

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERIA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil



TESIS

**“DETERMINAR LA RESPUESTA ESTRUCTURAL DEL MÓDULO
“I” DE LA I.E.P. ALFONSO VILLANUEVA PINILLOS, DE LA
CIUDAD DE JAÉN AL SER ANALIZADO CON LOS SOFTWARES
ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL Y ETABS”**

PRESENTADA POR:

BACH. BRAYAN JOEL SÁNCHEZ ZAMORA

ASESOR:

DR. ING. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO

CAJAMARCA – PERÚ

2022

DEDICATORIA.

A mis padres Luis Sánchez e Yris Zamora,
por su incondicional apoyo en cada etapa de mi vida,
por eso les dedico mi trabajo como una pequeña retribución
por su amor y paciencia.

A Dina Sánchez Apaza,
por tu constante apoyo, por tu infinita paciencia,
por siempre haber estado ahí, en momentos felices y tristes,
por ser mi compañera en la vida, te dedico este trabajo,
gracias por todo.

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil,
por el aprendizaje brindado, las experiencias vividas,
durante todo el tiempo de mi formación profesional y
académica.

A los docentes de Ingeniería Civil de la
Universidad Nacional de Cajamarca por su excelente
Instrucción, su guía y su sabiduría compartida.

A mi asesor, Dr. Miguel Ángel Mosqueira Moreno,
por su asesoría y constante ayuda en la presente tesis.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO	II
ÍNDICE GENERAL	III
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN. XI	
ABSTRACT XII	
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.3. HIPÓTESIS.....	2
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.5. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE INVESTIGACIÓN	2
1.6. LIMITACIONES.	2
1.7. OBJETIVOS.	3
1.8. ORGANIZACIÓN DE LA TESIS.	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.	5
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.	5
2.1.1. <i>Internacional</i>	5
2.1.2. <i>Nacional</i>	6
2.2. BASES TEÓRICAS.	7
2.2.1. <i>SISTEMAS ESTRUCTURALES</i>	7
2.2.1.1. ESTRUCTURA DE CONCRETO ARMADO.....	7
2.2.1.2. ESTRUCTURAS DE ALBAÑILERÍA.	7
2.2.2. <i>CARGAS</i>	8
2.2.2.1. CARGA MUERTA.....	8
2.2.2.2. CARGA VIVA.	9
2.2.2.3. CARGA SÍSMICA.....	10
2.3. DISEÑO SÍSMICO EN EDIFICACIONES.	11
2.3.1. <i>Zonificación</i>	12
2.3.2. <i>Parámetros de sitio (S, T_p y T_U)</i>	13
2.3.3. <i>Período fundamental de vibración</i>	14
2.3.4. <i>Factor de amplificación sísmica (C)</i>	14
2.3.5. <i>Factor de uso (U)</i>	15
2.3.6. <i>Coficiente básico de reducción (R_o)</i>	15
2.4. ANÁLISIS ESTÁTICO.....	16
2.4.1. <i>Peso de la edificación</i>	16
2.4.2. <i>Fuerza cortante en la base</i>	16
2.4.3. <i>Excentricidad accidental</i>	16
2.5. ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL.	16
2.5.1. <i>Modos de vibración</i>	16
2.5.2. <i>Aceleración espectral</i>	16
2.5.3. <i>Fuerza cortante mínima</i>	17
2.6. REQUISITOS DE RIGIDEZ, RESISTENCIA Y DUCTILIDAD.....	17
2.6.1. <i>Desplazamientos laterales</i>	17
2.6.2. <i>Desplazamientos laterales relativos admisibles</i>	17

2.7.	REQUISITOS DE RESISTENCIA Y DE SERVICIO	17
2.7.1.	<i>Factores de reducción de resistencia.</i>	18
2.8.	LESIONES.....	18
2.8.1.	<i>Lesiones físicas.</i>	19
2.8.2.	<i>Lesiones mecánicas.</i>	19
2.9.	CSI ETABS.....	20
2.10.	AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL	20
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....		21
3.1.	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	21
3.1.1.	<i>Ubicación política.</i>	21
3.2.	PERÍODO EN QUE SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN.....	22
3.3.	PROCEDIMIENTO.....	23
3.3.1.	<i>DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN EN ESTUDIO.</i>	23
3.3.2.	<i>Inspección visual del módulo I.</i>	26
3.3.3.	<i>PROPIEDADES FÍSICAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL MÓDULO I.</i>	27
3.3.4.	<i>METRADO DE CARGAS.</i>	30
3.3.4.1.	CARGA MUERTA DEL PRIMER PISO.....	31
3.3.4.2.	CARGA MUERTA DEL SEGUNDO PISO.....	33
3.3.4.3.	CARGA MUERTA DE ESCALERA.....	34
3.3.4.4.	CARGA MUERTA DE PARAPETOS.....	35
3.3.4.5.	CARGA VIVA.....	37
3.3.5.	<i>PARÁMETROS SÍSMICOS.</i>	38
3.3.6.	<i>CÁLCULO DE IRREGULARIDADES.</i>	41
3.3.6.1.	IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA PARA BLOQUE LATERAL.....	41
3.3.6.2.	IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA PARA BLOQUE LATERAL.....	43
3.3.6.3.	IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA PARA BLOQUE CENTRAL DE ESCALERA.....	46
3.3.6.4.	IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA PARA BLOQUE CENTRAL DE ESCALERA.....	48
3.3.7.	<i>CÁLCULO DE CORTANTE EN BLOQUE LATERAL.</i>	50
3.3.7.1.	COMBINACIONES DE CARGA.....	50
3.3.7.2.	ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO BLOQUE LATERAL.....	50
3.3.7.3.	ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO BLOQUE LATERAL.....	51
3.3.8.	<i>CÁLCULO DE CORTANTE EN BLOQUE ESCALERA.</i>	56
3.3.8.1.	ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO BLOQUE ESCALERA.....	56
3.3.8.2.	ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO BLOQUE ESCALERA.....	56
3.3.9.	<i>DISEÑO DE VIGAS.</i>	59
3.3.10.	<i>DISEÑO DE COLUMNAS.</i>	64
3.3.11.	<i>PROCEDIMIENTO DE COMPARACIÓN DE LA RESPUESTA ESTRUCTURAL DEL MÓDULO I.</i>	77
3.4.	TRATAMIENTO, ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	83
3.4.1.	<i>TIPO DE INVESTIGACIÓN.</i>	83
3.4.2.	<i>POBLACIÓN.</i>	83
3.4.3.	<i>MUESTRA.</i>	83
3.4.4.	<i>UNIDAD DE ANÁLISIS.</i>	83
3.4.5.	<i>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.</i>	83
3.4.6.	<i>PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.</i>	84
3.4.7.	<i>PARTICIPACIÓN DE MASA MODAL Y MODOS DE VIBRACIÓN.</i>	84
3.4.8.	<i>ANÁLISIS SÍSMICO.</i>	90
3.4.9.	<i>ACERO EN VIGAS.</i>	96
3.4.10.	<i>ACERO EN COLUMNAS.</i>	97
3.4.11.	<i>FUERZAS INTERNAS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES.</i>	98
3.4.11.1.	FUERZAS INTERNAS EN VIGAS.....	98
3.4.11.2.	FUERZAS INTERNAS EN COLUMNAS.....	102
3.4.12.	<i>DISTORSIÓN DE ENTREPISO.</i>	106

3.4.13.	DESPLAZAMIENTOS.	108
3.4.14.	VARIACIONES EN LA RESPUESTA ESTRUCTURAL ENTRE CSI ETABS Y AUTODESK ROBOT S.A.P. 109	
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		110
4.1.	COMPARACIÓN DEL PERÍODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN.	110
4.2.	FUERZA CORTANTE EN LA BASE.	110
4.3.	DISEÑO Y CÁLCULO DE ACERO EN VIGAS Y COLUMNAS.	111
4.4.	FUERZAS INTERNAS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES.	112
4.5.	DISTORSIÓN DE ENTREPISO Y DESPLAZAMIENTOS.	112
4.6.	CSI ETABS v19.0.0.	114
4.7.	AUTODESK ROBOT STRUCTURAL 2021.	114
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		116
5.1.	CONCLUSIONES.	116
5.2.	RECOMENDACIONES.	117

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1:	PESO ESPECÍFICO Y MÓDULO DE ELASTICIDAD PARA DIFERENTES MATERIALES.....	9
TABLA 2:	PESO PROPIO PARA ALIGERADO UNIDIRECCIONAL.....	9
TABLA 3:	CARGAS VIVAS MÍNIMAS PARA INSTITUCIÓN EDUCATIVA.....	10
TABLA 4:	FACTORES DE ZONA SÍSMICA.....	13
TABLA 5:	ZONA SÍSMICA DE LA UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	13
TABLA 6:	FACTOR DE SUELO.	13
TABLA 7:	TABLA DE PERÍODOS T_p Y T_L	14
TABLA 8:	FACTOR DE USO	15
TABLA 9:	COEFICIENTE BÁSICO DE REDUCCIÓN.....	15
TABLA 10:	LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DE ENTREPISO.....	17
TABLA 11:	FACTORES DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA.....	18
TABLA 12:	TIPOS DE LESIONES.	19
TABLA 13:	LESIONES ENCONTRADAS EN EL MODULO I.	27
TABLA 14:	CARGAS REPARTIDAS PARA AMBIENTES DE COLEGIO POR METRO CUADRADO.	31
TABLA 15:	IRREGULARIDAD POR PISO BLANDO EN BLOQUE LATERAL.	41
TABLA 16:	PRIMERA CONDICIÓN PARA IRREGULARIDAD EXTREMA POR RIGIDEZ EN BLOQUE LATERAL.	42
TABLA 17:	SEGUNDA CONDICIÓN PARA IRREGULARIDAD EXTREMA EN BLOQUE LATERAL.....	42
TABLA 18:	IRREGULARIDAD POR MASA O PESO EN BLOQUE LATERAL.....	43
TABLA 19:	IRREGULARIDAD GEOMÉTRICA VERTICAL PARA BLOQUE LATERAL.	43
TABLA 20:	IRREGULARIDAD TORSIONAL EN BLOQUE CENTRAL ESCALERA.	44
TABLA 21:	IRREGULARIDAD TORSIONAL, SEGUNDA CONDICIÓN EN BLOQUE CENTRAL ESCALERA.	44
TABLA 22:	IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA EN BLOQUE CENTRAL DE ESCALERA.	45
TABLA 23:	IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA, SEGUNDA CONDICIÓN EN BLOQUE CENTRAL ESCALERA. 45	
TABLA 24:	IRREGULARIDAD POR PISO BLANDO PARA BLOQUE CENTRAL DE ESCALERA.....	46
TABLA 25:	PRIMERA CONDICIÓN PARA IRREGULARIDAD EXTREMA DE RIGIDEZ EN BLOQUE ESCALERA.	46
TABLA 26:	SEGUNDA CONDICIÓN PARA IRREGULARIDAD EXTREMA DE RIGIDEZ EN BLOQUE ESCALERA.	47
TABLA 27:	IRREGULARIDAD POR MASA O PESO, EN BLOQUE CENTRAL ESCALERA.....	47
TABLA 28:	IRREGULARIDAD GEOMÉTRICA VERTICAL EN BLOQUE ESCALERA.	48
TABLA 29:	IRREGULARIDAD TORSIONAL EN BLOQUE CENTRAL DE ESCALERA.	48
TABLA 30:	IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA PARA BLOQUE CENTRAL DE ESCALERA.	49
TABLA 31:	IRREGULARIDAD POR DISCONTINUIDAD DE DIAFRAGMA EN BLOQUE ESCALERA.....	49
TABLA 32:	ESPECTRO EN DIRECCIÓN X.	52
TABLA 33:	ESPECTRO EN DIRECCIÓN Y.	53
TABLA 34:	DEFORMACIONES RELATIVAS EN ETABS.....	55

TABLA 35:	DERIVAS EN EJE X EN BLOQUE LATERAL	55
TABLA 36:	DERIVAS EN EJE Y EN BLOQUE LATERAL	55
TABLA 37:	DEFORMACIONES EN BLOQUE CENTRAL DE ESCALERA.....	58
TABLA 38:	DERIVAS EN BLOQUE DE ESCALERA EN DIRECCIÓN X.....	58
TABLA 39:	DERIVAS EN BLOQUE DE ESCALERA EN DIRECCIÓN Y.....	59
TABLA 40:	ÁREA DE ACERO EN VIGA V 101 (0.25 X 0.50) CON MOMENTO POSITIVO.....	61
TABLA 41:	ÁREA DE ACERO EN VIGA V 101 CON MOMENTO NEGATIVO A LA IZQUIERDA.	62
TABLA 42:	ÁREA DE ACERO EN VIGA V 101 CON MOMENTO NEGATIVO A LA DERECHA.....	62
TABLA 43:	FUERZAS INTERNAS DE LA COLUMNA C-2, CON RESULTADOS DE CSI ETABS.....	65
TABLA 44:	FUERZAS INTERNAS DE LA COLUMNA C-2, CON RESULTADOS DE ROBOT STRUCTURAL.....	67
TABLA 45:	FUERZAS INTERNAS DE LA COLUMNA C-1, CON RESULTADOS DE CSI ETABS.....	70
TABLA 46:	FUERZAS INTERNAS DE LA COLUMNA C-1, CON RESULTADOS DE ROBOT STRUCTURAL.....	71
TABLA 47:	FUERZAS INTERNAS DE LA COLUMNA C-3, CON RESULTADOS DE CSI ETABS.....	74
TABLA 48:	FUERZAS INTERNAS DE LA COLUMNA C-3, CON RESULTADOS DE ROBOT STRUCTURAL.....	76
TABLA 49:	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	83
TABLA 50:	MODOS DE VIBRACIÓN DE BLOQUE LATERAL CON CSI ETABS.	85
TABLA 51:	PERÍODOS DE VIBRACIÓN DE BLOQUE LATERAL CON CSI ETABS.	86
TABLA 52:	MODOS DE VIBRACIÓN DE BLOQUE LATERAL CON ROBOT STRUCTURAL.....	86
TABLA 53:	PERÍODOS DE VIBRACIÓN DE BLOQUE LATERAL CON ROBOT STRUCTURAL.....	86
TABLA 54:	MODOS DE VIBRACIÓN DE BLOQUE CENTRAL DE ESCALERA CON CSI ETABS.	87
TABLA 55:	PERÍODOS DE VIBRACIÓN DE BLOQUE CENTRAL DE ESCALERA, CON CSI ETABS.	88
TABLA 56:	MODOS DE VIBRACIÓN DE BLOQUE CENTRAL DE ESCALERA CON ROBOT STRUCTURAL.	89
TABLA 57:	PERÍODOS DE VIBRACIÓN DE BLOQUE CENTRAL DE ESCALERA CON ROBOT STRUCTURAL.....	90
TABLA 58:	PERÍODOS DE VIBRACIÓN DE BLOQUE CENTRAL Y LATERAL, EN AMBOS PROGRAMAS.	90
TABLA 59:	FUERZA CORTANTE EN LA BASE DE BLOQUE LATERAL PARA CASO ESTÁTICO EN ETABS.....	90
TABLA 60:	FUERZA CORTANTE EN LA BASE EN BLOQUE LATERAL PARA SISMO DINÁMICO EN ETABS.....	91
TABLA 61:	FUERZA CORTANTE EN LA BASE DEL BLOQUE LATERAL PARA CASO ESTÁTICO EN ROBOT.....	91
TABLA 62:	FUERZA CORTANTE EN LA BASE DEL BLOQUE LATERAL PARA SISMO DINÁMICO EN ROBOT.	92
TABLA 63:	FUERZA CORTANTE EN LA BASE DEL BLOQUE CENTRAL PARA ANÁLISIS ESTÁTICO CON ETABS....	93
TABLA 64:	FUERZA CORTANTE EN LA BASE DEL BLOQUE CENTRAL PARA ANÁLISIS DINÁMICO CON ETABS. .	93
TABLA 65:	FUERZA CORTANTE DE BLOQUE CENTRAL DE ESCALERA CASO ESTÁTICO EN ROBOT.	94
TABLA 66:	FUERZA CORTANTE EN LA BASE DE BLOQUE CENTRAL DE ESCALERA PARA ANÁLISIS DINÁMICO EN ROBOT STRUCTURAL.	94
TABLA 67:	FUERZA CORTANTE EN LA BASE EN AMBOS PROGRAMAS.	96
TABLA 68:	PESO DE LOS BLOQUES EN AMBOS SOFTWARES.....	96
TABLA 69:	ÁREAS DE ACERO CALCULADOS PARA VIGAS, EN ETABS Y ROBOT STRUCTURAL.....	97

TABLA 70:	ÁREAS DE ACERO EN COLUMNAS	97
TABLA 71:	MOMENTO FLECTOR DE VIGA VS (0.25 X 0.30) EJE A-A EN CSI ETABS V19.0.0.....	99
TABLA 72:	MOMENTO FLECTOR DE VIGA VS (0.25 X 0.30) EJE A-A EN ROBOT STRUCTURAL.	99
TABLA 73:	FUERZA CORTANTE V101 (0.25 X 0.50) EJE A-A EN CSI ETABS V19.0.0.	101
TABLA 74:	FUERZA CORTANTE V101 (0.25 X 0.50) EJE A-A EN ROBOT STRUCTURAL 2021.	101
TABLA 75:	FUERZAS INTERNAS DE LA COLUMNA C-L, CON RESULTADOS DE CSI ETABS.....	103
TABLA 76:	FUERZAS INTERNAS DE LA COLUMNA C-L, CON RESULTADOS DE ROBOT STRUCTURAL.	104
TABLA 77:	FUERZAS INTERNAS DE LA COLUMNA C-T, CON RESULTADOS DE CSI ETABS.....	105
TABLA 78:	FUERZAS INTERNAS DE LA COLUMNA C-T, CON RESULTADOS DE ROBOT STRUCTURAL.	106
TABLA 79:	DISTORSIÓN DE ENTREPISO PARA BLOQUE LATERAL, CON RESULTADOS DE CSI ETABS.	107
TABLA 80:	DISTORSIÓN DE ENTREPISO EN BLOQUE LATERAL, CON RESULTADOS DE ROBOT STRUCTURAL.	107
TABLA 81:	DISTORSIÓN DE ENTREPISO EN BLOQUE CENTRAL, CON RESULTADOS DE CSI ETABS.	107
TABLA 82:	DISTORSIÓN DE ENTREPISO EN BLOQUE CENTRAL, CON RESULTADOS DE ROBOT.	108
TABLA 83:	DEFORMACIONES EN BLOQUE LATERAL, CON RESULTADOS DE ETABS Y ROBOT STRUCTURAL..	108
TABLA 84:	DEFORMACIONES EN BLOQUE CENTRAL, CON RESULTADOS DE ETABS Y ROBOT.	108
TABLA 85:	VARIACIÓN DE RESPUESTA ESTRUCTURAL ENTRE CSI ETABS Y ROBOT STRUCTURAL.....	109

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1:	ESTRUCTURA APORTICADA DE CONCRETO ARMADO	7
FIGURA 2:	ESTRUCTURA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA.....	8
FIGURA 3:	ZONAS SÍSMICAS EN TERRITORIO PERUANO.....	12
FIGURA 4:	UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.....	21
FIGURA 5:	UBICACIÓN DEL I.E. ALFONSO VILLANUEVA PINILLOS DE LA CIUDAD DE JAÉN.....	22
FIGURA 6:	PROCEDIMIENTO REALIZADO EN LA COMPARACIÓN DE LA RESPUESTA ESTRUCTURAL.....	23
FIGURA 7:	FOTOGRAFÍA DEL MÓDULO I DE LA I. E. ALFONSO VILLANUEVA PINILLOS	25
FIGURA 8:	PARTE FRONTAL DEL MÓDULO "I".	27
FIGURA 9:	(A) PARTE IZQUIERDA DEL PRIMER PISO DEL MÓDULO I DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA ALFONSO VILLANUEVA PINILLOS Y (B) MÓDULO ESCALERA EN EL BLOQUE DE EN MEDIO.....	31
FIGURA 10:	(A) PLANTA DE LA ESCALERA UBICADA EN EL BLOQUE CENTRAL (B) MEDIDAS DE PASO Y CONTRAPASO, PASO= 30 CM, CONTRAPASO= 16 CM.....	34
FIGURA 11:	DIAGRAMA DE ESPECTRO SÍSMICO EN DIRECCIÓN X, BLOQUE LATERAL.....	53
FIGURA 12:	DIAGRAMA DE ESPECTRO SÍSMICO EN DIRECCIÓN Y, EN BLOQUE LATERAL	54
FIGURA 13:	ESPECTRO DE PSEUDOACELERACIONES EN DIRECCIÓN X, EN BLOQUE CENTRAL.....	57
FIGURA 14:	ESPECTRO DE PSEUDOACELERACIONES EN DIRECCIÓN Y, EN BLOQUE CENTRAL.....	58
FIGURA 15:	VIGA 101 (0.25 X 0.50).....	59
FIGURA 16:	DIAGRAMA DE MOMENTOS DEL CORTE 2-2.	60
FIGURA 17:	COLUMNA EN L SECCIÓN 0.50 M X 0.50 M.	64
FIGURA 18:	ACEROS DE COLUMNA EN L SECCIÓN 0.50 M X 0.50 M.	65
FIGURA 19:	DIAGRAMA DE INTERACCIÓN PARA LA COLUMNA L (0.5 X 0.5), DIRECCIÓN X (A) Y DIRECCIÓN Y (B) CON RESULTADOS EN CSI ETABS.....	66
FIGURA 20:	DIAGRAMA DE INTERACCIÓN PARA LA DIRECCIÓN X (A) Y DIRECCIÓN Y (B) CON RESULTADOS EN AUTODESK ROBOT STRUCTURAL 2021.....	68
FIGURA 21:	COLUMNA EN T SECCIÓN 0.50 M X 0.75 M.	68
FIGURA 22:	ACERO EN COLUMNA EN T SECCIÓN 0.50 M X 0.75 M.....	69
FIGURA 23:	DIAGRAMA DE INTERACCIÓN PARA COLUMNA T, DIRECCIÓN X (A) Y DIRECCIÓN Y (B) CON RESULTADOS EN CSI ETABS V19.0.0.	71
FIGURA 24:	DIAGRAMA DE INTERACCIÓN PARA COLUMNA T, EN DIRECCIÓN X (A) Y DIRECCIÓN Y (B) CON RESULTADOS EN AUTODESK ROBOT STRUCTURAL 2021.	72
FIGURA 25:	COLUMNA C-3 RECTANGULAR SECCIÓN 0.25 M X 0.25 M.	73
FIGURA 26:	ACERO EN COLUMNA C-3 RECTANGULAR SECCIÓN 0.25 M X 0.25 M.....	74
FIGURA 27:	DIAGRAMA DE INTERACCIÓN EN LA COLUMNA C-3 DIRECCIÓN X (A) Y DIRECCIÓN Y (B) CON RESULTADOS EN CSI ETABS V19.0.0.	75
FIGURA 28:	DIAGRAMA DE INTERACCIÓN EN COLUMNA C-3, DIRECCIÓN X (A) Y DIRECCIÓN Y (B) CON RESULTADOS DE ROBOT STRUCTURAL.....	77
FIGURA 29:	BLOQUE LATERAL Y BLOQUE DE ESCALERA SEPARADOS POR JUNTA SÍSMICA.....	78

FIGURA 30: VISTA TOTAL DEL MÓDULO I DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA.....	78
FIGURA 31: VISTA DEL MÓDULO I, BLOQUE LATERAL (A) Y CENTRAL (B), MODELADO EN CSI ETABS.	80
FIGURA 32: VISTA DEL MÓDULO I, BLOQUE LATERAL (A) Y CENTRAL (B), MODELADO EN ROBOT STRUCTURAL. 82	
FIGURA 33: BLOQUE LATERAL MODELADO EN CSI ETABS.	85
FIGURA 34: BLOQUE CENTRAL DE ESCALERA MODELADO EN CSI ETABS.	87
FIGURA 35: MOMENTOS FLECTORES EN VIGAS, PARA EL EJE A DEL BLOQUE LATERAL EN CSI ETABS.	98
FIGURA 36: FUERZA CORTANTE EN VIGA V101, EJE 2-2 DE BLOQUE LATERAL EN (A) ETABS.	100
FIGURA 37: UBICACIÓN DE LA COLUMNA L EN EL BLOQUE LATERAL (A) SECCIÓN (B).	103
FIGURA 38: UBICACIÓN DE LA COLUMNA T, EN EL BLOQUE LATERAL (A) SECCIÓN DE LA COLUMNA (B).	105

RESUMEN.

En esta investigación se hizo un estudio comparativo de la respuesta estructural del módulo de un colegio obtenida de dos programas diferentes: CSI Etabs y Autodesk Robot Structural, esto con el propósito de señalar las diferencias que hay al usar los programas Etabs y Robot Structural, así como comparar la diferencia de resultados, también ventajas y desventajas de cada uno de los programas, usando como objeto de análisis, el módulo 1 de la I.E. Alfonso Villanueva Pinillos, estructura destinada a la educación primaria, ubicado en el distrito de Jaén en la provincia de Cajamarca. El módulo I presenta dos niveles para uso general y azotea, tiene forma rectangular y está dividido por dos juntas sísmicas, por lo cual los dos bloques laterales de la estructura están destinados a aulas, pasadizo, entre otros usos, y el bloque del centro está destinado solamente a ser el módulo de escalera. Se comenzó modelando el módulo en el programa Etabs, se creó mallas a partir de los planos obtenidos del expediente técnico, se creó el material requerido para cada sección como vigas, columnas y losa y luego se procedió a modelar, luego se repitió el proceso en el programa Robot Structural Analysis hasta que, finalmente se obtuvo el modelado en ambos programas. Ambos programas de análisis y diseño de estructuras presentan variaciones en términos de manejo y también de resultados, por lo que la investigación apunta a esclarecer cuán significativas pueden ser estas diferencias, tomando en cuenta el modelamiento, interfaz, partiendo de los planos que se disponen del expediente técnico de la Institución Educativa, se obtuvo la respuesta estructural en diferentes Software y se indicó ventajas de manejo, de interfaz, etc. Finalmente se comparó los resultados de la respuesta estructural obtenidas del módulo 1 para ambos programas, además se indicó ventajas, desventajas, y demás, del uso de cada Software.

Palabras clave: Modelamiento, comparación, respuesta estructural, análisis estático, análisis dinámico.

ABSTRACT

In this research, a comparative study was made of the structural response of a school module obtained from two different programs: CSI Etabs and Autodesk Robot Structural, this with the purpose of pointing out the differences that exist when using the Etabs and Robot Structural programs, as well how to compare the difference in results, also advantages and disadvantages of each of the programs, using as an object of analysis, module 1 of the I.E. Alfonso Villanueva Pinillos, structure for primary education, located in the district of Jaén in the province of Cajamarca. Module I has two levels for general use and a roof terrace, it has a rectangular shape and is divided by two seismic joints, for which the two lateral blocks of the structure are intended for classrooms, a passageway, among other uses, and the center is only intended to be the ladder module. The module began to be modeled in the Etabs program, meshes were created from the plans obtained from the technical file, the required material was created for each section such as beams, columns and slab and then the modeling was carried out, then the process was repeated in the Robot Structural Analysis program until, finally, the modeling was obtained in both programs. Both structural analysis and design programs present variations in terms of management and also of results, so the research aims to clarify how significant these differences can be, taking into account the modeling, interface, starting from the plans that are available in the system. technical file of the Educational Institution, the structural response was obtained in different Software and management advantages, interface, etc. were indicated. Finally, the results of the structural response obtained from module 1 for both programs were compared, in addition, advantages, disadvantages, and others, of the use of each Software were indicated.

Key words: modeling, comparison, structural response, static analysis, dynamic analysis.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Esta investigación se realizó con el propósito de comparar las diferencias que se pueden presentar al obtener una respuesta estructural en dos diferentes programas muy usados en la actualidad, que son CSI Etabs v19.0.0. y Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2021, se usó estos programas para modelar la institución educativa y obtener la respuesta estructural, que a pesar que ambos programas calculen con método similar, pueden presentarse variaciones en el modelamiento debido a la diferente interfaz, herramientas, facilidad de uso y demás diferencias que poseen ambos programas.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día, las edificaciones son requeridas con diseños más complejos, se presentan proyectos más rigurosos a la par del avance de la tecnología, se requieren diseños más avanzados y por consecuencia, programas de análisis y diseño estructural cada vez más sofisticados. Es de suma importancia realizar un diseño óptimo para minimizar el riesgo de pérdida de vida, por lo que es importante un buen criterio estructural del ingeniero civil, así como también la disponibilidad de un buen programa de diseño estructural. Dos de los programas de diseño estructural más utilizados hoy en día, usados por su eficacia y facilidad son CSI Etabs y Autodesk Robot S.A.P.

Los diferentes programas pueden presentar diferencia de interfaz, de comandos o herramientas, los cuales pueden interferir de diversas maneras el ingreso de parámetros, modelar elementos estructurales, y, por ende; esto hace variar en cierta forma el cálculo de fuerzas internas, deformaciones, esto sucede aun teniendo en cuenta que en un cálculo estructural se siguen los mismos pasos, independientemente del programa que se esté usando.

Por ello, se planteó la interrogante ¿cuál programa genera una mayor respuesta estructural y si estos resultados presentan significativas diferencias tal que afecten al diseño del módulo I de la I.E.P. Alfonso Villanueva Pinillos?

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál de los dos Software entre CSI Etabs y Autodesk Robot Structural genera una respuesta estructural con mayores fuerzas internas, deformaciones y áreas de acero modelando el Módulo I de la I.E.P. Alfonso Villanueva Pinillos?

1.3. HIPÓTESIS

El programa Autodesk Robot Structural es el que proporciona mayores resultados en fuerzas internas, deformaciones y áreas de acero, en un 6% para este tipo de proyectos.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En la actualidad con los proyectos cada vez más complicados que se presentan es relativamente imposible hacer un análisis estructural sin apoyo de un programa, por ello a nivel mundial se desarrollaron varios programas computarizados y, al ser de diferentes empresas, tienen diferencias en interfaz del programa, herramientas para crear elementos estructurales, transmitir cargas, discretizar elementos, etc.

Por ello, la investigación se justifica ante la necesidad de conocer y comparar los resultados que ambos programas proporcionan al calcular la respuesta estructural del módulo I en CSI Etabs y Autodesk Robot Structural, dos programas muy conocidos y utilizados a nivel nacional, para luego esclarecer ventajas de cada programa, y decidir cuál es más óptimo en este tipo de proyectos. Los resultados obtenidos sirvieron para plantear recomendaciones, y que sirva de base para futuros estudios de investigación.

1.5. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE INVESTIGACIÓN

- La investigación se realizó en el módulo 1 de la I.E.P. Alfonso Villanueva Pinillos, ubicada en la provincia de Jaén perteneciente al departamento de Cajamarca.
- El período de investigación se realizó entre los años 2019 y 2021, se usó la normativa actual, es decir la Norma Técnica E.060-2009 y E.030-2018, con el fin de realizar una comparación de resultados en ambos programas, utilizando la normativa vigente de estructuras.

1.6. LIMITACIONES.

- No se presentaron limitaciones cuando se realizó la investigación.

1.7. OBJETIVOS.

A. OBJETIVO GENERAL.

- Comparar la respuesta estructural del módulo I de la I.E.P. Alfonso Villanueva Pinillos, de la ciudad de Jaén al ser analizado con los programas Autodesk Robot Structural Analysis Professional y CSI Etabs.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Comparar las fuerzas internas del módulo I de la I.E.P. Alfonso Villanueva Pinillos, obtenidos con el programa CSI Etabs y Autodesk Robot Structural.
- Comparar las deformaciones del módulo I de la I.E.P. Alfonso Villanueva Pinillos, obtenidos con el programa CSI Etabs y Autodesk Robot Structural.
- Comparar las áreas de acero calculados de diseño de vigas, del módulo I de la I.E.P. Alfonso Villanueva Pinillos, obtenidos con el programa CSI Etabs y Autodesk Robot Structural.
- Comparar el período fundamental de vibración del módulo I de la I.E.P. Alfonso Villanueva Pinillos, obtenidos con el programa CSI Etabs y Autodesk Robot Structural.
- Determinar cuál programa proporciona una mayor respuesta estructural.

1.8. ORGANIZACIÓN DE LA TESIS.

La organización de este trabajo es la siguiente:

Capítulo 1: Este capítulo contiene el contexto y el problema, el desarrollo de la formulación del problema de esta investigación, también se explica la justificación, que habla de la importancia de este trabajo, alcances y objetivos que se plantea cubrir en esta tesis.

Capítulo 2: Este capítulo enuncia el marco teórico de la investigación, el cual contiene los antecedentes teóricos de investigaciones existentes relacionadas o parecidas al presente problema de estudio, tratando también sus conclusiones a las que llegaron. También se presentan las bases teóricas donde menciono los fundamentos teóricos que complementan la investigación y finalmente una definición de términos básicos, donde defino con énfasis las variables que son motivo de evaluación y estudio.

Capítulo 3: Este capítulo contiene la ubicación geográfica donde se realiza la investigación, también se explica el procedimiento, el tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados.

Capítulo 4: Este capítulo se trata el análisis y discusión de resultados obtenidos de acuerdo a los objetivos planteados y el análisis de datos. Se mencionan coincidencias o divergencias y se tratan de encontrar explicaciones.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.

2.1.1 Internacional.

Echevarría (2016), en su investigación “Análisis y diseño estructural de los edificios Loayza, Unach y Plus 1, en los programas Etabs, Staad.pro y Robot Structural considerando para el diseño Nec2015” estudio que se realizó en Ecuador, uno de los parámetros que se comparó fue el peso de la estructura, obteniéndose una variación entre programas mínima en un rango del 1%, para uno de los edificios, presentando su mayor margen de variación entre dos edificios para un valor de 5.97%. También concluyó que los diferentes valores se deben a que en Etabs tanto las propiedades geométricas como mecánicas de la losa fueron de fácil definición, cosa que no se hizo en Robot Structural debido a un diferente y poco más complicado interfaz.

Villena (2017) en su investigación “Diseño y modelación de un edificio con una configuración en planta irregular, mediante la utilización del Software de diseño “Revit Structure” y su análisis mediante un software especializado “Robot Structural Analysis” estudio realizado en Ambato-Ecuador, analizó la propuesta arquitectónica a ser diseñada, los materiales con los que se construyó la edificación, los parámetros sísmicos y realizó un prediseño de la estructura con los que obtuvo así los parámetros necesarios para realizar el modelamiento estructural que fue hecho en Robot y luego comparado con un modelamiento hecho en Etabs con el fin de conocer los resultados del análisis. Esta investigación concluyó que los resultados obtenidos con el diseño estructural en Robot Structural Analysis y Etabs son muy similares, presentando diferencias entre el 1% y 6% en el caso de las reacciones obtenidas de acuerdo con el peso propio de la estructura que varían de un 5.2% en sus reacciones la dirección de la gravedad. Mencionó también que el programa Robot Structural permite mayores ventajas en cuanto al diseño de elementos de hormigón armado, debido a que puede plasmar la representación de las barras de acero que están siendo utilizadas en el diseño estructural de manera gráfica, además mostró un resumen de cantidad de acero y hormigón. Indicó también, que el programa Robot Structural Analysis permite al usuario conocer la cuantificación de materiales que son necesarios para la construcción de diferentes elementos estructurales. Finalmente mencionó que no se encontraron mayores diferencias en las secciones de diseño realizadas con ambos programas.

Flores (2018) en su tesis “ Modelación, diseño estructural comparativo y propuesta de ampliación vertical de la edificación Flores Mena, ubicada en la ciudad de Quito-Ecuador,

sector Cofavi” determinó el comportamiento estructural de un edificio ubicado en Quito, y utilizó tres programas de análisis: Robot Structural, CSI Etabs y SAP 2000, con lo que generó un estudio comparativo en cuanto a desempeño y resultados durante el modelado del edificio base y mientras se ejecutaron también análisis sísmicos. Su investigación concluyó que los tres softwares no difieren mucho en sus resultados. También indicó que SAP 2000 no es adecuado en la modelación y análisis sísmico debido a la limitación de colocación de excentricidades a los elementos estructurales de manera eficaz, por lo que tendió a sobreestimar el peso de la estructura.

Lasso (2016) en su investigación titulada “Análisis estructural de una edificación de hormigón armado a través del Software Robot Analysis Structural” inició con el prediseño de elementos estructurales, para luego modelar la estructura de hormigón armado de 5 pisos con un sistema de viga peraltada en el software Robot Structural y también en CSI Etabs, y realizó el análisis estático y dinámico con el propósito de señalar ventajas y desventajas entre los dos programas. El investigador indicó que al momento de calcular los pesos propios hay una diferencia entre los dos programas de 19.62 toneladas debido a que Robot Analysis no restó el tramo de la losa que se traslapa con la viga lo que genera un sobrepeso, sin embargo, indicó que esto es aceptable. También mencionó y concluyó que el dimensionado de refuerzo de acero en Etabs para las secciones de hormigón armado no generó valores aceptables, y explicó que esto se debe a que la versión utilizada del programa es de propósito estudiantil.

2.1.2. Nacional.

Briones (2018), en su investigación “Comparación del Modelamiento, Análisis y Diseño Estructural en Concreto Armado utilizando los Softwares Etabs y Robot Structural Analysis, para un edificio de cinco niveles (cuatro pisos y un semisótano) de la Universidad Peruana Unión”, hizo el diseño de un edificio de 5 niveles incluyendo sótano para comparar los resultados de los dos Softwares y concluyó que el modelo en ambos programas dio resultados muy similares aunque diferentes, pese a haber realizado de manera muy semejante. Concluyó que Robot Structural presenta ventajas como la rapidez y facilidad para modelar en este programa, debido a que presenta más herramientas en la modelación, dibujo de planos y metrado. Obtuvo también diferencias en los resultados obtenidos por el análisis estático específicamente en los cortantes de la base y losa y que los elementos estructurales son parecidos en ambos Softwares.

2.2. BASES TEÓRICAS.

2.2.1. SISTEMAS ESTRUCTURALES.

2.2.1.1. ESTRUCTURA DE CONCRETO ARMADO.

Son construcciones hechas de componentes de concreto armado, estos tienen el objetivo de apoyar cargas gravitacionales y demás esfuerzos. Si se habla de estos componentes cabe mencionar algunos como zapatas, vigas de cimentación, vigas, columnas, losas aligeradas entre algunas otras. (Abanto, 2017).

- **Pórticos.**

En edificaciones aporticadas, la fuerza cortante que incide en las columnas de la estructura es mayor o igual a 0.8 veces la fuerza cortante total que actúa en la base. (Norma E.030-2018). En edificaciones aporticadas se puede colocar tabiques que solamente son divisiones de ambientes diferentes, destinados por lo general a diferentes usos, en otras palabras, estos tabiques no tienen ningún tipo de servicio estructural.



Figura 1: Estructura aporticada de concreto armado

Fuente: <https://medium.com/@2520171108/usos-y-recomendaciones-de-las-estructuras-en-concreto-52be0c61a2e6>

2.2.1.2. ESTRUCTURAS DE ALBAÑILERÍA.

- **Albañilería confinada.**

La albañilería confinada en su contorno se ayuda con elementos de concreto armado, los cuales son vertidos una vez ya colocada la albañilería. Para los muros de un primer piso, estos tendrán un ancla horizontal los cuales vienen a ser los cimientos. Los elementos de concreto que lleva

en su contorno se pueden denominar vigas o columnas de amarre. En este tipo de sistema las cargas de gravedad están destinadas a ser sometidas a los muros. (Norma Técnica E.070-2006).

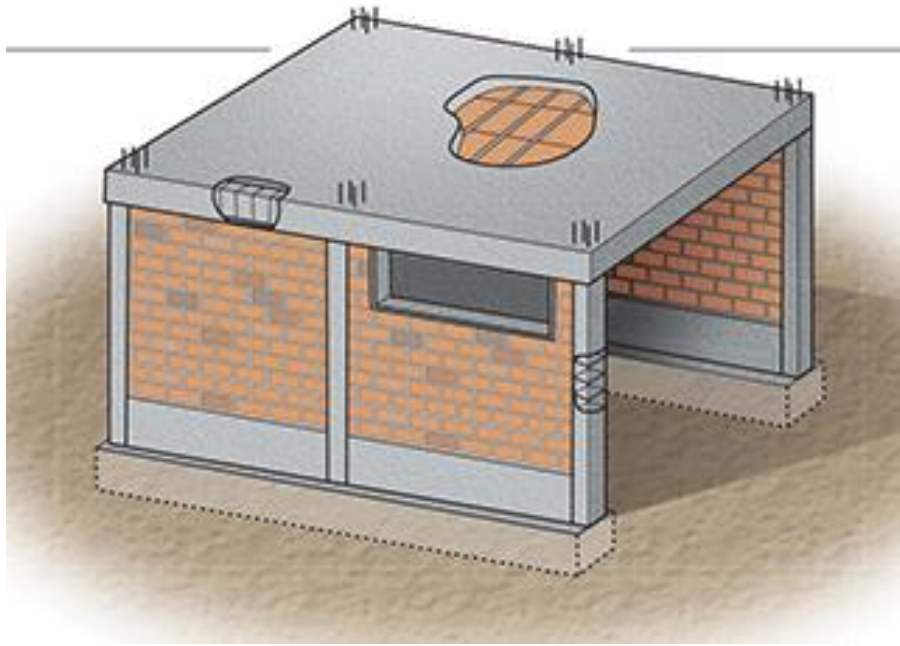


Figura 2: Estructura de albañilería confinada

Fuente: Aceros Arequipa

2.2.2. CARGAS.

Los materiales de construcción tienen masas diferentes, por lo tanto, aportarán cargas gravitatorias propias a la estructura, así también lo harán los que lo habitan, sus pertenencias (muebles, escritorios, mesas, etc.), estos deberán ser considerados y asignados como carga viva, carga muerta y de sismo. (Norma técnica E.020-2006).

