

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**“DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR
DE ALBAÑILERÍA CONFINADA EN LA CIUDAD DE TACNA
Y COMPARATIVA ENTRE EL ANÁLISIS SÍSMICO
ESTÁTICO MEDIANTE EL MÉTODO DE
PÓRTICOS PLANOS EN SAP 2000
Y ELEMENTOS FINITOS
EN ETABS 2016”**

TESIS

Presentado por:

Bach. GUSTAVO RAMIRO FORA MAMANI

Para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

TACNA-PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

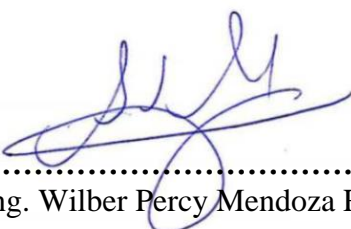
“DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE ALBAÑILERÍA CONFINADA EN LA CIUDAD DE TACNA Y COMPARATIVA ENTRE EL ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO MEDIANTE EL MÉTODO DE PÓRTICOS PLANOS EN SAP 2000 Y ELEMENTOS FINITOS EN ETABS 2016”

Tesis sustentada y aprobada el día 13 de mayo del 2022, estando integrado el Jurado Calificador por:

PRESIDENTE

: 
Mtro. Ing. César José Avendaño Jihuallanga

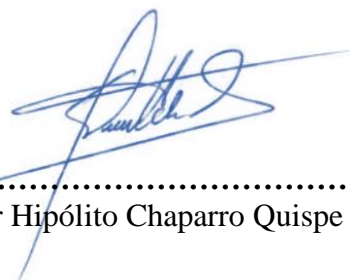
SECRETARIO

: 
Mtro. Ing. Wilber Percy Mendoza Ramirez

VOCAL

: 
Mtro. Ing. Martín Paucara Rojas

ASESOR

: 
Mtro. Ing. Edgar Hipólito Chaparro Quispe

DEDICATORIA

A Dios, quien me guía en cada paso de mi vida y me provee de salud, inteligencia, discernimiento y fortaleza para seguir adelante.

A mis padres, mis hermanos y a todos quienes han revelado en mí una gran persona.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser mi mayor inspiración, por darme vida y permitirme alcanzar mis sueños.

A todos los docentes que han sido parte de mi formación profesional, por su apoyo incondicional, sus enseñanzas y sus conocimientos compartidos.

A mis padres, mis hermanos, y amistades, quienes siempre han estado a mi lado para ayudarme y me han motivado a superarme día a día.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
RESUMEN	xx
ABSTRACT	xxi
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES	4
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.1.1. Problema general	5
1.1.2. Problemas específicos.....	5
1.2. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	6
1.2.1. Hipótesis general	6
1.2.2. Hipótesis específicas.....	6
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	8
1.3.1. En el aspecto sísmico.....	8
1.3.2. En el aspecto de construcción.....	8
1.3.3. En el aspecto teórico - práctico.....	9

1.4.	OBJETIVOS	9
1.4.1.	Objetivo general	9
1.4.2.	Objetivos específicos	9
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN		11
2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
2.1.1.	Antecedentes Nacionales	11
2.1.2.	Antecedentes Internacionales	13
2.2.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	16
2.2.1.	Albañilería Confinada.....	16
2.2.1.1.	<i>¿Qué es la albañilería confinada?</i>	16
2.2.1.2.	<i>Componentes de la albañilería confinada</i>	17
2.2.1.3.	<i>Muros portantes y elementos de confinamiento</i>	28
2.2.2.	Técnica de modelaje estructural y programas estructurales.	33
2.2.2.1.	<i>Técnica de Elementos Finitos</i>	34
2.2.2.2.	<i>Técnica de Pórticos Planos</i>	35
2.2.3.	Programas asistidos por computadora para el análisis estructural	37
2.2.3.1.	<i>Software SAP 2000</i>	37
2.2.3.2.	<i>Software ETABS</i>	38
2.2.4.	Metodología de Análisis sísmico estático	39
2.2.4.1.	<i>Determinación del peso total de la edificación (P)</i>	39

2.2.4.2.	<i>Cálculo de la fuerza cortante en la base de la edificación</i>	40
2.2.4.3.	<i>Distribución de la fuerza cortante en la base del edificio en la altura</i>	41
2.2.4.4.	<i>Distribución de la fuerza contante de nivel en cada muro</i>	43
2.2.4.5.	<i>Corrección por torsión</i>	43
2.2.5.	<i>Diseño estructural en albañilería confinada</i>	47
2.2.5.1.	<i>Verificación de la densidad mínima de muros</i>	48
2.2.5.2.	<i>Diseño por carga vertical</i>	49
2.2.5.3.	<i>Análisis elástico ante sismo moderado</i>	50
2.2.5.4.	<i>Determinación del cortante de agrietamiento diagonal (V_m)</i>	50
2.2.5.5.	<i>Diseño para sismo severo</i>	51
CAPITULO III: METODOLOGÍA		57
3.1.	DISEÑO.....	57
3.1.1.	Tipo de investigación.....	57
3.1.2.	Nivel de investigación	57
3.1.3.	Diseño de investigación.....	57
3.2.	MUESTRA	58
3.2.1.	Población	58
3.2.2.	Muestra	58
3.2.3.	Descripción de la edificación en estudio	58
3.3.	INSTRUMENTOS.....	59

3.3.1.	Técnica.....	59
3.3.2.	Instrumentos para la recolección	59
3.3.3.	Instrumentos de Procesamiento	60
3.4.	PROCEDIMIENTO.....	61
3.4.1.	Flujo de trabajo y aspectos éticos	61
3.4.2.	Recolección y procesamiento de información.....	61
3.4.3.	Desarrollo de la investigación	61
3.4.4.	Comparación y discusión de resultados.....	62
3.4.5.	Esquema de trabajo.....	63
CAPITULO IV: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN		64
4.1.	INFORMACIÓN Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES.....	64
4.1.1.	Descripción general del proyecto	64
4.1.2.	Ubicación.....	65
4.1.3.	Propiedades de los materiales utilizados	67
4.2.	DEFINICIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL	68
4.3.	ESTRUCTURACIÓN:	68
4.4.	PRE DIMENSIONAMIENTO:	70
4.4.1.	Espesor de muros (t):.....	70
4.4.2.	Espesor de losa maciza:.....	71
4.4.3.	Peralte de vigas:.....	71

4.4.4.	Escalera de concreto armado:	72
4.5.	VERIFICACIÓN DE LA DENSIDAD DE MUROS:.....	72
4.6.	ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO MEDIANTE EL MÉTODO DE PÓRTICOS PLANOS EN SAP 2000:	74
4.6.1.	Metrado de cargas:.....	74
4.6.1.1.	<i>Metrado para verificación de carga axial máxima muros (100%CM y 100%CV):</i>	79
4.6.1.2.	<i>Esfuerzo axial máximo:</i>	86
4.6.1.3.	<i>Metrado de cargas para análisis sísmico:</i>	87
4.6.1.4.	<i>Centro de masa de entrepiso y excentricidades accidentales:</i>	92
4.6.2.	Cálculo de la fuerza cortante basal (diseño estático).....	94
4.6.3.	Cálculo de fuerzas inerciales y cortantes por piso.....	96
4.6.4.	Modelado y análisis estructural en SAP 2000	96
4.6.4.1.	<i>Definición de Materiales</i>	96
4.6.4.2.	<i>Definición de Secciones transversales</i>	97
4.6.4.3.	<i>Definición de pórticos planos</i>	104
4.6.4.4.	<i>Asignación de centros de masa, diafragmas rígidos y fuerzas de sismo en cada nivel</i>	107
4.6.5.	Resultados - Desplazamientos de centro de masa y ejes para sismo en XX y YY 109	
4.6.6.	Periodo Natural de vibración (T).....	112

4.6.7.	Resultados – Fuerzas internas por sismo Moderado	113
4.7.	ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO MEDIANTE EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS EN ETABS 2016:	115
4.7.1.	Metrado de cargas:.....	115
4.7.2.	Definición de carga sísmica estática y cálculo de coeficiente sísmico basal C:..	119
4.7.3.	Modelado y análisis estructural en ETABS 2000.....	120
4.7.3.1.	<i>Definición de Materiales</i>	120
4.7.3.2.	<i>Definición de Secciones transversales</i>	122
4.7.3.3.	<i>Modelaje y discretización por elementos finitos de muros.</i>	123
4.7.3.4.	<i>Definición de masa y corrido del programa</i>	128
4.7.4.	Resultados: Peso total de servicio y Esfuerzo axial máximo:	129
4.7.5.	Resultados: Peso total sísmico por muro Pg (CM+25%CV).....	133
4.7.6.	Resultados: Centros de Masa y peso sísmico de entrepisos.	133
4.7.7.	Cálculo de fuerzas inerciales y cortantes por piso.....	135
4.7.8.	Resultados - Desplazamientos de centro de masa y ejes para sismo en XX y YY 136	
4.7.9.	Periodo Natural de vibración (T).....	139
4.7.10.	Resultados – Fuerzas internas por sismo Moderado	140
4.8.	COMPARATIVA DE RESULTADOS	142
4.9.	DISEÑO ESTRUCTURAL EN ALBAÑILERÍA CONFINADA	151
4.9.1.	Análisis elástico ante sismo moderado: control de fisuración.....	151

4.9.2.	Diseño por sismo severo.....	153
4.9.2.1.	<i>Verificación de la resistencia global de la edificación</i>	153
4.9.2.2.	<i>Cálculo de los factores de amplificación</i>	153
4.9.2.3.	<i>Verificación de la necesidad de refuerzo horizontal en muros:</i>	155
4.9.2.4.	<i>Verificación de agrietamiento diagonal en los pisos superiores</i>	156
4.9.3.	Diseño de elementos de confinamientos del primer piso	156
4.9.3.1.	<i>Columnas de confinamiento</i>	159
4.9.3.2.	<i>Vigas de confinamiento</i>	166
4.9.4.	Revisión y elaboración de planos	167
CAPITULO V: DISCUSIÓN		171
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		177
6.1.	CONCLUSIONES	177
6.1.1.	Conclusión objetivo general	177
6.1.2.	Conclusiones de los objetivos específicos	177
6.2.	RECOMENDACIONES	178
BIBLIOGRAFÍA		181
ANEXOS.....		185

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clase de unidad de albañilería para fines estructurales	18
Tabla 2	Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales.	21

Tabla 3 Resistencias características de la albañilería Mpa (kg / cm ²)	22
Tabla 4 Proporciones para la preparación de mortero	23
Tabla 5 Características importantes de las barras de acero corrugado	24
Tabla 6 Proporciones para cemento y sobrecimiento.....	27
Tabla 7 Fuerzas internas en columnas de confinamiento.	52
Tabla 8 Distribución del departamento.....	64
Tabla 9 Localización de la Zona de estudio.....	66
Tabla 10 Parámetros Sísmicos	73
Tabla 11 Densidad de muros en la dirección X-X.....	73
Tabla 12 Densidad de muros en la dirección Y-Y.....	74
Tabla 13 Cargas unitarias.....	75
Tabla 14 Metrado por elementos de la edificación.....	76
Tabla 15 Zonas de carga directa a muros.....	77
Tabla 16 Cargas por metro lineal según las zonas para azotea.....	80
Tabla 17 Cargas por metro lineal según las zonas para pisos típicos.....	80
Tabla 18 Reacciones por carga de escalera en los muros.....	81
Tabla 19 Ejemplo de metrado de carga directa para el muro X1.....	82
Tabla 20 Cargas directas en muros (CM+CV)	82
Tabla 21 Carga viva y carga muerta de losa e= 0.12 m.....	84
Tabla 22 Resumen de cargas indirectas hacia los muros por piso.....	84
Tabla 23 Peso total de servicio (Pm) y esfuerzos axiales por muro.....	85
Tabla 24 Cargas directas por zona considerados en azotea para sismo.....	88
Tabla 25 Cargas directas para análisis sísmico en los muros.....	90
Tabla 26 Cargas indirectas para análisis sísmico en los muros.....	90

Tabla 27 Carga acumulada total por muro (Pg).....	91
Tabla 28 Coordenadas de centro de masa.....	92
Tabla 29 Coordenadas de centro de masas afectados por excentricidad accidental de 5%.....	93
Tabla 30 Parámetros sísmicos de sitio.....	94
Tabla 31 Periodo fundamental de vibración T – Norma E.030.....	94
Tabla 32 Coeficiente sísmico C – Norma E.030.....	95
Tabla 33 Factor de reducción sísmica R – Norma E.030.....	95
Tabla 34 Fuerza cortante total sísmica en la base V – Norma E.030.....	95
Tabla 35 Fuerzas inerciales por piso.....	96
Tabla 36 Propiedades de los elementos estructurales asignados en SAP 2000.....	97
Tabla 37 Centro de gravedad de los muros en planta.....	102
Tabla 38 Desplazamientos de centro de masas – Método de pórticos planos.....	110
Tabla 39 Desplazamientos laterales de ejes por sismo XX2+ - Método de pórticos planos.....	111
Tabla 40 Desplazamientos laterales de ejes por sismo YY+ - Método de pórticos planos.....	111
Tabla 41 Cálculo de periodo natural de la estructura T en dirección X.....	112
Tabla 42 Cálculo de periodo natural de la estructura T en dirección Y.....	113
Tabla 43 Fuerzas internas por sismo moderado en dirección X.....	114
Tabla 44 Fuerzas internas por sismo moderado en dirección Y.....	114
Tabla 45 Cálculo de cargas unitarias incluyendo tarrajeo.....	116
Tabla 46 Cargas distribuidas de parapeto para azotea (Peso sísmico).....	117
Tabla 47 Cargas distribuidas de parapeto para azotea (Peso sísmico).....	117
Tabla 48 Cargas para escaleras asignadas a losas equivalentes en ETABS 2016.....	118
Tabla 49 Cargas asignadas en losas en el programa ETABS 2016.....	118
Tabla 50 Parámetros sísmicos de zona.....	119

Tabla 51 Propiedades de los elementos estructurales asignados en ETABS 2016.....	120
Tabla 52 Secciones transversales de elementos estructurales insertados en el programa ETABS 2016.....	122
Tabla 53 Carga de servicio total por muro en cada nivel (Pm) considerando rigidez axial de columnas.	129
Tabla 54 Carga de servicio total por muro en cada nivel (Pm) sin considerar rigidez axial de columnas.	132
Tabla 55 Carga sísmica total por muro en cada nivel (Pg).....	133
Tabla 56 Pesos y centros de masa de entrepiso.	134
Tabla 57 Fuerzas inerciales de entrepisos.....	135
Tabla 58 Desplazamientos del centro de masa por acción sísmica.	136
Tabla 59 Desplazamientos laterales por sismo en dirección X.....	137
Tabla 60 Desplazamientos laterales por sismo en dirección Y.....	138
Tabla 61 Periodo T en dirección X.....	139
Tabla 62 Periodo T en dirección Y.....	140
Tabla 63 Fuerzas cortantes y momentos flectores máximos por sismo en dirección X	141
Tabla 64 Fuerzas cortantes y momentos flectores máximos por sismo en dirección Y	141
Tabla 65 Cuadro comparativo N.º 01: Peso sísmico de entrepiso y peso total.....	143
Tabla 66 Cuadro comparativo N.º 02: fuerzas de inercia de entrepiso.....	143
Tabla 67 Cuadro comparativo N.º 03: desplazamiento lateral del centro de masa por sismo XX+.	144
Tabla 68 Cuadro comparativo N.º 04: desplazamiento lateral del centro de masa por sismo YY+.	144
Tabla 69 Cuadro comparativo N.º 05: esfuerzos axiales en el primer piso.	145

Tabla 70 Cuadro comparativo N.º 06: desplazamiento de ejes por sismo XX2+.....	146
Tabla 71 Cuadro comparativo N.º 07: desplazamiento de ejes por sismo YY+.....	147
Tabla 72 Cuadro comparativo N.º 08: fuerzas cortantes.	148
Tabla 73 Cuadro comparativo N.º 09: momentos flectores.	149
Tabla 74 Verificación de fisuración por sismo moderado en cada muro.	152
Tabla 75 Resistencia global de la edificación ante sismo severo.	153
Tabla 76 Factor de amplificación por sismo severo en cada muro.....	154
Tabla 77 Necesidad de refuerzo horizontal en muros.....	155
Tabla 78 Datos necesarios para el diseño estructural	157
Tabla 79 Cálculos y valores necesarios para el diseño estructural	158
Tabla 80 Peso transversal y total en columnas.	160
Tabla 81 Fuerzas internas en confinamientos por sismo severo.....	161
Tabla 82 Acero longitudinal por fricción en columnas.	161
Tabla 83 Calculo de área de sección por compresión en columnas.....	162
Tabla 84 Verificación de sección de columna y área de acero longitudinal.....	163
Tabla 85 Diseño de estribos para columnas de confinamiento.....	165
Tabla 86 Diseño de vigas de confinamiento	166
Tabla 87 Armado de columnas en bordes.....	168
Tabla 88 Armado de columnas en intersecciones.....	169
Tabla 89 Comparación de diseño estructural.....	172
Tabla 90 Modelado estructural de tesis nacionales.....	174
Tabla 91 Modelado estructural de tesis internacionales.	174
Tabla 92 Comparación de porcentaje diferencial en desplazamientos de centro de masa	175
Tabla 93 Comparación de resultados Momentos flectores en la base del 1er nivel	176

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ladrillo King Kong 18 huecos industrial y King Kong artesanal	19
Figura 2 Ladrillo hueco.....	20
Figura 3 Ladrillo pandereta.....	21
Figura 4 Cimiento de concreto ciclópeo	26
Figura 5 Edificio con muros portantes confinados	29
Figura 6 Detalle de muro portante confinado	29
Figura 7 Columnas de confinamiento en muro portante.....	31
Figura 8 Muro sin viga solera que origina falla por flexión	32
Figura 9 Transferencia de carga de las vigas y losa.....	32
Figura 10 Planta de la edificación.....	33
Figura 11 Vigas soleras corridas unen los muros portantes para formar una unidad monolítica (figura cerrada).....	33
Figura 12 Modelamiento en elementos finitos.....	34
Figura 13 Modelamiento mediante pórticos planos	35
Figura 14 Distribución de “V” en altura.	42
Figura 15 Distribución de V_n en muros proporcional a su rigidez lateral	43
Figura 16 Centro de rigidez y Centro de masas.....	44
Figura 17 Gráfico ilustrativo para la aplicación de fórmulas en la determinación de las fuerzas internas.....	53
Figura 18 Planta típica del proyecto de vivienda.....	59
Figura 19 Diagrama de flujo metodológico	63
Figura 20 Planta típica de la edificación.....	65

Figura 21 Plano de Ubicación del proyecto	66
Figura 22 Denotación de muros X e Y	70
Figura 23 Altura libre y espesor efectivo.....	70
Figura 24 Pre dimensionamiento de losas	71
Figura 25 Dimensionamiento de escalera	72
Figura 26 Identificación de elementos	77
Figura 27 Identificación en planta de zonas de carga directa a muros.	78
Figura 28 Zonas de carga directa al muro en azotea.....	78
Figura 29 Zonas de carga directa al muro en pisos típicos.....	79
Figura 30 Cargas por metro lineal en escaleras y reacciones por metro lineal como carga directa a muros.....	81
Figura 31 Áreas de carga indirecta (peso de losas) para los muros.	83
Figura 32 Consideración de masa y peso sísmico de entrepiso en una edificación.....	87
Figura 33 Zonas de carga directa hacia los muros para sismo.....	88
Figura 34 Comparación de cargas directas para metrado– Carga para análisis sísmico.	89
Figura 35 Comparación de cargas directas para metrado – Carga de servicio para esfuerzo axial.....	89
Figura 36 Definición de materiales en el programa SAP 2000	97
Figura 37 Sección transformada del muro X3	98
Figura 38 Sección transformada del muro X1 + aporte de muros transversales.	98
Figura 39 Caso de muro transversal que concurre a dos muros (X7).....	99
Figura 40 Definición de sección transformada en SAP2000 – Método 1.....	99
Figura 41 Definición de sección transformada en SAP2000 – Método 2.....	100
Figura 42 Modificación de las propiedades de rigidez del muro Y5.....	101

Figura 43 Descripción de las propiedades de rigidez en SAP 2000.	101
Figura 44 Modificación de la rigidez torsional en los brazos rígidos.....	102
Figura 45 Sección de viga dintel interior para análisis estructural.	103
Figura 46 Sección de viga dintel de borde para análisis estructural.	103
Figura 47 Sección de escalera.....	103
Figura 48 Definición de Pórtico plano para el eje A - A	104
Figura 49 Erro por unión de brazos rígidos transversales para el método de pórticos planos	105
Figura 50 Explicación de la modificación de rigidez torsional para los brazos rígidos.	105
Figura 51 Zonas sin asignación de brazos rígidos.	106
Figura 52 Zonas asignadas y no asignadas de brazos rígidos – vista en SAP 2000	106
Figura 53 Brazo rígido (X3) no llega al borde del muro.	107
Figura 54 Vista de modelo en 3d de pórticos planos en SAP 2000.....	107
Figura 55 Asignación de restricciones de centro de masa.	108
Figura 56 Asignación de diafragmas rígidos en SAP2000.	108
Figura 57 Asignación de fuerza sísmica en el programa SAP 2000.....	109
Figura 58 Extracción de datos en SAP 2000: Desplazamientos de centro de masas.....	110
Figura 59 Diagramas de fuerzas cortantes y momentos flectores en el programa SAP 2000.	115
Figura 60 Definición de patrón de carga sísmica estática en ETABS 2016.	120
Figura 61 Definición de materiales en el programa ETABS 2016.	121
Figura 62 Duplicidad de volumen durante el modelado en ETABS 2016.	121
Figura 63 Modificación de rigidez de muros en ETABS 2016.	123
Figura 64 Dibujo de Muros y columnas en ETABS 2016.	123

Figura 65 Modelado de escaleras en ETABS, izquierda vista extruida y derecha vista de barras.....	124
Figura 66 Dirección de armado de losas y losas equivalentes para escalera.	124
Figura 67 Cargas de parapetos distribuidas linealmente en vigas.	125
Figura 68 Asignación de PIERs en los muros de albañilería.....	126
Figura 69 Discretización de muros mediante el comando divide shells.....	126
Figura 70 Asignación de diafragma rígido	127
Figura 71 Asignación de restricciones en la base de la edificación – empotramiento en muros y apoyo fijo en escaleras.....	127
Figura 72 Definición de masas en el programa ETABS 2016.....	128
Figura 73 Corrido del análisis estructural en el programa ETABS.	128
Figura 74 Modificación de propiedades de rigidez en columnas.	131
Figura 75 Extracción de datos del programa ETABS – Centro de masas y rigideces.....	134
Figura 76 Extracción de datos del programa ETABS – Tabla de cortantes de entrepisos. ...	135
Figura 77 Extracción de datos del programa ETABS – Tabla de desplazamientos	136
Figura 78 Desplazamiento en los ejes A Y D (extremos) por sismo XX2+.....	138
Figura 79 Creación de envolventes en ETABS 2016.	140
Figura 80 Diagramas de fuerzas cortantes y momentos flectores en los muros del eje A-A	142
Figura 81 Denotación y distribución inicial de columnas.	159
Figura 82 Detalle de columnas y vigas de confinamiento	170
Figura 83 Nueva distribución de columnas en planta.....	170

RESUMEN

El Perú es un país altamente sísmico ya que se encuentra en el cinturón de fuego del Pacífico, donde las edificaciones en albañilería confinada abarcan un 55.8% en todo el país también existen diferentes métodos de modelado para una edificación de albañilería confinada, las más usadas son la técnica de pórticos planos y la técnica de elementos finitos, por ello el objetivo de esta tesis fue realizar un adecuado diseño estructural y un adecuado análisis sísmico usando las técnicas de modelaje de pórticos planos y elementos finitos en los programas SAP2000 y ETABS, y conocer las diferencias entre los procedimientos y resultados mediante estos dos tipos de modelaje. El diseño estructural para edificaciones de albañilería confinada se realizó con la metodología descrita en la norma E.070, para el modelado de pórticos planos se realizó el metrado de cargas usando Excel así como el cálculo de las fuerzas inerciales y centros de masa, estos valores fueron ingresados al programa SAP 2000 donde se modeló la estructura a fin de obtener fuerzas internas y desplazamientos, en cambio para la técnica de elementos finitos se definieron las propiedades de los materiales, secciones y cargas sísmicas en el programa ETABS para obtener como resultados los pesos sísmicos, fuerzas inerciales, centros de masa, fuerzas internas y desplazamientos. Finalmente se obtuvo el diseño de los muros y sus confinamientos, también se realizó ambas técnicas de modelado estructural antes mencionadas, por último, se concluye que la técnica de elementos finitos en ETABS es más eficiente y arroja desplazamientos y momentos menores comparado con el modelado por pórticos planos en SAP2000.

Palabras Claves: Albañilería confinada, Modelado estructural, Elementos finitos, Pórticos planos, Etabs 2016, SAP 2000, Diseño estructural, Análisis comparativo.

ABSTRACT

Peru is a highly seismic country since it is located in the Pacific Ring of Fire, where confined masonry buildings account for 55.8%. There are also different modeling methods for a confined masonry building throughout the country, the most used are the flat portal frame technique and the finite element technique, so the objective of this thesis was to perform an adequate structural design and seismic analysis using the modeling techniques of flat portal frames and finite elements in the SAP2000 and ETABS programs, and to know the differences between the procedures and results using these two types of modeling. The structural design for confined masonry buildings was carried out using the methodology described in the E.070 standard, For the modeling of flat frames, the loads were measured using Excel as well as the calculation of inertial forces and centers of mass, these values were entered into the SAP 2000 program where the structure was modeled in order to obtain internal forces and displacements, while for the finite element technique, the properties of the materials, sections and seismic loads were defined in the ETABS program to obtain as results the seismic weights, inertial forces, centers of mass, internal forces and displacements. Finally, the design of the walls and their confinements was obtained, and both structural modeling techniques mentioned above were also performed. Finally, it is concluded that the finite element technique in ETABS is more efficient and yields smaller displacements and moments compared to the modeling by plane frames in SAP2000.

Keywords: Confined masonry, Structural modeling, Finite element, Flat frames, Etabs 2016, SAP 2000, Structural design, Comparative analysis.

INTRODUCCIÓN

En la presente tesis se desarrollará el diseño estructural de una vivienda multifamiliar de 4 niveles en albañilería confinada, también se realizará el análisis sísmico estático mediante la técnica de modelaje por pórticos planos en el programa SAP 2000 y el mismo análisis mediante la técnica de modelaje de elementos finitos en el programa computacional ETABS 2016 para conocer sus diferencias en procedimiento y resultados.

Distintos autores nacionales e internacionales realizaron este tipo de investigación sobre el diseño de edificaciones en albañilería confinada, el más destacado y reconocido es el ingeniero Ángel San Bartolomé quien fue el que creó la metodología de diseño la cual fue adaptada a la norma E.070, esta metodología también es usada fuera del país como en Ecuador (Jhoana Natalie Martínez Carranza, Karina Maribel Martínez Curipoma, 2008), la técnica de modelaje por pórticos planos también fue adquirida de los artículos publicados por el Ingeniero Ángel San Bartolomé en su blog de internet, dicha técnica aun es de uso a nivel internacional, la técnica de modelado por elementos finitos en el programa ETABS 2016 se obtuvo del estudio y capacitaciones propias, esta última técnica de modelado es la de mayor uso a nivel mundial. El motivo de la presente tesis es conocer la metodología de diseño estructural en albañilería confinada con parámetros para la ciudad de Tacna, así como aprender las dos técnicas de modelado estructural más usados en los programas computacionales para estructuras de albañilería confinada y comparar sus procedimientos y resultados.

Los objetivos de esta tesis son los siguientes: realizar el diseño estructural en albañilería confinada de una vivienda multifamiliar de 4 niveles para la ciudad de Tacna, realizar el análisis sísmico estático usando la técnica de modelado de Pórticos Planos en el programa SAP 2000, realizar el análisis sísmico estático usando la técnica de modelado de Elementos Finitos en el

programa ETABS 2016 y por último comparar los resultados entre ambas técnicas de modelado estructural.

La metodología usada para el diseño de muros de albañilería así como sus arriostres se hará mediante el uso de la norma E0.70 donde se explica todos pasos y parámetros a tener en cuenta a la hora de diseñar, para el análisis sísmico mediante el modelado de pórticos planos se realizaran metrados de carga manualmente en Excel así como otros cálculos necesarios que fueron introducidos en el programa computacional SAP 2000, en cambio para el análisis sísmico mediante el modelado de elementos finitos solamente se usará el programa ETABS 2016 definiendo el tipo de materiales, secciones, casos de sismo y fuentes de masa (mass source), una vez obtenido los pesos y resultados de análisis sísmico como desplazamientos y fuerzas internas éstos se compararán haciendo uso de un cuadro comparativo y calculando la diferencia en porcentajes respecto al modelado de elementos finitos.

La presente tesis se divide los 7 capítulos siguientes: Capítulo I Aspectos Generales en donde se formularan el problema e hipótesis así como la justificación del problema y los objetivos, Capítulo II Marco teórico de la investigación donde aparecen los antecedentes nacionales e internacionales así como los fundamentos teóricos necesarios para comprender este tema de investigación, Capítulo III Metodología donde se menciona el diseño, la muestra, instrumentos usados y el procedimiento de los pasos seguidos para la realización de esta tesis mostrados en un diagrama de flujo , Capítulo IV Desarrollo de la investigación que será el capítulo es el más extenso de todos, aquí se presentará el desarrollo paso a paso de las técnicas de modelado estructural y análisis sísmico estático así como sus resultados las cuales serán comparadas mediante tablas y al final se realizará el diseño estructural de la edificación usando la metodología descrita en la norma E.070, Capítulo V Discusión, en este capítulo se

compararan los resultados obtenidos en esta tesis con las tesis y trabajos de investigación señalados en los antecedentes, Capítulo VI Conclusiones y recomendaciones y Capítulo VII Bibliografía.

CAPÍTULO I:

ASPECTOS GENERALES

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la ciudad de Tacna, así como en todo el Perú existe un 55.8% de construcciones de albañilería confinada como lo menciona el INEI “Los Censos Nacionales 2017, revelaron que 4 millones 298 mil 274 de viviendas particulares (55,8%) tienen en sus paredes exteriores como material predominante el ladrillo o bloque de cemento” [El Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI \(2018\)](#), de las cuales un 80% son por autoconstrucción es decir no cuentan con un análisis sísmico ni con un adecuado diseño estructural para este tipo de edificaciones como lo mencionó la ex decana del Colegio de Arquitectos de Lima, la Arq. Shirley Chilet en unas declaraciones brindadas a la radio RPP Noticias: “El 80% de las viviendas construidas en todo el Perú es producto de la autoconstrucción, es decir, no tienen supervisión técnica en todo su proceso. El propietario construye con la asistencia de un maestro de obra, pero no hay un ingeniero civil ni arquitecto” [Chilet \(2017\)](#).

Con respecto al terremoto del 23 de junio del año 2001 ocurrido en el sur del Perú. según el informe sobre el reconocimiento del 27 al 30 de agosto del 2001 en Tacna, Moquegua y Arequipa se menciona lo siguiente sobre las construcciones de albañilería:” En construcciones que se tomaron en cuenta las características del suelo, el diseño estructural, el diseño arquitectónico y supervisión, y la mano de obra calificada, no se muestran daños o solamente de tipo leve. En aquellas en que no se tomaron en cuenta esas características, por el contrario, sufrieron daños ya sea en construcciones con albañilería de bloquetas de concreto (Tacna) o

con ladrillos de arcilla (Tacna y Moquegua).” [Jürg Hammer, Carlos Zavala Toledo, Roberto Sánchez Recuay \(2001\)](#).

Cabe mencionar que nos encontramos ubicados en una zona de alto peligro sísmico debido a que Tacna se ubica próxima a dos zonas de silencio sísmico: una frente a la región misma y a Moquegua, y otra al norte del vecino territorio de Chile [Instituto Geofísico del Perú IGP \(2021\)](#), por lo que es de suma importancia realizar un adecuado diseño estructural en las viviendas.

También se debe mencionar que existen varias técnicas de modelado, así como programas de cálculo estructural, en esta tesis se compararan los resultados de 2 técnicas de modelado junto al uso de programas de cálculo para el análisis sísmico estático y estas son: modelado por pórticos planos en el programa sap2000 y modelado por elementos finitos en el programa ETABS 2016 y que en la currícula universitaria de ingeniería civil de la UNJBG no se lleva un curso de diseño estructural en albañilería confinada por ello esta tesis servirá de guía para los estudiantes e interesados.

1.1.1. Problema general

- ¿De qué manera se realiza el diseño estructural de una vivienda multifamiliar para la ciudad de Tacna y que diferencia existe entre las dos técnicas de modelaje más usados por estudiantes e ingenieros en los programas ETABS 2016 y SAP 2000 para el análisis sísmico estático?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Como es el diseño estructural de una vivienda multifamiliar de albañilería confinada para la ciudad de Tacna?

- ¿Como es el análisis sísmico estático de una edificación de una vivienda multifamiliar de albañilería confinada en la ciudad de Tacna usando la técnica de modelado de pórticos planos en el programa SAP 2000?
- ¿Como es el análisis sísmico estático de una vivienda multifamiliar de albañilería confinada en la ciudad de Tacna usando la técnica de modelado de elementos finitos en el programa ETABS 2016?
- ¿Cuál es la diferencia entre el procedimiento y los resultados obtenidos entre la técnica de modelado de pórticos planos en el programa SAP 2000 y la técnica de modelado de elementos finitos en el programa ETABS 2016?

1.2. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

1.2.1. Hipótesis general

El diseño de una vivienda multifamiliar para la ciudad de Tacna se realiza siguiendo las pautas expuestas en la norma E.070 Albañilería, también haciendo uso de la norma de E.020 Cargas y con las limitaciones mostradas en la norma E.030 Diseño sismorresistente. La diferencia de los resultados del análisis sísmico estático entre el modelado por pórticos planos hecho en SAP 2000 y el modelado por elementos finitos hecho en ETABS 2016 no es significativo pero la eficiencia en horas de trabajo del segundo método es mayor al del primero.

1.2.2. Hipótesis específicas

- Para la elaboración del diseño estructural de una vivienda multifamiliar para la ciudad de Tacna primero se debe realizar la estructuración de dicha edificación, luego un metrado de cargas usando la norma E.020 Cargas, seguido de un análisis sísmico estático usando la norma E.030 Diseño sismorresistente y para finalizar haciendo uso de los resultados del

análisis sísmico se realiza el diseño estructural siguiendo las pautas expuestas en la norma E.070 Albañilería.

- El análisis sísmico estático usando la primera técnica de modelado por pórticos planos hechos en SAP2000 se realiza primero realizando un metrado de cargas detallado de forma manual (utilizando Microsoft Excel) para calcular el peso por piso y total, luego se calculan la fuerza de inercia ante el sismo moderado y severo en cada piso, siguiendo con la transformación de las secciones de concreto armado a equivalentes de muros de albañilería para proseguir con la definición de los pórticos planos las cuales son unidas al diafragma rígido haciendo uso del programa sap2000 y finalmente calcular los desplazamientos laterales, distorsiones, regularidad torsional, periodos de vibración y fuerzas internas.
- El análisis sísmico estático usando la segunda técnica de modelado por elementos finitos hechos en ETABS 2016 se realiza de una manera más rápida iniciando con el modelado de la edificación es decir dibujar los elementos estructurales en el programa muros, vigas, losas, columnas, escaleras, etc. El metrado de cargas lo realiza el programa automáticamente, también se une los elementos de cada nivel mediante el diafragma rígido, finalmente con los datos ingresados según la ubicación del proyecto y demás parámetros sísmicos se realiza en análisis sísmico estático obteniendo como resultado los desplazamientos laterales, distorsiones, regularidad torsional, periodos de vibración y fuerzas internas.
- La diferencia entre los resultados obtenidos entre estos dos métodos de análisis sísmicos hechos en los programas sap2000 y ETABS 2016 no es tan significativa, los valores son muy cercanos pero en lo que si cambia es en la rapidez del análisis estructural en general, en ETABS 2016 y con un modelaje por elementos finitos el análisis se hace en un tiempo

muy rápido mientras que en SAP 2000 con la técnica de pórticos planos si lleva un tiempo considera aunque cabe recalcar que este método es analítico y no tan mecánico como el anterior.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1. En el aspecto sísmico

Nuestro país Perú presenta su actividad sísmica debido al proceso de convergencia de la placa de Nazca bajo la Sudamericana, esta zona de subducción es denominada “El cinturón de Fuego del Pacífico” la cual ha ocasionado múltiples sismos de gran magnitud en varios países incluido el Perú, según el historial sísmico de nuestro país se puede señalar que estamos ubicados en una zona altamente sísmica. La ciudad de Tacna experimenta varios sismos por año como también experimento terremotos como el del 23 de junio del 2001, es por ello de la importancia de esta investigación ya que será una guía para ingenieros y estudiantes en el análisis sísmico de construcciones de albañilería confinada.

1.3.2. En el aspecto de construcción

Las construcciones de albañilería confinada a la fecha presentan graves problemas constructivos debido a la informalidad con la que se construyen tanto aquí en Tacna como en todo el Perú. El terremoto del 23 de junio de 2001 afecto a la ciudad de Tacna en su mayoría a este tipo de construcciones, es importante mencionar que el 80% de las viviendas construidas en el Perú son producto de la autoconstrucción, en otras palabras, el propietario construye con la asistencia de un maestro de obra, pero no hay un ingeniero civil ni arquitecto. Otra causa a este problema es que el egresado de la carrera de ingeniería civil no es capaz de realizar el análisis y diseño de este tipo de estructuras debido a que en algunas universidades no se

contempla este curso, este es el caso de la UNJBG, es por ello de la importancia de este trabajo de investigación que servirá de guía a cualquier interesado.

1.3.3 En el aspecto teórico - práctico

En el tema de análisis sísmico de estructuras de albañilería confinada se conocen dos métodos muy utilizados, el primero es mediante la técnica de pórticos planos en el programa SAP 200 y la segunda es mediante la técnica de elementos finitos en el programa ETABS 2016, debido a esto se presentan las siguientes interrogantes ¿Cuál es el más rápido? ¿Cuál método es mejor? ¿Los resultados varían demasiado? He aquí la importancia de esta tesis ya que ayudara a ampliar sus conocimientos a estudiantes interesados en este tema y a escoger cual método les resulta más práctico.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

- Realizar el diseño estructural de una vivienda multifamiliar para la ciudad de Tacna y que hallar la diferencia de resultados entre las dos técnicas de modelaje más usados por estudiantes e ingenieros en los programas ETABS 2016 y SAP 2000 para el análisis sísmico estático.

1.4.2. Objetivos específicos

- Hacer el diseño estructural de una vivienda multifamiliar de albañilería confinada para la ciudad de Tacna.
- Hacer el análisis sísmico estático de una edificación de una vivienda multifamiliar de albañilería confinada en la ciudad de Tacna usando la técnica de modelado de pórticos planos en el programa SAP 2000.

- Hacer el análisis sísmico estático de una vivienda multifamiliar de albañilería confinada en la ciudad de Tacna usando la técnica de modelado de elementos finitos en el programa ETABS 2016.
- Encontrar la diferencia de procedimiento y resultado entre estas 2 formas de análisis sísmico estático.

CAPITULO II:

MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes Nacionales

1. Segundo Velayarce Llanos, “Análisis y diseño estructural de un edificio de vivienda multifamiliar de cuatro pisos más azotea de albañilería confinada ubicado en el Jr. Santa Rosa S/N, distrito de la Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín”, Tesis para optar el título de Ingeniería Civil-UNSM. Tarapoto, Perú 2019. Conclusión relevante: Realizado el diseño de los elementos estructurales resistentes que conforman la estructura del edificio ante cargas muertas, vivas y de sismo el cual se hizo cumpliendo con las exigencias de las Normas Técnicas vigentes. Respecto a los muros portantes de albañilería confinada cumplen por resistencia frente a cargas axiales, así como por sismo moderado y por resistencia al cortante global. La losa de cimentación calculada de manera manual y con la ayuda del SAP2000 los resultados son óptimos presenta mejor comportamiento con la inclusión de los dientes de confinamiento o vigas de cimentación de concreto armado. Se homogenizó la mejor distribución de acero mejorando el proceso constructivo de esta etapa. La secuencia de diseño de los confinamientos puede programarse fácilmente en una hoja Excel.

2. Luis Miguel Alexis Hernández Pinedo, “Diseño estructural de un edificio de vivienda de albañilería confinada”, Tesis para optar el título de Ingeniería Civil- PUCP. Lima, Perú 2012. Conclusión relevante: La cultura de construcción informal que nos rodea actualmente, tiende a levantar alféizares y tabiques de albañilería sin elementos de arriostre (columnetas y vigas

soleras). Al realizar el cálculo de diseño por carga sísmica perpendicular al plano en esta tesis, se comprueba la importancia del arriostramiento como fuente vital de la resistencia de estos elementos.

3. Monroy Ccolque, Joel, “Comparación de resultados del análisis estructural obtenidos según Etabs y Robot para una vivienda multifamiliar de albañilería confinada, Marcapata-Cusco-2021”, Tesis para optar el título de Ingeniería Civil- UNCV. Callao, Perú 2021. Conclusión relevante: Al trabajar con programas como ETABS Y ROBOT en los cuales se realizó el modelamiento de la estructura se consiguió el diseño de los elementos estructurales cumpliendo con la Norma E.030. que los programas empleados no presentan abismales divergencia alguna en el diseño ya que las dimensiones en las secciones son semejantes entre sí, Porque la edificación tiene elementos estructurales de secciones transversales similares, podemos concluir que los programas utilizados en el diseño y análisis estructural no poseen gran diferencia en porcentaje y su error este rango permitido por lo que se decimos que se alcanzó el objetivo deseado.

4. Edwin Leyniker Carrasco Zurita, José Ronald Villanueva Livaque, “Modelado estructural y diseño sísmico de una edificación de albañilería confinada de 3, 4 y 5 niveles para la ciudad de Jaén”, Tesis para optar el título de Ingeniería Civil- UNJ. Jaén, Perú 2019. Conclusión relevante: Se logra el modelado estructural de una vivienda típica de 3, 4 y 5 niveles con dimensiones racionales en los ambientes, que puede servir de referencia para constructores de la ciudad de Jaén con el diseño estructural adecuado para resistir con la eficiencia que plantean las normas, las cargas laterales que induce el sismo en la zona.

5. Enrique Lazo, Ángel San Bartolomé y Alejandro Muñoz, “Sensibilidad en la Respuesta Sísmica de un Edificio de Albañilería Armada por Efectos del Modelaje Estructural”, Blog de Ángel San Bartolomé, Lima – Perú 2007. Conclusión relevante: Como conclusión final se tiene que la técnica tradicional de Pórticos Planos, que es la que se ha venido usando hasta el momento para el análisis sísmico de edificios de albañilería, proporciona resultados no muy distintos a los generados por el modelo Patrón de elementos finitos, inclusive los resultados se encuentran del lado de la seguridad, por lo que dada su sencillez puede seguirse utilizando la técnica tradicional de modelaje estructural, sin la necesidad de interconectar a los pórticos.

2.1.2. Antecedentes Internacionales

1. Juan Carlos Sánchez Juárez, “Comparación del análisis y diseño de un edificio de mampostería confinada, empleando el análisis sísmico estático y dinámico”, Tesina para optar el Grado de Especialista en Estructuras- UNAM. Ciudad de México, México 2018. Conclusión relevante: De las fallas reportadas en los temblores recientes como el del 19 de septiembre del 2017(S19), se pudo observar la importancia de que las edificaciones y en particular las de mampostería, requieren tener una sana estructuración, proporcionando un balance adecuado en la densidad de muros en dos direcciones ortogonales; además de poseer una distribución regular de cargas verticales para garantizar un buen comportamiento ante eventos sísmicos intensos que puedan ocurrir durante su vida útil. En caso de que, por cuestiones arquitectónicas y/o limitantes de espacio, no sea posible evitar direcciones sismorresistentes débiles, es altamente recomendable poder incorporar, en esa dirección, elementos con mayor resistencia como son muretes o pequeñas columnas de concreto (mochetas) o bien, incrementar su resistencia mediante el uso de mallas de acero de alta resistencia (malla electrosoldada) que cubran las caras del muro y rodeen sus bordes.

2. Washington Steven Martínez Loor, “Influencia del empleo de ladrillo artesanal de Guayaquil en el comportamiento sísmico de edificaciones de albañilería confinada de mediana altura”, Tesis para optar el título de Ingeniería Civil- Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador 2018. Conclusión relevante: La arquitectura jugó un papel muy importante a la hora de pre dimensionar y configurar estructuralmente la edificación, ya que al emplear la ecuación 19.2b de la norma E.070 se determinó que: al incrementar el número de piso aumenta la demanda en los muros, aumentado la cantidad de muros en cada sentido o variando el espesor del mismo. Esto se pudo constatar al revisar el comportamiento de la edificación y hacer el respectivo control de deriva.

3. Jhoana Natalie Martínez Carranza, Karina Maribel Martínez Curipoma, “Construcción con Mampostería Confinada”, Tesis para optar el título de Ingeniería Civil- Universidad Católica de Loja. Loja, Ecuador 2008. Conclusión relevante: Realizan el diseño arquitectónico de cinco viviendas y lo modelan en el programa de elementos finitos Etabs, para representar las respectivas propiedades de los materiales de mampostería. Adicional se modelan las mismas edificaciones con el método tradicional de estructuras de hormigón armado y mampostería de relleno. También presenta un análisis comparativo del costo para cada vivienda construida con el método tradicional y con el método de mampostería confinada. Concluyen que el costo de la construcción del sistema de mampostería confinada resulta ser un poco más barato. También concluyen que, resulta complicado se adapte el sistema de mampostería confinada en el Ecuador por la poca experiencia.

4. Luis Octavio Arias Cando, Giovanni Eduardo Mejía Ayala, Danilo Martín Mora Calvopiña, Freddy Santiago Rivadeneira Flores, Daysi Karina Santiana Cualchi, “Investigación del comportamiento mecánico y elástico de mamposterías con resistencia

estructural para ser utilizadas en la construcción de viviendas de un piso y proyección de dos”, Tesis para optar el título de Ingeniería Civil- Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador 2012. Conclusión relevante: Analizan la falta de trabajos de investigación (en el Ecuador) de resistencia estructural en sistemas de mampostería. Su propuesta es un sistema, el cual incluye tres tipos de bloques de hormigón, acero de refuerzo y mortero. Resaltan sus ventajas técnicas y costos de construcción. Su desarrollo gira en torno a los diferentes ensayos realizados y los resultados obtenidos como aporte estructural. Finalizan modelando una vivienda en SAP-200 e incluyen plano arquitectónico, estructural y sanitario. Concluyen con un sistema que presenta excelentes respuestas, aunque en los marcos de ventanas y dinteles de puertas, disminuye el desempeño estructural.

5. José Alberto Talín Peza, “Análisis y diseño de un edificio de mampostería en la ciudad de México”, Tesis para optar el título de Ingeniería Civil- UNAM. Ciudad de México, México 2017. Conclusión relevante: Para el análisis y diseño estructural de una edificación de mampostería en la ciudad de México es muy importante tener el conocimiento de los materiales a emplear, los procedimientos constructivos, la clasificación de la estructura, la zonificación sísmica, las cargas gravitacionales que actuaran sobre la estructura, el comportamiento estructural de la misma como son deformaciones tanto verticales como laterales, esto con la finalidad de que la edificación tenga un diseño seguro, económico y funcional.

2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.2.1. Albañilería Confinada

2.2.1.1. ¿Qué es la albañilería confinada?

Según las siguientes fuentes bibliográficas la albañilería confinada se define como:

- a) Albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. La cimentación de concreto se considerará como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel [Reglamento Nacional De Edificaciones \(2020\)](#).
- b) La Albañilería Confinada se caracteriza por estar constituida por un muro de albañilería simple enmarcado por una cadena de concreto armado, vaciada con posterioridad a la construcción del muro. Generalmente, se emplea una conexión dentada entre la albañilería y las columnas; esta conexión es más bien una tradición peruana, puesto que en Chile se utiliza una conexión prácticamente a ras que tuvo un buen comportamiento en el terremoto de 1985. El pórtico de concreto armado, que rodea al muro, sirve principalmente para darle ductilidad al sistema; esto es, para otorgarle capacidad de deformación inelástica, incrementando muy levemente su resistencia, por el hecho de que la viga ("solera", "viga collar", "collarín" o "viga ciega") y las columnas son elementos de dimensiones pequeñas y con escaso refuerzo. Adicionalmente, el pórtico funciona como elemento de arriostre cuando la albañilería se ve sujeta a acciones perpendiculares a su plano [Ángel San Bartolomé \(1994\)](#).
- c) La albañilería confinada es un sistema de construcción que resulta de la superposición de unidades de albañilería unidas entre sí por un mortero formando un conjunto

monolítico llamado muro. El mortero está conformado por cemento, arena gruesa y agua.

La albañilería confinada se origina cuando al muro se le coloca en todo su perímetro elementos de concreto armado, con la finalidad de hacerlo más resistente frente a movimientos sísmicos.

La albañilería confinada es aquella formada por losas aligeradas, macizas apoyadas en muros de ladrillo, en cuyo perímetro se ha colocado elementos de concreto armado.

Los elementos de concreto armado llamados confinamientos son de dos tipos: los verticales, conocidos como “columnas de amarre” y las horizontales conocidos como “vigas de amarre”, vigas soleras o vigas collar.

En estas estructuras los muros son portantes de cargas de gravedad (verticales) y de cargas sísmicas (horizontales).

Este tipo de estructura es la que más se usa en el Perú en las zonas urbanas, en la construcción de viviendas y edificios medianos hasta de cinco pisos [Tomás Flavio Abanto Castillo \(2017\)](#).

2.2.1.2. Componentes de la albañilería confinada

[Tomás Flavio Abanto Castillo \(2017\)](#) menciona los siguientes componentes de la albañilería confinada:

A) Unidad de albañilería:

Las unidades de albañilería a las que se refiere la norma E.070 son ladrillo y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima. Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial.

Ladrillo: Unidad cuya dimensión y peso permite que sea manejada con una sola mano en el proceso constructivo del muro.

Bloque: Unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su traslado y asentado.

Tipos de ladrillo:

En el Perú existen una variedad de ladrillos que se utilizan para construir muros de albañilería.

- a) Unidad de albañilería solida o maciza: Los ladrillos solidos o macizos son aquellas que pueden tener o no orificios. Si tienen orificios estas deben ser necesariamente perpendiculares a la cara de asiento y el área que ocupan no debe ser mayor del 30% del área bruta de la cara de asiento y son los que deben utilizarse para la construcción de los muros portantes.

De acuerdo con la norma E.070, los ladrillos para muro portantes, se pueden clasificar en 5 clases según su resistencia a la compresión ($f'b$). El ladrillo II por su baja resistencia corresponde a un King Kong de fabrica artesanal y el ladrillo IV corresponde a un King Kong de fabricación industrial (ver tabla N.º 01)

Tabla 1

Clase de unidad de albañilería para fines estructurales

CLASE	VERIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)	ALABEO (máxima en mm)	RESISTENCIA	
			CARACTERISTICA COMPRESIÓN	A
			fb mínimo en Mpa (kg/cm2) sobre área bruta	

	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9.3(95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17.6(180)
Bloque P	± 4	± 3	± 2	4	4.9(50)
Bloque NP	± 7	± 6	± 4	8	2(20)

Fuente: Reglamento Nacional De Edificaciones, 2020.

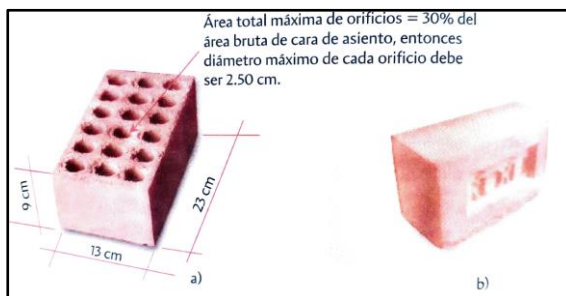
El ladrillo denominado King Kong 18 huecos de fabricación industrial debe ser utilizado para construir **muros portantes** siempre y cuando el área total de los orificios no exceda del 50% del área de asiento, en las zonas sísmicas 1, 2, 3 y 4.

El ladrillo sólido artesanal solo puede utilizarse para construir muros portantes en la zona sísmica 1.

Las dimensiones promedio del ladrillo King Kong 18 huecos es: largo (L) = 23 cm; ancho (A): 13 cm y altura (H): 9 cm.

Figura 1

Ladrillo King Kong 18 huecos industrial y King Kong artesanal



Fuente: Tomás Flavio Abanto Castillo, 2017.

- b) Unidad de albañilería hueca: en estos ladrillos los orificios son también necesariamente perpendiculares a la cara del asiento y el área que ocupan es mayor al 30 % del área bruta de la cara de asiento; cada orificio tiene dimensiones pequeñas y no permiten llenarlos con concreto fluido.

La norma E.070 no especifica el límite del porcentaje mayor al área bruta.

