottom	2657.955	0.00	0.00	0.00	3954.20	-134.02	549.31
T.SEMISOTA	PESO SISMIC	Bottom	3211.853	3.39	-23.75	-28.14	5073.81	-88.56	553.90

ANALISIS SISMICO ESTATICO								Ratio Peso
IRR PESO	Altura m	Pi*hi^k XX	Pi*hi^k YY	ALFA XX	ALFA YY	F LAT XX	F LAT YY	
	17.85	1894.04636	1853.54579	0.06422885	0.06395212	31.8119223	31.6748592	0.23
	15.3	6123.29211	5999.28912	0.20764646	0.20699097	102.845261	102.520607	0.87
1.37545905	12.25	6732.13997	6606.81455	0.22829305	0.22795217	113.071316	112.902483	1.20
0.99126883	9.2	5001.07897	4918.52976	0.16959118	0.16970198	83.996854	84.0517343	1.20
1.00769963	6.15	3358.69259	3313.24608	0.11389635	0.11431555	56.411749	56.6193746	1.20
1.01962267	3.1	1717.37432	1702.86317	0.05823774	0.05875318	28.8445836	29.0998753	1.20
	8.285	4662.40308	4589.04824	0.15810637	0.15833402	78.3085398	78.421293	1.21
		29489.0274	28983.3367			495.290226	495.290226	

- CALCULO DE IRREGULARIDADES**

IRREGULARIDAD ESQUINAS ENTRANTES				
Lx	29.2	m	Existe irregularidad de esquinas entrantes, cuando las dimensiones en ambas direcciones son mayores que el 20% de la correspondiente dimension total en planta.	
Ly	17.95	m		
20% Lx	5.84	m		
20% Ly	3.59	m		
L libre x	7.3	m	> 20% Lx	NO CUMPLE
L libre y	4.75	m	> 20% Ly	NO CUMPLE

Fuerzas Entrepiso SDXX									Irregularidad Rigidez Piso Blando condicion 1 ó condicion 2				Irregularidad Extrema de Rigidez condicion 1 ó condicion 2				
Story	Load Case/Comb o	Location	P	VX	VY	T	MX	MY	Rigidez Lateral	Relacion Rig piso Superior	>70%	Rel Promedio 3 Sup	>80%	Relacion Rig piso Superior	>60%	Rel Promedio 3 Sup	>70%
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m	tonf/m								
TECHO6	SDx Max	Bottom	9.7969	21.6222	15.3994	119.4011	52.3722	51.5469	7526.0007								
TECHO5	SDx Max	Bottom	52.3622	86.2117	63.4664	776.9827	307.7141	202.5438	29748.6888	3.95278847	CUMPLE			3.95278847	CUMPLE		
TECHO4	SDx Max	Bottom	91.8286	155.5946	119.4937	1528.5884	528.8988	473.5241	50665.7766	1.70312638	CUMPLE			1.70312638	CUMPLE		
TECHO3	SDx Max	Bottom	131.297	206.4599	162.2091	2070.0928	845.4965	864.2619	66279.2616	1.3081663	CUMPLE	2.26104993	CUMPLE	1.3081663	CUMPLE	2.26104993	CUMPLE
TECHO2	SDx Max	Bottom	164.3847	241.1742	191.0241	2421.8479	1208.8063	1356.5825	90803.5392	1.37001434	CUMPLE	1.8570025	CUMPLE	1.37001434	CUMPLE	1.8570025	CUMPLE
TECHO1	SDx Max	Bottom	183.2911	256.6829	203.7171	2570.1873	1582.5177	1949.3843	176051.372	1.93881619	CUMPLE	2.54227548	CUMPLE	1.93881619	CUMPLE	2.54227548	CUMPLE
T.SEMISOTASDx Max	Bottom		178.6784	80.9783	34.2707	1158.4994	1133.7735	1518.9654									

Fuerzas Entrepiso SDYY									Irregularidad Rigidez Piso Blando condicion 1 ó condicion 2				Irregularidad Extrema de Rigidez condicion 1 ó condicion 2				
Story	Load Case/Comb o	Location	P	VX	VY	T	MX	MY	Rigidez Lateral	Relacion Rig piso Superior	>70%	Rel Promedio 3 Sup	>80%	Relacion Rig piso Superior	>60%	Rel Promedio 3 Sup	>70%
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m	tonf/m								
TECHO6	SDy Max	Bottom	9.8091	15.2945	26.525	77.3843	75.499	36.57	18142.9549								
TECHO5	SDy Max	Bottom	66.9462	66.2166	102.4765	521.06	472.1594	223.5492	54220.3704	2.98850826	CUMPLE			2.98850826	CUMPLE		
TECHO4	SDy Max	Bottom	111.1678	124.0261	191.5418	1054.3506	821.3229	478.0332	78694.2482	1.45137792	CUMPLE			1.45137792	CUMPLE		
TECHO3	SDy Max	Bottom	161.5003	166.0444	258.9071	1449.7491	1341.3315	855.7914	91389.7282	1.16132666	CUMPLE	1.81499794	CUMPLE	1.16132666	CUMPLE	1.81499794	CUMPLE
TECHO2	SDy Max	Bottom	207.6307	192.7047	304.5535	1710.0837	1950.1027	1314.7415	111639.846	1.2215798	CUMPLE	1.49314778	CUMPLE	1.2215798	CUMPLE	1.49314778	CUMPLE
TECHO1	SDy Max	Bottom	231.3488	203.7177	325.5	1822.1451	2585.9326	1800.6393	210271.318	1.88347911	CUMPLE	2.2391218	CUMPLE	1.88347911	CUMPLE	2.2391218	CUMPLE
T.SEMISOTASDy Max	Bottom		199.7952	47.5814	53.0813	721.2091	1821.4772	1465.6537									