2.2.2.1. CARGA MUERTA.

La carga muerta es el cálculo de la masa por la gravedad de componentes soportados por la edificación (equipos, tabiques, materiales, entre otros) y también incluido la misma carga de los elementos estructurales. Estas cargas son de tipo permanente o con una leve alteración a lo largo de la duración del servicio. Es necesario definir algunos factores para ser asignados al diseño según cada tipo de material, tal como se observa en la tabla 1. (Norma técnica E.020-2006).

Tabla 1: Peso específico y módulo de elasticidad para diferentes materiales

<i>Material</i>	<i>Peso específico (kg/m³)</i>
Concreto	2400
Acero	7800
Albañilería	1800

Fuente: Adaptado de Norma técnica E.020-2006.

En losa aligerada unidireccional, los pesos por cada metro cuadrado son especificados en la Tabla 2.

Tabla 2: Peso propio para aligerado unidireccional

Espesor del aligerado en m	Peso propio Unitario (kg/m²)
0.17	280
0.20	300
0.25	350

Fuente: Adaptado de Norma técnica E.020-2006

Donde:

Peso propio = Peso propio unitario x Área total de la losa

2.2.2.2. CARGA VIVA.

Es considerada carga viva, a la multiplicación de masa por gravedad de todo elemento que sea móvil con facilidad, por ejemplo, personas, equipos electrónicos, sofás, etc. Estas cargas pueden cambiar levemente con el paso del tiempo. Para un análisis y diseño de la estructura, este tipo de cargas, es decir las cargas vivas se conceptúan como repartidas sobre el área de la losa como cargas homogéneas, incluso cuando en la realidad las verdaderas cargas se encuentren localizadas en una ubicación específica. (Norma Técnica E.020-2006).

Como indica RNE E.020 algunas de estas cargas para las instituciones educativas, se pudieron ver en la tabla 3.

Tabla 3: Cargas vivas mínimas para Institución Educativa

<i>OCUPACIÓN O USO</i>	<i>CARGAS REPARTIDAS</i>	
	kPa	kg/m ²
<i>Almacenaje</i>	5.00	500
<i>Baños</i>	<i>Igual a la carga principal del resto del área, sin que sea necesario que exceda 3.0 kPa o 300 kg/m²</i>	
<i>Bibliotecas</i>	Fuente: E.020	
Sala de lectura	3.00	300
Corredores y escaleras	4.00	400
<i>Centros de educación</i>	Fuente: E.020	
Aulas	2.50	250
Talleres	3.50	350
Auditorios, gimnasios, etc.	<i>De acuerdo a lugares de asambleas</i>	
Corredores y escaleras	4.00	400

Fuente: Adaptado de Norma técnica E.020-2006.

2.2.2.3. CARGA SÍSMICA.

La energía sísmica ocasiona cargas sísmicas, los cuales pueden ser clasificada como carga estática y dinámica y fuerzas de inercia. (Abanto, 2017).

A) Carga estática y dinámica.

Una carga estática es un peso que, tal como las cargas muertas (es decir peso propio de elementos) se mantiene inalterable a lo largo del período de servicio, a diferencia de una carga dinámica, que esta carga está caracterizada en que su energía varía dependiendo del tiempo, tal como en el caso de una estructura sometida a un sismo, la cual es supuesta como una fuerza

dinámica que depende del tiempo que este sismo incide en la estructura, haciéndole tener un breve tiempo de oscilación. Una edificación que está bajo incidencia de ondas sísmicas se comporta como un cuerpo que presenta una oscilación mecánica, en este caso el cuerpo tendrá un período, el cual hace referencia al tiempo en que demora en hacer una oscilación completa, este depende de la masa y la rigidez de la estructura. (Abanto, 2017).

B) Fuerza de inercia.

La prueba más exigente para una estructura, por supuesto es un evento sísmico, la edificación en cuestión recibe ondas sísmicas y energía que fue liberada por las placas tectónicas, por lo tanto, recibe energía a veces por un corto intervalo de tiempo (segundos). Inicialmente el cuerpo, en este caso la estructura en cuestión, inicialmente se encuentra cargando cargas, tales como peso de los elementos estructurales, tabiques, personas, entre otros; es decir carga viva y carga muerta, pasa de estar en reposo a ser inducido por ondas mecánicas que le transmiten energía, por lo que en la estructura se originan cargas dinámicas (fuerzas de inercia). Estas cargas dinámicas se presentan en cualquier dirección a manera de azar, de estas fuerzas que se presentan en formas aleatorias las más considerables son las horizontales. La estructura al ser inducida a ondas sísmicas se mueve en cualquier dirección, por lo que el cambio en un movimiento en una pequeña variación de tiempo, es llamada aceleración sísmica, que también puede cuantificarse como una porción de la gravedad. (Abanto, 2017).

En cortos o pequeños períodos de tiempo, estas aceleraciones instantáneas generadas por las ondas sísmicas transmitidos a través del cimiento de la estructura, producen grandes esfuerzos que se presentan en los pisos y losas, estas fuerzas interfieren en la estructura de manera distinta a como lo harían las fuerzas de gravedad. Ya que se presentan fuerzas en forma aleatoria, en un evento sísmico se presentan tanto movimientos horizontales como verticales, en un movimiento vertical los desplazamientos son mínimos e insignificante, pero si se habla de un movimiento horizontal, este es el principal factor de que se presenten daños o fallas en los elementos estructurales. Estas fuerzas horizontales son dependientes de la aceleración de las ondas en el suelo de su cimentación y de la masa de la estructura. (Abanto, 2017).

2.3. DISEÑO SÍSMICO EN EDIFICACIONES.

Un diseño sísmico se enfoca más que todo en evitar el desplome de una edificación, independientemente del daño que pueda recibir bajo la acción de una onda sísmica

considerablemente fuerte, y sobre todo preservar la vida humana cumpliendo así uno de los principales objetivos de la ingeniería sísmica. (Bazán y Meli, 2003).

2.3.1. Zonificación.

El país se encuentra distribuido en 4 zonas sísmicas. Estas divisiones se basan en la actividad sísmica observado a lo largo de los años. (Norma técnica E.030-2018).



Figura 3: Zonas sísmicas en territorio peruano.

Fuente: Norma técnica E.030-2018.

El factor de zona es un factor que afecta a la gravedad terrestre.

Tabla 4: Factores de zona sísmica.

FACTORES DE ZONA “Z”	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: Norma técnica E.030-2018.

Para la presente investigación se usó factor de zona según la tabla:

Tabla 5: Zona sísmica de la ubicación del proyecto.

<i>Departamento</i>	<i>Provincia</i>	<i>Distrito</i>	<i>Zona sísmica</i>
Cajamarca	Jaén	Bellavista Chontalí Colasay Huabal Jaén Las Pirias San José del Alto Santa Rosa	2

Fuente: Adaptado de Norma técnica E.030-2018.

2.3.2. Parámetros de sitio (S , T_p y T_L).

Los parámetros de sitio, tal como el factor de amplificación de suelo S , y también los períodos T_p y T_L se pueden obtener en las siguientes tablas.

Tabla 6: Factor de suelo.

FACTOR DE SUELO “S”				
Zona	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_4	0.80	1.00	1.05	1.10

Z₃	0.80	1.00	1.15	1.20
Z₂	0.80	1.00	1.20	1.40
Z₁	0.80	1.00	1.60	1.10

Fuente: Norma técnica E.030-2018.

Tabla 7: Tabla de períodos T_p y T_L.

Período	Perfil de suelo			
	S₀	S₁	S₂	S₃
T_p	0.3	0.4	0.6	1.0
T_L	3.0	2.5	2.0	1.6

Fuente: Norma técnica E.030-2018.

2.3.3. Período fundamental de vibración.

El período fundamental de vibración es estimado para cada dirección de la estructura y según el sistema estructural que presenta. (Norma E.030-2018).

$$T = \frac{h_n}{C_T} \quad (\text{Norma técnica E.030 – 2018})$$

Donde:

h_n: altura de la edificación.

C_T = 35 en pórticos sin muro de corte.

C_T = 60 en edificios de albañilería.

2.3.4. Factor de amplificación sísmica (C).

El factor obtenido con las siguientes expresiones, representa el aumento de aceleración de la edificación afectada respecto del suelo. (Norma técnica E.030-2018).

$$T < T_p \qquad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \qquad C = 2.5 \left(\frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2} \right)$$

Donde:

C: Factor de amplificación sísmica.

T: Período fundamental de vibración.

T_p y T_L : Parámetros de sitio.

2.3.5. Factor de uso (U).

Es un factor definido en la importancia de la edificación.

Tabla 8: Factor de uso

<i>CATEGORÍA</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>FACTOR</i>
A EDIFICACIONES ESENCIALES	A2: Estructuras importantes cuyo uso no debe detenerse luego de un sismo. Por ejemplo, centros educativos que pueden servir de refugio para personas afectadas.	1.5

Fuente: Norma técnica E.030-2018.

2.3.6. Coeficiente básico de reducción (R_o).

Los coeficientes son asignados según el sistema estructural que presente en cada dirección. (Norma técnica E.030-2018).

Tabla 9: Coeficiente básico de reducción

<i>Sistema estructural</i>	<i>Coeficiente básico de reducción R_o</i>
Pórtico de concreto armado	8
Albañilería armada o confinada	3

Fuente: Norma técnica E.030-2018.

2.4. ANÁLISIS ESTÁTICO.

2.4.1. Peso de la edificación.

Se calcula el peso de la estructura añadiendo la carga propia o permanente, una parte de la carga viva, esta fracción depende del tipo de uso de la edificación, siendo la mitad de la carga viva para edificios de categoría A y B. (Norma técnica E.030-2018).

2.4.2. Fuerza cortante en la base.

Se calcula en la base de la edificación, considerando el sentido correspondiente con la expresión:

$$V = \frac{Z.U.C.S}{R} \cdot P \text{ (Norma técnica E.030 – 2018).}$$

La división de C y R debe cumplir:

$$\frac{C}{R} \geq 0.125$$

2.4.3. Excentricidad accidental.

Idealmente en un diafragma rígido, la fuerza sísmica en cada nivel incide en el centro de masa del diafragma. En cada sentido de la estructura, se considera como excentricidad accidental un 5% de la longitud del edificio en sentido perpendicular a la dirección que se está analizando. (Norma técnica E.030-2018).

2.5. ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL.

2.5.1. Modos de vibración.

En cada sentido de análisis se considera los modos cuya masa participativa sea mayor o igual que 0.9 veces la masa total, teniendo presente al menos los tres primeros modos en el sentido que fue analizado. (Norma técnica E.030-2018).

2.5.2. Aceleración espectral.

En cada sentido horizontal de análisis se obtiene el espectro de pseudoaceleraciones obtenido de la Norma técnica E.030-2018, usando la expresión:

$$S_a = \frac{Z.U.C.S}{R} \cdot g \text{ (Norma técnica E.030-2018).}$$

En sentido vertical se puede utilizar un espectro 66.6% del espectro horizontal.

2.5.3. Fuerza cortante mínima.

En cada eje de la edificación, la fuerza cortante en la base debe ser mayor o igual a 0.8 veces la cortante en caso dinámico, en estructuras regulares. Si este resulta ser menor, se debe escalar tal que cumpla con el valor mínimo requerido. (Norma técnica E.030-2018).

2.6. REQUISITOS DE RIGIDEZ, RESISTENCIA Y DUCTILIDAD.

2.6.1. Desplazamientos laterales.

Se hallan multiplicando por 0.75R a los resultados del análisis lineal, en estructuras regulares, mientras que en estructuras irregulares se multiplica por R los resultados del análisis lineal elástico. (Norma técnica E.030-2018).

2.6.2. Desplazamientos laterales relativos admisibles.

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, debe ser menor a la distorsión permitida según la tabla 10.

Tabla 10: Límites para la distorsión de entrepiso

<i>Material predominante</i>	(Δ_1/h_{ei})
Concreto armado	0.007
Acero	0.01
Albañilería	0.005
Madera	0.01

Fuente: Norma técnica E.030-2018.

2.7. REQUISITOS DE RESISTENCIA Y DE SERVICIO.

La edificación debe proyectarse a que en todos sus elementos la resistencia de diseño (ϕR_n) sea mayor o igual a la resistencia requerida (R_u), calculadas para las combinaciones de carga indicadas. Es imprescindible que en todos los elementos estructurales se cumpla:

$$\phi R_n \geq R_u \quad (\text{Norma técnica E.030 – 2018})$$

Las resistencias requeridas de acuerdo a la Norma técnica E.030-2018, involucrando la carga muerta (CM) y carga viva (CV) es al menos:

$$U = 1.4CM + 1.7 CV$$

En caso de haber cargas de viento la resistencia requerida se calcula:

$$U = 1.25(CM + CV \pm CVi)$$

$$U = 0.9CM \pm CVi$$

Teniendo en cuenta las cargas de sismos (CS), la resistencia requerida se halla:

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

$$U = 0.9CM \pm CS$$

No se calculan las acciones de sismo y viento en forma conjunta. (Norma técnica E.030-2018).

2.7.1. Factores de reducción de resistencia.

Tabla 11: Factores de reducción de resistencia

	Factores de reducción
Flexión sin carga axial	0.90
Carga axial y carga axial con flexión	
Carga axial de tracción con o sin flexión	0.90
Carga axial de compresión con o sin flexión	
1. Elementos con refuerzo en espiral.	0.75
2. Otros elementos	0.70
Cortante y torsión	0.85

Fuente: Norma técnica E.030-2018.

2.8. LESIONES.

Las lesiones en las edificaciones, se presentan a consecuencia de una mala realización de su proceso constructivo. En ocasiones estas ayudan a saber a los residentes, que existe algún inconveniente en el funcionamiento estructural, es decir una patología, por lo que es importante determinar de manera correcta, qué tipo de lesión es, para así poder realizar una correcta prevención de algún problema en la estructura. Respecto de las causas que originan una lesión, se puede clasificar como lesión física, química y mecánica. (Monjo, 1997).

Tabla 12: Tipos de lesiones.

<i>Tipo</i>	<i>Lesión</i>
Física	<ul style="list-style-type: none">• Humedad.• Suciedad.
Mecánica	<ul style="list-style-type: none">• Grietas.• Fisuras.

Fuente: Monjo (1997).

2.8.1. Lesiones físicas.

Estas lesiones se caracterizan porque son efectos de fenómenos físicos, y como tales son fácilmente reversibles con algún otro fenómeno físico. Entre algunos tipos de causantes están la suciedad, humedad, etc. En este tipo de lesiones no hay cambio en la estructura molecular, pero sí podría presentarse cambio de color o forma. (Monjo, 1997).

- **Humedad.** Cuando se presenta en algún elemento estructural o no estructural, un índice de humedad en exceso, se visualizan manchas, o incluso goteo de agua, por lo que el elemento debe ser reparado. (Monjo, 1997).
- **Suciedad.** Se presenta en caso de sedimentación de partículas en el aire, en la superficie de los elementos, o también contempla casos donde estas partículas entran en los poros ubicados en la superficie del elemento. (Monjo, 1997).

2.8.2. Lesiones mecánicas.

Son lesiones que fueron originadas por transmisión de energía, es decir algún movimiento mecánico que inflige la edificación, produciendo aberturas, fisuras o grietas en algunos elementos estructurales y no estructurales. Bajo este concepto las lesiones mecánicas también son lesiones físicas, pero más se entra en un rubro de una lesión producida por ejemplo por un sismo, por lo que se debe tener en cuenta una importancia más grande. (Monjo, 1997).

- **Grieta.** Abertura en todo el espesor de un elemento, efecto de ser sometido a cargas para los que no fue diseñado, o también dilataciones térmicas o de humedad.
- **Fisura.** Son aberturas que se presentan en la parte superficial del elemento.

Acerca de los programas.

2.9. CSI ETABS.

Etabs es un programa computacional desarrollado por la compañía CSI Spain, el cual está destinado a que el ingeniero pueda ejecutar un modelamiento, y diseño estructural satisfactorio en concreto, así como estructuras en acero. Etabs posee buenos resultados cuando se trata de análisis lineal, herramientas modernas para hacer una representación en 2D y tridimensional, abundante gama de materiales y buenos gráficos que otorgan un buen análisis de resultados. Etabs consta de todos los pasos requeridos, en cuestión de dimensionar un elemento. Los modelos resultan de una vista realista, y puede proporcionar los resultados visibles en la propia estructura diseñada, cuadros con resumen de análisis modal, fuerzas en los elementos, etc. (Chipana 2016).

Entre algunas de sus principales funciones:

- Modelar y comprobar estructuras.
- Detallado y diseño de losas y vigas.
- Importación de geometría estructural.

2.10. AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL.

Autodesk Robot Structural, es un programa desarrollado por la compañía Autodesk, el cual es principalmente un software gráfico diseñado para una fácil modelación y diseño de estructuras. Permite desarrollar cálculos estáticos y dinámicos y una fácil verificación de resultados. (Villaroel, 2016).

El programa permite una fácil interacción con otros programas, pudiéndose exportar e importar archivos con facilidad, además consta con una amplia gama de normas de diseño de diversos países, con el cual realizar un análisis sísmico. (Villena, 2017).

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.

Nombre del expediente técnico:

“REPOSICIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y MOBILIARIO ESCOLAR IEP ALFONSO VILLANUEVA PINILLOS”

3.1.1. Ubicación política.

Departamento : Cajamarca

Provincia : Jaén

Distrito : Jaén

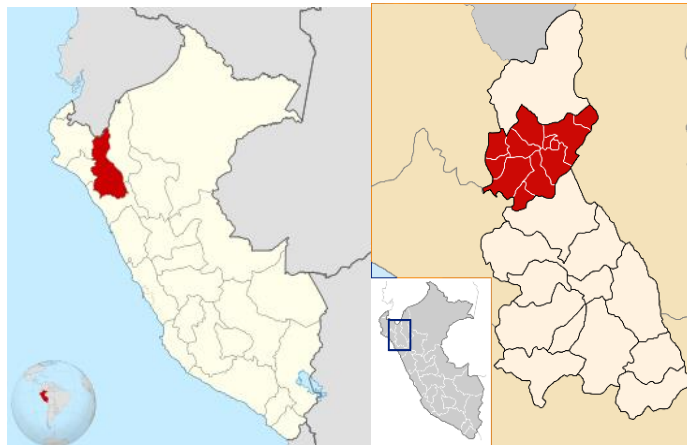


Figura 4: Ubicación de la zona de estudio en el departamento de Cajamarca.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Provincia_de_Jaén

La institución educativa, está ubicada entre la Calle Ejército, Mariscal Castilla y prolongación Pardo por el sur, cuya ubicación se obtuvo del plano de ubicación en los documentos del Expediente técnico “Reposición de Infraestructura y mobiliario escolar I.E.P. Alfonso Villanueva Pinillos”.

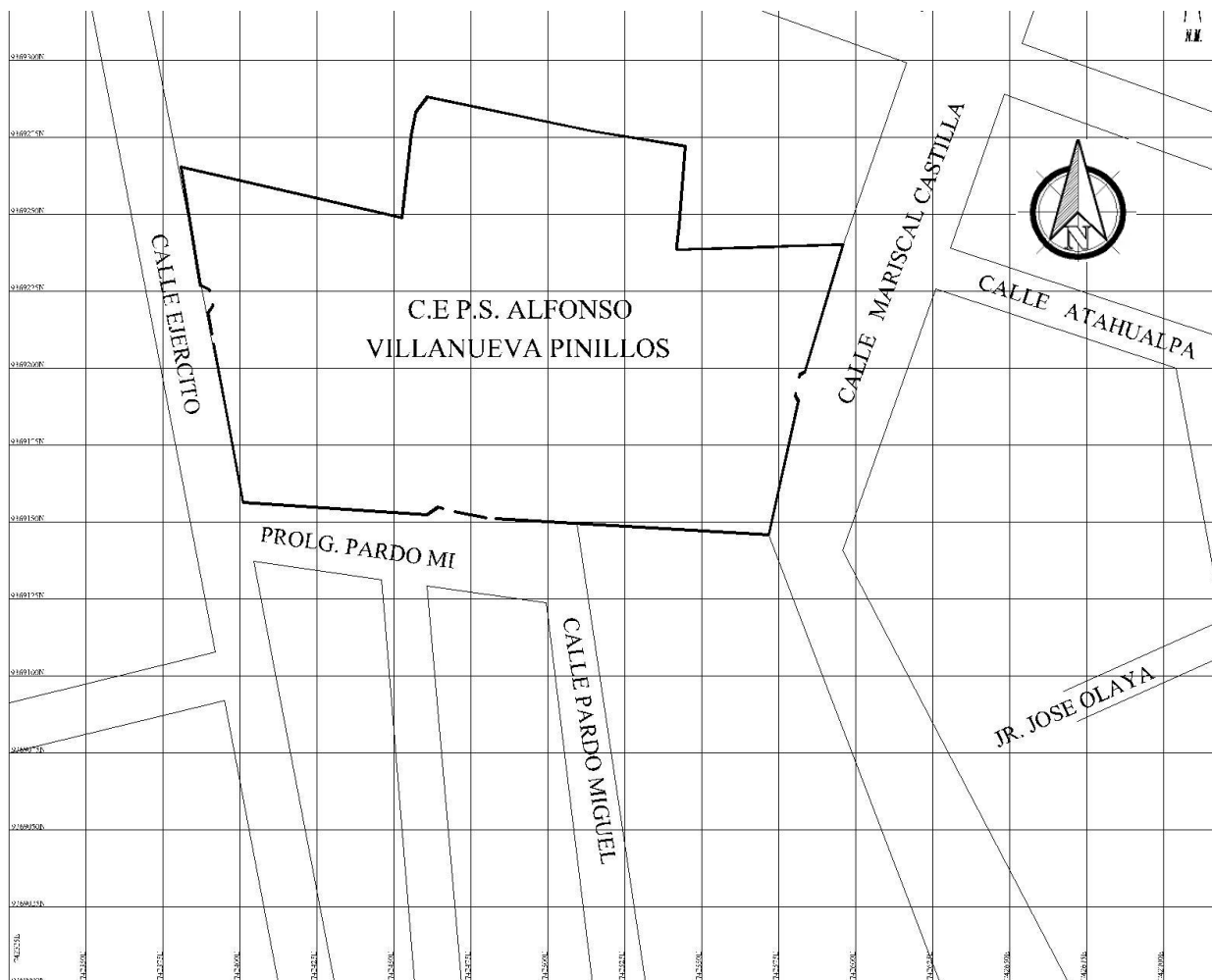


Figura 5: Ubicación del I.E. Alfonso Villanueva Pinillos de la ciudad de Jaén

Fuente: Expediente técnico “Reposición de infraestructura y mobiliario escolar”

Esc: 1/250

3.2. PERÍODO EN QUE SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN.

Esta investigación se realizó entre el mes de noviembre de 2019, cuando se evaluó de forma general; el expediente técnico “Reposición de infraestructura y mobiliario escolar I.E.P. Alfonso Villanueva Pinillos”, hasta noviembre de 2021.

3.3. PROCEDIMIENTO.

Se observó el procedimiento que se sigue en esta investigación, en la Figura 6.

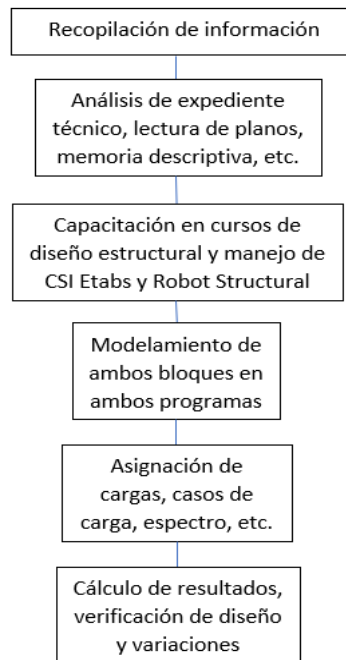


Figura 6: Procedimiento realizado en la comparación de la respuesta estructural.

3.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN EN ESTUDIO.

Se contó con el expediente técnico completo del colegio, con estudio de suelos, memoria de cálculo, juego completo de planos de estructuras, instalaciones eléctricas y sanitarias, plano de cimentación, memoria descriptiva, etc. Estos fueron presentados para la ejecución de obra, en base a los planos, se describe las características de este trabajo de investigación.

- INSTITUCIÓN EDUCATIVA ALFONSO VILLANUEVA PINILLOS.

La institución educativa fue construida hace más de 60 años, pero debido a que los ambientes no brindaban las condiciones necesarias de seguridad física, y demás funciones básicas, en 2005 se hizo una demolición de 22 aulas, dirección, entre otros ambientes que se encontraban en mal estado por cumplir ya su vida útil. Por ende, con el objetivo de mejorar la capacidad educativa y condiciones de servicio, en marzo de 2010; se ejecutó el expediente técnico “Reposición de Infraestructura y Mobiliario Escolar I.E.P. Alfonso Villanueva Pinillos” cuyo propósito fue la reposición de toda la infraestructura y mobiliario escolar donde la Gerencia Sub Regional de Jaén ejecutó 9 módulos entre aulas, dirección, baños, laboratorios, y también

una plataforma deportiva. El área de terreno es de 34,939.12 m², inscrito en los registros públicos de los bienes que corresponden al Ministerio de Educación.

MÓDULO I.

El módulo I consta de dos niveles, con una escalera para acceder al segundo nivel, además consta de 8 aulas, 4 en cada piso de 8 x 6m para un área de 48 m² cada una. En total, el módulo I de la Institución educativa tiene un área de 324 m², y está dividido por dos juntas sísmicas, para dar un total de tres bloques, dos bloques laterales usados para aulas, geoméricamente idénticos y un bloque central que contiene la escalera para acceder al segundo nivel.

- Primer nivel: 4 aulas de 48 m² cada una, y en medio un módulo de escalera de 29 m² para acceder al segundo nivel.
- Segundo nivel: 4 aulas de 48 m² cada una, y un pasadizo de 70 m² afuera de las aulas.

Presenta dos sistemas estructurales, en el sentido más largo, que se puede llamar “eje X”, tiene un sistema de tipo aporticado, mientras que en sentido más corto o “eje Y” tiene un sistema de albañilería confinada. Los pórticos están conformados por columnas de sección T para columnas no esquinadas, columnas de sección L para columnas esquinadas y columnas rectangulares en el módulo de la escalera, las columnas se encuentran conectadas por vigas peraltadas en la dirección transversal, y por vigas soleras en una dirección longitudinal. La losa aligerada en ambos niveles tiene un espesor de 20 cm de espesor, con viguetas o sentido de la losa en el eje transversal o eje X.



Figura 7: Fotografía del Módulo I de la I. E. Alfonso Villanueva Pinillos

Fuente:

<https://portal.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/noticias/imagenes/AULAS I.E. VILLANUEVA PINILLOS 0.JPG>

MÓDULO II.

El módulo II es geoméricamente igual al módulo I, consta de dos niveles, con una escalera para acceder al segundo nivel, además consta de 8 aulas, 4 en cada piso de 8 x 6m para un área de 48 m² cada una.

- Primer nivel: 4 aulas de 48 m² cada una, y en medio una escalera para acceder al segundo nivel.
- Segundo nivel: 4 aulas de 48 m² cada una, pasadizo afuera de las aulas destinadas a la circulación.

MÓDULO III y IV.

Los módulos III y IV son usados para servicios higiénicos, son de forma rectangular y consta de 48 m² cada uno. Tienen columnas de sección L en las partes esquinadas y columnas de sección T, presenta vigas de 25 x 30 cm destinadas a las cargas principales respecto al sentido de la losa, en el otro sentido, es decir en el eje X; presenta también vigas de 25 x 30 cm.

MÓDULO V.

El módulo V es usado como dirección y subdirección, sala de profesores, con 48 m² para cada ambiente. Tienen columnas de sección L en las partes esquinadas y columnas de sección T, presenta vigas de 25 x 50 cm destinadas a las cargas principales respecto al sentido de la losa, en el otro sentido, es decir en el eje X; presenta también vigas de 25 x 30 cm.

MÓDULO VI.

El módulo VI es un ambiente usado como sala de idiomas, arte y educación física con áreas de 48 m² cada una. Tienen columnas de sección L en las partes esquinadas y columnas de sección T, presenta vigas de 25 x 40 cm destinadas a las cargas principales respecto al sentido de la losa, en el otro sentido, es decir en el eje X; presenta también vigas de 25 x 30 cm.

MÓDULO VII.

El módulo VII es un ambiente usado como laboratorio de física, biología y química para un área total de 96 m². Tiene columnas de sección L en las partes esquinadas y columnas de sección T, presenta vigas de 25 x 40 cm destinadas a las cargas principales respecto al sentido de la losa, en el otro sentido, es decir en el eje X; presenta también vigas de 25 x 30 cm.

MÓDULO VIII.

El módulo VIII es un ambiente usado como biblioteca con un área, en la parte izquierda de este módulo se encuentra el módulo IV con sus servicios higiénicos respectivos. El área destinada para biblioteca es de 96 m². Tiene columnas de sección L en las partes esquinadas y columnas de sección T, presenta vigas de 25 x 40 cm destinadas a las cargas principales respecto al sentido de la losa, en el otro sentido, es decir en el eje X; presenta también vigas de 25 x 30 cm.

MÓDULO IX.

El módulo IX es un ambiente usado como auditorium, con un área disponible de 130 m², esta área consta con área para circulación. Tiene columnas de sección L en las partes esquinadas y columnas de sección T, presenta vigas de 25 x 40 cm destinadas a las cargas principales respecto al sentido de la losa, en el otro sentido, es decir en el eje X; presenta también vigas de 25 x 30 cm.

3.3.2. Inspección visual del módulo I.

Se inspeccionó el módulo I de la I.E.P. Alfonso Villanueva Pinillos, este presentó algunas lesiones físicas en elementos no estructurales. En la figura 8 se mostró parte de la vista frontal del módulo I, se observó la junta sísmica que separa ambos bloques.



Figura 8: Parte frontal del módulo “I”.

En la Tabla 13, se mostró las lesiones que se encontró en una inspección efectuada el día 15/04/2022.

Tabla 13: Lesiones encontradas en el modulo I.

<i>Lesión</i>	<i>Componente</i>	<i>Ubicación</i>
Desprendimiento de pintura	Viga, intersección con columna en L.	Eje 1-1, primer nivel.
Fisuras	Junta sísmica	Borde de bloque lateral y bloque central.
Fisuras	Junta entre muro y columna	Muro, 1° nivel, eje A-A
Suciedad	Parapetos	Cara externa de la azotea.

3.3.3. PROPIEDADES FÍSICAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL MÓDULO I.

Se hizo un análisis documental del expediente técnico, específicamente la memoria de cálculo, especificaciones técnicas, planos estructurales y arquitectura. Esto proporcionó información tal como ejes estructurales, geometría de elementos estructurales, propiedades de acero y concreto, acero en elementos estructurales, normativa utilizada, uso de los ambientes, parámetros sísmicos, etc. Es importante señalar que el sistema estructural del módulo I es diferente en

ambas direcciones, en el eje X un sistema aporticado, y en el eje Y un sistema de albañilería confinada. Las losas tienen un espesor de 20 cm tal como se puede apreciar en el anexo de planos estructurales.

Las propiedades de los elementos estructurales, tales como las características del acero y del concreto son descritas en esta sección. Estos datos están en base a los planos y memoria de cálculo que están en el expediente técnico del proyecto “Reposición de Infraestructura y Mobiliario Escolar IEP Alfonso Villanueva Pinillos”.

- **MATERIALES.**

Resistencia a compresión del concreto:

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

Esfuerzo de fluencia del acero:

$$f_y = 4200 \frac{kgf}{cm^2}$$

Módulo de Elasticidad del concreto:

$$E_c = 15000\sqrt{f'c}$$

$$E_c = 15000\sqrt{210}$$

$$E_c = 217370.65 \frac{kgf}{cm^2}$$

Módulo de Poisson del concreto.

$$v_c = 0.20$$

Módulo de corte del concreto:

$$G_c = \frac{E_c}{2(1 + v_c)}$$

$$G_c = \frac{217370.65}{2(1 + 0.2)}$$

$$G_c = 90571.10 \frac{kgf}{cm^2}$$

Módulo de elasticidad del acero:

$$E_s = 2 \times 10^6 \frac{kgf}{cm^2}$$

Módulo de Poisson del acero:

$$v_s = 0.30$$

Constante del bloque de compresión de Whitney:

$$\beta_1 = 0.85$$

Factor de resistencia por flexión:

$$\phi_b = 0.90$$

Factor de resistencia por corte:

$$\phi_c = 0.85$$

Deformación última de fluencia del acero:

$$\varepsilon_y = 0.0021$$

Deformación última de concreto:

$$\varepsilon_{cu} = 0.003$$

Relación de módulos de Elasticidad:

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$n = \frac{2 \times 10^6}{217370.65} = 9.2$$

Recubrimiento en vigas y columnas:

$$r = 3 \text{ cm}$$

Recubrimiento en aligerados y escalera:

$$r_e = 2.5 \text{ cm}$$

Resistencia a compresión de albañilería (ladrillo de 18 huecos tipo IV):

$$f'_m = 100 \frac{kgf}{cm^2}$$

Módulo de elasticidad de albañilería:

$$E_m = 500f'_m = 500 \times 100$$

$$E_m = 50\,000 \frac{kgf}{cm^2}$$

Módulo de corte de la albañilería:

$$G_m = 0.40E_m$$

$$G_m = 0.40(50\,000)$$

$$G_m = 20\,000 \frac{kgf}{cm^2}$$

Módulo de Poisson de la albañilería:

$$\nu_a = 0.25$$

Peso específico del concreto armado:

$$\gamma_{ca} = 2400 \frac{kgf}{m^3}$$

Peso específico del concreto simple:

$$\gamma_{cs} = 2300 \frac{kgf}{m^3}$$

Peso específico de la albañilería:

$$\gamma_{cs} = 1800 \frac{kgf}{m^3}$$

3.3.4. METRADO DE CARGAS.

Se realizó el metrado de cargas de la Institución Educativa Alfonso Villanueva Pinillos, tomando en cuenta la norma técnica E.020 (2006), la cual indica los factores de carga mínima repartida, ya sea carga muerta o carga viva, según cada ambiente al que corresponde.

Tabla 14: Cargas repartidas para ambientes de colegio por metro cuadrado.

<i>Tipo de carga</i>	<i>Elemento</i>	<i>Carga (kg/m²)</i>
Carga muerta	Losa aligerada e = 20 cm	300 kg/m ²
	Acabados	100 kg/m ²
	Carga de techo	100 kg/m ²
Carga viva	Aulas	250 kg/m ²
	Escalera	400 kg/m ²

Fuente: Adaptado de la Norma E.020-2006.

3.3.4.1. CARGA MUERTA DEL PRIMER PISO.

En la Figura 9, se observa dos de los tres bloques que conforman el módulo I, el bloque que contiene la escalera y el bloque izquierdo que contiene aulas, el bloque derecho es geoméricamente idéntico al bloque de aulas izquierdo por lo que es innecesario poner ambos.

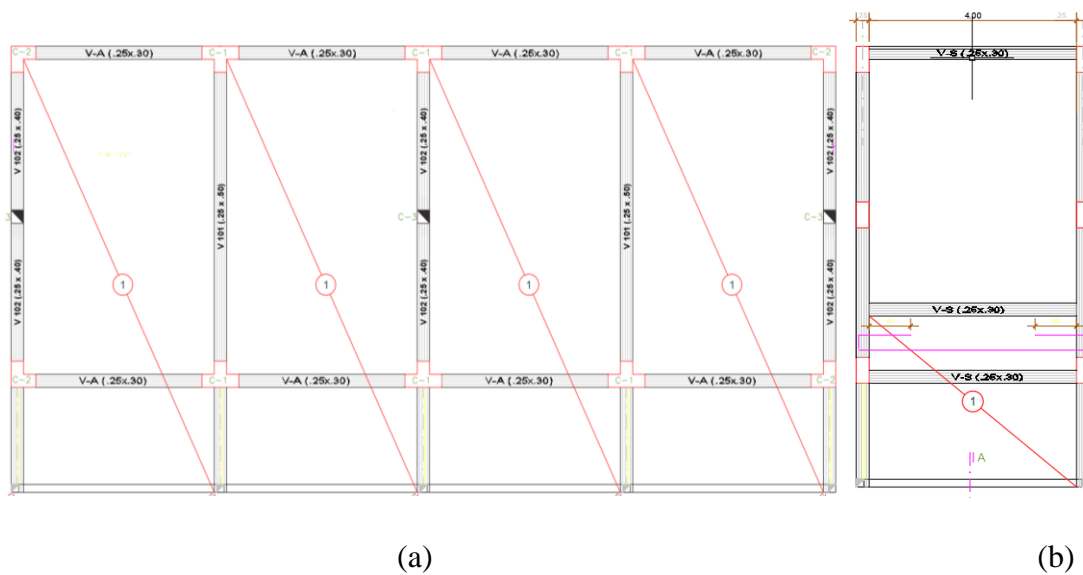


Figura 9: (a) Parte izquierda del primer piso del Módulo I de la Institución Educativa Alfonso Villanueva Pinillos y (b) Módulo escalera en el bloque de en medio.

Fuente: Expediente técnico.

- Carga muerta en aulas.

Peso de ladrillo por m²:

Peso de ladrillo: $P_l = 27 \text{ kgf}$

Ancho tributario: $a_t = 0.40 \text{ m. m}$

Peso del ladrillo por m²: $P_{m1} = \frac{P_l}{a_t} = 67.5 \frac{kgf}{m^2}$

Peso de acabados por m²:

Peso de acabados: $P_{m2} = 100 \frac{kgf}{m^2}$

Peso de tabiquería por m²:

Peso de tabiquería: $P_{m3} = 100 \frac{kgf}{m^2}$

Carga muerta total por m²:

$$CM_1 = P_{m1} + P_{m2} + P_{m3}$$

$$CM_1 = 67.5 + 100 + 100$$

$$CM_1 = 267.5 \frac{kgf}{m^2}$$

- **Carga muerta en pasillos.**

Peso de ladrillo por m²:

Peso de ladrillo: $P_l = 27 kgf$

Ancho tributario: $a_t = 0.40 m. m$

Peso del ladrillo por m²: $P_{m1} = \frac{P_l}{a_t} = 67.5 \frac{kgf}{m^2}$

Peso de acabados por m²:

Peso de acabados: $P_{m2} = 100 \frac{kgf}{m^2}$

Carga muerta total por m²:

$$CM_2 = P_{m1} + P_{m2}$$

$$CM_2 = 67.5 + 100$$

$$CM_2 = 167.5 \frac{kgf}{m^2}$$

3.3.4.2.CARGA MUERTA DEL SEGUNDO PISO.

- Carga muerta sobre el techo del segundo piso.

Peso de ladrillo por m²:

Peso de ladrillo: $P_l = 27 \text{ kgf}$

Ancho tributario: $a_t = 0.40 \text{ m. m}$

Peso del ladrillo por m²: $P_{m1} = \frac{P_l}{a_t} = 67.5 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$

Peso de acabados por m²:

Peso de acabados: $P_{m2} = 20 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$

Carga muerta total por m²:

$$CM_3 = P_{m1} + P_{m2}$$

$$CM_3 = 67.5 + 20$$

$$CM_3 = 87.5 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

3.3.4.3.CARGA MUERTA DE ESCALERA.

Peso de acabados por m²:

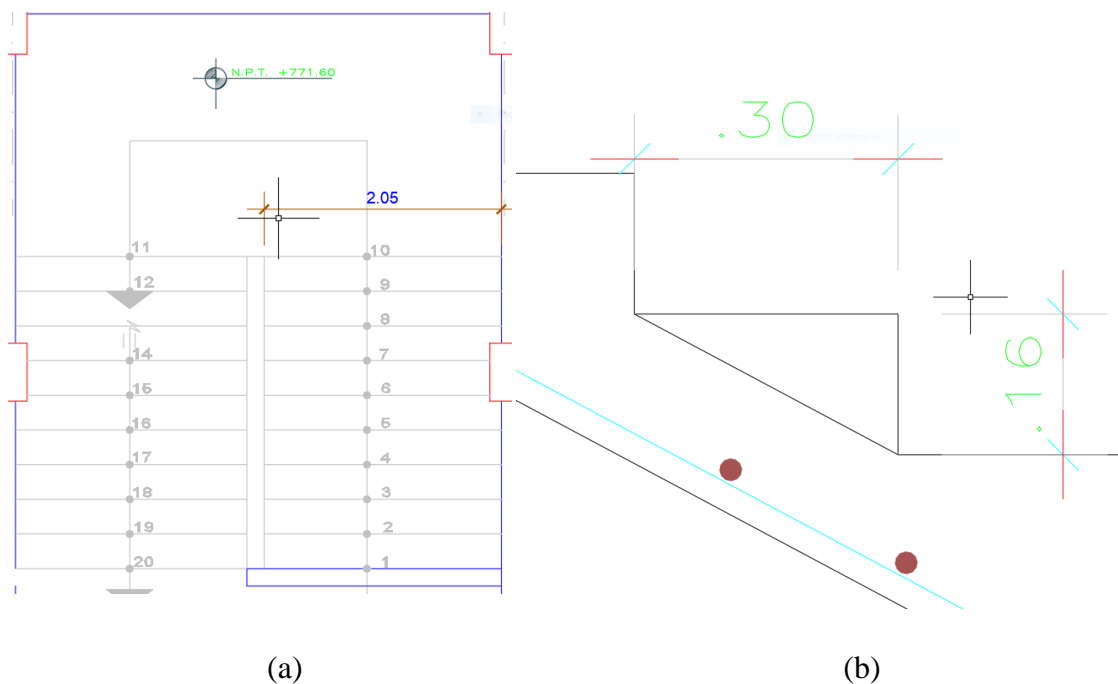


Figura 10: (a) Planta de la escalera ubicada en el bloque central (b) Medidas de paso y contrapaso, Paso= 30 cm, Contrapaso= 16 cm.