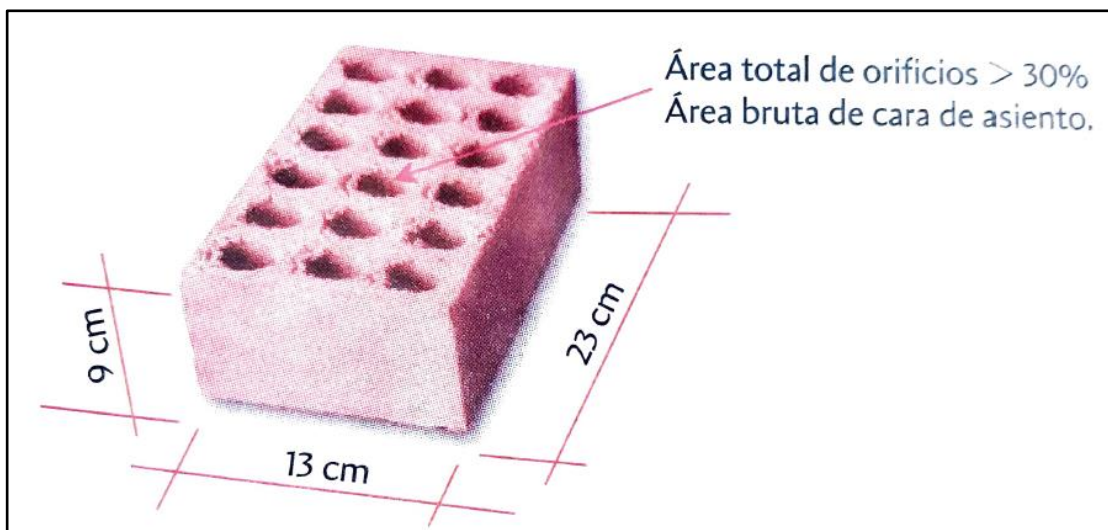
Las unidades huecas solamente se pueden utilizar para construcción de muros portantes en la zona sísmica 1 para un máximo de cinco pisos.

En el resto de zonas sísmicas 2,3 y 4 solo se puede utilizar para la construcción de muros no portantes.

Cabe indicar que no la practica este tipo de unidad de albañilería es la más empleada en las edificaciones, en la construcción de muros portantes; cuando su uso no corresponde de acuerdo a la norma E.070 albañilería.

Figura 2

Ladrillo hueco



Fuente: Tomás Flavio Abanto Castillo, 2017.

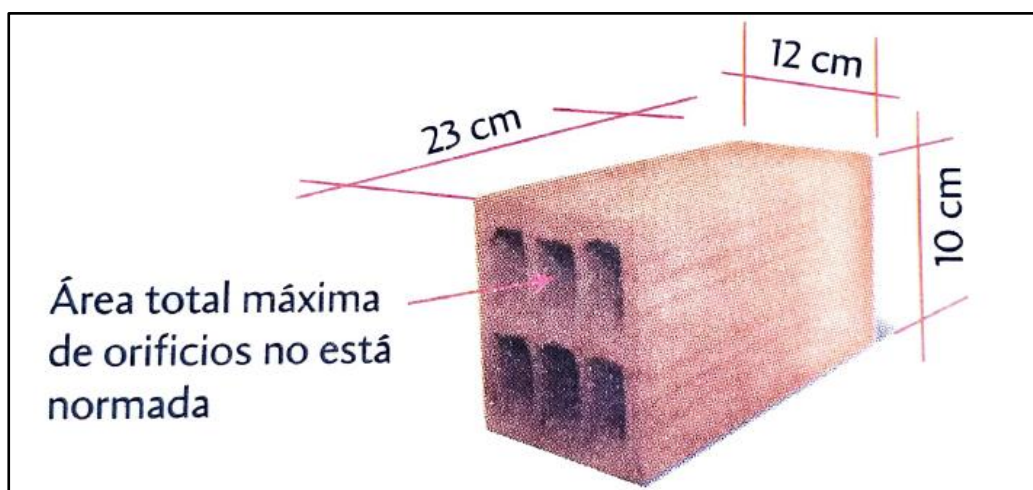
Unidad de albañilería tubular (pandereta): a diferencia de los casos anteriores, en estos ladrillos los orificios son paralelos a la cara de asiento. El área que ocupan estos orificios con respecto a la cara de asiento no está considerada en la norma E.070.

El ladrillo denominado “pandereta”, tiene como dimensiones promedio largo (L) = 23 cm; ancho (A): 12 cm y altura (H): 10 cm.

El ladrillo pandereta se puede utilizar para la construcción de **muros no portantes** en las zonas sísmicas 2,3,4 y para muros portantes solo en la zona sísmica 1 hasta un máximo de 2 pisos, de acuerdo a lo establecido en la norma E.070.

Figura 3

Ladrillo pandereta.



Fuente: Tomás Flavio Abanto Castillo, 2017.

Tabla 2

Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales.

TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3	ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos
		Muro portante en todo edificio

Sólido Artesanal	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Si	Sí, hasta dos pisos	Sí
	Si	Si	Si
Alveolar	Celdas totalmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

Fuente: Reglamento Nacional De Edificaciones, 2020.

Tabla 3

Resistencias características de la albañilería Mpa (kg / cm²)

Materia Prima	Denominación	UNIDAD f'b	PILAS f'm	MURETES v'm
	King Kong Artesanal	5.4 (55)	3.4 (35)	0.5 (5.1)
Arcilla	King Kong Industrial	14.2 (145)	6.4 (65)	0.8 (8.1)
	Rejilla Industrial	21.1 (215)	8.3 (85)	0.9 (9.2)
	King Kong Normal	15.7 (160)	10.8 (110)	1.0 (9.7)
Sílice-cal	Dédalo	14.2 (145)	9.3 (95)	1.0 (9.7)
	Estándar y mecano (*)	14.2 (145)	10.8 (110)	0.9 (9.2)
		4.9 (50)	7.3 (74)	0.8 (8.6)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	6.4 (65)	8.3 (85)	0.9 (9.2)

	7.4 (75)	9.3 (95)	1.0 (9.7)
	8.3 (85)	11.8 (120)	1.1 (10.9)

Fuente: Reglamento Nacional De Edificaciones, 2020.

B) Mortero

Es un adhesivo que se utiliza para pegar los ladrillos entre sí, durante el asentado. La función principal del mortero es pegar o unir entre si los ladrillos; es decir, actuando como un adhesivo siendo esta su propiedad más importante. A mayor adhesividad mayor será la resistencia a la tracción del muro de albañilería.

La cantidad adecuada de agua de amasado de las mezclas para asentado de ladrillos es aquella que asegure la efectiva adherencia entre el mortero y los ladrillos, y a la vez, confiera al mortero la necesaria trabajabilidad.

Los componentes del mortero son el cemento portland, la arena gruesa y el agua potable.

Tabla 4

Proporciones para la preparación de mortero

TIPO	CEMENTO	ARENA GRUESA (A.G.)	USOS	MEDICIÓN PRÁCTICA
P1	1	3 a 3.5	Muros portantes	1 bolsa cemento / 1 buggy A.G.
P2	1	4 a 5	Muros portantes	1 bolsa cemento / 1.5 buggy A.G.
NP	1	Hasta 6	Muros no portantes	1 bolsa cemento / 2 buggy A.G.

Fuente: Tomás Flavio Abanto Castillo, 2017.

C) Acero:

Las **barras de construcción** son barras de acero corrugado rectas de sección circular con resaltes que permiten una alta adherencia con el concreto. En el Perú las empresas SIDERPERU y ACEROS AREQUIPA S.A. producen las barras de construcción de grado 60 con un punto de fluencia de 4200 kg/cm², valor que en los planos de proyecto se indica como f_c .

Se utilizan en forma combinada con el concreto, para la construcción de elementos estructurales tales como: vigas, columnas, zapatas, losas, etc.; de tal manera que el acero resiste los esfuerzos de tracción y el concreto los de compresión.

En nuestro país SIDERPERU y ACEROS AREQUIPA S.A. son las empresas que producen las barras de construcción con una longitud de 9 m en los diámetros siguientes: 6mm, 8 mm, 3/8", 12 mm, 1/2", 5/8", 3/4", 1" y 1 3/8". ACEROS AREQUIPA S.A. produce barras de 12 m de longitud en diámetro: 1 3/8-2. En la siguiente tabla se muestran las características importantes de las barras.

Tabla 5

Características importantes de las barras de acero corrugado

N.º	Diámetro		Sección		Perímetro nominal	Peso nominal	Barra (kg)	Long. (m)	Límite de fluencia f_y (kg/cm ²)	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)
	pulg	mm	mm ²	cm ²						
	6		28	0.28	18.8	0.222	1.980	9	4200	6330

	8	50	0.5	25.1	0.395	3.555
3	3/8"	71	0.71	17.2	0.56	5.040
	12	113	1.13	21.3	0.888	7.992
4	1/2"	129	1.29	26.9	0.994	8.946
5	5/8"	199	2	33.7	1.552	13.968
6	3/4"	284	2.84	42.4	2.235	20.115
8	1"	510	5.1	48.3	3.973	35.757
11	1 3/8"	1006	10.6	60.3	7.907	71.163

Fuente: Tomás Flavio Abanto Castillo, 2017.

D) Concreto:

Definición: El concreto es una mezcla de cemento Portland, arena gruesa, piedra chancada y agua en proporciones adecuadas de acuerdo a la resistencia que se quiere obtener.

La propiedad que determina la calidad del concreto es su resistencia a la compresión que se mide en kg/cm² y su valor se indica en los planos de proyectos con la abreviatura (6).

El concreto es un componente principal de la albañilería confinada, su elaboración debe ser cuidadosamente supervisada. Las pequeñas dimensiones de las columnas, Los ganchos de estribos y su conexión dentada con la albañilería que puede ser a ras una longitud de 5 cm como máximo de la unidad saliente, hacen que el concreto debe tener un alto revenimiento (6") y piedras menores de 1/2" con una buena técnica de vibración, a fin de evitar cangrejas, las mismas que pueden disminuir la resistencia al corte del muro hasta en 50%.

El uso de concreto premezclado es de gran utilidad pues garantiza la calidad del producto y puede utilizarse sin restricciones en cualquier elemento de la albañilería confinada, como cimentación, columnas, vigas o techo. Generalmente su uso mayor es en el último elemento

mencionado por la cantidad a utilizar en los vaciados ya que las cantidades de concreto en los confinamientos son mucho menores.

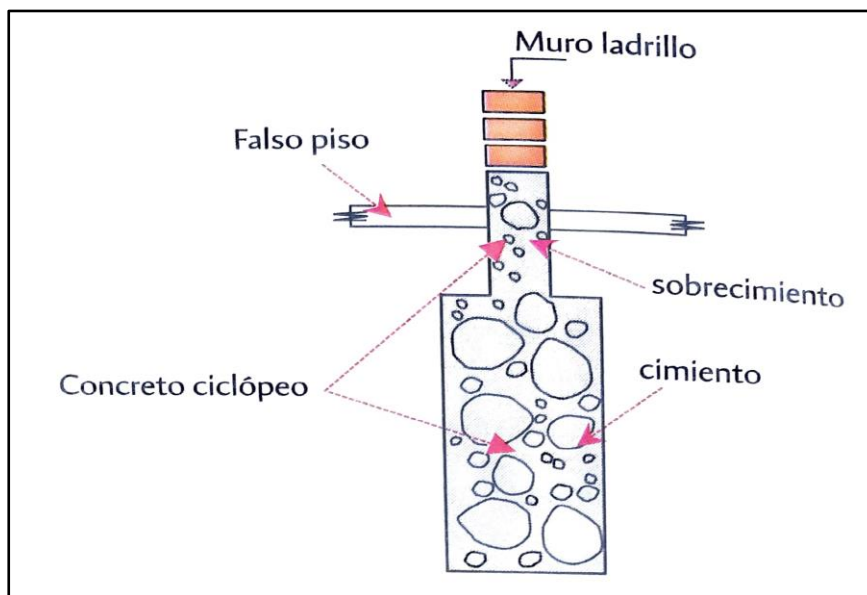
Concreto en albañilería confinada: En estructuras de albañilería confinada generalmente se utilizan el concreto ciclópeo y el concreto armado.

- a) Concreto ciclópeo: Es una mezcla de cemento, hormigón y piedra. Este tipo de concreto se usa en la construcción de cimientos y sobrecimientos.

Es conveniente que algunas piedras grandes sobresalgan del cimientto por encima del eje del sobrecimiento, para efectos de anclaje del cimientto- sobrecimiento. Es indispensable que la cara horizontal del sobrecimiento esté nivelada.

Figura 4

Cimiento de concreto ciclópeo



Fuente: Tomás Flavio Abanto Castillo, 2017.

Tabla 6*Proporciones para cemento y sobrecimiento.*

ELEMENTOS ESTRUCTURALES	PROPORCIONES		PIEDRA	PIEDRA	f'c	MEDICIÓN
	CEMENTO	HORMIGÓN	GRANDE	MEDIANA	(kg/cm ²)	PRÁCTICA
Cimiento	1	10	30% del volumen a vaciar, diámetro hasta 6" máximo		80	1 bolsa cemento/3 1/3 buggies de hormigón
Sobrecimiento	1	8		25% del volumen a vaciar, diámetro hasta 3" máximo	100	1 bolsa cemento 2,5 buggies de hormigón

Fuente: Tomás Flavio Abanto Castillo, 2017.

- b) Concreto armado: En estructuras de albañilería confinada, el concreto de los elementos de confinamiento tendrá una resistencia a la compresión ($f'c$) mayor o igual a 175 kg/en", esto se debe a que son los muros de albañilería los elementos que van a soportar las cargas verticales y horizontales (sismo). Otros elementos estructurales como, por ejemplo, losas aligeradas pueden tener un mínimo de 210 $f'c/cm^2$.

2.2.1.3. Muros portantes y elementos de confinamiento

Tomás Flavio Abanto Castillo (2017) menciona los siguientes sobre los muros portantes y elementos de confinamiento:

A) Muros portantes:

Introducción: La albañilería simple es resistente frente a cargas verticales originan esfuerzos de compresión; pero cuando las fuerzas son laterales producto del viento o sismo que originan esfuerzos de tracción, entonces su resistencia es mínima. Para superar esta deficiencia es necesario reforzar la albañilería simple.

La albañilería confinada nace al reforzar la albañilería simple en todo su perímetro con elementos de concreto armado llamados confinamientos; los cuáles al construirse llenando el concreto con el paño ya asentado garantizan un comportamiento monolítico de ambos materiales estructurales. De esta manera se ha obtenido el llamado muro portante confinado el cual podrá estar solicitado por cargas verticales y horizontales en áreas sísmicas o en otras palabras sometido a esfuerzos de compresión, tracción y cortes.

Los confinamientos horizontales reciben el nombre de vigas soleras o vigas collar y a los verticales se los denomina columnas de amarre. Cuando un muro confinado está sometido a cargas laterales perpendiculares a su plano, la función de los confinamientos es arriostrar al muro, actuando como apoyo.

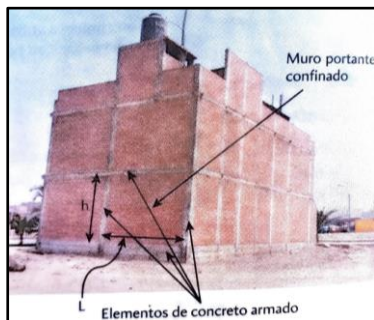
Requisitos a cumplir: Para que un muro portante de una edificación diafragmado, sometido a cargas verticales y/o cargas laterales sea considerado como muro confinado, debe cumplir necesariamente los siguientes requisitos en forma simultánea:

- Continuidad vertical hasta la cimentación.

- Longitud mayor o igual a 1,20 m ($L \geq 1,20$ m).
- Debe estar rodeado en sus cuatro lados por elementos de concreto armado verticales (columnas) y horizontales (vigas soleras), aceptándose la cimentación de concreto como elemento de refuerzo horizontal para el caso de los muros ubicados en el primer piso.
- La distancia máxima entre ejes (L) de las columnas de confinamiento será 2 veces la distancia libre entre elementos horizontales de refuerzo (h) ($L/h \leq 2$) o máximo 5m.

Figura 5

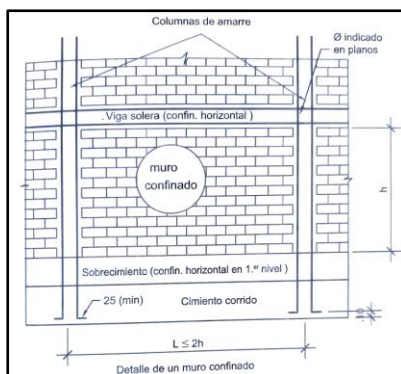
Edificio con muros portantes confinados



Fuente: Tomás Flavio Abanto Castillo, 2017.

Figura 6

Detalle de muro portante confinado



Fuente: Tomás Flavio Abanto Castillo, 2017.

- El espesor efectivo (t) mínimo debe ser igual a $t \geq h/20$; donde h distancia vertical libre entre los elementos de arriostre horizontales: para las zonas sísmicas 2, 3 4. Para la zona sísmica I se puede tomar $t > h/25$.

- Debe ser construido con unidades de albañilería de acuerdo a la tabla N.º 02.

B) Elementos de confinamiento:

El confinamiento de los muros portantes mediante columnas y vigas soleras es fundamental para que los muros soportan las fuerzas inducidas por el sismo, las columnas y las vigas soleras deben construirse después de haber levantado en su totalidad el muro portante que van a confinar. Todos los muros y vanos de la estructura deben amarrarse entre sí mediante vigas soleras en la parte superior de los mismos, que actuarán en forma monolítica con la losa.

a) Columnas:

Las columnas de amarre influyen en la resistencia a carga vertical de los muros, porque absorben una fracción de esta que se transmite al muro, y porque su rigidez disminuye las deflexiones laterales del mismo. En el análisis estructural no se toma en cuenta la contribución de las columnas de amarre, obteniéndose así un factor de seguridad adicional.

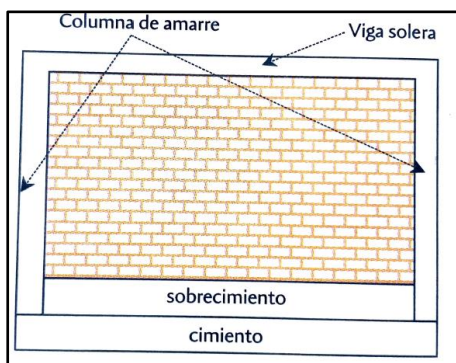
El efecto de las columnas de amarre sobre la resistencia a la flexión de los muros es considerado tanto cuando está activa en el plano del muro como cuando lo hace en dirección perpendicular a este.

La resistencia al volteo del conjunto es debido casi exclusivamente a la flexión de las columnas de amarre, y que la contribución del muro puede despreciarse debido a la reducida resistencia a la tensión de la albañilería.

La contribución de las columnas de amarre es importante en cuanto a la flexión en el plano del muro, ya que el conjunto funciona como una armadura en la cual las columnas en los extremos forman las cuerdas de tracción y compresión, y el muro constituye una diagonal en compresión, diseñado las columnas en forma adecuada, puede proporcionarse al muro una resistencia a la flexión muy alta.

Figura 7

Columnas de confinamiento en muro portante.



Fuente: Tomás Flavio Abanto Castillo, 2017.

b) Vigas soleras:

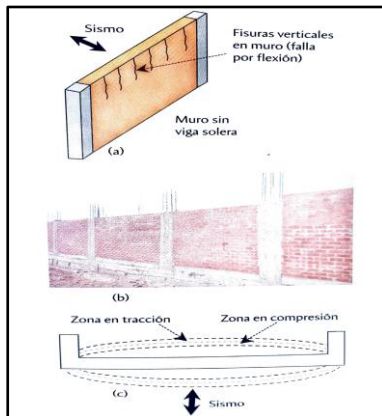
Las vigas soleras o collar es un elemento de concreto armado que se coloca encima del muro portante y cumple tres funciones:

- Cuando los extremos superiores de los muros no están confinados, al presentarse un terremoto, vibran libremente originándose en las caras del muro esfuerzos de tracción y compresión, y como sabemos que la resistencia de la albañilería a la tracción es mínima, se producirán rajaduras en la zona superior del muro. Esta falla por flexión se evita impidiendo que el muro oscile libremente para lo cual se utiliza la viga solera como elemento de arriostre (ver figura N° 08).

- Recibe y distribuye las cargas verticales y horizontales (ver figura N.º 09).
- Une los diversos muros resistentes conformando un armazón horizontal cerrado (ver figuras N.º 10 y 11)

Figura 8

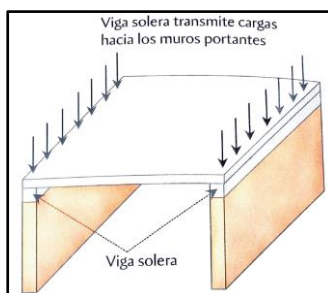
Muro sin viga solera que origina falla por flexión



Fuente: Tomás Flavio Abanto Castillo, 2017.

Figura 9

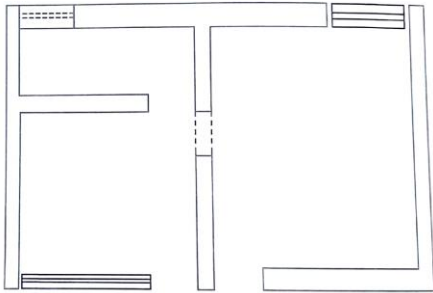
Transferencia de carga de las vigas y losa



Fuente: Tomás Flavio Abanto Castillo, 2017.

Figura 10

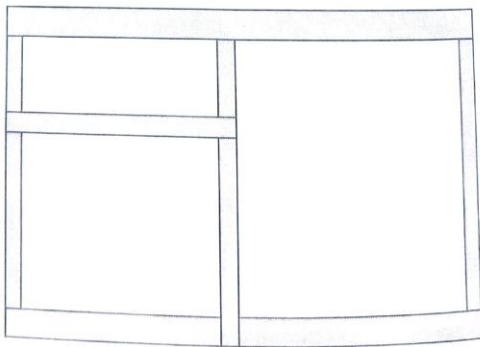
Planta de la edificación



Fuente: Tomás Flavio Abanto Castillo, 2017.

Figura 11

Vigas soleras corridas unen los muros portantes para formar una unidad monolítica (figura cerrada).



Fuente: Tomás Flavio Abanto Castillo, 2017.

2.2.2. Técnica de modelaje estructural y programas estructurales.

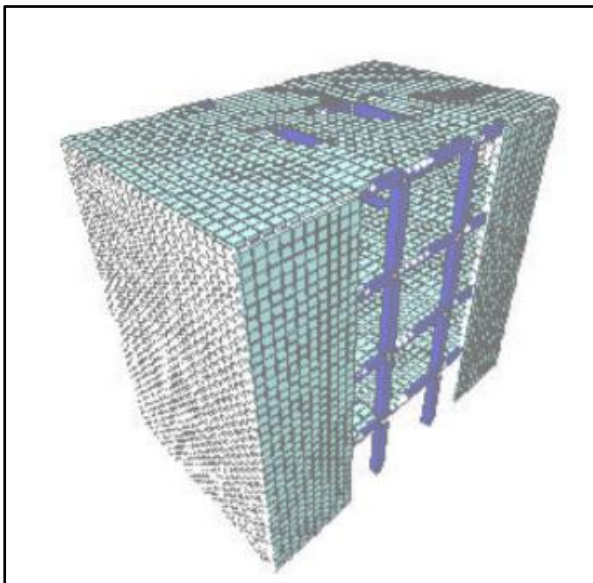
Las técnicas de modelaje utilizadas en este estudio son las de mayor aceptación entre los profesionales dedicados al análisis estructural, siendo algunas mucho más refinadas que las otras, por lo que se estudiará si los desplazamientos y las fuerzas de sección obtenidas presentan diferencias significativas entre ellas. Las cuatro técnicas de modelaje se describen a continuación [Enrique Lazo, Ángel San Bartolomé y Alejandro Muñoz \(2007\)](#).

2.2.2.1. Técnica de Elementos Finitos

Esta técnica se tomó como patrón de comparación. Los muros y a las losas se modelan en forma espacial mediante una malla de elementos finitos (tipo “Shell”), mientras que las vigas y columnas se modelan mediante barras Enrique Lazo, Ángel San Bartolomé y Alejandro Muñoz (2007).

Figura 12

Modelamiento en elementos finitos



Fuente: Enrique Lazo, Ángel San Bartolomé y Alejandro Muñoz, 2007.

En esta técnica se tomaron en cuenta los siguientes puntos:

- En la intersección entre el muro (elemento tipo “shell”) y la viga (elemento tipo “frame”), se debe aplicar a los nudos adyacentes pertenecientes al muro y alineados en la dirección ortogonal a la viga, una restricción tipo “Beam”, tal que la longitud entre los nudos extremos sea mayor al peralte de la viga en aproximadamente 50%.
- Los nudos solo pueden tener un solo tipo de restricción (diafragma, beam, rod, etc.).

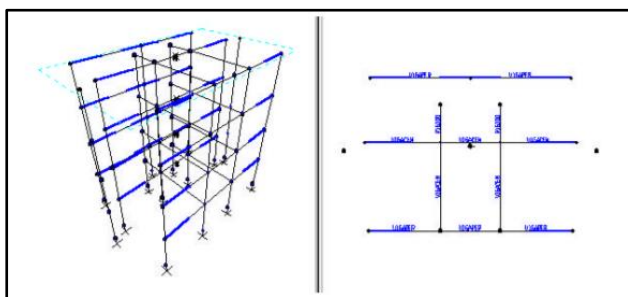
- A los nudos contenidos en la losa de un cierto nivel, se les aplicó una restricción tipo “diafragma”, con excepción de los nudos a los que ya se les había asignado la restricción tipo “beam”.
- Se debe seleccionar los nudos y los elementos “shell” del muro en cada nivel de entrepiso y asignarlos a un grupo (opción “Assign Group Name”) para obtener los valores de las fuerzas internas del muro en el entrepiso seleccionado **Enrique Lazo, Ángel San Bartolomé y Alejandro Muñoz (2007)**.

2.2.2.2. Técnica de Pórticos Planos

Esta técnica es la que tradicionalmente se usa en el modelaje estructural **Ángel San Bartolomé (1994)**. Los muros son modelados como barras que en conjunto con las vigas forman una serie de pórticos planos interconectados por diafragmas rígidos (losas de techo). Las vigas dinteles se modelan como barras, cuya sección considera una porción de la losa con un ancho efectivo igual a 4 veces el espesor de la losa, lo que proporciona vigas de secciones L (vigas perimétricas) y T (vigas centrales), además se tomó en cuenta la porción de viga a considerar como brazo rígido como la distancia que existe entre el eje del muro hasta los extremos del mismo **Ángel San Bartolomé (1994)**.

Figura 13

Modelamiento mediante pórticos planos



Fuente: Enrique Lazo, Ángel San Bartolomé y Alejandro Muñoz, 2007.

En esta técnica se tomaron en cuenta los siguientes puntos:

- A los nudos contenidos en la losa de un cierto nivel, se les aplicó la restricción tipo “diafragma”.
- La longitud del brazo rígido se obtiene seleccionando a la viga y mediante la opción “en offset” se especifica la longitud correspondiente y se establece un factor de zona rígida igual a 1 (de colocarse 0, la viga se comporta como si no existiese brazo rígido).
- La totalidad de los pórticos en las direcciones X, Y están contenidos en un solo modelo estructural.
- Para obtener los resultados del análisis en una dirección, se debe seleccionar a los elementos que conforman pórticos planos en la otra dirección y modificar en la tabla correspondiente a los factores de las propiedades del elemento los valores que por defecto indican 1, por valores cercanos a cero.
- Se puede trabajar también con dos modelos, uno para cada dirección en análisis, es decir, sólo los pórticos contenidos en la dirección X-X y sólo los pórticos contenidos en la dirección Y-Y, obteniéndose así un análisis sólo por traslación.
- El criterio el cual indica que, ante la existencia de un muro transversal a un muro en la dirección del análisis, se debe tomar un ancho efectivo igual a $\frac{1}{4}$ de la longitud libre del muro transversal [Ángel San Bartolomé \(1994\)](#), sólo fue considerado en los muros ortogonales cuya relación de longitudes era del orden de 1. En el caso del análisis en la dirección Y-Y, para los muros extremos (sección E), se consideró un ancho efectivo igual a $\frac{3}{4}$ de la longitud libre del muro transversal, debido a que la relación entre las longitudes de los muros ortogonales era de 1:2.

2.2.3. Programas asistidos por computadora para el análisis estructural

2.2.3.1. Software SAP 2000

La compañía **Computers and Structures, Inc. (2020)** nos brinda la siguiente información general:

El SAP2000 es un programa de elementos finitos, con interfaz gráfico 3D orientado a objetos, preparado para realizar, de forma totalmente integrada, la modelación, análisis y dimensionamiento de lo más amplio conjunto de problemas de ingeniería de estructuras.

Conocido por la flexibilidad en el tipo de estructuras que permite analizar, por su poder de cálculo y por la fiabilidad de los resultados, SAP2000 es la herramienta de trabajo diaria para varios ingenieros. La versatilidad en modelar estructuras, permite su utilización en el dimensionamiento de puentes, edificios, estadios, presas, estructuras industriales, estructuras marítimas y todo tipo de infraestructura que necesite ser analizada y dimensionada.

Con respecto a las acciones, es posible generar automáticamente cargas de sismo, viento y vehículos, y posteriormente, hacer el dimensionamiento y comprobación automática de estructuras de hormigón armado, perfiles metálicos, de aluminio y conformados en frío, a través de las normativas europeas, americanas, canadienses, turcas, Indias, chinas, y otras.

Las diversas herramientas de análisis y los procesos desarrollados en SAP2000 permiten la evaluación de grandes desplazamientos en cada etapa de la estructura, el análisis modal a través de los vectores propios Eigen y Ritz basados en casos de carga no lineales, el análisis del comportamiento catenaria en cables, la no linealidad del material (rótulas fiber) y de los objetos de área no lineales (layered shell), el análisis de pandeo o colapso progresivo, el uso de "links" no lineales para modelado de la fricción, amortiguación, aisladores de base y

rigidez multilínea o plástica entre nudos, y finalmente, la secuencia constructiva. Los análisis no lineales pueden ser estáticos y/o en función del tiempo, con opciones para análisis dinámico FNA (Fast Nonlinear Analysis), temporales (time-history) y por integración directa.

Desde sencillos modelos estáticos utilizados para análisis 2D, a los modelos complejos y de grandes dimensiones que requieren análisis avanzados no lineales, el programa SAP2000 es la solución más eficiente y productiva para los ingenieros de estructuras en general.

2.2.3.2. Software ETABS

La compañía [Computers and Structures, Inc. \(2020\)](#) nos brinda la siguiente información general:

ETABS es un software innovador y revolucionario para análisis estructural y dimensionamiento de edificios. Resultado de 40 años de investigación y desarrollo continuo, esta última versión de ETABS ofrece herramientas inigualables de modelado y visualización de objetos 3D, alta capacidad de poder analítico lineal y no lineal, opciones de dimensionamiento sofisticadas y que abarcan una amplia gama de materiales, esclarecedores gráficos, informes y diseños esquemáticos que facilitan la comprensión del análisis y de los respectivos resultados.

Desde el modelado de la estructura a la creación de diseños y detalles, ETABS cubre todos los pasos del proceso de dimensionamiento. La creación de modelos nunca ha sido tan sencilla – los comandos de diseño son intuitivos y permiten la rápida generación de plantas y alzados estructurales. Diseños CAD pueden convertirse directamente en modelos ETABS o usarse como plantillas a partir de los cuales se puede realizar el modelado. El revolucionario SAPFire 64 bit solver permite el análisis rápido de modelos extremadamente complejos y

soporta técnicas de modelado no lineales, como secuencia constructiva y efectos diferidos en el tiempo (por ejemplo: fluencia y retracción). Está incluido el dimensionamiento de estructuras metálicas y de hormigón armado con optimización automatizada, así como de vigas y pilares mixtos, de muros de hormigón y mampostería, y también la comprobación de seguridad de conexiones y chapas metálicas. Los modelos se pueden crear de forma realista, y todos los resultados pueden representarse directamente en la estructura. Se pueden crear informes, intuitivos y de fácil lectura, para cualquier análisis o dimensionamiento efectuado en el modelo. En el caso de estructuras de hormigón armado y estructuras metálicas, es posible obtener diseños esquemáticos del modelo, cuadros resumen de armaduras, tablas informativas de los perfiles y conexiones dimensionadas, detalles de los elementos estructurales y respectivos cortes.

ETABS proporciona un conjunto inigualable de herramientas para ingenieros de estructuras que modelan y dimensionan edificios – tanto edificios industriales de un piso, como también torres de varios pisos. Con enormes capacidades y de fácil uso, desde su primera edición ETABS no pierde sus principales características, proporcionando a sus usuarios un software tecnológicamente avanzado, productivo e intuitivo.

2.2.4. Metodología de Análisis sísmico estático

Tomás Flavio Abanto Castillo (2017) menciona que el análisis sísmico estático se resume en los siguientes pasos:

2.2.4.1. Determinación del peso total de la edificación (P)

El peso " p " se calculará adicionando a la carga permanente de la edificación un porcentaje de la carga viva.

2.2.4.2. Cálculo de la fuerza cortante en la base de la edificación

La fuerza cortante total en la base de la edificación producida por la presencia de un sismo, se determinará con la expresión siguiente de acuerdo a la Norma E.030:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P \quad ; \quad \frac{C}{R} \geq 0,11$$

$$\text{Haciendo } \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} = X \rightarrow V = X \cdot P$$

Se observa que la fuerza cortante "V" es un porcentaje del peso total de la edificación "P",

Donde:

V: Fuerza cortante en la base de la estructura.

Z: Factor de zona (Norma E.030)

U: Factor de uso o importancia (Norma E.030).

C: Factor de amplificación sísmica.

S: Factor de amplificación del suelo.

R: Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas (Norma E.030)

P: Peso total de la edificación.

x: Coeficiente de proporcionalidad.

Factor de amplificación sísmica(C).

$$T < T_p \quad C = 2,5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2} \right)$$

$$T = \frac{hn}{CT} \quad CT = 60 \text{ para albañilería}$$

Donde

T: Periodo fundamental de la estructura para el análisis estático.

Tp: Periodo que define la plataforma del factor C.

TL: Periodo que define el inicio de la zona del factor C, con desplazamiento constante.

hn: Altura total de la edificación en m.

CT: Coeficiente para estimar el periodo fundamental de un edificio.

2.2.4.3. Distribución de la fuerza cortante en la base del edificio en la altura

La fuerza cortante en la base se distribuye en la altura del edificio como fuerzas sísmicas horizontales fuerzas inerciales en ambas direcciones de análisis (x, y) mediante la siguiente expresión:

$$F_i = \alpha_i V$$

$$\alpha_j = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

Donde:

n: Número de pisos del edificio.

k: Exponente relacionado con el periodo fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada.

Si $T \leq 0,5$ segundos: $k= 1,00$

Si $T > 0,5$ segundos: $h= (0,75 + 0,5T) \leq 2,0$

F_i : Fuerza sísmica horizontal en el nivel i

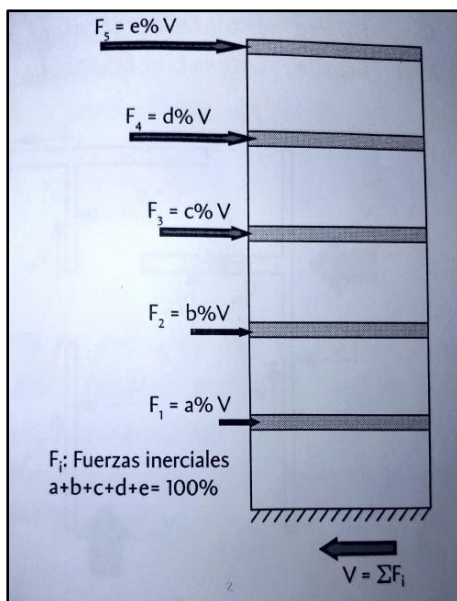
P_i : Peso del nivel i.

h_i : Altura del nivel i con relación al nivel del terreno.

V: Fuerza cortante en la base de la estructura.

Figura 14

Distribución de “V” en altura.



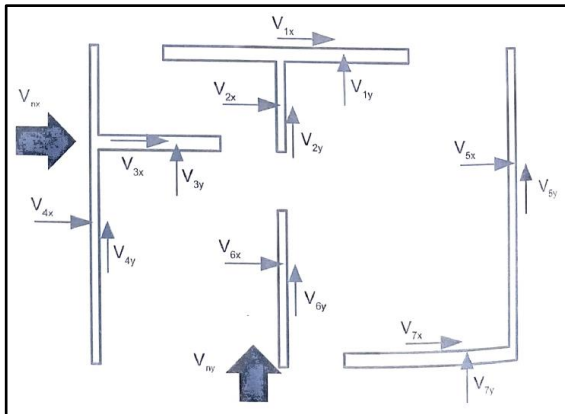
Fuente: Tomás Flavio Abanto Castillo, 2017.

2.2.4.4. Distribución de la fuerza constante de nivel en cada muro

Para ambas técnicas de modelaje este procedimiento se hará mediante el programa de cálculo estructural (SAP 2000 y ETABS 2016).

Figura 15

Distribución de V_n en muros proporcional a su rigidez lateral.



Fuente: Tomás Flavio Abanto Castillo, 2017.

2.2.4.5. Corrección por torsión

- A) Centro de masa (C.M.): Es el punto geométrico de cada piso donde se supone concentrada la masa total del nivel y donde actúa la fuerza inercial inducida por un movimiento en la base del edificio (sismo).
- B) Centro de rigidez (C.R.): Es el punto respecto al cual el edificio se mueve deslizándose como un todo, es el punto donde se puede considerar las rigideces de todos los muros. Si el edificio presenta rotación será respecto a este punto.
- C) Cálculo del centro de rigidez: Con la rigidez lateral de cada muro y su ubicación con respecto a un sistema de ejes referenciales se determina el centro de rigidez del edificio, aplicando las expresiones siguientes o mediante un programa de cálculo estructural:

$$X_{cr} = \frac{\sum_{i=1}^n (k_{iy} \cdot x_i)}{\sum_{i=1}^n k_{iy}} ; Y_{cr} = \frac{\sum_{i=1}^n (k_{ix} \cdot y_i)}{\sum_{i=1}^n k_{ix}}$$

D) Cálculo del centro de masas: Cuando la disposición de los muros es aproximadamente simétrica será suficiente considerar el centro de masas igual al centro de gravedad de la figura geométrica. Si no se puede aplicar la simplificación anterior se debe medir la carga de cada muro y calcular el centro de masas así o mediante el uso de software de cálculo estructural:

$$X_{CM} = \frac{\sum P_i x_i}{\sum P_i} ; Y_{CM} = \frac{\sum P_i y_i}{\sum P_i}$$

Donde:

Pi: Carga de gravedad que soporta el muro i

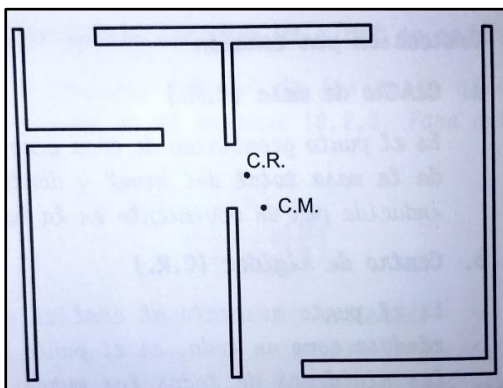
Kix: Rigidez lateral del muro i en la dirección X.

Kiy: Rigidez lateral del muro i en la dirección

Xi, Yi: Ubicación de cada muro respecto a un sistema de ejes referenciales.

Figura 16

Centro de rigidez y Centro de masas.



Fuente: Tomás Flavio Abanto Castillo, 2017.

E) Efectos de torsión: Si el centro de masas no coincide con el centro de rigidez, se produce un momento torsor el cual produce un incremento en los cortantes de los muros de albañilería; los cuales deben ser considerados para efectos de diseño.

Momento torsor

Excentricidad accidental (e_{acc}). De acuerdo a la Norma técnica de Edificación E.050. para cada dirección de análisis la excentricidad accidental en cada nivel (e_{acc}) se considerará como 0,05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección analizada. $e_{acc} = 0,05 d$

Cálculo del momento torsor:

$$M_t = V_n \cdot e'$$

Donde:

V_n : Fuerza cortante de diseño.

e' : Excentricidad de diseño.

La excentricidad de diseño será

$$e'1 = |e| + e_{acc} \quad (\text{condicion 1})$$

$$e'2 = |e| + e_{acc} \quad (\text{condicion 2})$$

El momento torsor se evalúa en cada nivel y para cada dirección de sismo, en consecuencia, se tendrán dos momentos torsores para cada dirección de acuerdo a la expresión anterior.

Sismo en el sentido X:

$$\text{Excentricidad real: } e_y = Y_{C.M.} - Y_{C.R.} = e$$

$$\text{Excentricidad accidental: } e_{accy} = 0.05 d_y$$

$$M_{t1x} = V_{nx} (|e_y| + e_{accy})$$

$$Mt2x = Vnx (|ey| + eaccy)$$

Sismo en el sentido Y:

$$\text{Excentricidad real: } ex = X \text{ C.M.} - X \text{ C.R.} = e$$

$$\text{Excentricidad accidental: } eaccx = 0.05 dx$$

$$Mt1x = Vny (|ex| + eaccx)$$

$$Mt2x = Vny (|ex| + eaccx)$$

Cálculo de los incrementos de la fuerza cortante debido al momento torsor: Para cada muro existirán dos incrementos de fuerza cortante, así:

Dirección "X"

$$\Delta v_{1ix} = \frac{M_{t1x} \left(\frac{K_{ix}}{E_m} \right) \bar{y}}{J} ; \Delta v_{2ix} = \frac{M_{t2x} \left(\frac{K_{ix}}{E_m} \right) \bar{y}}{J}$$

Dirección "Y"

$$\Delta V_{1iy} = \frac{M_{t1y} \left(\frac{K_{iy}}{E_m} \right) \bar{x}}{J} ; \Delta V_{2iy} = \frac{M_{t2y} \left(\frac{K_{iy}}{E_m} \right) \bar{x}}{J}$$

$$\bar{y} = y_i - y_{C.R.} ; \bar{x} = x_i - x_{C.R.}$$

$$J = \Sigma \left(\frac{K_{ix}}{E_m} \right) (\bar{y})^2 + \Sigma \left(\frac{K_{iy}}{E_m} \right) (\bar{x})^2$$

Luego, la fuerza cortante total para efectos de diseño de cada muro, será:

$$V_{diseño} = V_{traslación} + \Delta V_{torsión}$$

1. Si $\Delta V1 > 0$, $\Delta V2 > 0$ se toma el mayor valor.

2. Si $\Delta V1 < 0$, $\Delta V2 < 0$ no se consideran y se diseña con V traslación.

3. Si $\Delta V1 > 0$, $\Delta V2 < 0$ se toma el valor positivo.

4. Si $\Delta V1 < 0$, $\Delta V2 > 0$ se toma el valor positivo.

F) Cortantes de diseño

$$V \text{ diseño} = V \text{ traslación} + \Delta V \text{ torsión}$$

2.2.5. Diseño estructural en albañilería confinada

Tomás Flavio Abanto Castillo (2017) muestra el siguiente procedimiento para diseñar estructuras de albañilería confinadas establecida en la Norma E.070, el cual contempla comportamiento elástico de los muros de albañilería ante la acción de sismos moderados (frecuentes) y la falla por corte ante sismos severos, de tal manera que la estructura sea reparable. La metodología contemplada en la Norma E.070 busca dos objetivos fundamentalmente:

1. En cada dirección (X, Y) de análisis de la edificación la sumatoria de la resistencia proporcionada por los muros portantes confinados (ΣV_m) sea mínimamente igual al cortante basal (V).
2. Los elementos de confinamiento deben ser capaces de soportar la carga que produce el agrietamiento diagonal de los muros (V_m).

El procedimiento de diseño tiene cinco etapas:

- Verificación de la densidad mínima de muros en ambas direcciones (X, Y) del edificio.
- Diseño por carga vertical.
- Análisis elástico ante sismo moderado.
- Cálculo de la resistencia al corte de los muros (V_m)

- Diseño para sismo severo.

2.2.5.1. Verificación de la densidad mínima de muros

Este paso tiene como objetivo evitar fallas frágiles por deficiencia en la resistencia a cargas laterales. Se debe verificar que en cada dirección principal (X, Y) exista una cantidad de muros mínima de tal manera que se cumpla la ecuación siguiente:

$$\frac{\Sigma L \cdot t}{56} \geq \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{56}$$

Donde:

L: Longitud total del muro incluyendo columnas ($L > 1,20$ m).

t: Espesor efectivo.

A_p : Área de la planta típica del edificio.

Z: Zona sísmica.

U: Factor de uso.

S: Factor de suelo.

N: Número de pisos del edificio.

En caso no se cumpla la ecuación anterior, se podrá optar por:

- Incrementar el espesor de uno o más muros de albañilería.
- Reemplaza uno o más mixtos de albañilería por muros de concreto armado (placas).

En caso de optar por muros de concreto armado para utilizar la ecuación anterior, su espesor se deberá transformar a albañilería mediante la relación de módulos de elasticidad del concreto (E_c) y de la albañilería (E_m):

$$n = \frac{E_c}{E_m} ; E_c = 15000\sqrt{f'_c} \text{ kg/cm}^2 ; E_m = 500 f'm \text{ kg/cm}^2$$

$f'm$: Resistencia a compresión axial de la albañilería.

E_c : Módulo de elasticidad del concreto.

f'_c : Resistencia a la compresión axial del concreto.

2.2.5.2. Diseño por carga vertical

1. Se debe evaluar la carga axial originada por las cargas de gravedad (P_g) en cada muro (σ_a). El esfuerzo axial actuante en cada mure (σ_a) deberá ser menor o igual que $0.15xf'm$.

$$\sigma_a = \frac{P_g}{L \cdot t}$$

2. Se determina el esfuerzo admisible por carga vertical (σ_m)

$$\sigma_m = 0,20 f'm \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right] ; \sigma_m \leq 0,15 f'm$$

h : altura del muro.

$t \geq h/20$ (para las zonas sísmicas 2, 3, 4)

$t \geq h/25$ (para la zona sísmica 1)

3. Se compara el esfuerzo actuante (σ_a) lo con el esfuerzo admisible (σ_m):
 - Si $\sigma_a < \sigma_m$, entonces la sección del muro es adecuada para este efecto.

- Si $\sigma_a > \sigma_{am}$, entonces la sección del muro no es suficiente. En este caso habrá que aumentar el espesor del muro o la resistencia a la compresión de la albañilería (6). Una manera de reducir la carga axial en los muros es mediante la utilización de losas armadas en dos direcciones aligeradas o macizas, ya que éstas distribuyen la carga muerta en todos los muros.

2.2.5.3. Análisis elástico ante sismo moderado

Un sismo moderado es aquel que produce fuerzas sísmicas iguales a la mitad de las causadas por un sismo severo siendo "V" el constante basal generado por el sismo severo según la Norma E.050. El análisis sísmico se realiza con cualquier método establecido en la Norma peruana sismorresistente.

Una vez determinadas las fuerzas internas producidas por el sismo moderado (M_e , V_e , V_m , etc.), debe comprobarse que la fuerza cortante (V_e), en cada muro no exceda el 55% del cortante de agrietamiento diagonal (V_m), con la finalidad de que los muros se comporten elásticamente en esta etapa.

$$V_e \leq 0,55 V_m$$

2.2.5.4. Determinación del cortante de agrietamiento diagonal (V_m)

Se debe evaluar la resistencia al agrietamiento diagonal de muros confinados construidos con ladrillos de arcilla, utilizando En la ecuación siguiente:

$$V_m = 0,5v'm \alpha tL + 0.23P_g \quad \frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{v_e L}{M_e} \leq 1$$

Los valores de M_e , V_e son las fuerzas internas obtenidas del análisis sísmico moderado. El valor de V debe calcularse en cada muro y en todos los pisos de la edificación.

2.2.5.5. Diseño para sismo severo

Aquí se hacen varios controles:

A) Verificación de la resistencia global del edificio

Con los valores de V_m , calculados anteriormente para el primer piso, se obtiene la suma de estos en ende dirección (X, Y), el cual debe ser mayor a la fuerza cortante del sismo severo (VE), especificada por la Norma E.30. Esta verificación determina si la cantidad de muros es suficiente.

$$\Sigma V > VE$$

En caso no se cumpla la desigualdad anterior quiere decir que existe una deficiencia de muros, por lo cual se tiene que optar por una de las soluciones individuales o combinadas que A continuación se indica:

- Reemplazar con muros de concreto armado (placas).
- Aumentar el espesor de los muros de albañilería.
- Mejorar la calidad de la albañilería ($f'm$).

Si $\Sigma V > 3.VE$, entonces la estructura se comportará elásticamente ante el sismo severo, y solamente requiere refuerzos. mínimos que arriostrar lateralmente a la albañilería.

B) Cálculo de Los factores de amplificación y verificación del agrietamiento diagonal de los muros ubicados en los pisos superiores al primero.

El método supone que, ante la acción del sismo severo, los muros del primer piso se agrietan diagonalmente, alcanzando su resistencia V_{m1} , por lo que las fuerzas internas elásticas (M_e , V_e) calculadas en pasos anteriores; se verán amplificadas en la relación $n = V_{m1}/V_e$, pasando a adoptar los valores M_u , V_u asociados al

mecanismo de falla por corte en el primer piso. Estos factores de amplificación deben ser calculados para cada muro en el primer piso y no requieren ser mayores que

3.

$$3 \geq \frac{Vm_1}{Ve_1} \geq 2$$

Si en un piso "i" superior al primero ($i > 1$) de algún muro, se obtiene que la fuerza cortante v supera a la resistencia al corte V , entonces ese piso también se agrietara diagonalmente y sus confinamientos deberán ser diseñados en forma similar al primer piso.

C) Cálculo de las fuerzas internas en los confinamientos del primer piso

El primer piso siempre está sometido a las mayores cargas es donde se presenta la falla por corte, por este motivo la norma E.070 ha puesto un interés prioritario a este nivel. Las columnas de confinamiento presentan fuerzas de tracción (T), compresión (C) y cortante (V_c).

Las fuerzas T, C y V_c , pueden evaluarse mediante las fórmulas indicadas en la siguiente tabla:

Tabla

7

Fuerzas internas en columnas de confinamiento.

COLUMNA	V_c (fuerza cortante)	T (tracción)	C (compresión)
Interior	$\frac{V_{m_1} \cdot Lm}{L(Nc + 1)}$	$V_{m_1} \cdot \frac{h}{L} - P_c$	$P_c - V_{m_1} \cdot \frac{h}{2L}$
Extrema	$1.5 \frac{V_{m_1} \cdot Lm}{L(Nc + 1)}$	$F - P_c$	$P_c + F$

Fuente: Reglamento Nacional De Edificaciones, 2020.

Donde:

$M = Mu1 - 1/2 Vm1 \cdot h$ ("h" es la altura del primer piso).

$F = M/L$: Carga axial en las columnas extremas producida por el momento flector M.

N: Número de columnas de confinamiento en el muro en análisis (En manos de un paño: $N = 2$).

L: Longitud del paño mayor o $0,5 L$, lo que sea mayor. En muros de un paño $Lm = L$.

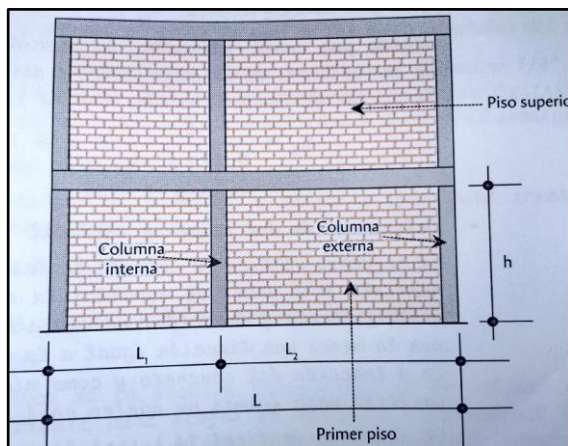
$Vm1$: Cortante de agrietamiento diagonal en el primer piso. L Longitud total del muro, incluyendo las columnas de confinamiento.

Pc : Carga vertical tributaria en cada columna (incluye la carga proveniente de muros transversales).

$Mu1$: Momento flector ante sismo severo.

Figura 17

Gráfico ilustrativo para la aplicación de fórmulas en la determinación de las fuerzas internas.



Fuente: Tomás Flavio Abanto Castillo, 2017.

D) Diseño de los confinamientos del primer piso

a) Columnas de confinamiento

- Determinación de la sección de concreto de la columna de confinamiento

El área de la sección de las columnas será de mayor de las que proporcione el diseño por compresión o el diseño por corte-fricción, pero no menor que 15 veces el espesor de la columna (15t) en cm².

Diseño por compresión. El área de la sección de concreto se calcula asumiendo que la columna está arriostrada en su longitud por el panel de albañilería al que confina y por los muros transversales de ser el caso. El área del núcleo (A_n) bordeado por los estribos se obtendrá mediante la expresión:

$$A_n = A_s + \frac{C/\phi - A_s f_y}{0.85 \delta f'_c}$$

Donde

Φ= 0,7 o 0,75, según se utilice estribos cerrados o zunchos, respectivamente.

δ=0,8, para columnas sin muros transversales.

δ =1. para columnas confinadas por muros

Para calcular la sección transversal de la columna (A_c). deberá agregarse los recubrimientos al área del núcleo "A_n" el resultado no deberá ser menor que el área requerida por corte-fricción "A_{cf}"

Diseño por corte-fricción: La sección transversal (A_{cf}) de las columnas de confinamiento se diseñará para soportar la acción de corte-fricción, con la expresión siguiente:

$$A_{cf} = \frac{V_c}{0.2 \cdot f'_c \cdot \phi} \geq A_c > 15t(cm^2)$$

usar $\Phi = 0,85$

- Determinación del refuerzo vertical

El refuerzo vertical a colocar en las columnas de confinamiento será capaz de soportar la acción combinada de corte fricción y tracción; adicionalmente, desarrollará por lo menos una tracción igual a la capacidad resistente a tracción del concreto y como mínimo se colocarán varillas para formar un núcleo confinado.