Desplazamientos del centro de masa

Story	Diaphragm	ad Case/Com	UX	UY	RZ	Point	X	Y	Z	DESP REL	DRIFT CM
			m	m	rad		m	m	m	m	XX
TECHO6	D6	DERIVA XX M	0.041657	0.023871	0.004449	1	-0.0648	2.1793	17.85	0.008613	0.00282
TECHO5	D5	DERIVA XX M	0.033044	0.021298	0.003843	2	-0.0085	1.0626	15.3	0.006717	0.00220
TECHO4	D4	DERIVA XX M	0.026327	0.018111	0.003059	5	0.0414	0.9838	12.25	0.007193	0.00236
TECHO3	D3	DERIVA XX M	0.019134	0.013811	0.002192	6	-0.0181	1.0538	9.2	0.007706	0.00253
TECHO2	D2	DERIVA XX M	0.011428	0.0088	0.001292	9	0.0301	1.037	6.15	0.006995	0.00229
TECHO1	D1	DERIVA XX M	0.004433	0.003624	0.000488	10	-0.029	0.9893	3.1	0.004433	0.00145
T.SEMISOTA DSEMISOTA	DERIVA XX M		0	0	0	13	0.0096	1.058	0.05	0	0.00000

Desplazamientos del centro de masa

Story	Diaphragm	ad Case/Com	UX	UY	RZ	Point	X	Y	Z	DESP REL	DRIFT CM
			m	m	rad		m	m	m	m	YY
TECHO6	D6	DERIVA YY M	0.028424	0.036734	0.002749	1	-0.0648	2.1793	17.85	0.004026	0.00132
TECHO5	D5	DERIVA YY M	0.023803	0.032708	0.002392	2	-0.0085	1.0626	15.3	0.004782	0.00157
TECHO4	D4	DERIVA YY M	0.019173	0.027926	0.001927	5	0.0414	0.9838	12.25	0.006437	0.00211
TECHO3	D3	DERIVA YY M	0.013968	0.021489	0.001399	6	-0.0181	1.0538	9.2	0.007738	0.00254
TECHO2	D2	DERIVA YY M	0.008388	0.013751	0.000836	9	0.0301	1.037	6.15	0.008048	0.00264
TECHO1	D1	DERIVA YY M	0.003274	0.005703	0.000321	10	-0.029	0.9893	3.1	0.005703	0.00187
T.SEMISOTA	DSEMISOTA	DERIVA YY M	0	0	0.00E+00	13	0.0096	1.058	0.05	0	0.00000

				Solo aplica si max despl >0.007/2				
				Irregularidad Torsional		Irregularidad Torsional Extrema		
Story	Diaphragm	DRIFT MAX	DRIFT CM	RELACION	>1.2	PROMEDIO	RELACION	<1.5
				Dmax/Dcm			Dmax/Dpron	
TECHO 6	D6	0.0037	0.0028	0.897	CUMPLE	0.004	0.892	CUMPLE
TECHO 5	D5	0.0046	0.0022	0.918	CUMPLE	0.005	0.957	CUMPLE
TECHO 4	D4	0.0050	0.0024	0.985	CUMPLE	0.005	0.990	CUMPLE
TECHO 3	D3	0.0051	0.0025	1.015	CUMPLE	0.005	1.065	CUMPLE
TECHO 2	D2	0.0045	0.0023	1.162	CUMPLE	0.004	1.249	CUMPLE
TECHO 1	D1	0.0027	0.0015					

				Solo aplica si max despl >0.007/2				
				Irregularidad Torsional		Irregularidad Torsional Extrema		
Story	Diaphragm	DRIFT MAX	DRIFT CM	RELACION	>1.2	PROMEDIO	RELACION	<1.5
				Dmax/Dcm			Dmax/Dpron	
TECHO 6	D6	0.0024	0.0013					
TECHO 5	D5	0.0033	0.0016	0.885	CUMPLE	0.004	0.912	CUMPLE
TECHO 4	D4	0.0040	0.0021	0.916	CUMPLE	0.004	0.944	CUMPLE
TECHO 3	D3	0.0044	0.0025	0.996	CUMPLE	0.004	1.018	CUMPLE
TECHO 2	D2	0.0043	0.0026	1.127	CUMPLE	0.004	1.205	CUMPLE
TECHO 1	D1	0.0028	0.0019					

- **CALCULO DE FACTORES PARA EL ANÁLISIS DINÁMICO**

Análisis Sísmico Dinámico			
Tx=	0.515	Ty=	0.46
kx=	1.0075	ky=	1
Z=	0.35	Z=	0.35
U=	1	U=	1
S=	1.15	S=	1.15
Tp=	0.6	Tp=	0.6
Tl=	2	Tl=	2
Cx=	2.5	Cy=	2.5
Rx=	5.4	Ry=	5.4
R0=	6	R0=	6
la=	1	la=	1
lp=	0.9	lp=	0.9
Cx/Rx > 0.125	0.46296296	Cy/Ry > 0.125	0.462962963
Peso=	2657.955	Peso=	2657.955
g=	9.81	g=	9.81
Z*U*S*Cx/R=	0.18634259	Z*U*S*Cy/R=	0.186342593
VEx=	495.290226	VEy=	495.2902257
Z*U*S*g/R=	0.73120833	Z*U*S*g/R=	0.731208333
VDx=	256.6829	VDy=	325.5
VDx/VEx=	76%	VDy/VEy=	77%
F ESCALA	1.18406054	F ESCALA	1.173828053