Fuente: Expediente técnico

Se calculó el volumen de cada peldaño, hallando el área del triángulo rectángulo que hacen el paso y contrapaso, luego se multiplicó por el ancho de la escalera.

$$V_{peldaño} = (A_{peldaño}) \times (\text{Ancho de escalera})$$

$$V_{peldaño} = \frac{0.16 \times 0.30}{2} \times (2.05)$$

$$V_{peldaño} = 0.0492 \text{ m}^3$$

Luego se halló el peso de los peldaños apoyados sobre la losa, multiplicando por el número de peldaños y el peso unitario del concreto.

$$P_{peldaños} = V_{peldaño} \times N^{\circ} peldaños \times P_{uc}$$

$$P_{peldaños} = 0.0492 \times 9 \times 2400$$

$$P_{peldaños} = 1062.72 \text{ kg}$$

A continuación, se dividió entre el área de la rampa de escalera.

$$A_{rampa} = (\sqrt{0.16^2 + 0.3^2}) \times 9 \times 2.05$$

$$A_{rampa} = 0.34 \times 9 \times 2.05$$

$$A_{rampa} = 6.273 \text{m}^2$$

Peso de concreto por m²:

Peso de graderío: $P_{m1} = \frac{P_{peldaños}}{A_{rampa}}$

$$P_{m1} = \frac{1062.72 \text{ kg}}{6.273 \text{m}^2}$$

$$P_{m1} = 169.4 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

Redondeando:

$$P_{m1} = 170 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

Peso de acabados por m²:

Peso de acabados: $P_{m2} = 100 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$

Carga muerta total por m²:

$$CM_4 = P_{m1} + P_{m2}$$

$$CM_4 = 170 + 100$$

$$CM_4 = 270 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

3.3.4.4. CARGA MUERTA DE PARAPETOS.

- **Carga muerta de parapetos de aulas.**

Peso de columnas.

Ancho de columna: $a_c = 15 \text{ cm}$

Largo de columna: $L_c = 20 \text{ cm}$

Alto de columna: $h_c = 2.40 \text{ m}$

Peso de columna: $P_c = \gamma_{ca} \cdot a_c \cdot L_c \cdot h_c$

$$P_c = 2400 \times 0.15 \times 0.2 \times 2.4$$

$$P_c = 172.8 \text{ kgf}$$

Peso de vigas.

Ancho de viga: $a_v = 15 \text{ cm}$

Altura de viga: $h_v = 20 \text{ cm}$

Largo de viga: $L_v = 1 \text{ m}$

Peso de viga: $P_c = \gamma_{ca} \cdot a_v \cdot h_v$

$$P_c = 2400 \times 0.15 \times 0.2$$

$$P_c = 72 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

Peso de muros.

Ancho de muros: $a_m = 15 \text{ cm}$

Altura de muros: $h_m = 2.40 \text{ m}$

Largo de muro: $L_m = 1 \text{ m}$

Peso de muro: $P_m = \gamma_a \cdot a_m \cdot h_m$

$$P_m = 1800 \times 0.15 \times 2.4$$

$$P_m = 648 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

- Carga muerta de parapetos de escaleras.

Peso de columnas.

Ancho de columna: $a_c = 15 \text{ cm}$

Largo de columna: $L_c = 20 \text{ cm}$

Alto de columna: $h_c = 1.00 \text{ m}$

Peso de columna: $P_c = \gamma_{ca} \cdot a_c \cdot L_c \cdot h_c$

$$P_c = 2400 \times 0.15 \times 0.2 \times 1$$

$$P_c = 72 \text{ kgf}$$

Peso de vigas.

Ancho de viga: $a_v = 15 \text{ cm}$

Altura de viga: $h_v = 20 \text{ cm}$

Largo de viga: $L_v = 1 \text{ m}$

Peso de viga: $P_c = \gamma_{ca} \cdot a_v \cdot h_v$

$$P_c = 2400 \times 0.15 \times 0.2$$

$$P_c = 72 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

Peso de muros.

Ancho de muros: $a_m = 15 \text{ cm}$

Altura de muros: $h_m = 1.00 \text{ m}$

Largo de muro: $L_m = 1 \text{ m}$

Peso de muro: $P_m = \gamma_a \cdot a_m \cdot h_m$

$$P_m = 1800 \times 0.15 \times 1$$

$$P_m = 270 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

3.3.4.5.CARGA VIVA.

- **Carga viva en el primer piso.**

Sobrecarga en aulas por m².

Carga viva: $CV_1 = 250 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$

Sobrecarga en pasillos y escaleras por m².

Carga viva: $CV_2 = 400 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$

- **Carga viva en el segundo piso.**

Sobrecarga en aulas y pasillos por m².

Carga viva: $CV_3 = 250 \frac{kgf}{m^2}$

3.3.5. PARÁMETROS SÍSMICOS.

Se determinó los parámetros sísmicos usando la Norma técnica E.030 (2018).

a) ZONA SÍSMICA (Z).

Jaén está ubicado en la zona 2. Según la Tabla 4 se debe usar un factor de zona igual a 0.25.

$$Z = 0.25$$

b) CONDICIONES GEOTÉCNICAS (S).

Para este proyecto según el Estudio de Mecánica de Suelos se tiene un perfil de suelo tipo S₁, el cual es denominado suelo muy rígido con una velocidad de propagación de onda que comprende entre 500 m/s a 1500 m/s. (Norma técnica E.030-2018)

Verificando la tabla 6, para un perfil de suelo S₁ y una zona 2 se obtuvo un factor de suelo:

$$S = 1.0$$

De la Tabla 7, con un perfil de suelo S₁ se obtiene los períodos:

$$T_p = 0.4 \text{ s}$$

$$T_L = 2.5 \text{ s}$$

c) FACTOR DE USO (U).

Al tratarse de una institución educativa, es una edificación esencial para manejo del gobierno, y que puede servir de refugio después de un desastre, es decir una edificación A2, por lo tanto; el factor de importancia fue consultado en la Tabla 8.

$$U = 1.5$$

d) FACTOR DE REDUCCIÓN (R).

No hubo irregularidad en planta ni en altura.

Factor de irregularidad en altura en ambas direcciones (X, Y)

$$I_a = 1$$

Factor de irregularidad en planta en ambas direcciones (X, Y)

$$I_p = 1$$

Ya que esta edificación tiene dos sistemas estructurales diferentes, en el Eje X es un sistema aporticado y en el eje Y es un sistema de albañilería, por lo tanto, los factores de reducción fueron tratados por ejes correspondientes a sistemas estructurales según la Norma Técnica E.030-2018.

Factor de reducción en X correspondiente a sistema estructural pórtico.

$$R_x = 8$$

Factor de reducción en Y correspondiente a albañilería armada o confinada.

$$R_y = 3$$

e) FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA (C).

La estructura que presenta un sistema estructural diferente para cada eje, por lo tanto, se hizo un cálculo separado del cortante para cada eje.

- Dirección X:

En la norma E.030 (2018) el período fundamental se calcula con la siguiente expresión:

$$T = \frac{h_n}{C_T} \quad \text{Norma técnica E. 030 (2018)}$$

Donde:

h_n = altura de la edificación (m)

$C_T = 35$ para pórticos de concreto armado.

$$T = \frac{6.35}{35}$$

$$T = 0.18 \text{ s}$$

De acuerdo con las condiciones estipuladas en acápite 2.3.4. donde se especificó la obtención del factor de amplificación sísmica, con un período de 0.18 s, por lo tanto:

$$0.18 < 0.4$$

$$C = 2.5$$

Para un período T inferior a 0.5: k = 1.0. (Norma técnica E.030-2018)

Para los parámetros hallados se tiene que cumplir la siguiente condición estipulada en el Reglamento Nacional de Edificaciones:

$$\frac{C}{R_x} \geq 0.11 \quad (\text{Norma técnica E.030 – 2018})$$

Como se señaló en la Tabla 9 el coeficiente de reducción depende del sistema estructural, 8 en pórticos y 3 en albañilería:

$$\frac{2.5}{8} \geq 0.11$$

$$0.3125 \geq 0.11$$

Por lo que se considera correcto los parámetros para calcular la fuerza cortante de la base.

- **Dirección Y:**

Se calculó el período de vibración para albañilería:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

$$T = \frac{6.35}{60}$$

$$T = 0.11 \text{ s}$$

El período es de 0.11 s, por lo tanto:

$$0.11 < 0.4$$

$$C = 2.5$$

El factor de amplificación sísmica es 2.5.

Para hallar el exponente “k” que está relacionado con el período fundamental, se hace teniendo en cuenta el siguiente criterio:

Para un período T inferior a 0.5: k = 1.0. (Norma técnica E.030-2018)

$$\frac{C}{R_y} \geq 0.11$$

$$\frac{2.5}{3} \geq 0.11$$

$$0.833 \geq 0.11$$

Por lo que se consideró correcto los parámetros para calcular la fuerza cortante de la base.

3.3.6. CÁLCULO DE IRREGULARIDADES.

3.3.6.1. IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA PARA BLOQUE LATERAL.

- **Irregularidad por piso blando.**

Esta irregularidad se presenta cuando la rigidez lateral de un entrepiso es menos de un 70% de la rigidez lateral de un entrepiso continuo superior. (Norma técnica E.030-2018).

Tabla 15: Irregularidad por piso blando en bloque lateral.

<i>NIVEL</i>	<i>DIRECCIÓN</i>	<i>RIGIDEZ (tonf/m)</i>	<i>Cociente de rigidez con piso superior</i>	<i>Regularidad al 70% en el piso inmediato superior</i>	<i>Factor de irregularidad</i>
Piso 1	X	21307.91	216.42%	Regular	1
Piso 2	X	9845.45	-	Regular	1
Piso 1	Y	258688.308	148.48%	Regular	1
Piso 2	Y	174218.187	-	Regular	1

Por lo tanto, se comprobó que sí presenta regularidad por piso blando.

- **Irregularidad extrema por rigidez.**

Se presenta este tipo de irregularidad cuando en algún sentido de análisis la rigidez lateral de un piso es menos que un 60% de la rigidez lateral del piso superior. (Norma técnica E.030-2018).

Tabla 16: Primera condición para irregularidad extrema por rigidez en bloque lateral.

NIVEL	DIRECCIÓN	RIGIDEZ (tonf/m)	Cociente de rigidez con piso superior	Regularidad menor al 60% al piso inmediato superior	Factor de irregularidad
Piso 1	X	21307.91	216.42%	Regular	1
Piso 2	X	9845.45	-	Regular	1
Piso 1	Y	258688.308	148.48%	Regular	1
Piso 2	Y	174218.187	-	Regular	1

Para una segunda condición, se menciona que en el sentido que sea para el análisis, la fuerza cortante es menor al 65% de la fuerza cortante del piso superior. (Norma técnica E.030-2018).

Tabla 17: Segunda condición para irregularidad extrema en bloque lateral.

NIVEL	DIRECCIÓN	CORTANTE (tonf)	Relación de resistencia con piso superior	Rigidez menor al 65% al piso inmediato superior	Factor de irregularidad
Piso 1	X	45.72	184.06%	Regular	1
Piso 2	X	24.84	-	Regular	1
Piso 1	Y	122.13	184.09%	Regular	1
Piso 2	Y	66.34	-	Regular	1

- **Irregularidad por masa o peso.**

Se presenta este tipo de irregularidad cuando el peso de un nivel de la edificación, es más de 1.5 veces el peso del nivel superior. (Norma técnica E.030-2018).

Tabla 18: Irregularidad por masa o peso en bloque lateral.

NIVEL	DIRECCIÓN	Masa (tonf-s/m)	Relación de masa con el piso adyacente	Rigidez menor al 65% al piso inmediato superior	Factor de irregularidad
Piso 1	X	17.67	1.64	Irregular	0.9
Piso 2	X	10.75	-	Irregular	-
Piso 1	Y	17.67	1.64	Irregular	0.9
Piso 2	Y	10.75	-	irregular	-

No se considera esta irregularidad al solo presentar dos plantas y la segunda es una azotea, la norma no considera azoteas ni sótanos

- **Irregularidad geométrica vertical.**

Tabla 19: Irregularidad geométrica vertical para bloque lateral.

NIVEL	ÁREA (m ²)	Relación entre pisos	Factor límite	Condición de irregularidad	Factor de irregularidad
Piso 1	108.88	1	1.3	Regular	1.0
Piso 2	108.88	-	-	-	-

Por criterio de irregularidad geométrica vertical la edificación es regular.

3.3.6.2. IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA PARA BLOQUE LATERAL.

- **Irregularidad torsional.**

Se planteó condiciones para ambos sentidos del análisis:

- En la dirección X:

$$R_x = 0.75x8$$

$$R_x = 6.00$$

Desplazamiento máximo permitido para concreto armado en pórticos:

$$\Delta_x = 0.007$$

- En la dirección Y:

$$R_x = 0.75x3$$

$$R_x = 2.25$$

Desplazamiento máximo permitido para albañilería:

$$\Delta_x = 0.005$$

Se verificó para ambas direcciones como se observa en la tabla 21:

Tabla 20: Irregularidad torsional en bloque central escalera.

<i>Nivel</i>	<i>Dirección</i>	<i>Altura (m)</i>	<i>Desplazamiento relativo</i>	<i>Deriva máximo</i>	<i>Deriva límite</i>	<i>Regular.</i>
Piso 1	X	3.25	0.0019	0.0034	0.0035	No verif.
Piso 2	X	3.1	0.0042	0.0045	0.0035	Verificar
Piso 1	Y	3.25	0.000378	0.0002617	0.0025	No verif.
Piso 2	Y	3.1	0.000662	0.0005	0.0025	No verif.

Bajo una segunda condición:

Tabla 21: Irregularidad torsional, segunda condición en bloque central escalera.

<i>Nivel</i>	<i>Dirección</i>	<i>Deriva máxima</i>	<i>Deriva promedio</i>	<i>Relación entre derivas</i>	<i>Límite de cociente entre derivas</i>	<i>Regularidad</i>
Piso 1	X	0.0034	0.0043	0.80	1.3	Regular
Piso 2	X	0.0045	0.0046	0.99	1.3	Regular

Por lo tanto, se verificó la regularidad, entonces el factor de regularidad será 1.

- **Irregularidad torsional extrema.**

Se verificó en ambas direcciones como se plantea en la tabla 22:

Tabla 22: Irregularidad torsional extrema en bloque central de escalera.

<i>Nivel</i>	<i>Dirección</i>	<i>Altura (m)</i>	<i>Desplazamiento relativo</i>	<i>Desplazamiento máximo</i>	<i>Desplazamiento límite</i>	<i>Regular.</i>
Piso 1	X	3.25	0.0019	0.0034	0.0035	Verificar
Piso 2	X	3.1	0.0042	0.0045	0.0035	Verificar
Piso 1	Y	3.25	0.000378	0.0003	0.0025	No verif.
Piso 2	Y	3.1	0.000662	0.0005	0.0025	No verif.

Bajo una segunda condición:

Tabla 23: Irregularidad torsional extrema, segunda condición en bloque central escalera.

<i>Nivel</i>	<i>Dirección</i>	<i>Deriva máxima</i>	<i>Deriva promedio</i>	<i>Relación entre derivas</i>	<i>Relación máx. entre derivas</i>	<i>Regularidad</i>
Piso 1	X	0.0034	0.0043	0.80	1.5	Regular
Piso 2	X	0.0045	0.0046	0.99	1.5	Regular

Se verificó la regularidad, entonces el factor de regularidad es 1.

- **Irregularidad por esquinas entrantes.**

La estructura, como se puede observar en los planos proporcionados por el Expediente Técnico, no presentó esquinas entrantes.

- **Irregularidad por discontinuidad de diafragma.**

La edificación, no presentó aberturas o variaciones en ninguna parte, por lo tanto, no presentó este tipo de irregularidad.

- **Irregularidad por sistemas no paralelos.**

La edificación no presentó irregularidad por sistemas no paralelos.

3.3.6.3. IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA PARA BLOQUE CENTRAL DE ESCALERA.

- Irregularidad por piso blando.

Se verificó:

Tabla 24: Irregularidad por piso blando para bloque central de escalera.

<i>NIVEL</i>	<i>DIRECCIÓN</i>	<i>RIGIDEZ (tonf/m)</i>	<i>Cociente de rigidez con piso superior</i>	<i>Regularidad al 70% en el piso inmediato superior</i>	<i>Factor de irregularidad</i>
Piso 1	X	30447.17	252.36%	Regular	1
Piso 2	X	12064.76	-	Regular	1
Piso 1	Y	141577.85	163.96%	Regular	1
Piso 2	Y	86350.51	-	Regular	1

Sí presentó regularidad por piso blando.

- Irregularidad extrema por rigidez.

Tabla 25: Primera condición para irregularidad extrema de rigidez en bloque escalera.

<i>NIVEL</i>	<i>DIRECCIÓN</i>	<i>RIGIDEZ (tonf/m)</i>	<i>Cociente de rigidez con piso superior</i>	<i>Regularidad menor al 60% al piso inmediato superior</i>	<i>Factor de irregularidad</i>
Piso 1	X	30447.17	252.36%	Regular	1
Piso 2	X	12064.76	-	Regular	1
Piso 1	Y	141577.85	163.96%	Regular	1
Piso 2	Y	86350.51	-	Regular	1

La resistencia de un entrepiso en razón a sus fuerzas cortantes es menor al 65% de la resistencia del piso superior.

Tabla 26: Segunda condición para irregularidad extrema de rigidez en bloque escalera.

<i>NIVEL</i>	<i>DIRECCIÓN</i>	<i>CORTANTE (tonf)</i>	<i>Relación de resistencia con piso superior</i>	<i>Rigidez menor al 65% al piso inmediato superior</i>	<i>Factor de irregularidad</i>
Piso 1	X	16.27	180.78%	Regular	1
Piso 2	X	9.00	-	Regular	1
Piso 1	Y	43.41	180.57%	Regular	1
Piso 2	Y	24.04	-	Regular	1

Se presentó regularidad con ambas condiciones.

- **Irregularidad por masa o peso.**

Tabla 27: Irregularidad por masa o peso, en bloque central escalera.

<i>NIVEL</i>	<i>DIRECCIÓN</i>	<i>Masa (tonf-s^s/m)</i>	<i>Relación de masa con el piso adyacente</i>	<i>Rigidez menor al 65% al piso inmediato superior</i>	<i>Factor de irregularidad</i>
Piso 1	X	3.65	1.10	Regular	0.9
Piso 2	X	3.33	-	Regular	-
Piso 1	Y	3.65	1.10	Regular	0.9
Piso 2	Y	3.33	-	Regular	-

No se consideró esta irregularidad al solo presentar dos plantas y la segunda es una azotea, la norma no considera azoteas ni sótanos

- Irregularidad geométrica vertical.

Tabla 28: Irregularidad geométrica vertical en bloque escalera.

<i>NIVEL</i>	<i>ÁREA (m²)</i>	<i>Relación entre pisos</i>	<i>Factor límite</i>	<i>Condición de irregularidad</i>	<i>Factor de irregularidad</i>
Piso 1	16.00	2.39	1.3	Irregular	0.9
Piso 2	38.27	-	-	-	-

No se contempló esta irregularidad en caso de azoteas, lo cual se presenta en este bloque.

3.3.6.4. IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA PARA BLOQUE CENTRAL DE ESCALERA.

- Irregularidad torsional.

Se verificó para ambas direcciones como se plantea en la tabla 29:

Tabla 29: Irregularidad torsional en bloque central de escalera.

<i>Nivel</i>	<i>Dirección</i>	<i>Altura (m)</i>	<i>Desplazamiento relativo</i>	<i>Desplazamiento máximo</i>	<i>Desplazamiento límite</i>	<i>Regular.</i>
Piso 1	X	3.25	0.0006	0.0011	0.0035	Regular
Piso 2	X	3.1	0.0013	0.0013	0.0035	Regular
Piso 1	Y	3.25	0.0003	0.0002	0.0025	Regular
Piso 2	Y	3.1	0.006	0.0005	0.0025	Regular

Por lo tanto, se comprobó la regularidad.

- Irregularidad torsional extrema.

Tabla 30: Irregularidad torsional extrema para bloque central de escalera.

Nivel	Dirección	Altura (m)	Desplazamiento relativo	Desplazamiento máximo	Desplazamiento límite	Regular
Piso 1	X	3.25	0.0006	0.0011	0.0035	Regular
Piso 2	X	3.1	0.0013	0.0013	0.0035	Regular
Piso 1	Y	3.25	0.0003	0.0002	0.0025	Regular
Piso 2	Y	3.1	0.006	0.0005	0.0025	Regular

- Irregularidad por esquinas entrantes.

La estructura, como se pudo observar en los planos proporcionados por el Expediente Técnico, no presentó esquinas entrantes.

- Irregularidad por discontinuidad de diafragma.

Tabla 31: Irregularidad por discontinuidad de diafragma en bloque escalera.

Nivel	Área (m ²)	Relación entre pisos	Factor límite	Condición	Factor de irregularidad
Piso 1	16	0.42	0.5	Irregular	0.85
Piso 2	38.27	-	-	-	-

Se observó una irregularidad con un factor de 0.85 debido a la gran diferencia debido a la abertura que provoca la escalera. Sin embargo, esta pequeña área no distribuye las cargas directamente sobre los muros que componen la edificación, por lo que no se consideró diafragma, por lo tanto, no se consideró esta irregularidad.

- Irregularidad por sistemas no paralelos.

La edificación no presentó irregularidad por sistemas no paralelos.

3.3.7. CÁLCULO DE CORTANTE EN BLOQUE LATERAL.

3.3.7.1.COMBINACIONES DE CARGA.

Las combinaciones de carga que son requisito de resistencia y servicio fueron detalladas en el acápite 2.7, no se presentan cargas de viento ni de nieve, por lo que según la Norma técnica E.030 (2018).

- Eje X sistema aporticado.

Combinación 1: $1.4CM + 1.7CV$

Combinación 2: $1.25(CM + CV) + S_x$

Combinación 3: $1.25(CM + CV) - S_x$

Combinación 4: $0.9CM + S_x$

Combinación 5: $0.9CM - S_x$

- Eje Y sistema albañilería.

Combinación 1: $1.4CM + 1.7CV$

Combinación 2: $1.25(CM + CV) + S_y$

Combinación 3: $1.25(CM + CV) - S_y$

Combinación 4: $0.9CM + S_y$

Combinación 5: $0.9CM - S_y$

3.3.7.2. ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO BLOQUE LATERAL.

Se calculó el cortante basal con los parámetros sísmicos tratados en acápites anteriores, son los siguientes:

$$Z = 0.25$$

$$U = 1.5$$

$$C = 2.5$$

$$S = 1$$

$$T_p = 0.4s$$

$$T_L = 2.5s$$

$$R_x = 8$$

$$R_y = 3$$

El factor estático en la dirección X:

$$V_x = \frac{Z.U.C.S}{R_x}$$

$$V_x = \frac{0.25 \times 1.5 \times 2.5 \times 1}{8}$$

$$V_x = 0.117$$

El factor estático en la dirección Y:

$$V_y = \frac{Z.U.C.S}{R_y}$$

$$V_y = \frac{0.25 \times 1.5 \times 2.5 \times 1}{3}$$

$$V_y = 0.3125$$

3.3.7.3. ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO BLOQUE LATERAL.

Con los parámetros sísmicos tratados en acápites anteriores, los cuales son los siguientes:

$$Z = 0.25$$

$$U = 1.5$$

$$C = 2.5$$

$$S = 1$$

$$T_p = 0.4s$$

$$T_L = 2.5s$$

$$R_x = 8$$

$$R_y = 3$$

Y teniendo en cuenta la aceleración espectral para cada dirección:

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

Se obtuvo el espectro de pseudoaceleraciones para la dirección X:

Tabla 32: Espectro en dirección X.

<i>Espectro en dirección X</i>			<i>Espectro en dirección X</i>			<i>Espectro en dirección X</i>		
<i>T (s)</i>	<i>C</i>	<i>Sa (m/s²)</i>	<i>T (s)</i>	<i>C</i>	<i>Sa (m/s²)</i>	<i>T (s)</i>	<i>C</i>	<i>Sa (m/s²)</i>
0.000	1.000	0.460	0.850	1.176	0.541	3.100	0.260	0.120
0.010	1.188	0.546	0.900	1.111	0.511	3.200	0.244	0.112
0.020	1.375	0.632	0.950	1.053	0.484	3.300	0.230	0.106
0.040	1.750	0.805	1.000	1.000	0.460	3.400	0.216	0.099
0.060	2.125	0.977	1.100	0.909	0.418	3.500	0.204	0.094
0.080	2.500	1.150	1.200	0.833	0.383	3.600	0.193	0.089
0.100	2.500	1.150	1.300	0.769	0.354	3.700	0.183	0.084
0.120	2.500	1.150	1.400	0.714	0.328	3.800	0.173	0.080
0.140	2.500	1.150	1.500	0.667	0.307	3.900	0.164	0.076
0.160	2.500	1.150	1.600	0.625	0.287	4.000	0.156	0.072
0.180	2.500	1.150	1.700	0.588	0.270	4.100	0.149	0.068
0.200	2.500	1.150	1.800	0.556	0.255	4.200	0.142	0.065
0.250	2.500	1.150	1.900	0.526	0.242	4.300	0.135	0.062
0.300	2.500	1.150	2.000	0.500	0.230	4.400	0.129	0.059
0.350	2.500	1.150	2.100	0.476	0.219	4.500	0.123	0.057
0.400	2.500	1.150	2.200	0.455	0.209	4.600	0.118	0.054
0.450	2.222	1.022	2.300	0.435	0.200	4.700	0.113	0.052
0.500	2.000	0.920	2.400	0.417	0.192	4.800	0.109	0.050
0.550	1.818	0.836	2.500	0.400	0.184	5.000	0.100	0.046
0.600	1.667	0.766	2.600	0.370	0.170	6.000	0.069	0.032
0.650	1.538	0.707	2.700	0.343	0.158	7.000	0.051	0.023
0.700	1.429	0.657	2.800	0.319	0.147	8.000	0.039	0.018
0.750	1.333	0.613	2.900	0.297	0.137	9.000	0.031	0.014
0.800	1.250	0.575	3.000	0.278	0.128	10.000	0.025	0.011

Luego se construyó una gráfica del espectro en la dirección X:

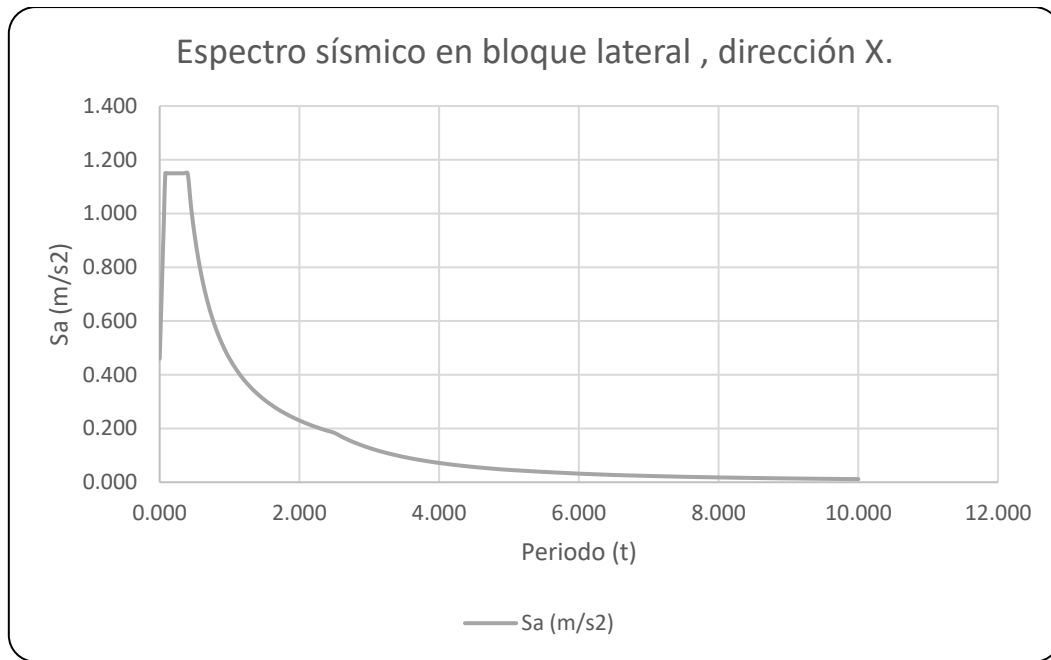


Figura 11: Diagrama de espectro sísmico en dirección X, bloque lateral.

Fuente: Espectro de pseudoaceleraciones en dirección X, en bloque lateral.

Del mismo modo, se obtuvo el espectro de pseudoaceleraciones para la dirección Y:

Tabla 33: Espectro en dirección Y.

<i>Espectro en dirección Y</i>			<i>Espectro en dirección Y</i>			<i>Espectro en dirección Y</i>		
<i>T (s)</i>	<i>C</i>	<i>Sa (m/s²)</i>	<i>T (s)</i>	<i>C</i>	<i>Sa (m/s²)</i>	<i>T (s)</i>	<i>C</i>	<i>Sa (m/s²)</i>
0.000	1.000	1.226	0.850	1.176	1.443	3.100	0.260	0.319
0.010	1.188	1.456	0.900	1.111	1.363	3.200	0.244	0.299
0.020	1.375	1.686	0.950	1.053	1.291	3.300	0.230	0.282
0.040	1.750	2.146	1.000	1.000	1.226	3.400	0.216	0.265
0.060	2.125	2.606	1.100	0.909	1.115	3.500	0.204	0.250
0.080	2.500	3.066	1.200	0.833	1.022	3.600	0.193	0.237
0.100	2.500	3.066	1.300	0.769	0.943	3.700	0.183	0.224
0.120	2.500	3.066	1.400	0.714	0.876	3.800	0.173	0.212
0.140	2.500	3.066	1.500	0.667	0.818	3.900	0.164	0.202
0.160	2.500	3.066	1.600	0.625	0.766	4.000	0.156	0.192
0.180	2.500	3.066	1.700	0.588	0.721	4.100	0.149	0.182
0.200	2.500	3.066	1.800	0.556	0.681	4.200	0.142	0.174
0.250	2.500	3.066	1.900	0.526	0.645	4.300	0.135	0.166

0.300	2.500	3.066		2.000	0.500	0.613		4.400	0.129	0.158
0.350	2.500	3.066		2.100	0.476	0.584		4.500	0.123	0.151
0.400	2.500	3.066		2.200	0.455	0.557		4.600	0.118	0.145
0.450	2.222	2.725		2.300	0.435	0.533		4.700	0.113	0.139
0.500	2.000	2.453		2.400	0.417	0.511		4.800	0.109	0.133
0.550	1.818	2.230		2.500	0.400	0.491		5.000	0.100	0.123
0.600	1.667	2.044		2.600	0.370	0.453		6.000	0.069	0.085
0.650	1.538	1.887		2.700	0.343	0.421		7.000	0.051	0.063
0.700	1.429	1.752		2.800	0.319	0.391		8.000	0.039	0.048
0.750	1.333	1.635		2.900	0.297	0.365		9.000	0.031	0.038
0.800	1.250	1.533		3.000	0.278	0.341		10.000	0.025	0.031

Se obtuvo el diagrama del espectro de pseudoaceleraciones para la dirección Y:

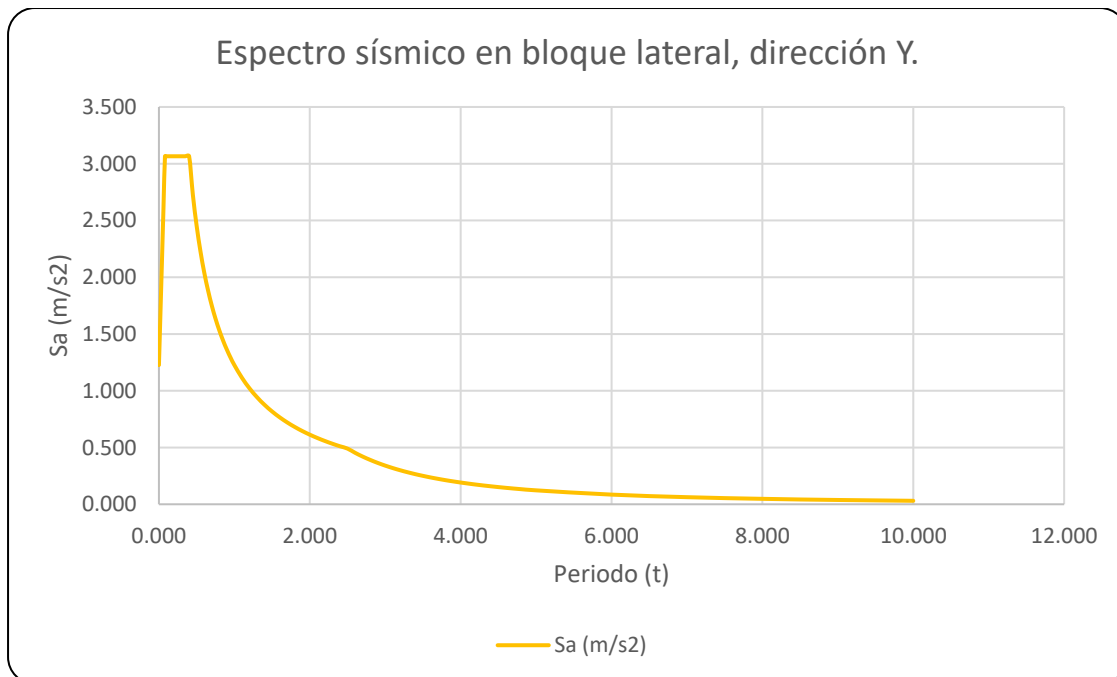


Figura 12: Diagrama de espectro sísmico en dirección Y, en bloque lateral

- Derivas de entrepiso:

Debido a que se presentó una estructura regular, las derivas de entrepiso son multiplicadas por 0.75R y deben ser menores a 0.005 para albañilería y 0.007 para concreto armado. (Norma técnica E.030-2018).

Tabla 34: Deformaciones relativas en Etabs.

NIVEL	Output case	Ux	Uy
Nivel 2	Dinámico X	0.4201	0.0001
Nivel 2	Dinámico Y	0.0007	0.0662
Nivel 1	Dinámico X	0.1858	0.0004
Nivel 1	Dinámico Y	0.0005	0.0378

Fuente: CSI Etabs v19.0.0.

Derivas de entrepiso en Dirección X:

Tabla 35: Derivas en eje X en bloque lateral.

Nivel	Dirección	Altura (m)	Desp. (cm)	Deriva	Deriva lím.
Nivel 2	Dinámico X	3.1	0.4201	0.0045	0.007
Nivel 1	Dinámico X	3.25	0.1858	0.0034	0.007

Fuente: Elaboración propia

Derivas de entrepiso en Dirección Y:

Tabla 36: Derivas en eje Y en bloque lateral.

Nivel	Dirección	Altura (m)	Desp. (cm)	Deriva	Deriva lím.
Nivel 2	Dinámico Y	3.1	0.0662	0.0005	0.005
Nivel 1	Dinámico Y	3.25	0.0378	0.000261	0.005

Fuente: Elaboración propia

3.3.8. CÁLCULO DE CORTANTE EN BLOQUE ESCALERA.

3.3.8.1. ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO BLOQUE ESCALERA.

Con los parámetros sísmicos tratados en acápites anteriores, los cuales son los siguientes:

$$Z = 0.25$$

$$U = 1.5$$

$$C = 2.5$$

$$S = 1$$

$$T_p = 0.4s$$

$$T_L = 2.5s$$

$$R_x = 8 \quad \text{E.030 (2018)}$$

$$R_y = 3 \quad \text{E.030 (2018)}$$

El factor estático en la dirección X:

$$V_x = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R_x}$$

$$V_x = \frac{0.25 \times 1.5 \times 2.5 \times 1}{8}$$

$$V_x = 0.117$$

El factor estático en la dirección Y:

$$V_y = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R_y}$$

$$V_y = \frac{0.25 \times 1.5 \times 2.5 \times 1}{3}$$

$$V_y = 0.3125$$

3.3.8.2. ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO BLOQUE ESCALERA.

Con los parámetros sísmicos recopilados en el análisis estático:

$$Z = 0.25$$

$$U = 1.5$$

$$C = 2.5$$

$$S = 1$$

$$T_P = 0.4s$$

$$T_L = 2.5s$$

$$R_x = 8$$

$$R_y = 3$$

La aceleración espectral para cada dirección:

$$S_a = \frac{Z.U.C.S}{R} \cdot g \quad \text{E.030 (2018)}$$

Se obtuvo el espectro de pseudoaceleraciones para la dirección X:

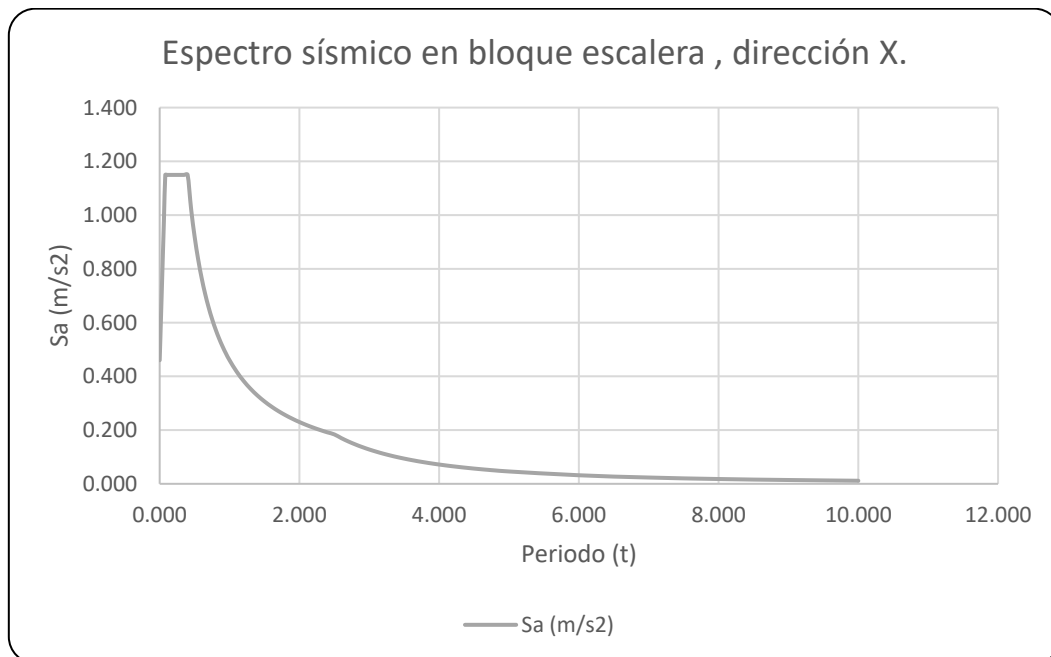


Figura 13: Espectro de pseudoaceleraciones en dirección X, en bloque central.

Del mismo modo, se obtiene el espectro de pseudoaceleraciones para la dirección Y:

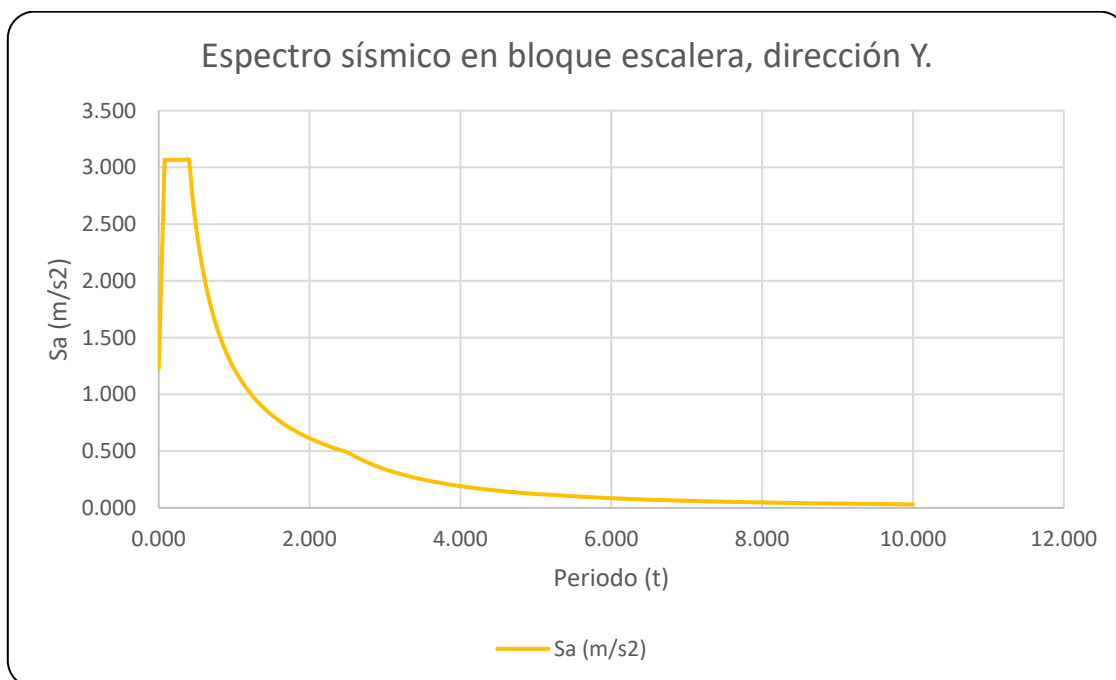


Figura 14: Espectro de pseudoaceleraciones en dirección Y, en bloque central.

- **Derivas de entreso:**

Tabla 37: Deformaciones en bloque central de escalera.

NIVEL	Output case	Ux (cm)	Uy (cm)
Nivel 2	Dinámico X	0.4924	0.0009
Nivel 2	Dinámico Y	0.0041	0.0414
Nivel 1	Dinámico X	0.1385	0.0008
Nivel 1	Dinámico Y	0.0028	0.0213

Tabla 38: Derivas en bloque de escalera en dirección X.

Nivel	Dirección	Altura (m)	Disp. (cm)	Deriva	Deriva lím.
Nivel 2	Dinámico X	3.1	0.4924	0.006	0.007
Nivel 1	Dinámico X	3.25	0.1385	0.00255	0.007

Tabla 39: Derivas en bloque de escalera en dirección Y.