El refuerzo vertical (A_s) será la suma del refuerzo requerido por corte-fricción (A_{sf}) y el refuerzo requerido por tracción (A_{st}):

$$A_{sf} = \frac{V_c}{f_y \cdot u \cdot \Phi} \qquad A_{st} = \frac{T}{f_y \cdot \Phi}$$

$$A_s = A_{sf} + A_{st} \geq \frac{0.1f'_c A_c}{f_y} \dots (\text{mínimo: } 4\Phi 8 \text{ mm})$$

Donde

$\Phi = 0,85$ (coeficiente de reducción de resistencia).

u: Coeficiente de fricción (u=0.8 para juntas sin tratamiento y u = 1,0 para juntas intencionalmente rugosas).

-Determinación de los estribos de confinamiento

Los estribos de las columnas de confinamiento podrán ser estribos cerrados con gancho a 135° o estribos de 1 ¼" de vuelta o zunchos con ganchos a 180°. En los extremos de las columnas, en una altura no menor de 45 cm o 1,5 d (por debajo o encima de la solera, dintel o sobrecimiento), deberá colocarse el menor de los siguientes espaciamientos (s) entre estribos:

$$s_1 = \frac{A_v f_y}{0.3 f'_c (A_c / A_n - 1)} \qquad s_2 = \frac{A_v f_y}{0.12 t_n \cdot f'_c}$$

$$S_3 = \frac{d}{4} \geq 5cn$$

Donde:

"d" es el peralte de la columna, "t" es el espesor del muro confinado y "A" es la suma de las ramas paralelas del estribo.

Se colocará como mínimo estribos de diámetro 1/4":1 @ 5, 4@10, rto. @ 25 cm. Adicionalmente se agregará 2 estribos en la unión solera-columna y estribos @ 10 cm en el sobrecimiento.

b) Vigas soleras

La solera se diseñará a tracción pura para soportar una fuerza igual Ts:

$$T_s = V_{m_1} \cdot \frac{Lm}{2L} \quad ;$$

$$A_s = \frac{T_s}{\Phi f_y} \geq \frac{0,1 f'_c A_{cs}}{f_y} \dots (\text{mínimo: } 4\emptyset 8 \text{ mm})$$

Donde:

$$\Phi = 0,9$$

As= Área de la sección transversal de la solera

El área de la sección transversal de la solera (Acs) será suficiente para alojar el refuerzo longitudinal (A), pudiéndose vigas chatas con un peralte igual al espesor de la losa del techo. En la solera se colocará estribos mínimos 1/4", 1 @ 5, 4 @ 10. rto. 25 cm.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. DISEÑO

3.1.1. Tipo de investigación

Según los objetivos de la presente investigación esta tesis es de tipo **Aplicada**, debido a que se emplearan los conocimientos teóricos básicos aprendidos en los cursos de análisis estructural y diseño estructural de la carrera de ingeniería civil así como cursos adquiridos fuera de la universidad y de forma autodidacta con el fin de llevar a cabo el diseño estructural de la vivienda multifamiliar y realizar la comparativa de las técnicas de modelado estructural realizados en los softwares SAP 2000 y ETABS 2016.

3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es **Descriptiva** y esta a su vez está clasificada en:

- a) Estudios de medición de variables independientes: Ya que se observarán, cuantificarán y analizarán las variables de esta tesis de forma independiente, es decir el análisis y diseño estructural mediante el uso de los programas SAP 2000 y ETABS 2016.
- b) Investigación correlacional: Ya que también se determinará la diferencia de resultados entre el análisis sísmico estático mediante la técnica de pórticos planos en el software SAP 2000 y la técnica de elementos finitos en el software ETABS 2016.

3.1.3. Diseño de investigación

El diseño de investigación es el **No Experimental**, esto porque no se controlarán ni manipularán las variables, lo que se trata de hacer es observar y analizar el diseño y análisis

estructural de la vivienda multifamiliar en albañilería confinada en estudio, así como también realizar una comparativa de resultados de las técnicas modelaje pórticos planos y elementos finitos en el software SAP200 y ETABS 2016 respectivamente.

3.2. MUESTRA

3.2.1. Población

Para esta investigación el universo poblacional está conformado por las viviendas multifamiliares de albañilería confinada de 4 niveles ubicados en el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, Provincia y Departamento de Tacna.

3.2.2. Muestra

Para la investigación se presenta una propuesta de edificio multifamiliar de cuatro niveles la cual presentara un sistema estructural de albañilería confinada en ambos sentidos. Este proyecto se encuentra ubicado en el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, Provincia y Departamento de Tacna.

3.2.3. Descripción de la edificación en estudio

El edificio en estudio está destinado a departamentos con acceso a sus niveles superiores a través de una escalera interior. Los niveles tienen una planta típica con una altura de entrepiso de 2.52 m y una distribución conformada por una sala, comedor, cocina, 2 dormitorios y 1 baño en cada departamento abarcando un área total de 136.51 m² por piso. La azotea no será utilizable y no tendrá tanque de agua, ya que se proyecta un sistema hidroneumático.

Figura 18

Planta típica del proyecto de vivienda



3.3. INSTRUMENTOS

3.3.1. Técnica

Se utilizará la técnica de gabinete debido a que se cuenta con los planos arquitectónicos del Proyecto propuesto, el cual será utilizado como muestra para esta investigación.

3.3.2. Instrumentos para la recolección

Para iniciar la investigación se realizará la recolección de información mediante:

- Material bibliográfico

Se llevará a cabo la recopilación y revisión de libros estructurales, artículos de investigación, repositorios académicos, estudios similares o relacionados al tema de investigación, blog de internet.

- Normas técnicas peruanas

Para el diseño estructural se revisará y empleará la norma E.020 – Cargas, norma E.030 – Diseño Sismorresistente, norma E.060 – Concreto Armado y la norma E.070 – Albañilería, con el propósito de cumplir las condiciones y exigencias mínimas para el diseño estructural.

- Observación

Se analizará los procesos, características estructurales y resultados de cada diseño propuesto en la presente investigación, y así identificar las diferencias en el análisis sísmico estático.

- Fichas comparativas

Se elaborará fichas de trabajo para tener un orden, sintetizar los datos y presentar la información de una forma precisa y entendible de los resultados obtenidos en la comparación de los diseños estructurales en estudio.

3.3.3. Instrumentos de Procesamiento

Para procesar y organizar la información del diseño estructural con el método de pórticos planos utilizaremos el programa estructural SAP 200, AutoCAD y el programa Microsoft Excel, el cual es una de las herramientas más empleadas por el ingeniero civil, por su facilidad en realizar gráficos estadísticos, cálculos matemáticos, plantillas de diseño y clasificación de datos el cual utilizaremos para cada procedimiento estructural que se va realizando. Además, hemos utilizaremos el software estructural Etabs 2016 para el segundo método o técnica de modelado estructural, para analizar el comportamiento sísmico producido por los desplazamientos máximos y esfuerzos máximos en las estructuras.

3.4. PROCEDIMIENTO

3.4.1. Flujo de trabajo y aspectos éticos

Se estableció un flujo de trabajo para organizar, sintetizar y realizar la presente investigación, con el fin de llegar a una discusión de resultados. Para ello se ha combinado tanto las bases teóricas estructurales aprendidas y establecidas con herramientas tecnológicas como el software Etabs, SAP 2000, AutoCAD y el programa Microsoft Excel. Además, para una correcta realización del proyecto en el desarrollo de los análisis estructurales con la técnica de pórticos planos en el software SAP 2000 y elementos finitos en el software Etabs 2016 se siguió las disposiciones de las normas técnicas peruanas el cual brinda los alcances de los condiciones y exigencias mínimas para el análisis y diseño estructural. A su vez, se siguió los lineamientos de las normas APA, para citar las fuentes de bibliográficas tales como los estudios similares o relacionados al tema de investigación de esta tesis.

3.4.2. Recolección y procesamiento de información

Se cuenta con los planos arquitectónico (planta de distribución típica, plano de cortes y planos de elevación) del proyecto de vivienda propuesto, a su vez se recopiló información bibliográfica tanto de aspecto teórico como tesis similares. Se tiene un diagrama de flujo y cronograma de actividades el cual será de ayuda para el cumplimiento de esta tesis de investigación.

3.4.3. Desarrollo de la investigación

Esta investigación se realizará en tres partes, debido a que se desarrolló el análisis sísmico de la vivienda será mediante dos métodos y software distintos la primera y segunda parte serán de análisis sísmico según el método, la tercera parte será netamente el diseño estructural de la vivienda multifamiliar de albañilería utilizando los conceptos estructurales,

normas y programas antes mencionados. Se realizará los siguientes pasos en los dos análisis: Se inicia con la obtención de los planos arquitectónicos del Proyecto Multifamiliar propuesto, para luego definir las especificaciones técnicas generales, las cuales usaremos para la realización de ambos análisis estructurales. El proceso de análisis estructural será de la misma manera tanto para el método de pórticos planos en SAP 200 como para el de elementos finitos en el software Etabs, para ello realizamos la estructuración del edificio definiendo tanto el sistema estructural que en este caso viene a ser la albañilería confinada tanto en la dirección X-X como en la dirección Y-Y, para poder comenzar con el pre dimensionamiento de los elementos estructurales (columnetas, vigas, losas y muros de albañilería) tomando como inicio los planos arquitectónicos con ayuda de plantillas de Excel. Seguidamente se realizará el metrado de carga de cada elemento estructural del edificio, para poder determinar las fuerzas y cargas aplicadas a la estructura, siempre considerando los pesos específicos y propios de los materiales y elementos que se indican en las Normas Técnicas Peruanas. Posteriormente se llevará a cabo el análisis estático tanto para el análisis estructural utilizando el software Etabs como para el realizado con el programa SAP 2000. El diseño estructural se realizará con los resultados obtenidos del análisis estructural por el método de pórticos planos el software SAP 2000. Finalmente, al cumplir con todos los parámetros, se realizará un análisis comparativo el cual nos enfocaremos en las respuestas sísmicas de ambos diseños determinamos la diferencia que existe entre los dos métodos.

3.4.4. Comparación y discusión de resultados

Al tener la información de los dos métodos mencionados así como los resultados del análisis sísmico, se procederá a compararlos y analizarlos para determinar las semejanzas que puedan tener, la información y resultados que se compararan serán los siguientes: Peso

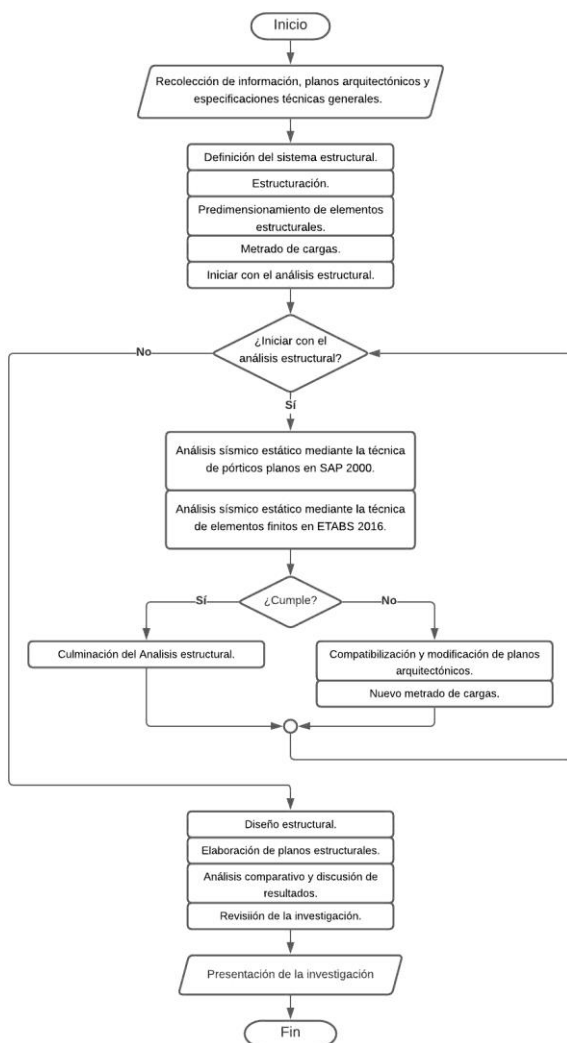
total de la edificación, momentos flectores, fuerzas cortantes, fuerza cortante basal, fuerzas de inercia por nivel, desplazamientos laterales y periodo natural de vibración para así determinar que tanto se diferencia un método del otro.

3.4.5. Esquema de trabajo

Para el trabajo de investigación se realizará el flujo de trabajo de la figura

Figura 19

Diagrama de flujo metodológico



CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. INFORMACIÓN Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES

4.1.1. Descripción general del proyecto

El edificio en estudio está destinado a departamentos con acceso a sus 4 niveles a través de una escalera interior. Los niveles tienen una planta típica con una altura de entrepiso de 2.40 m y un área total de 136.51 m² por piso y perímetro de 50.60 m.

La distribución por departamento está conformada como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 8

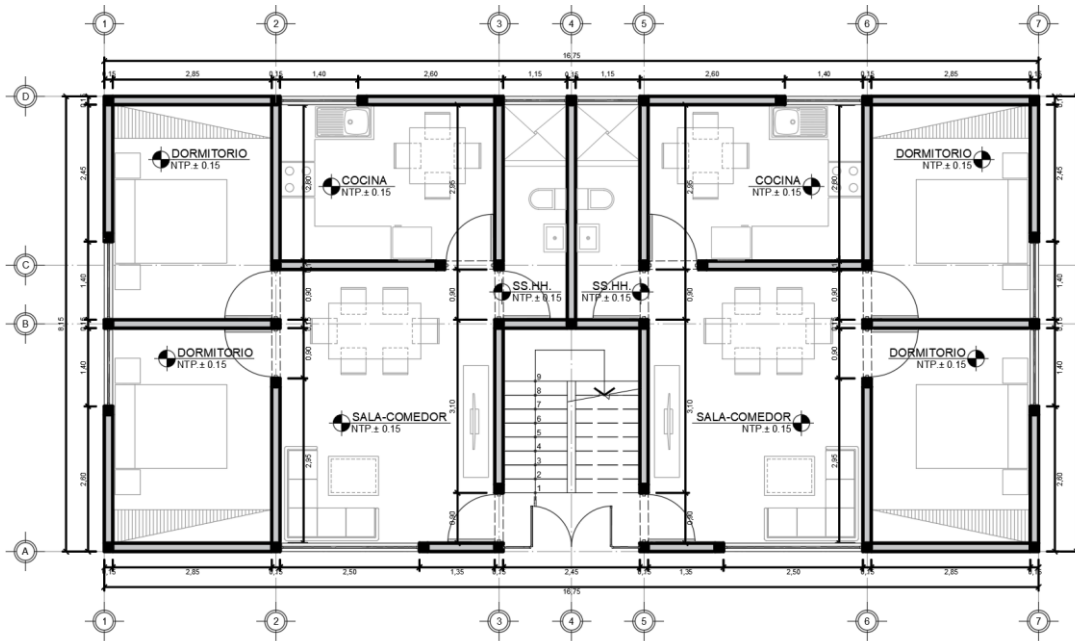
Distribución del departamento

Descripción	Cantidad	Área	Área total/dep.
Dormitorio	2	11	22
Cocina	1	10.78	10.78
Sala - comedor	1	4.43	4.43
SS.HH.	1	18.87	18.87
TOTAL			56.08

La azotea no será utilizable y no tendrá tanque de agua, ya que se proyecta un sistema hidroneumático. La distribución de la planta típica se muestra en la siguiente imagen:

Figura 20

Planta típica de la edificación



También se cuenta con la siguiente información sobre la estructura de la edificación:

- Sistema de techado: losa maciza armada en dos sentidos, espesor $t = 12$ cm.
- Azotea: no utilizable, sin parapetos, sin tanque de agua (sistema hidroneumático)
- Ancho de puertas: 0.90 m.
- Altura de alféizares: $h = 1.00$ m (excepto en S.H. donde $h = 1.80$ m)
- Longitud de ventanas en dormitorios y cocina: $L = 1.40$ m, en la Sala $L = 2.50$ m, en S.H. $L = 1.15$ m en la escalera $L = 2.45$ m.
- Peralte de vigas soleras: 0.12 m (igual al espesor del techo).
- Peralte de vigas dinteles: 0.30 m.

4.1.2. Ubicación

El terreno donde se proyectará la edificación se encuentra ubicado en el Distrito Crnl.

Gregorio Albarracín Lanchipa, Provincia de Tacna de la Región de Tacna.

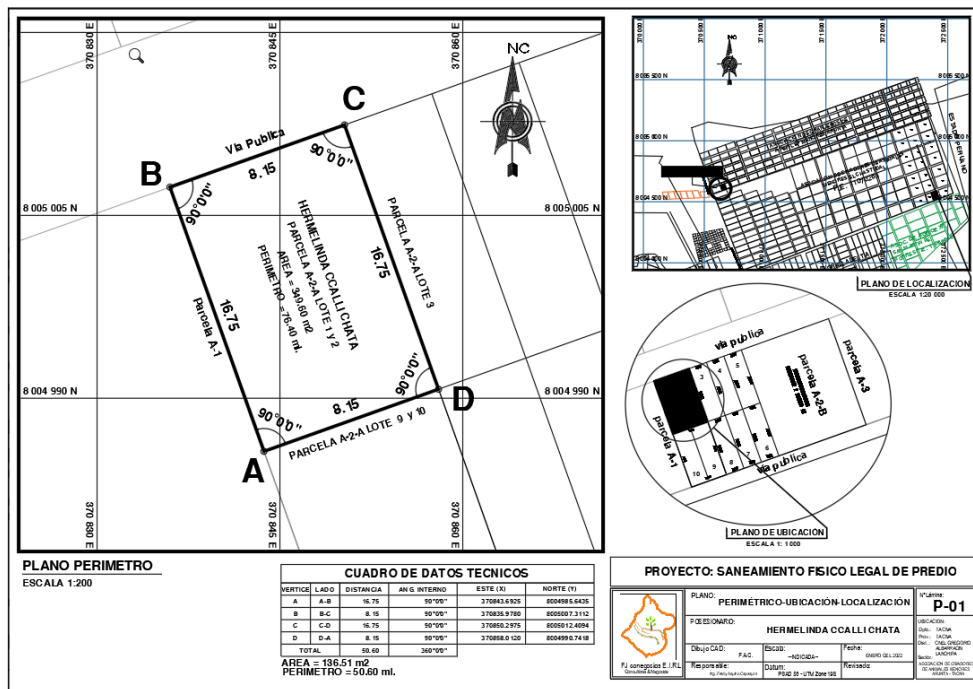
Tabla 9

Localización de la Zona de estudio

Ubicación	
Departamento	Tacna
Provincia	Tacna
Distrito	Cmnl. Gregorio Albarracín L.
Región Geográfica	Costa

Figura 21

Plano de Ubicación del proyecto



4.1.3. Propiedades de los materiales utilizados

Albañilería:

- Ladrillo tipo IV solido King Kong de arcilla industrial.
- Dimensiones del ladrillo ancho= 0.13 m; largo= 0.23 m; altura = 0.09 m
- Resistencia a la compresión axial de las unidades: $f^b = 145 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia a la compresión (Pila): $f^m = 65 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia característica a corte puro (murete): $v^m = 8.1 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad: $E_m = 500 f^m = 32500 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de corte: $G_m = 0.40 E_m = 13000 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de Poisson: $\nu = 0.25$

Concreto:

- Resistencia nominal a la compresión: $f^c = 175 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad: $E_c = 15000(f^c)^{1/2} = 198431 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de Poisson: $\nu = 0.15$
- Módulo de Corte: $G = E_c/2.3 = 86274.5 \text{ kg/cm}^2$

Acero de Refuerzo:

- Esfuerzo de fluencia: $f^y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad: $E_s = 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$
- Deformación Unitaria: $\epsilon_s = 0.0021$

Suelo:

- Clasificación de suelo: Grava arenosa densa
- Tipo según Norma E.030: Tipo S1
- Resistencia admisible del suelo: $q_u = 4 \text{ kg/cm}^2$

4.2. DEFINICIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

Debido a la cantidad de muros tanto en la dirección x-x como en la dirección y-y se optó por un sistema estructural de albañilería confinada para ambas direcciones.

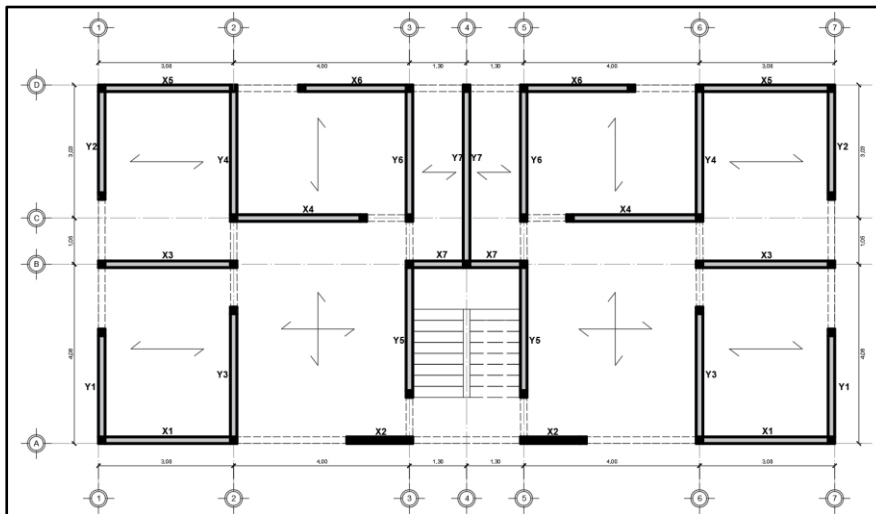
4.3. ESTRUCTURACIÓN:

La estructuración del edificio tiene las siguientes características:

- Según la arquitectura en planta se asignaron como ejes principales aquellos que tengan continuidad y gran cantidad de muros según su dirección y así se obtuvo 7 ejes en el sentido vertical y 4 (A, B, C, D) en el sentido horizontal.
- Se ha dispuesto muros de ladrillo confinados en ambas direcciones ortogonales (x, y) en todos los pisos en aparejo en soga ($t = 0.13$ m), con el cual se logrará obtener una adecuada densidad de muros en aplicación de la norma E.070, en caso no cumpla se modificará el aparejo a cabeza en algunos muros debidamente seleccionados.
- La losa es maciza tanto armada en dos direcciones en el paño correspondiente a la sala comedor debido a que la relación de lados es menor a 2, para los demás paños es de una sola dirección, el espesor a usar será de 12 cm y ese cálculo se obtuvo del pre dimensionamiento.
- La escalera se apoyará en la losa maciza y en el muro X7.
- Los muros han sido ubicados de tal manera que la distancia entre el centro de masas y el centro de gravedad sea la menor posible; esto con la finalidad de reducir los incrementos de cortantes en los muros por efectos de torsión.

- De lo mencionado en el punto anterior el muro X2 será de concreto armado es decir una placa ya que en el sentido X-X la concentración de muros está en la parte superior en planta, es decir que el centro de rigideces estará alejado, pero dando más rigidez abajo (muro X2 de C°A°) hará que el centro de rigidez baje también.
- Las ventanas de los ambientes han sido ubicadas en los extremos para obtener una mayor longitud de muros que según la norma E.070 deben ser mayores a 1.20 m para ser considerados como muros portantes contribuyentes de resistencia a la fuera horizontal.
- Las vigas soleras de los muros se prolongarán encima de los vanos (no se consideran dinteles)
- Los muros tendrán una altura de 2.40 m.
- Los muros confinados mantendrán la relación $L \leq 2h$, donde L: longitud centro a centro entre las columnas de confinamiento y h: altura libre del muro de albañilería, es decir la altura entre los elementos de confinamiento (figura 06) y como longitud máxima 5 m.

Figura 22
Denotación de muros X e Y

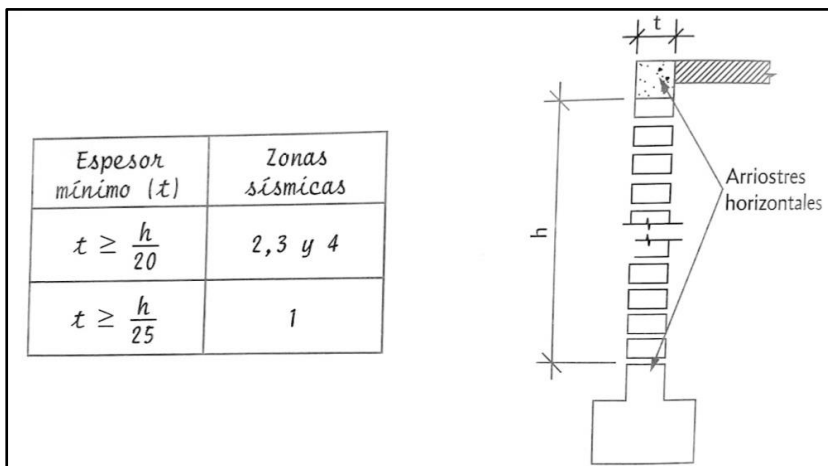


4.4. PRE DIMENSIONAMIENTO:

4.4.1. Espesor de muros (t):

La Norma E.070 indica que el espesor efectivo (t) mínimo para muros portantes debe calcularse con la siguiente formula:

Figura 23
Altura libre y espesor efectivo



Fuente: Tomás Flavio Abanto Castillo, 2017.

Entonces ya que estamos en zona sísmica 4 nuestro espesor mínimo deberá ser de h/20,

es decir $2.40/20 = 0.12$ m, por lo que utilizaremos muros de $t= 13$ cm.

4.4.2. Espesor de losa maciza:

Las losas macizas pueden ser en una dirección o en ambas direcciones, se usan para luces máximas de 4 m y 5 m respectivamente. Para una dirección el dimensionamiento depende de la luz libre y se calcula igual al de una losa aligerada restando 5 cm, para las bidireccionales el espesor es igual a la luz libre dividido entre 40 o perímetro entre 180, el que sea mayor.

Figura 24

Pre dimensionamiento de losas

LOSA ALIGERADA UNIDIRECCIONAL			LOSA MACIZA BIDIRECCIONAL	
Luz libre (m): L_n	Espesor de aligerado (m): e	Altura de ladrillo (m): H	$e = \frac{L_n}{40}$	$e = \frac{\text{Perímetro del paño}}{180}$
$L_n \leq 4$	0,17	0,12		
$4 < L_n \leq 5$	0,20	0,15		
$5 < L_n \leq 6,5$	0,25	0,20		
$6,5 < L_n \leq 7,5$	0,30	0,25		

Donde:
 L_n : luz libre
 e : espesor de la losa

Espesor losa maciza = espesor losa aligerada (cm) - 5 cm

Fuente: Tomás Flavio Abanto Castillo, 2017.

Las losas unidireccionales de nuestro proyecto tienen como luz libre máxima 3.85 m, es decir le corresponde un espesor igual a $0.17\text{m} - 0.05\text{ m} = 12$ cm. Por otro lado, para la losa bidireccional se tiene una luz de 4.90 m y perímetro de 17.5 m, es decir $e=4.90/40$ o $17.5/180$ obtenemos $e= 12.25\text{m}$ y 0.097 m, para este caso usaremos 12 cm de espesor que puede ser modificado luego en el diseño.

4.4.3. Peralte de vigas:

Este apartado hace referencia a las vigas peraltadas en los vanos de puertas y ventanas que son continuas y de igual altura a la viga solera, según la norma E.070 estas vigas llamadas dinteles pueden tener un máximo de 60 cm de peralte para el caso de albañilería confinada. En

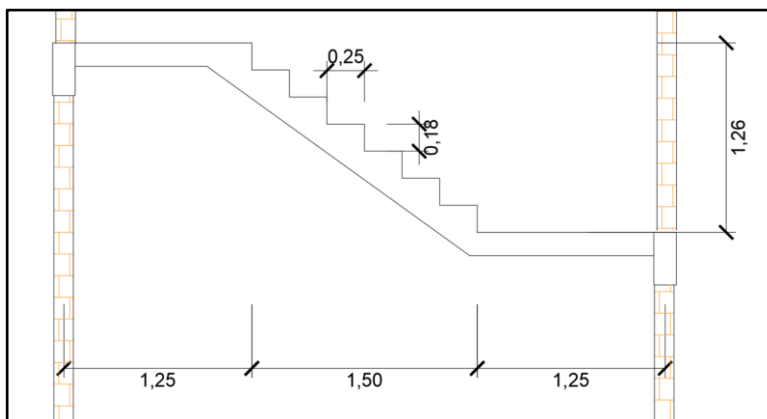
este proyecto se estará usando un peralte de 30 cm.

4.4.4. Escalera de concreto armado:

El espesor de la escalera se encuentra entre $L_n/20$ y $L_n/25$, donde L_n es la luz libre entre apoyos, con un L_n de 3.85 m se obtiene espesores entre 15.40 cm y 19.25 cm por ello escogemos un $t=15.50$ cm. El paso (P) y contrapaso (CP) deben cumplir la siguiente expresión: $60 < 2*CP+P < 64$, se escogió un paso de 25cm y contrapaso de 18 cm que dan un $2CP+P= 61$ cm.

Figura 25

Dimensionamiento de escalera



4.5. VERIFICACIÓN DE LA DENSIDAD DE MUROS:

La densidad mínima de muro para cada dirección del edificio se determina con la siguiente expresión:

$$\frac{\sum Lt}{Ap} \geq \frac{ZUSN}{56} ; \text{ donde:}$$

Tabla 10*Parámetros Sísmicos*

PARÁMETRO	VALOR	ESPECIFICACIÓN
Z	0.45	ZONA 4
U	1	Vivienda
S	1	suelo tipo S1
N	4	Número de pisos
Ap	136.51 m ²	Área en planta

De la tabla 10 obtenemos que $\frac{ZUSN}{56} = 0.0321$

Tabla 11*Densidad de muros en la dirección X-X*

DIRECCIÓN X-X							
MURO	MATERIAL	NUMERO DE MUROS	ESPEJOR EFECTIVO DEL MURO (m)	COEF. TRANSFORMACION SEGÚN EL MATERIAL	DE	LONGITUD (m)	ÁREA DE MUROS PORTANTES (m²)
X1	ALBAÑILERIA	2	0.13	1.00		3.15	0.8190
X2	CONCRETO	2	0.13	6.69		1.50	2.6084
X3	ALBAÑILERIA	2	0.13	1.00		3.15	0.8190
X4	ALBAÑILERIA	2	0.13	1.00		3.10	0.8060
X5	ALBAÑILERIA	2	0.13	1.00		3.15	0.8190
X6	ALBAÑILERIA	2	0.13	1.00		2.60	0.6760
X7	ALBAÑILERIA	1	0.13	1.00		2.75	0.3575
Total							L.t= 6.9049

Tabla 12*Densidad de muros en la dirección Y-Y*

<i>DIRECCIÓN Y-Y</i>							<i>ÁREA</i>	<i>DE</i>
<i>MURO</i>	<i>MATERIAL</i>	<i>NUMERO</i> <i>DE MUROS</i>	<i>ESPEJOR</i> <i>EFFECTIVO</i> <i>DEL MURO (m)</i>	<i>COEF.</i> <i>TRANSFORMACION</i> <i>SEGÚN EL MATERIAL</i>	<i>DE</i> <i>LONGITUD</i> <i>(m)</i>	<i>MUROS</i> <i>PORTANTES</i> <i>(m2)</i>		
<i>Y1</i>	<i>ALBAÑILERIA</i>	<i>2</i>	<i>0.13</i>	<i>1.00</i>	<i>2.60</i>	<i>0.6760</i>		
<i>Y2</i>	<i>ALBAÑILERIA</i>	<i>2</i>	<i>0.13</i>	<i>1.00</i>	<i>2.60</i>	<i>0.6760</i>		
<i>Y3</i>	<i>ALBAÑILERIA</i>	<i>2</i>	<i>0.13</i>	<i>1.00</i>	<i>3.10</i>	<i>0.8060</i>		
<i>Y4</i>	<i>ALBAÑILERIA</i>	<i>2</i>	<i>0.13</i>	<i>1.00</i>	<i>3.10</i>	<i>0.8060</i>		
<i>Y5</i>	<i>ALBAÑILERIA</i>	<i>2</i>	<i>0.13</i>	<i>1.00</i>	<i>3.10</i>	<i>0.8060</i>		
<i>Y6</i>	<i>ALBAÑILERIA</i>	<i>2</i>	<i>0.13</i>	<i>1.00</i>	<i>3.10</i>	<i>0.8060</i>		
<i>Y7</i>	<i>ALBAÑILERIA</i>	<i>1</i>	<i>0.13</i>	<i>1.00</i>	<i>4.15</i>	<i>0.5395</i>		
<i>Total</i>						<i>L.t= 5.1155</i>		

De la tabla 11 y 12 obtenemos que $\frac{\sum Lt}{Ap} = \frac{6.9049}{136.51} = 0.0506$ (X-X) y $\frac{\sum Lt}{Ap} = \frac{5.1153}{136.51} = 0.0375$ (Y-

Y). Por lo tanto, si cumplen con la verificación de densidad de muros para ambas direcciones.

4.6. ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO MEDIANTE EL MÉTODO DE PÓRTICOS

PLANOS EN SAP 2000:

4.6.1. Metrado de cargas:

Para el metrado de cargas es necesario el siguiente cuadro de cargas unitarias:

Tabla 13*Cargas unitarias*

CARGAS UNITARIAS	
p. e. de la albañilería:	1800 kg/m ³
p. e. del concreto armado:	2400 kg/m ³
p. e. del tarrajeo:	2000 kg/m ³
peso de ventanas:	20 kg/m ²
peso losa maciza h= 0.12 m	288 kg/m ²
peso aligerado h= 0.30 m	420 kg/m ²
acabados:	100 kg/m ²
s/c losa:	200 kg/m ²
s/c escalera:	200 kg/m ²
s/c azotea:	100 kg/m ²

Luego identificamos los elementos que se encuentran en la estructura para su respectivo metrado de carga, en este caso se identificaron parapetos de 1 m de alto, parapetos de 1.8 m de alto, muros de concreto armado (placas) de 0.13 m de espesor, muros de albañilería de 0.13 m de espesor, vigas dinteles de 0.13 m x 0.30 m y ventanas. Las unidades de estos metrados varían según el elemento por ejemplo para muros y ventanas está en Tn/m² porque luego estas se multiplicarán por su altura en el metrado por zonas y al final por su longitud en el metrado para cada muro, los parapetos en Tn/m se quedarán así en el metrado por zonas y se multiplicarán por una longitud de influencia en el metrado para cada muro. El metrado se elaboró en Excel y se muestra a continuación junto con un gráfico en donde se identifican estos

elementos:

Tabla 14

Medrado por elementos de la edificación.

SUB METRADO 1: ELEMENTOS

<u>PARAPETO $t=0.13m$ $H=1m$ + TARRAJEO $E=1$ cm</u>	0.286 Tn/m
<i>espesor de muro t:</i>	0.13 m
<i>altura de parapeto h:</i>	1.00 m
<i>altura solera:</i>	0.15 m
<i>espesor de tarrajeo e:</i>	0.01 m
<u>PARAPETO $t=0.13m$ $H=1.8m$ + TARRAJEO $E=1$ cm</u>	0.505 Tn/m
<i>espesor de muro t:</i>	0.13 m
<i>altura de parapeto h:</i>	1.80 m
<i>altura solera:</i>	0.15 m
<i>espesor de tarrajeo e:</i>	0.01 m
<u>MURO $t=0.13$ + TARRAJEO $E=1$ cm</u>	0.274 Tn/m ²
<i>espesor de muro t:</i>	0.13 m
<i>espesor de tarrajeo e:</i>	0.01 m
<u>V.DINTEL $t=0.13$ + TARRAJEO $E=1$ cm</u>	0.101 Tn/m
<i>espesor de v. dintel t:</i>	0.13 m
<i>altura de v. dintel t:</i>	0.30 m
<i>espesor de tarrajeo e:</i>	0.01 m
<u>VENTANAS</u>	0.020 Tn/m ²
<u>PLACA $t=0.13$ + TARRAJEO $E=1$ cm</u>	0.352 Tn/m ²

espesor de muro t :

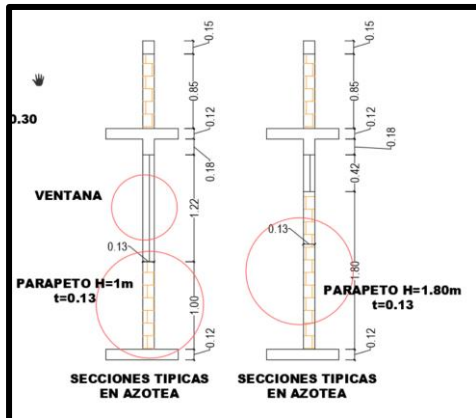
0.13 m

espesor de tarrajeo e :

0.01 m

Figura 26

Identificación de elementos



El siguiente paso es identificar las zonas de cargas directas en planta y con lo hallado anteriormente medir estas zonas tanto para azotea como pisos típicos. Las zonas de carga directa son las siguientes:

Tabla 15

Zonas de carga directa a muros.

ID. ZONAS EN PLANTA - CARGA DIRECTA A MUROS

ZONA	NIVELES
zona de puerta (13cm)	azotea y pisos típicos
zona de ventana baja (13cm)	azotea y pisos típicos
zona ventana alta (13cm)	azotea y pisos típicos

zona de muro (13cm)

azotea y pisos típicos

zona de escalera

pisos típicos

Figura 27

Identificación en planta de zonas de carga directa a muros.

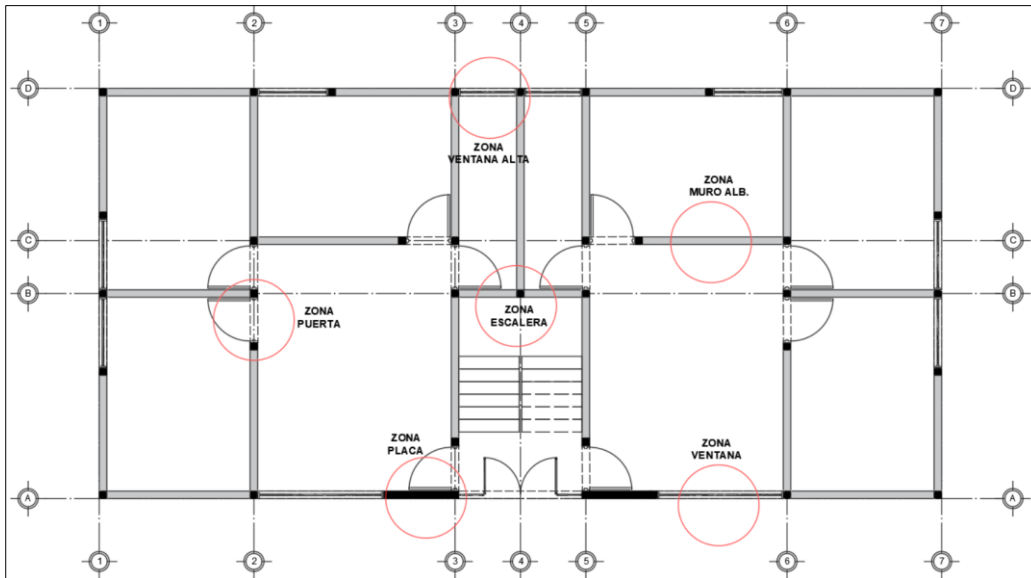


Figura 28

Zonas de carga directa al muro en azotea.

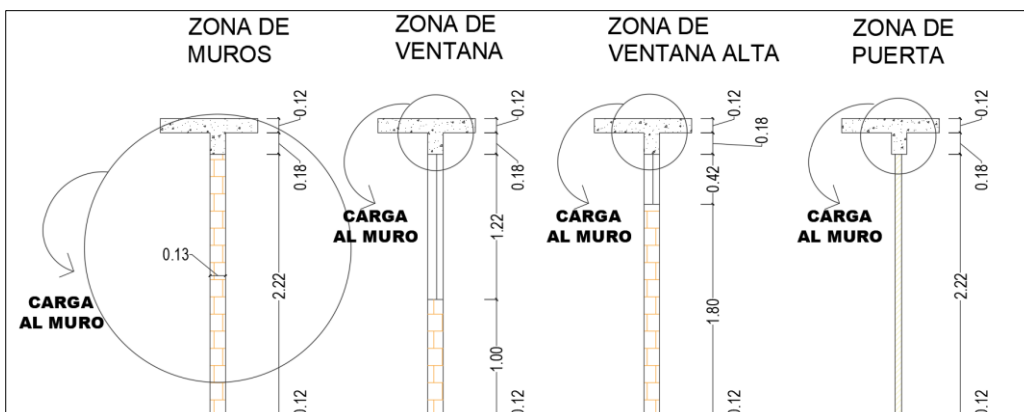
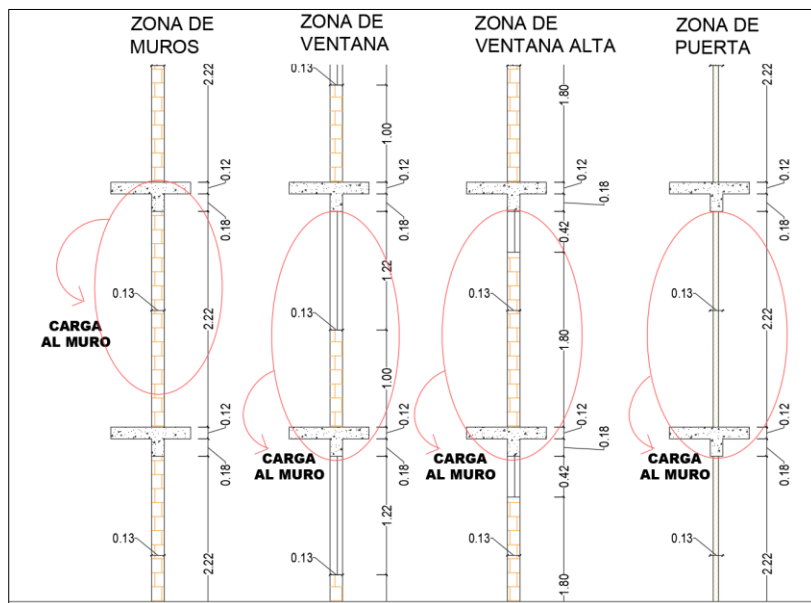


Figura 29

Zonas de carga directa al muro en pisos típicos.



A continuación, se debe aclarar que existen 2 tipos de metrado, el primero que es para la verificación de carga axial soportada por cada muro con carga viva al 100% y el segundo metrado que nos servirá para el análisis sísmico con carga viva reducida al 25% según RNE y también hallar el centro de masa de cada nivel.

4.6.1.1. Metrado para verificación de carga axial máxima muros (100%CM y 100%CV):

Primero iniciamos con el metrado de las zonas tanto para azotea y pisos típicos que son diferentes los cuales se realizaron en una hoja de cálculo en Excel y se adjuntaron en los anexos, fíjense también que en esta parte las unidades deben de quedar únicamente en Tn/m para que luego sean multiplicadas por una longitud de influencia y se pueda hallar el peso en Tn que soportara cada muro, como se resumen se tiene lo siguiente:

Tabla 16

Cargas por metro lineal según las zonas para azotea.

<i>CARGAS PARA AZOTEA</i>	
<i>ZONAS</i>	<i>CARGA</i>
ZONA DE MUROS 13cm:	0.709 Tn/m
ZONA VENTANA 13 CM:	0.101 Tn/m
ZONA VENTANA ALTA 13 CM:	0.101 Tn/m
ZONA PUERTA 13 CM:	0.101 Tn/m
ZONA PLACA 13 CM:	0.882 Tn/m

Tabla 17

Cargas por metro lineal según las zonas para pisos típicos.

<i>CARGAS PARA PISOS TIPICOS</i>	
<i>ZONAS</i>	<i>CARGA</i>
ZONA DE MUROS 13cm:	0.709 Tn/m
ZONA VENTANA 13 CM:	0.411 Tn/m
ZONA VENTANA ALTA 13 CM:	0.614 Tn/m
ZONA PUERTA 13 CM:	0.101 Tn/m
ZONA PLACA 13 CM:	0.882 Tn/m

En el caso de la escalera que cargan a los muros X7 y X2 (mediante la carga que transmite a las vigas) se obtuvo las cargas mediante un modelado de apoyos simples como muestra la siguiente imagen:

Figura 30

Cargas por metro lineal en escaleras y reacciones por metro lineal como carga directa a muros.

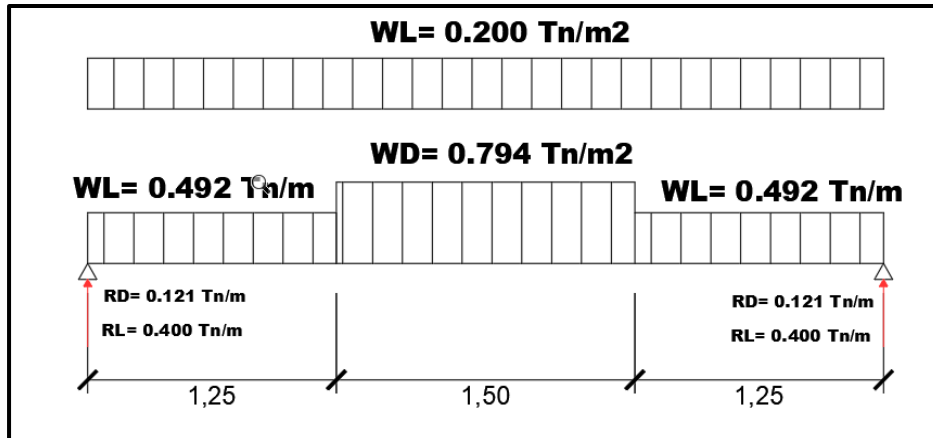


Tabla 18

Reacciones por carga de escalera en los muros.

ZONA DE ESCALERA	
Reacciones en los muros	
ESCALERA CM:	1.211 Tn/m
ESCALERA CV:	0.400 Tn/m
ESCALERA 25% CV sismo:	0.100 Tn/m

Conociendo ya estas zonas y sus pesos que están en toneladas por metro lineal se procede a realizar el *metrado de cargas directas para muros* que se elaboró en una hoja de cálculo en Excel, pero como ejemplo de su uso tenemos que para el muro X1 tenemos la zona de muros 13 cm y la zona de ventana de 13 cm con longitudes de influencia de 3.15 m y 1.25 m respectivamente obteniendo un total de 2.36 Tn de peso soportado en la azotea.

Tabla 19

Ejemplo de metrado de carga directa para el muro X1.

CARGAS DIRECTAS PARA MURO - AZOTEA		
MURO	ASIGNACION DE ZONAS	
X1	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:
Carga:	0.709 Tn/m	0.101 Tn/m
Longitud de influencia:	3.15 m	1.25 m
CARGA DIRECTA =	2.36 Tn	

En resumen, tenemos las siguientes cargas directas mostradas en la tabla 20:

Tabla 20

Cargas directas en muros (CM+CV)

CARGAS DIRECTAS EN MUROS (CM+CV)				
MURO	AZOTEA	3ER NIVEL	2DO NIVEL	1ER NIVEL
X1	2.36 Tn	2.75 Tn	2.75 Tn	2.75 Tn
X2	1.62 Tn	3.37 Tn	4.36 Tn	4.36 Tn
X3	2.47 Tn	2.90 Tn	2.90 Tn	2.90 Tn
X4	2.24 Tn	2.24 Tn	2.24 Tn	2.24 Tn
X5	2.30 Tn	2.52 Tn	2.52 Tn	2.52 Tn
X6	1.97 Tn	2.48 Tn	2.48 Tn	2.48 Tn
X7	1.95 Tn	5.90 Tn	5.90 Tn	5.90 Tn
Y1	1.91 Tn	2.13 Tn	2.13 Tn	2.13 Tn
Y2	1.91 Tn	2.13 Tn	2.13 Tn	2.13 Tn

Y3	2.24 Tn	2.24 Tn	2.24 Tn	2.24 Tn
Y4	2.24 Tn	2.24 Tn	2.24 Tn	2.24 Tn
Y5	2.29 Tn	2.29 Tn	2.29 Tn	2.29 Tn
Y6	2.29 Tn	2.29 Tn	2.29 Tn	2.29 Tn
Y7	3.06 Tn	3.63 Tn	3.63 Tn	3.63 Tn

Ahora solo nos hace falta hallar las cargas indirectas que vienen a ser las cargas que transmiten las losas a los muros, para esto se usó el método del sobre para losas armadas en 2 direcciones y las armadas en una dirección la mitad del área de su paño, en la siguiente imagen se muestran las áreas que en color azul corresponden a muros en Y-Y y en rojo a muros en X-X.

Figura 31

Áreas de carga indirecta (peso de losas) para los muros.

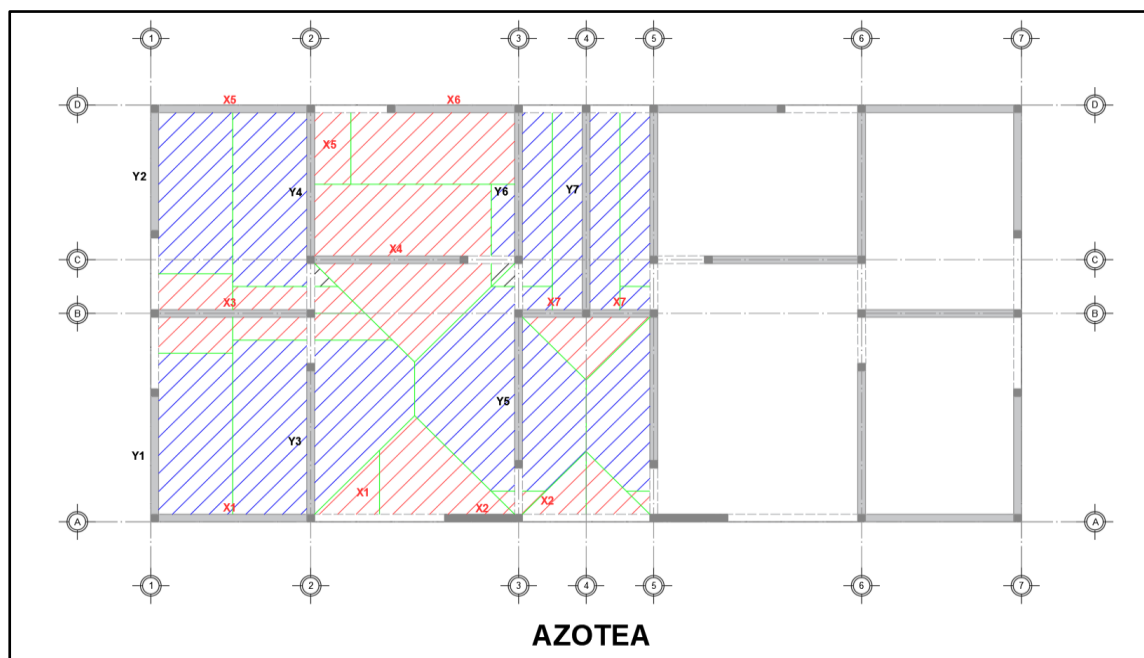


Tabla 21*Carga viva y carga muerta de losa e= 0.12 m*

CARGA VIVA Y MUERTA EN LOSAS		
	PISO TIPICO	AZOTEA
WD (losa)	0.408 Tn/m ²	0.408 Tn/m ²
WL (S/C - losa)	0.200 Tn/m ²	0.100 Tn/m ²

En la tabla anterior se muestran las cargas en las losas usadas para estos metrados, ejemplo para el muro X1 se obtuvo en el programa AutoCAD un área de 0.78 m² y dicha se muestra en la imagen anterior achurado en forma triangular ya que se formó trazando de la mitad de la viga dintel (eje A-A) ya que este es el que le transmite esa carga de losa al muro X1. Luego se halla el peso muerto (PD) y el peso vivo (PL) multiplicando el área de influencia por los pesos mostrados en la tabla anterior, es decir $PD=0.78*0.408 = 0.32$ Tn; $PL=100\%*0.78*0.1 = 0.08$ Tn; haciendo un total de $PT= 0.40$ Tn. A continuación, se mostrará el resumen de estas cargas.

Tabla 22*Resumen de cargas indirectas hacia los muros por piso.*

CARGAS INDIRECTAS EN MUROS (CM+CV)				
MURO	AZOTEA	3ER NIVEL	2DO NIVEL	1ER NIVEL
X1	0.40 Tn	0.40 Tn	0.40 Tn	0.40 Tn
X2	1.97 Tn	1.54 Tn	1.54 Tn	1.54 Tn
X3	2.19 Tn	2.19 Tn	2.19 Tn	2.19 Tn
X4	4.25 Tn	4.25 Tn	4.25 Tn	4.25 Tn

X5	0.50 Tn	0.50 Tn	0.50 Tn	0.50 Tn
X6	2.24 Tn	2.24 Tn	2.24 Tn	2.24 Tn
X7	0.76 Tn	0.76 Tn	0.76 Tn	0.76 Tn
Y1	2.28 Tn	2.28 Tn	2.28 Tn	2.28 Tn
Y2	2.28 Tn	2.28 Tn	2.28 Tn	2.28 Tn
Y3	4.80 Tn	4.80 Tn	4.80 Tn	4.80 Tn
Y4	2.51 Tn	2.51 Tn	2.51 Tn	2.51 Tn
Y5	4.52 Tn	2.94 Tn	2.94 Tn	2.94 Tn
Y6	1.42 Tn	1.42 Tn	1.42 Tn	1.42 Tn
Y7	2.25 Tn	2.25 Tn	2.25 Tn	2.25 Tn

Luego mediante una suma de cargas directas e indirectas para todos los pisos se obtendrá el peso total (P_m) el cual lo dividiremos entre el área de corte del muro ($L \cdot t$), recordar que para muros de concreto armado se deberá transformar el área a albañilería mediante un factor de transformación $E_c/E_m = 6.69$, para así obtener el esfuerzo soportado y comparar con la resistencia del muro según reglamento, a continuación, se muestra los pesos totales y esfuerzos de cada muro.

Tabla 23

Peso total de servicio (P_m) y esfuerzos axiales por muro.

PESO Y ESFUERZO TOTAL DE MUROS EN EL PRIMER NIVEL			
MURO	LONGITUD	ESPESOR EFEC. (t) x FACTOR T.	TOTAL Pm TOTAL/M2 Pm/Lt

X1	3.15 m	0.13 m	12.19 Tn	29.76 Tn/m2
X2	1.50 m	0.87 m	20.29 Tn	15.56 Tn/m2
X3	3.15 m	0.13 m	19.90 Tn	48.61 Tn/m2
X4	3.10 m	0.13 m	25.97 Tn	64.44 Tn/m2
X5	3.15 m	0.13 m	11.86 Tn	28.96 Tn/m2
X6	2.60 m	0.13 m	18.39 Tn	54.40 Tn/m2
X7	2.75 m	0.13 m	22.69 Tn	63.46 Tn/m2
Y1	2.60 m	0.13 m	17.43 Tn	51.56 Tn/m2
Y2	2.60 m	0.13 m	17.43 Tn	51.56 Tn/m2
Y3	3.10 m	0.13 m	28.17 Tn	69.90 Tn/m2
Y4	3.10 m	0.13 m	19.02 Tn	47.21 Tn/m2
Y5	3.10 m	0.13 m	22.49 Tn	55.81 Tn/m2
Y6	3.10 m	0.13 m	14.82 Tn	36.77 Tn/m2
Y7	4.15 m	0.13 m	22.95 Tn	42.55 Tn/m2

4.6.1.2. Esfuerzo axial máximo:

El esfuerzo axial máximo producido por la carga máxima de servicio (P_m) incluyendo el 100% de sobrecarga será inferior a:

$$\sigma_m = P_m / L \cdot t < 0.2 \cdot f'_m \cdot [1 - (h/35t)^2] < 0.15 \cdot f'_m$$

Así que con un $f'_m = 65 \text{ kg/cm}^2$, $t = 0.13 \text{ m}$ y $h = 2.22 \text{ m}$ se obtuvo que $0.15 \cdot f'_m = 97.50 \text{ Tn/m}^2$ y $0.2 \cdot f'_m \cdot [1 - (h/35t)^2] = 99.05 \text{ Tn/m}^2$, usamos el menor 97.50 Tn/m^2 .

En la tabla anterior vemos que el muro con máximo esfuerzo axial es Y3 con 69.90 Tn/m^2 el cual es menor a 97.50 Tn/m^2 , quiere decir que todos los muros cumplen esta

condición.

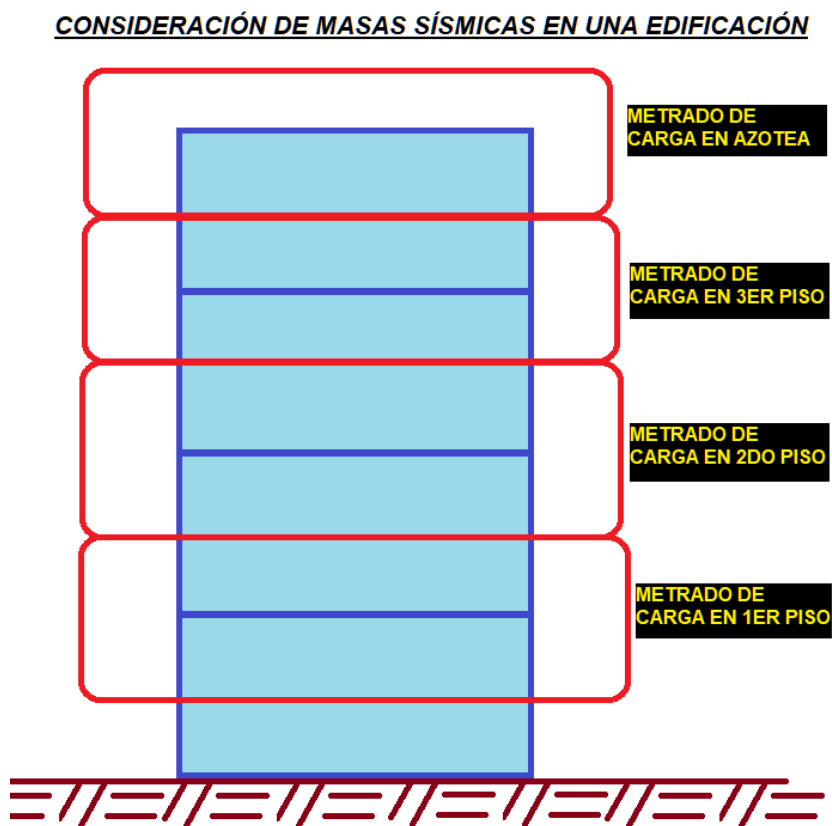
4.6.1.3. Metrado de cargas para análisis sísmico:

Para realizar este metrado debemos de saber que ETABS considera como entrepiso la zona ubicada entre la mitad de la altura de las columna o muros de un nivel y el siguiente nivel como se muestra en la siguiente imagen:

Figura

32

Consideración de masa y peso sísmico de entrepiso en una edificación.



Es decir que la zona el metrado de la azotea será diferente al metrado realizado anteriormente, independientemente de cambiar el aporte de la carga viva, así que las nuevas zonas se muestran en la siguiente imagen junto a su metrado de cargas:

Figura 33

Zonas de carga directa hacia los muros para sismo.

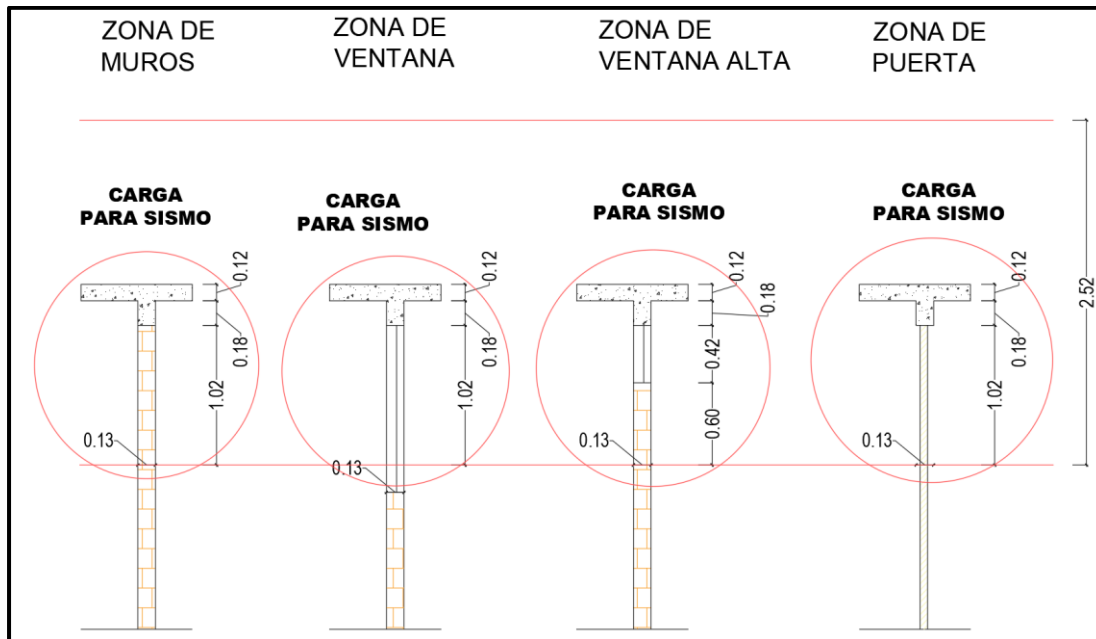


Tabla 24

Cargas directas por zona considerados en azotea para sismo.

CARGAS PARA AZOTEA - SISMO	
ZONAS	CARGA
ZONA DE MUROS 13cm:	0.380 Tn/m
ZONA VENTANA 13 CM:	0.121 Tn/m
ZONA VENTANA ALTA 13 CM:	0.285 Tn/m
ZONA PUERTA 13 CM:	0.101 Tn/m
ZONA PLACA 13 CM:	0.460 Tn/m

Para los pisos típicos pasa lo contrario, las zonas de entrepisos son iguales en cuanto a carga se refiere, esto se aprecia mejor en las siguientes figuras, donde la zona entre líneas rojas

en la figura 34 es igual en peso a lo mostrado en la figura 35:

Figura 34

Comparación de cargas directas para metrado – Carga para análisis sísmico.

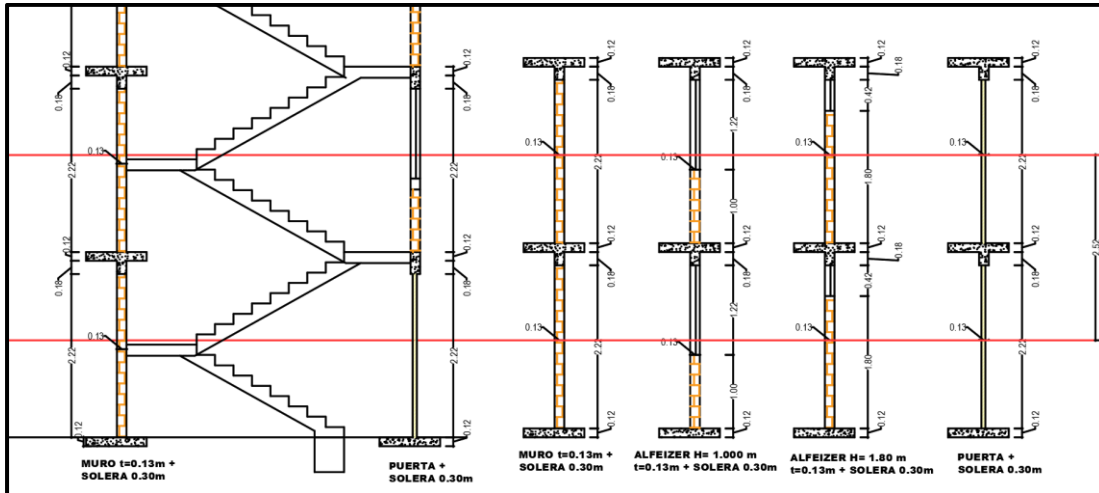
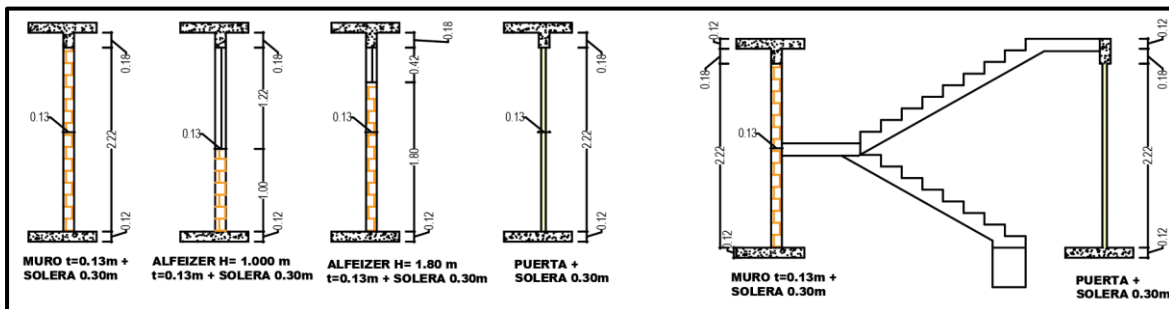


Figura 35

Comparación de cargas directas para metrado – Carga de servicio para esfuerzo axial.



En la siguiente tabla 25 se muestran las cargas directas por cada nivel y fíjense que son iguales a las mostradas en el metrado anterior (tabla 20) a excepción de los muros X2 y X7 ya que estos son afectados por las escaleras que cargan para este metrado un 25% de carga viva, recordar que para el metrado sísmico se considera 25% de carga viva para viviendas según el RNE.

Tabla 25*Cargas directas para análisis sísmico en los muros.*

CARGAS DIRECTAS EN MUROS PARA SISMO (CM+25%CV)					
MURO	AZOTEA	3ER NIVEL	2DO NIVEL	1ER NIVEL	TOTAL
X1	1.35 Tn	2.75 Tn	2.75 Tn	2.75 Tn	9.59 Tn
X2	1.04 Tn	3.19 Tn	3.99 Tn	3.99 Tn	12.21 Tn
X3	1.46 Tn	2.90 Tn	2.90 Tn	2.90 Tn	10.16 Tn
X4	1.22 Tn	2.24 Tn	2.24 Tn	2.24 Tn	7.95 Tn
X5	1.28 Tn	2.52 Tn	2.52 Tn	2.52 Tn	8.85 Tn
X6	1.24 Tn	2.48 Tn	2.48 Tn	2.48 Tn	8.69 Tn
X7	1.05 Tn	5.16 Tn	5.16 Tn	5.16 Tn	16.53 Tn
Y1	1.07 Tn	2.13 Tn	2.13 Tn	2.13 Tn	7.47 Tn
Y2	1.07 Tn	2.13 Tn	2.13 Tn	2.13 Tn	7.47 Tn
Y3	1.22 Tn	2.24 Tn	2.24 Tn	2.24 Tn	7.95 Tn
Y4	1.22 Tn	2.24 Tn	2.24 Tn	2.24 Tn	7.95 Tn
Y5	1.27 Tn	2.29 Tn	2.29 Tn	2.29 Tn	8.14 Tn
Y6	1.27 Tn	2.29 Tn	2.29 Tn	2.29 Tn	8.14 Tn
Y7	1.90 Tn	3.63 Tn	3.63 Tn	3.63 Tn	12.80 Tn

Para el caso de las cargas indirectas lo único que cambia es el aporte de la carga viva (25%), a continuación, se muestran dichas cargas:

Tabla 26*Cargas indirectas para análisis sísmico en los muros.*

CARGAS INDIRECTAS EN MUROS PARA SISMO (CM+25%CV)					
MURO	AZOTEA	3ER NIVEL	2DO NIVEL	1ER NIVEL	TOTAL
X1	0.34 Tn	0.34 Tn	0.34 Tn	0.34 Tn	1.35 Tn

X2	1.68 Tn	1.44 Tn	1.31 Tn	1.31 Tn	5.73 Tn
X3	1.86 Tn	1.86 Tn	1.86 Tn	1.86 Tn	7.45 Tn
X4	3.62 Tn	3.62 Tn	3.62 Tn	3.62 Tn	14.49 Tn
X5	0.42 Tn	0.42 Tn	0.42 Tn	0.42 Tn	1.70 Tn
X6	1.91 Tn	1.91 Tn	1.91 Tn	1.91 Tn	7.64 Tn
X7	0.65 Tn	0.65 Tn	0.65 Tn	0.65 Tn	2.60 Tn
Y1	1.94 Tn	1.94 Tn	1.94 Tn	1.94 Tn	7.77 Tn
Y2	1.94 Tn	1.94 Tn	1.94 Tn	1.94 Tn	7.77 Tn
Y3	4.09 Tn	4.09 Tn	4.09 Tn	4.09 Tn	16.36 Tn
Y4	2.14 Tn	2.14 Tn	2.14 Tn	2.14 Tn	8.57 Tn
Y5	3.85 Tn	2.69 Tn	2.50 Tn	2.50 Tn	11.55 Tn
Y6	1.21 Tn	1.21 Tn	1.21 Tn	1.21 Tn	4.83 Tn
Y7	1.92 Tn	1.92 Tn	1.92 Tn	1.92 Tn	7.67 Tn

Y la carga total sísmica CM+25%CV en la base de cada muro se muestra a continuación:

Tabla 27

Carga acumulada total por muro (Pg).

CARGA TOTAL (Pg)	
MURO	TOTAL
X1	10.94 Tn
X2	17.94 Tn
X3	17.61 Tn
X4	22.44 Tn
X5	10.54 Tn
X6	16.33 Tn
X7	19.13 Tn

Y1	15.24 Tn
Y2	15.24 Tn
Y3	24.32 Tn
Y4	16.52 Tn
Y5	19.69 Tn
Y6	12.96 Tn
Y7	20.47 Tn

4.6.1.4. Centro de masa de entrepiso y excentricidades accidentales:

Con los pesos (tabla x y y) de entrepiso podemos hallar el centro de masa de cada entrepiso, esto se logra trazando el eje de coordenadas según considere uno, en este caso se trazó en el centro geométrico de la planta de la edificación, lo siguiente es ubicar el centroide de cada muro y haciendo momentos alrededor de Y-Y con los pesos de cada muro obtenemos un total que dividiremos con el peso total de dicho entrepiso y así obtener el la abscisa del centro de masa, se hace lo mismo en la otra dirección y se obtiene la ordenada. A continuación, se muestran los resultados de estos cálculos que se realizaron en Excel.

Tabla 28

Coordenadas de centro de masa.

CENTROS DE MASA DE ENTREPISO		
ENTREPISO	X	Y
AZOTEA	<u>0.000 m</u>	<u>0.106 m</u>
3ER NIVEL	<u>0.000 m</u>	<u>0.116 m</u>
2DO NIVEL	<u>0.000 m</u>	<u>0.074 m</u>

1ER NIVEL	<u>0.000 m</u>	<u>0.074 m</u>
-----------	----------------	----------------

Con respecto a las excentricidades la Norma E.030 menciona que la excentricidad accidental (E_a) se calcula mediante la expresión: $E_a = 0.05 B$, donde “B” es la dimensión de la planta transversal a la dirección en análisis, con lo cual obtenemos lo siguiente:

- Para sismo en la dirección X-X: $E_a = e_y = 0.05 \times 8.15 = 0.408 \text{ m}$
- Para sismo en la dirección Y-Y: $E_a = e_x = 0.05 \times 16.75 = 0.838 \text{ m}$

Cuando se emplea el programa SAP2000, es necesario mover al centro de masas (punto donde actúa la fuerza de inercia “ F_i ”) para contemplar las torsiones accidentales. Se analizaron tres estados de carga (dos para sismo en X-X y una para el sismo en Y-Y):

Tabla 29

Coordenadas de centro de masas afectados por excentricidad accidental de 5%.

NIVEL	PARA SISMO X-X1		PARA SISMO X-X2		PARA SISMO YY1	
	Xcg	Ycg+ey	Xcg	Ycg-ey	Xcg+ex	Ycg
AZOTEA	0.000 m	0.516 m	0.000 m	-0.304 m	0.840 m	0.106 m
3ER NIVEL	0.000 m	0.526 m	0.000 m	-0.294 m	0.410 m	0.116 m
2DO NIVEL	0.000 m	0.484 m	0.000 m	-0.336 m	0.000 m	0.074 m
1ER NIVEL	0.000 m	0.484 m	0.000 m	-0.336 m	0.000 m	0.074 m

Solo se analizó un caso para sismo en YY porque el centro de masa de la estructura está en el centro geométrico de la planta de la edificación y sobre todo porque la edificación es simétrica con respecto al eje y-y en el centro masa.

4.6.2. Cálculo de la fuerza cortante basal (diseño estático)

La fuerza cortante basal se hallara teniendo como datos los parámetros sísmicos mostrados en la tabla 30, luego calcular el periodo fundamental de vibración T de manera aproximada usando la altura de la edificación y el factor CT que es 60 para albañilería, continuando se calcula el coeficiente sísmico C usando el periodo de la edificación, el factor de reducción para albañilería es 3 en caso de sismo severo, para moderado es el doble entonces usamos un R=6, C/R debe ser mayor de 0.11, al final se obtuvo un V= 86.46 Tn estos cálculos se muestran a continuación.

Tabla 30

Parámetros sísmicos de sitio.

PARÁMETROS SÍSMICOS		
PARÁMETRO	VALOR	ESPECIFICACIÓN
Z	0.45	ZONA 4
U	1	Vivienda
S	1.05	suelo tipo S2
TP (S)	0.6	
TL (S)	2	

Tabla 31

Periodo fundamental de vibración T – Norma E.030

CÁLCULO DE PERIODO FUNDAMENTEL DE VIBRACIÓN (T)		
ALTURA TOTAL DE LA EDIF. (hn)	10.080 m	CATEGORÍA
CT	60	ALBAÑILERIA
PERIODO T= 0.168 s		

Tabla 32*Coficiente sísmico C – Norma E.030*

CÁLCULO DE COEFICIENTE SÍSMICO (C)		
$T < TP$	$C = 2.5$	OK
$TP < T < TL$	$C = 2.5 * (TP/T)$	NO
$TL < T$	$C = 2.5 * (TP * TL / T^2)$	NO
C = 2.50		

Tabla 33*Factor de reducción sísmica R – Norma E.030*

FACTOR DE REDUCCIÓN SÍSMICA (R)		
$R_0 =$	3	ALBAÑILERIA
Irregularidad planta (I_p):	1.00	
Irregularidad altura (I_a):	1.00	
R = 3.00		

Tabla 34*Fuerza cortante total sísmica en la base V – Norma E.030*

FUERZA CORTANTE EN LA BASE (V)	
PESO TOTAL SISMICO=	439.16 Tn
TIPO DE SISMO:	SISMO MODERADO
R (SISMO MODERADO) =	6
C/R:	0.42
<u>V = 86.46</u>	

4.6.3. Cálculo de fuerzas inerciales y cortantes por piso.

Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel i se calculan mediante la siguiente

expresión: $F_i = \alpha_i * V$; donde
$$\alpha_i = \frac{P_i \cdot (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j (h_j)^k} k$$

K será igual a 1 ya que nuestra estructura tiene un T menor a 0.5 s, para valores mayores y menores a 2 se usa $k = 0.75 + 0.5T$.

A continuación, se muestran dichos cálculos para cada nivel de la edificación:

Tabla 35

Fuerzas inerciales por piso.

CALCULO DE FUERZAS INERCIALES						
PISO	P_i (Tn)	h_i (m)	$P_i * h_i^k$	α_i	F_i (Tn)	M_i (Tn_m)
4	84.99 Tn	10.080 m	856.649	0.325	<u>28.06 Tn</u>	70.72 Tn_m
3	117.40 Tn	7.560 m	887.566	0.336	<u>29.08 Tn</u>	214.71 Tn_m
2	118.39 Tn	5.040 m	596.663	0.226	<u>19.55 Tn</u>	407.96 Tn_m
1	118.39 Tn	2.520 m	298.331	0.113	<u>9.77 Tn</u>	625.84 Tn_m
Total			2639.209		86.46 Tn	

4.6.4. Modelado y análisis estructural en SAP 2000

4.6.4.1. Definición de Materiales

Los materiales utilizados en el modelado estructural serán los siguientes:

Tabla 36

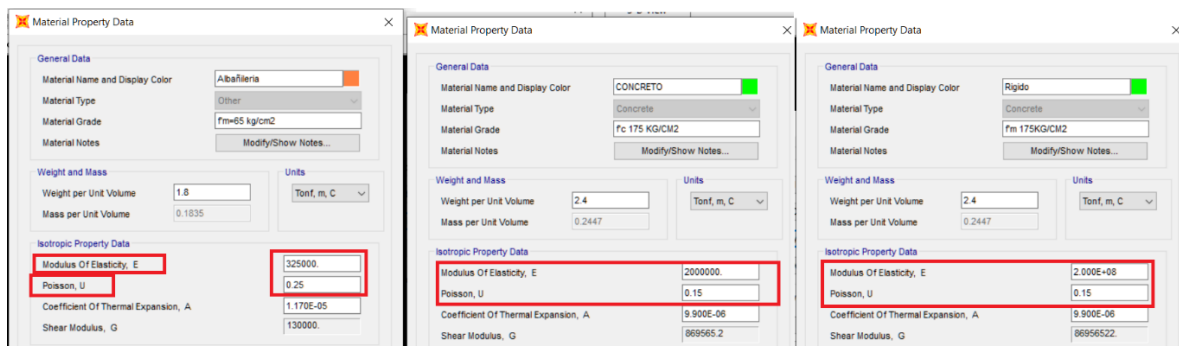
Propiedades de los elementos estructurales asignados en SAP 2000

MATERIAL	ELEMENTOS	MODULO DE ELASTICIDAD	DE MODULO DE POISSON
Albañilería	Muros.	$E_m = 325,000 \text{ ton/m}^2$	$\nu = 0.25$
Concreto	Placas, dinteles y escaleras.	$E_c = 2'000,000 \text{ ton/m}^2$	$\nu = 0.15$
Rígido	Brazos rígidos.	$E_r = 200'000,000 \text{ ton/m}^2$	$\nu = 0.15$

Nótese que se estarán creando brazos rígidos como un elemento estructural tipo frame y para que cumpla con esa propiedad de rigidez infinita se le asigno un módulo E_r muy grande.

Figura 36

Definición de materiales en el programa SAP 2000

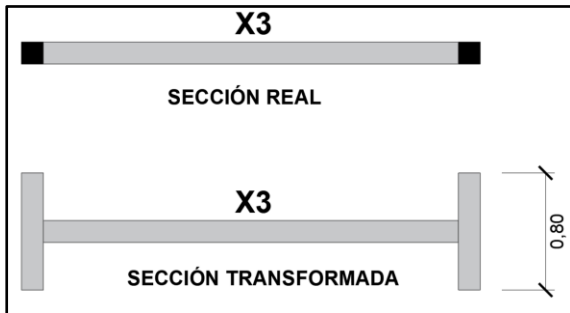


4.6.4.2. Definición de Secciones transversales

Para definir las secciones transversales de los muros confinados, debe aplicarse el criterio de la sección transformada, transformando las columnas de concreto en elementos equivalentes de albañilería (su espesor de 0.13 m se multiplica por $n = E_c/E_m = 6.15$, proporcionando un ancho equivalente de 0.8 m).

Figura 37

Sección transformada del muro X3

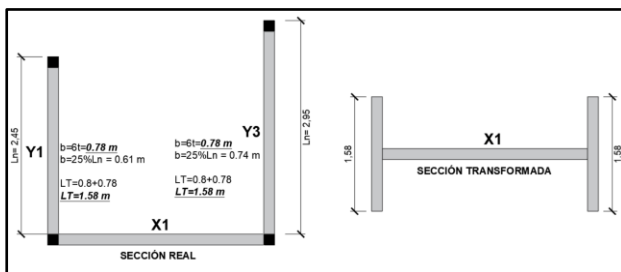


También se debe contemplar el aporte de los muros transversales agregándose un ancho efectivo b según los siguientes casos

- Caso 1: cuando el muro transversal solamente solo concorra a un muro, para este caso b será igual al 25% de la luz libre del muro transversal o $6*t$, el que sea mayor.

Figura 38

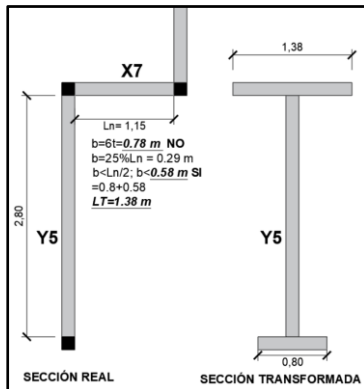
Sección transformada del muro X1 + aporte de muros transversales.



- Caso 2: cuando el muro transversal si concorra a dos muros, en este caso b no excederá la mitad su longitud, es decir $b= 25\%L_n$ o $6*t$ y $b < L_n/2$.

Figura 39

Caso de muro transversal que concurre a dos muros (X7)

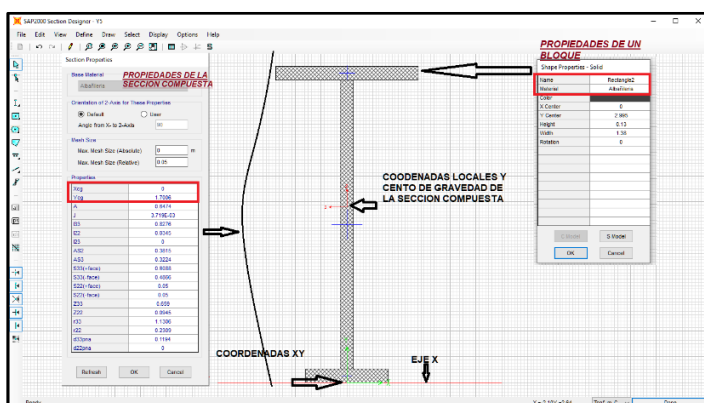


En SAP 2000 crearemos estas secciones y también las secciones que usaremos para vigas dinteles, placa y escaleras, los muros se dibujaran estando orientados de izquierda a derecha y de abajo hacia arriba ya que de esta forma será como se insertaran en el modelo 3d. En este programa podemos crear esta sección transformada de 2 formas y tratando de que el centro de masa se ubique en el eje del muro.

- 1era forma: ingresando de manera directa la sección transformada, por ejemplo, el muro Y5 de la figura 40 lo dibujamos en SAP2000 como su sección transformada.

Figura 40

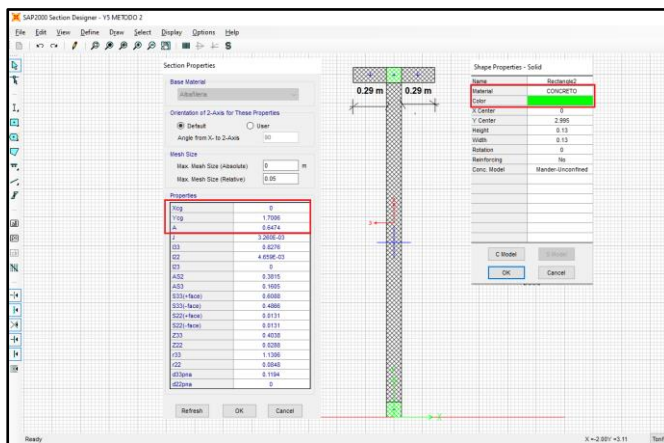
Definición de sección transformada en SAP2000 – Método 1



- 2da forma: ingresando la sección tal y como esta, es decir con sus columnas de confinamiento y sección transversal aportante de otros muros (tratando siempre de hacer coincidir el centro de gravedad en el eje del muro). Para hacer coincidir el centro de gravedad lo más sencillo sería dividir en dos áreas iguales la longitud de muro transversal aportado y ubicarlo a cada lado de la columna de confinamiento.

Figura 41

Definición de sección transformada en SAP2000 – Método 2



La sección transformada de los muros de albañilería se deberá crear ubicando su extremo al inicio del eje de coordenadas para que el programa nos dé como resultado el centro de masa del muro, este centro de masa nos servirá para la formación de los pórticos como se muestran en las figuras 40 y 41

Cabe mencionar que los pórticos planos ofrecen rigidez sólo para acciones contenidas en su plano, por lo que para acciones perpendiculares al plano se asignó propiedades nulas (valores muy pequeños del área de corte y del momento de inercia, Figura 42 y 43).

Figura 42

Modificación de las propiedades de rigidez del muro Y5.

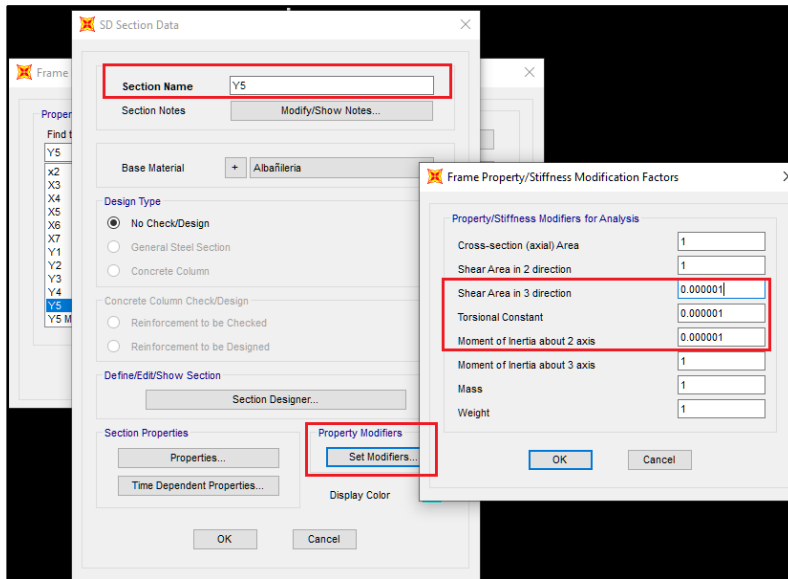
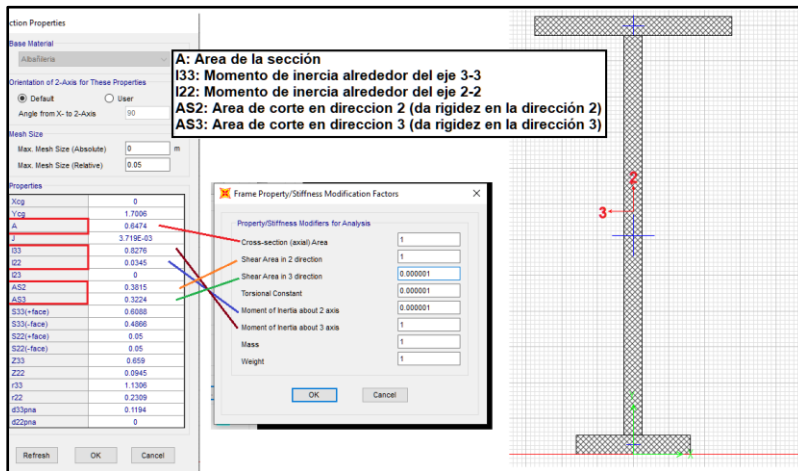


Figura 43

Descripción de las propiedades de rigidez en SAP 2000.



Adicionalmente, se asignó a los brazos rígidos (barras que hacen las veces de la sección plana en los muros –hipótesis de Navier-) una rigidez torsional (I1) muy pequeña, ya que sobre algunos de ellos llegan transversalmente vigas dinteles (por ejemplo, sobre: X2, X3, X7, Y6 e Y7) o el descanso de la escalera (sobre X7). Estos elementos ortogonales tienen la tendencia

de estar simplemente apoyados sobre el muro en análisis y no empotrados.

Figura 44

Modificación de la rigidez torsional en los brazos rígidos.

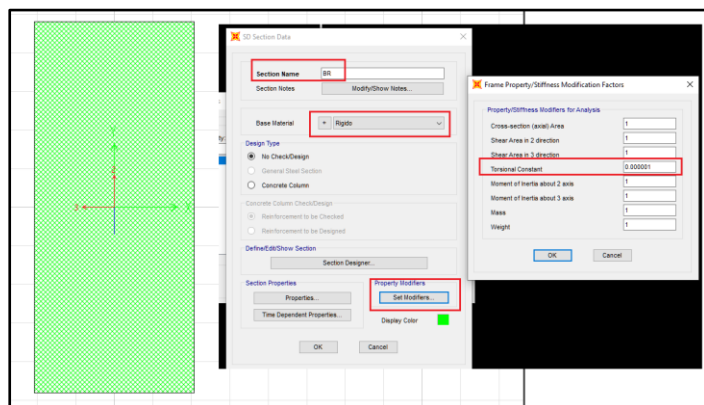


Tabla 37

Centro de gravedad de los muros en planta.

CENTRO DE GRAVEDAD DE MUROS

MURO	Xcg (m)	Ycg (m)	MURO	Xcg (m)	Ycg (m)
X1	1.56 m	0.00 m	Y1	0.00 m	1.08 m
X2	0.75 m	0.00 m	Y2	0.00 m	1.48 m
X3	1.56 m	0.00 m	Y3	0.00 m	1.31 m
X4	1.31 m	0.00 m	Y4	0.00 m	1.53 m
X5	1.56 m	0.00 m	Y5	0.00 m	1.70 m
X6	1.48 m	0.00 m	Y6	0.00 m	1.75 m
X7	1.35 m	0.00 m	Y7	0.00 m	1.71 m

En cuanto a las vigas dinteles de concreto, existen 2 tipos, las ubicadas en el perímetro (viga exterior VE) y las localizadas en la parte interior del edificio (viga interior VI). En ambos

casos se consideró un ancho tributario de losa, a cada lado del alma, igual a 4 veces el espesor de la losa ($4 \times 0.12 = 0.48$ m). Las propiedades de estas vigas aparecen en las Figuras 45 y 46.

Figura 45

Sección de viga dintel interior para análisis estructural.

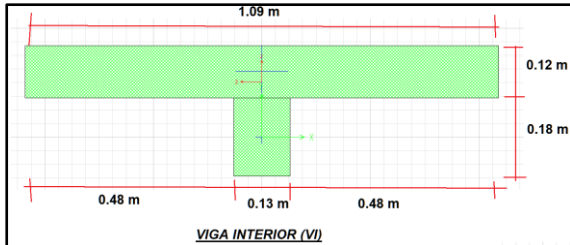
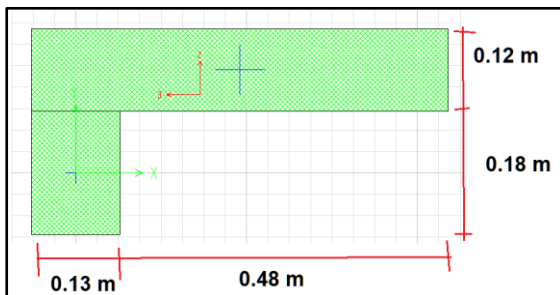


Figura 46

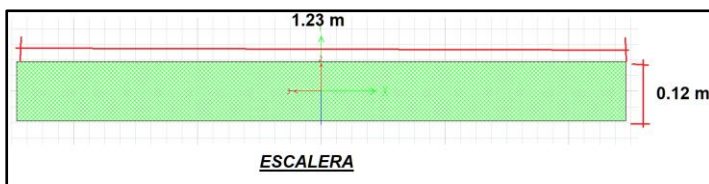
Sección de viga dintel de borde para análisis estructural.



Finalmente, cada tramo de la escalera de concreto tuvo una sección rectangular de 1.23x0.12 m.

Figura 47

Sección de escalera.

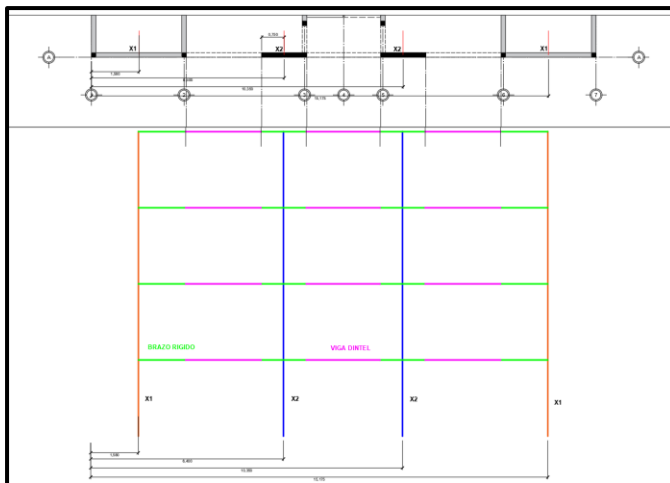


4.6.4.3. Definición de pórticos planos

Los pórticos planos están conformados por barras verticales (color naranja) que representan los muros de albañilería y que nacen desde su centroide (ver tabla 37 centro de gravedad de muros en planta), estas barras verticales se unirán mediante barras rígidas (color verde) solo a las vigas dinteles (color magenta) y escaleras (color magenta) para este proyecto, a muros transversales no porque estos ya se contemplaron en la definición de la sección transversal.

Figura 48

Definición de Pórtico plano para el eje A - A

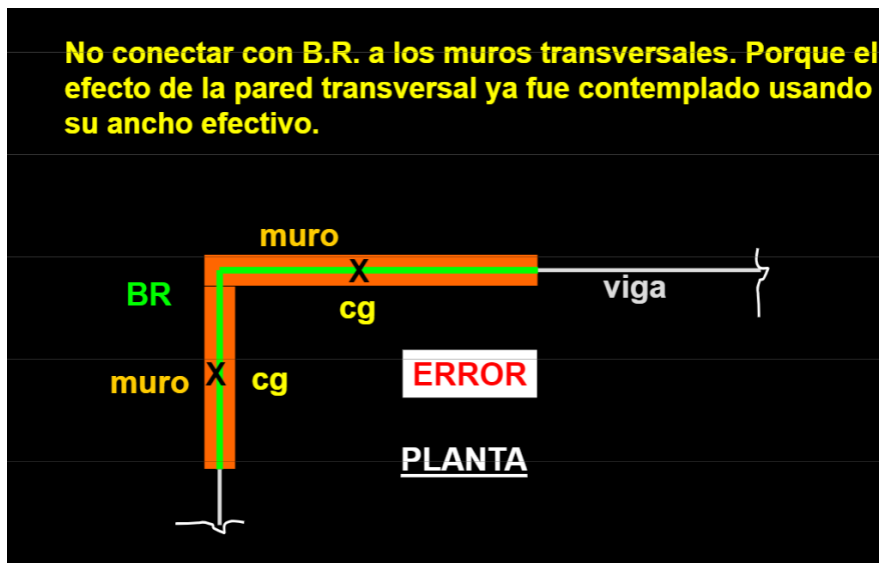


Se deberá tener en cuenta las siguientes recomendaciones al momento de crear y unir los brazos rígidos y vigas dinteles.

- No unir los brazos rígidos en los encuentros de muros ya que según la dirección del muro ya se tomó el aporte del otro muro transversal ($25\% L_t$ o $6*t$)

Figura 49

Erro por unión de brazos rígidos transversales para el método de pórticos planos

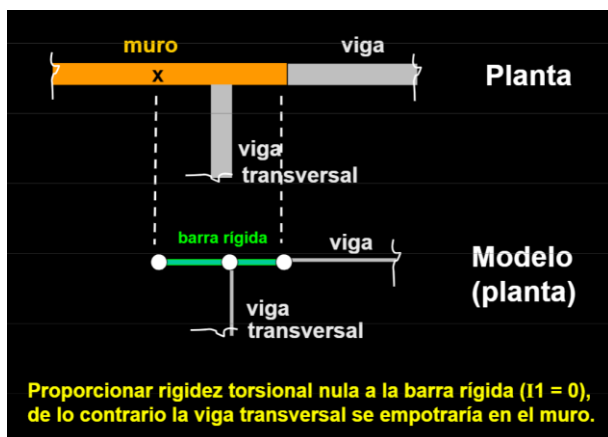


Fuente: Ángel San Bartolomé (1994).

- Cuando una viga llegue transversalmente a un brazo rígido, este brazo rígido deberá tener la propiedad de torsión nula ya que la viga no se considera empotrado en los muros, sino que tiene la condición de apoyo simple.

Figura 50

Explicación de la modificación de rigidez torsional para los brazos rígidos.



Fuente: Ángel San Bartolomé (1994).

- Los brazos rígidos solo se insertarán cuando haya una viga dintel u otro elemento frame a la que este unido como es el caso de la escalera en el muro X7, en caso no haya nada a que unirse se dejara sin brazos rígidos.

Figura 51

Zonas sin asignación de brazos rígidos.

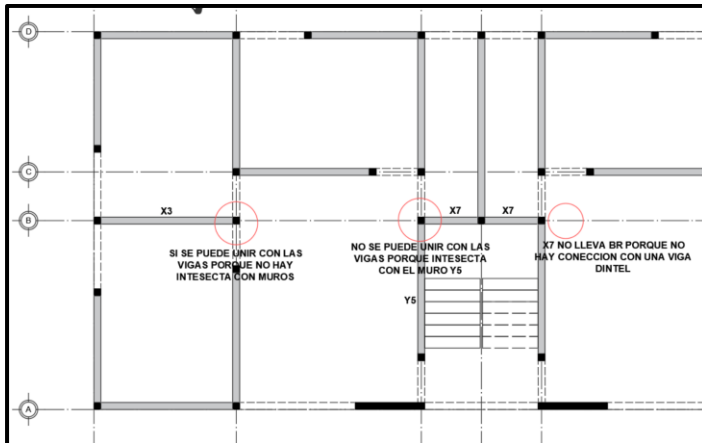
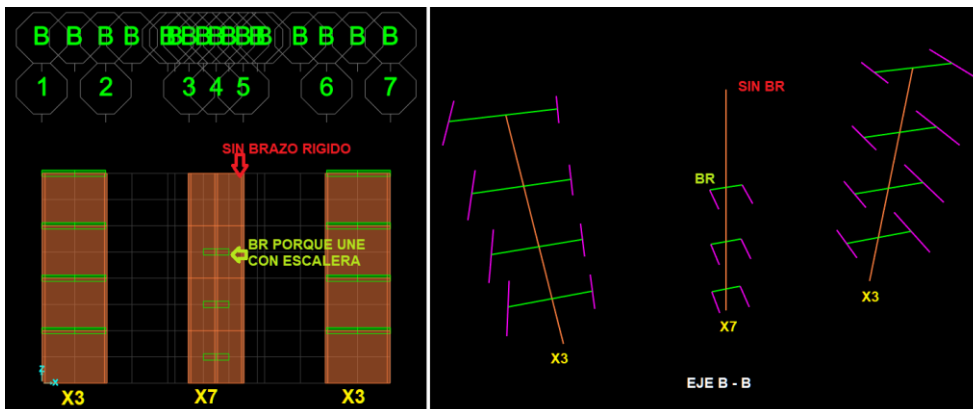


Figura 52

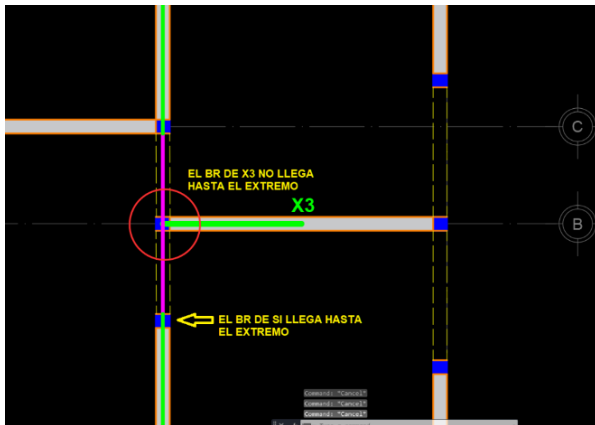
Zonas asignadas y no asignadas de brazos rígidos – vista en SAP 2000



- La longitud del brazo rígido no siempre llega hasta el borde del muro, lo que si se debe respetar es la longitud de las vigas dinteles.

Figura 53

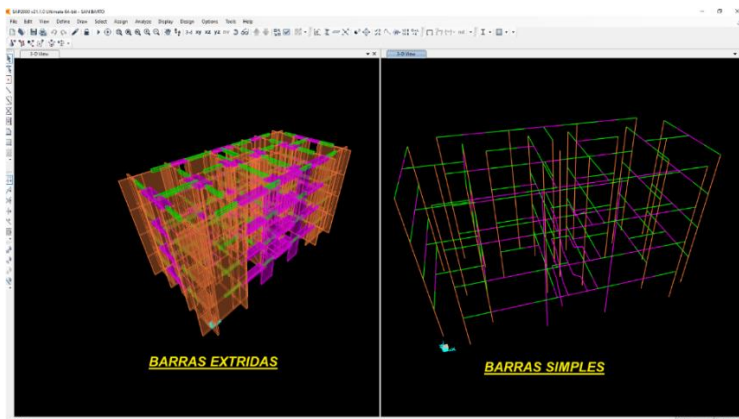
Brazo rígido (X3) no llega al borde del muro.



Siguiendo estos pasos y recomendaciones se construyó el modelo de pórticos planos en SAP 2000 que a continuación se muestra tanto como barras simples y barras extruidas en un espacio tridimensional.

Figura 54

Vista de modelo en 3d de pórticos planos en SAP 2000



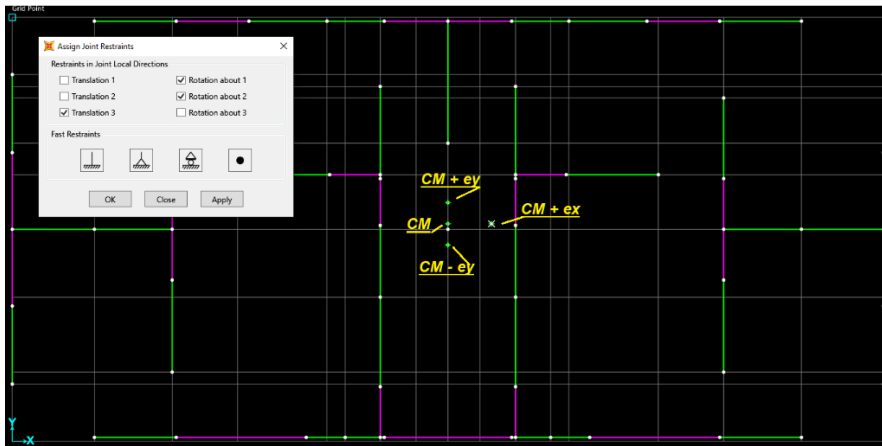
4.6.4.4. Asignación de centros de masa, diafragmas rígidos y fuerzas de sismo en cada nivel

Los centros de masa de cada nivel junto a los nuevos centros de masa por excentricidad accidental se insertaron mediante la opción de draw special joint en SAP 2000. A todos estos centros de masa se les asignaron las siguientes restricciones: traslación 3 o Z, rotación sobre

el eje 1 o X y rotación sobre el eje 2 o Y, debido a que la losa se modela para 3 grados de libertad, desplazamientos en X e Y y rotación en Z.

Figura 55

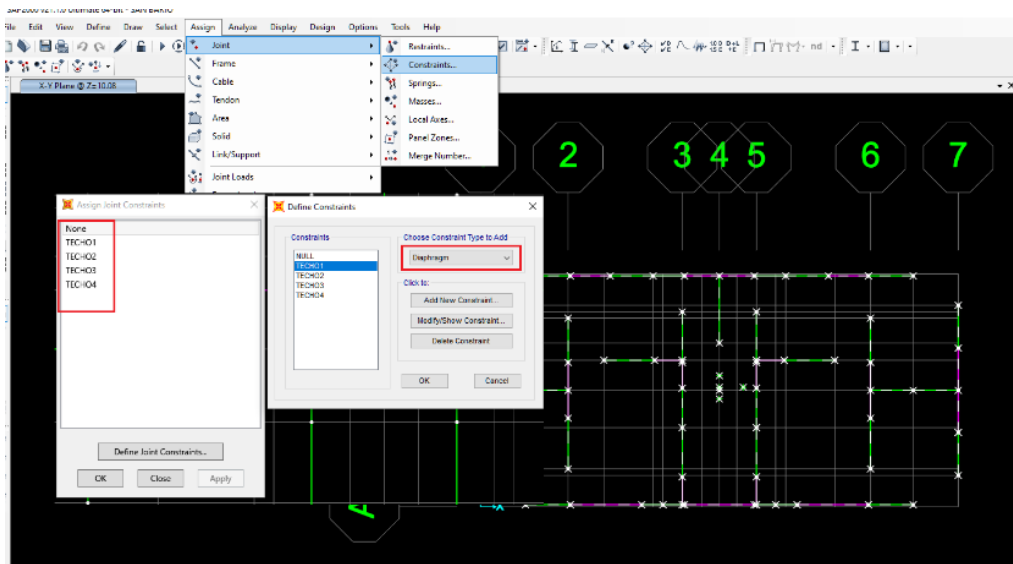
Asignación de restricciones de centro de masa.



Se continuo con la asignación de diafragmas rígidos para cada nivel, para ello se seleccionó todos los puntos de un nivel y en asign – join – constraints – define join constraints se crearon los diafragmas y asignaron.

Figura 56

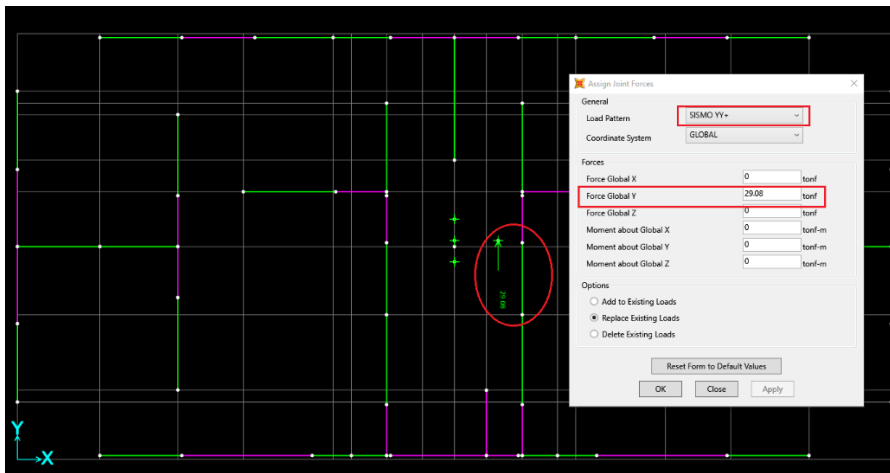
Asignación de diafragmas rígidos en SAP2000.



Para finalizar con este paso y también con el análisis estructural se crearon los siguientes patrones de carga sísmica: Sismo XX1+, Sismo XX1-, Sismo XX2+, Sismo XX2-, Sismo YY+, Sismo YY-, luego asignar la fuerza correspondiente para cada centro de masa y patrón de carga como se muestra en la siguiente figura 57.