Nivel	Dirección	Altura (m)	Desp. (cm)	Deriva	Deriva lím.
Nivel 2	Dinámico Y	3.1	0.0414	0.000145	0.005
Nivel 1	Dinámico Y	3.25	0.0213	0.00014	0.005

Por lo tanto, en ambas direcciones se verifica la condición establecida por la norma E.030.

3.3.9. DISEÑO DE VIGAS.

A manera de ejemplo, se calculó el acero para la viga V101, luego se repitió el proceso en otras vigas, para comparar así los resultados entre ambos Softwares.

Diseño por flexión.

Se escogió una viga del expediente técnico para ser diseñada, el resultado es comparado con los del Robot. Para la investigación se usó la viga de la primera planta V101 (0.25 x 0.50), la cual pertenece al eje 2-2, tal como se ve en la figura 15.

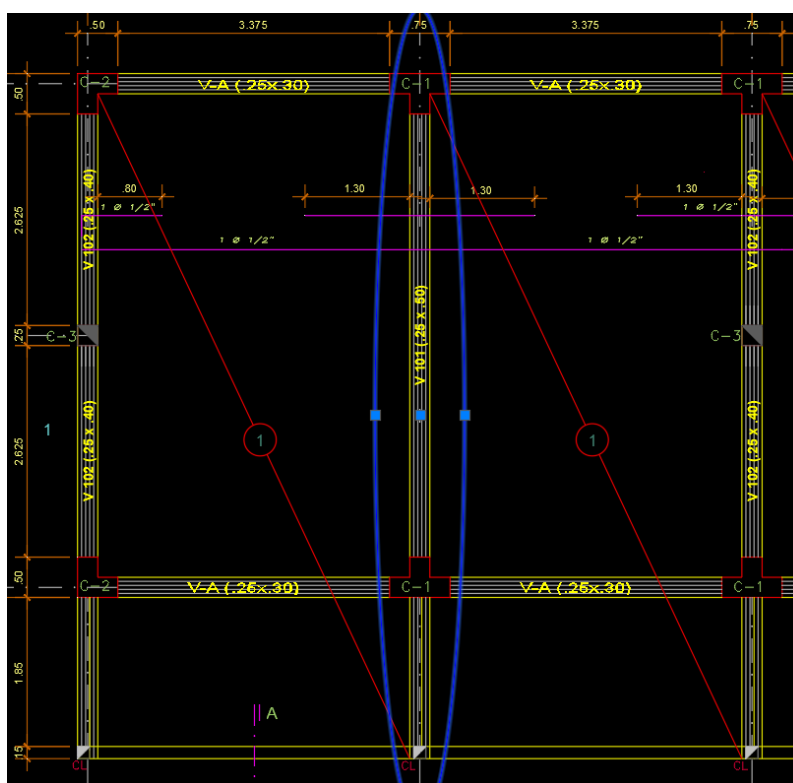


Figura 15: Viga 101 (0.25 x 0.50).

Fuente: Expediente técnico.

En el software CSI Etabs se obtuvo los momentos del corte 2-2, usando la combinación de carga envolvente:



Figura 16: Diagrama de momentos del corte 2-2.

Fuente: Obtenido de Etabs v19.0.0.

La viga tiene dimensiones:

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

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

Se calculó el peralte efectivo

$$d = 50 - 6$$

$$d = 44 \text{ cm}$$

El momento positivo, como se indicó en la figura 16:

$$M_u = 6.7509 \text{ tonf.m}$$

Se convirtió unidades de tonf.m a kgf.cm, multiplicando por un factor 10^5 .

$$M_u = 675\,090 \text{ kgf.cm}$$

En el cálculo de acero de refuerzo por flexión se utilizó la siguiente ecuación:

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y (d - \frac{a}{2})}$$

donde:

A_s = Área de refuerzo

M_u = Momento último

ϕ = Factor de reducción de resistencia (0.9 para flexión)

a = Profundidad del bloque rectangular de Whitney

La profundidad del bloque de Whitney se calcula con la siguiente expresión:

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c (b)}$$

Para hallar el área de refuerzo, se utilizó un método iterativo, donde se postuló la primera profundidad del bloque de Whitney igual al peralte efectivo dividido entre 5.

Tabla 40: Área de acero en Viga V 101 (0.25 x 0.50) con momento positivo.

$M_u(+) = 6.7509 \text{ tonf.m}$	
a (cm)	$A_s \text{ (cm}^2\text{)}$
8.800	4.510
4.245	4.265
4.014	4.253
4.003	4.252
4.002	4.252
4.002	4.252

Luego se efectuó la iteración para los momentos negativos de la viga:

Tabla 41: Área de acero en Viga V 101 con momento negativo a la izquierda.

M _u (-) = 14.5276 tonf.m	
a (cm)	A _s (cm ²)
8.800	9.705
9.134	9.746
9.173	9.751
9.178	9.752
9.178	9.752
9.178	9.752

Tabla 42: Área de acero en Viga V 101 con momento negativo a la derecha.

M _u (-) = 10.7408 tonf.m	
a (cm)	A _s (cm ²)
8.800	7.175
6.753	6.995
6.583	6.980
6.569	6.979
6.568	6.979
6.568	6.979

Toca escoger el área de los aceros, para el momento positivo en la parte inferior de la viga se usa 3Ø5/8", para la parte superior de la viga se usan 3Ø5/8" como acero continuo y como bastones, 2Ø5/8" en el momento negativo izquierdo y un bastón 1Ø1/2" en el momento negativo derecho.

Se calculó la mínima área de acero, utilizando la siguiente expresión, señalada en la Norma técnica E.060-2009:

$$A_{smín} = \frac{0.7\sqrt{f'c}}{f_y} b_w d$$

Reemplazando valores se tiene:

$$A_{smín} = \frac{0.7\sqrt{210}}{4200} (25)(44)$$

$$A_{smín} = 2.66 \text{ cm}^2$$

Se calculó la máxima área de acero, utilizando la siguiente expresión:

$$A_{smax} = 0.5\rho_b b_w d$$

Donde:

ρ_b = *cuantía balanceada*, la cual se calculó con la siguiente expresión:

$$\rho_b = \frac{0.85f'c * \beta_1}{f_y} \left(\frac{6000}{6000 + f_y} \right)$$

Donde:

$$\beta_1 = 0.85 \text{ para } f'c \leq 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$\beta_1 = 0.65 \text{ para } f'c \geq 560 \text{ kg/cm}^2$$

$$\beta_1 = 1.05 - 0.714 \left(\frac{f'c}{1000} \right) \text{ para } 280 \text{ kg/cm}^2 \leq f'c \leq 560 \text{ kg/cm}^2$$

Para el caso se utilizó:

$$\beta_1 = 0.85$$

$$\rho_b = 0.02125$$

Por lo tanto, el acero máximo y mínimo calculado para la viga V101.

$$A_{smax} = 17.53 \text{ cm}^2$$

$$A_{smín} = 2.66 \text{ cm}^2$$

3.3.10. DISEÑO DE COLUMNAS.

COLUMNA EN L (0.50 x 0.50 m.).

La columna en L, situada en las esquinas tiene sección 50 x 50 cm.

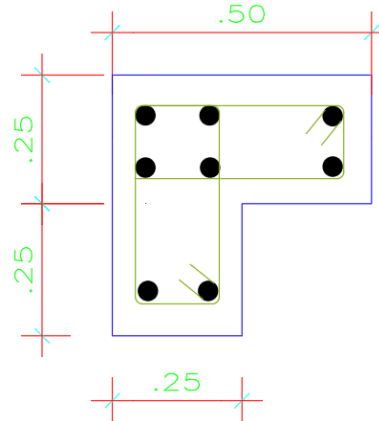


Figura 17: Columna en L sección 0.50 m x 0.50 m.

Fuente: Expediente técnico.

La cuantía mínima para refuerzo de una columna es del 1%, y la máxima es del 6%. (Norma técnica E.060-2009)

Se calculó el área de la sección de la columna:

$$A = 25 \times 25 + 25 \times 50$$

$$A = 1875 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, el área de refuerzo mínimo y máximo son:

$$A_{smin} = 0.01 \times 1875$$

$$A_{smin} = 18.75 \text{ cm}^2$$

$$A_{smax} = 0.06 \times 1875$$

$$A_{smax} = 112.5 \text{ cm}^2$$

Con acero $4 \Phi 3/4'' + 4 \Phi 5/8''$, se tiene un área de 19.3 cm^2 , cumpliendo así con el área mínima de acero.

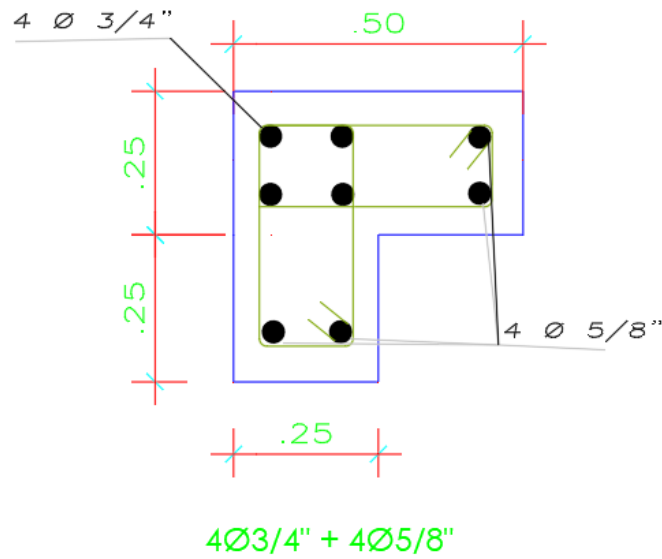


Figura 18: Aceros de columna en L sección 0.50 m x 0.50 m.

Para un diseño por flexocompresión se construyó el diagrama de interacción, ($\varnothing P_n$, $\varnothing M_n$), para entonces colocar los puntos concernientes a las combinaciones de momento flector y carga axial presentes en el elemento. En la tabla 43, se señalaron las fuerzas internas actuantes en la columna C-2, la columna en L esquinada de 0.50 m. x 0.50 m.

Tabla 43: Fuerzas internas de la columna C-2, con resultados de CSI Etabs.

<i>Combinación de carga</i>	<i>Pu (tonf)</i>	<i>Mux (tonf-m)</i>	<i>Muy (tonf-m)</i>	<i>Vux (tonf)</i>	<i>Vuy (tonf)</i>
1.4CM + 1.7 CV	27.478	0.5912	1.1045	1.0062	1.2062
1.25(CM + CV) + S _x	22.1663	0.6279	5.6792	2.6628	1.1813
1.25(CM + CV) - S _x	24.8254	0.3795	-3.8034	-0.9535	0.8805
0.9CM + S _x	12.0995	0.4057	5.2545	2.2766	0.7379
0.9CM - S _x	14.7586	0.1573	-4.2281	-1.3398	0.437
1.25(CM + CV) + S _y	0.5101	2.8925	1.0145	0.8976	4.2555
1.25(CM + CV) - S _y	46.4816	-1.8851	0.8613	0.8117	-2.1937
0.9CM + S _y	-9.5567	2.6704	0.5898	0.5113	3.8121
0.9CM - S _y	36.4148	-2.1073	0.4367	0.4255	-2.6372

Fuente: Obtenido de CSI Etabs.

Con lo que se armó el diagrama de interacción de la columna C-2, tal como se ve a continuación, esto se hace para cada eje ubicando las fuerzas internas.

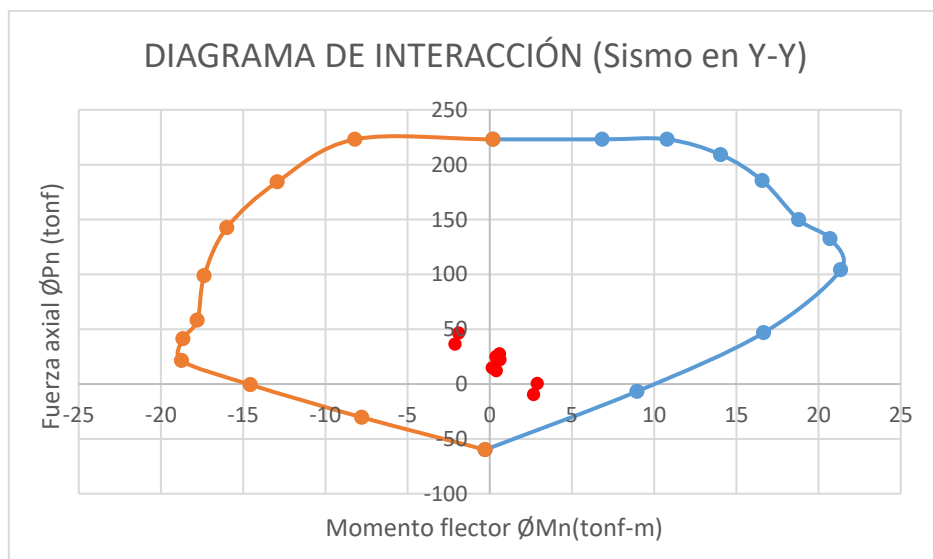
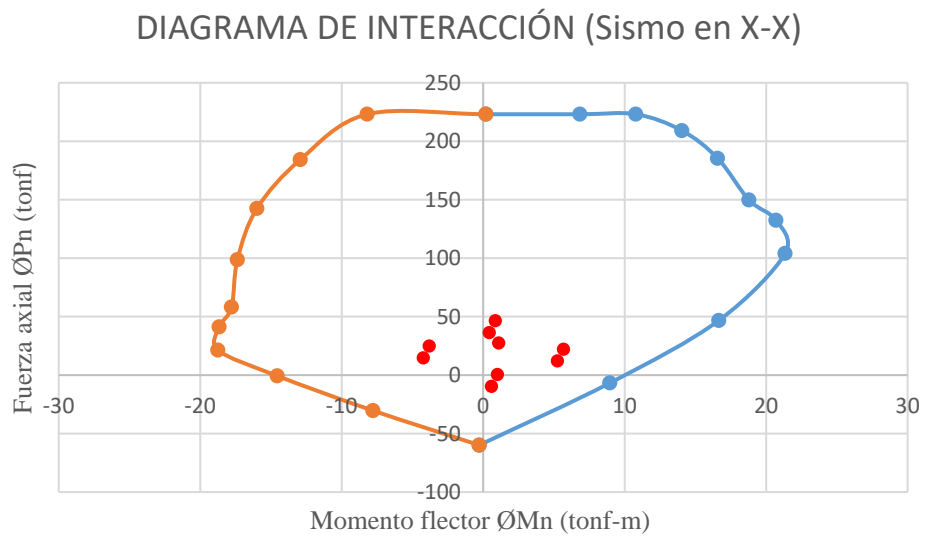


Figura 19: Diagrama de interacción para la columna L (0.5 x 0.5), dirección X (a) y dirección Y (b) con resultados en CSI Etabs.

El área de acero se consideró correcto por flexocompresión.

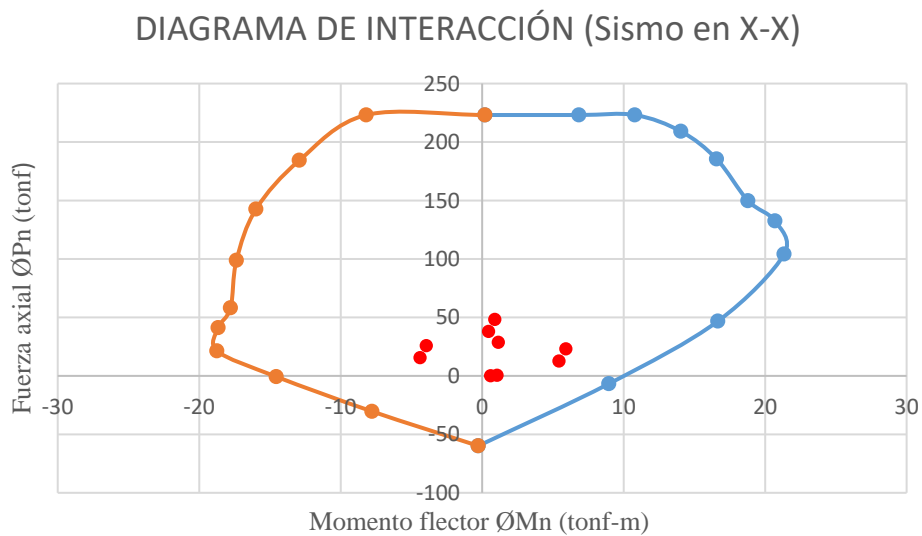
También se verificó con las fuerzas internas obtenidas en Autodesk Robot Structural, vistas en la Tabla 44.

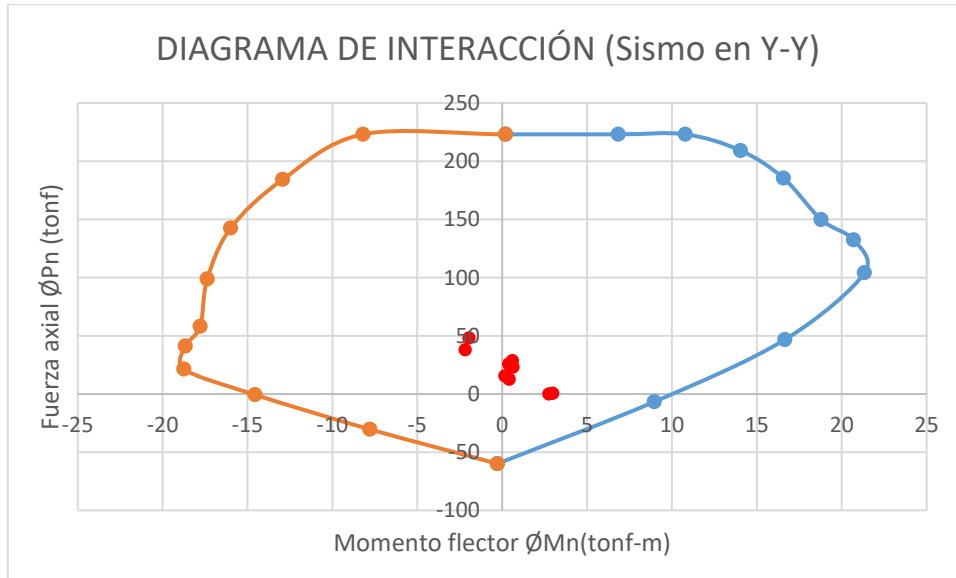
Tabla 44: Fuerzas internas de la columna C-2, con resultados de Robot Structural.

Combinación de carga	P_u (tonf)	M_{ux} (tonf-m)	M_{uy} (tonf-m)	V_{ux} (tonf)	V_{uy} (tonf)
1.4CM + 1.7 CV	28.59	0.61	1.15	1.06	1.27
1.25(CM + CV) + S_x	23.06	0.65	5.92	2.79	1.25
1.25(CM + CV) - S_x	25.79	0.389	-3.94	-1.001	0.93
0.9CM + S_x	12.7	0.42	5.44	2.40	0.78
0.9CM - S_x	15.5	0.164	-4.38	-1.42	0.46
1.25(CM + CV) + S_y	0.52	2.982	1.06	0.96	4.51
1.25(CM + CV) - S_y	48.21	-1.95	0.899	0.86	-2.32
0.9CM + S_y	-9.93	2.76	0.609	0.53	4.04
0.9CM - S_y	37.99	-2.171	0.458	0.44	-2.80

Fuente: Obtenido de Autodesk Robot Structural 2021.

Con los valores de la Tabla 44, se graficó el diagrama de interacción, para una dirección X y una dirección Y según fuerzas internas obtenidas de Autodesk Robot Structural.





(b)

Figura 20: Diagrama de interacción para la dirección X (a) y dirección Y (b) con resultados en Autodesk Robot Structural 2021.

Se indicó también con las fuerzas internas obtenidas de Autodesk Robot, que el área de acero es adecuada.

COLUMNA EN T (0.50 x 0.75 m.).

La columna de sección T, sección usada en columnas perimetrales en el módulo I, que se obtuvo del expediente técnico es:

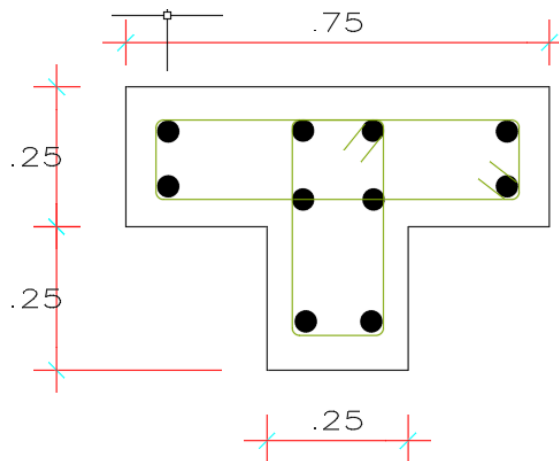


Figura 21: Columna en T sección 0.50 m x 0.75 m.

Primero se calculó el área de la sección de la columna:

$$A = 25 \times 25 + 25 \times 75$$

$$A = 2500 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, el área de refuerzo mínimo y máximo son:

$$A_{smin} = 0.01 \times 2500$$

$$A_{smin} = 25 \text{ cm}^2$$

$$A_{smax} = 0.06 \times 2500$$

$$A_{smax} = 150 \text{ cm}^2$$

El área de acero indicado en el expediente técnico es de 19.79 cm^2 , siendo este menor que el acero mínimo, siendo así; se usó 10 varillas de $3/4''$ para un total de 28.5 cm^2 , cumpliendo con el acero mínimo indicado por la norma Técnica E.060-2018.

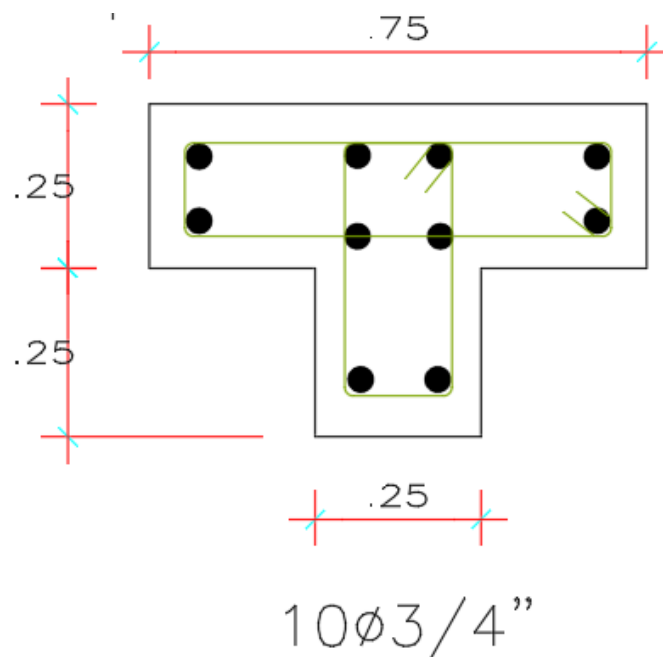


Figura 22: Acero en Columna en T sección 0.50 m x 0.75 m.

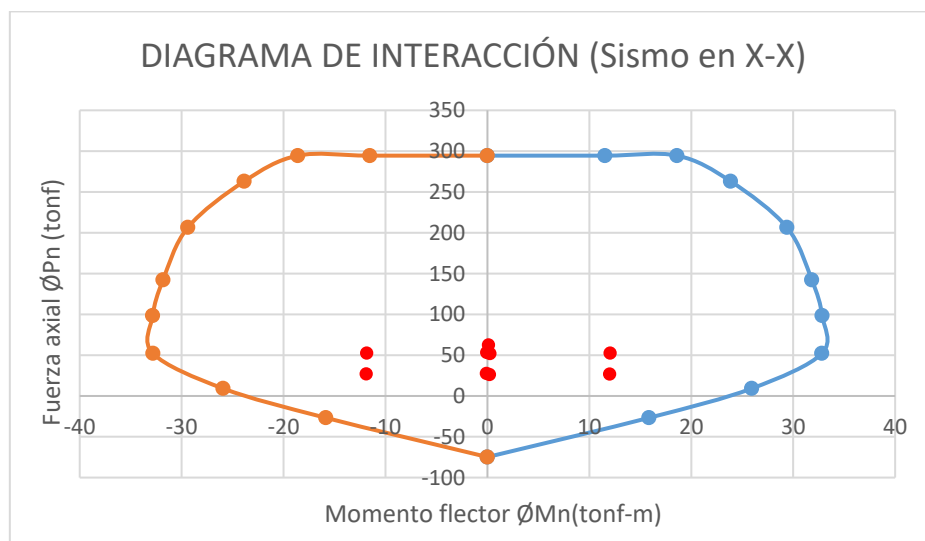
En un diseño por flexocompresión se construyó el diagrama de interacción, $(\phi P_n, \phi M_n)$. En la tabla 45, se muestra las fuerzas internas actuantes en la columna C-1, la columna en L esquinada de 0.50 m. x 0.50 m.

Tabla 45: Fuerzas internas de la columna C-1, con resultados de CSI Etabs.

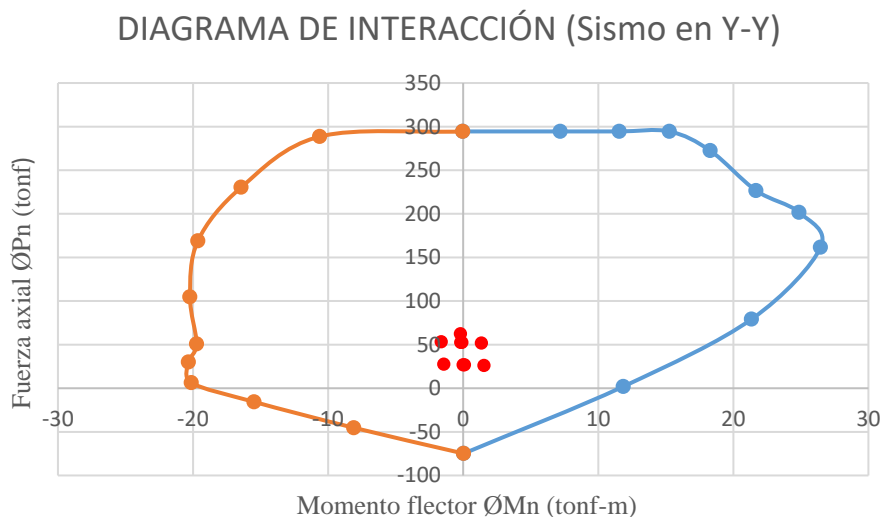
Combinación de carga	P_u (tonf)	M_{ux} (tonf-m)	M_{uy} (tonf-m)	V_{ux} (tonf)	V_{uy} (tonf)
1.4CM + 1.7 CV	62.4516	-0.1971	0.1171	0.1189	-0.3167
1.25(CM + CV) + S_x	52.4759	-0.0847	12.0415	4.954	-0.2082
1.25(CM + CV) - S_x	52.5322	-0.1773	-11.8419	-4.7511	-0.2554
0.9CM + S_x	26.8334	0.103	11.9975	4.9096	0.028
0.9CM - S_x	26.8897	0.0104	-11.8858	-4.7955	-0.0191
1.25(CM + CV) + S_y	51.7835	1.3527	0.2557	0.1727	0.5115
1.25(CM + CV) - S_y	53.2246	-1.6147	-0.0561	0.0301	-0.975
0.9CM + S_y	26.1411	1.5404	0.2118	0.1283	0.7477
0.9CM - S_y	27.5821	-1.427	-0.1001	-0.0142	-0.7388

Fuente: Obtenido de CSI Etabs.

Se realizó el diagrama de interacción de la columna C-1, con fuerzas internas de CSI Etabs.



(a)



(b)

Figura 23: Diagrama de interacción para columna T, dirección X (a) y dirección Y (b) con resultados en CSI Etabs v19.0.0.

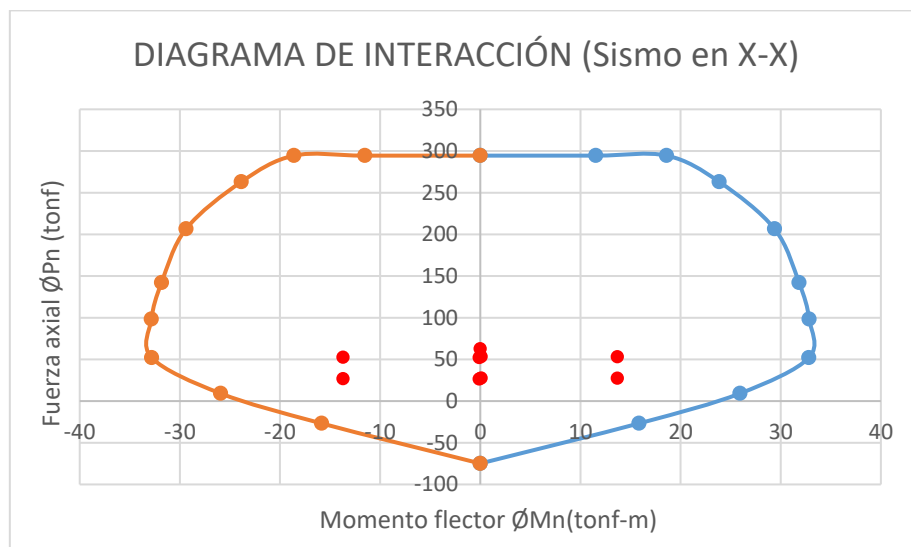
Se observó que las fuerzas internas relacionados a las combinaciones de carga están localizados dentro del diagrama de interacción, por ende; son adecuadas para la sección correspondiente. Luego se verificó con las cargas axiales obtenidas en Autodesk Robot Structural.

Tabla 46: Fuerzas internas de la columna C-1, con resultados de Robot Structural.

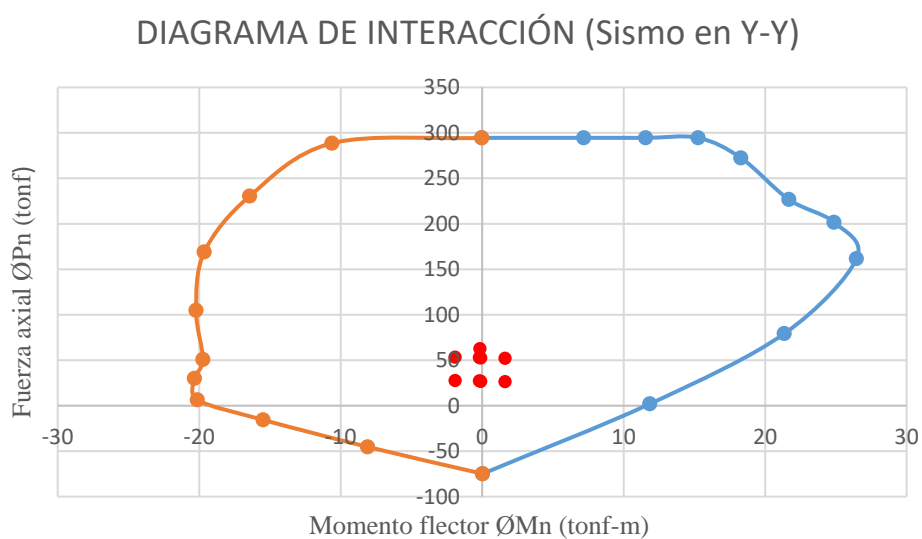
<i>Combinación de carga</i>	<i>Pu (tonf)</i>	<i>Mux (tonf-m)</i>	<i>Muy (tonf-m)</i>	<i>Vux (tonf)</i>	<i>Vuy (tonf)</i>
1.4CM + 1.7 CV	62.73	-0.2	0.125	0.127	-0.34
1.25(CM + CV) + S _x	53.01	-0.09	12.8	5.30	-0.22
1.25(CM + CV) - S _x	52.48	-0.1	-12.59	-5.08	-0.27
0.9CM + S _x	27.28	0.11	12.75	5.25	0.03
0.9CM - S _x	26.76	0.01	-12.63	-5.13	-0.02
1.25(CM + CV) + S _y	53.33	1.91	0.27	0.18	0.54
1.25(CM + CV) - S _y	52.16	-1.62	-0.06	0.03	-1.04
0.9CM + S _y	27.60	1.91	0.21	0.14	0.80
0.9CM - S _y	26.44	-1.62	-0.11	-0.015194	-0.77

Fuente: Obtenido de Autodesk Robot Structural 2021.

Con los valores de la Tabla 46, se graficó el diagrama de interacción, para una dirección X y una dirección Y, según fuerzas internas obtenidas de Autodesk Robot Structural.



(a)



(b)

Figura 24: Diagrama de interacción para columna T, en dirección X (a) y dirección Y (b) con resultados en Autodesk Robot Structural 2021.

Se observó que las fuerzas internas relacionados a las combinaciones de carga están localizados dentro del diagrama de interacción, por ende; son adecuadas para la sección correspondiente, por lo que la sección de acero es la correcta también con los resultados de Autodesk Robot.

COLUMNA C-3 (0.25 x 0.25 m.).

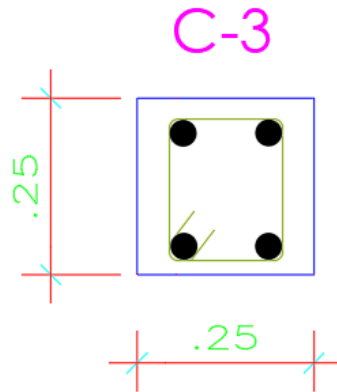


Figura 25: Columna C-3 rectangular sección 0.25 m x 0.25 m.

Fuente: Expediente técnico.

Se calculó el área de la columna:

$$A = 25 \times 25$$

$$A = 625 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, el área de refuerzo mínimo y máximo son:

$$A_{smin} = 0.01 \times 625$$

$$A_{smin} = 6.25 \text{ cm}^2$$

$$A_{smax} = 0.06 \times 625$$

$$A_{smax} = 37.5 \text{ cm}^2$$

El área de acero indicado en el expediente técnico fue de 5.06 cm², siendo este menor que el acero mínimo, siendo así se usó 4 varillas de 5/8'' para un total de 7.91 cm², cumpliendo con el acero mínimo indicado por la norma Técnica E.060-2018.

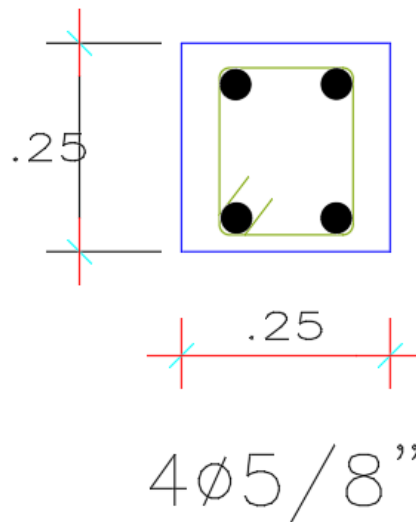


Figura 26: Acero en columna C-3 rectangular sección 0.25 m x 0.25 m.

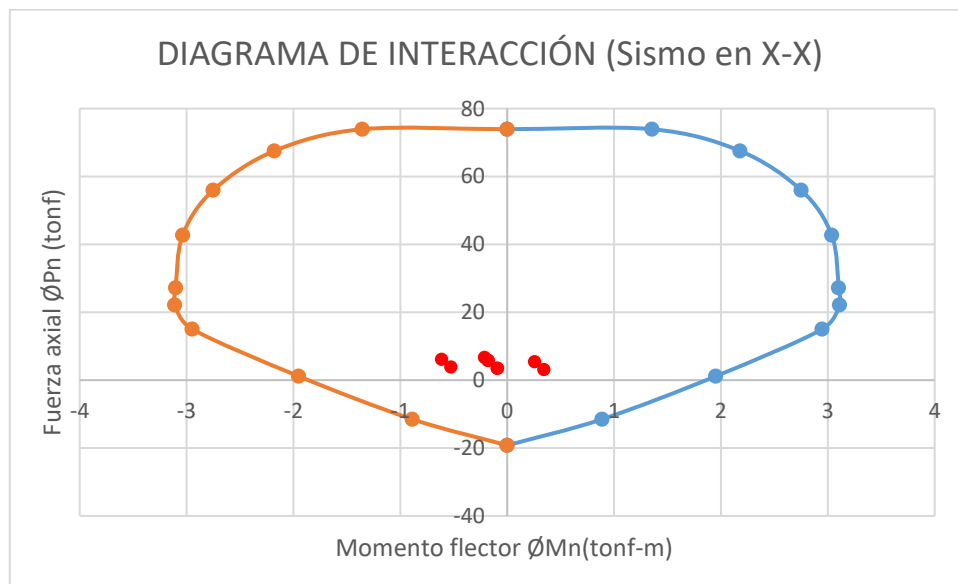
En la tabla 47, se mostraron las fuerzas internas actuantes en la columna C-3, 0.25 m. x 0.25 m.

Tabla 47: Fuerzas internas de la columna C-3, con resultados de CSI Etabs.

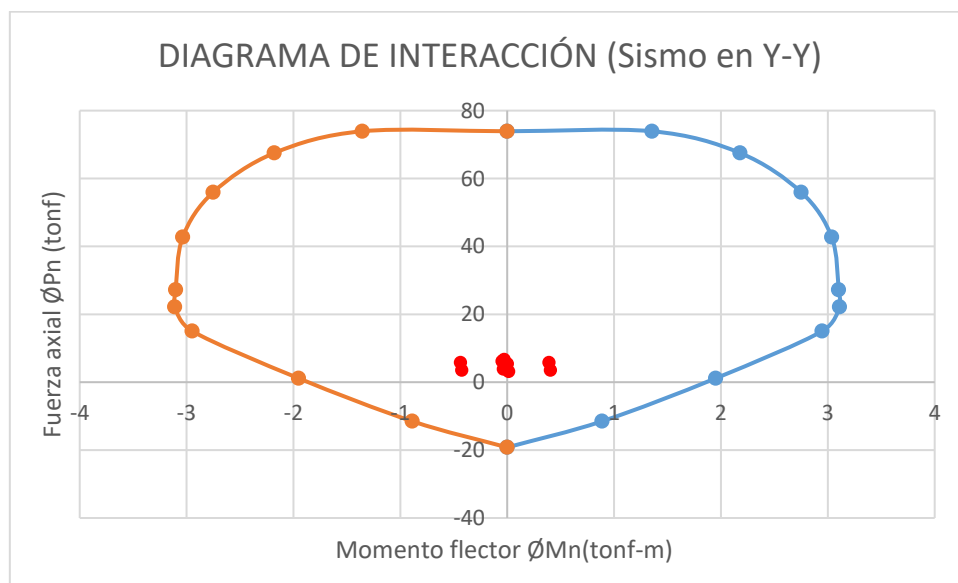
<i>Combinación de carga</i>	<i>Pu (tonf)</i>	<i>Mux (tonf-m)</i>	<i>Muy (tonf-m)</i>	<i>Vux (tonf)</i>	<i>Vuy (tonf)</i>
1.4CM + 1.7 CV	6.7057	-0.0272	-0.212	-0.17	-0.0627
1.25(CM + CV) + S _x	5.428	0.0025	0.2572	0.0049	0.0212
1.25(CM + CV) - S _x	6.1521	-0.0477	-0.6136	-0.2905	-0.1249
0.9CM + S _x	3.1443	0.0146	0.3442	0.0748	0.0495
0.9CM - S _x	3.8685	-0.0356	-0.5266	-0.2206	-0.0966
1.25(CM + CV) + S _y	5.7882	0.3922	-0.1761	-0.1419	1.1462
1.25(CM + CV) - S _y	5.7919	-0.4373	-0.1803	-0.1438	-1.2499
0.9CM + S _y	3.5046	0.4043	-0.0891	-0.072	1.1745
0.9CM - S _y	3.5082	-0.4253	-0.0933	-0.0739	-1.2216

Fuente: Obtenido de CSI Etabs.

Con lo que se construyó el diagrama de interacción de la columna C-1.



(a)



(b)

Figura 27: Diagrama de interacción en la columna C-3 dirección X (a) y dirección Y (b) con resultados en CSI Etabs v19.0.0.

Se observó que las fuerzas internas relacionadas a las combinaciones de carga están localizados dentro del diagrama de interacción, por ende; son adecuadas para la sección correspondiente.

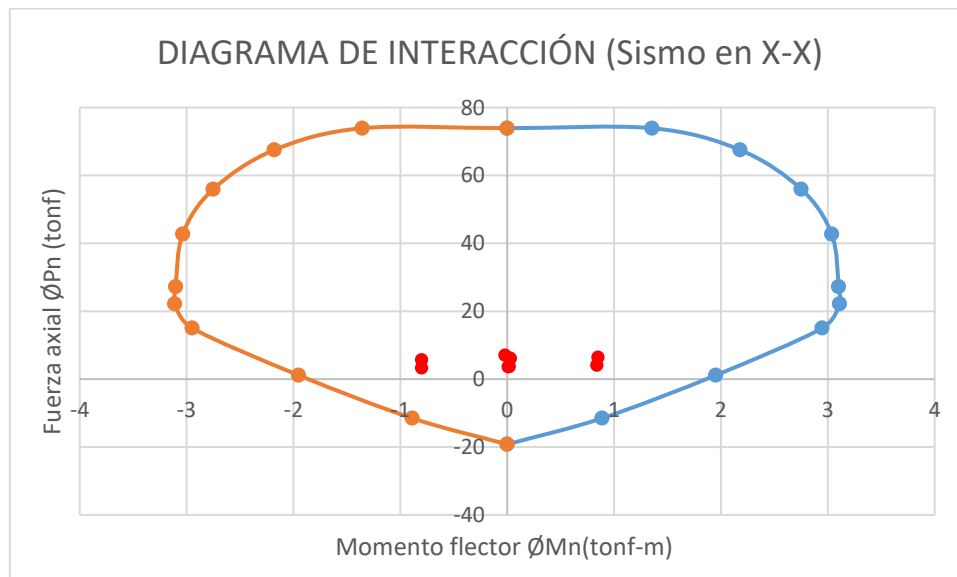
También se verificó con las cargas axiales obtenidas en Autodesk Robot Structural.

Tabla 48: Fuerzas internas de la columna C-3, con resultados de Robot Structural.

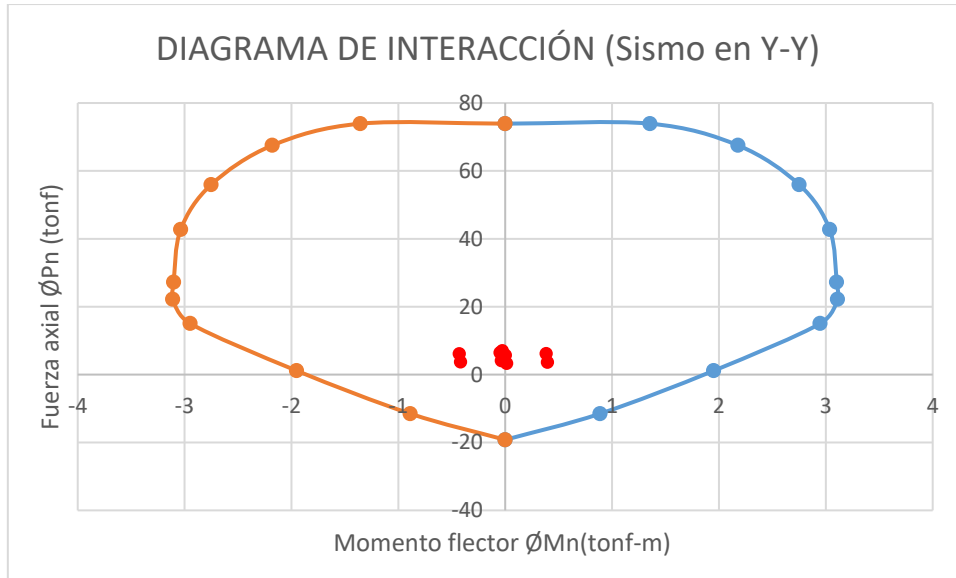
Combinación de carga	P_u (tonf)	M_{ux} (tonf-m)	M_{uy} (tonf-m)	V_{ux} (tonf)	V_{uy} (tonf)
1.4CM + 1.7 CV	7.039	-0.028	-0.225	-0.18	-0.07
1.25(CM + CV) + S_x	5.7	0.0026	0.272	0.005	0.023
1.25(CM + CV) - S_x	6.46	-0.05	-0.65	-0.309	-0.13
0.9CM + S_x	3.31	0.0153	0.364	0.08	0.052
0.9CM - S_x	4.08	-0.037	-0.558	-0.23	-0.103
1.25(CM + CV) + S_y	6.15	0.412	-0.186	-0.15	1.221
1.25(CM + CV) - S_y	6.11	-0.459	-0.191	-0.15	-1.33
0.9CM + S_y	3.61	0.424	-0.094	-0.08	1.25
0.9CM - S_y	3.73	-0.447	-0.099	-0.08	-1.30

Fuente: Obtenido de Autodesk Robot Structural 2021.

Se graficó el diagrama de interacción, para una dirección X y una dirección Y según fuerzas internas obtenidas de Autodesk Robot Structural.



(a)



(b)

Figura 28: Diagrama de interacción en columna C-3, dirección X (a) y dirección Y (b) con resultados de Robot Structural.

Se determinó que la sección de acero es la correcta también con los resultados de Autodesk Robot.

3.3.11. PROCEDIMIENTO DE COMPARACIÓN DE LA RESPUESTA ESTRUCTURAL DEL MÓDULO I.

Como se mencionó en el acápite 3.3.1 en la descripción de la estructura, el módulo I de la Institución educativa Alfonso Villanueva Pinillos está conformado por tres bloques los cuales están separados por dos juntas sísmicas.



Figura 29: Bloque lateral y bloque de escalera separados por junta sísmica.

Ambos bloques laterales son geométrica y estructuralmente idénticos, y el bloque del centro es el que contiene la escalera. Por ende, ambos bloques laterales al ser idénticos fueron modelados una sola vez y el bloque de escalera también.



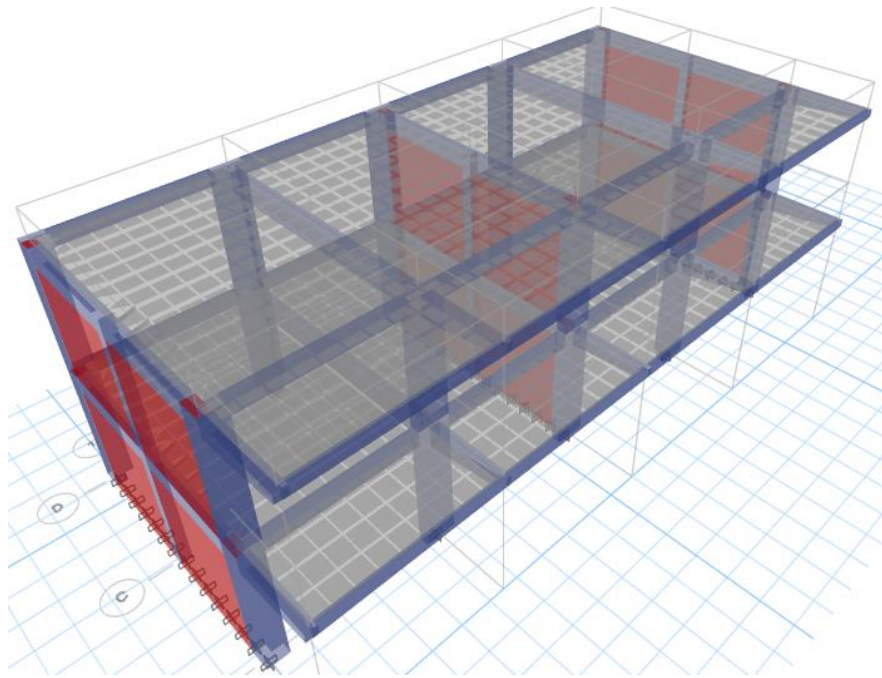
Figura 30: Vista total del módulo I de la Institución Educativa.

- ***Modelamiento en el programa CSI Etabs.***

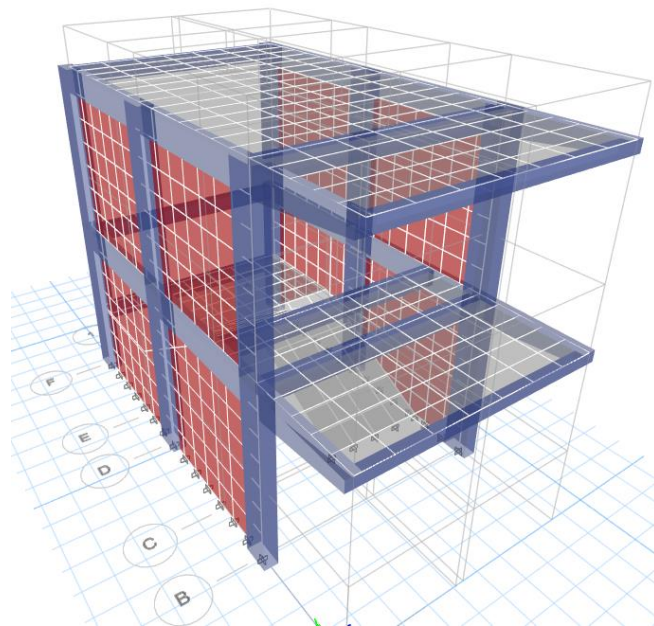
Para la obtención de resultados primero se modeló la estructura utilizando este programa, basado en la geometría analizada en los planos de la edificación, siguiendo algunos pasos, los cuales fueron más detallados en el Anexo 2.

- Iniciar programa.
- Creación de malla, según los ejes estructurales y elevación.
- Creación de materiales y sus propiedades.
- Asignación de unidades de masa, fuerza, longitud, etc. (kg, tonf, m)
- Definición de geometría de elementos línea. (Vigas, Columnas)
- Modelamiento de elementos frame en el mallado, respecto de planos.
- Definición de geometría y propiedades de elementos área (losa y muros de albañilería).
- Modelamiento de elementos área en el programa.
- Asignar brazos rígidos.
- Empotramiento en la base de las columnas.
- Definición de cargas.
- Asignación de cargas muertas y cargas vivas en vigas y losas según Norma técnica E.020.
- Definición de masa sísmica según Norma Técnica E.030-2018.
- Definición de diafragma rígido en elementos losa.
- Definición de combinaciones de carga según Norma Técnica E.060.

Habiendo realizado estos pasos, se obtuvo la vista final del bloque central y de escalera.



(a)



(b)

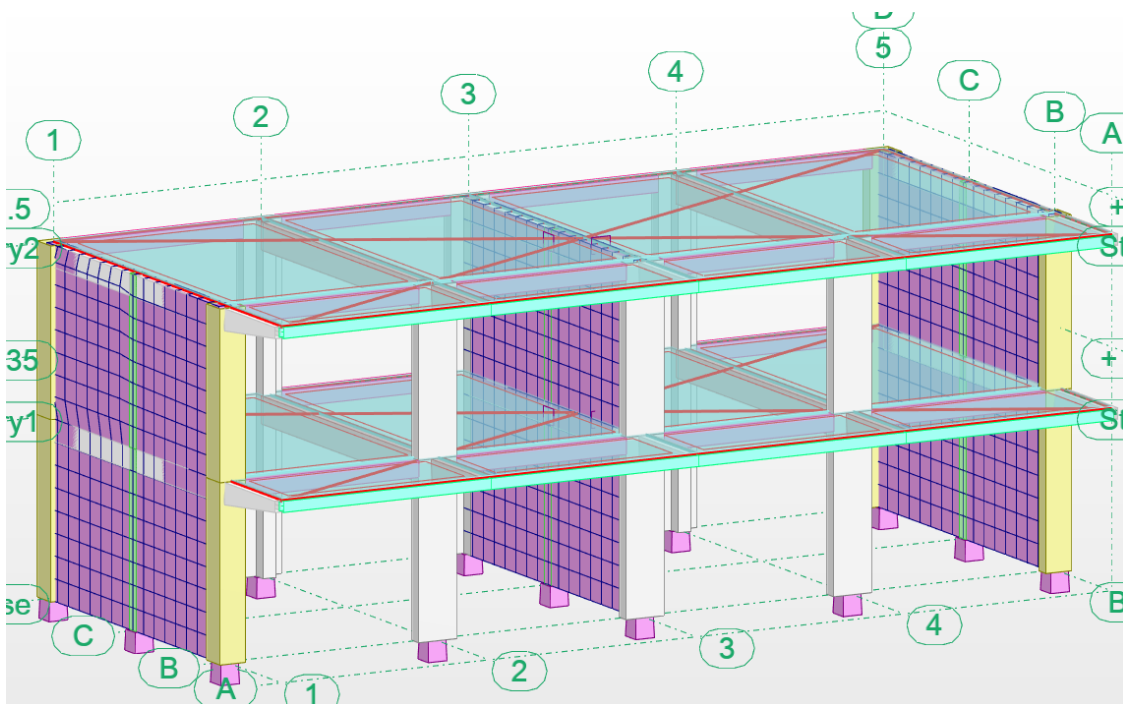
Figura 31: Vista del módulo I, bloque lateral (a) y central (b), modelado en CSI Etabs.

- **Modelamiento en el programa Autodesk Robot Structural.**

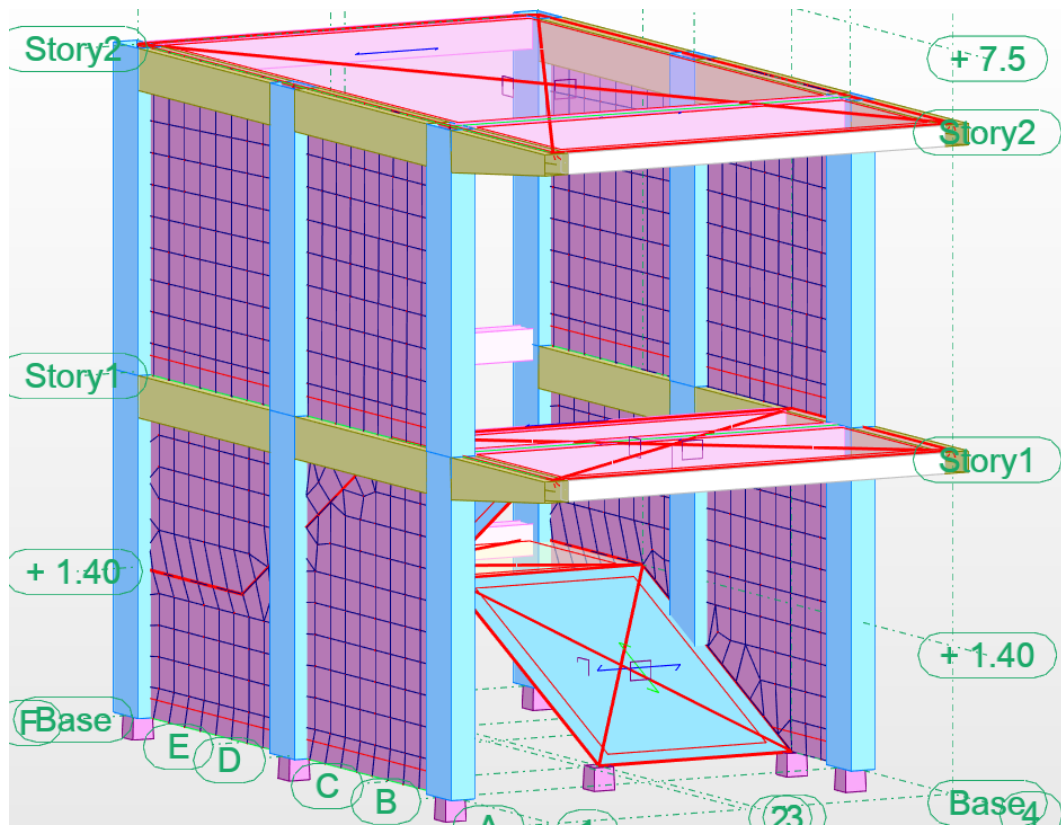
Se comenzó modelando la estructura, acorde a los planos del expediente técnico. Se siguió los siguientes pasos:

- Iniciar programa.
- Definición de unidades y preferencias para el proyecto (longitud, fuerza, color, configuración de idioma, etc).
- Creación de materiales y sus propiedades (concreto, acero, albañilería).
- Creación de líneas de construcción y elevación, según planos estructurales.
- Definición de secciones y asignación de material de vigas y columnas.
- Definición de elementos área.
- Definición de apoyos (restricción de grados de libertad).
- Modelamiento de secciones, línea, área y asignación de apoyo en la base.
- Asignación de cargas muertas y vivas en vigas y losa.
- Asignación de casos de carga y caso modal.
- Definición de masa sísmica.
- Definición de combinaciones de carga.

Habiendo realizado estos pasos, se obtuvo la vista final del bloque central y de escalera.



(a)



(b)

Figura 32: Vista del módulo I, bloque lateral (a) y central (b), modelado en Robot Structural.

Luego se realizó el análisis con la finalidad de analizar los resultados y así compararlos.

3.4. TRATAMIENTO, ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

3.4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Tabla 49: Tipo de investigación.

CRITERIO	TIPO DE INVESTIGACIÓN
Finalidad	Aplicada
Estrategia o enfoque teórico metodológico	Cuantitativa
Objetivos (alcances)	Descriptiva
Fuente de datos	Documentales
Control en el diseño de la prueba	No experimental
Temporalidad	Transversal

3.4.2. POBLACIÓN.

La población en estudio son los módulos, que tienen diferentes funciones, construidos en la I.E. Alfonso Villanueva Pinillos.

3.4.3. MUESTRA.

La muestra es el módulo I de la I.E. Alfonso Villanueva Pinillos.

3.4.4. UNIDAD DE ANÁLISIS.

La unidad de análisis es el módulo I de la I.E. Alfonso Villanueva Pinillos.

3.4.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.

Técnicas:

- **Observación.** Se observó directamente la edificación, los documentos tales como especificaciones técnicas, con los que se pudo obtener una idea de bajo qué contexto se propuso el proyecto de reposición y mejoramiento de la Institución Educativa.
- **Análisis documental.** Se revisó a fondo los planos estructurales, arquitectónicos, de ubicación y el expediente técnico en general, son los documentos de consulta más importantes para el modelamiento y análisis de la estructura.
- **Modelado.** Se realizó el modelado del módulo I, usando la geometría de los planos estructurales y las propiedades físicas de los materiales con las que se realizó el proyecto.

Instrumentos:

Cuaderno de apuntes

Planos estructurales.

Expediente técnico.

Análisis y presentación de resultados.

Los resultados fueron indicados en el acápite 3.4.6, según cada programa, expuestos en tablas comparativas y se calculó la variación que presenta un programa respecto del otro, luego se indicó las razones de por qué se presentan diferencias y si estos afectarían demasiado en un diseño.

3.4.6. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

La presentación y análisis de resultados se trataron en este acápite, fueron expuestos a través de tablas que establecen un formato comparativo, con el objetivo de calcular variaciones, de un programa respecto del otro, y variaciones en la respuesta estructural, tal como especifica el objetivo de la presente investigación. Posteriormente se expusieron los resultados, luego se explicó las diferencias y las razones de estas diferencias.

3.4.7. PARTICIPACIÓN DE MASA MODAL Y MODOS DE VIBRACIÓN.

En las siguientes tablas se mostró los modos de vibración para ambos bloques y obtenida de ambos programas, en relación con su masa participativa.

BLOQUE LATERAL.

Del bloque lateral que se ve en la figura 33, se obtuvieron los modos de vibración con masa participativa en cada dirección según le corresponde.

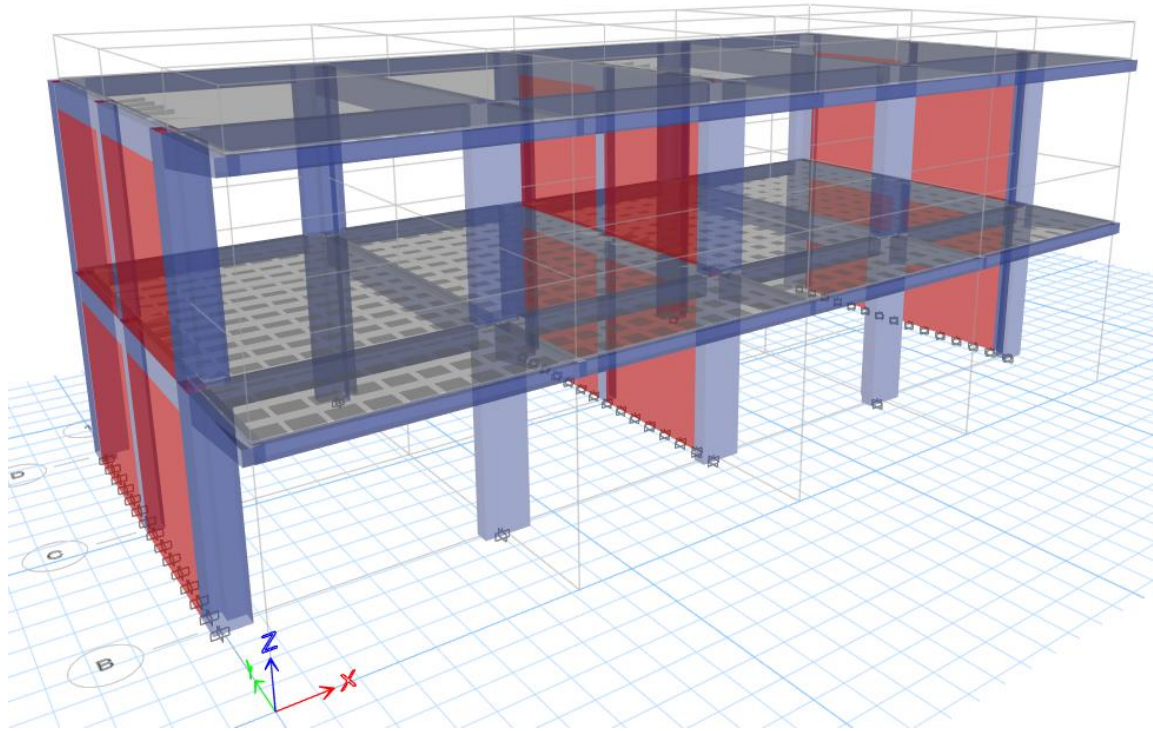


Figura 33: Bloque lateral modelado en CSI Etabs.

Fuente: Obtenido de CSI Etabs v19.0.0.

Se obtuvo el análisis modal para el bloque lateral de la estructura.

Tabla 50: Modos de vibración de bloque lateral con CSI Etabs.

<i>Modo</i>	<i>Período</i>	<i>UX</i>	<i>UY</i>	<i>Sum UX (%)</i>	<i>Sum UY (%)</i>
1	0.281	0.8532	0	85.32	0
2	0.077	0.1465	1.63E-05	99.97	0.001629
3	0.072	9.88E-06	0.9189	99.97	91.89
4	0.064	0.0003	0.0073	100	92.62
5	0.027	0	0.0736	100	99.98
6	0.024	2.63E-05	0.0002	100	100

Fuente: Obtenido de CSI Etabs v19.0.0.

En la tabla 51, se resumió los períodos en los cuales la estructura completa una oscilación.

Tabla 51: Períodos de vibración de bloque lateral con CSI Etabs.

<i>Dirección</i>	<i>Período (s)</i>
UX	0.281
UY	0.072

Fuente: Obtenido de CSI Etabs v19.0.0.

Se obtuvieron los modos de vibración del software Robot S.A.P, vistos en la Tabla 52.

Tabla 52: Modos de vibración de bloque lateral con Robot Structural.

<i>Modo</i>	<i>Período</i>	<i>UX</i>	<i>UY</i>	<i>Sum UX (%)</i>	<i>Sum UY (%)</i>
1	0.29	0.7852	0	78.52	0.00
2	0.079	0.0002	1.67E-05	78.54	0.001671
3	0.076	0.1716	0.9015	95.70	90.15
4	0.07	0.0023	0.0721	95.93	97.36
5	0.03	0.0112	0.0079	97.05	98.15
6	0.03	0.0159	0	98.64	98.15

Fuente: Obtenido de Autodesk Robot Structural 2021.

Del análisis modal que fue otorgado por Robot S.A.P. se obtuvo los períodos mostrados en la Tabla 53.

Tabla 53: Períodos de vibración de bloque lateral con Robot Structural.

<i>Dirección</i>	<i>Período (s)</i>
UX	0.29
UY	0.076

Fuente: Obtenido de Autodesk Robot Structural 2021.

BLOQUE CENTRAL DE ESCALERA.

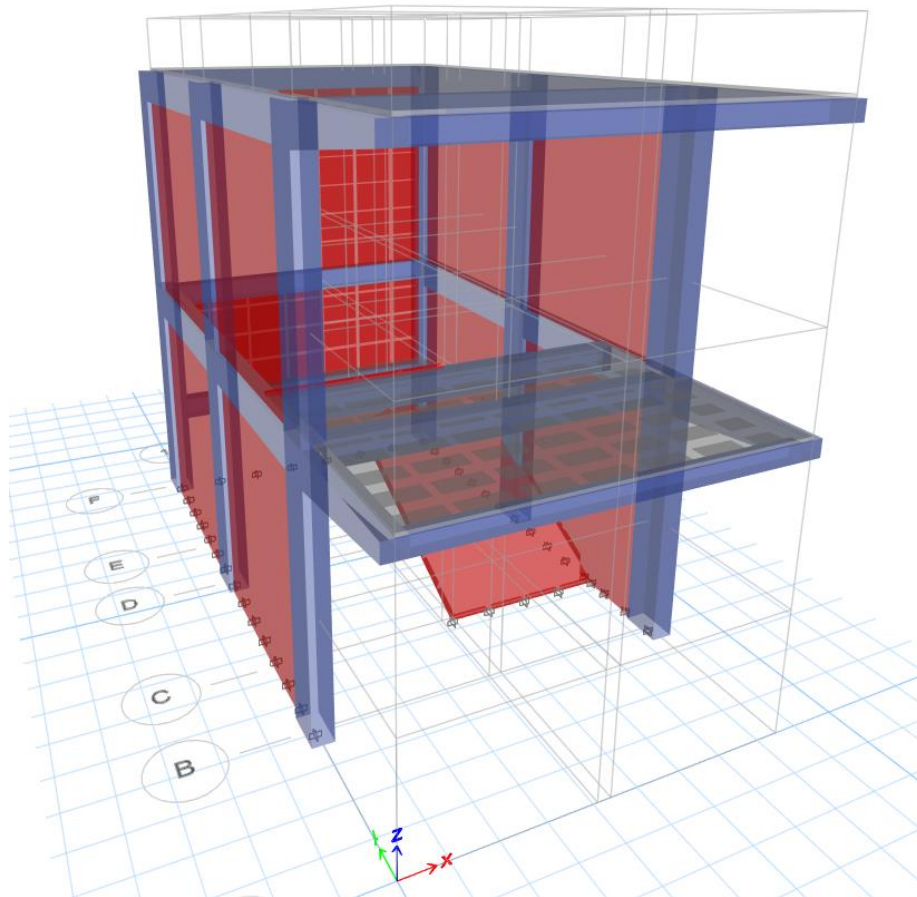


Figura 34: Bloque central de escalera modelado en CSI Etabs.

Fuente: Obtenido de CSI Etabs v19.0.0.

En la tabla 54, se mostró el análisis modal para el bloque central de la estructura.

Tabla 54: Modos de vibración de bloque central de escalera con CSI Etabs.

<i>Modo</i>	<i>Período</i>	<i>UX</i>	<i>UY</i>	<i>Sum UX (%)</i>	<i>Sum UY (%)</i>
1	0.146	0.6263	2.43E-05	62.63	0.00243
2	0.056	0.0028	0.6701	62.91	67.01
3	0.055	0.0063	0.1533	63.54	82.34
4	0.051	0.2709	0.001	90.63	82.44
5	0.023	0.0001	0.0942	90.64	91.86

6	0.021	0.0378	0.0033	94.41	92.19
7	0.019	0.001	0.0258	94.51	94.77
8	0.014	0.0347	0.0002	97.99	94.79
9	0.014	0.0002	0.022	98.01	96.99
10	0.01	0.0003	0.012	98.04	98.19
11	0.009	1.635E-06	0.0005	98.04	98.24
12	0.008	0.0028	0.0002	98.32	98.26
13	0.007	1.55E-05	0.0021	98.32	98.47
14	0.007	0.0034	0.0072	98.66	99.19
15	0.007	0.0023	0.0003	98.89	99.22
16	0.006	0.0001	1.794E-05	98.9	99.22
17	0.006	0.0009	0.0018	99	99.4
18	0.005	0.0023	0.0012	99.23	99.52
19	0.005	6.229E-06	0.0004	99.23	99.56
20	0.005	0.0004	0.0001	99.26	99.57
21	0.004	0.0002	1.321E-05	99.28	99.57

Fuente: Obtenido de CSI Etabs 19.0.0.

De la tabla 54, se obtuvo los períodos en los cuales la estructura completa una oscilación, esto en cada sentido del análisis.

Tabla 55: Períodos de vibración de bloque central de escalera, con CSI Etabs.

<i>Dirección</i>	<i>Período (s)</i>
UX	0.146
UY	0.056

Fuente: Obtenido de CSI Etabs v19.0.0.

Se obtuvieron los modos de vibración obtenidos del software Robot Structural.

Tabla 56: Modos de vibración de bloque central de escalera con Robot Structural.

<i>Modo</i>	<i>Período</i>	<i>UX</i>	<i>UY</i>	<i>Sum UX (%)</i>	<i>Sum UY (%)</i>
1	0.155	0.6162	2.5E-05	61.62	0.0025
2	0.059	0.0086	0.6902	62.48	69.02
3	0.05	0.1201	0.1578	74.49	84.81
4	0.05	0.0362	0.00103	78.11	84.91
5	0.04	0.0106	0.09702	79.17	94.61
6	0.04	0.0063	0.0033	79.80	94.95
7	0.03	0.0017	0.0059	79.97	95.55
8	0.03	0.0518	0.0002	85.15	95.57
9	0.03	0.0038	0.0226	85.54	97.84
10	0.03	0.0001	0.0009	85.54	97.93
11	0.03	0.0027	0.0005	85.81	97.98
12	0.02	0.0105	0.0002	86.86	98.00
13	0.02	0.0143	0.0021	88.29	98.22
14	0.02	0.09	0.0074	97.29	98.96
15	0.02	0.002	0.0003	97.49	98.99
16	0.02	0.0007	1.847E-05	97.56	98.99
17	0.02	0.0186	0.001854	99.42	99.18
18	0.02	0.0014	0.001236	99.56	99.30
19	0.02	0.0008	0.000412	99.64	99.34
20	0.02	0.0001	0.000103	99.65	99.35
21	0.02	0	1.36E-05	99.65	99.35

Fuente: Obtenido de Autodesk Robot Structural 2021.

Tabla 57: Períodos de vibración de bloque central de escalera con Robot Structural.

<i>Dirección</i>	<i>Período (s)</i>
UX	0.155
UY	0.059

Fuente: Obtenido de Autodesk Robot Structural 2021.

Como resumen, se indicó los períodos de vibración de la estructura:

Tabla 58: Períodos de vibración de bloque central y lateral, en ambos programas.

<i>Bloque</i>	<i>Programa</i>	<i>Período (s)</i>	
		<i>U_x</i>	<i>U_y</i>
Lateral	CSI Etabs	0.281	0.072
	Robot S.A.P.	0.29	0.076
Central	CSI Etabs	0.146	0.056
	Robot S.A.P.	0.155	0.059

Fuente: Obtenido de CSI Etabs y Autodesk Robot Structural 2021.

3.4.8. ANÁLISIS SÍSMICO.

Una vez se hizo los análisis en cada programa, se obtuvo el cortante en la base de la edificación para ambas direcciones, con el propósito de comprobar que la fuerza cortante es mayor a 0.8 multiplicado por la fuerza cortante para caso estático, según menciona la Norma Técnica E.030 y fue tratado en el acápite 2.5.3.

BLOQUE LATERAL

Tabla 59: Fuerza cortante en la base de bloque lateral para caso estático en Etabs.

NIVEL	Output case	V_x (tonf)	V_y (tonf)
Nivel 1	Estático X	32.6241	0
Nivel 1	Estático Y	0	87.1369

Fuente: CSI Etabs v19.0.0.

En la dirección X: $V_{ex} = 32.62 \text{ tonf}$

En la dirección Y: $V_{ey} = 87.13 \text{ tonf}$

La fuerza cortante en la base:

Tabla 60: Fuerza cortante en la base en bloque lateral para sismo dinámico en Etabs.

NIVEL	Output case	Vx (tonf)	Vy (tonf)
Nivel 1	Dinámico X	28.306	0.063
Nivel 1	Dinámico Y	0.168	75.5584

Fuente: CSI Etabs v19.0.0.

En la dirección X: $V_{dx} = 28.3 \text{ tonf}$

En la dirección Y: $V_{dy} = 75.55 \text{ tonf}$

Se obtuvo el peso de la edificación, calculado por Etabs:

$$\text{Peso bloque lateral (Etabs)} = 278.8 \text{ tonf}$$

El programa Autodesk Robot S.A.P. no consta en su base de datos de la norma técnica peruana, por lo que no realiza un análisis estático, y por ende el programa no proporciona la fuerza cortante en la base del edificio, por lo que la fuerza cortante se obtuvo valiéndose de la Norma técnica E.030, la cual especifica que la fuerza cortante en la base se obtiene multiplicando el factor estático por el peso del módulo. (Norma Técnica E.030-2018).

El peso de la edificación fue calculado tomando la carga muerta en su totalidad y adicionándole la mitad de la carga viva según se mencionó en el acápite 2.4.1.

$$\text{Peso bloque lateral (Robot)} = 289.2 \text{ tonf}$$

Con el peso de la edificación se calculó la fuerza cortante en cada dirección.

Tabla 61: Fuerza cortante en la base del bloque lateral para caso estático en Robot.

NIVEL	Output case	Vx (tonf)	Vy (tonf)
Nivel 1	Estático X	33.8364	0
Nivel 1	Estático Y	0	90.375

En la dirección X: $V_{ex} = 33.83 \text{ tonf}$

En la dirección Y: $V_{ey} = 90.37 \text{ tonf}$

Luego se obtuvo la fuerza cortante del bloque en caso dinámico.

Tabla 62: Fuerza cortante en la base del bloque lateral para sismo dinámico en Robot.

<i>NIVEL</i>	<i>Output case</i>	<i>Vx (tonf)</i>	<i>Vy (tonf)</i>
Nivel 1	Dinámico X	29.357	0.09
Nivel 1	Dinámico Y	0.18	78.366

Fuente: Autodesk Robot Structural 2021.

En la dirección X: $V_{dx} = 29.35 \text{ tonf}$

En la dirección Y: $V_{dy} = 78.36 \text{ tonf}$

- **Comparación de fuerza cortante estática y dinámica en la base de bloque lateral:**

▪ **CSI ETABS.**

En la dirección X: $V_{dx} \geq 0.80V_{ex}$

En la dirección Y: $V_{dy} \geq 0.80V_{ey}$

Por ende, se verificó:

En la dirección X: $28.3 \geq 0.80 \times (32.62)$

$$28.3 \geq 26.096$$

En la dirección Y: $V_{dy} \geq 0.80V_{ey}$

$$75.55 \geq 0.80 \times (87.13)$$

$$75.55 \geq 69.704$$

▪ **AUTODESK ROBOT S.A.P.**

En la dirección X: $V_{dx} \geq 0.80V_{ex}$

En la dirección Y: $V_{dy} \geq 0.80V_{ey}$

En la dirección X: $29.35 \geq 0.80 \times (33.83)$

$$29.35 \geq 27.064$$

En la dirección Y:

$$V_{dy} \geq 0.80V_{ey}$$

$$78.36 \geq 0.80 \times (90.37)$$

$$75.55 \geq 72.296$$

No hubo necesidad de usar algún factor de escala en ningún caso.

BLOQUE CENTRAL.

También se calculó las fuerzas cortantes en el bloque central como se ve en la Tabla 63:

Tabla 63: Fuerza cortante en la base del bloque central para análisis estático con Etabs.

<i>NIVEL</i>	<i>Output case</i>	<i>Vx (tonf)</i>	<i>Vy (tonf)</i>
Nivel 1	Estático X	12.89	0
Nivel 1	Estático Y	0	34.43

Fuente: CSI Etabs v19.0.0.

En la dirección X:

$$V_{ex} = 12.89 \text{ tonf}$$

En la dirección Y:

$$V_{ey} = 34.43 \text{ tonf}$$

Tabla 64: Fuerza cortante en la base del bloque central para análisis dinámico con Etabs.

<i>NIVEL</i>	<i>Output case</i>	<i>Vx (tonf)</i>	<i>Vy (tonf)</i>	<i>Factor escala</i>
Nivel 1	Dinámico X	10.47	0.1968	-
Nivel 1	Dinámico Y	0.525	27.64	1.11

Fuente: Elaboración propia

En la dirección X:

$$V_{dx} = 10.47 \text{ tonf}$$

En la dirección Y:

$$V_{dy} = 27.64 \text{ tonf}$$

Se obtuvo el peso de la edificación, calculado por Etabs:

$$\text{Peso bloque central (Etabs)} = 110.17 \text{ tonf}$$

Una vez se corrió el análisis se calculó el peso del bloque de escalera para afectarlo por el factor estático en cada dirección y obtener la fuerza cortante en ambos ejes.

$$\text{Peso bloque central (Robot)} = 115.08 \text{ tonf}$$

Una vez se multiplicó por el factor estático se puede obtener la fuerza cortante en la base

Tabla 65: Fuerza cortante de bloque central de escalera caso estático en Robot.

<i>NIVEL</i>	<i>Output case</i>	<i>Vx (tonf)</i>	<i>Vy (tonf)</i>
Nivel 1	Dinámico X	13.4643	0
Nivel 1	Dinámico Y	0	35.9625

Fuente: Autodesk Robot Structural 2021.

En la dirección X: $V_{ex} = 13.46 \text{ tonf}$

En la dirección Y: $V_{ey} = 35.96 \text{ tonf}$

Tabla 66: Fuerza cortante en la base de bloque central de escalera para análisis dinámico en Robot Structural.

<i>NIVEL</i>	<i>Output case</i>	<i>Vx (tonf)</i>	<i>Vy (tonf)</i>	<i>Factor escala</i>
Nivel 1	Dinámico X	10.93	0.02	-
Nivel 1	Dinámico Y	0.06	28.76	1.11

Fuente: Autodesk Robot Structural 2021.

En la dirección X: $V_{dx} = 10.93 \text{ tonf}$

En la dirección Y: $V_{dy} = 28.76 \text{ tonf}$

- **Comparación de fuerza cortante estática y dinámica en la base del bloque de escalera:**

- **CSI ETABS.**

En la dirección X: $V_{dx} \geq 0.80V_{ex}$

En la dirección Y: $V_{dy} \geq 0.80V_{ey}$

Por ende, se verificó:

En la dirección X: $10.47 \geq 0.80 x (12.89)$

$$10.47 \geq 10.312$$

En la dirección Y: $V_{dy} \geq 0.80V_{ey}$

$$27.64 \geq 0.80 x (34.43)$$

$$27.64 \geq 27.54$$

▪ **AUTODESK ROBOT S.A.P.**

Se verificó:

En la dirección X: $10.93 \geq 0.80 x (13.46)$

$$10.93 \geq 10.768$$

En la dirección Y: $V_{dy} \geq 0.80V_{ey}$

$$28.76 \geq 0.80 x (35.96)$$

$$28.76 \geq 28.76$$

Se verificó la condición impuesta la Norma Técnica E.030, el cortante de la base del edificio en caso dinámico tiene que ser como mínimo, 0.8 veces el cortante estático en la base, esto se hizo para ambos bloques y se verificó en ambos programas.

En la Tabla 67, a manera de resumen se puntualizó las fuerzas cortantes obtenidas en diferentes programas estructurales:

Tabla 67: Fuerza cortante en la base en ambos programas.

<i>Bloque</i>	<i>Programa</i>	<i>Output case</i>	<i>Vx (tonf)</i>	<i>Vy (tonf)</i>
Bloque lateral (aulas)	Etabs v19.0.0	Estático X	32.62	0
		Estático Y	0	87.13
		Dinámico X	28.3	0.063
		Dinámico Y	0.168	75.55
	Robot 2021	Estático X	33.83	0
		Estático Y	0	90.37
		Dinámico X	29.35	0.09
		Dinámico Y	0.18	78.36
Bloque central (escalera)	Etabs v19.0.0	Estático X	12.89	0
		Estático Y	0	34.43
		Dinámico X	10.47	0.1968
		Dinámico Y	0.525	27.64
	Robot 2021	Estático X	13.46	0
		Estático Y	0	35.96
		Dinámico X	10.93	0.02
		Dinámico Y	0.06	28.76

Fuente: CSI Etabs v19.0.0 y Robot Structural 2021.

En la Tabla 68 se indicó el peso de ambos módulos calculados en ambos programas.

Tabla 68: Peso de los bloques en ambos softwares.

<i>Módulo</i>	<i>Programa</i>	<i>Peso del módulo (tonf)</i>
Bloque lateral (aulas)	CSI Etabs	278.8
	Autodesk Robot S.A.P.	289.2
Bloque central (escalera)	CSI Etabs	110.17
	Autodesk Robot S.A.P.	115.08

3.4.9. ACERO EN VIGAS.

Como se indicó en el acápite 3.3.9, se calculó el acero en algunas vigas principales, para que se pueda establecer un análisis comparativo, y también poder comparar con el acero usado en el expediente técnico, como se mostró en la Tabla 69.

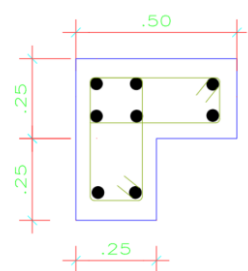
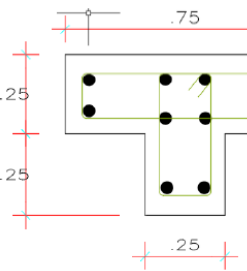
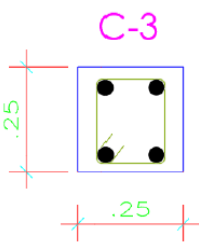
Tabla 69: Áreas de acero calculados para vigas, en Etabs y Robot Structural.

Nivel	Viga	A_s calculado en Etabs (cm^2)		A_s calculado en Robot (cm^2)		A_s expediente técnico (cm^2)	
		$A_{si(-)}$	$A_{s(+)}$	$A_{si(-)}$	$A_{s(+)}$	$A_{si(-)}$	$A_{s(+)}$
1	V101(25x50) eje 2-2, A-C	9.752	4.252	10.19	4.52	11.4 (4 Φ 3/4'')	9.65 (2 Φ 3/4'') +2 Φ 5/8)
	V-S(25x30) eje A, 4-5	3.42	1.45	3.71	1.45	5.93 (3 Φ 5/8)	3.95 (2 Φ 5/8)
	V conf.(15x20), 2-3	1.827	0.691	1.877	0.74	2.13 (3 Φ 3/8)	1.42 (2 Φ 3/8)

3.4.10. ACERO EN COLUMNAS.

En la Tabla 70, se mostró las áreas de acero para las 3 columnas diseñadas en el acápite 3.3.10, así como las áreas usadas en la ejecución de obra.

Tabla 70: Áreas de acero en columnas.