Figura 57

Asignación de fuerza sísmica en el programa SAP 2000.

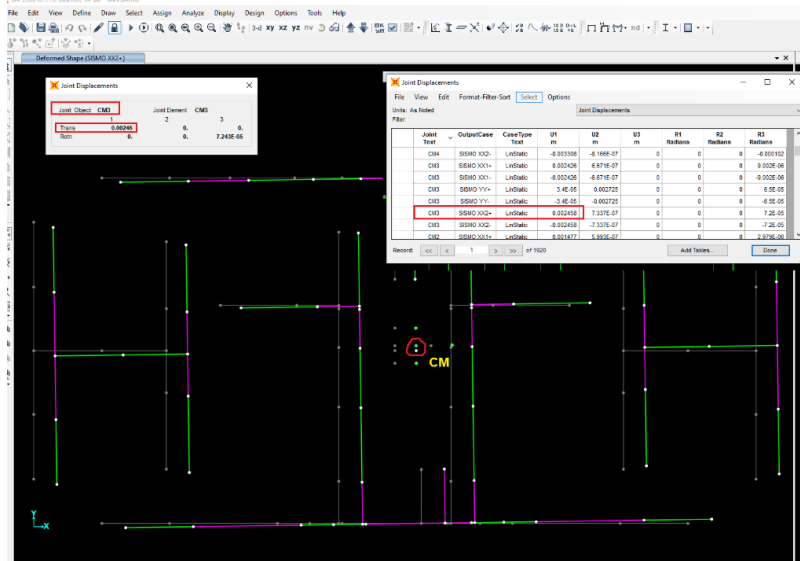


4.6.5. Resultados - Desplazamientos de centro de masa y ejes para sismo en XX y YY

Los resultados en SAP 2000 se pueden obtener de manera visual o mediante tablas, para este último es recomendable cambiar las etiquetas de los joints (puntos o uniones) por ejemplo los desplazamientos de centro masan se muestran a continuación:

Figura 58

Extracción de datos en SAP 2000: Desplazamientos de centro de masas.



De esta manera se halló para todos los pisos el desplazamiento de los centros de masa para todos los casos de sismo y se obtuvo el siguiente cuadro:

Tabla 38

Desplazamientos de centro de masas – Método de pórticos planos.

DESPLAZAMINTOS DEL CENTRO DE MASA POR LA ACCIÓN SISMICA						
	<i>SISMO</i>	<i>SISMO</i>	<i>SISMO</i>	<i>SISMO</i>	<i>SISMO</i>	<i>SISMO</i>
	<i>XXI+</i>	<i>XXI-</i>	<i>XX2+</i>	<i>XX2-</i>	<i>YY+</i>	<i>YY-</i>
<i>NIVEL</i>	<i>D x(m)</i>	<i>D x(m)</i>	<i>D x(m)</i>	<i>D x(m)</i>	<i>D y(m)</i>	<i>D (m)</i>
4	0.00356 m	-0.00356 m	0.00360 m	-0.00360 m	0.00320 m	-0.00320 m
3	0.00266 m	-0.00266 m	0.00269 m	-0.00269 m	0.00242 m	-0.00242 m
2	0.00163 m	-0.00163 m	0.00165 m	-0.00165 m	0.00150 m	-0.00150 m
1	0.00064 m	-0.00064 m	0.00064 m	-0.00064 m	0.00061 m	-0.00061 m

Se puede apreciar el sismo XX2 positivo y sismo YY positivo son los que mayores

desplazamientos causan y por ende mayores esfuerzos provocaran, es por ello que los resultados con los que trabajaremos y mostraremos serán para estos sismos.

A continuación, se muestra la tabla de desplazamientos sísmicos de los ejes A y D provocados por el sismo en dirección x (Sismo XX2+) y desplazamientos de los ejes 1 y 7 para el sismo en dirección y (Sismo YY+).

Tabla 39

Desplazamientos laterales de ejes por sismo XX2+ - Método de pórticos planos.

<i>Desplazamientos Laterales –Sismo en X-X (estado “Sismo XX2+”)</i>					
	EJE A		EJE D		RT
NIVEL	Dx (m)	dx (m)	Dx (m)	dx (m)	dA/0.5*(dA+dD)
4	0.00398 m	0.00102 m	0.00324 m	0.00080 m	1.12
3	0.00296 m	0.00116 m	0.00244 m	0.00093 m	1.11
2	0.00179 m	0.00111 m	0.00150 m	0.00091 m	1.10
1	0.00069 m	0.00069 m	0.00060 m	0.00060 m	1.07

Máxima distorsión inelástica en el piso 3 del eje A = $0.75 \times 6 \times 0.00116 / 2.52 = 0.0021 < 0.005$ Ok

Tabla 40

Desplazamientos laterales de ejes por sismo YY+ - Método de pórticos planos.

<i>Desplazamientos Laterales –Sismo en Y-Y (estado “Sismo YY+”)</i>					
	EJE 1		EJE 7		RT
NIVEL	Dy (m)	dy (m)	Dy (m)	dy (m)	d7/0.5*(d1+d7)
4	0.00246 m	0.00059 m	0.00395 m	<u>0.00099 m</u>	1.25
3	0.00187 m	0.00070 m	0.00296 m	0.00114 m	1.24
2	0.00117 m	0.00069 m	0.00183 m	<u>0.00109 m</u>	1.23

1	0.00048 m	0.00048 m	0.00073 m	<u>0.00073 m</u>	1.21
---	-----------	-----------	-----------	------------------	-------------

Máxima distorsión inelástica en el piso 3 del eje 7 = $0.75 \times 6 \times 0.00114 / 2.52 = 0.0020 < 0.005$ Ok

En las tablas anteriores se calculó RT que es un valor que nos ayuda en saber si nuestra planta tiene o no irregularidad torsional, según la norma E.030 Diseño Sismorresistente si RT es mayor a 1.3 entonces si existe irregularidad torsional.

También se calculó la máxima distorsión inelástica que según la norma E.030 Diseño Sismorresistente se obtiene multiplicando 0.75 o 0.85 por R por la deriva máxima de entrepiso, tomando 0.75 para estructuras regulares y 0.85 para irregulares, este resultado para albañilería deberá ser menor a 0.005.

4.6.6. Periodo Natural de vibración (T)

Estos periodos se calcularon mediante la formula indicada en la Norma E.030

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum W_i D_i^2}{g \sum F_i \cdot D_i}}$$

Donde: $g=9.8$ m/seg², W_i es el peso sísmico de entrepiso, D_i es el desplazamiento absoluto del centro de masa en el nivel i y F_i es la fuerza de inercia en el nivel i .

Tabla 41

Cálculo de periodo natural de la estructura T en dirección X.

CÁLCULO DE "Tx" CON LA FORMULA DE LA NORMA E.030					
NIVEL	Wi (Tn)	Fi (Tn)	Dix(m)	Wi *Dix(m)^2	Fi*Dix
4	84.99	28.06	0.0036	0.00110147	0.101016
3	117.4	29.08	0.00269	0.000849518	0.0782252

2	118.39	19.55	0.00165	0.000322317	0.0322575
1	118.39	9.77	0.00064	4.84925E-05	0.0062528
			Totales:	0.002321798	0.2177515
T (X-X) = <u>0.2073 seg</u>					

Tabla 42

Cálculo de periodo natural de la estructura T en dirección Y.

CÁLCULO DE "Ty" CON LA FORMULA DE LA NORMA E.030					
NIVEL	Wi (Tn)	Fi (Tn)	Diy(m)	Wi*Diy(m)^2	Fi*Diy
4	84.99	28.06	0.0032	0.000870298	0.089792
3	117.4	29.08	0.00242	0.000687541	0.0703736
2	118.39	19.55	0.0015	0.000266378	0.029325
1	118.39	9.77	0.00061	4.40529E-05	0.0059597
				0.001868269	0.1954503
T (Y-Y) = <u>0.1962 seg</u>					

4.6.7. Resultados – Fuerzas internas por sismo Moderado

La nomenclatura que se emplea en este acápite, similar a la de la Norma E.070, es:

- Ve = fuerza cortante (ton) producida por el sismo moderado
- Me = momento flector (ton-m) producido por el sismo moderado

Los valores Ve, Me obtenido del análisis elástico, en sus valores máximos para cada piso, aparecen en las tablas 43 y 44, mientras que gráficos mostrados en SAP 2000 de momento flector y fuerza cortante aparecen en la Fig.59. Cabe indicar que para los muros en dirección X, predomina el estado de carga “Sismo XX2”, mientras que para los muros en dirección Y,

prevalece el estado de carga “Sismo YY”.

Tabla 43

Fuerzas internas por sismo moderado en dirección X.

FUERZAS INTERNAS Ve Y Me ANTE SISMO MODERADO SSXX2+								
	Ve (Tn)				Me (Tn_m)			
MURO	PISO 1	PISO 2	PISO 3	PISO 4	PISO 1	PISO 2	PISO 3	PISO 4
X1	7.63	7.51	5.14	1.89	43.36	26.63	11.07	3.18
X2	6.62	3.39	3.11	2.09	18.62	6.38	4.47	4.42
X3	6.72	6.56	5.08	2.89	27.64	16.42	7.41	5.62
X4	6.63	6.12	4.32	1.83	31.62	18.20	7.26	3.88
X5	7.16	6.89	5.02	2.29	35.23	21.07	8.96	4.36
X6	5.45	5.39	4.53	3.18	20.03	11.76	5.76	6.41
X7	5.98	4.73	2.55	0.26	32.73	17.74	5.80	0.64

Tabla 44

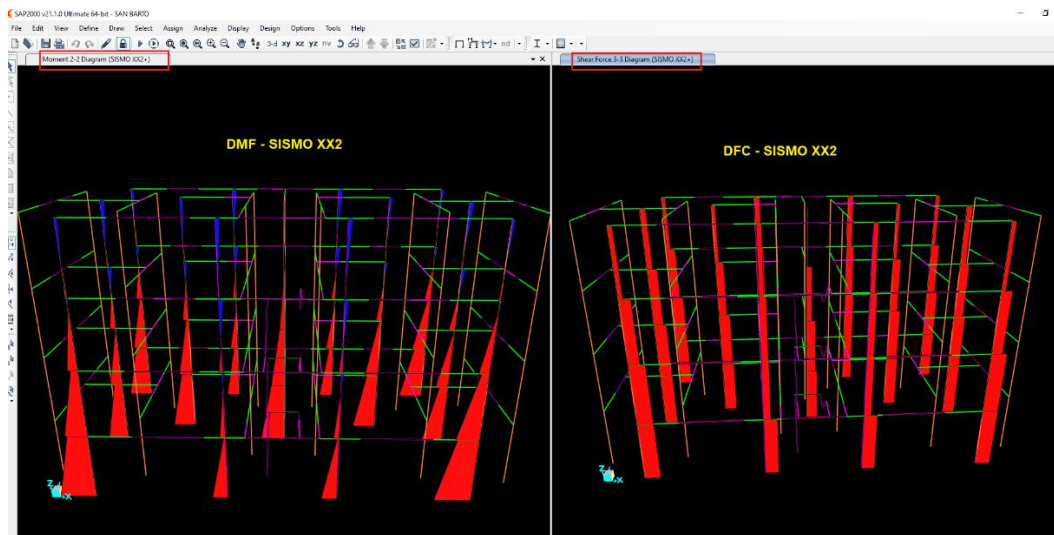
Fuerzas internas por sismo moderado en dirección Y.

FUERZAS INTERNAS Ve Y Me ANTE SISMO MODERADO SSYY+								
	Ve (Tn)				Me (Tn_m)			
MURO	PISO 1	PISO 2	PISO 3	PISO 4	PISO 1	PISO 2	PISO 3	PISO 4
Y1	5.97	4.50	2.95	0.84	26.50	13.31	4.55	2.42
Y2	5.98	4.52	2.98	0.89	26.48	13.32	4.57	2.50
Y3	7.49	6.51	4.76	2.25	33.54	18.58	7.54	4.80
Y4	8.01	7.18	5.15	2.26	39.65	22.78	9.39	4.46
Y5	7.54	7.71	6.67	4.82	26.89	16.66	8.85	9.04

Y6	7.28	6.89	5.39	3.06	28.93	17.24	8.24	5.63
Y7	9.88	9.14	6.45	2.59	53.82	32.34	14.04	4.09

Figura 59

Diagramas de fuerzas cortantes y momentos flectores en el programa SAP 2000.



4.7. ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO MEDIANTE EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS EN ETABS 2016:

4.7.1. Metrado de cargas:

El metrado de cargas no será de forma manual como se hizo en la sección anterior, en este caso se hará mediante el programa ETABS. Si bien se usaran las mismas cargas unitarias mostradas en la Tabla 13 *Cargas unitarias*, éstas no serán las cargas que ingresaremos al programa debido a que de esta forma no se estaría considerando el peso del tarrajeo, es por ello que se calcularán de forma manual estas nuevas cargas unitarias por m³.

Para hallar estas nuevas cargas unitarias considerando el tarrajeo se hará uso de la tabla 14 de Sub metrado 1 – Elementos, por ejemplo, en el elemento muro tenemos una carga de

0.274 tn/m², para transformarlo en carga por m³ simplemente se divide por su espesor que es 0.13 obteniéndose una carga unitaria de 2.108, esto se aplicara para vigas, muros y placas.

Tabla 45

Cálculo de cargas unitarias incluyendo tarrajeo.

<i>CARGAS UNITARIAS INCLUYENDO TARRAJEO</i>	
<u>MURO t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm</u>	2.108 Tn/m³
<i>MURO t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm</i>	<i>0.274 Tn/m²</i>
<i>espesor de muro t:</i>	<i>0.13 m</i>
<u>V.DINTEL t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm</u>	2.585 Tn/m³
<i>V.DINTEL t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm</i>	<i>0.101 Tn/m</i>
<i>espesor de v. dintel t:</i>	<i>0.13 m</i>
<i>altura de v. dintel t:</i>	<i>0.30 m</i>
<u>PLACA t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm</u>	2.708 Tn/m³
<i>PLACA t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm</i>	<i>0.352 Tn/m²</i>
<i>espesor de muro t:</i>	<i>0.13 m</i>

También se consideraron tramos con pesos iguales a 0 para evitar duplicidad de cargas en las zonas traslapadas de elementos como es el caso de las vigas soleras ya que en el modelaje el muro llega hasta el nivel superior y se traspala en términos de volumen.

Para el caso de parapetos éstas se ingresarán al programa mediante cargas distribuidas en las vigas (figura 67), la carga distribuida se halló de la misma manera que en el metrado por zonas para ventana baja y alta (13cm), obviando el peso de la viga dintel y agregando la carga de ventanas y para azoteas solo considerando la mitad.

Tabla 46*Cargas distribuidas de parapeto para azotea (Peso sísmico).*

CARGAS PARA AZOTEA	
ZONAS	CARGA
ZONA VENTANA 13 CM:	0.02 Tn/m
ZONA VENTANA ALTA 13 CM:	0.185 Tn/m

Tabla 47*Cargas distribuidas de parapeto para azotea (Peso sísmico).*

CARGAS PARA PISOS TIPICOS	
ZONAS	CARGA
ZONA VENTANA 13 CM:	0.310 Tn/m
ZONA VENTANA ALTA 13 CM:	0.513 Tn/m

Para el caso de escaleras, éstas se modelaron como vigas considerando su propiedad de concreto pero con peso unitario cero, para considerar su peso se definieron losas de sección igual a la de la escalera (1.225 m x 0.155m), este artificio se realizó debido a que ETABS a la hora de definir el diafragma rígido considera la masa de todos los nudos en ese plano así que la masa de la escalera no sería considerado ya que los descansos se apoyan en la mitad del muro, se podría incluir los nodos pero sería un error definirlos como diafragmas rígidos para el análisis estructural.

Se sabe que para la sección de la garganta de escalera su altura se modifica a $0.155 / \cos(i)$, i es el ángulo de inclinación de la escalera, de esta manera se tiene una sección horizontal de losa equivalente a la garganta de 1.225 m x 0.20243m, para el descanso es igual a 1.225m

x 0.155m (figura 66). Las cargas muertas adicionales por acabados, tarrajeo, la sección triangular de los escalones y carga viva asignadas se muestran en la tabla 48:

Tabla 48

Cargas para escaleras asignadas a losas equivalentes en ETABS 2016.

CARGAS PARA ESCALERAS			
DETALLE	PESO ESP.	ALTURA	TOTAL
ESCALONES	2.00 Tn/m ³	0.18/2=0.09 m	0.216 Tn/m ²
ACABADOS:	0.10 Tn/m ²	-	0.100 Tn/m ²
TARRAJEO:	2.00 Tn/m ³	0.01 m	0.020 Tn/m ²
		CM=	<u>0.336 Tn/m²</u>
S/C:	0.20 Tn/m ²	-	0.200 Tn/m ²
		CV=	<u>0.200 Tn/m²</u>

Para las losas macizas del proyecto se definieron como tipo membranas ya que solo se modelan para la transmisión de cargas a los elementos estructurales mas no para su análisis, en nuestro proyecto tenemos losas en una y dos direcciones (figura 66), estos casos se definieron en ETABS y luego se dibujaron en el programa, las cargas muertas adicionales y carga viva consideradas se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 49

Cargas asignadas en losas en el programa ETABS 2016.

CARGA VIVA Y MUERTA EN LOSAS		
	PISO TIPICO	AZOTEA
CM (losa)	0.120 Tn/m ²	0.120 Tn/m ²
CV (S/C - losa)	0.200 Tn/m ²	0.100 Tn/m ²

4.7.2. Definición de carga sísmica estática y cálculo de coeficiente sísmico basal C:

Se realizó el mismo procedimiento mostrado en la sección 4.6.2, a continuación, se muestra el resumen de los parámetros sísmicos utilizados y el cálculo del coeficiente sísmico basal c que no es más que la fuerza cortante basal dividido entre el peso sísmico o $ZUCS/R$:

Tabla 50

Parámetros sísmicos de zona.

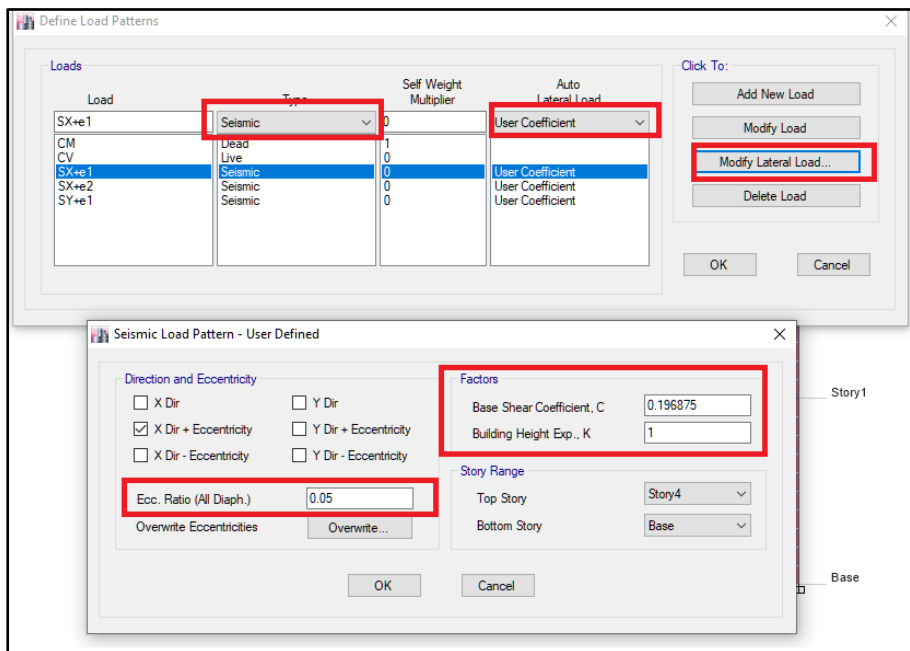
PARÁMETROS SÍSMICOS		
PARÁMETRO	VALOR	ESPECIFICACIÓN
Z	0.45	ZONA 4
U	1	Vivienda
S	1.05	suelo tipo S2
TP (S)	0.6	
TL (S)	2	
T	0.168 s	Periodo fundamental de la estructura
C	2.50	Coeficiente sísmico
R	3	Factor de reducción sísmica - severo
R	6	Factor de reducción sísmica - moderado
K	1	K=1 para $T < 0.5s$

$$"C" = ZUCS/R = 0.45 * 1 * 2.5 * 1.05 / 6 = 0.196875$$

Luego ingresamos este valor C en ETBS en la sección define load patterns junto al valor $K=1$ y la excentricidad que en este caso es 5%.

Figura 60

Definición de patrón de carga sísmica estática en ETABS 2016.



4.7.3. Modelado y análisis estructural en ETABS 2000

4.7.3.1. Definición de Materiales

Los materiales utilizados en el modelado estructural serán los siguientes:

Tabla 51

Propiedades de los elementos estructurales asignados en ETABS 2016.

ELEMENTO MATERIAL	Y PESO ESPECIFICO	MODULO DE ELASTICIDAD	DE MODULO DE POISSON
Albañilería t=0.13 m	2.1077 ton/m ³	Em = 325,000 ton/m ²	v = 0.25
Concreto	2.4000 ton/m ³	Ec = 2'000,000 ton/m ²	v = 0.15
Concreto - Viga dintel	2.5897 ton/m ³	Ec = 2'000,000 ton/m ²	v = 0.15
Concreto - Sin peso	0.0000 ton/m ³	Ec = 2'000,000 ton/m ²	v = 0.15
Concreto - Placa	2.7077 ton/m ³	Ec = 2'000,000 ton/m ²	v = 0.15

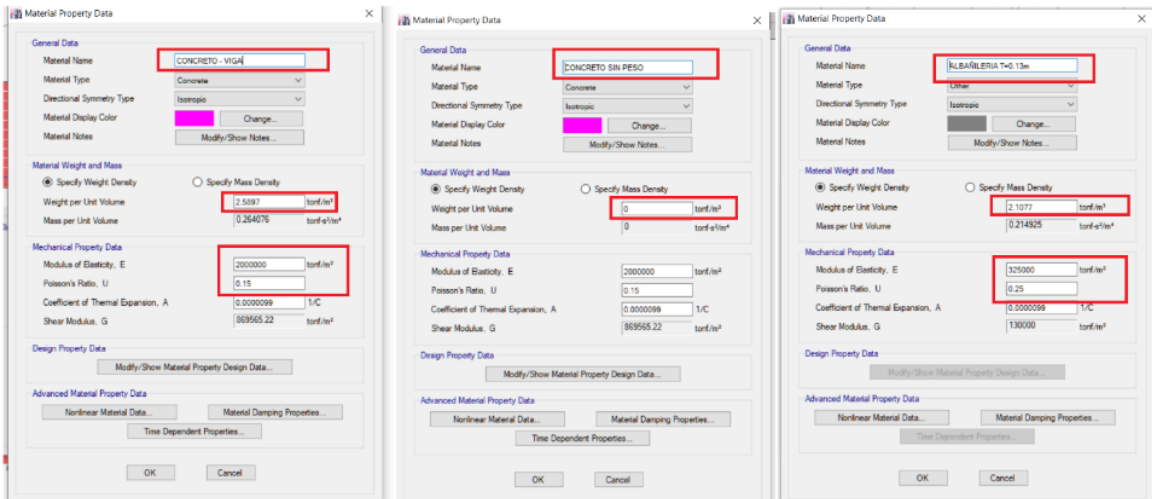
Concreto - Columna de
borde

1.2000 ton/m³

$E_c = 2'000,000 \text{ ton/m}^2$ $\nu = 0.15$

Figura 61

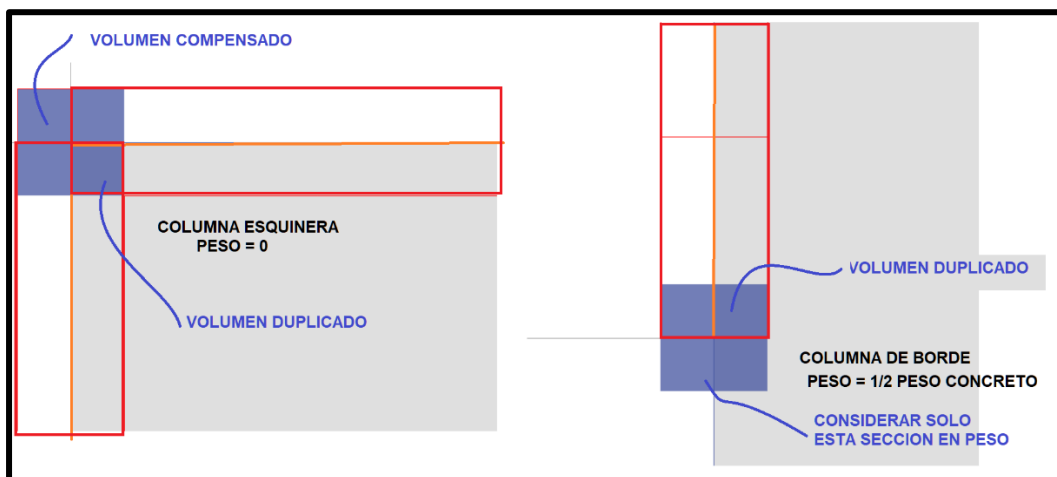
Definición de materiales en el programa ETABS 2016.



Las columnas de borde se consideraron con mitad de peso especificado debido a que el muro llega a su eje, eso quiere decir que de no considerarlo así se duplicaría su volumen, en las intersecciones de muros se consideraron a las columnas con peso igual a 0.

Figura 62

Duplicidad de volumen durante el modelado en ETABS 2016.



4.7.3.2. Definición de Secciones transversales

En el programa ETABS se definieron las secciones de los elementos estructurales presentes en el proyecto que en la siguiente tabla están resumidas:

Tabla 52

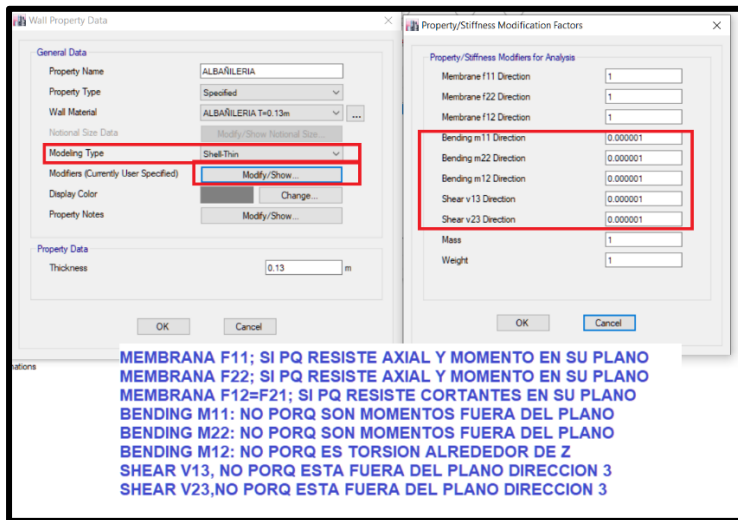
Secciones transversales de elementos estructurales insertados en el programa ETABS 2016

<i>ELEM. ESTRUCTURAL</i>	<i>ANCHO</i>	<i>LARGO</i>	<i>ALTO</i>
Muro de albañilería	0.13 m	-	-
Placa de concreto	0.13 m	-	-
Viga dintel interna	0.13 m	alas de 0.58 m en ambos lados	0.30 m
Viga dintel externa	0.13 m	alas de 0.58 m en un lado	0.30 m
Escalera	1.225 m	-	0.155 m
Columna	0.30 m	0.30 m	-
Losa - Garganta equivalente de escalera	-	-	0.20243 m
Losa - Descanso de escalera	-	-	0.155 m
Losa maciza	-	-	0.120 m

Cabe mencionar que los muros se modelaron como Shell – Thin y que se modificaron sus propiedades de rigidez ya que como se mencionó en el modelaje por pórticos planos los muros solo ofrecerán resistencia a acciones contenidas en su plano, por lo que para acciones perpendiculares a ésta se asignaron propiedades nulas (valores muy pequeños del área de corte y del momento de inercia, Figura 63).

Figura 63

Modificación de rigidez de muros en ETABS 2016.



4.7.3.3. Modelaje y discretización por elementos finitos de muros.

Iniciamos definiendo las grillas y ejes del proyecto que son los mismos que se consideraron en SAP2000, el siguiente paso es dibujar en planta los muros de albañilería y de concreto, luego continuamos con las columnas y vigas de confinamiento, así como las vigas dinteles y por último ya que está definido los contornos se procedió a modelar la escalera (tipo frame).

Figura 64

Dibujo de Muros y columnas en ETABS 2016.

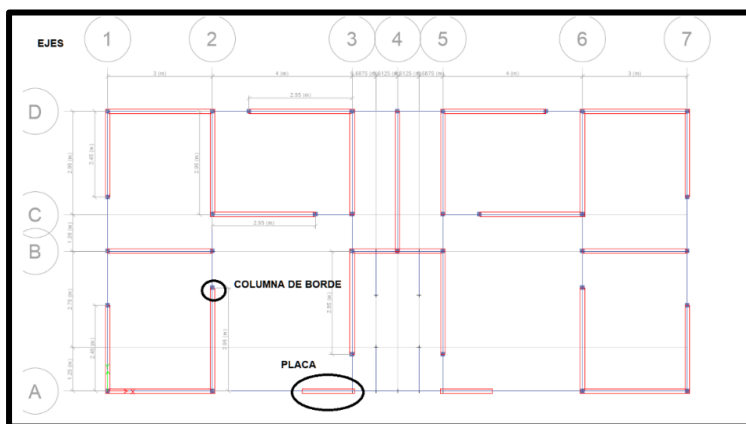
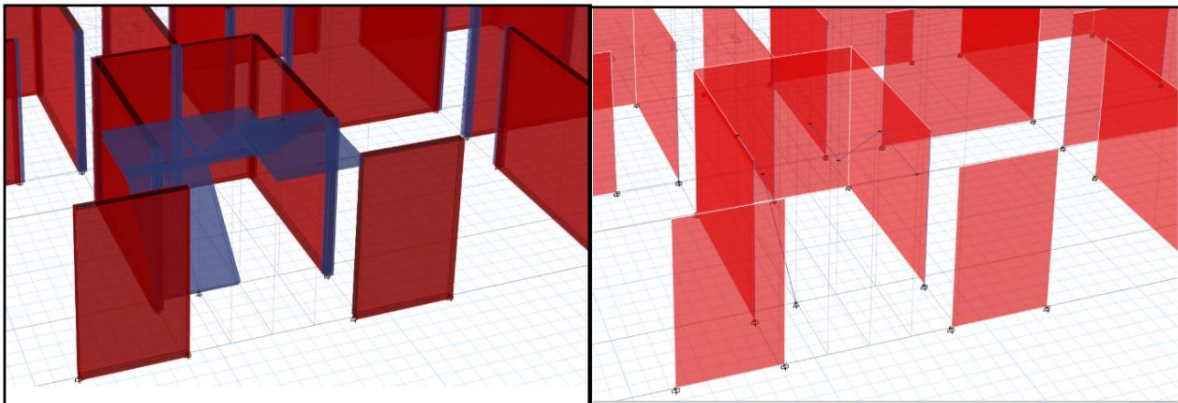


Figura 65

Modelado de escaleras en ETABS, izquierda vista extruida y derecha vista de barras.



Una vez definidos las áreas y contornos para finalizar se procedieron a insertar las losas macizas de entrepiso y losas equivalentes de escalera, luego ya podemos asignar las cargas tanto cargas distribuidas en área como las linealmente que son los parapetos.

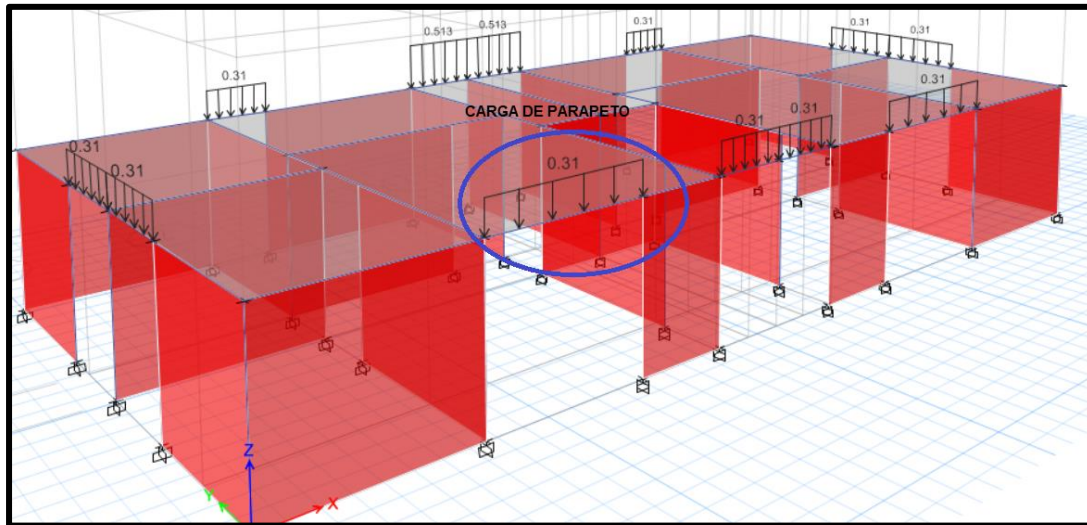
Figura 66

Dirección de armado de losas y losas equivalentes para escalera.



Figura 67

Cargas de parapetos distribuidas linealmente en vigas.

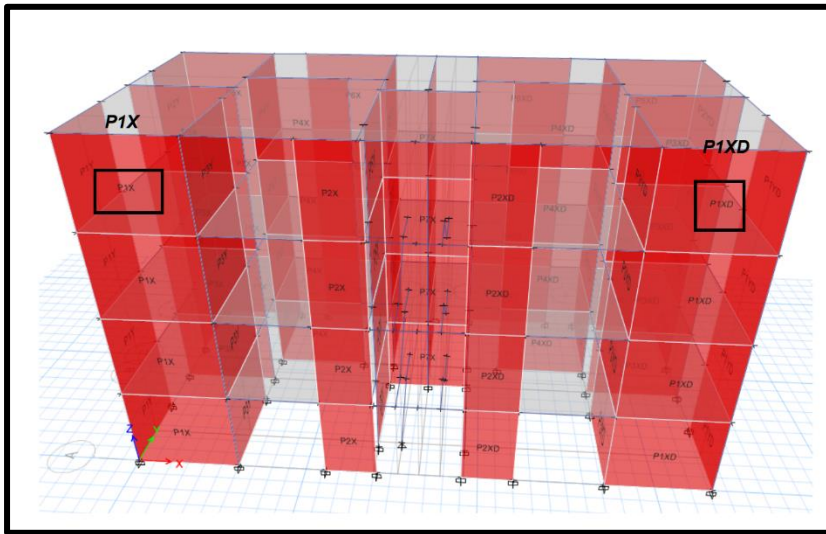


Ya que nuestro proyecto presenta plantas típicas se hizo una réplica para cada nivel modificando algunas cargas y elementos en el último nivel como son las escaleras y las cargas de azotea. Una vez modelado todo el proyecto se da inicio con el penúltimo paso que viene a ser la asignación de PIERS y discretización por elementos finitos de los muros.

La asignación de PIERS nos ayuda a la hora de la obtención de los esfuerzos cortantes y de momento ya que es la manera en que el programa integra los esfuerzos de cada subdivisión o elemento finito del muro, a cada muro se le nombro iniciando con la letra P y luego el muro correspondiente, como existen muros iguales en el extremo derecho a estos se les agrego la letra D, por ejemplo, para el muro 1X seria P1X y el muro igual que está en el extremo derecho se le designo como P1XD.

Figura 68

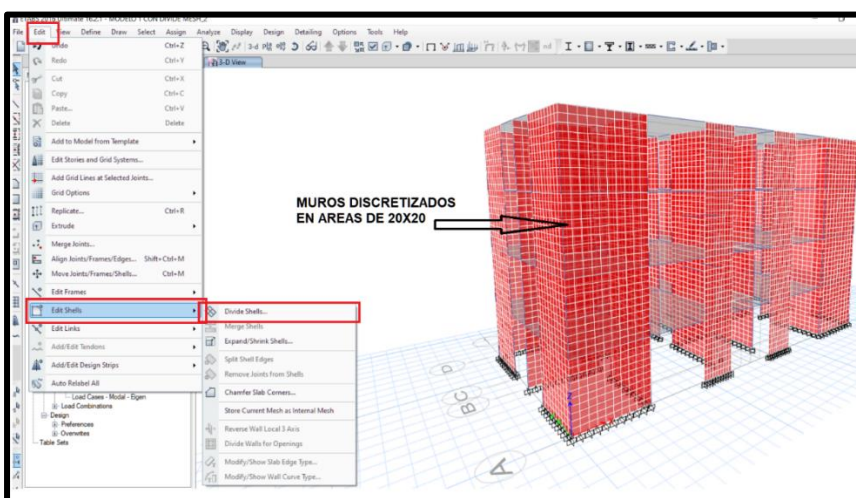
Asignación de PIERS en los muros de albañilería.



Después de asignar los PIERS se realiza la discretización dividiendo los muros en elementos más pequeños mediante la opción de editar y divide Shell en divisiones de 20x20, no se realizó con automesh ya que con esta opción gran parte de la masa de los muros no serían contemplados en el diafragma rígido, esto ya es un error del programa y es porque ETABS toma las masas que están distribuidos en los nodos, el automesh no genera nodos visibles.

Figura 69

Discretización de muros mediante el comando divide shells.



Para finalizar con el modelado se asignarán diagramas rígidos a cada nivel seleccionando todos los nodos que se encuentren en cada planta, en la base se asignaran las condiciones de apoyo que en este caso es empotramiento para todos los muros y columnas, la base de escalera se consideró igual al del modelado en SAP2000 como apoyo fijo.

Figura 70

Asignación de diafragma rígido

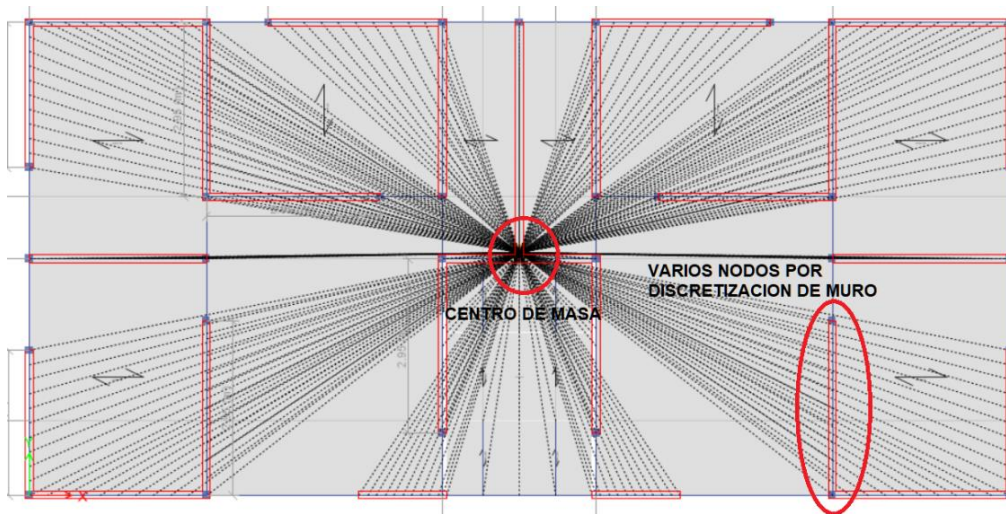
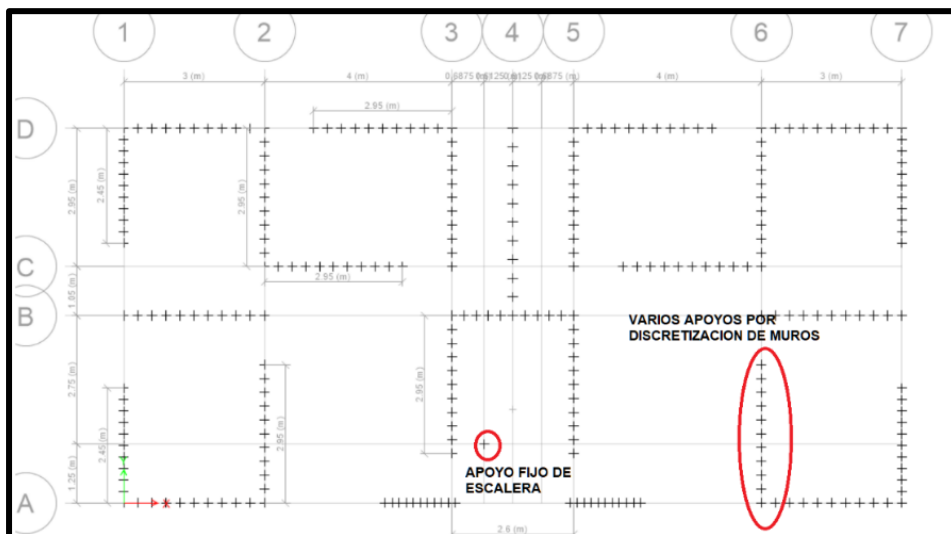


Figura 71

Asignación de restricciones en la base de la edificación – empotramiento en muros y apoyo fijo en escaleras.

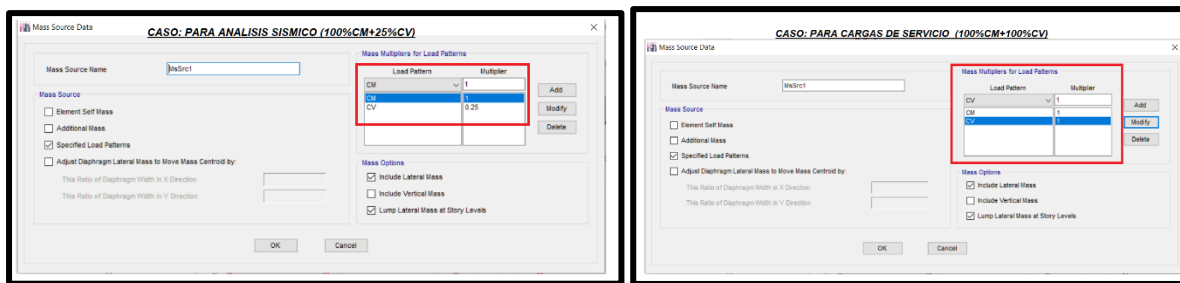


4.7.3.4. Definición de masa y corrido del programa

En el sección 4.6.1 se mencionó que existen dos metrados de carga, el primero para la verificación de caga axial máxima que es considerando el 100% CV y 100% CM y el metrado para carga sísmica que se halla considerando el 25% CV, la ventaja de usar programas estructurales es que ese cambio de porcentaje se realiza fácilmente y en ETABS se logra definiendo la masa con la opción de Mass Source en la que primeramente usaremos la masa sísmica (100%CM + 25%CV) como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 72

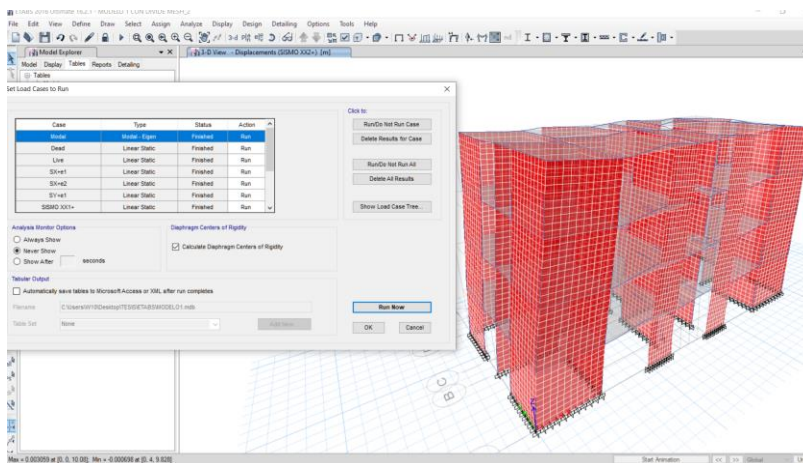
Definición de masas en el programa ETABS 2016.



Con todos estos pasos ya realizados se procede a correr el programa que para este método es más lento y depende de la computadora que se use.

Figura 73

Corrido del análisis estructural en el programa ETABS.



4.7.4. Resultados: Peso total de servicio y Esfuerzo axial máximo:

Una vez definida la masa considerando el 100% de la carga viva extraemos los datos geométricos de los muros en ETABS ya que son un poco menores a los del plano y esto es debido a que se modelo de eje a eje. También se creó para este caso un caso de carga igual a la suma de la CM y CV, con esto solo nos queda extraer los pesos totales de los muros (P_m) el cual lo dividiremos entre el área de corte del muro ($L \cdot t$), recordar que para muros de concreto armado se deberá transformar el área a albañilería mediante un factor de transformación $E_c/E_m = 6.69$, para así obtener el esfuerzo soportado y comparar con la resistencia del muro según reglamento, a continuación, se muestra los pesos totales y esfuerzos de cada muro.

Tabla 53

Carga de servicio total por muro en cada nivel (P_m) considerando rigidez axial de columnas.

PESO Y ESFUERZO TOTAL DE MUROS EN EL PRIMER NIVEL				
MURO	LONGITUD	ESPESOR EFEC. (t) x FACTOR T.	TOTAL Pm	TOTAL/M2 Pm/Lt
X1	3.00 m	0.13 m	15.00 Tn	38.47 Tn/m2
X2	1.50 m	0.87 m	21.75 Tn	16.67 Tn/m2
X3	3.00 m	0.13 m	16.04 Tn	41.13 Tn/m2
X4	2.95 m	0.13 m	17.57 Tn	45.83 Tn/m2
X5	3.00 m	0.13 m	13.30 Tn	34.11 Tn/m2
X6	2.95 m	0.13 m	14.26 Tn	37.17 Tn/m2
X7	2.60 m	0.13 m	14.37 Tn	42.51 Tn/m2
Y1	2.45 m	0.13 m	11.83 Tn	37.15 Tn/m2

Y2	2.45 m	0.13 m	11.22 Tn	35.24 Tn/m2
Y3	2.95 m	0.13 m	17.56 Tn	45.79 Tn/m2
Y4	2.95 m	0.13 m	15.31 Tn	39.92 Tn/m2
Y5	2.95 m	0.13 m	16.35 Tn	42.65 Tn/m2
Y6	2.95 m	0.13 m	14.14 Tn	36.88 Tn/m2
Y7	4.00 m	0.13 m	21.05 Tn	40.49 Tn/m2

El esfuerzo axial máximo producido por la carga máxima de servicio (Pm) incluyendo el 100% de sobrecarga será inferior a:

$$\sigma_m = P_m / L \cdot t < 0.2 \cdot f'_m \cdot [1 - (h/35t)^2] < 0.15 \cdot f'_m$$

Así que con un $f'_m = 65 \text{ kg/cm}^2$, $t = 0.13 \text{ m}$ y $h = 2.22 \text{ m}$ se obtuvo que $0.15 \cdot f'_m = 97.50 \text{ Tn/m}^2$ y $0.2 \cdot f'_m \cdot [1 - (h/35t)^2] = 99.05 \text{ Tn/m}^2$, usamos el menor 97.50 Tn/m^2 .

En la tabla anterior vemos que el muro con máximo esfuerzo axial es Y3 y X4 con 45.83 Tn/m^2 el cual es menor a 97.50 Tn/m^2 , quiere decir que todos los muros cumplen esta condición.

Es importante mencionar que hay una diferencia de 24.11 Tn/m^2 menos de esfuerzo axial en el muro Y3 mediante el método de elementos finitos en ETABS al hecho de forma manual, la razón de esta reducción de esfuerzo radica en los siguientes factores:

- Se modelo columnas de confinamiento, éstos aportan rigidez axial es decir toman parte de la carga axial del muro, se podría modificar esta propiedad para que no absorba esfuerzo axial, esto sería más conservador y es lo que se debería hacer debido a que en el diseño de elementos de confinamiento se toma la mitad de la carga soportada por el muro y porción de muros transversales, de no

hacerlo se estaría obviando gran carga durante el diseño a menos claro que se añadan estas cargas soportadas por la columna.

- Así como las columnas absorben carga axial también lo hacen los muros que intersecan transversalmente a Y3 (muro X1), ya que la unión entre ellos genera una transferencia de la carga soportada del muro Y3 al muro X1 y viceversa. Por ejemplo, el muro X2 que no interseca con ningún muro presenta una diferencia de 1 Tn/m² de esfuerzo y 1.5 Tn de peso.

Estos factores no se tomaron en el método manual por su complejidad.

En este caso modificaremos la propiedad axial de las columnas y hallaremos las cargas axiales soportadas por el muro.

Figura 74

Modificación de propiedades de rigidez en columnas.

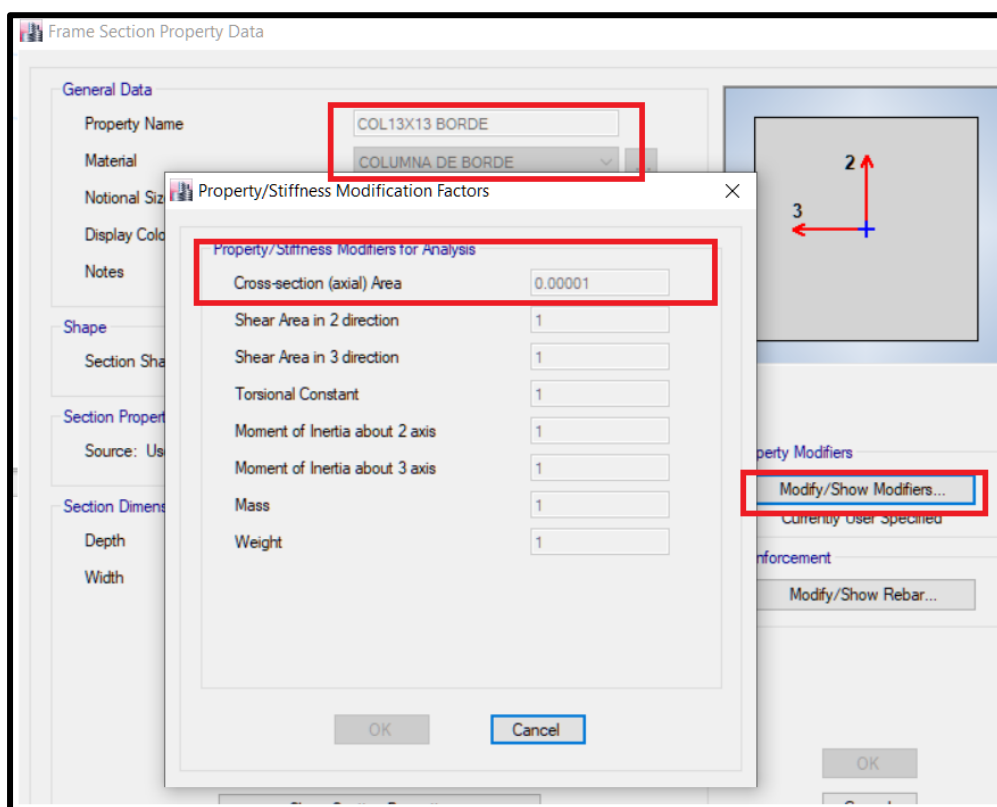


Tabla 54

Carga de servicio total por muro en cada nivel (Pm) sin considerar rigidez axial de columnas.

PESO Y ESFUERZO TOTAL DE MUROS EN EL PRIMER NIVEL				
MURO	LONGITUD	ESPEJOR EFEC. (t) x	TOTAL	TOTAL/M2
		FACTOR T.	Pm	Pm/Lt
X1	3.00 m	0.13 m	<i>20.87 Tn</i>	<i>53.52 Tn/m2</i>
X2	1.50 m	0.87 m	<i>24.09 Tn</i>	<i>18.46 Tn/m2</i>
X3	3.00 m	0.13 m	<i>23.60 Tn</i>	<i>60.50 Tn/m2</i>
X4	2.95 m	0.13 m	<i>24.04 Tn</i>	<i>62.68 Tn/m2</i>
X5	3.00 m	0.13 m	<i>18.64 Tn</i>	<i>47.80 Tn/m2</i>
X6	2.95 m	0.13 m	<i>19.95 Tn</i>	<i>52.01 Tn/m2</i>
X7	2.60 m	0.13 m	<i>19.95 Tn</i>	<i>59.03 Tn/m2</i>
Y1	2.45 m	0.13 m	<i>17.00 Tn</i>	<i>53.37 Tn/m2</i>
Y2	2.45 m	0.13 m	<i>16.02 Tn</i>	<i>50.31 Tn/m2</i>
Y3	2.95 m	0.13 m	<i>24.09 Tn</i>	<i>62.81 Tn/m2</i>
Y4	2.95 m	0.13 m	<i>20.86 Tn</i>	<i>54.40 Tn/m2</i>
Y5	2.95 m	0.13 m	<i>22.65 Tn</i>	<i>59.05 Tn/m2</i>
Y6	2.95 m	0.13 m	<i>19.86 Tn</i>	<i>51.79 Tn/m2</i>
Y7	4.00 m	0.13 m	<i>28.41 Tn</i>	<i>54.64 Tn/m2</i>

El muro con máximo esfuerzo axial es Y3 y X4 con 62.81 Tn/m2 el cual es menor a 97.50 Tn/m2, quiere decir que todos los muros cumplen esta condición.

4.7.5. Resultados: Peso total sísmico por muro Pg (CM+25%CV)

Este dato nos servirá para el diseño estructural de las columnas de confinamiento.