	COLUMNA EN L	COLUMNA T	COLUMNA C-3
			
CSI ETABS	4 Φ 3/4'' + 4 Φ 5/8''	10 Φ 3/4''	4 Φ 5/8''
ROBOT S.A.P	(19.3 cm^2)	(28.5 cm^2)	(7.91 cm^2)
Expediente técnico	8 Φ 5/8'' (15.83 cm^2)	10 Φ 5/8'' (19.79 cm^2)	4 Φ 1/2'' (5.06 cm^2)

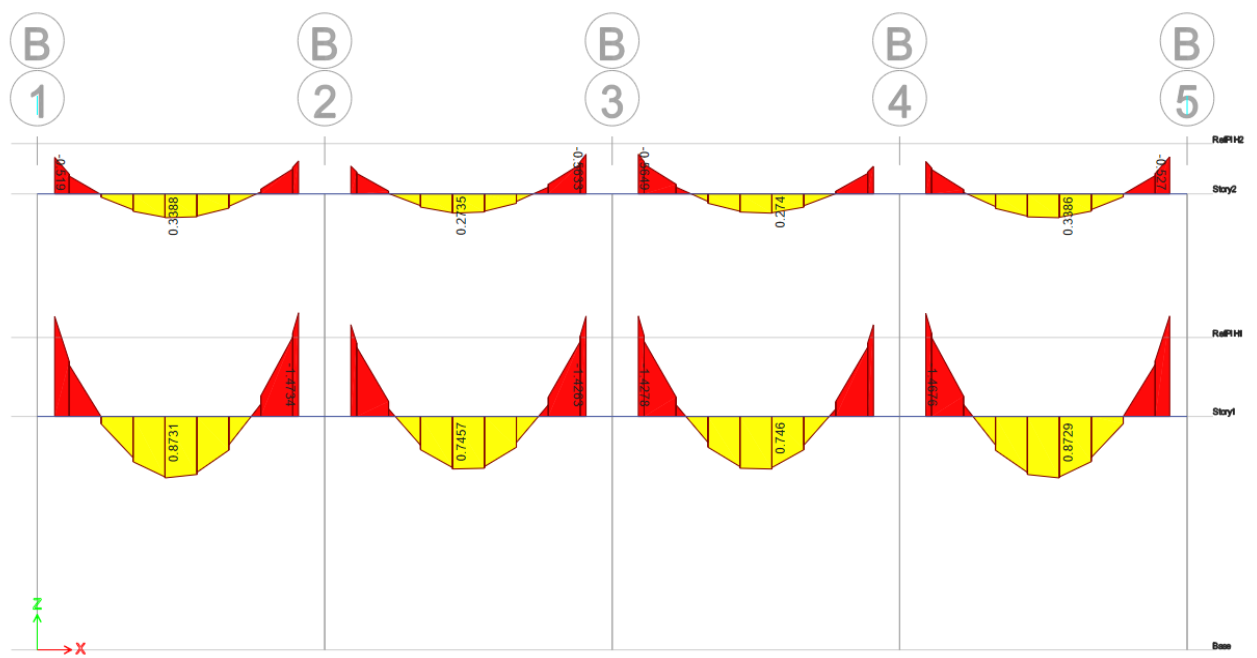
3.4.11. FUERZAS INTERNAS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

En las siguientes secciones se mostró las fuerzas internas obtenidas en cada Software de análisis, para vigas y columnas.

3.4.11.1. FUERZAS INTERNAS EN VIGAS.

Momentos flectores en vigas.

En la figura 35, se observó el momento actuante según la primera combinación de carga que indica la norma técnica E.060, que actúa en la viga VS (0.25 x 0.30 m) ubicada en el primer y segundo nivel del eje A, bloque lateral del módulo I, indicado en el expediente técnico.



(a)

Figura 35: Momentos flectores en vigas, para el eje A del bloque lateral en CSI Etabs.

Fuente: Obtenido de CSI Etabs v19.0.0.

Luego se procedió a analizar los momentos actuantes en la viga del Eje A-A entre los ejes transversales 4-4 y 5-5 en el primer nivel como se mostró en la Tabla 71.

Tabla 71: Momento flector de viga VS (0.25 x 0.30) eje A-A en CSI Etabs v19.0.0.

<i>Combinación de carga</i> VS (0.25 x 0.30)	<i>M_{ui} (-) (tonf-m)</i>	<i>M_u (+) (tonf-m)</i>	<i>M_{ud} (-) (tonf-m)</i>
1.4CM + 1.7 CV	-1.4676	0.8729	-1.428
1.25(CM+CV)+S _x	-2.87	0.6257	-2.895
1.25(CM+CV)- S _x	-2.87	0.6257	-2.895
0.9CM + S _x	-2.41	0.3407	-2.44
0.9CM - S _x	0.77	0.92	0.85
1.25(CM+CV) +S _y	-1.34	0.7617	-1.3
1.25(CM+CV)-S _y	-1.34	0.7617	-1.3
0.9CM + S _y	-0.8814	0.4767	-0.85
0.9CM - S _y	-0.8814	0.4767	-0.85

Ahora los momentos flectores en el Software Robot Structural:

Tabla 72: Momento flector de viga VS (0.25 x 0.30) eje A-A en Robot Structural.

<i>Combinación de carga</i> VS (0.25 x 0.30)	<i>M_{ui} (-) (tonf-m)</i>	<i>M_u (+) (tonf-m)</i>	<i>M_{ud} (-) (tonf-m)</i>
1.4CM + 1.7 CV	-1.55	0.91	-1.51
1.25(CM + CV) + S _x	-3.03	0.65	-3.05
1.25(CM + CV) – S _x	-3.03	0.65	-3.05
0.9CM + S _x	-2.52	0.36	-2.57
0.9CM – S _x	0.81	0.96	0.90
1.25(CM+CV)+S _y	-1.42	0.890	-1.37
1.25(CM+ CV)– S _y	-1.42	0.80	-1.37

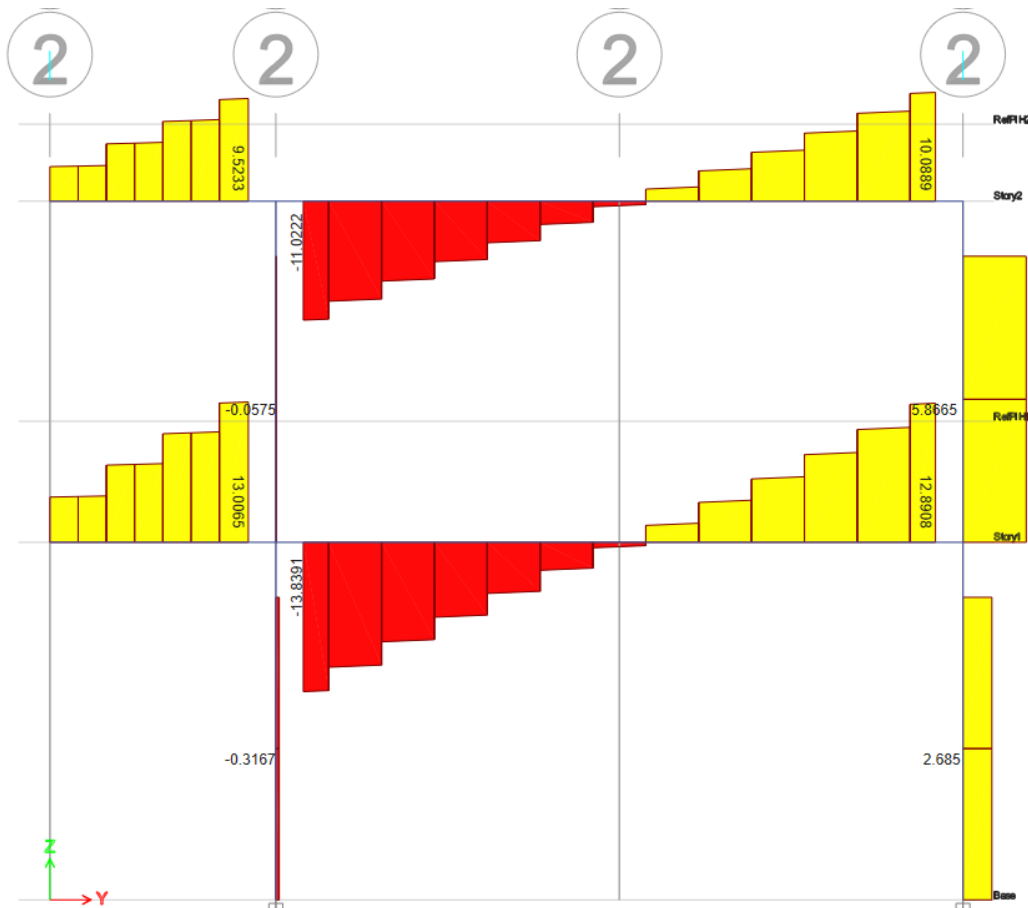
$0.9CM + S_y$	-0.93	0.50	-0.89
$0.9CM - S_y$	-0.93	0.50	-0.89

Ambos cuadros sirvieron para poder comparar de resultados de momentos flectores.

Se notaron mayores resultados en los momentos flectores calculados con Robot, S.A.P, esto es concordante con las mayores áreas de acero que se notaron cuando se diseñaron vigas.

Fuerzas cortantes en vigas.

Se escogió una viga la cual esté cargando directamente en el sentido de techado y no esté apoyada en un muro de albañilería, por lo que es adecuado analizar la V 101 (0.25 x 0.50) ubicada en el eje 2-2 entre eje A-A y C-C, luego se obtiene el diagrama cortante en el eje Z en ambos softwares, como se observó:





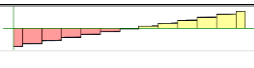


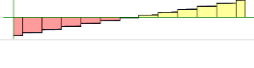



(a)

Figura 36: Fuerza cortante en viga V101, eje 2-2 de bloque lateral en (a) Etabs.

Fuente: Obtenido de CSI Etabs v19.0.0.

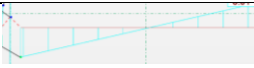
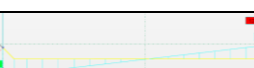
Se analizó las fuerzas cortantes en la viga V101 (0.25 x 0.30) del Eje 2-2 entre los ejes transversales A-A y C-C en el primer nivel, al considerar que esta viga es sobre la que está actuando mayor fuerza cortante, esto se hace para cada combinación de carga.

Tabla 73: Fuerza cortante V101 (0.25 x 0.50) eje A-A en CSI Etabs v19.0.0.

Combinación de carga	Diagrama de fuerza cortante V101 (0.25 x 0.50)	$V_{negativo(-)}$ izquierda (tonf)	$V_{negativo(-)}$ derecha (tonf)
1.4CM + 1.7 CV		-13.83	12.89
1.25(CM+CV) + S _x		-11.64	10.83
1.25(CM+CV) - S _x		-11.64	10.83
0.9CM + S _x		-5.78	5.38
0.9CM - S _x		-5.78	5.38
1.25(CM+CV)+S _y		-11.89	11.09
1.25(CM+CV)-S _y		-11.89	11.09
0.9CM + S _y		-6.03	5.65
0.9CM - S _y		-6.03	5.65

Ahora la fuerza cortante para cada combinación de carga en el Software Robot Structural:

Tabla 74: Fuerza cortante V101 (0.25 x 0.50) eje A-A en Robot Structural 2021.

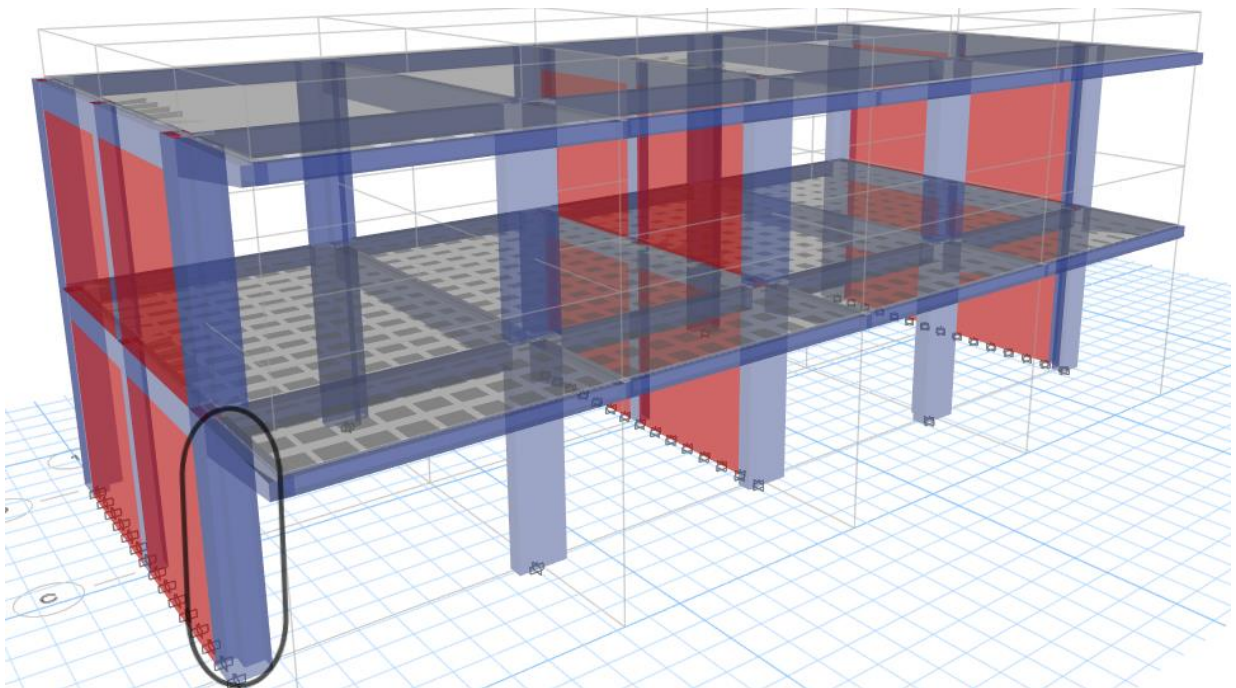
Combinación de carga	Diagrama de fuerza cortante V101 (0.25 x 0.50)	$V_{negativo(-)}$ izquierda (tonf)	$V_{negativo(-)}$ derecha (tonf)
1.4CM + 1.7 CV		-14.59	13.58
1.25(CM+CV) + S _x		-12.27	11.41

$1.25(CM+CV) - S_x$		-12.27	11.41
$0.9CM + S_x$		-6.08	5.68
$0.9CM - S_x$		-6.08	5.678
$1.25(CM+CV)+S_y$		-12.53	11.70
$1.25(CM+CV)-S_y$		-12.53	11.70
$0.9CM + S_y$		-6.34	5.98
$0.9CM - S_y$		-6.34	5.98

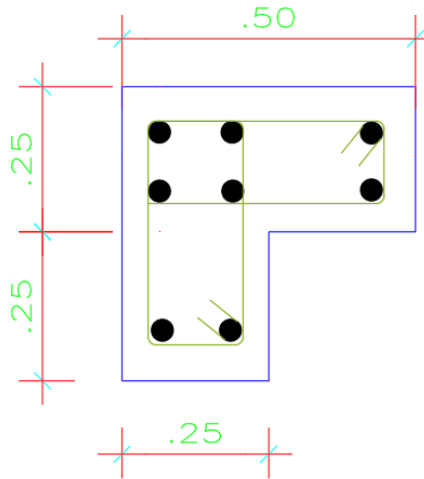
Ambos cuadros sirvieron para comparar de resultados de fuerzas cortantes en esta viga.

3.4.11.2. FUERZAS INTERNAS EN COLUMNAS.

Para poder comparar las fuerzas internas en columnas, se eligió la columna en L de 0.50 m x 0.50 m, ubicada en el eje A-A cuya ubicación y sección se muestra en la figura 37:



(a)



(b)

Figura 37: Ubicación de la columna L en el bloque lateral (a) sección (b).

Fuente: Expediente técnico.

Luego se obtuvo, en el Software CSI Etabs v19.0.0; las fuerzas internas, tales como se ve en la tabla 75, la fuerza axial, momentos flectores y cortantes, para cada combinación de carga.

Tabla 75: Fuerzas internas de la columna C-L, con resultados de CSI Etabs.

<i>Combinación de carga</i>	<i>Fuerza axial</i>	<i>Mux (tonf-m)</i>	<i>Muy (tonf-m)</i>	<i>Vux (tonf)</i>	<i>Vuy (tonf)</i>
1.4CM + 1.7 CV	27.478	0.5912	1.1045	1.0062	1.2062
1.25(CM + CV) + S _x	22.1663	0.6279	5.6792	2.6628	1.1813
1.25(CM + CV) - S _x	24.8254	0.3795	-3.8034	-0.9535	0.8805
0.9CM + S _x	12.0995	0.4057	5.2545	2.2766	0.7379
0.9CM - S _x	14.7586	0.1573	-4.2281	-1.3398	0.437
1.25(CM + CV) + S _y	0.5101	2.8925	1.0145	0.8976	4.2555
1.25(CM + CV) - S _y	46.4816	-1.8851	0.8613	0.8117	-2.1937
0.9CM + S _y	-9.5567	2.6704	0.5898	0.5113	3.8121
0.9CM - S _y	36.4148	-2.1073	0.4367	0.4255	-2.6372

Fuente: Adaptado de CSI Etabs.

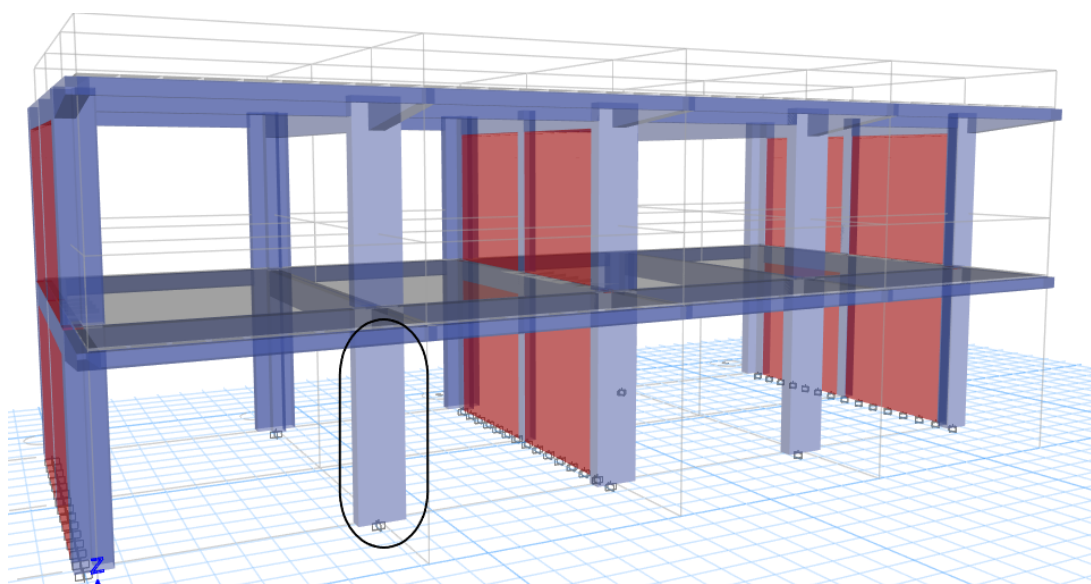
Luego se obtuvo, en el programa Autodesk Robot Structural 2021; las fuerzas internas, tales como se ve en el siguiente cuadro, la fuerza axial, momentos flectores y cortantes.

Tabla 76: Fuerzas internas de la columna C-L, con resultados de Robot Structural.

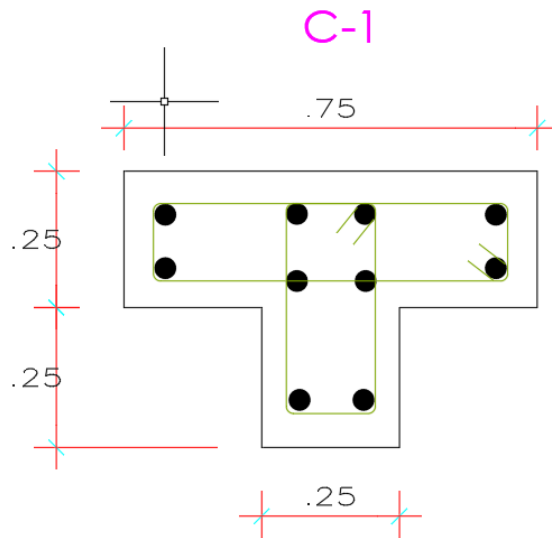
<i>Combinación de carga</i>	<i>Fuerza axial</i>	<i>Mux (tonf-m)</i>	<i>Muy (tonf-m)</i>	<i>Vux (tonf)</i>	<i>Vuy (tonf)</i>
1.4CM + 1.7 CV	28.59	0.61	1.15	1.06	1.27
1.25(CM + CV) + S _x	23.06	0.65	5.92	2.79	1.25
1.25(CM + CV) - S _x	25.79	0.389	-3.94	-1.001	0.93
0.9CM + S _x	12.7	0.42	5.44	2.40	0.78
0.9CM - S _x	15.5	0.164	-4.38	-1.42	0.46
1.25(CM + CV) + S _y	0.52	2.982	1.06	0.96	4.51
1.25(CM + CV) - S _y	48.21	-1.95	0.899	0.86	-2.32
0.9CM + S _y	-9.93	2.76	0.609	0.53	4.04
0.9CM - S _y	37.99	-2.171	0.458	0.44	-2.80

Fuente: Obtenido de Autodesk Robot Structural 2021.

Se obtuvo las fuerzas internas de la columna en T de 0.50 m x 0.75 m, ubicada en el eje A-A en el expediente técnico cuya ubicación y sección se mostraron en la figura 38.



(a)



(b)

Figura 38: Ubicación de la Columna T, en el bloque lateral (a) sección de la columna (b).

Fuente: Expediente técnico.

Luego en el Software CSI Etabs v19.0.0; se obtuvo las fuerzas internas, fuerza axial, momentos flectores y cortantes, para cada combinación de carga.

Tabla 77: Fuerzas internas de la columna C-T, con resultados de CSI Etabs.

<i>Combinación de carga</i>	<i>Pu (tonf)</i>	<i>Mux (tonf-m)</i>	<i>Muy (tonf-m)</i>	<i>Vux (tonf)</i>	<i>Vuy (tonf)</i>
1.4CM + 1.7 CV	62.4516	-0.1971	0.1171	0.1189	-0.3167
1.25(CM + CV) + S _x	52.4759	-0.0847	12.0415	4.954	-0.2082
1.25(CM + CV) - S _x	52.5322	-0.1773	-11.8419	-4.7511	-0.2554
0.9CM + S _x	26.8334	0.103	11.9975	4.9096	0.028
0.9CM - S _x	26.8897	0.0104	-11.8858	-4.7955	-0.0191
1.25(CM + CV) + S _y	51.7835	1.3527	0.2557	0.1727	0.5115
1.25(CM + CV) - S _y	53.2246	-1.6147	-0.0561	0.0301	-0.975
0.9CM + S _y	26.1411	1.5404	0.2118	0.1283	0.7477
0.9CM - S _y	27.5821	-1.427	-0.1001	-0.0142	-0.7388

Fuente: Obtenido de CSI Etabs.

Luego se obtuvo, en el Software Autodesk Robot Structural 2021; las fuerzas internas, tales como se ve en el siguiente cuadro, la fuerza axial, momentos flectores y cortantes.

Tabla 78: Fuerzas internas de la columna C-T, con resultados de Robot Structural.

<i>Combinación de carga</i>	<i>Pu (tonf)</i>	<i>Mux (tonf-m)</i>	<i>Muy (tonf-m)</i>	<i>Vux (tonf)</i>	<i>Vuy (tonf)</i>
1.4CM + 1.7 CV	62.73	-0.2	0.125	0.127	-0.34
1.25(CM + CV) + S _x	53.01	-0.09	12.8	5.30	-0.22
1.25(CM + CV) - S _x	52.48	-0.1	-12.59	-5.08	-0.27
0.9CM + S _x	27.28	0.11	12.75	5.25	0.03
0.9CM - S _x	26.76	0.01	-12.63	-5.13	-0.02
1.25(CM + CV) + S _y	53.33	1.91	0.27	0.18	0.54
1.25(CM + CV) - S _y	52.16	-1.62	-0.06	0.03	-1.04
0.9CM + S _y	27.60	1.91	0.21	0.14	0.80
0.9CM - S _y	26.44	-1.62	-0.11	-0.015194	-0.77

Fuente: Obtenido de Autodesk Robot Structural 2021.

3.4.12. DISTORSIÓN DE ENTREPISO.

En la Tabla 79, Tabla 80, Tabla 81 y Tabla 82; se indicaron las derivas o distorsiones de entrepiso para ambos programas y ambos bloques, de los programas se obtiene debido a un análisis lineal elástico, entonces como indica la norma E.030 se multiplica por un factor de 0.75 para edificación considerada regular y luego por el coeficiente básico de reducción que es 8 para dirección X por ser un pórtico y 3 en dirección Y para albañilería confinada.

▪ **BLOQUE LATERAL DE AULAS.**

Tabla 79: Distorsión de entrepiso para bloque lateral, con resultados de CSI Etabs.

<i>Nivel</i>	<i>Dirección</i>	<i>Distorsión (Etabs)</i>	<i>Factor (0.75R)</i>	<i>Distorsión Inelástica</i>
Piso 1	X	0.000574	6	0.003444
Piso 2	X	0.000761	6	0.004566
Piso 1	Y	0.000135	2.25	0.000304
Piso 2	Y	0.000112	2.25	0.000252

Fuente: Obtenido de CSI Etabs v19.0.0.

Tabla 80: Distorsión de entrepiso en bloque lateral, con resultados de Robot Structural.

<i>Nivel</i>	<i>Dirección</i>	<i>Distorsión (Robot)</i>	<i>Factor (0.75R)</i>	<i>Distorsión inelástica</i>
Piso 1	X	0.0006	6	0.0036
Piso 2	X	0.0008	6	0.0048
Piso 1	Y	0.00014	2.25	0.000315
Piso 2	Y	0.00011	2.25	0.0002475

Fuente: Obtenido de Autodesk Robot Structural 2021.

▪ **BLOQUE CENTRAL DE ESCALERA.**

Tabla 81: Distorsión de entrepiso en bloque central, con resultados de CSI Etabs.

<i>Nivel</i>	<i>Dirección</i>	<i>Distorsión (Etabs)</i>	<i>Factor (0.75R)</i>	<i>Distorsión de entrepiso</i>
Piso 1	X	0.000284	6	0.001704
Piso 2	X	0.000448	6	0.002688
Piso 1	Y	9.50E-05	2.25	0.0002137
Piso 2	Y	9.30E-05	2.25	0.0002092

Fuente: Obtenido de CSI Etabs v19.0.0.

Tabla 82: Distorsión de entrepiso en bloque central, con resultados de Robot.

<i>Nivel</i>	<i>Dirección</i>	<i>Distorsión (Robot)</i>	<i>Factor (0.75R)</i>	<i>Distorsión de entrepiso</i>
Piso 1	X	0.0003	6	0.0018
Piso 2	X	0.0005	6	0.003
Piso 1	Y	0.0001	2.25	0.000225
Piso 2	Y	0.00009	2.25	0.0002025

Fuente: Obtenido de Autodesk Robot Structural 2021.

3.4.13. DESPLAZAMIENTOS.

En la Tabla 83 y 84 se observaron las máximas deformaciones para cada piso y cada bloque según los dos programas. Para la obtención de desplazamientos inelásticos se afectó por 0.75 y por el coeficiente básico de reducción correspondiente.

Tabla 83: Deformaciones en bloque lateral, con resultados de Etabs y Robot Structural.

<i>Nivel</i>	<i>Dirección</i>	<i>Desplazamientos (cm) (Etabs)</i>	<i>Desplazamientos (cm) (Robot)</i>	<i>Desplazamientos inelásticos (cm) (Etabs)</i>	<i>Desplazamientos inelásticos (cm) (Robot)</i>
Piso 1	X	0.1871	0.196	1.12	1.175
Piso 2	X	0.4223	0.438	2.53	2.628
Piso 1	Y	0.044	0.0461	0.099	0.10372
Piso 2	Y	0.0786	0.08195	0.176	0.18438

Fuente: Obtenido de Autodesk Robot Structural 2021 y CSI Etabs.

Tabla 84: Deformaciones en bloque central, con resultados de Etabs y Robot.

<i>Nivel</i>	<i>Dirección</i>	<i>Desplazamientos (cm) (Etabs)</i>	<i>Desplazamientos (cm) (Robot)</i>	<i>Desplazamientos inelásticos (cm) (Etabs)</i>	<i>Desplazamientos inelásticos (cm) (Robot)</i>
Piso 1	X	0.1132	0.125	0.6792	0.75
Piso 2	X	0.2512	0.261	1.5072	1.566
Piso 1	Y	0.0309	0.0334	0.0695	0.07515
Piso 2	Y	0.0581	0.0608	0.1307	0.1368

Fuente: Obtenido de Autodesk Robot Structural 2021 y CSI Etabs.

3.4.14. VARIACIONES EN LA RESPUESTA ESTRUCTURAL ENTRE CSI ETABS Y AUTODESK ROBOT S.A.P.

En la Tabla 85, se resumieron los porcentajes promedio de cuánto varía la respuesta estructural obtenida de Autodesk Robot S.A.P. respecto de CSI Etabs.

Tabla 85: Variación de respuesta estructural entre CSI Etabs y Robot Structural.

<i>ELEMENTO</i>	<i>RESPUESTA ESTRUCTURAL</i>	<i>CSI Etabs (%)</i>	<i>Autodesk Robot S.A.P. (%)</i>
Vigas	Momentos flectores negativos (-)	100	105.3
	Momentos flectores positivos (+)	100	104.6
	Fuerzas cortantes	100	105.1
	Acero negativo	100	105.2
	Acero positivo	100	104.48
Columnas	Fuerza axial	100	102.45
	Momentos	100	103.6
	Fuerza cortante	100	106.1
	Acero	100	100
Módulo I	Distorsión de entrepiso	100	103.7
Bloque lateral	Peso de la edificación	100	103.73
Bloque central		100	104.91
Bloque lateral	Período fundamental de vibración	100	104.35
Bloque central		100	105.7

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Como se indicó previamente en los objetivos de la presente investigación, se tiene como finalidad comparar la respuesta estructural del módulo I, obtenido para ambos Softwares, así como esclarecer ventajas y desventajas de los Software tanto en interfaz como en modelamiento.

4.1. COMPARACIÓN DEL PERÍODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN.

En la Tabla 58, se obtuvo el período fundamental de vibración para ambos programas y bloques, de aulas y escalera. Se observó para ambos bloques que conforman el módulo I, un período de vibración más alto en el eje X, esto es debido a que, al tratarse, en ese eje de un sistema aporricado tiene menor rigidez del que presenta la estructura en el eje Y, en la cual presenta muros de albañilería confinada, por lo que se tiene mayor rigidez y por ende menor período de vibración. Se notó que los períodos fundamentales de vibración para el bloque lateral de aulas, con resultados de ambos programas, en el eje X se aprecia que los períodos en Robot Structural son levemente mayores, en un porcentaje de un 3.2% mayor, mientras que en el eje Y el período es mayor en un 5.5%. Para el bloque de escalera, también se ve una variación entre ambos programas, siendo 6.1% mayor el período de vibración que indica Robot en el eje X, en cambio en el eje Y indica un período mayor en un 5.3%. En síntesis, Robot otorgó un mayor período de vibración respecto a los períodos de vibración que resulta del análisis modal en Etabs, sin embargo; la diferencia en varios casos es de alrededor de 1 centésima de segundo. Autodesk Robot S.A.P. dio como resultados mayores períodos de vibración, esto es concordante a la mayor masa que calculó como se menciona en la Tabla 68.

4.2. FUERZA CORTANTE EN LA BASE.

En la tabla 67, se apreció la fuerza cortante en la base en ambos programas para el bloque lateral y bloque central.

Cabe señalar que en el acápite 3.4.8 se pudo afirmar que el módulo I cumple con la relación para fuerzas cortantes que especifica, siendo la relación de fuerza cortante en la base para caso dinámico sobre caso estático, un 86.7% en el bloque lateral y un 81.2% en el bloque de escalera, cumpliendo lo decretado por la norma E.030 (2018), siendo mayores estos porcentajes para un 80% que indica en estructuras regulares.

Analizando la tabla 67, que resumió las fuerzas cortantes en la base según cada programa, se observa una muy baja variación de resultados, la fuerza cortante para caso dinámico en

dirección X es levemente mayor en Robot, que con un cortante de 29.35 tonf es mayor al proporcionado por Etabs, que es 28.3 tonf. en un orden de 3.7%, para el bloque lateral, y para la dirección Y, la fuerza cortante es mayor según Robot con 78.36 tonf contra 75.55 tonf que indicó Etabs. En el bloque central de escalera, se observa de forma similar, el mismo patrón, la fuerza cortante para caso dinámico en el eje X es mayor en Robot, donde indica 10.93 tonf contra 10.47 tonf que indica Etabs, siendo mayor en un 4.3%, finalmente en el eje Y se ve también una variación de resultados de un 4.05%. Las variaciones de fuerza cortante obtenidos entre ambos programas no son significativas, no afectando grandemente las fuerzas internas en los elementos estructurales. En la Tabla 68, se indicó el peso de la edificación dado por ambos programas, en el bloque de aulas, Robot arrojó un peso mayor en 10.4 ton respecto del peso de 278.8 ton que dio Etabs, dando una variación de 3.73%, asimismo en el bloque de escalera Robot calculó con un exceso de 4.91 toneladas respecto de las 110 toneladas que calculó Etabs, dando un aumento de 4.91%, estos porcentajes fueron las mismas variaciones que se presentaron en las fuerzas cortantes en la base para caso estático.

4.3. DISEÑO Y CÁLCULO DE ACERO EN VIGAS Y COLUMNAS.

Como se observó en el acápite 3.4.9, en la tabla 69, el área de acero calculado en las vigas tiende a ser ligeramente mayor en Robot, ya que este programa dio un momento flector mayor, se observó que en promedio las áreas de acero usando momento flector proporcionado en Robot son mayores en un orden de 5.2% para acero negativo, y solamente en un 4.48% cuando se trata de acero positivo, cabe también mencionar que en algunas vigas el acero calculado resultó ser menor que el acero mínimo, por lo que fue considerado el valor mínimo, esto sucedió generalmente en vigas que no son principales y que no reciben la carga de losa aligerada. Cuando estos resultados se compararon con las áreas de acero del expediente técnico, se obtuvo una variación de más del doble de área para acero en momento positivo, luego en acero negativo un excedente promedio de 28% para resultados de Robot, y 35% comparado con el acero de Etabs. Esto es concordante a que cuando se hizo el diseño original de la edificación, se realizó con un factor de zona de 0.40, pero en esta investigación se usó un factor de zona correspondiente a la zona 2, esta tiene un valor de 0.25 acorde a la Norma técnica E.030-2018.

En el acápite 3.3.10 se hizo un diseño por flexocompresión para tres columnas características indicadas en el expediente técnico, los diagramas de interacción con los puntos construidos con la fuerza axial y los momentos flectores de las columnas dieron, en ambos programas; dentro del diagrama de interacción, para todos los casos de carga tal como se observa en la figura 19

y 20 para la columna en L, en la figura 23 y 24 para columna en T, demostrando así que las áreas de acero escogidos basados en la cuantía mínima de acero son satisfactorios probados en ambos programas, en CSI Etabs y Robot Structural. Se mencionó también, que el acero que se usó en el expediente técnico no cumple con el requerimiento de cuantía mínima indicada en la norma E.060. El área de acero que fue calculado con la norma actual, excedió en un promedio de 40% al acero propuesto por el expediente técnico, como se pudo apreciar en la Tabla 70.

4.4. FUERZAS INTERNAS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

Respecto a los momentos flectores en vigas, indicados en las tablas 71 y 72 con CSI Etabs y Robot respectivamente, se notó que el mayor momento flector es calculado en Robot, los momentos flectores hallados en Robot son mayores en un promedio de 5.3% para momento negativo, mientras que solamente en un 4.6% para momento positivo, lo cual es concordante con el análisis de áreas de acero realizado anteriormente en el acápite 4.3. Las fuerzas cortantes en vigas citados en la tabla 73 y tabla 74 demostraron que los cortantes son claramente mayores en Robot en un orden promedio de 5.1%.

Las cargas axiales en columnas, las cuales fueron observadas en el acápite 3.4.11.2, para la columna en L que se observa en la tabla 75 y 76, muestran un incremento en la carga axial calculada por Robot para casi todos los casos de carga, siendo esta de un 3.9% en promedio mayor a la carga axial proporcionada por Etabs, mientras que en la columna de sección en T, los cuales se pueden observar en la Tabla 77 y 78, una variación mucho menor de solo un 1% para la mayor carga axial, y momentos flectores también presentan una baja variación presentando una leve diferencia en ambas columnas, con un orden de alrededor de 3.6 %, estas diferencias para momentos flectores y cortantes son variaciones muy pequeñas y no afectan en el diseño por flexocompresión como se pudo verificar al hacer diagramas de interacción.

4.5. DISTORSIÓN DE ENTREPISO Y DESPLAZAMIENTOS.

Se comparó la distorsión de entrepiso en ambos programas, se observa las tablas N° 79 y 80 donde fueron mostradas las distorsiones para el bloque lateral de aulas en ambos programas, nuevamente Robot tiene un mayor resultado, siendo este superior en un 3.7% más de distorsión de entrepiso, mientras que para analizar el bloque central de escalera, como indican la tabla 81 y 82 con resultados de CSI Etabs y Robot respectivamente, Robot proporciona mayor deriva de entrepiso, siendo los resultados un 5% superior. La mayor distorsión en el eje X fue 0.0034

para el eje aporcado, mientras que en el eje Y que tiene muros de albañilería, se presentó una distorsión de 0.0003, lo que hace ver que se trata de una edificación bastante rígida.

El programa Autodesk Robot S.A.P. calculó mayores fuerzas internas, áreas de acero, deformaciones y demás factores a pesar de que el modelado se hizo geoméricamente idéntico en ambos programas, y también idénticas propiedades de los materiales y demás parámetros de diseño.

Esto se debe a múltiples factores tales como pequeñas diferencias en la interfaz siendo, por ejemplo, algo importante, mencionar que Robot aún no cuenta con una opción para crear muro de albañilería, por lo que estos elementos fueron modelados utilizando paneles, lo cual constituye una diferencia en el modelamiento. Otra razón de estos mayores resultados numéricos de Robot, es que por ejemplo Robot no asigna brazos rígidos como lo hace Etabs, esto provoca que, ya que ambos Softwares trabajan de forma diferente, las cargas en sus elementos estructurales sean distribuidas de una manera diferente.

Cuando se trabajó con la respuesta estructural, también se comprobó que Autodesk Robot Structural trabaja con muy pocos decimales, este software tiende a redondear los resultados hacia el número inmediato superior, en cambio CSI Etabs, trabajó con varios decimales, esta diferencia es relativamente baja, pero ayuda también a que A.R.S.A.P. proporcione mayores resultados en las fuerzas internas y por ende áreas de acero.

La variación de los resultados obtenidos no es significativa, ambos programas obtuvieron resultados muy similares que no afectan al diseño de una estructura.

Desde un punto de vista de un ingeniero civil, es más ventajoso un diseño en Autodesk Robot S.A.P. respecto de CSI Etabs, ya que Robot consta de una interfaz mucho más sencilla, modelar una estructura es más rápido en su vista en tres dimensiones, por lo tanto, en términos de tiempo que demora realizar un proyecto, es mucho menos en A.R.S.A.P. que en CSI Etabs.

Las áreas de acero calculadas en ambos programas, resulta ligeramente menor en CSI Etabs que en Autodesk Robot, esto significaría un diseño ligeramente más económico en CSI Etabs.

4.6. CSI ETABS v19.0.0.

VENTAJAS.

- Este programa tiene todo material que es necesario para modelar estructuras de concreto armado o albañilería, se puede crear material de concreto a la resistencia deseada, insertar las propiedades físicas del acero, así como de la albañilería.
- Etabs proporciona una gran facilidad para indicar el espectro sísmico, se puede hacer indicando los factores estático y dinámico previamente calculados, así como los parámetros sísmicos, de tal manera que el programa calcula el espectro en ambas direcciones de análisis, asimismo, este también puede ser importado al programa desde un archivo de texto.
- Ya que este software cuenta con norma peruana E.030 en su base de datos, proporciona el cortante en la base del edificio para análisis estático y dinámico.
- En la sección “section designer”, en el diseño de columnas, se puede introducir aceros para realizar una verificación, y siendo así; el programa puede indicar el diagrama de interacción de las columnas.
- Las combinaciones de carga pueden ser evaluadas mediante una envolvente, lo que facilita la obtención de resultados disponibles para diseñar.

DESVENTAJAS.

- El programa no tiene tanta facilidad de manejo respecto a Robot, ya que no tiene demasiadas herramientas de dibujo.
- El programa no está en nuestro idioma natal.

4.7. AUTODESK ROBOT STRUCTURAL 2021.

VENTAJAS.

- Tiene gran facilidad de modelamiento, ya que tiene una mayor cantidad de herramientas de dibujo, y también una mejor visualización en 3D.
- También consta de una amplia gama de materiales en su base de datos.
- En el proceso de modelamiento, se activa una ventana que permite cambiar de material o sección que se esté dibujando, lo que permite una mayor facilidad de trabajo y más rapidez en los resultados.
- Puede ser configurado para trabajar en idioma español.

- Este software guarda los datos creados para futuros trabajos, por ejemplo, guarda la configuración de idioma, unidades en los que el usuario trabaja, materiales creados, secciones de viga, columna, losa, entre otros, y hablando de modelamiento constituye un gran ahorro de tiempo debido a su fácil interfaz lo que recorta bastante el tiempo trabajo en un ámbito laboral.

DESVENTAJAS.

- En su base de datos, no tiene opción para crear elementos estructurales del tipo “masonry” es decir albañilería.
- No define bien la combinación de carga envolvente, cuando se usa este tipo de carga simplemente suma los resultados de otras combinaciones de forma algebraica.
- No tiene la norma peruana en su base de datos.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. CONCLUSIONES.