Tabla 55

Carga sísmica total por muro en cada nivel (Pg)

CARGA TOTAL POR PISO – Pg (Tn)				
MURO	PISO 1	PISO 2	PISO 3	PISO 4
X1	18.2621	14.8632	10.2789	5.2464
X2	21.1266	15.8206	10.1696	4.4241
X3	20.6115	15.2319	9.9356	4.6734
X4	20.5726	14.5994	9.3419	4.4733
X5	16.5729	13.3634	9.2585	4.751
X6	17.6487	13.0702	8.5832	4.1023
X7	17.3831	12.8353	8.3386	3.6549
Y1	14.9324	10.989	7.1988	3.3745
Y2	14.1355	10.258	6.6389	3.0786
Y3	20.7498	14.3286	8.9847	4.1062
Y4	18.1851	13.6627	9.0728	4.4237
Y5	19.609	14.3201	9.3714	4.8158
Y6	17.5344	13.2926	8.8255	4.2741
Y7	25.1109	18.9879	12.4864	5.8896

4.7.6. Resultados: Centros de Masa y peso sísmico de entrepisos.

Al asignar diafragmas rígidos se calcula automáticamente el centro de masas, así como

el peso de dicho entrepiso, como se indicó anteriormente las masas sísmicas y el centro de masa se obtienen del metrado de cargas sísmicas es decir considerando el 100 % de carga muerta y 25% de carga viva. A continuación, se muestra el cuadro de centros de masa y masa por entrepiso junto a sus coordenadas equivalentes considerando que el sistema de ejes globales está en el centro geométrico de la planta (8.3 m; 4 m) y el cálculo del peso que se halla multiplicando por la aceleración de la gravedad (9.8066502 m/s²).

Figura 75

Extracción de datos del programa ETABS – Centro de masas y rigideces.

Story	Diaphragm	Mass X tonf-s ² /m	XCM m	YCM m	XCR m	YCR m
Story1	D1	12.57982	8.3	4.1087	8.3001	4.0676
Story2	D2	12.57982	8.3	4.1087	8.3001	4.4124
Story3	D3	12.41351	8.3082	4.1488	8.3002	4.5883
Story4	D4	8.86213	8.3	4.1131	8.3003	4.7171

Tabla 56

Pesos y centros de masa de entrepiso.

PESOS Y CENTROS DE MASA DE ENTREPISO			
ENTREPISO	X	Y	PESO
AZOTEA	<u>0.000 m</u>	<u>0.106 m</u>	86.91 Tn
3ER NIVEL	<u>0.000 m</u>	<u>0.116 m</u>	121.73 Tn
2DO NIVEL	<u>0.000 m</u>	<u>0.074 m</u>	123.37 Tn
1ER NIVEL	<u>0.000 m</u>	<u>0.074 m</u>	123.37 Tn
PESO SISMICO TOTAL:			455.37 Tn

Cabe mencionar que se obtuvieron valores idénticos del centro de masa y valores de peso muy cercanos a los obtenidos manualmente, esta pequeña diferencia de peso es sobre todo porque se consideró el peso de las columnas.

4.7.7. Cálculo de fuerzas inerciales y cortantes por piso.

Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel i se calculan mediante la siguiente resta de las cortantes de entrepiso y estos datos se extraen de la tabla de resultados de ETABS, a continuación, se muestra la imagen de la tabla de ETABS y un cuadro obteniendo dichas fuerzas inerciales como también las cortantes por sismo severo que no es más que el doble de las cortantes de entrepiso mostrados en la tabla 57.

Figura 76

Extracción de datos del programa ETABS – Tabla de cortantes de entrepisos.

Story	Load Case/Combo	Location	VX tonf	MY tonf-m
Story4	SISMO XX1-	Bottom	28.779	72.5232
Story3	SISMO XX1-	Bottom	59.0129	221.2357
Story2	SISMO XX1-	Bottom	79.4389	421.4217
Story1	SISMO XX1-	Bottom	89.6519	647.3444

Tabla 57

Fuerzas inerciales de entrepisos.

CALCULO DE FUERZAS INERCIALES				
PISO	V_{ei} (Tn)	$VE_i = 2 * V_{ei}$ (Tn)	M (Tn_m)	F_i (Tn)
4	28.779	57.558	72.5232	<u>28.779</u>
3	59.0129	118.0258	221.2357	<u>30.2339</u>

2	79.4389	158.8778	421.4217	<u>20.426</u>
1	89.6519	179.3038	647.3444	<u>10.213</u>
Total				89.6519

Cabe mencionar nuevamente que se obtuvieron valores muy cercanos al realizado en SAP2000.

4.7.8. Resultados - Desplazamientos de centro de masa y ejes para sismo en XX y YY

ETABS nos proporciona mediante tablas los desplazamientos de centro de masa en cada nivel en donde se asignaron diafragmas rígidos como se muestra en la siguiente imagen:

Figura 77

Extracción de datos del programa ETABS – Tabla de desplazamientos

Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX m	UY m	RZ rad
Story4	D4	SISMO XX2+	0.002718	2.458E-07	8.3E-05
Story3	D3	SISMO XX2+	0.002093	1E-06	5.8E-05
Story2	D2	SISMO XX2+	0.001333	4.689E-08	3.3E-05
Story1	D1	SISMO XX2+	0.000551	-6.409E-09	1E-05
Base	D1	SISMO XX2+	0	0	0

De esta manera se halló para todos los niveles el desplazamiento de los centros de masa para todos los casos de sismo y se elaboró el siguiente cuadro:

Tabla 58

Desplazamientos del centro de masa por acción sísmica.

DESPLAZAMINTOS DEL CENTRO DE MASA POR LA ACCIÓN SISMICA						
	<i>SISMO</i>	<i>SISMO</i>	<i>SISMO</i>	<i>SISMO</i>	<i>SISMO</i>	<i>SISMO</i>
	<i>XXI+</i>	<i>XXI-</i>	<i>XX2+</i>	<i>XX2-</i>	<i>YY+</i>	<i>YY-</i>
<i>NIVEL</i>	<i>U x(m)</i>	<i>U x(m)</i>	<i>U x(m)</i>	<i>U x(m)</i>	<i>U y(m)</i>	<i>U y(m)</i>
4	0.002678	-0.002678	<u>0.002718</u>	-0.002718	<u>0.002905</u>	-0.002905

3	0.002069	-0.002069	0.002093	-0.002093	0.002207	-0.002207
2	0.00132	-0.00132	0.001333	-0.001333	0.001385	-0.001385
1	0.000548	-0.000548	0.000551	-0.000551	0.000576	-0.000576

Se puede apreciar nuevamente que el sismo XX2 positivo y sismo YY positivo son los que causan mayores desplazamientos y por ende mayores esfuerzos, es por ello que los resultados con los que trabajaremos y mostraremos serán para estos sismos.

A continuación, se muestra la tabla de desplazamientos y derivas sísmicas de los ejes A y D provocados por el sismo en dirección x (Sismo XX2+) y de los ejes 1 y 7 para el sismo en dirección y (Sismo YY+).

Tabla 59

Desplazamientos laterales por sismo en dirección X.

<i>Desplazamientos Laterales –Sismo en X-X (estado “Sismo XX2+”)</i>					
	EJE A		EJE D		RT
NIVEL	Dx (m)	dx (m)	Dx (m)	dx (m)	dA/0.5*(dA+dD)
4	0.003059	<u>0.000725</u>	0.002395	0.000524	1.16
3	0.002334	<u>0.000867</u>	0.001871	0.000664	1.13
2	0.001467	<u>0.000874</u>	0.001207	0.000695	1.11
1	0.000593	<u>0.000593</u>	0.000512	0.000512	1.07

Máxima distorsión inelástica en el piso 2 del eje A = $0.75 \times 6 \times 0.000874 / 2.52 = 0.00156 < 0.005$ Ok

Tabla 60

Desplazamientos laterales por sismo en dirección Y.

Desplazamientos Laterales –Sismo en Y-Y (estado “Sismo YY+”)

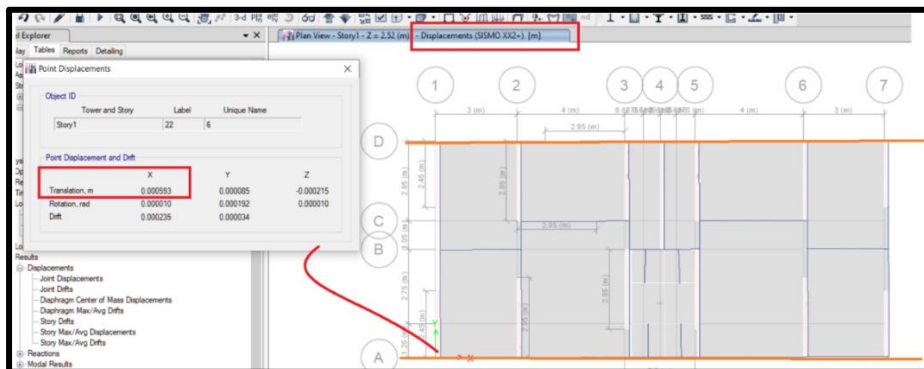
	EJE 1		EJE 7		RT
NIVEL	Dy (m)	dy (m)	Dy (m)	dy (m)	d7/0.5*(d1+d7)
4	0.002306	0.00055	0.003503	<u>0.000847</u>	1.25
3	0.001756	0.000649	0.002656	<u>0.000993</u>	1.24
2	0.001107	0.000643	0.001663	<u>0.000975</u>	1.23
1	0.000464	0.000464	0.000688	<u>0.000688</u>	1.21

Máxima distorsión inelástica en el piso 3 del eje 7 = $0.75 \times 6 \times 0.000993 / 2.52 = 0.0018 < 0.005$ Ok

En las tablas anteriores se calculó RT que es un valor que nos ayuda en saber si nuestra edificación tiene o no irregularidad torsional en planta, según la norma E.030 Diseño Sismorresistente si RT es mayor a 1.3 entonces si existe irregularidad torsional. Dicho calculo se realiza con los dividiendo la máxima deriva o distorsión entre el promedio de las distorsiones en cada extremo, para plantas rectangulares con diafragma rígido esto se simplifica hallando los desplazamientos de los ejes extremos ya que los extremos de cada eje siempre tendrán un mismo desplazamiento.

Figura 78

Desplazamiento en los ejes A Y D (extremos) por sismo XX2+.



También se calculó la máxima distorsión inelástica que según la norma E.030 Diseño Sismorresistente se obtiene multiplicando 0.75 o 0.85 por R por la deriva máxima de entrepiso, tomando 0.75 para estructuras regulares y 0.85 para irregulares, este resultado para albañilería deberá ser menor a 0.005.

4.7.9. Periodo Natural de vibración (T)

Estos periodos se calcularon mediante la formula indicada en la Norma E.030

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum W_i D_i^2}{g \sum F_i \cdot D_i}}$$

Donde: $g=9.8 \text{ m/seg}^2$, W_i es el peso sísmico de entrepiso, D_i es el desplazamiento absoluto del centro de masa en el nivel i y F_i es la fuerza de inercia en el nivel i .

Tabla 61

Periodo T en dirección X.

CÁLCULO DE "Tx" CON LA FORMULA DE LA NORMA E.030					
NIVEL	Wi (Tn)	Fi (Tn)	Dix(m)	Wi *Dix(m)^2	Fi*Dix
4	86.91	28.779	0.002718	0.00064205	0.078221322
3	121.73	30.2339	0.002093	0.000533256	0.063279553
2	123.37	20.426	0.001333	0.000219215	0.027227858
1	123.37	10.213	0.000551	3.74553E-05	0.005627363
			Totales:	0.001431976	0.174356096
T (X-X) = <u>0.1819 seg</u>					

Tabla 62

Periodo T en dirección Y.

CÁLCULO DE "Ty" CON LA FORMULA DE LA NORMA E.030

NIVEL	Wi (Tn)	Fi (Tn)	Diy(m)	Wi*Diy(m)^2	Fi*Diy
4	86.91	28.779	0.002905	0.000733436	0.083602995
3	121.73	30.2339	0.002207	0.000592928	0.066726217
2	123.37	20.426	0.001385	0.000236651	0.02829001
1	123.37	10.213	0.000576	4.09312E-05	0.005882688
				0.001603947	0.18450191

T (Y-Y) = **0.1871 seg**

4.7.10. Resultados – Fuerzas internas por sismo Moderado

Los valores V_e , M_e obtenido del análisis elástico, en sus valores máximos para cada piso, aparecen en las tablas 63 y 64, mientras que gráficos mostrados en ETABS de momento flector y fuerza cortante aparecen en la Fig.80. Cabe indicar que para los muros en dirección en ETABS se puede crear una combinación de cargas por envolvente para sismo en X y sismo en Y donde nos mostrarán los máximos valores de esfuerzos para cada dirección de sismo.

Figura 79

Creación de envolventes en ETABS 2016.

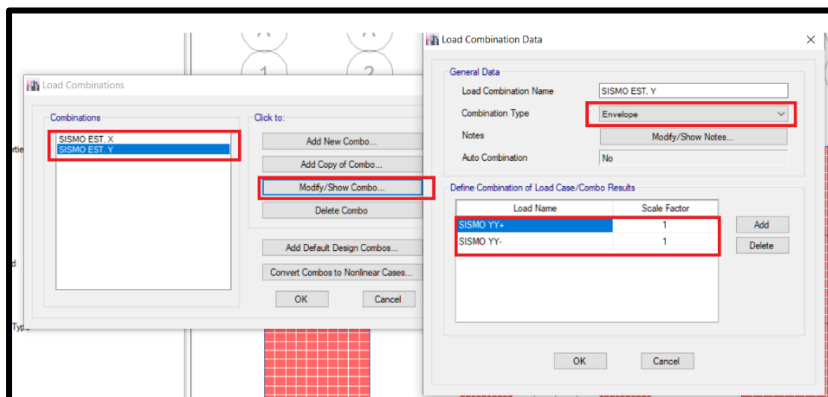


Tabla 63*Fuerzas cortantes y momentos flectores máximos por sismo en dirección X*

Ve Y Me MAXIMOS ANTE SISMO MODERADO EN LA DIRECCION X								
	Ve (Tn)				Me (Tn_m)			
MURO	PISO 1	PISO 2	PISO 3	PISO 4	PISO 1	PISO 2	PISO 3	PISO 4
X1	7.1007	7.0878	4.865	1.9263	8.1034	4.5575	1.6121	0.2136
X2	6.2324	2.2874	2.028	0.8459	16.5668	3.8847	1.6116	0.3739
X3	5.7826	4.928	3.1371	0.8659	8.9083	4.9078	1.6891	0.1315
X4	6.5144	6.4346	4.8736	2.696	7.3963	3.7094	1.0911	0.4249
X5	7.4424	7.4528	5.6819	2.9921	6.6509	3.3109	0.9979	0.3178
X6	6.6435	5.9561	4.3067	2.0818	7.5052	3.0752	0.2707	1.124
X7	5.9122	6.1378	4.9221	3.115	5.1367	3.0754	1.5038	0.5216

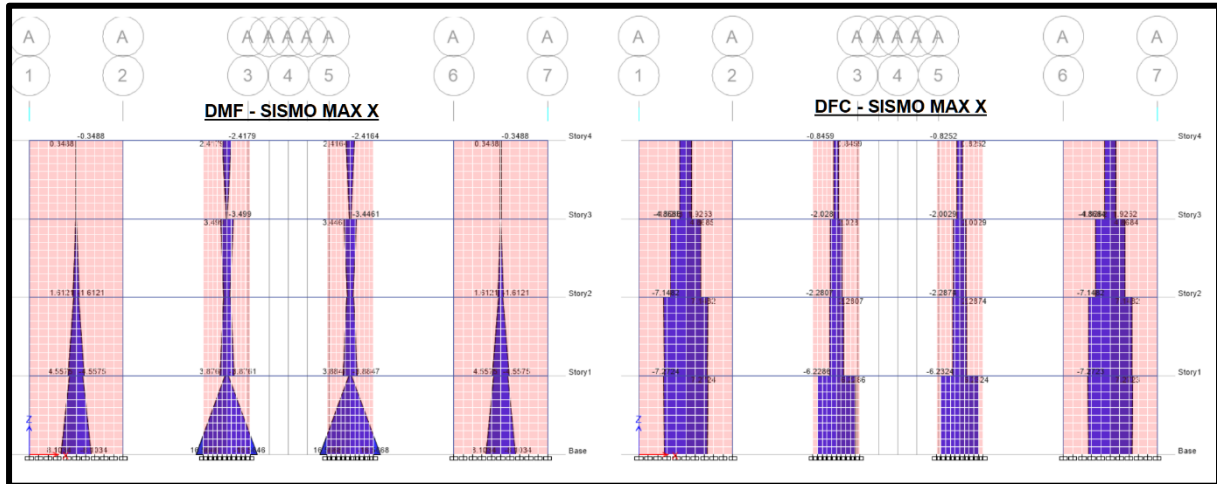
Tabla 64*Fuerzas cortantes y momentos flectores máximos por sismo en dirección Y*

Ve Y Me MAXIMOS ANTE SISMO MODERADO EN LA DIRECCION Y								
	Ve (Tn)				Me (Tn_m)			
MURO	PISO 1	PISO 2	PISO 3	PISO 4	PISO 1	PISO 2	PISO 3	PISO 4
Y1	5.507	3.9769	2.3725	0.2975	6.6982	3.0989	0.7429	0.5611
Y2	5.482	3.9078	2.288	0.2269	6.7264	3.1073	0.727	0.5884
Y3	6.8448	5.5231	3.7454	1.4067	9.7394	4.7204	1.2168	0.734
Y4	7.616	7.0607	5.2281	2.5135	8.5826	4.6507	1.695	0.2091
Y5	7.2503	7.0391	5.7571	3.6953	7.7093	3.2731	0.5555	0.9887

Y6	6.5903	5.7125	4.2238	1.9987	8.5076	4.1184	1.1705	0.5195
Y7	10.3371	10.7206	8.6044	5.0115	14.3258	9.1479	4.6032	1.3857

Figura 80

Diagramas de fuerzas cortantes y momentos flectores en los muros del eje A-A



4.8. COMPARATIVA DE RESULTADOS

A continuación, se mostrarán cuadros comparativos entre ambos métodos usados, en la columna extrema derecha se mostrará la variación porcentual respecto al modelo de elementos finitos, esto nos indicará en que porcentaje varía el modelado de pórticos planos con respecto al de elementos finitos, un porcentaje positivo indicara que su valor es mayor y un porcentaje negativo indicara que es menor al del modelado de elementos finitos en ETABS 2016.

Tabla 65*Cuadro comparativo N.º 01: Peso sísmico de entrepiso y peso total.*

CUADRO COMPARATIVO N° 01: PESO SISMICO DE ENTREPISO			
NIVEL	PORTICOS PLANOS - SAP2000	ETABS 2016	VARIACION
	PESO TOTAL (25%CV+CM)	PESO TOTAL (25%CV+CM)	PORCENTUAL
4	84.99	86.91	-2.21%
3	117.4	121.73	-3.56%
2	118.39	123.37	-4.04%
1	118.39	123.37	-4.04%
TOTAL	439.17	455.38	-3.56%

Tabla 66*Cuadro comparativo N.º 02: fuerzas de inercia de entrepiso.*

CUADRO COMPARATIVO N° 02: FUERZA DE INERCIA DE ENTREPISO			
NIVEL	PORTICOS PLANOS - SAP2000	ETABS 2016	VARIACION
	Fi (Tn)	Fi (Tn)	PORCENTUAL
4	28.06	28.78	-2.50%
3	29.08	30.23	-3.82%
2	19.55	20.43	-4.29%
1	9.77	10.21	-4.34%
CORTANTE BASAL (V):	86.46	89.65	-3.56%

Tabla 67*Cuadro comparativo N.º 03: desplazamiento lateral del centro de masa por sismo XX+.*

CUADRO COMPARATIVO N° 03: DESPLAZAMIENTO LATERAL CM - SISMO XX2+			
NIVEL	PORTICOS PLANOS - SAP2000	ETABS 2016	VARIACION
	Ux (m)	Ux (m)	PORCENTUAL
4	0.0036	0.002718	32.45%
3	0.00269	0.002093	28.52%
2	0.00165	0.001333	23.78%
1	0.00064	0.000551	16.15%
PERIODO (T)	0.2073	0.1819	13.96%

Tabla 68*Cuadro comparativo N.º 04: desplazamiento lateral del centro de masa por sismo YY+.*

CUADRO COMPARATIVO N° 04: DESPLAZAMIENTO LATERAL CM - SISMO YY+			
NIVEL	PORTICOS PLANOS - SAP2000	ETABS 2016	VARIACION
	Uy (m)	Uy (m)	PORCENTUAL
4	0.0032	0.002905	10.15%
3	0.00242	0.002207	9.65%
2	0.0015	0.001385	8.30%
1	0.00061	0.000576	5.90%
PERIODO (T)	0.1962	0.1871	4.86%

Tabla 69*Cuadro comparativo N.º 05: esfuerzos axiales en el primer piso.*

CUADRO COMPARATIVO N° 05: ESFUERZO AXIAL				
MURO	PORTICOS SAP2000	PLANOS -	ETABS 2016	VARIACION PORCENTUAL
	ESFUERZO AXIAL (Tn/m2)		ESFUERZO AXIAL (Tn/m2)	
X1	29.76		53.52	-44.39%
X2	15.56		18.46	-15.72%
X3	48.61		60.50	-19.66%
X4	64.44		62.68	2.81%
X5	28.96		47.80	-39.41%
X6	54.4		52.01	4.59%
X7	63.46		59.03	7.51%
Y1	51.56		53.37	-3.39%
Y2	51.56		50.31	2.48%
Y3	69.9		62.81	11.30%
Y4	47.21		54.40	-13.21%
Y5	55.81		59.05	-5.49%
Y6	36.77		51.79	-29.01%
Y7	42.55		54.64	-22.13%

Tabla 70*Cuadro comparativo N.º 06: desplazamiento de ejes por sismo XX2+.*

CUADRO COMPARATIVO N° 06: DESPLAZAMIENTO DE EJES SISMO XX2+			
NIVEL	PORTICOS SAP2000 Dx (m)	PLANOS - ETABS 2016 Dx (m)	VARIACION PORCENTUAL
EJE A - A			
4	0.00398	0.003059	30.11%
3	0.00296	0.002334	26.82%
2	0.00179	0.001467	22.02%
1	0.00069	0.000593	16.36%
EJE D - D			
4	0.00324	0.002395	35.28%
3	0.00244	0.001871	30.41%
2	0.0015	0.001207	24.28%
1	0.0006	0.000512	17.19%
MAX. DISTORSION INELASTICA	0.0021	0.00156	34.62%

Tabla 71*Cuadro comparativo N.º 07: desplazamiento de ejes por sismo YY+.*

CUADRO COMPARATIVO N° 07: DESPLAZAMIENTO DE EJES SISMO YY+			
NIVEL	PORTICOS PLANOS - SAP2000 Dy (m)	ETABS 2016 Dy (m)	VARIACION PORCENTUAL
EJE A 1 -1			
4	0.00246	0.002306	6.68%
3	0.00187	0.001756	6.49%
2	0.00117	0.001107	5.69%
1	0.00048	0.000464	3.45%
EJE 7 - 7			
4	0.00395	0.003503	12.76%
3	0.00296	0.002656	11.45%
2	0.00183	0.001663	10.04%
1	0.00073	0.000688	6.10%
MAX. DISTORSION INELASTICA	0.002	0.0018	11.11%

Tabla 72*Cuadro comparativo N.º 08: fuerzas cortantes.*

CUADRO COMPARATIVO N° 08: FUERZAS CORTANTES 1ER NIVEL			
MURO	PORTICOS PLANOS - SAP2000	ETABS 2016	VARIACION
	Ve (Tn)	Ve (Tn)	PORCENTUAL
SISMO XX2+			
X1	7.63	7.1007	7.45%
X2	6.62	6.2324	6.22%
X3	6.72	5.7826	16.21%
X4	6.63	6.5144	1.77%
X5	7.16	7.4424	-3.79%
X6	5.45	6.6435	-17.96%
X7	5.98	5.9122	1.15%
SISMO YY			
Y1	5.97	5.507	8.41%
Y2	5.98	5.482	9.08%
Y3	7.49	6.8448	9.43%
Y4	8.01	7.616	5.17%
Y5	7.54	7.2503	4.00%
Y6	7.28	6.5903	10.47%
Y7	9.88	10.3371	-4.42%

Tabla 73*Cuadro comparativo N.º 09: momentos flectores.*

CUADRO COMPARATIVO N° 09: MOMENTOS FLECTORES 1ER NIVEL			
MURO	PORTICOS PLANOS - SAP2000	ETABS 2016	VARIACION
	Me (Tn_m)	Me (Tn_m)	PORCENTUAL
SISMO XX2+			
X1	43.36	8.1034	435.08%
X2	18.62	16.5668	12.39%
X3	27.64	8.9083	210.27%
X4	31.62	7.3963	327.51%
X5	35.23	6.6509	429.70%
X6	20.03	7.5052	166.88%
X7	32.73	5.1367	537.18%
SISMO YY			
Y1	13.31	6.6982	98.71%
Y2	13.32	6.7264	98.03%
Y3	18.58	9.7394	90.77%
Y4	22.78	8.5826	165.42%
Y5	16.66	7.7093	116.10%
Y6	17.24	8.5076	102.64%
Y7	32.34	14.3258	125.75%

De estos cuadros comparativos se pueden mencionar lo siguiente:

- Los pesos sísmicos de entrepiso elaborados manualmente para el modelado por pórticos planos en menor en un muy bajo porcentaje del orden del 3% respecto

al obtenido en ETABS 2016, por ende, también se obtuvo porcentajes menores en la fuerza de inercia de entrepiso y la cortante sísmica basal (3.56% menor).

- Con respecto a los desplazamientos del centro de masa si hubo una variación mediana de aproximadamente 25% mayor para el sismo en dirección X y 8% mayor para el sismo en dirección Y con respecto a los obtenidos mediante el modelado por elementos finitos en ETABS.
- También se obtuvieron variaciones similares al mencionado en el punto anterior en los desplazamientos de los ejes A, D, 1 y 7, porcentajes del 23%, 26%, 5% y 10% mayores respectivamente, esto quiere decir que el modelado por pórticos planos arroja mayores desplazamientos que el modelado de elementos finitos.
- Para el esfuerzo axial se tiene porcentajes variados, un mínimo de 2.48 % mayor para el muro X4 y un máximo de 44.38% menor para el muro X1, obtenidos manualmente, con respecto a lo obtenido en ETABS.
- Con respecto a las fuerzas cortantes en el base, se obtuvieron bajas variaciones de un máximo de 18%, quiere decir que ambos modelos arrojan similares resultados de esfuerzo cortante.
- En cambio, los momentos flectores en la base obtenidos con el modelado de pórticos planos en SAP 2000 arrojan muy altas variaciones del orden de 300% mayores respecto al de elementos finitos en ETABS para el sismo en dirección X y un promedio porcentual del 114% por ciento mayor para el sismo en la dirección Y. En conclusión, se obtienen menores momentos flectores con el modelado por elementos finitos que con el modelado por pórticos planos.

4.9. DISEÑO ESTRUCTURAL EN ALBAÑILERÍA CONFINADA

Para el diseño estructural se considerarán las fuerzas obtenidas en el análisis sísmico estático mediante el modelo de elementos finitos en ETABS.

4.9.1. Análisis elástico ante sismo moderado: control de fisuración

Para evitar el fisuramiento de los muros durante los sismos moderados los cuales son los más frecuentes se comparará las fuerzas cortantes por sismo moderado en cada muro (V_e) ante la resistencia al corte V_m del muro que se calcula mediante la siguiente expresión:

$$V_m = 0.5 v'm \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0,23 P_g$$

$v'm$ = Resistencia a corte de la albañilería, usaremos 65 kg/cm²

P_g = Carga de servicio con sobrecarga reducida (25% CV)

α = Factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez.

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e \cdot L}{M_e} \leq 1$$

V_e y M_e son las fuerzas internas halladas en el análisis sísmico estático mostrados en las tablas 63 y 64.

A continuación, se muestra la tabla de verificación de cada muro según lo descrito anteriormente:

Tabla 74

Verificación de fisuración por sismo moderado en cada muro.

PISO 1							
MURO	L	Ve (Tn)	Me (Tn_m)	Pg (Tn)	Vm (Tn)	0.55*Vm (Tn)	REVISION
X1	3.15	7.10	8.10	18.26	20.78	11.43	cumple
X2 *	1.50	6.23	16.57	21.13	11.98	6.59	cumple
X3	3.15	5.78	8.91	20.61	21.33	11.73	cumple
X4	3.10	6.51	7.40	20.57	21.05	11.58	cumple
X5	3.15	7.44	6.65	16.57	20.40	11.22	cumple
X6	2.60	6.64	7.51	17.65	17.75	9.76	cumple
X7	2.75	5.91	5.14	17.38	18.48	10.16	cumple
Y1	2.60	5.51	6.70	14.93	17.12	9.42	cumple
Y2	2.60	5.48	6.73	14.14	16.94	9.32	cumple
Y3	3.10	6.84	9.74	20.75	21.09	11.60	cumple
Y4	3.10	7.62	8.58	18.19	20.51	11.28	cumple
Y5	3.10	7.25	7.71	19.61	20.83	11.46	cumple
Y6	3.10	6.59	8.51	17.53	20.35	11.19	cumple
Y7	4.15	10.34	14.33	25.11	27.63	15.19	cumple
				Total:	276.24		

El muro X2 es de concreto y su verificación se realizó con la siguiente expresión: $V_c = 0.53 * \sqrt{f_c} * t * 0.8L$; cabe mencionar que con un $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ no cumplía así que se aumentara la resistencia a 210 Kg/cm^2 .

Los demás pisos también cumplieron esta revisión y se muestran en los anexos.

4.9.2. Diseño por sismo severo

4.9.2.1. Verificación de la resistencia global de la edificación

En esta parte se revisará que la resistencia al corte en cada entrepiso sea mayor a la fuerza cortante producida por el sismo severo, esto se logra comparando la sumatoria de todas las resistencias de los muros, por piso, con la cortante por sismo severo mostrado en la tabla 74, es decir $\sum v_{m_i} \geq VE_i$. En caso $\sum v_{m_i} \geq 3VE_i$ se considera que el entrepiso se comporta elásticamente en este caso el refuerzo de los confinamientos será el mínimo y capaz de soportar acciones perpendiculares al plano y acabaría el diseño por cargas sísmicas coplanares. A continuación, se muestra la tabla de verificación de resistencia global.

Tabla 75

Resistencia global de la edificación ante sismo severo.

ENTREPISO	VEi (Sismo severo)	$\sum V_{mi}$	$\sum V_{mi}/VE_i$	REVISION
4	57.558	233.82 Tn	4.06 VE1	Usar arriostre mínimo, FIN DE DISEÑO
3	118.0258	247.95 Tn	2.10 VE1	CUMPLE
2	158.8778	262.09 Tn	1.65 VE1	CUMPLE
1	179.3038	276.24 Tn	1.54 VE1	CUMPLE

4.9.2.2. Cálculo de los factores de amplificación

El diseño de los elementos estructurales será bajo fuerzas de sismo severo y es por tal motivo la necesidad de un factor de amplificación para las fuerzas V_{ei} y M_{ei} (fuerzas internas por sismo moderado), dicho factor se calculará mediante la siguiente expresión $F_a = V_{m1}/V_{e1}$, el cual deberá ser mayor a 2 y menor a 3. V_{m1} es la resistencia al corte propio de cada muro

en el primer nivel y V_{e1} es la fuerza cortante obtenida en el análisis estructural por sismo moderado, ojo que este factor se calcula con los valores del primer nivel y será aplicada a todos los niveles en estudio. A continuación, se muestra su cálculo para cada muro.

Tabla 76

Factor de amplificación por sismo severo en cada muro.

FACTOR DE AMPLIFICACION - Fa				
MURO	V_{e1} (Tn)	V_{m1}	V_{m1}/V_{e1}	Factor (Fa)
X1	7.1007	20.78 Tn	2.93	2.93
X2	6.2324	11.98 Tn	1.92	2.00
X3	5.7826	21.33 Tn	3.69	3.00
X4	6.5144	21.05 Tn	3.23	3.00
X5	7.4424	20.40 Tn	2.74	2.74
X6	6.6435	17.75 Tn	2.67	2.67
X7	5.9122	18.48 Tn	3.13	3.00
Y1	5.507	17.12 Tn	3.11	3.00
Y2	5.482	16.94 Tn	3.09	3.00
Y3	6.8448	21.09 Tn	3.08	3.00
Y4	7.616	20.51 Tn	2.69	2.69
Y5	7.2503	20.83 Tn	2.87	2.87
Y6	6.5903	20.35 Tn	3.09	3.00
Y7	10.3371	27.63 Tn	2.67	2.67

4.9.2.3. Verificación de la necesidad de refuerzo horizontal en muros:

Esta verificación se realiza para cada muro de cada entrepiso y su valor esta dado bajo las siguientes 3 condiciones:

- Edificios de más de 3 pisos, todos los muros del primer nivel serán reforzados horizontalmente.
- Se reforzarán los muros cuya resistencia cortante V_m sea menor a la cortante de diseño $V_u = F_a * V_e$.
- Se reforzará cuando la carga axial considerando toda la carga viva (100% CV) sea mayor o igual a $0.005 f' m$, es decir $\sigma_m = \frac{p_n}{L_t} \geq 0.005 f' m$

El primer piso se reforzará ya que la edificación es de 4 niveles, para los demás niveles se elaboró una tabla con estas condiciones como se muestra a continuación para el segundo nivel:

Tabla 77

Necesidad de refuerzo horizontal en muros.

PISO 2: VERIFICACION DE NECESIDAD DE REFUERZO HORIZONTAL							
<i>MURO</i>	<i>V_u (Tn)</i>	<i>V_{m2} (Tn)</i>	<i>¿V_{m2}<V_u?</i>	<i>P_m (Tn)</i>	<i>0.05*f'm</i>	<i>P_m>0.005f'm</i>	<i>CONCLUSIÓN</i>
<i>X1</i>	<i>20.75</i>	<i>20.00</i>	<i>Si</i>	<i>17.11</i>	<i>32.50</i>	<i>No</i>	<i>lleva acero</i>
<i>X2 *</i>	<i>4.57</i>	<i>11.98</i>	<i>No</i>	<i>18.00</i>	<i>32.50</i>	<i>No</i>	<i>no lleva acero</i>
<i>X3</i>	<i>14.78</i>	<i>20.09</i>	<i>No</i>	<i>17.37</i>	<i>32.50</i>	<i>No</i>	<i>no lleva acero</i>
<i>X4</i>	<i>19.30</i>	<i>19.68</i>	<i>No</i>	<i>16.82</i>	<i>32.50</i>	<i>No</i>	<i>no lleva acero</i>
<i>X5</i>	<i>20.42</i>	<i>19.66</i>	<i>Si</i>	<i>15.12</i>	<i>32.50</i>	<i>No</i>	<i>lleva acero</i>
<i>X6</i>	<i>15.91</i>	<i>16.70</i>	<i>No</i>	<i>14.67</i>	<i>32.50</i>	<i>No</i>	<i>no lleva acero</i>
<i>X7</i>	<i>18.41</i>	<i>17.43</i>	<i>Si</i>	<i>14.67</i>	<i>32.50</i>	<i>No</i>	<i>lleva acero</i>

Y1	11.93	16.22	No	12.43	32.50	No	no lleva acero
Y2	11.72	16.05	No	11.54	32.50	No	no lleva acero
Y3	16.57	19.62	No	16.36	32.50	No	no lleva acero
Y4	19.01	19.46	No	15.59	32.50	No	no lleva acero
Y5	20.22	19.62	Si	16.41	32.50	No	lleva acero
Y6	17.14	19.38	No	15.03	32.50	No	no lleva acero
Y7	28.65	26.22	Si	21.45	32.50	No	lleva acero

Los demás pisos cumplieron esta revisión es decir que no tienen la necesidad de llevar refuerzo horizontal en los muros y se muestran en los anexos.

El refuerzo usado para muros de soga de espesor $t=13$ cm como es en nuestro caso será de $1 \text{ } \varnothing 1/4'' \text{ c}/2$ Hiladas.

4.9.2.4. Verificación de agrietamiento diagonal en los pisos superiores

Esta verificación es la misma descrita en el anterior punto (segunda condición) que nos dice que habrá agrietamiento diagonal si la resistencia cortante V_m es menor a la cortante de diseño $V_u = F_a * V_e$, en ese caso los arriostres se diseñaran como en el primer nivel.

En nuestro proyecto los muros del segundo nivel (X1, X5, X7, Y5, Y7) no cumplen esta verificación así que se diseñaran como en el primer nivel.

4.9.3. Diseño de elementos de confinamientos del primer piso

Para el diseño primero se realizó una tabla donde se muestran todos los datos que serán necesarios, a continuación, se describirá cada uno de ellos:

- t : espesor del muro.
- P_g : Carga axial con carga viva reducida ($CM+25\%CV$).

- V_m : Resistencia al corte propio de cada muro.
- M_u : Momento de diseño en la base que es igual a $M_e \cdot F_a$
- L : Longitud total del muro incluyendo confinamientos verticales.
- H : altura de entrepiso
- N_c : Numero de columnas de amarre por muro.
- L_m : mayor valor entre $L/2$ o máxima longitud de un paño en un muro.
- $M = M_{ui} - \frac{1}{2} V_{mi} \cdot h$
- F : Fuerza axial producida por M , $F = M/L$.
- $P_{c1} = P_g/N_c$
- $P_c =$ es la suma de P_{c1} y P_t , donde P_t es la carga proveniente de los muros transversales.
- También se calcularán $V_{m1} \cdot L_m / L(N_c + 1)$; $V_{m1} \cdot h / L$; $V_{m1} \cdot L_m / 2L$

A continuación, se muestran estos datos y cálculos para el primer piso en las siguientes dos tablas.

Tabla 78

Datos necesarios para el diseño estructural

DATOS NECESARIO - PISO 1								
MURO	t (m)	P_g (Tn)	V_m (Tn)	M_u (Tn_m)	L (m)	HL (m)	N_c	L_m (m)
X1	0.13	18.26	20.78	23.72	3.15	2.52	2	3.15
X2	0.13	21.13	11.98	33.13	1.50	2.52	2	1.50
X3	0.13	20.61	21.33	26.72	3.15	2.52	2	3.15
X4	0.13	20.57	21.05	22.19	3.10	2.52	2	3.10
X5	0.13	16.57	20.40	18.23	3.15	2.52	2	3.15

X6	0.13	17.65	17.75	20.05	2.60	2.52	2	2.60
X7	0.13	17.38	18.48	15.41	2.75	2.52	3	1.38
Y1	0.13	14.93	17.12	20.09	2.60	2.52	2	2.60
Y2	0.13	14.14	16.94	20.18	2.60	2.52	2	2.60
Y3	0.13	20.75	21.09	29.22	3.10	2.52	2	3.10
Y4	0.13	18.19	20.51	23.11	3.10	2.52	2	3.10
Y5	0.13	19.61	20.83	22.15	3.10	2.52	2	3.10
Y6	0.13	17.53	20.35	25.52	3.10	2.52	2	3.10
Y7	0.13	25.11	27.63	38.28	4.15	2.52	2	4.15

Tabla 79

Cálculos y valores necesarios para el diseño estructural

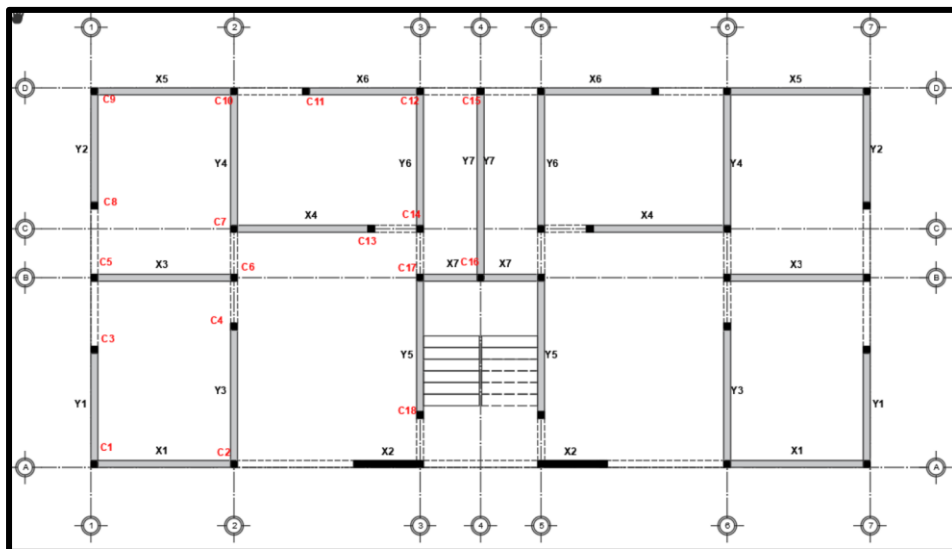
CALCULOS NECESARIOS - PISO 1						
MURO	M (Tn_m)	F (Tn)	Pc1 (Tn)	$V_{m1} * L_m / L(N_c + 1)$	$V_{m1} * h / L$	$V_{m1} * L_m / 2 * L$
X1	-2.47	0.78	9.13	6.93 Tn	16.63 Tn	10.39 Tn
X2	18.04	12.02	10.57	3.99 Tn	20.13 Tn	5.99 Tn
X3	-0.14	0.05	10.31	7.11 Tn	17.06 Tn	10.66 Tn
X4	-4.34	1.40	10.29	7.02 Tn	17.11 Tn	10.53 Tn
X5	-7.47	2.37	8.29	6.80 Tn	16.32 Tn	10.20 Tn
X6	-2.31	0.89	8.83	5.92 Tn	17.20 Tn	8.87 Tn
X7	-7.87	2.86	5.79	2.31 Tn	16.93 Tn	4.62 Tn
Y1	-1.48	0.57	7.47	5.71 Tn	16.60 Tn	8.56 Tn

Y2	-1.17	0.45	7.07	5.65 Tn	16.42 Tn	8.47 Tn
Y3	2.64	0.85	10.38	7.03 Tn	17.15 Tn	10.55 Tn
Y4	-2.73	0.88	9.10	6.84 Tn	16.67 Tn	10.25 Tn
Y5	-4.10	1.32	9.81	6.94 Tn	16.93 Tn	10.42 Tn
Y6	-0.12	0.04	8.77	6.78 Tn	16.55 Tn	10.18 Tn
Y7	3.48	0.84	12.56	9.21 Tn	16.77 Tn	13.81 Tn

También se nombró tentativamente a todas las columnas desde C1 hasta C18, esta cantidad de tipos de columnas se reducirán al final en la revisión y elaboración de planos donde se encontrarán secciones con aceros similares. A continuación, se muestra la distribución de estas columnas.

Figura 81

Denotación y distribución inicial de columnas.



4.9.3.1. Columnas de confinamiento

Con ayuda de las tablas 78 y 79 se realizarán los cálculos necesarios para esta sección,

Como ejemplo se desarrollará el diseño para las columnas de los muros X1 (C1 y C2) y Y1 (C1 y C3).

El diseño de columnas de confinamiento se dividirá en 6 partes las cuales se desarrollan a continuación:

A) Cálculo de pesos transversales al muro y peso total Pc

Tabla 80

Peso transversal y total en columnas.

1. PESO TRANSVERSALES Y TOTAL: Pt - Pc				
Muro a diseñar	X1		Y1	
Columnas	C1	C2	C1	C3
Ubicación	Externa	Externa	Externa	Externa
Muro Transversal	Y1	Y3	X1	
t	0.13 m	0.13 m	0.13 m	
L TOTAL	2.60 m	3.10 m	3.15 m	
L (libre, entre muros)	2.47 m	2.97 m	3.02 m	
*1/4L ò 6t < L/2	0.78 m	0.78 m	0.78 m	
Pt	5.23 Tn	6.09 Tn	5.28 Tn	0.00 Tn
Pc1	9.13 Tn	9.13 Tn	7.47 Tn	7.47 Tn
<i>Ptotal = Pc</i>	<i>14.36 Tn</i>	<i>15.22 Tn</i>	<i>12.74 Tn</i>	<i>7.47 Tn</i>

B) Cálculo de fuerzas internas.

Tabla 81

Fuerzas internas en confinamientos por sismo severo

2. FUERZAS INTERNAS T, C, Vc				
Muro a diseñar	X1		Y1	
Columnas	C1	C2	C1	C3
Ubicación	Externa	Externa	Externa	Externa
F	0.78 Tn	0.78 Tn	0.57 Tn	0.57 Tn
Vm1*h/L	16.63 Tn	16.63 Tn	16.60 Tn	16.60 Tn
Vm1*Lm/L*(Nc+1)	6.93 Tn	6.93 Tn	5.71 Tn	5.71 Tn
T (tracción)	2.27 Tn	1.41 Tn	3.86 Tn	9.13 Tn
C (compresión)	14.36 Tn	15.22 Tn	12.74 Tn	7.47 Tn
Vc (fuerza cortante)	6.93 Tn	6.93 Tn	5.71 Tn	5.71 Tn

C) Diseño por corte fricción.

Tabla 82

Acero longitudinal por fricción en columnas.

3. CALCULO DE ACERO POR CORTE FRICCIÓN				
Muro a diseñar	X1		Y1	
Columnas	C1	C2	C1	C3
Ubicación	Externa	Externa	Externa	Externa
f'c:	175 kg/cm ²	175 kg/cm ²	175 kg/cm ²	175 kg/cm ²
φ:	0.85	0.85	0.85	0.85

υ:	0.8	0.8	0.8	0.8
f _y :	4200 kg/cm ²	4200 kg/cm ²	4200 kg/cm ²	4200 kg/cm ²
A _{cf}	232.9 cm ²	232.9 cm ²	191.9 cm ²	191.9 cm ²
A _{st}	0.6 cm ²	0.4 cm ²	1.1 cm ²	2.6 cm ²
A _{sf}	2.4 cm ²	2.4 cm ²	2.0 cm ²	2.0 cm ²
A _s	3.1 cm ²	2.8 cm ²	3.1 cm ²	4.6 cm ²
4Φ8mm:	2.0 cm ²	2.0 cm ²	2.0 cm ²	2.0 cm ²
A _s :	3.1 cm ²	2.8 cm ²	3.1 cm ²	4.6 cm ²
Acero a usar:	3/8"	3/8"	3/8"	1/2"
Cantidad:	5.00	4.00	5.00	4.00
Área real:	3.6 cm ²	2.9 cm ²	3.6 cm ²	5.1 cm ²
Cantidad:	6	4	6	4
Área real:	4.3 cm²	2.9 cm²	4.3 cm²	5.1 cm²
FINAL:	6 φ 3/8"	4 φ 3/8"	6 φ 3/8"	4 φ 1/2"

D) Diseño por compresión

Tabla 83

Calculo de área de sección por compresión en columnas

4. DISEÑO POR COMPRESIÓN

Muro a diseñar	X1		Y1	
Columnas	C1	C2	C1	C3
Ubicación	Externa	Externa	Externa	Externa

Estribaje:	Estribo cerrado	Estribo cerrado	Estribo cerrado	Estribo cerrado
¿Muro transversal?	Si	Si	Si	No
δ :	1	1	1	0.8
ϕ :	0.75	0.75	0.75	0.75
t=	0.130 m	0.130 m	0.130 m	0.130 m
An:	12.2 cm ²	58.8 cm ²	-2.3 cm ²	-90.6 cm ²
$l_n = A_n / (t - 2 * r)$	1.4 cm	6.5 cm	-0.3 cm	-10.1 cm
$l = l_n + 2 * r$	5.4 cm	10.5 cm	3.7 cm	-6.1 cm
Acc=	69.6 cm²	136.9 cm²	48.7 cm²	-78.8 cm²

Los valores de acero negativo no significan un error de cálculo más bien significa que la fuerza de compresión durante el sismo es mucho menor que la resistencia que puede proporcionar el acero suministrado cuando ésta fluye ($A_s * F_y$), es decir $C - A_s * F_y < 0$.

E) Verificación de área y acero de columnas

Tabla 84

Verificación de sección de columna y área de acero longitudinal

5. VERIFICACION DE AREA Y ACERO LONGITUDINAL				
Muro a diseñar	X1		Y1	
Columnas	C1	C2	C1	C3
Ubicación	Externa	Externa	Externa	Externa
15*t:	195.0 cm ²	195.0 cm ²	195.0 cm ²	195.0 cm ²
Ac a usar max (Acf, Acc)	232.9 cm ²	232.9 cm ²	195.0 cm ²	195.0 cm ²

t:	0.13 m	0.13 m	0.13 m	0.13 m
l=	0.18 m	0.18 m	0.15 m	0.15 m
<u>sección: l</u>	<u>25.0 cm</u>	<u>25.0 cm</u>	<u>25.0 cm</u>	<u>25.0 cm</u>
<u>sección: t</u>	<u>13.0 cm</u>	<u>13.0 cm</u>	<u>13.0 cm</u>	<u>13.0 cm</u>
Verificación Anclaje Ldh:	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
sección:	25x13	25x13	25x13	25x13
Acol:	325.0 cm²	325.0 cm²	325.0 cm²	325.0 cm²
Verificación Ac min:	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Asmin (E.070) T. Critica:	1.4 cm ²	1.4 cm ²	1.4 cm ²	1.4 cm ²
Asmin (E.060) C-1% cuantía:	3.3 cm ²	3.3 cm ²	3.3 cm ²	3.3 cm ²
Asmin (E.060) T critica:	2.5 cm ²	2.5 cm ²	2.5 cm ²	2.5 cm ²
Verificación As min:	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple
Asmax (ACI) C-6% cuantía:	1.3%	0.9%	1.3%	1.6%
Verificación As max:	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

F) Estribos para columnas

Tabla 85

Diseño de estribos para columnas de confinamiento.

6. DISEÑO DE ESTRIBOS				
Muro a diseñar	X1		Y1	
Columnas	C1	C2	C1	C3
Ubicación	Externa	Externa	Externa	Externa
Ac=	325.0 cm ²	325.0 cm ²	325.0 cm ²	325.0 cm ²
An=	189.0 cm ²	189.0 cm ²	189.0 cm ²	189.0 cm ²
tn:	9.0 cm	9.0 cm	9.0 cm	9.0 cm
Acero a usar:	8 mm	8 mm	8 mm	8 mm
Av:	1.0 cm	1.0 cm	1.0 cm	1.0 cm
s1	12.0 cm	12.0 cm	12.0 cm	12.0 cm
s2:	22.0 cm	22.0 cm	22.0 cm	22.0 cm
s3:	6.0 cm	6.0 cm	6.0 cm	6.0 cm
s4:	10.0 cm	10.0 cm	10.0 cm	10.0 cm
min s:	6.0 cm	6.0 cm	6.0 cm	6.0 cm
45cm o 1.5*d:	45.0 cm	45.0 cm	45.0 cm	45.0 cm
Espaciamiento	5.0 cm	5.0 cm	5.0 cm	5.0 cm
Armado:	9 φ8 mm @5 cm	9 φ8 mm @5 cm	9 φ8 mm @5 cm	9 φ8 mm @5 cm

Se concluye que la sección de C1, C2 en dirección X es igual 13 x 25 cm y que el acero longitudinal para C1 es 6 φ 3/8", mientras que para C2 es 4 φ 3/8". Ambas columnas tendrán

el siguiente armado de estribos: 9 ϕ 8 mm @5 cm.

De la misma manera la sección de C1, C3 en dirección Y es de 13 x 25 cm para ambas columnas y que el acero longitudinal para C1 es 6 ϕ 3/8", mientras que para C3 es 4 ϕ 1/2".

Ambas columnas tendrán el siguiente armado de estribos: 9 ϕ 8 mm @5 cm.

Estos resultados pueden modificarse en la sección de revisión y elaboración de planos.

4.9.3.2. Vigas de confinamiento

Las vigas de confinamiento se diseñan solamente por esfuerzos de tracción pura y su área debe ser tal que pueda alojar los refuerzos longitudinales, el armado mínimo de estribos según la Norma E.070 es: ϕ 6mm, 1@5, 4@10 resto @ 25 cm. En este proyecto se usarán aceros de 1/4" con el mismo armado de 1@5, 4@10 resto @ 25 cm.

También con ayuda de las tablas 78 y 79 se realizarán los cálculos necesarios para esta sección, Como ejemplo se desarrollará el diseño para las vigas de confinamiento de los muros X1 y Y1.

Tabla 86

Diseño de vigas de confinamiento

DISEÑO POR TRACCIÓN EN VIGAS SOLERAS:				
Muro a diseñar	X1		Y1	
Columnas	C1	C2	C1	C3
Ubicación	Externa	Externa	Externa	Externa
TS= $Vm1 * Lm/2 * L$:	10.39 Tn	10.39 Tn	8.56 Tn	8.56 Tn
ϕ :	0.9	0.9	0.9	0.9
f_y :	4200 kg/cm ²	4200 kg/cm ²	4200 kg/cm ²	4200 kg/cm ²
f_c :	175 kg/cm ²	175 kg/cm ²	175 kg/cm ²	175 kg/cm ²

hs (solera)	0.30 m	0.30 m	0.30 m	0.30 m
$A_{ss} = T_s / (f_y * \phi)$:	2.7 cm ²	2.7 cm ²	2.3 cm ²	2.3 cm ²
$A_{cs} = t * h_s$:	390.0 cm ²	390.0 cm ²	390.0 cm ²	390.0 cm ²
$0.1 * f'_c * A_{cs} / f_y$:	1.6 cm ²	1.6 cm ²	1.6 cm ²	1.6 cm ²
4 Φ 8mm:	2.0 cm ²	2.0 cm ²	2.0 cm ²	2.0 cm ²
Ass max:	2.7 cm ²	2.7 cm ²	2.3 cm ²	2.3 cm ²
<i>Acero a usar:</i>	<u>3/8"</u>	<u>3/8"</u>	<u>3/8"</u>	<u>3/8"</u>
Cantidad:	4	4	4	4
Área real:	2.9 cm ²	2.9 cm ²	2.9 cm ²	2.9 cm ²
<i>Cantidad:</i>	<u>4.0</u>	<u>4.0</u>	<u>4.0</u>	<u>4.0</u>
<i>Área real:</i>	<u>2.9 cm²</u>	<u>2.9 cm²</u>	<u>2.9 cm²</u>	<u>2.9 cm²</u>
Ldh:	22.9 cm	22.9 cm	22.9 cm	22.9 cm
Lmin col extrema:	25.0 cm	25.0 cm	25.0 cm	25.0 cm

De esta manera se obtiene que para los muros X1 y Y1 se utilizarán vigas de confinamiento de 13 x 30 cm reforzadas con 4 ϕ 3/8" y estribos de ϕ 1/4" de 1@5, 4@10 resto @ 25 cm.