- El cálculo de fuerzas internas realizados en ambos programas indicó mayores resultados en Autodesk Robot S.A.P. respecto a CSI Etabs, en vigas se obtuvo mayores momentos flectores en un promedio de 5.3% en momentos negativos, mientras que los momentos positivos en vigas calculados con Robot son mayores en un 4.6% respecto de los momentos calculados de CSI Etabs, las fuerzas cortantes en vigas también se notificaron mayores resultados en Autodesk Robot en un promedio de 5.1%. Las diferencias calculadas fueron bastante bajas, varían desde 0.1 tonf-m hasta 0.3 tonf-m para momentos flectores y desde 0.3 tonf hasta 0.75 tonf para fuerzas cortantes en vigas.
- En las columnas, se obtuvieron mayores fuerzas internas con Autodesk Robot S.A.P. respecto de CSI Etabs, siendo las cargas axiales, un promedio de 2.45% mayores que en Etabs, respecto de los momentos en las columnas, fueron mayores en Autodesk Robot S.A.P. en un promedio de 3.6%.
- Las deformaciones calculadas fueron mayores en Autodesk Robot, que en CSI Etabs, en un promedio de 4.4% considerando el bloque de aulas y bloque de escalera. La mayor distorsión del bloque lateral se presentó en el eje X con un valor de 0.0034, ya que en este sentido se trata de un aperturado, mientras que en eje Y una distorsión de 0.0003, por lo que se trata de una edificación rígida.
- Las áreas de acero en vigas fueron mayores usando momentos flectores calculados en Autodesk Robot, respecto a las calculadas en CSI Etabs, mayores en un promedio de 5.2% para acero negativo y un 4.48% para acero positivo. Hubo diferencias de áreas se dieron como máximo hasta de 0.44 cm² siendo estas diferencias bastante pequeñas, por lo que no afectan al diseño estructural. Estas áreas de acero calculadas por separado, con momentos flectores de Autodesk Robot y CSI Etabs, se compararon con las propuestas por el expediente técnico, siendo estas áreas menores en un 31.5%, debido a que el expediente técnico de reposición de la estructura, fue diseñado usando un mayor factor de zona, respecto del que dicta la norma técnica actual.
- El área de acero en columnas fue el mismo con ambos programas por lo que no presentaron variación, y estas excedieron en un promedio de 40% a las áreas usadas en el expediente técnico, ya que en el expediente técnico diseñaron las columnas con una cuantía menor al 1% del área transversal de la columna. Estas diferencias con el expediente técnico fueron desde 2.85 hasta 8 cm².

- En promedio, Autodesk Robot S.A.P. calculó el período fundamental de vibración un 4.65% mayor a CSI Etabs en el eje X, mientras que en el eje Y fue mayor en un 5.4%, promediando el bloque central de escalera y bloque lateral de aulas. La diferencia entre estos períodos fue menos de una centésima de segundo.
- Es el programa Autodesk Robot S.A.P. el que calculó mayores fuerzas internas, en un rango de 2.45% a 5% respecto de CSI Etabs, también calculó mayores deformaciones en un promedio de 4.4% respecto de las deformaciones halladas por CSI Etabs. Las áreas de acero calculadas con momentos flectores de Robot S.A.P. fueron mayores en un rango de 4.5 a 5.2% respecto de las áreas calculadas con momentos flectores de CSI Etabs. Es decir, Robot Structural proporciona mayor respuesta estructural respecto de CSI Etabs.
- Las variaciones entre resultados de CSI Etabs y Autodesk Robot S.A.P. se debieron a múltiples factores, tales como diferencias en el modelamiento, diferente asignación de brazos rígidos, ambos tienen distinta manera de discretización, entre otros, todos estos diferentes parámetros provocan que ambos softwares distribuyan los pesos y las cargas aplicadas de manera un poco distinta, por tanto; se obtiene fuerzas internas levemente diferentes, a pesar que ambos programas trabajen con el mismo método de diseño.
- Es el programa Autodesk Robot S.A.P. el más adecuado para proyectos de edificaciones aporticadas y albañilería, ya que posee un interfaz y vista tridimensional de manejo más sencillo, lo que permitió un modelamiento y cálculo de respuesta estructural más rápido, ventaja que más repercute en un ámbito laboral, debido al ahorro de tiempo que este proceso supone.

5.2. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda elegir Autodesk Robot S.A.P. para edificaciones aporticadas, de albañilería y proyectos similares, por encima de CSI Etabs, debido al ahorro de tiempo que este supone.
- Se recomienda realizar ejercicios sencillos de diseño en CSI Etabs y Autodesk Robot, antes de incursionar en el manejo profundo de estos programas, con el propósito de tener certeza de obtener buenos resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Abanto, T. (2017). *Análisis y diseño de edificaciones de albañilería*. 2da. Edición. Editorial San Marcos, pp 155 a 162.
- Aceros Arequipa (2016). *Manual de Construcción para maestros de obra*. Consultado 10 abr. 2022. Disponible en: <https://www.acerosarequipa.com/manual-para-maestro-de-obra/albanileria-confinada/por-que-es-importante-la-albanileria-confinada.html>
- Bastidas, I. (2019). *Usos y recomendaciones de las estructuras en concreto*. Consultado 10 abr. 2022. Disponible en: <https://medium.com/@2520171108/usos-y-recomendaciones-de-las-estructuras-en-concreto-52be0c61a2e6>
- Briones, P.; Álvarez, J. (2018). *Comparación del modelamiento, análisis y diseño estructural en concreto armado utilizando los softwares Etabs y Robot Structural Analysis, para un edificio de cinco niveles (cuatro pisos y un semisótano)*. Tesis Ing. Civil. Juliaca, Perú.
- Chipana, W. (2016) *Etabs Análisis y diseño de estructuras y aplicaciones con safe*. Editorial Grupo Universitario S.A.C.
- Echevarría, M.; Suntaxi, B. (2016) *Análisis y diseño estructural de los edificios Loaiza, Unach y Plus I, en los programas Etabs y Robot Structural considerando para el diseño de la NEC*. Tesis Ing. Civil. Quito, Ecuador.
- Indeci. (2005). *Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Jaén*. Jaén, Perú.
- Flores, E. (2018). *Modelación, diseño estructural comparativo y propuesta de ampliación vertical de la edificación Flores ubicada en Quito-Ecuador, sector Cofavi*. Tesis Ing. Civil. Ambato, Ecuador.
- Gerencia Sub Regional de Jaén. (2010). *Reposición de Infraestructura y Mobiliario Escolar I.E.P. Alfonso Villanueva Pinillos*. Cajamarca, Perú.
- Lasso, C. (2016). *Análisis estructural de una edificación de hormigón armado a través del Software Robot Analysis Structural*. Tesis Ing. Civil. Ambato, Ecuador.
- Meli, R.; Bazán, E. (2003) *Diseño sísmico de edificios*. Tercera reimpresión. Editorial Limusa Noriega Editores, 177 p.

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2009). DS ° 010-2009- Vivienda Norma Técnica E.060: Concreto Armado. Lima, Perú, El Peruano.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). DS ° 355-2018- Vivienda Norma Técnica E.030: Diseño Sismorresistente. Lima, Perú, El Peruano.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). Norma Técnica E.020: Cargas. Lima, Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). Norma Técnica E.070: Albañilería. Lima, Perú.
- Ortega, J. (2015). *Diseño de estructuras de concreto armado*. 2da. Edición. Editorial Macro.
- Serrano M.; Pérez, D. (2010). *Análisis de sensibilidad para estimar el módulo de elasticidad estático del concreto*.
- Valencia, C. (2013). *Evaluación de una estructura de concreto armado de tres niveles con la configuración del programa Etabs, para un óptimo dimensionamiento de acero*. Tesis Ing. Civil. Cajamarca, Perú.
- Villaroel, C. (2016) *Análisis y diseño de estructuras con Autodesk Robot Structural Analysis*. 1ra. Edición. Editorial Senapi.
- Villena, M. (2017). *Diseño y modelación de un edificio con una configuración en planta irregular, mediante su análisis especializado con Robot Structural análisis*. Tesis Ing. Civil. Ambato, Ecuador.
- Wikipedia. (2018). Jaén (Perú). Consultado 04 nov. 2019. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Provincia_de_Jaén.

ANEXOS.

ANEXO 1: Fotografías tomadas del módulo I de la Institución Educativa Alfonso Villanueva Pinillos, tomadas el día 08/09/2021.

Fotografía 1. Módulo I de la I.E. Alfonso Villanueva Pinillos.



Fotografía 2. Vista frontal del módulo I.



Fotografía 3. Junta que separa ambos bloques laterales del bloque central.



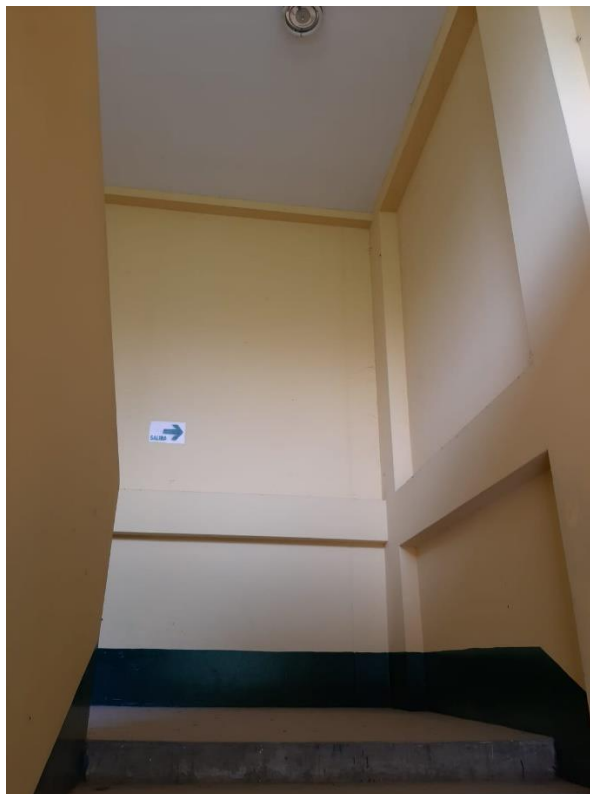
Fotografía 4. Fisura superficial en el tarrajeo de junta.



Fotografía 5. Módulo de escalera y junta.



Fotografía 6. Escaleras del módulo I de la Institución Educativa.



Fotografía 7. Desprendimiento de pintura en algunos elementos estructurales.



Fotografía 8. Fisura en juntas de muro con columna.



Fotografía 9. Desprendimiento de tarrajeo en parapetos.



Fotografía 10. Partículas de suciedad en parapetos de azotea.



Fotografía 11. Fisura en tarrajeo de junta sísmica.



ANEXO 2: PROCESO DE MODELAMIENTO EN CSI ETABS v19.0.0.

1. Se importaron los ejes estructurales respecto de los planos observados en el anexo 4.

Grid System Data

Grid System Name: G1

System Origin: Global X: 0 m, Global Y: 0 m, Rotation: 0 deg

Story Range Option: Default - All Stories, User Specified

Click to Modify/Show: Reference Points..., Reference Planes...

Options: Bubble Size: 0.8 m, Grid Color: [Grey]

Rectangular Grids

Display Grid Data as Ordinates, Display Grid Data as Spacing

X Grid Data

Grid ID	X Ordinate (m)	Visible	Bubble Loc
1	0	Yes	End
2	4.125	Yes	End
3	8.25	Yes	End
4	12.375	Yes	End
5	16.5	Yes	End

Y Grid Data

Grid ID	Y Ordinate (m)	Visible	Bubble Loc
A	0	Yes	Start
B	2.055	Yes	Start
C	5.18	Yes	Start
D	8.305	Yes	Start

General Grids

Grid ID	X1 (m)	Y1 (m)	X2 (m)	Y2 (m)	Visible	Bubble Loc
---------	--------	--------	--------	--------	---------	------------

2D Grid Diagram

Grid lines: 1, 2, 3, 4 (Y-axis); A, B, C, D, E (X-axis)

Dimensions: X-axis intervals of 4.125 (m); Y-axis intervals of 2.055 (m), 3.055 (m), 3.055 (m)

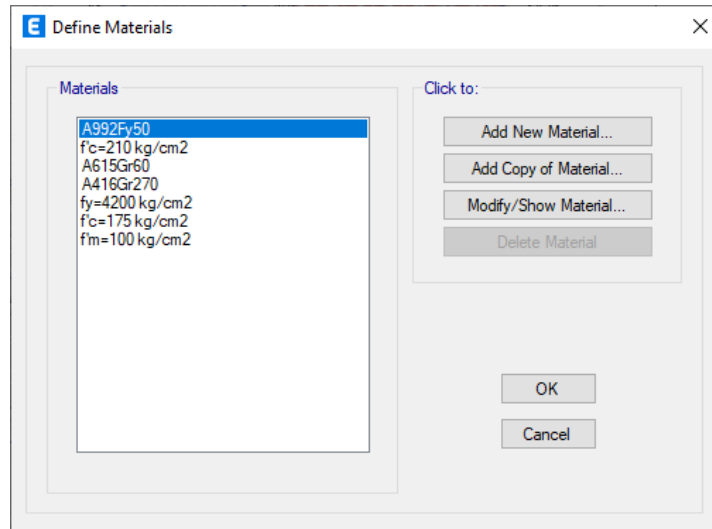
3D Model

3D wireframe model showing the grid system overlaid on a building structure.

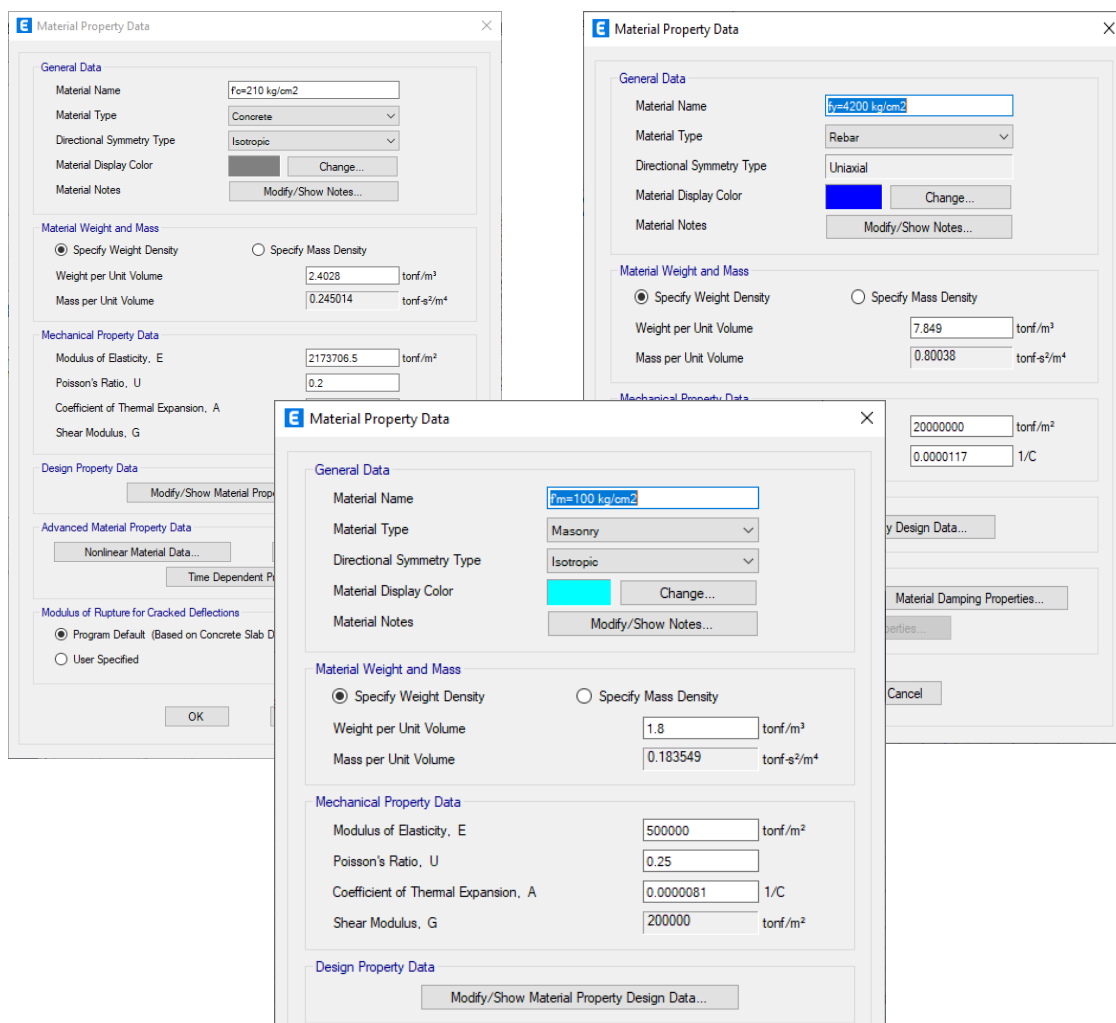
Activar Windows. Ve a Configuración para activar Windows.

X-3.5 Y 6.4 Z 6.35 (m) One Story Global Units

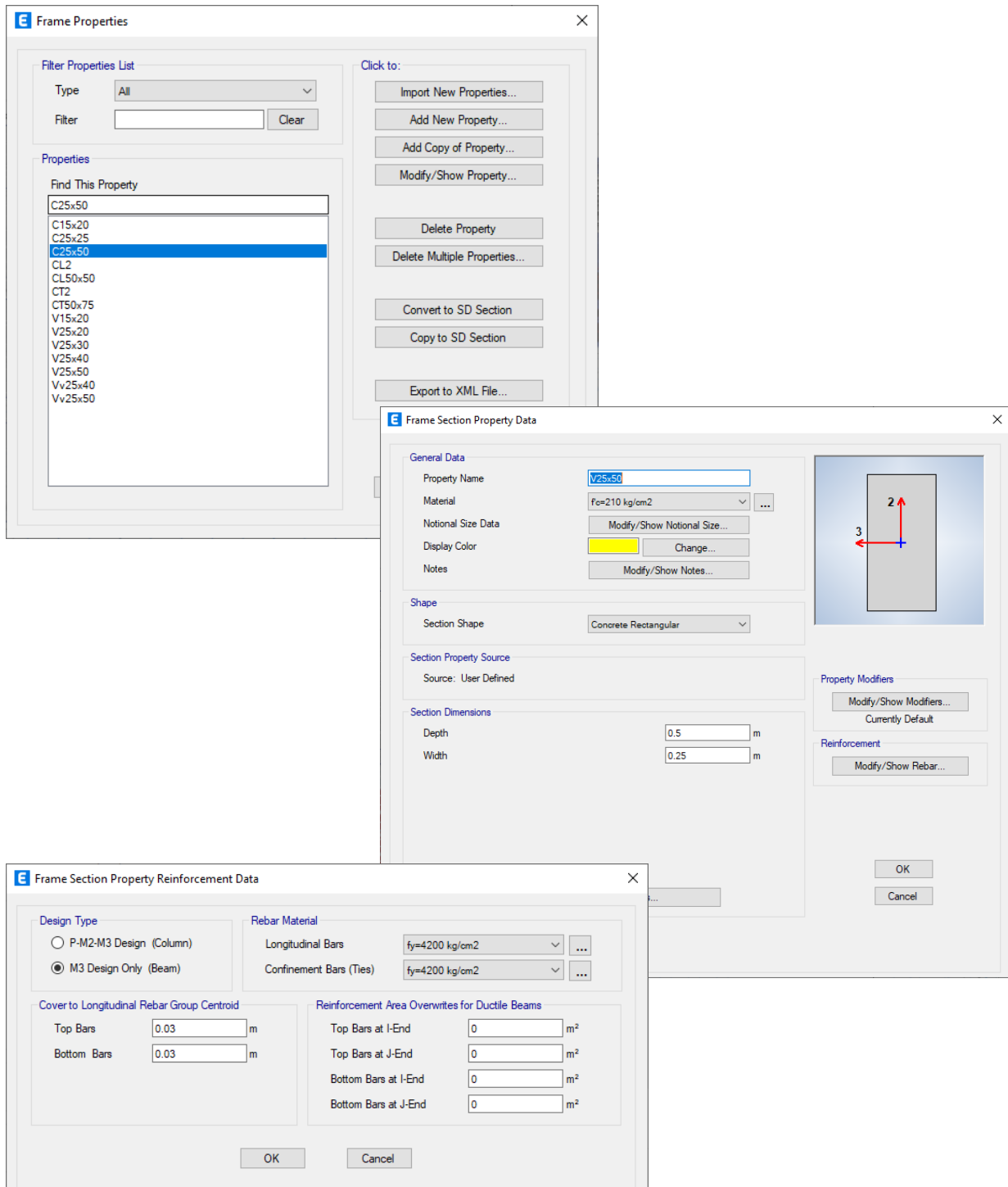
- Se definieron las propiedades de los materiales. En la pestaña “define”, se selecciona “define materials”.



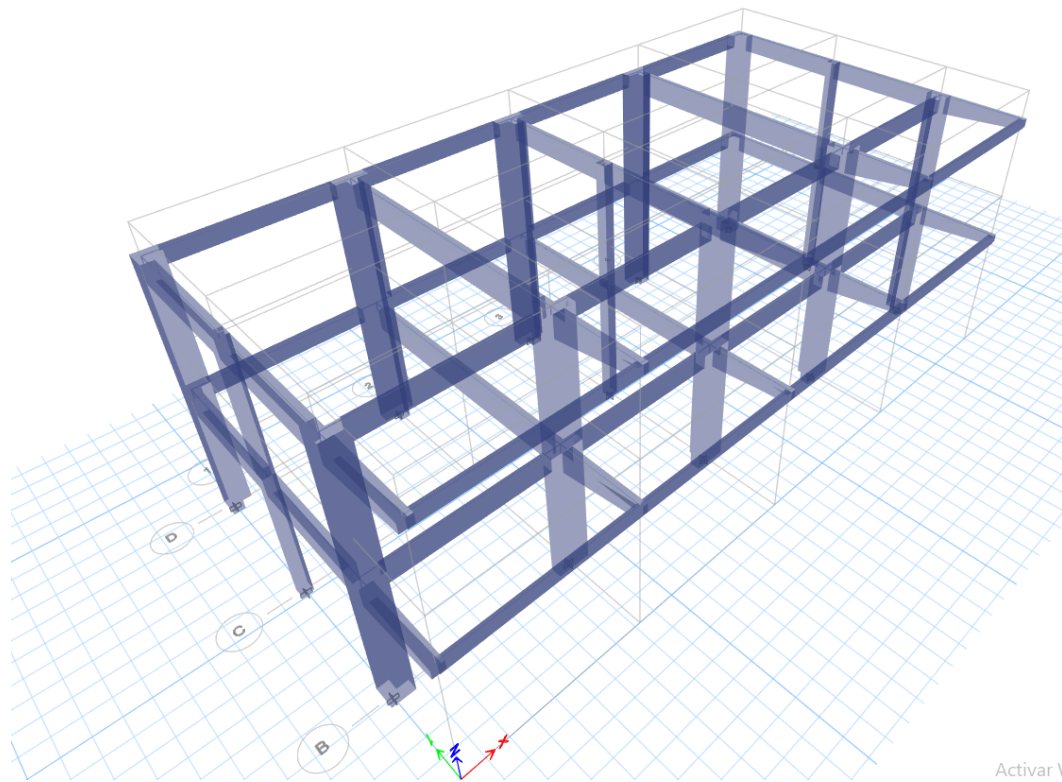
- Se definieron las propiedades físicas del concreto, acero y albañilería haciendo clic en “Modify/show material”



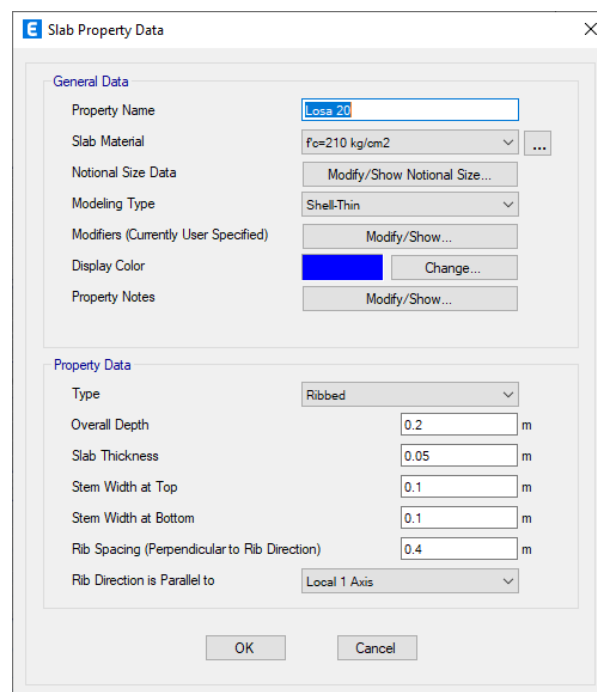
4. Para definir vigas y columnas, se seleccionó el menú “define” y luego “section properties”.



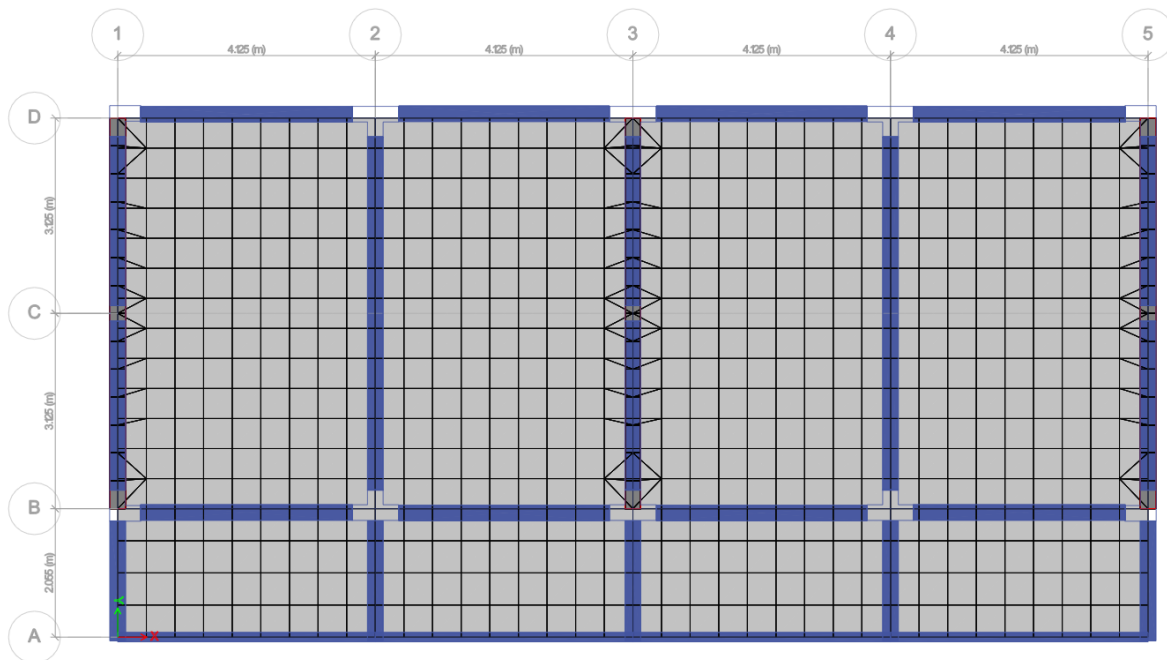
5. Luego se modelaron vigas y columnas, en los ejes estructurales.



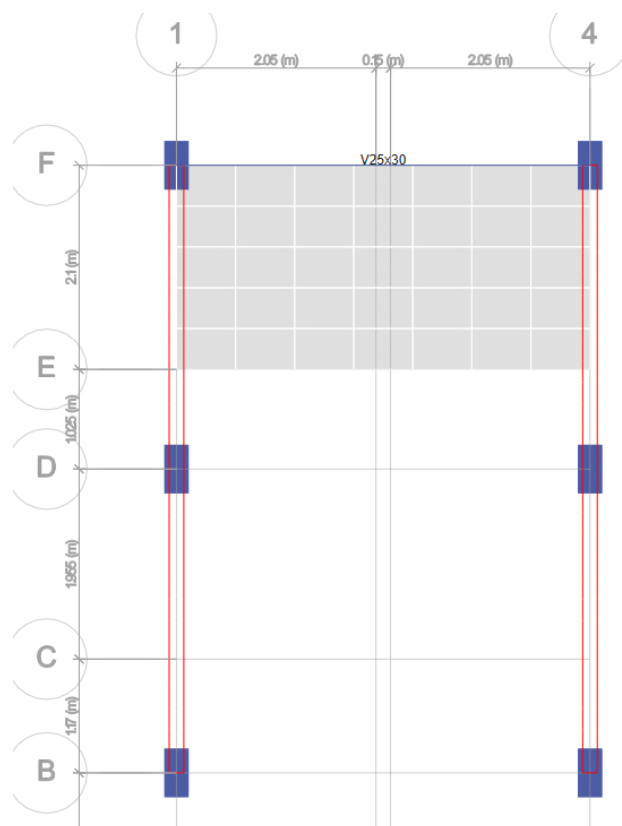
6. En la opción “Slab” se especifica las dimensiones de aligerado con espesor de 20 cm.



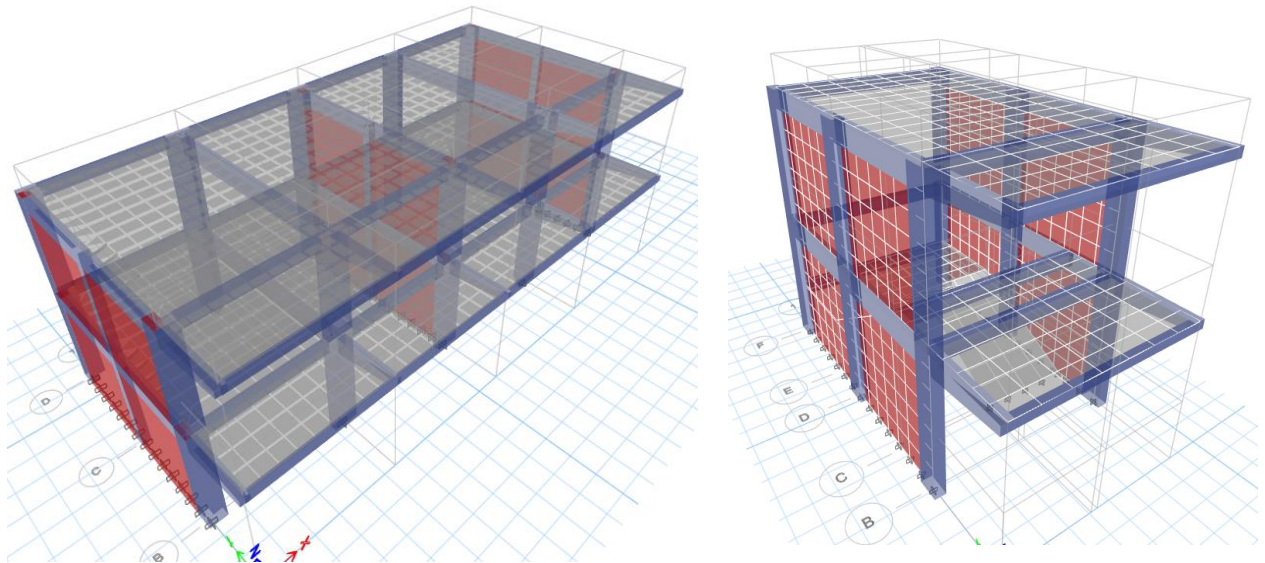
7. Luego se procedió a modelar de losa.



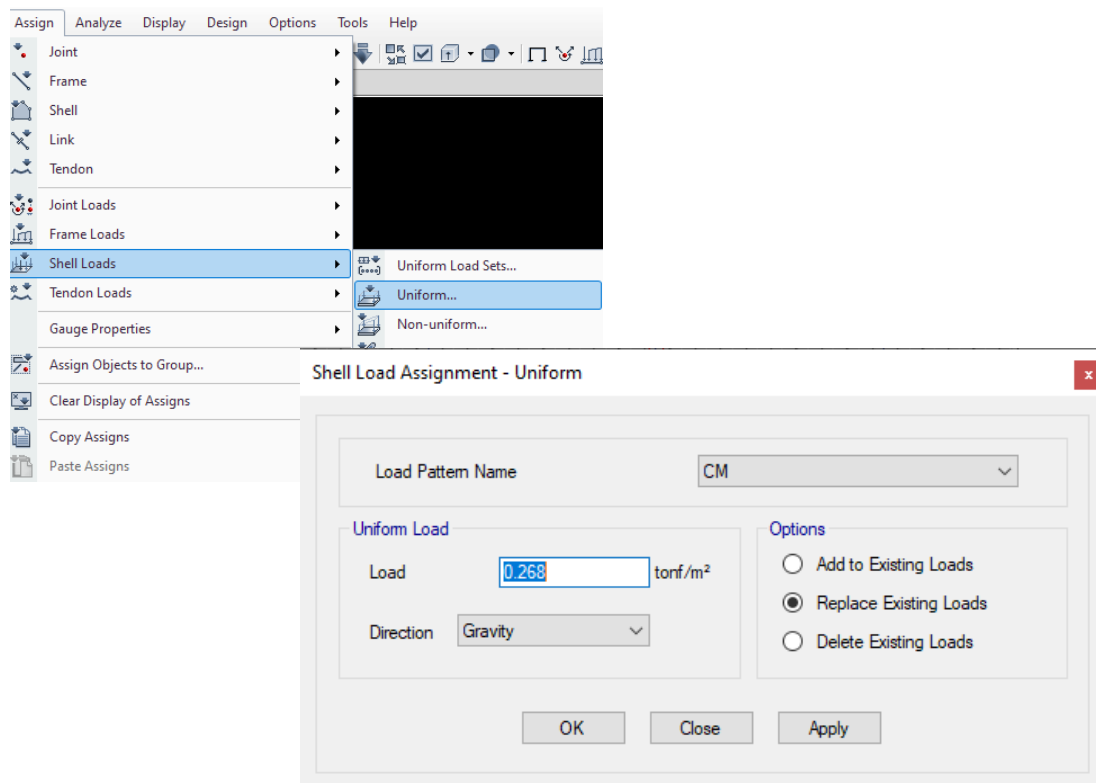
8. Se modeló también el descanso de la escalera, creando puntos auxiliares y un plano de referencia.



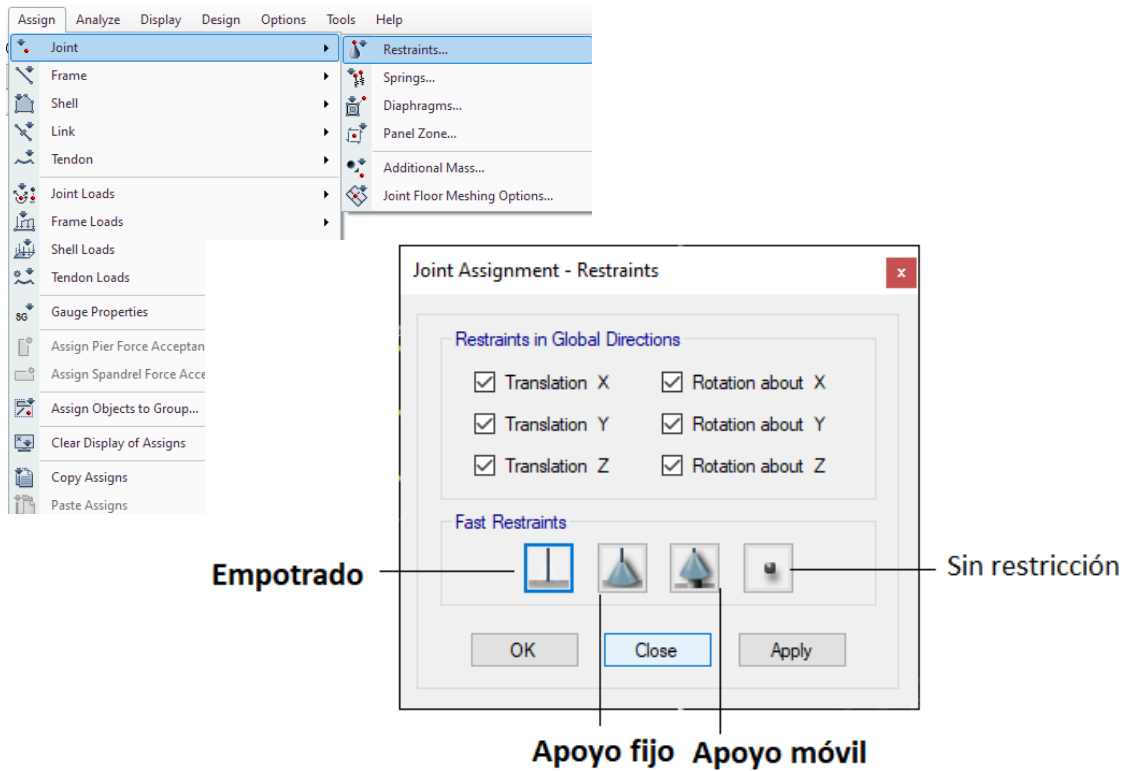
9. Finalmente se completó el modelado en ambos bloques.



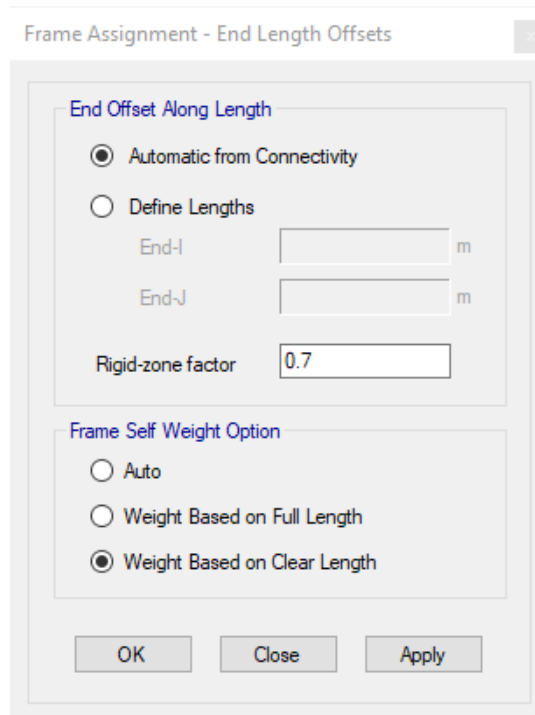
10. Se asignaron cargas en la losa, en “assign”, “Shell loads” y se selecciona la opción “uniform”.



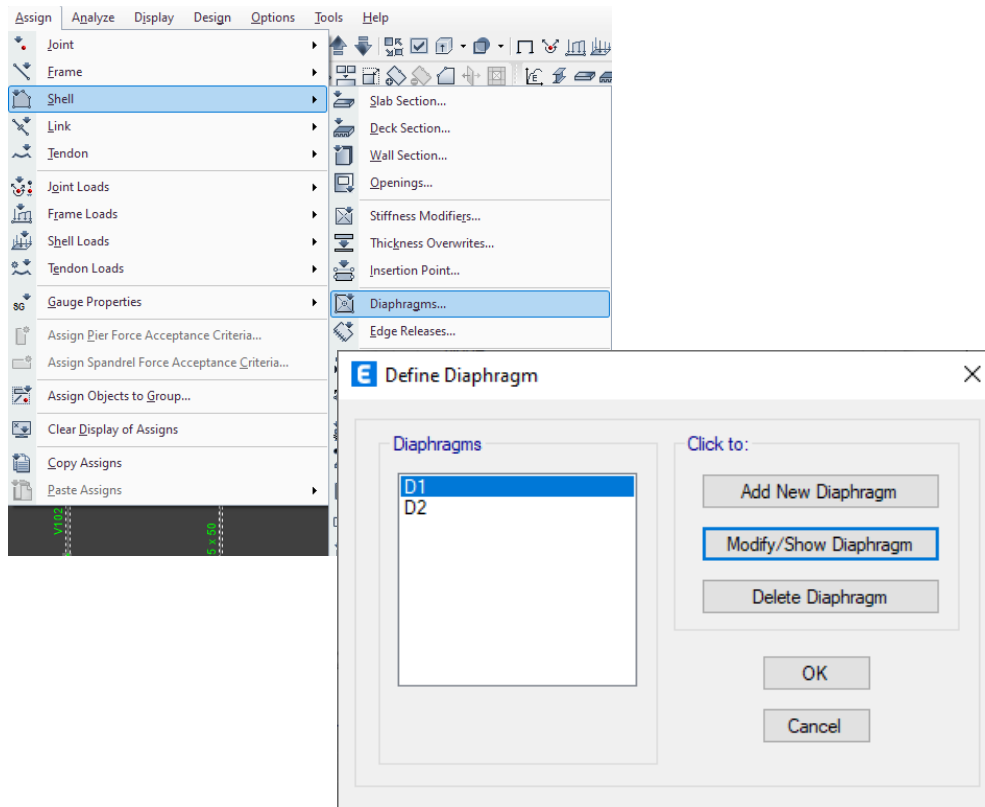
11. Para asignación de apoyo empotrado en la base, se va al menú “Assign” luego “joint” y se selecciona “restraints”. Para luego restringir los grados de libertad.



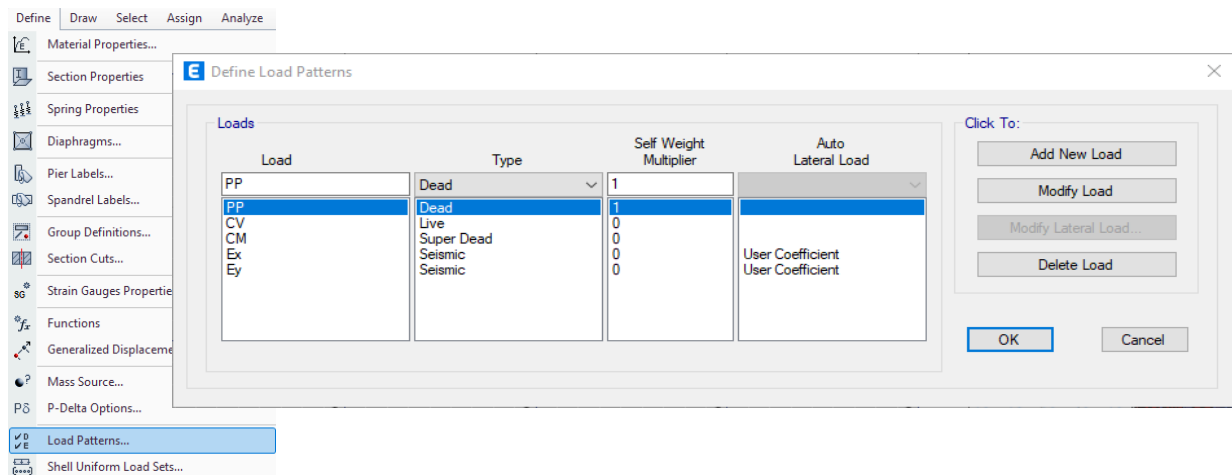
12. Se asignó brazos rígidos usando el menú “end length offsets”.

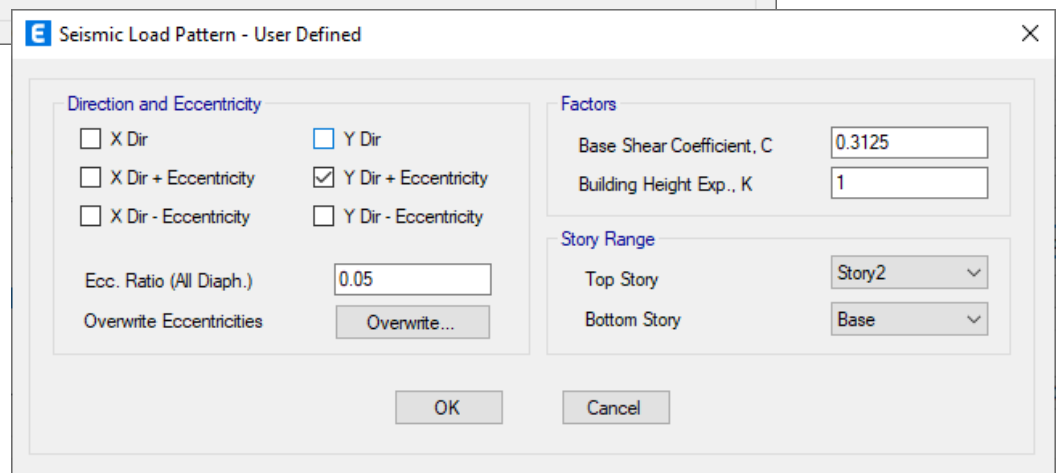
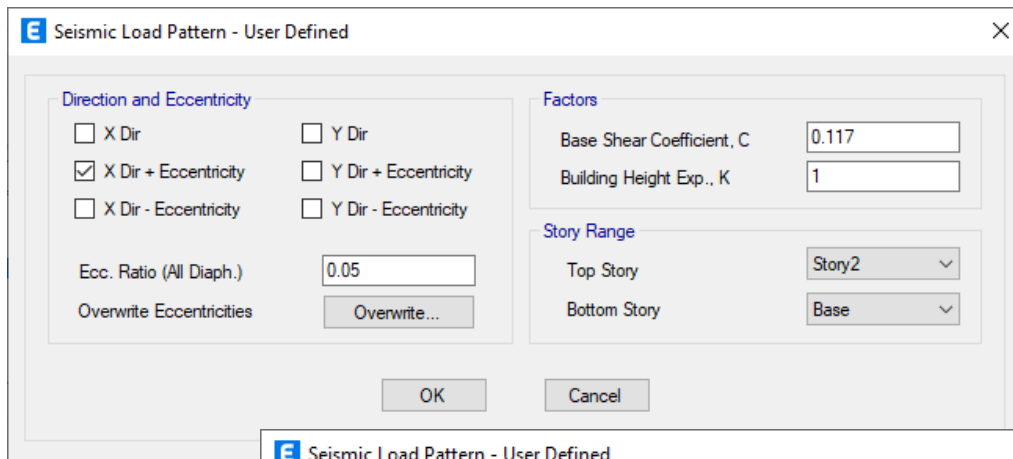


13. Se asignó diafragma rígido en el menú “assign”, “Shell” y “diaphragms”.

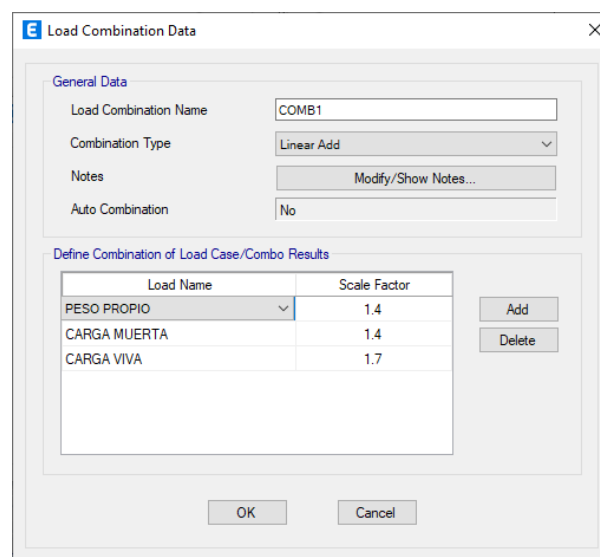
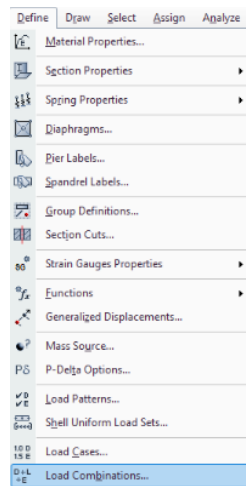


14. Para definir patrones de carga, se selecciona en panel “define” y la opción “load patterns”.
Se define el factor estático en cada dirección según lo calculado.

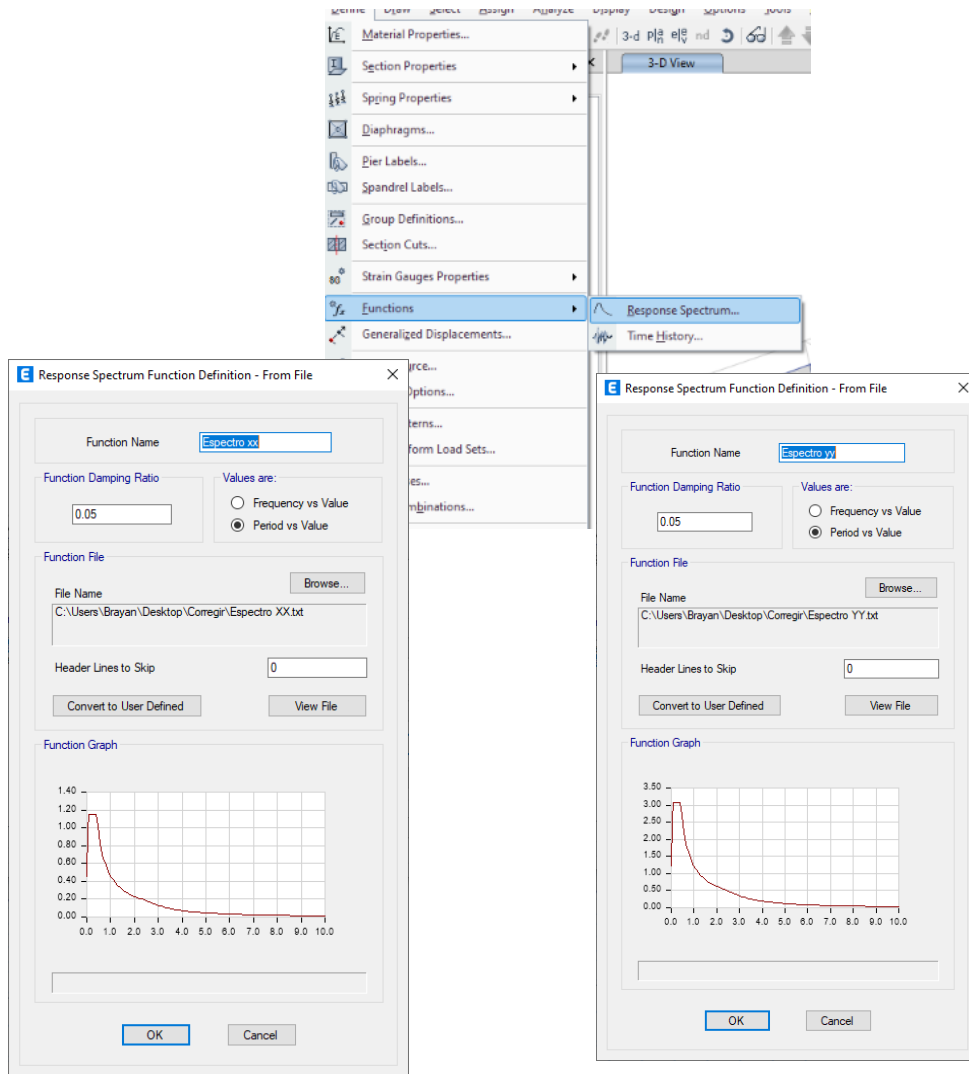




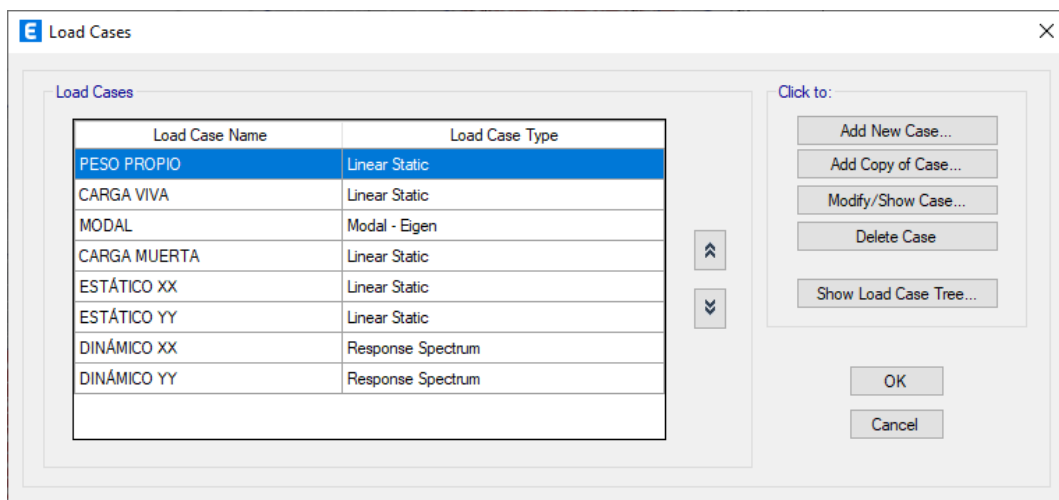
15. Para definir combinaciones de carga se usa el menú “define” y load combinations.



Luego se importó el espectro en el menú “functions” y “response spectrum”.

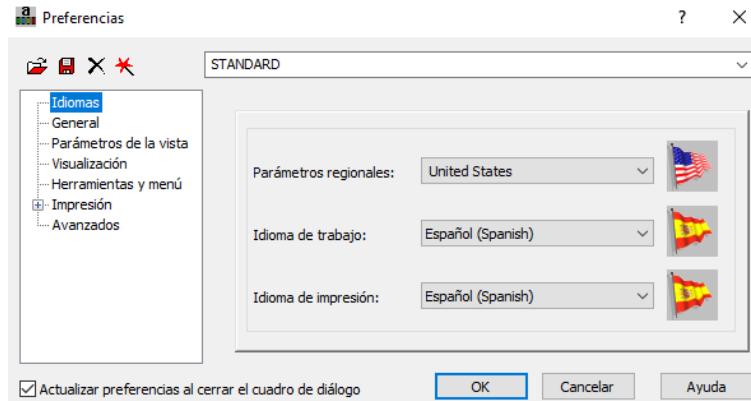


16. Para definir casos de carga se usa el menú “define”, luego load cases.

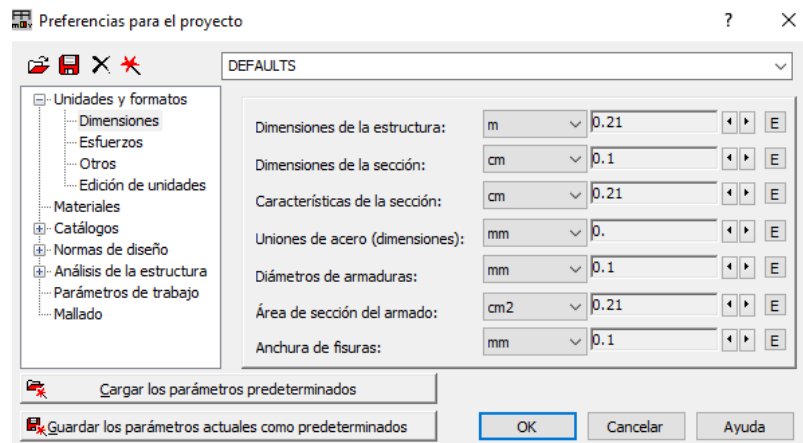


ANEXO 3: PROCESO DE MODELAMIENTO EN AUTODESK ROBOT STRUCTURAL 2021.

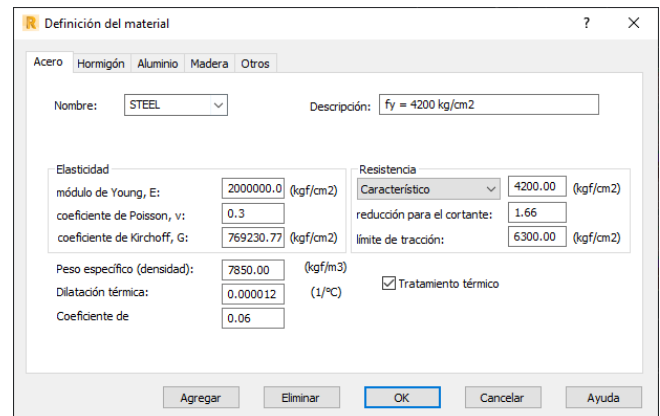
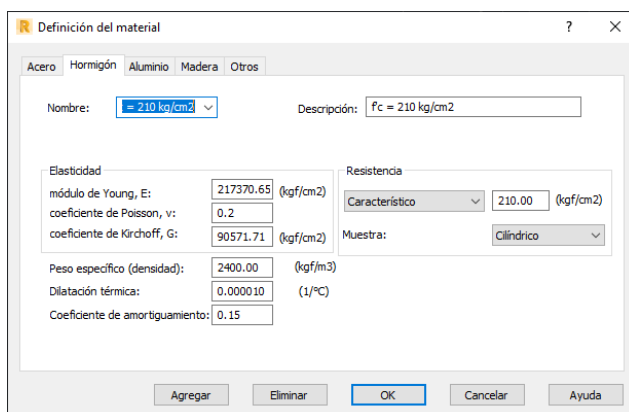
1. Se definió el idioma en el panel preferencias.

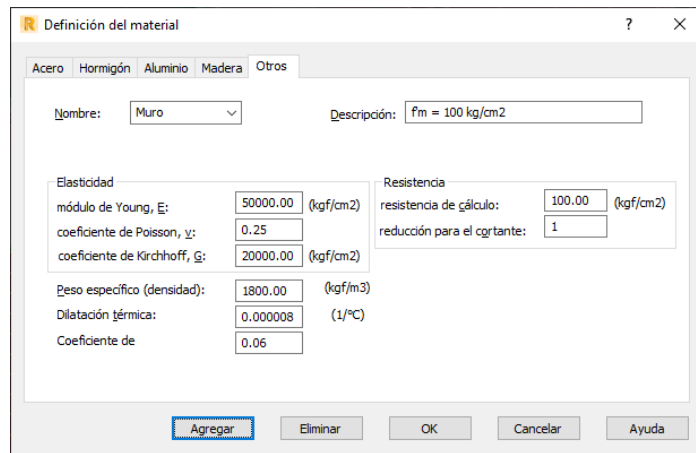


2. Se definió las unidades de trabajo, longitud y fuerzas; en el panel preferencias para el proyecto.

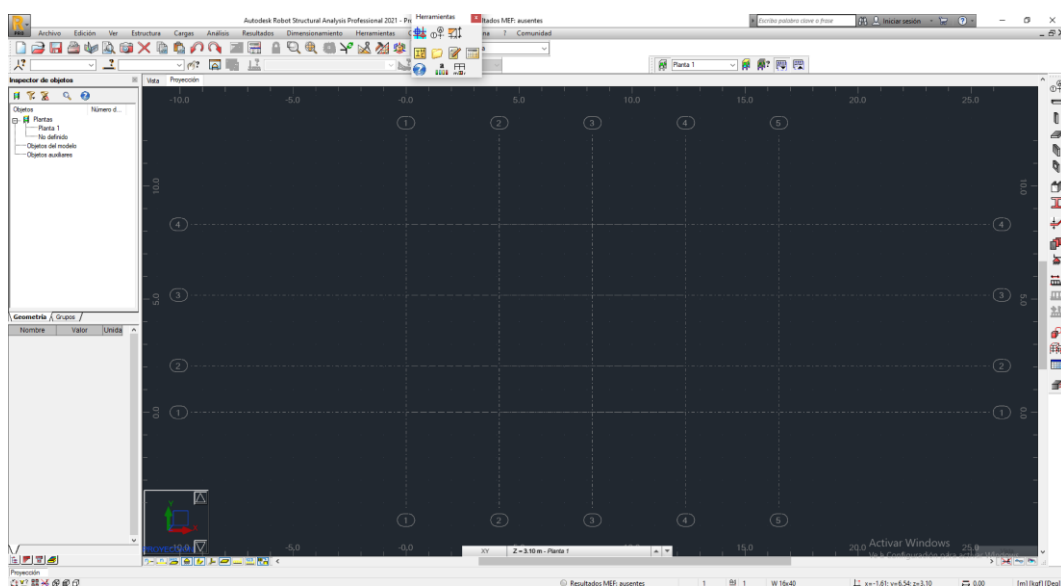
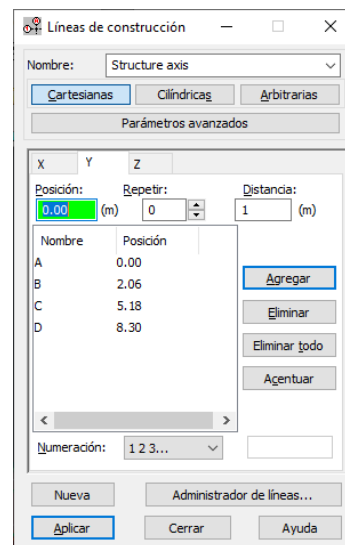
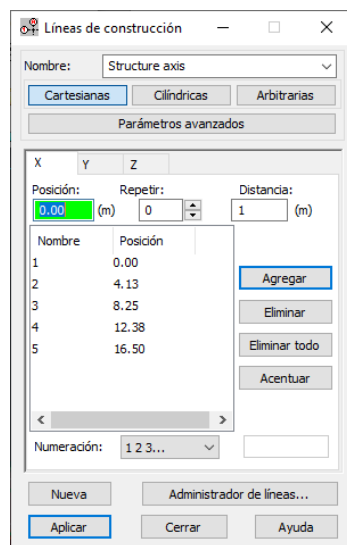


3. Se definió las propiedades de los materiales tal como el concreto y el acero.

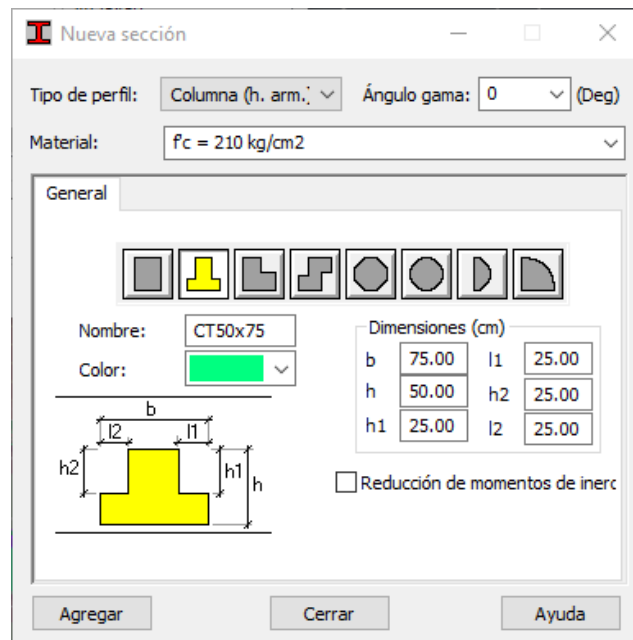




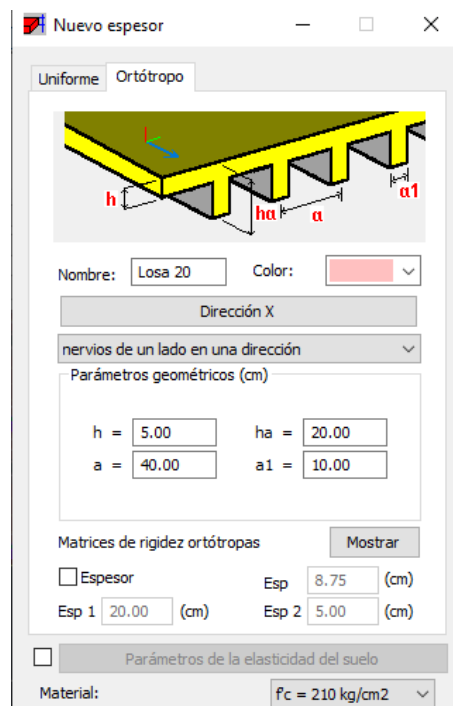
4. Se importaron los ejes estructurales respecto de los planos observados en el anexo 4.



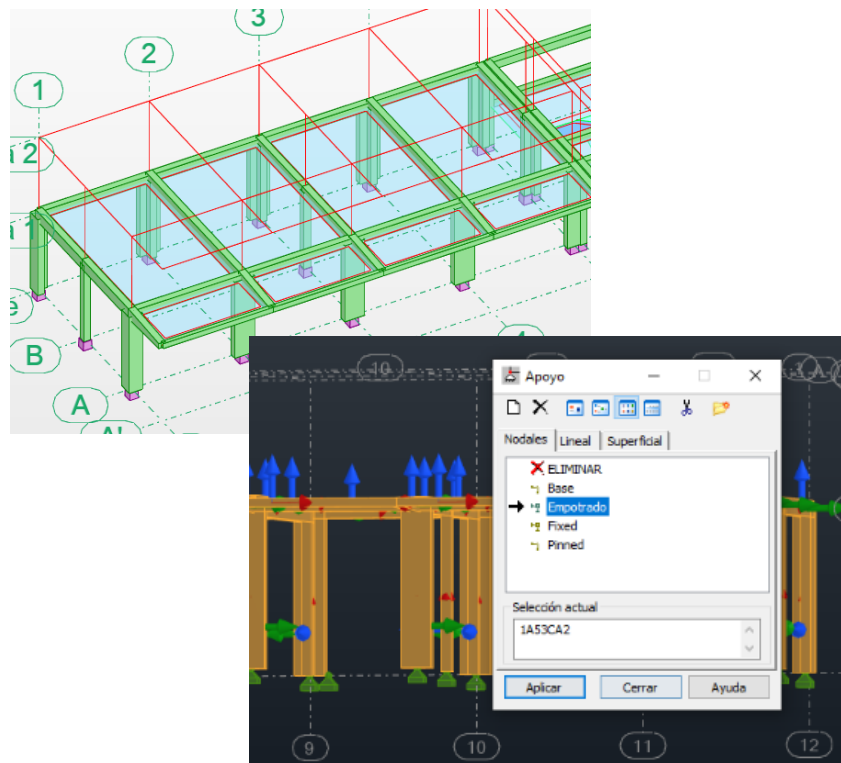
5. Se seleccionó el botón nueva sección y se indica las dimensiones de la columna respecto de la columna en T.



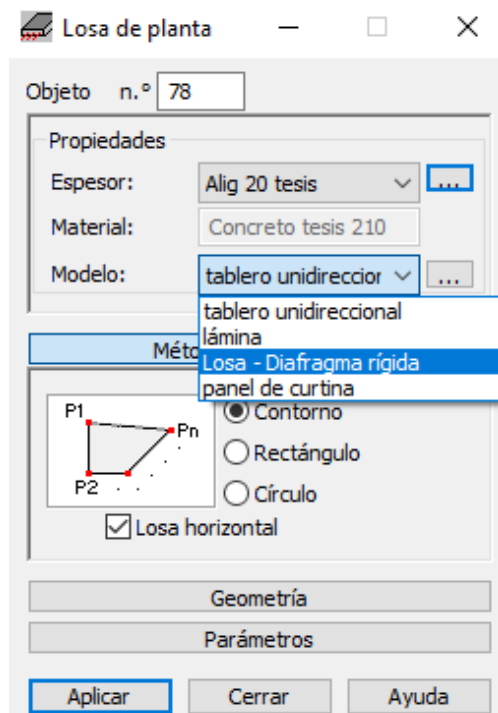
6. Se creó el espesor de losa, con sus propiedades geométricas, en el botón “nuevo espesor”, así como su dirección X.



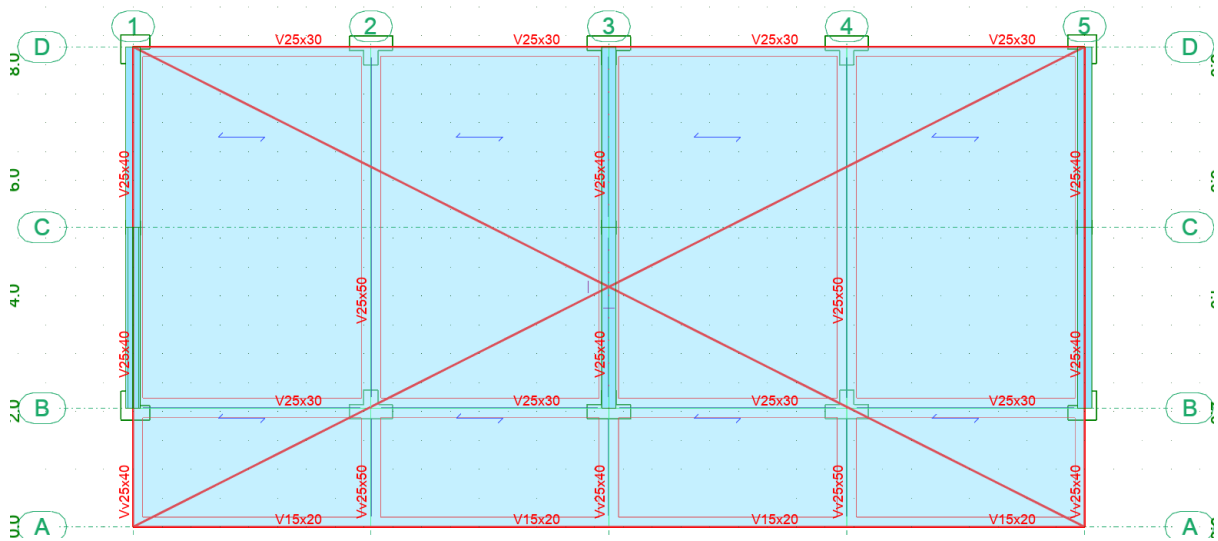
7. Luego se asigna en el botón “apoyo”, apoyo empotrado en la base.



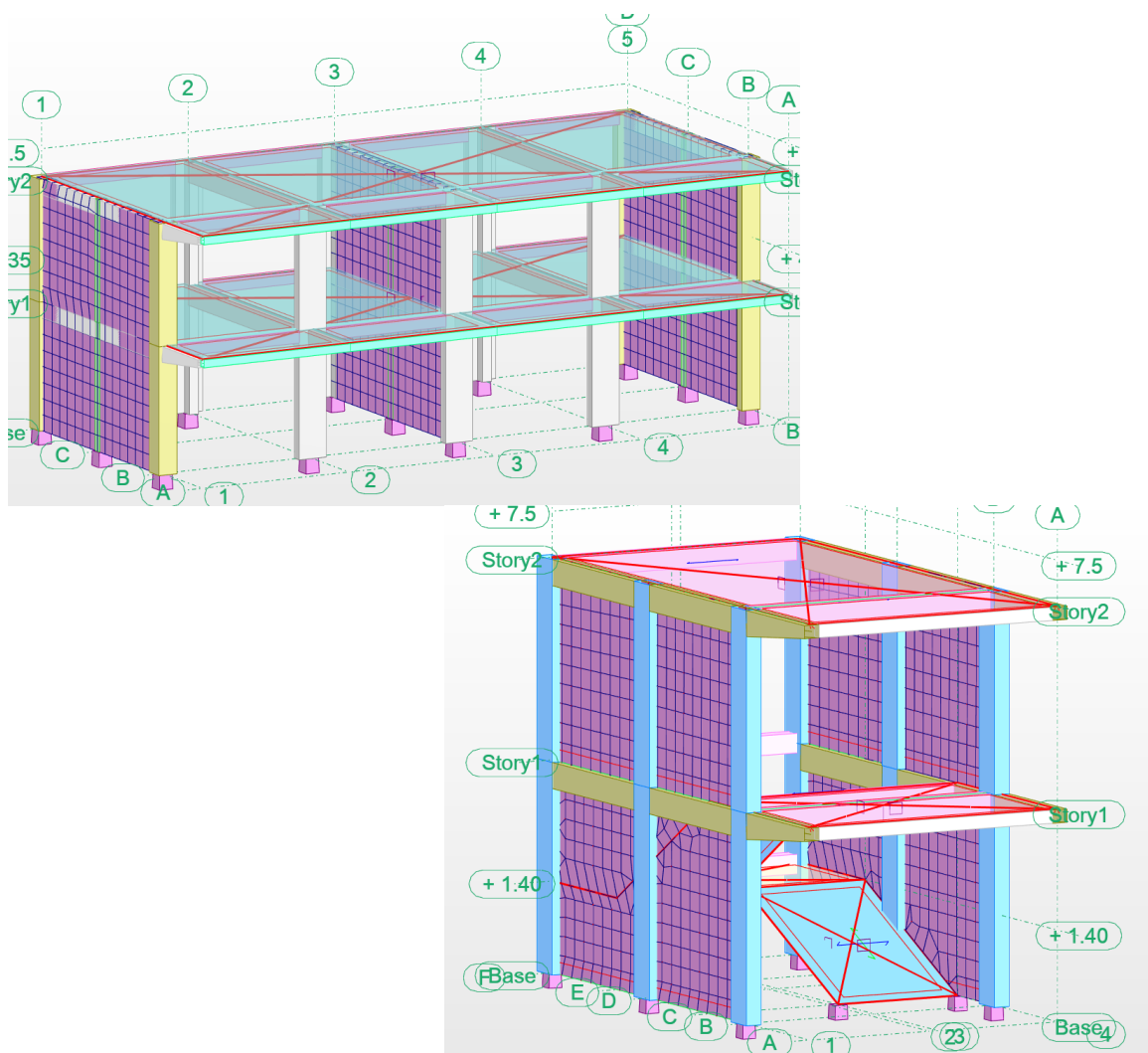
8. En el botón “losa de planta” se asigna el tipo “losa-diafragma rígido”.



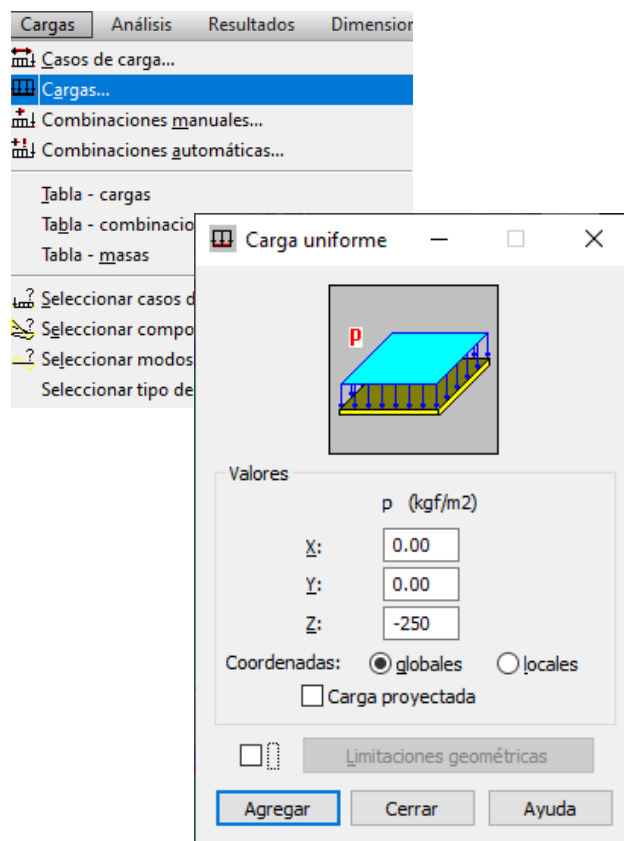
9. Luego de seleccionar el tipo de losa, se procede a modelar la losa en Robot S.A.P.



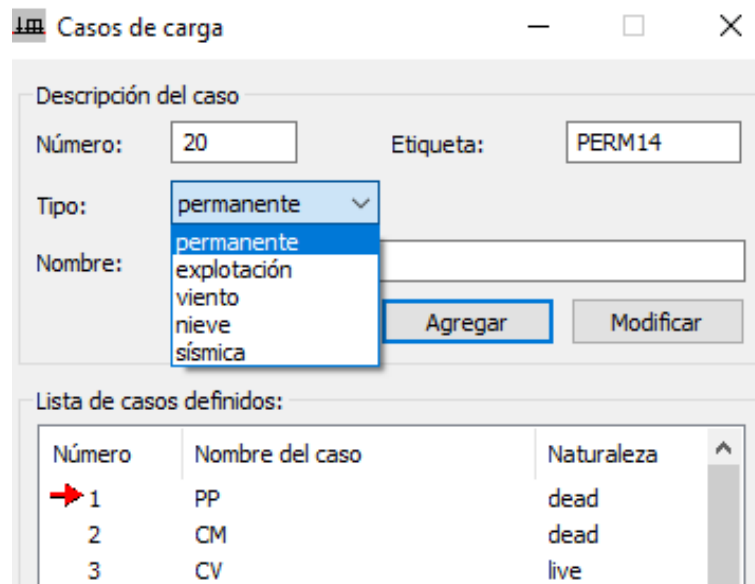
10. Finalmente, con la opción “paneles” para muros de albañilería se obtiene el modelado en Robot.



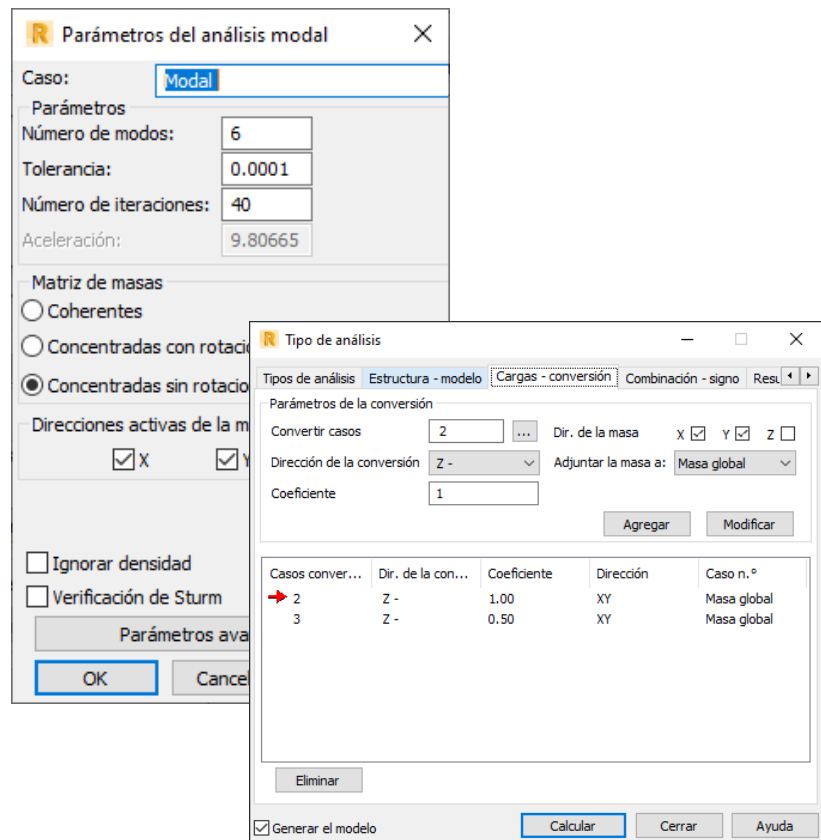
11. Para asignar las cargas calculadas, se utilizó el menú “cargas” y el botón “cargas”.



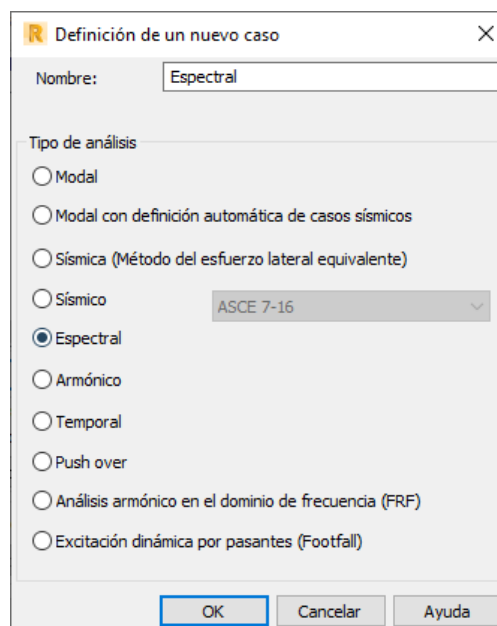
12. Para definir casos de carga se usa el menú “cargas” y luego “casos de carga”.



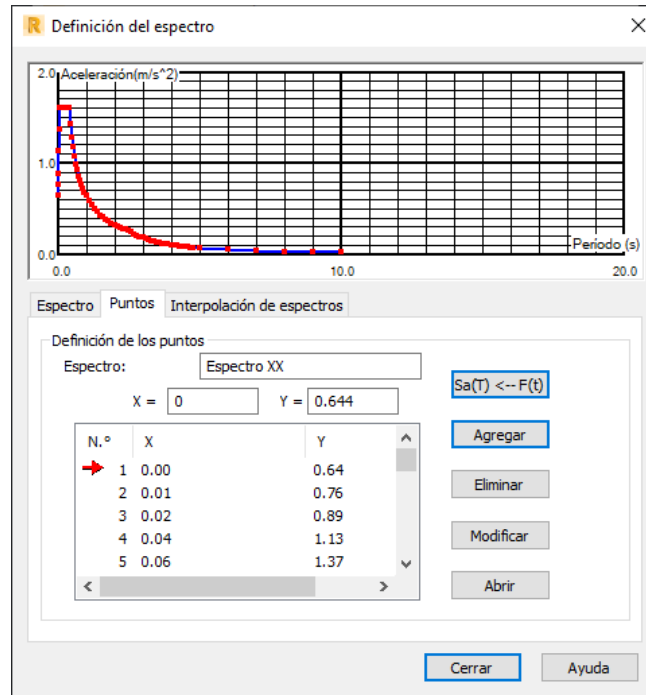
13. Para crear caso modal, se selecciona el menú “análisis” y luego “tipos de análisis”, para indicar la masa participativa, también en el menú “análisis” se selecciona la opción “cargas conversión”.



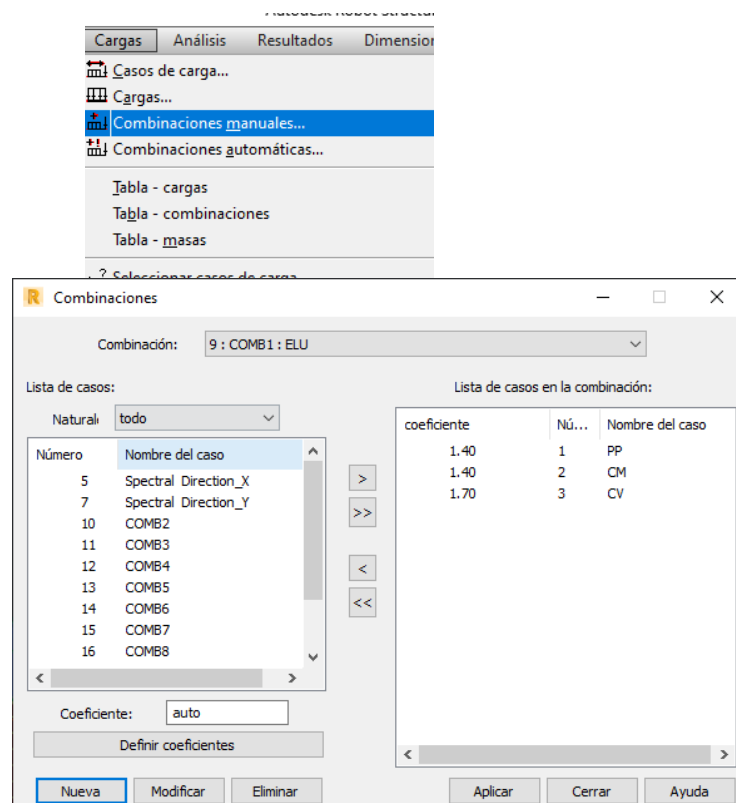
14. Se insertó el espectro, usando la opción “espectral”.



15. Luego se selecciona “definición de espectro” y en la pestaña “puntos”, se selecciona “abrir” para importar el espectro, esto se hizo en la dirección X y Y.



16. Las combinaciones de carga, fueron insertadas usando el menú cargas y luego “combinaciones manuales”.



ANEXO 3: Planos de estructuras del módulo I de la Institución Educativa Alfonso Villanueva Pinillos.