4.9.4. Revisión y elaboración de planos

En la distribución de las columnas mostradas en la figura 81, se puede observar que hay columnas que solo pertenecen a un muro (columnas de borde) y columnas que están en la intersección de 2 muros (columnas esquineras e intermedias), a continuación, se muestra los resultados de refuerzos de las primeras (columnas pertenecientes a un solo muro).

Tabla 87*Armado de columnas en bordes.*

COLUMNAS DE BORDE				
Columna	Dimensiones	Aceros	Estribos	Dirección de muro
C3	13x25	4 ϕ 1/2"	9 ϕ 8 mm @5 cm	MURO Y-Y
C4	13x25	4 ϕ 1/2"	9 ϕ 8 mm @5 cm	MURO Y-Y
C5	13x25	4 ϕ 1/2"	9 ϕ 8 mm @5 cm	MURO X-X
C6	13x25	4 ϕ 1/2"	9 ϕ 8 mm @5 cm	MURO X-X
C8	13x25	4 ϕ 1/2"	9 ϕ 8 mm @5 cm	MURO Y-Y
C11	13x25	4 ϕ 1/2"	9 ϕ 8 mm @5 cm	MURO X-X
C13	13x25	4 ϕ 1/2"	9 ϕ 8 mm @5 cm	MURO X-X
C14	13x25	4 ϕ 1/2"	9 ϕ 8 mm @5 cm	MURO Y-Y
C15	13x25	4 ϕ 1/2"	9 ϕ 8 mm @5 cm	MURO Y-Y
C18	13x25	4 ϕ 1/2"	9 ϕ 8 mm @5 cm	MURO Y-Y

Como se puede apreciar tanto la sección, acero longitudinal y estribaje son las mismas, es por ello que a estas columnas se les nombrara como Columna tipo 1 (C1).

Ahora para las que están en intersecciones de muros, su sección, refuerzo longitudinal y estribaje se muestran en la tabla 88 dispuestas tanto en dirección X como en Y, se tendrá que compatibilizar el armado para ambas direcciones obteniéndose una sola columna que cumpla los requerimientos para ambas direcciones.

Tabla 88*Armado de columnas en intersecciones.*

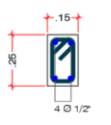
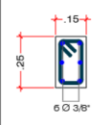
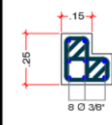
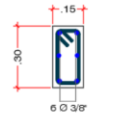
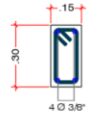
COLUMNAS EN INTERSECCIONES						
	MURO X-X			MURO Y-Y		
Columna	Dimensiones	Aceros	Estribos	Dimensiones	Aceros	Estribos
C1	13x25	6 ϕ 3/8"	9 ϕ 8 mm @5 cm	13x25	6 ϕ 3/8"	9 ϕ 8 mm @5 cm
C2	13x25	4 ϕ 3/8"	9 ϕ 8 mm @5 cm	13x25	6 ϕ 3/8"	9 ϕ 8 mm @5 cm
C7	13x25	6 ϕ 3/8"	9 ϕ 8 mm @5 cm	13x25	4 ϕ 3/8"	9 ϕ 8 mm @5 cm
C9	13x25	6 ϕ 3/8"	9 ϕ 8 mm @5 cm	13x25	6 ϕ 3/8"	9 ϕ 8 mm @5 cm
C10	13x25	6 ϕ 3/8"	9 ϕ 8 mm @5 cm	13x25	6 ϕ 3/8"	9 ϕ 8 mm @5 cm
C12	13x25	6 ϕ 3/8"	9 ϕ 8 mm @5 cm	13x25	4 ϕ 3/8"	9 ϕ 8 mm @5 cm
C16	13x15	4 ϕ 3/8"	9 ϕ 8 mm @5 cm	13x25	6 ϕ 3/8"	9 ϕ 8 mm @5 cm
C17	13x25	4 ϕ 3/8"	9 ϕ 8 mm @5 cm	13x25	4 ϕ 3/8"	9 ϕ 8 mm @5 cm

De la revisión de la tabla 88 se obtuvo que la columna C16 será de sección 13x25 en dirección Y y armado según esta dirección, la columna C17 armada con 4 varillas de 3/8" para ambas direcciones será modificada a 6 debido a que su sección es en L ya que un armado con 6 varillas tiene un mejor acomodo que con 4, las demás columnas también son en L con 6 varillas de 3/8" es por ello que aquí se obtienen 2 tipos más de columnas a quienes se nombrarán como columnas tipo 2 (C2) y 3 (C3).

Las vigas soleras serán armadas como se indicó en el punto 4.9.3.2, a continuación, se muestran los armados y tipos de columnas y vigas.

Figura 82

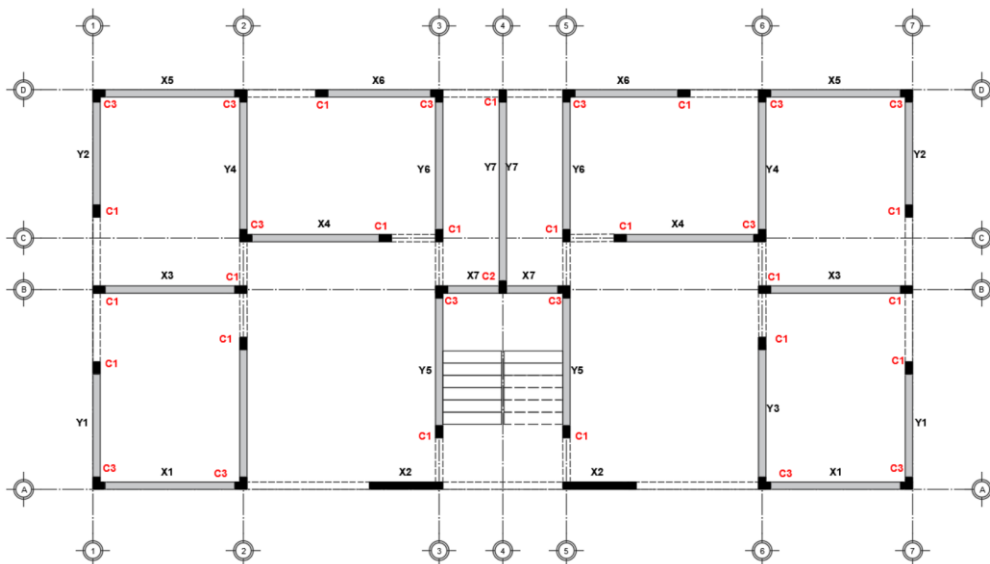
Detalle de columnas y vigas de confinamiento

DETALLE DE COLUMNAS ESC: 1/25				DETALLE DE VIGAS ESC: 1/25		
TIPO	C-1	C-2	C-3	TIPO	VS-1	VS-2
Seccion	0.15 x 0.25	0.15 x 0.25	L - 0.15 x 0.25	Seccion	L - 0.15 x 0.25	0.15 x 0.25
As	4 Ø 1/2"	6 Ø 3/8"	8 Ø 3/8"	As	6 Ø 3/8"	4 Ø 3/8"
Estribos	1Ø 8 mm 9 @ 0.05, 2 @ 0.15, Rto @ 0.25	1Ø 8 mm 9 @ 0.05, 2 @ 0.15, Rto @ 0.25	1Ø 8 mm 9 @ 0.05, 2 @ 0.15, Rto @ 0.25	Estribos	1Ø 1/4" 1 @ 0.05, 4 @ 0.10, Rto @ 0.25	1Ø 1/4" 1 @ 0.05, 4 @ 0.10, Rto @ 0.25
Detalle de Acero en Columnas				Detalle de Acero en Vigas soleras		

Y también se tiene una nueva distribución de columnas en planta mostradas en la siguiente figura.

Figura 83

Nueva distribución de columnas en planta



CAPÍTULO V:

DISCUSIÓN

Del objetivo específico 1: “Hacer el diseño estructural de una vivienda multifamiliar de albañilería confinada para la ciudad de Tacna”, se siguió la metodología de diseño de la norma E0.70, autores nacionales siguieron la misma metodología de diseño obteniendo valores de estribado y acero longitudinal, en cuanto a la sección de la columna el antecedente nacional 1 (AN.1) obtuvo una sección de 13x20 cm la cual es baja en longitud y esto se debe a que su tesis no se consideró la longitud de desarrollo por anclaje de los aceros de la viga hacia la columna (Segundo Velayarce Llanos), otros autores nacionales obtuvieron longitudes iguales a la presente tesis (25 cm), en la Tabla 89 se muestran estas comparaciones.

De tesis internacionales solo el antecedente internacional numero 5 presento diseño estructural (José Alberto Talín Peza, UNAM, México) en la que se encontraron varias diferencias muy altas y a criterio propio graves, la primera es la gran altura ya que es una vivienda multifamiliar de 8 niveles, la segunda es que no especifica a detalle un diseño de castillos (columnas de confinamiento) mas solo presenta los cálculos arrojados por un programa de diseño de muros obteniendo áreas bajas de acero longitudinal para los castillos del muro MR-1 con un máximo de 2.36 cm² para el primer piso la cual es más de la mitad del acero hallado en esta tesis (4 niveles), también que no especifica las secciones de las columnas en cada muro solo muestra una tabla de secciones variadas de elementos estructurales entre 12x12 a 12x60 y la tercera diferencia es que no se realizó un diseño del estribado para las columnas de confinamiento, esta comparación se muestra en la tabla 89.

Tabla 89*Comparación de diseño estructural*

	NACIONALES				INTERNACIONAL
	PRESENTE TESIS	AN. 1	AN. 2	AN. 4	AI. 5
NUMERO DE PISOS:	4	4	5	4	8
MURO:	X4	4X	X2	X1	MR-1
COLUMNA:	C1	Borde derecho	C6	C1	No especifica
SECCION (cm)	13x25	13X20	13X25	25X25	12x12 - 12x60
ACERO LONG.	4 ϕ 1/2" (5.1 cm ²)	4 ϕ 3/8"	4 ϕ 3/8"	4 ϕ 1/2"	2.36 cm ²
ESTRIBOS	9 ϕ 8mm@5cm	9 ϕ 1/4"@5cm	9 ϕ 1/4"@5cm	9 ϕ 8mm@5cm	No especifica

Del objetivo específico 2 y 3 “Hacer el análisis sísmico estático de una edificación de una vivienda multifamiliar de albañilería confinada en la ciudad de Tacna usando la técnica de modelado de pórticos planos en el programa SAP 2000” “Hacer el análisis sísmico estático de una vivienda multifamiliar de albañilería confinada en la ciudad de Tacna usando la técnica de modelado de elementos finitos en el programa ETABS 2016”

Se reviso y comparo los diferentes métodos de modelado usados en tesis tanto nacionales como internacionales encontrando similitudes, malos manejos de modelados y de los programas, de las tesis nacionales se puede comentar lo siguiente:

- Antecedente nacional 1, Uso una metodología mixta de análisis y modelado, primero realizo los mismos pasos del modelado por pórticos planos, es decir de metrado manual, aporte de muros transversales, etc. Luego el modelado lo

realizo dibujando muros tipo shell en dirección X (no especifica discretización) con aporte de muros transversales Y, y en dirección Y con aporte de muros transversales en dirección X. Estos muros en dos direcciones fueron separadas por juntas pequeñas como se aprecia en la figura 26 y 27 de su tesis. El programa que uso fue el ETABS 2016, si uso vigas y columnas en el modelado.

- Antecedente nacional 2, Realizo un modelado de pórticos planos idéntico al presentado en esta tesis usando el programa SAP 2000.
- Antecedente nacional 3, Hizo un mal modelado en los programas ETABS Y ROBOT, el modelado que presento fue para netamente pórticos estructurales de concreto armado excluyendo el aporte de los muros de albañilería.
- Antecedente nacional 4, Realizo un modelado muy similar de elementos finitos presentado en esta tesis haciendo uso del programa ETABS 2016, no especifico la discretización de muros de albañilería, se modelaron las vigas y columnas.

De las tesis internacionales se puede mencionar lo siguiente:

- Antecedente internacional 1, Realizo un modelado de pórticos planos idéntico al presentado en esta tesis usando el programa SAP 2000.
- Antecedente internacional 4, Realizo un modelado de elementos finitos usando el programa SAP 2000 en donde no se modelaron las columnas ni vigas de confinamiento, si se discretizaron los muros.
- Antecedente internacional 5, Realizo un modelado de elementos finitos usando el programa Staad.Pro en donde si se modelaron las columnas y vigas de confinamiento, si se discretizaron los muros.

A continuación, se muestran dos tablas resumen de los diferentes modelados y

programas mencionados anteriormente

Tabla 90

Modelado estructural de tesis nacionales.

TESIS NACIONALES				
	AN. 1	AN. 2	AN. 3	AN. 4
MODELADO		Pórticos		Elementos
ESTRUCTURAL	Mixta	planos	Pórticos	finitos
PROGRAMA	ETABS	SAP 2000	ETABS	Y
COMPUTACIONAL	2016		ROBOT	ETABS
¿USARON COLUMNAS Y VIGAS?	SI	-	-	SI

Tabla 91

Modelado estructural de tesis internacionales.

TESIS INTERNACIONALES			
AN. 4	AI. 1	AI. 4	AI. 5
ELEMENTOS	Pórticos planos	Elementos finitos	Elementos finitos
FINITOS			
ETABS 2016	SAP 2000	SAP 2000	STAAD.PRO
¿USARON			
COLUMNAS	Y -	NO	SI
VIGAS?			

Del objetivo específico 4, Encontrar la diferencia de procedimiento y resultado entre estas 2 formas de análisis sísmico estático.

Del antecedente nacional 5 elaborado por el ingeniero San Bartolomé quien también realizó la diferencia de resultados mediante estos dos métodos más usados se encontraron porcentajes de diferencia muy parecidos a la presente tesis, donde en el modelado por pórticos planos obtuvo mayores desplazamientos del centro de masa comparados al modelo de elementos finitos del orden de 16.15% a 32.45% para la dirección X y 5.90% a 10.15% para la dirección Y, en la presente tesis se obtuvo también mayores desplazamientos del centro de masa en el modelado por pórticos planos del orden de 10.06% a 24.07% para la dirección X y 0.20% a 21.28% para la dirección Y.

Tabla **92**
Comparación de porcentaje diferencial en desplazamientos de centro de masa

DEZPLAZAMIENTO DE CENTROS DE MASA			
NIVEL	DIRECCION	PRESENTE TESIS	AN. 5
4	X-X	32.45%	24.07%
3	X-X	28.52%	21.28%
2	X-X	23.78%	18.63%
1	X-X	16.15%	10.06%
4	Y-Y	10.15%	5.39%
3	Y-Y	9.65%	21.28%
2	Y-Y	8.30%	0.20%

1	Y-Y	5.90%	-2.31%
---	-----	-------	--------

De la misma manera San Bartolomé obtuvo mayores momentos en la base de los muros del primer nivel mediante el modelado de pórticos planos comparados al de elementos finitos del orden de 16.51% a 38.40% en dirección X y en dirección Y obtuvo momentos mayores del orden de 6.35% a 14.50% , en esta presente tesis también se obtuvo momentos mayores mediante el modelado por pórticos planos del orden de 12.39% a 435.08% en dirección X y en dirección Y obtuvo momentos mayores del orden de 90.77% a 125.75%, por lo que se puede reafirmar que un modelo por pórticos planos siempre presentara mayores momentos que un modelado por elementos finitos y esto a criterio propio es debido a que por analogía una estructura aporricada trabaja a flexión es decir absorbe gran cantidad de momentos flectores mientras que un muro trabaja a corte y porque en el modelado por elementos finitos se representa de mejor manera los muros a corte.

Tabla 93

Comparación de resultados Momentos flectores en la base del 1er nivel

MOMENTOS FLECTORES EN LA BASE 1ER NIVEL		
DIRECCION	PRESENTE TESIS	AN. 5
X-X		
MURO X1	435.08%	38.40%
MURO X2	12.39%	16.51%
Y-Y		
MURO Y1	125.75%	14.50%
MURO Y2	90.77%	6.35%

CAPÍTULO VI:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

6.1.1. Conclusión objetivo general

Se realizó el diseño estructural siguiendo la metodología mostrada en la norma E.070 con parámetros de zona para la ciudad de Tacna, también se realizó el análisis sísmico estático mediante el modelado de pórticos planos en SAP2000 y el modelado por elementos finitos en ETABS 2016 obteniéndose diferencias bajas en peso sísmico y fuerza de inercia, diferencias medias en esfuerzo axial, desplazamientos y fuerza cortante, diferencias muy altas en fuerzas de momentos flectores entre estas dos técnicas de modelado.

6.1.2. Conclusiones de los objetivos específicos

- Se realizó satisfactoriamente el diseño estructural siguiendo la metodología mostrada en la norma E.070, con los resultados obtenidos del análisis sísmico estático por elementos finitos en el programa ETABS.
- Se realizó en análisis sísmico estático de una vivienda de albañilería confinada propuesta para la ciudad de Tacna usando la técnica de modelado de pórticos planos en SAP 2000 siguiendo las disposiciones descritas en la norma E030 diseño sismorresistente y obteniendo como resultados pesos sísmicos, fuerzas de inercia, desplazamientos laterales (máximos) y de centro de masas, esfuerzo axial, fuerzas cortantes y momentos flectores.
- Se realizó en análisis sísmico estático de una vivienda de albañilería confinada

propuesta para la ciudad de Tacna usando la técnica de elementos finitos en el programa ETABS 2016 siguiendo las disposiciones descritas en la norma E030 diseño sismorresistente y obteniendo como resultados pesos sísmicos, fuerzas de inercia, desplazamientos laterales (máximos) y de centro de masas, esfuerzo axial, fuerzas cortantes y momentos flectores.

- El procedimiento de modelado por elementos finitos en ETABS es más eficiente al de pórticos planos. Se realizaron cuadros comparativos de los resultados obtenidos de estos dos tipos de modelado estructural obteniéndose diferencias bajas en pesos sísmicos (metrado de cargas), diferencias medias en desplazamientos y mayores para el modelado por pórticos planos, diferencias medias en esfuerzos axiales y mayores para el modelado de elementos finitos, diferencias bajas en fuerzas cortantes y diferencias muy altas en momentos flectores donde el modelado de pórticos planos dio mayores momentos.

6.2. RECOMENDACIONES

Después de la realización de esta tesis se puede recomendar lo siguiente:

- Del diseño estructural se recomienda tener en cuenta siempre la longitud de anclaje de los aceros de la viga hacia la columna, así como también la elaboración de una plantilla de Excel del diseño estructural. En cuanto a la fórmula de compresión presentada en la tabla N° 11 "Fuerzas internas" de la norma E.070 se recomienda anular el valor de $Vm1 * h / 2L$ para la compresión de columnas interiores, debido a que reduce el área de compresión de la columna y sobre todo porque esa expresión es la tracción generada durante el

sismo lo que significa que es 0 una vez acabe el sismo, así como hacer positivo los valores negativos obtenidos de $F=M/L$ debido a que el signo negativo en M indica que el momento se genera en el otro sentido y haría compresión a la otra columna extrema.

- Del análisis pórticos planos se recomienda tener cuidado en la asignación del brazo rígido, ésta se asigna siempre y cuando haya una viga dintel, escalera o cualquier otro elemento unido al muro y nace desde el centro de masa del muro hacia el elemento. También se recomienda crear puntos o nodos en el programa SAP2000 al momento de la inserción de los muros que se insertan desde su centro de masa.
- Del análisis elementos finitos se recomienda modificar los valores de rigidez de los muros para que solo soporten fuerzas en su plano y rigidez axial de las columnas para que no soporten las cargas de gravedad ya que esto se hará en el momento del diseño de estos elementos. También se recomienda hacer uso del comando Automesh en el programa ETABS para análisis previos debido a su ligereza computacional y dejar para el final del proyecto el uso correcto de la discretización que es por medio del divide Shell. Se recomienda también modelar las columnas de confinamiento ya que éstas aportan rigidez a los muros, dicho aporte está especificado en la norma E.070, las vigas soleras pueden o no modelarse, es a criterio del proyectista.
- De la comparación de ambas técnicas de modelado se recomienda utilizar el modelado de elementos finitos en ETABS por ser más eficiente y por arrojar valores muy similares en peso, fuerzas cortantes y más resultados, además que

en términos de modelado de muros éste es el correcto y no una equivalencia como en el modelado de pórticos planos, siempre teniendo los criterios de modelado.

- Por último, se recomienda difundir esta tesis a los estudiantes de ingeniería civil de nuestra querida Universidad Nacional con el fin de adquirir conocimientos en este tipo de edificaciones en albañilería confinada debido a que en la currícula no se cuenta con este curso tan valioso para la sociedad actual la cual tiene más del 55.8 % de construcciones en albañilería confinada

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

Ángel San Bartolomé (2008). Comentarios a la noma técnica de edificación E.070 “Albañilería”.

Ángel San Bartolomé (2011). Análisis Sísmico. Curso: Albañilería Estructural. Lima, Perú. PUCP, 1era Edición.

Ángel San Bartolomé (1994). Construcciones de albañilería, comportamiento sísmico y diseño estructural. Lima, Perú. PUCP. Obtenido de:

<http://textos.pucp.edu.pe/texto/C09-Analisis-Sismico-Curso-Albanileria-Estructural>

Chilet, S. (17 de abril de 2017). Sociedad Peruana de Bienes Raíces. Obtenido de:

<https://bienesraicess.com/blogs/las-viviendas-autoconstruidas-riesgo-habitantes/>

Computers and Structures, Inc. (2020). Software Etabs. Recuperado de:

<https://www.csiespana.com/software/5/etabs>

Computers and Structures, Inc. (2020). Software SAP 2000. Recuperado de:

<https://www.csiespana.com/software/2/sap2000>

Edwin Leyniker Carrasco Zurita, José Ronald Villanueva Livaque (2019). Modelado estructural y diseño sísmico de una edificación de albañilería confinada de 3, 4 y 5 niveles para la ciudad de Jaén, Tesis para optar el título de Ingeniería Civil- UNJ. Jaén, Perú.

El Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI. (2018). En El País Existen Más de Diez

Millones de Viviendas Particulares censadas. Recuperado de:

<http://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/noticias/nota-de-prensa-n-137-2018-inei.pdf>

Enrique Lazo, Ángel San Bartolomé y Alejandro Muñoz (2007). Sensibilidad en la Respuesta Sísmica de un Edificio de Albañilería Armada por Efectos del Modelaje Estructural. Blog de Ángel San Bartolomé.

<http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/82/2007/04/Modelaje.pdf>

Instituto Geofísico del Perú, IGP (2021). La región Tacna está próxima a dos zonas de silencio sísmico. Obtenido de: <https://www.gob.pe/institucion/igp/noticias/482433-igp-la-region-tacna-esta-proxima-a-dos-zonas-de-silencio-sismico>

Jhoana Natalie Martínez Carranza, Karina Maribel Martínez Curipoma (2008). Construcción con Mampostería Confinada, Tesis para optar el título de Ingeniería Civil- Universidad Católica de Loja. Loja, Ecuador.

José Alberto Talín Peza (2017). Análisis y diseño de un edificio de mampostería en la ciudad de México, Tesis para optar el título de Ingeniería Civil- UNAM. Ciudad de México, México.

Juan Carlos Sánchez Juárez (2018). Comparación del análisis y diseño de un edificio de mampostería confinada, empleando el análisis sísmico estático y dinámico, Tesina para optar el Grado de Especialista en Estructuras- UNAM. Ciudad de México, México.

Jürg Hammer, Carlos Zavala Toledo, Roberto Sánchez Recuay (2001). El terremoto del 23 de junio del 2001 en el Sur del Perú. Obtenido de: <http://drmonline.net/drmlibrary/pdfs/peru.pdf>

Luis Miguel Alexis Hernández Pinedo (2012). Diseño estructural de un edificio de vivienda de albañilería confinada, Tesis para optar el título de Ingeniería Civil- PUCP. Lima, Perú.

Luis Octavio Arias Cando, Giovanni Eduardo Mejía Ayala, Danilo Martín Mora Calvopiña, Freddy Santiago Rivadeneira Flores, Daysi Karina Santiana Cualchi (2012). Investigación del comportamiento mecánico y elástico de mamposterías con resistencia estructural para ser utilizadas en la construcción de viviendas de un piso y proyección de dos, Tesis para optar el título de Ingeniería Civil- Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador.

Monroy Ccolque, Joel (2021). Comparación de resultados del análisis estructural obtenidos según Etabs y Robot para una vivienda multifamiliar de albañilería confinada, Marcapata-Cusco-2021, Tesis para optar el título de Ingeniería Civil- UNCV. Callao, Perú.

Reglamento Nacional De Edificaciones (2020). “Norma técnica E-0.70, Albañilería”. Lima, Perú. Edición: Servicio Nacional de Capacitación para la industria de la Construcción - SENCICO, 1era Edición Digital.
<https://drive.google.com/file/d/15N2ZQwZGegdoui4rrjTR6uq5blTu7uyv/view>

Reglamento Nacional De Edificaciones (2020). “Norma técnica E-0.30, Diseño sismorresistente”. Lima, Perú. Edición: Servicio Nacional de Capacitación para la industria de la Construcción - SENCICO, 1era Edición Digital.
<https://drive.google.com/file/d/1W14N6JldWPN8wUZSqWZnUphg6C559bi-/view>

Reglamento Nacional De Edificaciones (2020). “Norma técnica E-0.70, Albañilería”. Lima, Perú. Edición: Servicio Nacional de Capacitación para la industria de la Construcción - SENCICO, 1era Edición Digital.

- Segundo Velayarce Llanos (2019). Análisis y diseño estructural de un edificio de vivienda multifamiliar de cuatro pisos más azotea de albañilería confinada ubicado en el Jr. Santa Rosa S/N, distrito de la Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín, Tesis para optar el título de Ingeniería Civil-UNSM. Tarapoto, Perú.
- Tomás Flavio Abanto Castillo (2017). Análisis y Diseño de Edificaciones de Albañilería. Lima, Perú. Editorial San Marcos, 2da Edición.
- Washington Steven Martínez Loor (2018). Influencia del empleo de ladrillo artesanal de Guayaquil en el comportamiento sísmico de edificaciones de albañilería confinada de mediana altura, Tesis para optar el título de Ingeniería Civil- Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.

ANEXOS

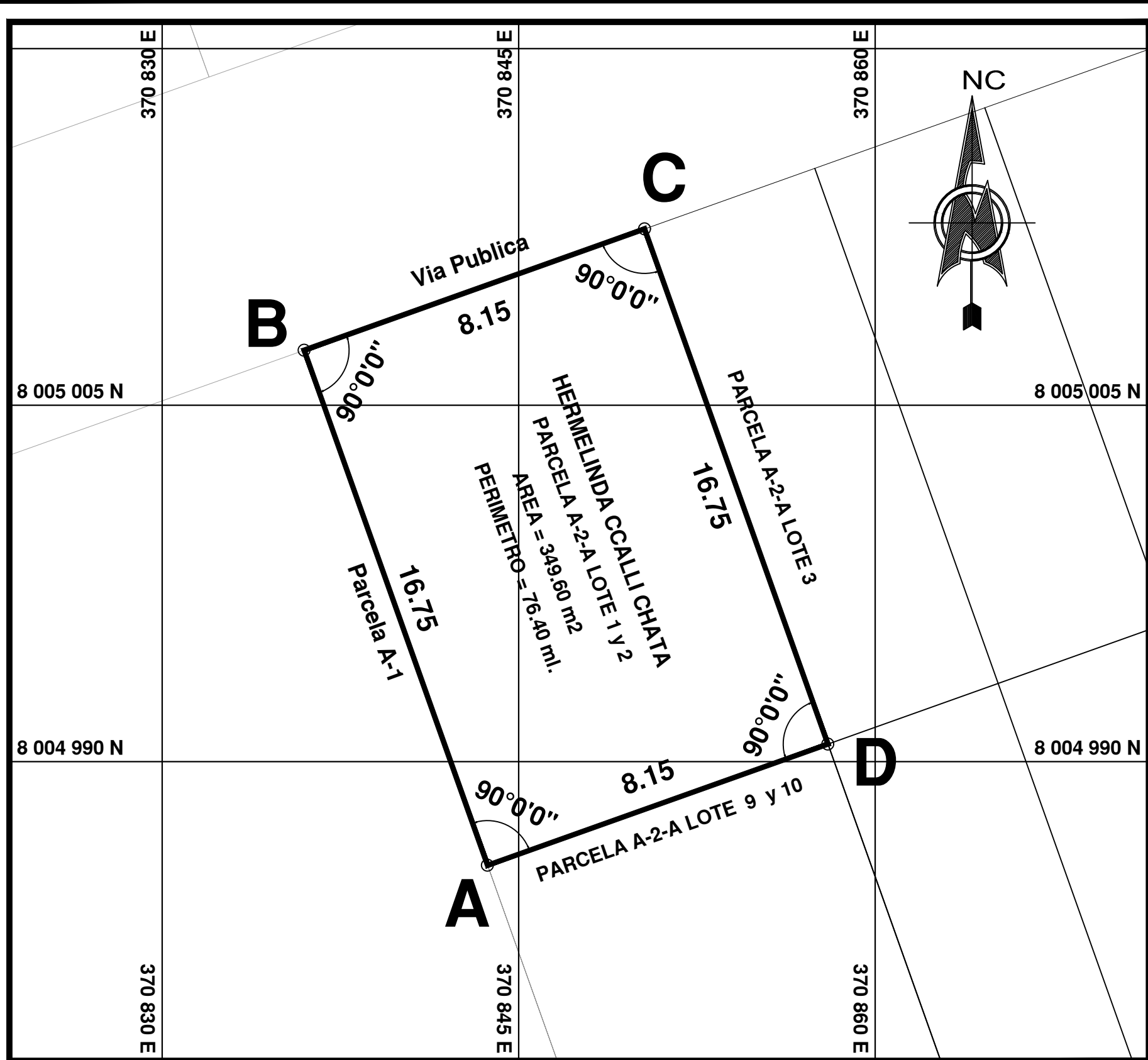
ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

"Diseño Estructural de una Vivienda Multifamiliar de Albañilería Confinada en la Ciudad de Tacna y Comparativa entre el Análisis Sísmico Estático mediante la Técnica de Pórticos Planos en SAP 2000 y Elementos Finitos en ETABS 2016"

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES			METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	V. Independiente	Dimensión	Indicadores	Diseño
¿De qué manera se realiza el diseño estructural de una vivienda multifamiliar para la ciudad de Tacna y que diferencia existe entre las dos técnicas de modelaje más usados por estudiantes e ingenieros en los programas Etabs 2016 y SAP 2000 para el análisis sísmico estático?	Realizar el diseño estructural de una vivienda multifamiliar para la ciudad de Tacna y que hallar la diferencia de resultados entre las dos técnicas de modelaje más usados por estudiantes e ingenieros en los programas ETABS 2016 y SAP 2000 para el análisis sísmico estático.	El diseño de una vivienda multifamiliar para la ciudad de Tacna se realiza siguiendo las pautas expuestas en la norma E.070 Albañilería, también haciendo uso de la norma de E.020 Cargas y con las limitaciones mostradas en la norma E.030 Diseño sísmorresistente. La diferencia de los resultados del análisis sísmico estático entre el modelado por pórticos planos hecho en SAP 2000 y el modelado por elementos finitos hecho en ETABS 2016 no es significativo pero la eficiencia en horas de trabajo del segundo método es mayor al del primero.	Análisis sísmico estático de una vivienda multifamiliar de albañilería confinada en Tacna con diferentes técnicas de modelado estructural en SAP 2000 Y ETABS 2016	Análisis sísmico estático mediante la técnica de modelado de pórticos planos en SAP 2000	-Peso total del edificio, P (Tn) -Momento flector, Me (Tn_m) -Fuerzas cortantes, Ve (Tn) -Fuerza cortante en la base del edificio, H (Tn) -Fuerzas de inercia, Fi (Tn) -Desplazamiento lateral elástico absoluto, D (mm) -Periodo natural de vibración, T (seg)	Tipo de investigación: Aplicada
				Análisis sísmico estático mediante la técnica de modelado de elementos finitos en ETABS 2016	-Peso total del edificio, P (Tn) -Momento flector, Me (Tn_m) -Fuerzas cortantes, Ve (Tn) -Fuerza cortante en la base del edificio, H (Tn) -Fuerzas de inercia, Fi (Tn) -Desplazamiento lateral elástico absoluto, D (mm) -Periodo natural de vibración, T (seg)	Nivel de investigación: Descriptiva
						Diseño de investigación: No experimental, cuantitativa
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	V. Dependiente	Dimensión	Indicadores	Muestra
¿Como es el diseño estructural de una vivienda multifamiliar de albañilería confinada para la ciudad de Tacna?	Hacer el diseño estructural de una vivienda multifamiliar de albañilería confinada para la ciudad de Tacna.	Para la elaboración del diseño estructural de una vivienda multifamiliar para la ciudad de Tacna primero se debe realizar la estructuración de dicha edificación, luego un metrado de cargas usando la norma E.020 Cargas, seguido de un análisis sísmico estático usando la norma E.030 Diseño sísmorresistente y para finalizar haciendo uso de los resultados del análisis sísmico se realiza el diseño estructural siguiendo las pautas expuestas en la norma E.070 Albañilería.	Diseño estructural de una vivienda multifamiliar de albañilería confinada en la ciudad de Tacna y diferencia de resultados obtenidos según la técnica de modelado estructural usado para el análisis sísmico estático en los programas de computo etabs 2016 y sap 2000.	Diseño estructural	-Densidad mínima de muros reforzados (adimensional) -Esfuerzo Axial por cargas de gravedad, Fa (Tn/m2) -Carga axial de gravedad= PD+0.25PL (Tn) -Resistencia a fuerza cortante, Vm (Tn/m2) -Factor de amplificación para pasar a condición de sismo severo, Vm1/Ve1 (adimensional) -Fuerza cortante ultima ante sismo severo, Vu (Tn) -Momento flector ultimo ante sismo severo, Mu (Tn_m) -Cortante de entrepiso ante sismo severo, VE (Tn)	Poblacion: Viviendas multifamiliares de albañilería confinada en Tacna
¿Como es el análisis sísmico estático de una edificación de una vivienda multifamiliar de albañilería confinada en la ciudad de Tacna usando la técnica de modelado de pórticos planos en el programa SAP 2000?	Hacer el análisis sísmico estático de una edificación de una vivienda multifamiliar de albañilería confinada en la ciudad de Tacna usando la técnica de modelado de pórticos planos en el programa SAP 2000.	El análisis sísmico estático usando la primera técnica de modelado por pórticos planos hechos en SAP2000 se realiza primero realizando un metrado de cargas detallado de forma manual (utilizando Microsoft Excel) para calcular el peso por piso y total, luego se calculan la fuerza de inercia ante el sismo moderado y severo en cada piso, siguiendo con la transformación de las secciones de concreto armado a equivalentes de muros de albañilería para proseguir con la definición de los pórticos planos las cuales son unidas al diafragma rígido haciendo uso del programa sap2000 y finalmente calcular los desplazamientos laterales, distorsiones, regularidad torsional, periodos de vibración y fuerzas internas.		Albañilería confinada	-Clase de ladrillos, f' b (Kg/cm2) -Espesor efectivo, t (cm) -resistencia característica a compresión, f m (Kg/cm2) -resistencia característica a corte puro, V' m (Kg/cm2) -modulo de elasticidad, Em (Kg/cm2) -modulo de corte, Gm (Kg/cm2)	Muestra: Vivienda multifamiliar de cuatro pisos ubicado en el distrito de Gregorio Albarracion - Tacna
¿Como es el análisis sísmico estático de una vivienda multifamiliar de albañilería confinada en la ciudad de Tacna usando la técnica de modelado de elementos finitos en el programa ETABS 2016?	Hacer el análisis sísmico estático de una vivienda multifamiliar de albañilería confinada en la ciudad de Tacna usando la técnica de modelado de elementos finitos en el programa ETABS 2016.	El análisis sísmico estático usando la segunda técnica de modelado por elementos finitos hechos en ETABS 2016 se realiza de una manera más rápida iniciando con el modelado de la edificación es decir dibujar los elementos estructurales en el programa muros, vigas, losas, columnas, escaleras, etc. El metrado de cargas lo realiza el programa automáticamente, también se une los elementos de cada nivel mediante el diafragma rígido, finalmente con los datos ingresados según la ubicación del proyecto y demás parámetros sísmicos se realiza en análisis sísmico estático obteniendo como resultado los desplazamientos laterales, distorsiones, regularidad torsional, periodos de vibración y fuerzas internas.		Analisis de resultados	-Comparativa de Momentos flectores, Me (Tn_m) -Comparativa de Fuerzas cortantes, Ve (Tn) -Comparativa de Desplazamiento lateral elástico absoluto, D (mm) -Comparativa de Periodo natural de vibración, T (s)	Intrumentos
¿Cuál es la diferencia entre el procedimiento y los resultados obtenidos entre la técnica de modelado de pórticos planos en el programa SAP 2000 y la técnica de modelado de elementos finitos en el programa ETABS 2016?	Encontrar la diferencia de procedimiento y resultado entre estas 2 formas de análisis sísmico estático.	La diferencia entre los resultados obtenidos entre estos dos métodos de análisis sísmicos hechos en los programas sap2000 y ETABS 2016 no es tan significativa, los valores son muy cercanos pero en lo que si cambia es en la rapidez del análisis estructural en general, en ETABS 2016 y con un modelaje por elementos finitos el análisis se hace en un tiempo muy rápido mientras que en SAP 2000 con la técnica de pórticos planos si lleva un tiempo considera aunque cabe recalcar que este método es analítico y no tan mecánico como el anterior.				Normas E.020, E0.30, E0.60, E0.70 Material bibliografico Planos arquitectónicos Procesamiento: Excel, AutoCAD, Etabs 2016 y SAP2000
					Procedimiento	
					Flujo de trabajo y aspectos eticos	
					Recoleccion y procesamiento de informacion	
					Desarrollo de la investigacion: metodo de porticos planos en SAP2000 y metodo de elementos finitos en ETABS 2016	
					Comparación y discusion de resultados	

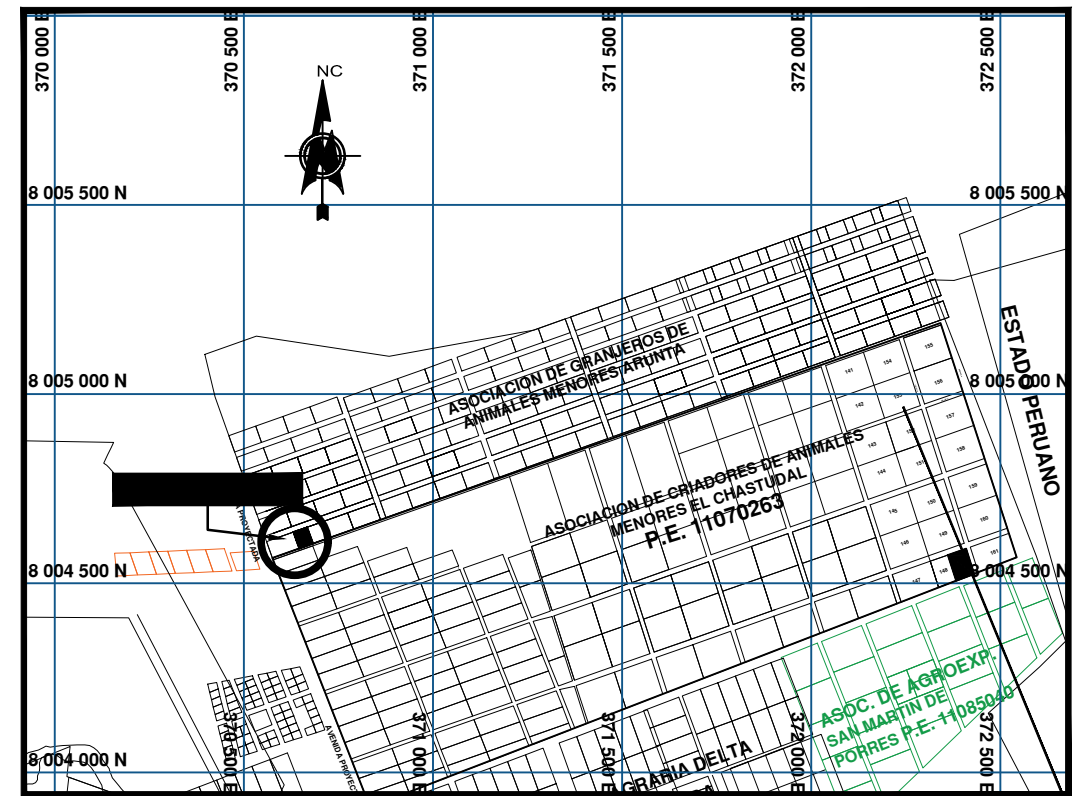
ANEXO 2
PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN



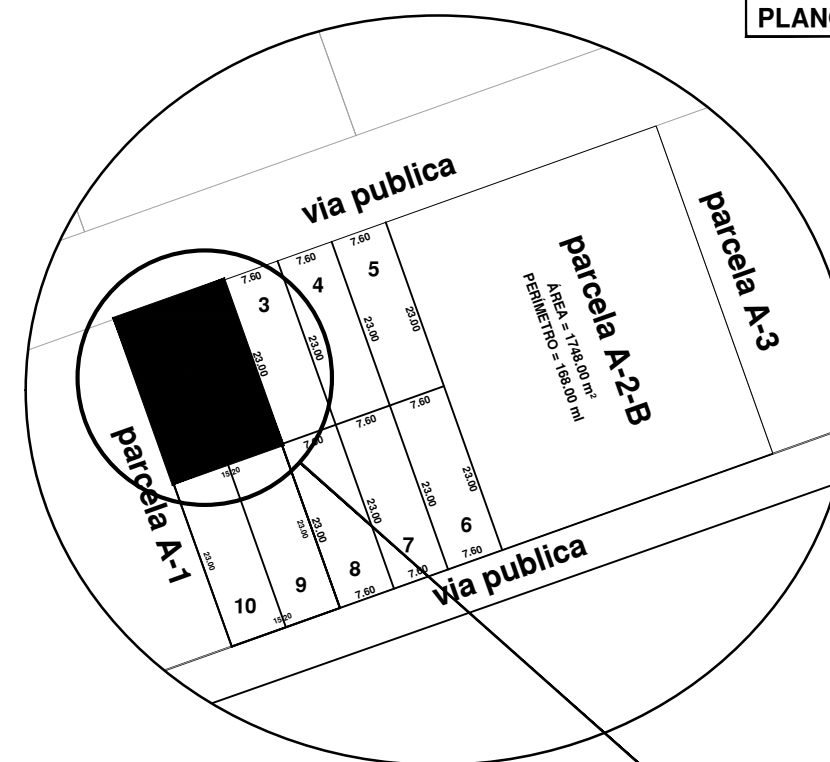
PLANO PERIMETRO
ESCALA 1:200

CUADRO DE DATOS TECNICOS					
VERTICE	LADO	DISTANCIA	ANG. INTERNO	ESTE (X)	NORTE (Y)
A	A-B	16.75	90°0'0"	370843.6925	8004985.6435
B	B-C	8.15	90°0'0"	370835.9780	8005007.3112
C	C-D	16.75	90°0'0"	370850.2975	8005012.4094
D	D-A	8.15	90°0'0"	370858.0120	8004990.7418
TOTAL		50.60	360°0'0"		

AREA = 136.51 m²
PERIMETRO = 50.60 ml.

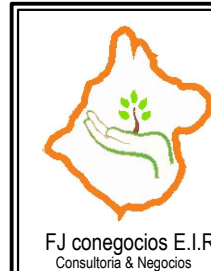


PLANO DE LOCALIZACION
ESCALA 1:20 000



PLANO DE UBICACION
ESCALA 1: 1 000

PROYECTO: SANEAMIENTO FISICO LEGAL DE PREDIO



PLANO: **PERIMETRICO-UBICACION-LOCALIZACION**

Nº Lámina:
P-01

POSESIONARIO:

UBICACION:
Dpto.: TACNA
Prov.: TACNA
Dist.: CNEL GREGORIO ALBARRACIN LANCHIPA
Sector:
ASOCIACION DE CRIADORES DE ANIMALES MENORES ARUNTA - TACNA

Dibujo CAD:

F.A.C.

Escala:

--INDICADA--

Fecha:

ENERO DEL 2022

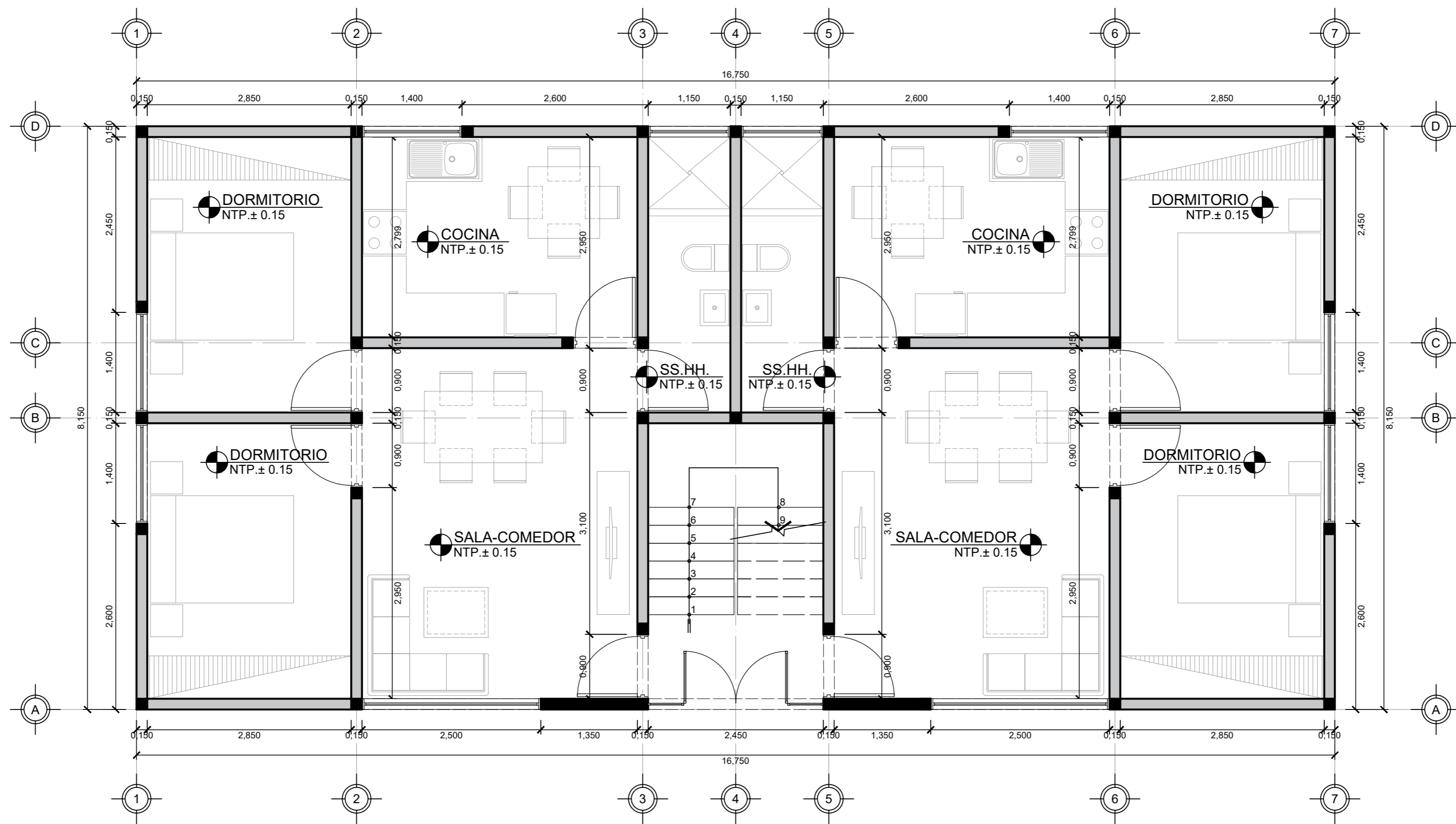
Responsable:

Datum:

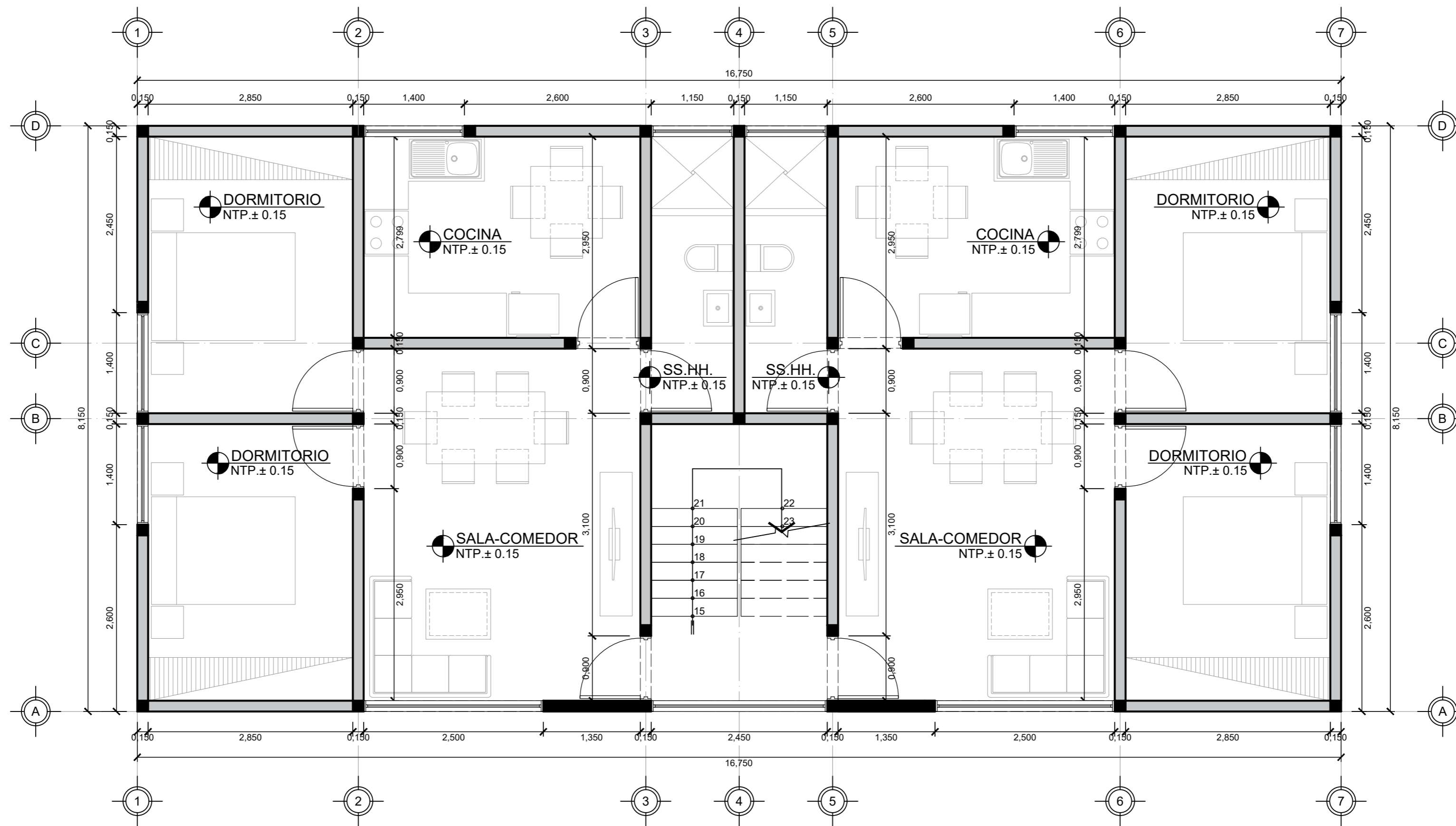
PSAD 56 - UTM Zone 19S

Revisado:

ANEXO 3
PLANOS DE ARQUITECTURA.

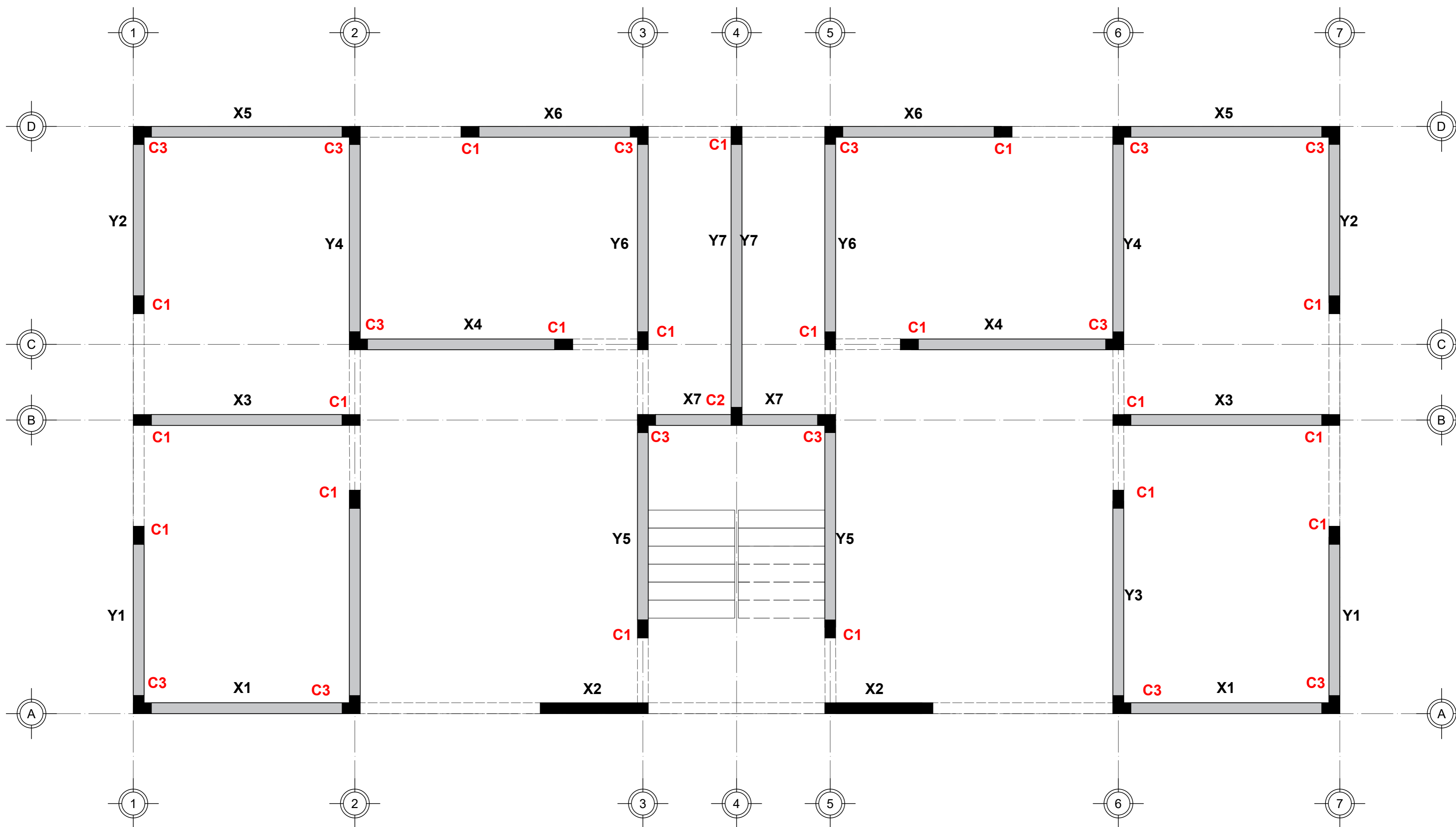


PRIMER NIVEL



2DO - 3ER NIVEL

ANEXO 4
PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE COLUMNAS



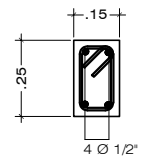
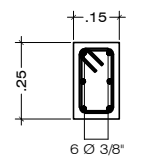
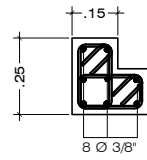
DISTRIBUCION DE COLUMNAS C1 - C2 - C3

ANEXO 5

PLANO DE ARMADO DE COLUMNAS Y VIGAS DE CONFINAMIENTO

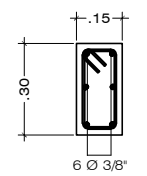
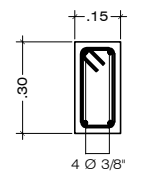
DETALLE DE COLUMNAS

ESC: 1/25

TIPO	C-1	C-2	C-3
Seccion	0.15 x 0.25	0.15 x 0.25	L - 0.15 x 0.25
As	4 Ø 1/2"	6 Ø 3/8"	8 Ø 3/8"
Estribos	1 8 mm 9 @ 0.05, 2 @ 0.15, Rto @ 0.25	1 8 mm 9 @ 0.05, 2 @ 0.15, Rto @ 0.25	1 8 mm 9 @ 0.05, 2 @ 0.15, Rto @ 0.25
Detalle de Acero en Columnas			

DETALLE DE VIGAS

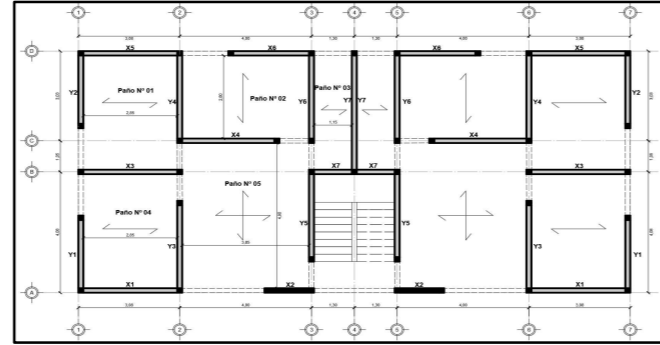
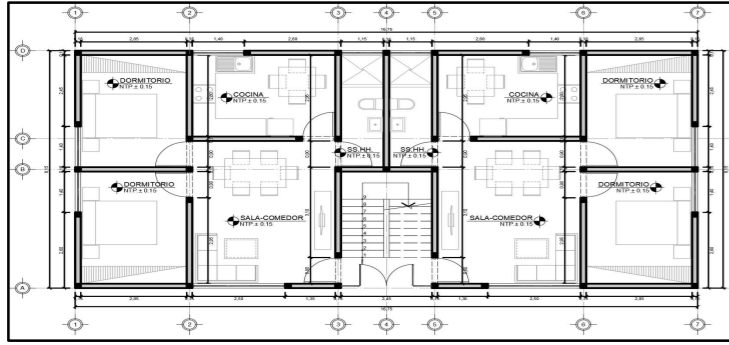
ESC: 1/25

TIPO	VS-1	VS-2
Seccion	L - 0.15 x 0.25	0.15 x 0.25
As	6 Ø 3/8"	4 Ø 3/8"
Estribos	1 1/4" 1 @ 0.05, 4 @ 0.10, Rto @ 0.25	1 1/4" 1 @ 0.05, 4 @ 0.10, Rto @ 0.25
Detalle de Acero en Vigas soleras		

ANEXO 6

HOJA DE CÁLCULO DE METRADO DE CARGAS PARA LA TÉCNICA DE
MODELADO POR PÓRTICOS PLANOS

**ANÁLISIS Y DISEÑO EN ALBAÑILERÍA CONFINADA
AMBAS DIRECCIONES**



Aligerada	ALBAÑILERÍA
Maciza	CONCRETO
Unidireccional	
Bidireccional	

A1	USAR AISLAMIENTO	U
A2	Sin Aislamiento	1
B	Sin Aislamiento	1.5
C	Sin Aislamiento	1.3
D	Sin Aislamiento	1
		VALOR A CRITERIO

S0	Roca Dura
S1	Roca O Suelo Muy Rígido
S2	Suelo Intermedio
S3	Suelo Blando

SISTEMA	RO
PORTICOS	8
DUAL	7
MUROS ESTRUCTURALES	6
DUCTILIDAD LIMITADA	4
ALBAÑILERÍA	3
MADERA	7

ZONA	FACTOR Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1

ZONA	SUELO			
	S0	S1	S2	S3
4	0.80	1.00	1.05	1.10
3	0.80	1.00	1.15	1.20
2	0.80	1.00	1.20	1.40
1	0.80	1.00	1.60	2.00

TP	S0	S1	S2	S3
	0.30	0.40	0.60	1.00
TL	3.00	2.50	2.00	1.60

CT	PORTICOS	PORTICOS + MUROS D'ALBAÑILERÍA
	35	45

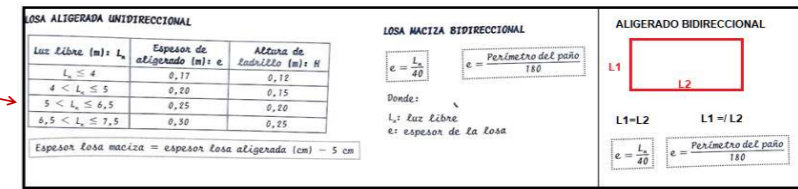
SISMO MODERADO
SISMO SEVERO

DATOS BÁSICOS DEL PROYECTO		UBICACIÓN		SUELO	
ÁREA EN PLANTA:	136.51 m ²	DEPARTAMENTO:	DEP TACNA	CLASIFICACION:	Grava arenosa densa
NÚMERO E PISOS:	4	PROVINCIA:	TACNA	RESISTENCIA ADMISIBLE:	4 kg/cm ²
ALTURA DE ENTREPISO:	2.40 m	DISTRITO:	CORONEL GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA	TIPO DE SUELO:	S2 Suelo Intermedio
USO DE LA EDIFICACIÓN:	Vivienda	REGION GEOGRÁFICA:	COSTA		
CATEGORÍA:	C				
AISLAMIENTO SÍSMICO:	Sin Aislamiento				

ALBAÑILERÍA		CONCRETO	
TIPO DE LADRILLO:	Ladrillo tipo IV kk industrial	RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c):	175 kg/cm ² / 210 kg/cm ²
Ancho del ladrillo (a):	0.13 m	MODULO DE ELASTICIDAD (Ec):	198431 kg/cm ² / 217371 kg/cm ²
Largo del ladrillo (l):	0.23 m	MODULO DE CORTE (G):	86274 kg/cm ² / 94509 kg/cm ²
Alto del ladrillo (h):	0.09 m	MODULO DE POISSON (ν):	0.15
RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL DE LAS UNIDADES (f'bu):	145 kg/cm ²		
RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'm):	65 kg/cm ²		
MODULO DE ELASTICIDAD (Em=500*f'm):	32500 kg/cm ²		
MODULO DE CORTE (Gm=0.40*Em):	13000 kg/cm ²		
ESPESOR DE TARRAJEO (e):	0.01 m		

3.0 PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES						
ESPESOR DE MURO (t)		TIPO Y ESPESOR DE LOSA (e)				
h:	2.40 m	Paño:	1	2	3	4
Zona Sísmica:	4	Tipo:	Maciza	Maciza	Maciza	Maciza
t >=:	0.12 m	Direcciones:	Unidireccional	Unidireccional	Unidireccional	Bidireccional
Usamos t =:	0.13 m	Luz libre:	2.85 m	2.80 m	1.15 m	2.85 m
VIGAS DINTELES		Luz libre 2:	-	-	-	3.85 m
Viga dintel:	0.30 m	Perimetro del paño:	-	-	-	17.50 m
Sera del mismo espesor que la viga solera para todos los muros, es decir que la viga solera se prolonga en los vanos.		Espeor:	0.12 m	0.12 m	0.12 m	0.12 m
Usamos de espesor el maximo, es decir 0.12 m						

ESCALERAS			
LUZ LIBRE Ln:	3.85 m	MEDIDAS DE PASO Y CONTRAPASO	
ESPESOR DE GARGANTA Y DESCANSO		CONTRAPASO (CP):	18.00 cm
ESPESOR DE ESCALERA (t): Ln/20 o Ln/25	19.25 cm	PASO (P):	25.00 cm
ASIGNACION Y COMPROBACION			
GARGANTA (t):	15.50 cm	CUMPLE	2C+P = 61.00 cm BIEN PROPORCIONADA
DESCANSO (t1):	15.50 cm	CUMPLE	2+P = 43.00 cm BIEN PROPORCIONADA
			CxP = 450.00 cm ² BIEN PROPORCIONADA



Artículo 29 - Las escaleras en general, integradas o de evacuación, están conformadas por tramos, descansos y barandas. Los tramos están formados por gradas. Las gradas están conformadas por pasos y contrapasos.

Las condiciones que deberán cumplir las escaleras son las siguientes:

- Las escaleras contarán con un máximo de diecisiete pasos entre descansos.
- La dimensión de los descansos deberá tener un mínimo de 0.90 m de longitud para escaleras lineales; para otro tipo de escaleras se considerará que el ancho del descanso no será menor al del tramo de la escalera.
- En cada tramo de escalera, los pasos y los contrapasos serán uniformes, debiendo cumplir con la regla de 2 contrapasos + 1 paso, debe tener entre 0.60 m y 0.64 m, con un mínimo de 0.40 m para los pasos en viviendas, 0.20 m en comercios y 0.30 m en locales de afluencia masiva de público, de salud y educación y un máximo de 0.15 m para los contrapasos, medido entre las proyecciones verticales de los bordes contiguos.
- El ancho establecido para las escaleras se considera entre las paredes de cerramiento que la conforman, o sus límites en caso de tener uno o ambos lados abiertos. La presencia de pasamanos no constituye una reducción del ancho de la escalera.
- Las escaleras tendrán un ancho mínimo de 1.20 m.
- Las escaleras de más de 1.20 m hasta 2.40 m tendrán pasamanos a ambos lados. Las que tengan más de 2.40 m, deberán contar además con unos pasamanos centrales.
- Únicamente en las escaleras integradas podrán existir pasos en diagonal siempre que a 0.30 m del inicio del paso, este tenga como mínimo 0.28 m.

Las escaleras presentan diferentes tipos de secciones como se muestra en la figura 9.16. Los pasos miden entre 25 y 30 cm y los contrapasos entre 16 y 19 cm. Como regla práctica se considera que una escalera bien proporcionada cumple la siguiente relación:

$$61 \text{ cm} \leq 2c + p \leq 64 \text{ cm}$$

Otras relaciones que se suelen utilizar para proporcionar escaleras son:

$$43 \text{ cm} \leq c + p \leq 45 \text{ cm}$$

$$450 \text{ cm}^2 \leq c \times p \leq 480 \text{ cm}^2$$

4.0 VERIFICACIÓN DE DENSIDAD DE MUROS		
PARÁMETROS SÍSMICOS		
PARÁMETRO	VALOR	ESPECIFICACIÓN
Z	0.45	ZONA 4
U	1	Vivienda
S	1.05	suelo tipo S2
N	4	Número de pisos
Ap	136.51 m ²	Área en planta

b) Densidad Mínima de Muros Reforzados. La densidad mínima de muros portantes (ver 6.4) a reforzar en cada dirección del edificio se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Área de Cortados de los Muros Reforzados}}{\text{Área de la Planta Típica}} = \frac{\sum L_i}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56} \quad (7.1.2b)$$

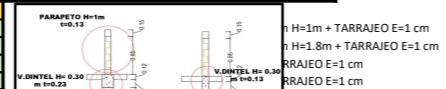
DIRECCIÓN X-X					
MURO	MATERIAL	NÚMERO DE MUROS	ESPESOR EFECTIVO DEL MURO (m)	COEF. DE TRANSFORMACION SEGÚN EL MATERIAL	ÁREA DE MUROS PORTANTES (m ²)
X1	ALBAÑILERÍA	2	0.13	1.00	0.8190
X2	CONCRETO	2	0.13	6.69	2.6084
X3	ALBAÑILERÍA	2	0.13	1.00	0.8190
X4	ALBAÑILERÍA	2	0.13	1.00	0.8060
X5	ALBAÑILERÍA	2	0.13	1.00	0.8190
X6	ALBAÑILERÍA	2	0.13	1.00	0.6760
X7	ALBAÑILERÍA	1	0.13	1.00	0.3575
Total					6.9049

VERIFICACIÓN	
DIRECCIÓN X-X:	CUMPLE
$\frac{\sum L_i}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56}$	
0.0506	0.0338

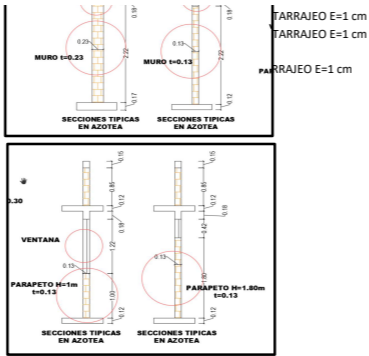
DIRECCIÓN Y-Y					
MURO	MATERIAL	NÚMERO DE MUROS	ESPESOR EFECTIVO DEL MURO (m)	COEF. DE TRANSFORMACION SEGÚN EL MATERIAL	ÁREA DE MUROS PORTANTES (m ²)
Y1	ALBAÑILERÍA	2	0.13	1.00	0.6760
Y2	ALBAÑILERÍA	2	0.13	1.00	0.6760
Y3	ALBAÑILERÍA	2	0.13	1.00	0.8060
Y4	ALBAÑILERÍA	2	0.13	1.00	0.8060
Y5	ALBAÑILERÍA	2	0.13	1.00	0.8060
Y6	ALBAÑILERÍA	2	0.13	1.00	0.8060
Y7	ALBAÑILERÍA	1	0.13	1.00	0.5395
Total					5.1155

VERIFICACIÓN	
DIRECCIÓN Y-Y:	CUMPLE
$\frac{\sum L_i}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56}$	
0.0375	0.0338

5.0 METRADO DE CARGAS		
CARGAS UNITARIAS		SUB METRADO 1 : ELEMENTOS
P. E. DE LA ALBAÑILERÍA:	1800 kg/m ³	PARAPETO t=0.13m H=1m + TARRAJEO E=1 cm
P. E. DEL CONCRETO ARMADO:	2400 kg/m ³	ESPESOR DE MURO T:
P. E. DEL TARRAJEO:	2000 kg/m ³	ALTURA DE PARAPETO H:
PESO DE VENTANAS:	20 kg/m ²	ALTURA SOLERA:
PESO LOSA MACIZA H=0.12 m:	288 kg/m ²	ESPESOR DE TARRAJEO E:



PESO ALIGERADO H= 0.30 m	420 kg/m ²	PARAPETO t=0.13m H=1.8m + TARRAJEO E=1 cm	0.505 Tn/m
ACABADOS:	100 kg/m ²	ESPESOR DE MURO T:	0.13 m
S/C LOSA:	200 kg/m ²	ALTURA DE PARAPETO H:	1.80 m
S/C ESCALERA:	200 kg/m ²	ALTURA SOLERA:	0.15 m
S/C AZOTEA:	100 kg/m ²	ESPESOR DE TARRAJEO E:	0.01 m
ID. ZONAS EN PLANTA - CARGA DIRECTA A MUROS			
ZONA	NIVELES	MURO t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm	0.274 Tn/m ²
ZONA DE PUERTA (13CM)	AZOTEA Y PISOS TÍPICOS	ESPESOR DE MURO T:	0.13 m
ZONA DE VENTANA BAJA (13CM)	AZOTEA Y PISOS TÍPICOS	ESPESOR DE TARRAJEO E:	0.01 m
ZONA VENTANA ALTA (13CM)	AZOTEA Y PISOS TÍPICOS	MURO t=0.23 + TARRAJEO E=1 cm	0.454 Tn/m ²
ZONA DE MURO (13CM)	AZOTEA Y PISOS TÍPICOS	ESPESOR DE MURO T:	0.23 m
ZONA DE ESCALERA	PISOS TÍPICOS	ESPESOR DE TARRAJEO E:	0.01 m
		V.DINTEL t=0.23 + TARRAJEO E=1 cm	0.191 Tn/m
		ESPESOR DE V.DINTEL T:	0.23 m
		ALTURA DE V.DINTEL T:	0.33 m
		ESPESOR DE TARRAJEO E:	0.01 m
		V.DINTEL t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm	0.101 Tn/m
		ESPESOR DE V.DINTEL T:	0.13 m
		ALTURA DE V.DINTEL T:	0.30 m
		ESPESOR DE TARRAJEO E:	0.01 m
		VENTANAS	0.020 Tn/m ²
		PLACA t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm	0.352 Tn/m ²
		ESPESOR DE MURO T:	0.13 m
		ESPESOR DE TARRAJEO E:	0.01 m

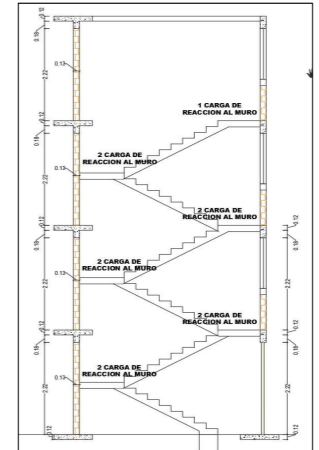
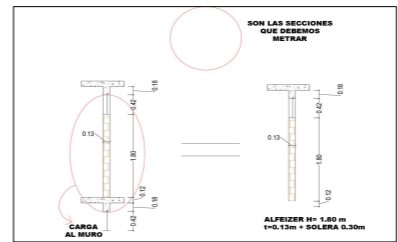


TARRAJEO E=1 cm
TARRAJEO E=1 cm
TARRAJEO E=1 cm

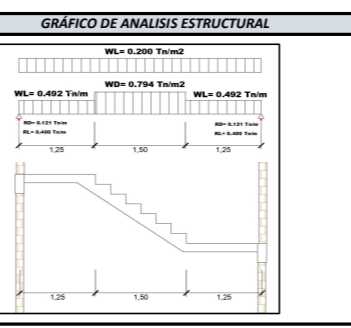
SUB METRADO 2: CARGAS PARA VERIFICACION DE MUROS				
CARGAS PARA AZOTEA				
ZONAS	CARGA / DESCRIPCION	SELECCIONAR ELEMENTOS		GRÁFICOS DE ZONAS Y ELEMENTOS QUE CARGAN AL MURO
ZONA DE MUROS 13cm:	0.709 Tn/m	MURO t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm	V.DINTEL t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm	
	carga	0.274 Tn/m ²	0.101 Tn/m	
	altura solo para muros y ventanas	2.22 m		
ZONA VENTANA 13 CM:	0.101 Tn/m	VACIO	V.DINTEL t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm	VACIO
	carga	0.000 Tn/m ²	0.101 Tn/m	
	altura solo para muros y ventanas			
ZONA VENTANA ALTA 13 CM:	0.101 Tn/m	VACIO	V.DINTEL t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm	VACIO
	carga	0.000 Tn/m ²	0.101 Tn/m	
	altura solo para muros y ventanas			
ZONA PUERTA 13 CM:	0.101 Tn/m	VACIO	V.DINTEL t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm	VACIO
	carga	0.000 Tn/m ²	0.101 Tn/m	
	altura solo para muros y ventanas			
ZONA PLACA 13 CM:	0.882 Tn/m	PLACA t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm	V.DINTEL t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm	VACIO
	carga	0.352 Tn/m ²	0.101 Tn/m	
	altura solo para muros y ventanas	2.22 m		

VACIO
ZONA DE MUROS 13cm:
ZONA VENTANA 13 CM:
ZONA VENTANA ALTA 13 CM:
ZONA PUERTA 13 CM:
ZONA PLACA 13 CM:
ESCALERA 13 CM:
ESCALERA CV:
ESCALERA 25% CV sísmo:

CARGAS PARA PISOS TÍPICOS				
ZONAS	CARGA / DESCRIPCION	SELECCIONAR ELEMENTOS		GRÁFICOS DE ZONAS Y ELEMENTOS QUE CARGAN AL MURO
ZONA DE MUROS 13cm:	0.709 Tn/m	MURO t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm	V.DINTEL t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm	VACIO
	carga	0.274 Tn/m ²	0.101 Tn/m	
	altura solo para muros y ventanas	2.22 m		
ZONA VENTANA 13 CM:	0.411 Tn/m	VENTANAS	V.DINTEL t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm	PARAPETO t=0.13m H=1.8m + TARRAJEO E=1 cm
	carga	0.020 Tn/m ²	0.101 Tn/m	
	altura solo para muros y ventanas	1.22 m		
ZONA VENTANA ALTA 13 CM:	0.614 Tn/m	VENTANAS	V.DINTEL t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm	PARAPETO t=0.13m H=1.8m + TARRAJEO E=1 cm
	carga	0.020 Tn/m ²	0.101 Tn/m	
	altura solo para muros y ventanas	0.42 m		
ZONA PUERTA 13 CM:	0.101 Tn/m	VACIO	V.DINTEL t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm	VACIO
	carga	0.000 Tn/m ²	0.101 Tn/m	
	altura solo para muros y ventanas			
ZONA PLACA 13 CM:	0.882 Tn/m	PLACA t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm	V.DINTEL t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm	VACIO
	carga	0.352 Tn/m ²	0.101 Tn/m	
	altura solo para muros y ventanas	2.22 m		

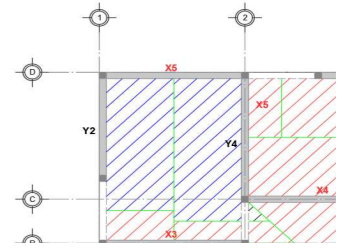


ZONA ESCALERAS:				
1. Calculo de espesor equivalente tramo inclinado		2.1 CARGA PARA TRAMO INCLINADO		
$\cos(\theta) = \frac{P}{\sqrt{P^2+CP^2}} = 0.812$		DETALLE	PESO ESP.	ALTURA
$t_m = \frac{t}{\cos(\theta)} + \frac{CP}{2} = 28.100 \text{ cm}$		PESO PROPIO:	2.40 Tn/m ³	0.281 m
		ACABADOS:	0.10 Tn/m ²	-
		TARRAJEO:	2.00 Tn/m ³	0.01 m
			WD=	0.794 Tn/m ²
			WL=	0.200 Tn/m ²
3. Reacciones en los muros		2.2 CARGA PARA EL DESCANSO		
ESCALERA CM:	1.211 Tn/m	DETALLE	PESO ESP.	ALTURA
ESCALERA CV:	0.400 Tn/m		2.40 Tn/m ³	0.155 m
ESCALERA 25% CV sísmo:	0.100 Tn/m		0.10 Tn/m ²	-
			0.20 Tn/m ³	0.01 m
			WD=	0.492 Tn/m ²
			WL=	0.200 Tn/m ²



SUB METRADO 3: CARGAS INDIRECTAS				
PISO TÍPICO		CARGA DE LOSA		
WD(losa)	0.408 Tn/m ²	DETALLE	PESO ESP.	ALTURA
WL(S/C - losa)	0.200 Tn/m ²	PESO PROPIO:	2.40 Tn/m ³	0.12 m
		ACABADOS:	0.10 Tn/m ²	-
		TARRAJEO CIELO RASO:	2.00 Tn/m ³	0.01 m
			WD=	0.408 Tn/m ²

AZOTEA										
METRADO DE CARGAS DIRECTAS PARA MUROS					METRADO DE CARGAS INDIRECTAS PARA MUROS					
MURO	ASIGNACION DE ZONAS				CARGA DIRECTA	MURO	AI	PD-AI*WD	PL-AI*WL 100% CV	TOTAL
X1	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	VACIO	VACIO	2.36 Tn	X1	0.78 m ²	0.32 Tn	0.08 Tn	0.40 Tn
Carga:	0.709 Tn/m	0.101 Tn/m	0	0		X2	3.88 m ²	1.58 Tn	0.39 Tn	1.97 Tn
Longitud de influencia:	3.15 m	1.25 m				X3	4.30 m ²	1.75 Tn	0.43 Tn	2.19 Tn
X2	ZONA PLACA 13 CM:	ZONA VENTANA 13 CM:	ZONA PUERTA 13 CM:	ZONA VENTANA 13 CM:	1.62 Tn	X4	8.36 m ²	3.41 Tn	0.84 Tn	4.25 Tn
Carga:	0.882 Tn/m	0.101 Tn/m	0.101 Tn/m	0.101 Tn/m		X5	0.98 m ²	0.40 Tn	0.10 Tn	0.50 Tn
Longitud de influencia:	1.50 m	1.25 m	0.45 m	1.23 m		X6	4.41 m ²	1.80 Tn	0.44 Tn	2.24 Tn
X3	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	ZONA PUERTA 13 CM:	VACIO	2.47 Tn	X7	1.50 m ²	0.61 Tn	0.15 Tn	0.76 Tn
Carga:	0.709 Tn/m	0.101 Tn/m	0.101 Tn/m	0		X8	4.49 m ²	1.83 Tn	0.45 Tn	2.28 Tn
Longitud de influencia:	3.15 m	1.40 m	0.90 m			Y1	4.49 m ²	1.83 Tn	0.45 Tn	2.28 Tn
X4	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA PUERTA 13 CM:	VACIO	VACIO	2.24 Tn	Y2	9.45 m ²	3.85 Tn	0.94 Tn	4.80 Tn
Carga:	0.709 Tn/m	0.101 Tn/m	0	0		Y3	4.95 m ²	2.02 Tn	0.49 Tn	2.51 Tn
Longitud de influencia:	3.10 m	0.45 m				Y4	8.90 m ²	3.63 Tn	0.89 Tn	4.52 Tn
X5	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	VACIO	VACIO	2.30 Tn	Y5				



Y3	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA PUERTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	VACIO	2.24 Tn
Carga:	0.709 Tn/m	0.101 Tn/m	0	0	0	0	
Longitud de influencia:	3.10 m	0.45 m					
Y4	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA PUERTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	VACIO	2.24 Tn
Carga:	0.709 Tn/m	0.101 Tn/m	0	0	0	0	
Longitud de influencia:	3.10 m	0.45 m					
Y5	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA PUERTA 13 CM:	ZONA PUERTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	2.29 Tn
Carga:	0.709 Tn/m	0.101 Tn/m	0.101 Tn/m	0	0	0	
Longitud de influencia:	3.10 m	0.45 m					
Y6	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA PUERTA 13 CM:	ZONA PUERTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	2.29 Tn
Carga:	0.709 Tn/m	0.101 Tn/m	0.101 Tn/m	0	0	0	
Longitud de influencia:	3.10 m	0.45 m					
Y7	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA ALTA 13 CM:	ZONA VENTANA ALTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	3.63 Tn
Carga:	0.709 Tn/m	0.614 Tn/m	0.614 Tn/m	0	0	0	
Longitud de influencia:	4.15 m	0.58 m	0.55 m				

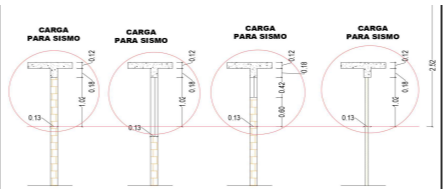
1ER NIVEL												
METRADO DE CARGAS DIRECTAS PARA MUROS						METRADO DE CARGAS INDIRECTAS PARA MUROS						
MURO	ASIGNACIÓN DE ZONAS					CARGA DIRECTA	MURO	AI	PD=AI*WD	PL=AI*WL 100% CV	TOTAL	
X1	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	2.75 Tn	X1	0.78 m2	0.32 Tn	0.08 Tn	0.40 Tn	
Carga:	0.709 Tn/m	0.411 Tn/m	0	0	0		X2	3.03 m2	1.23 Tn	0.30 Tn	1.54 Tn	
Longitud de influencia:	3.15 m	1.25 m					X3	4.30 m2	1.75 Tn	0.43 Tn	2.19 Tn	
X2	ZONA PLACA 13 CM:	ZONA VENTANA 13 CM:	ZONA PUERTA 13 CM:	ZONA VENTANA 13 CM:	ESCALERA CM:	ESCALERA CV:	4.36 Tn	X4	8.36 m2	3.41 Tn	0.84 Tn	4.25 Tn
Carga:	0.882 Tn/m	0.411 Tn/m	0.101 Tn/m	0.411 Tn/m	1.211 Tn/m	0.400 Tn/m		X5	0.98 m2	0.40 Tn	0.10 Tn	0.50 Tn
Longitud de influencia:	1.50 m	1.25 m	0.45 m	1.23 m	1.23 m	1.23 m		X6	4.41 m2	1.80 Tn	0.44 Tn	2.24 Tn
X3	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	ZONA PUERTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	2.90 Tn	X7	1.50 m2	0.61 Tn	0.15 Tn	0.76 Tn
Carga:	0.709 Tn/m	0.411 Tn/m	0.101 Tn/m	0	0	0		Y1	4.49 m2	1.83 Tn	0.45 Tn	2.28 Tn
Longitud de influencia:	3.15 m	1.40 m	0.90 m					Y2	4.49 m2	1.83 Tn	0.45 Tn	2.28 Tn
X4	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA PUERTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	VACIO	2.24 Tn	Y3	5.45 m2	2.18 Tn	0.54 Tn	2.72 Tn
Carga:	0.709 Tn/m	0.101 Tn/m	0	0	0	0		Y4	4.95 m2	2.02 Tn	0.49 Tn	2.51 Tn
Longitud de influencia:	3.10 m	0.45 m						Y5	5.78 m2	2.36 Tn	0.58 Tn	2.94 Tn
X5	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	VACIO	2.52 Tn	Y6	2.79 m2	1.14 Tn	0.28 Tn	1.42 Tn
Carga:	0.709 Tn/m	0.411 Tn/m	0	0	0	0		Y7	4.43 m2	1.81 Tn	0.44 Tn	2.25 Tn
Longitud de influencia:	3.15 m	0.70 m										
X6	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	ZONA VENTANA ALTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	2.48 Tn					
Carga:	0.709 Tn/m	0.411 Tn/m	0.614 Tn/m	0	0	0						
Longitud de influencia:	2.60 m	0.70 m	0.58 m									
X7	ZONA DE MUROS 13cm:	ESCALERA CM:	ESCALERA CV:	VACIO	VACIO	VACIO	5.90 Tn					
Carga:	0.709 Tn/m	1.211 Tn/m	0.400 Tn/m	0	0	0						
Longitud de influencia:	2.75 m	2.45 m	2.45 m									
Y1	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	VACIO	2.13 Tn					
Carga:	0.709 Tn/m	0.411 Tn/m	0	0	0	0						
Longitud de influencia:	2.60 m	0.70 m										
Y2	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	VACIO	2.13 Tn					
Carga:	0.709 Tn/m	0.411 Tn/m	0	0	0	0						
Longitud de influencia:	2.60 m	0.70 m										
Y3	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA PUERTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	VACIO	2.24 Tn					
Carga:	0.709 Tn/m	0.101 Tn/m	0	0	0	0						
Longitud de influencia:	3.10 m	0.45 m										
Y4	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA PUERTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	VACIO	2.24 Tn					
Carga:	0.709 Tn/m	0.101 Tn/m	0	0	0	0						
Longitud de influencia:	3.10 m	0.45 m										
Y5	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA PUERTA 13 CM:	ZONA PUERTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	2.29 Tn					
Carga:	0.709 Tn/m	0.101 Tn/m	0.101 Tn/m	0	0	0						
Longitud de influencia:	3.10 m	0.45 m	0.45 m									
Y6	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA PUERTA 13 CM:	ZONA PUERTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	2.29 Tn					
Carga:	0.709 Tn/m	0.101 Tn/m	0.101 Tn/m	0	0	0						
Longitud de influencia:	3.10 m	0.45 m	0.45 m									
Y7	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA ALTA 13 CM:	ZONA VENTANA ALTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	3.63 Tn					
Carga:	0.709 Tn/m	0.614 Tn/m	0.614 Tn/m	0	0	0						
Longitud de influencia:	4.15 m	0.58 m	0.55 m									

6.0 ESFUERZO AXIAL MÁXIMO				
DATOS		ESFUERZO MÁXIMO		
f'm	65 kg/cm2	ESPESOR EFECTIVO (t)	FÓRMULA	0.15*tm
h=	2.22 m	T=0.13 m	99.05 Tn/m2	97.50 Tn/m2
		T=0.23 m	120.11 Tn/m2	97.50 Tn/m2
				UTILIZAR (menor)

RESUMEN DE CARGAS POR GRAVIDAD Y VERIFICACION DE ESFUERZO MÁXIMO															
MURO	LONGITUD	ESPESOR EFECTIVO (t) x FACTOR TRANSFORMACIÓN	AZOTEA				3ER NIVEL		2DO NIVEL		1ER NIVEL		TOTAL Pm	TOTAL/M2 Pm/Lt	VERIFICACION
			CARGA DIRECTA	CARGA INDIRECTA	CARGA DIRECTA	CARGA INDIRECTA	CARGA DIRECTA	CARGA INDIRECTA	CARGA DIRECTA	CARGA INDIRECTA					
X1	3.15 m	0.13 m	2.36 Tn	0.40 Tn	2.75 Tn	0.40 Tn	2.75 Tn	0.40 Tn	2.75 Tn	0.40 Tn	2.75 Tn	12.19 Tn	29.76 Tn/m2	Cumple	
X2	1.50 m	0.87 m	1.62 Tn	1.97 Tn	3.37 Tn	1.54 Tn	4.36 Tn	1.54 Tn	4.36 Tn	1.54 Tn	20.29 Tn	15.56 Tn/m2	Cumple		
X3	3.15 m	0.13 m	2.19 Tn	2.47 Tn	2.90 Tn	2.19 Tn	2.90 Tn	2.19 Tn	2.90 Tn	2.19 Tn	19.90 Tn	48.61 Tn/m2	Cumple		
X4	3.10 m	0.13 m	2.24 Tn	4.25 Tn	2.24 Tn	4.25 Tn	2.24 Tn	4.25 Tn	2.24 Tn	4.25 Tn	25.97 Tn	64.44 Tn/m2	Cumple		
X5	3.15 m	0.13 m	2.30 Tn	2.30 Tn	2.52 Tn	0.50 Tn	2.52 Tn	0.50 Tn	2.52 Tn	0.50 Tn	11.86 Tn	28.96 Tn/m2	Cumple		
X6	2.60 m	0.13 m	1.97 Tn	2.24 Tn	2.48 Tn	2.24 Tn	2.48 Tn	2.24 Tn	2.48 Tn	2.24 Tn	18.39 Tn	54.40 Tn/m2	Cumple		
X7	2.75 m	0.13 m	1.95 Tn	1.95 Tn	5.90 Tn	0.76 Tn	5.90 Tn	0.76 Tn	5.90 Tn	0.76 Tn	22.69 Tn	63.46 Tn/m2	Cumple		
Y1	2.60 m	0.13 m	1.91 Tn	2.28 Tn	2.13 Tn	2.28 Tn	2.13 Tn	2.28 Tn	2.13 Tn	2.28 Tn	17.43 Tn	51.56 Tn/m2	Cumple		
Y2	2.60 m	0.13 m	1.91 Tn	2.28 Tn	2.13 Tn	2.28 Tn	2.13 Tn	2.28 Tn	2.13 Tn	2.28 Tn	17.43 Tn	51.56 Tn/m2	Cumple		
Y3	3.10 m	0.13 m	2.24 Tn	4.80 Tn	2.24 Tn	4.80 Tn	2.24 Tn	4.80 Tn	2.24 Tn	4.80 Tn	28.17 Tn	69.90 Tn/m2	Cumple		
Y4	3.10 m	0.13 m	2.24 Tn	2.51 Tn	2.24 Tn	2.51 Tn	2.24 Tn	2.51 Tn	2.24 Tn	2.51 Tn	19.02 Tn	47.21 Tn/m2	Cumple		
Y5	3.10 m	0.13 m	2.29 Tn	2.29 Tn	2.29 Tn	2.29 Tn	2.29 Tn	2.29 Tn	2.29 Tn	2.29 Tn	22.49 Tn	55.81 Tn/m2	Cumple		
Y6	3.10 m	0.13 m	2.29 Tn	1.42 Tn	2.29 Tn	1.42 Tn	2.29 Tn	1.42 Tn	2.29 Tn	1.42 Tn	14.82 Tn	36.77 Tn/m2	Cumple		
Y7	4.15 m	0.13 m	3.06 Tn	3.63 Tn	3.63 Tn	3.63 Tn	3.63 Tn	3.63 Tn	3.63 Tn	3.63 Tn	22.95 Tn	42.55 Tn/m2	Cumple		
X1	3.15 m	0.13 m	2.36 Tn	0.40 Tn	2.75 Tn	0.40 Tn	2.75 Tn	0.40 Tn	2.75 Tn	0.40 Tn	12.19 Tn	29.76 Tn/m2	Cumple		
X2	1.50 m	0.87 m	1.62 Tn	1.97 Tn	3.37 Tn	1.54 Tn	4.36 Tn	1.54 Tn	4.36 Tn	1.54 Tn	20.29 Tn	15.56 Tn/m2	Cumple		
X3	3.15 m	0.13 m	2.19 Tn	2.47 Tn	2.90 Tn	2.19 Tn	2.90 Tn	2.19 Tn	2.90 Tn	2.19 Tn	19.90 Tn	48.61 Tn/m2	Cumple		
X4	3.10 m	0.13 m	2.24 Tn	4.25 Tn	2.24 Tn	4.25 Tn	2.24 Tn	4.25 Tn	2.24 Tn	4.25 Tn	25.97 Tn	64.44 Tn/m2	Cumple		
X5	3.15 m	0.13 m	2.30 Tn	2.30 Tn	2.52 Tn	0.50 Tn	2.52 Tn	0.50 Tn	2.52 Tn	0.50 Tn	11.86 Tn	28.96 Tn/m2	Cumple		
X6	2.60 m	0.13 m	1.97 Tn	2.24 Tn	2.48 Tn	2.24 Tn	2.48 Tn	2.24 Tn	2.48 Tn	2.24 Tn	18.39 Tn	54.40 Tn/m2	Cumple		
Y1	2.60 m	0.13 m	1.91 Tn	2.28 Tn	2.13 Tn	2.28 Tn	2.13 Tn	2.28 Tn	2.13 Tn	2.28 Tn	17.43 Tn	51.56 Tn/m2	Cumple		
Y2	2.60 m	0.13 m	1.91 Tn	2.28 Tn	2.13 Tn	2.28 Tn	2.13 Tn	2.28 Tn	2.13 Tn	2.28 Tn	17.43 Tn	51.56 Tn/m2	Cumple		
Y3	3.10 m	0.13 m	2.24 Tn	4.80 Tn	2.24 Tn	4.80 Tn	2.24 Tn	4.80 Tn	2.24 Tn	4.80 Tn	28.17 Tn	69.90 Tn/m2	Cumple		
Y4	3.10 m	0.13 m	2.24 Tn	2.51 Tn	2.24 Tn	2.51 Tn	2.24 Tn	2.51 Tn	2.24 Tn	2.51 Tn	19.02 Tn	47.21 Tn/m2	Cumple		
Y5	3.10 m	0.13 m	2.29 Tn	2.29 Tn	2.29 Tn	2.29 Tn	2.29 Tn	2.29 Tn	2.29 Tn	2.29 Tn	22.49 Tn	55.81 Tn/m2	Cumple		
Y6	3.10 m	0.13 m	2.29 Tn	1.42 Tn	2.29 Tn	1.42 Tn	2.29 Tn	1.42 Tn	2.29 Tn	1.42 Tn	14.82 Tn	36.77 Tn/m2	Cumple		

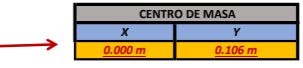
7.0 METRADO DE CARGAS PARA EL ANALISIS SISMICO					
SUB METRADO 1: CARGAS PARA ANALISIS SISMICO					
CARGAS PARA AZOTEA					
ZONAS	CARGA / DESCRIPCION	SELECCIONAR ELEMENTOS		GRÁFICOS DE ZONAS Y ELEMENTOS DE CARGA	
ZONA DE MUROS 13cm:	0.380 Tn/m	MURO t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm	V.DINTEL t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm	VACIO	VACIO
	carga	0.274 Tn/m2	0.101 Tn/m	0.000 Tn/m	0.000 Tn/m
	altura solo para muros y ventanas	1.02 m			

ZONA VENTANA 13 CM:	0.121 Tn/m	VENTANAS	V.DINTEL t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm	VACIO	VACIO
	carga	0.020 Tn/m ²	1.02 m	0.000 Tn/m	0.000 Tn/m
	altura solo para muros y ventanas				
ZONA VENTANA ALTA 13 CM:	0.285 Tn/m	MURO t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm	VENTANAS	PARAPETO t=0.13m H=1.8m + TARRAJEO E=1 cm	V.DINTEL t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm
	carga	0.274 Tn/m ²	0.020 Tn/m ²	0.505 Tn/m	0.101 Tn/m
	altura solo para muros y ventanas	-1.20 m	0.42 m		
ZONA PUERTA 13 CM:	0.101 Tn/m	VACIO	V.DINTEL t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm	VACIO	VACIO
	carga	0.000 Tn/m ²	0.101 Tn/m	0.000 Tn/m	0.000 Tn/m
	altura solo para muros y ventanas				
ZONA PLACA 13 CM:	0.460 Tn/m	PLACA t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm	V.DINTEL t=0.13 + TARRAJEO E=1 cm	VACIO	VACIO
	carga	0.352 Tn/m ²	0.101 Tn/m	0.000 Tn/m	0.000 Tn/m
	altura solo para muros y ventanas	1.02 m			



AZOTEA					
METRADO DE CARGAS DIRECTAS PARA MUROS			METRADO DE CARGAS INDIRECTAS PARA MUROS		
MURO	ASIGNACIÓN DE ZONAS		MURO	AI	TOTAL
X1	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	VACIO	VACIO	1.35 Tn
Carga:	0.380 Tn/m	0.121 Tn/m	0	0	0.34 Tn
Longitud de influencia:	3.15 m	1.25 m			1.68 Tn
X2	ZONA PLACA 13 CM:	ZONA VENTANA 13 CM:	ZONA PUERTA 13 CM:	ZONA VENTANA 13 CM:	1.04 Tn
Carga:	0.460 Tn/m	0.121 Tn/m	0.101 Tn/m	0.121 Tn/m	3.32 Tn
Longitud de influencia:	1.50 m	1.25 m	0.45 m	1.23 m	1.86 Tn
X3	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	ZONA PUERTA 13 CM:	ZONA VENTANA 13 CM:	1.46 Tn
Carga:	0.380 Tn/m	0.121 Tn/m	0.101 Tn/m	0	4.42 Tn
Longitud de influencia:	3.15 m	1.40 m	0.90 m		3.62 Tn
X4	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA PUERTA 13 CM:	VACIO	VACIO	1.22 Tn
Carga:	0.380 Tn/m	0.101 Tn/m	0	0	4.49 Tn
Longitud de influencia:	3.10 m	0.45 m			1.91 Tn
X5	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	VACIO	VACIO	1.28 Tn
Carga:	0.380 Tn/m	0.121 Tn/m	0	0	4.95 Tn
Longitud de influencia:	3.15 m	0.70 m			2.02 Tn
X6	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	ZONA VENTANA ALTA 13 CM:	VACIO	1.24 Tn
Carga:	0.380 Tn/m	0.121 Tn/m	0.285 Tn/m	0	8.90 Tn
Longitud de influencia:	2.60 m	0.70 m	0.58 m		3.63 Tn
X7	ZONA DE MUROS 13cm:	VACIO	VACIO	VACIO	1.05 Tn
Carga:	0.380 Tn/m	0	0	0	2.79 Tn
Longitud de influencia:	2.75 m				4.43 Tn

CENTRO DE MASA Y PESO DEL NIVEL									
MURO	UBICACIÓN X	UBICACIÓN Y	CARGA DIRECTA	CARGA INDIRECTA	P. TOTAL DEL PISO	TOTAL . X	TOTAL . Y		
X1	-6.80 m	-4.00 m	1.35 Tn	0.34 Tn	1.69 Tn	-11.48 Tn_m	-6.75 Tn_m		
X2	-1.98 m	-4.00 m	1.04 Tn	1.68 Tn	2.71 Tn	-5.36 Tn_m	-10.86 Tn_m		
X3	-6.80 m	0.00 m	1.46 Tn	1.86 Tn	3.32 Tn	-22.58 Tn_m	0.00 Tn_m		
X4	-3.83 m	1.05 m	1.22 Tn	3.62 Tn	4.85 Tn	-18.54 Tn_m	5.09 Tn_m		
X5	-6.80 m	4.00 m	1.28 Tn	0.42 Tn	1.71 Tn	-11.61 Tn_m	6.83 Tn_m		
X6	-2.53 m	4.00 m	1.24 Tn	1.91 Tn	3.15 Tn	-7.95 Tn_m	12.59 Tn_m		
X7	0.00 m	0.00 m	1.05 Tn	0.65 Tn	1.70 Tn	0.00 Tn_m	0.00 Tn_m		
Y1	-8.30 m	-2.78 m	1.07 Tn	1.94 Tn	3.02 Tn	-25.04 Tn_m	-8.37 Tn_m		
Y2	-8.30 m	-2.78 m	1.07 Tn	1.94 Tn	3.02 Tn	-25.04 Tn_m	-8.37 Tn_m		
Y3	-5.30 m	-2.53 m	1.22 Tn	4.09 Tn	5.31 Tn	-28.17 Tn_m	-13.42 Tn_m		
Y4	-5.30 m	-2.53 m	1.22 Tn	2.14 Tn	3.37 Tn	-17.84 Tn_m	8.50 Tn_m		
Y5	-1.30 m	-1.48 m	1.27 Tn	3.85 Tn	5.12 Tn	-6.66 Tn_m	-7.56 Tn_m		
Y6	-1.30 m	-1.48 m	1.27 Tn	1.21 Tn	2.48 Tn	-3.22 Tn_m	6.25 Tn_m		
Y7	0.00 m	2.00 m	1.90 Tn	3.82 Tn	5.72 Tn	0.00 Tn_m	7.63 Tn_m		
TOTALES=					84.99 Tn	0.00 Tn_m	8.98 Tn_m		

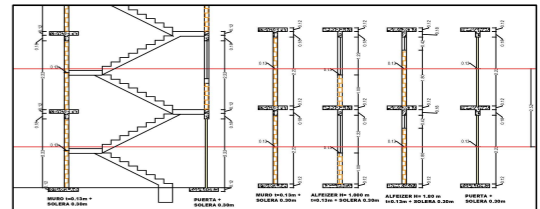


52.60 Tn

LAS CARGAS SISMICAS PARA LOS PISOS TIPICOS SERAN IGUALES A LAS METRADAS ANTERIORMENTE PERO CON EL UNICO CAMBIO DE QUE LA CARGA VIVA AHORA ES DE 25%. SU IGUALDAD SE APRECIA MEJOR EN EL GRAFICO DE LA DERECHA.

PISOS TIPICOS

3ER NIVEL						
MURO	ASIGNACIÓN DE ZONAS		MURO	AI	TOTAL	
X1	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	VACIO	VACIO	2.75 Tn	
Carga:	0.709 Tn/m	0.411 Tn/m	0	0	0.34 Tn	
Longitud de influencia:	3.15 m	1.25 m			1.44 Tn	
X2	ZONA PLACA 13 CM:	ZONA VENTANA 13 CM:	ZONA PUERTA 13 CM:	ZONA VENTANA 13 CM:	ESCALERA CM:	
Carga:	0.882 Tn/m	0.411 Tn/m	0.101 Tn/m	0.411 Tn/m	1.211 Tn/m	
Longitud de influencia:	1.50 m	1.25 m	0.45 m	1.23 m	0.61 m	
X3	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	ZONA PUERTA 13 CM:	ZONA VENTANA 13 CM:	VACIO	
Carga:	0.709 Tn/m	0.411 Tn/m	0.101 Tn/m	0	0.61 m	
Longitud de influencia:	3.15 m	1.40 m	0.90 m		2.90 Tn	
X4	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA PUERTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	
Carga:	0.709 Tn/m	0.101 Tn/m	0	0	2.24 Tn	
Longitud de influencia:	3.10 m	0.45 m			4.49 Tn	
X5	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	
Carga:	0.709 Tn/m	0.411 Tn/m	0	0	9.45 Tn	
Longitud de influencia:	3.15 m	0.70 m			3.85 Tn	
X6	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	ZONA VENTANA ALTA 13 CM:	VACIO	VACIO	
Carga:	0.709 Tn/m	0.411 Tn/m	0.614 Tn/m	0	0	
Longitud de influencia:	2.60 m	0.70 m	0.58 m			
X7	ZONA DE MUROS 13cm:	ESCALERA CM:	ESCALERA 25% CV sísmo:	VACIO	VACIO	
Carga:	0.709 Tn/m	1.211 Tn/m	0.100 Tn/m	0	0	
Longitud de influencia:	2.75 m	2.45 m				
Y1	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	
Carga:	0.709 Tn/m	0.411 Tn/m	0	0	2.13 Tn	
Longitud de influencia:	2.60 m	0.70 m			4.49 Tn	
Y2	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	
Carga:	0.709 Tn/m	0.411 Tn/m	0	0	2.13 Tn	
Longitud de influencia:	2.60 m	0.70 m			1.83 Tn	
Y3	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA PUERTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	
Carga:	0.709 Tn/m	0.101 Tn/m	0	0	9.45 Tn	
Longitud de influencia:	3.10 m	0.45 m			3.85 Tn	
Y4	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA PUERTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	
Carga:	0.709 Tn/m	0.101 Tn/m	0	0	4.95 Tn	
Longitud de influencia:	3.10 m	0.45 m			2.02 Tn	
Y5	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	
Carga:	0.709 Tn/m	0.411 Tn/m	0	0	6.22 Tn	
Longitud de influencia:	3.15 m	0.70 m			2.54 Tn	
Y6	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	ZONA VENTANA ALTA 13 CM:	VACIO	VACIO	
Carga:	0.709 Tn/m	0.411 Tn/m	0.614 Tn/m	0	0	
Longitud de influencia:	2.60 m	0.70 m	0.58 m			
Y7	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA PUERTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	
Carga:	0.709 Tn/m	0.101 Tn/m	0	0	2.79 Tn	
Longitud de influencia:	3.10 m	0.45 m			1.14 Tn	



CENTRO DE MASA Y PESO DEL NIVEL									
MURO	UBICACIÓN X	UBICACIÓN Y	CARGA DIRECTA	CARGA INDIRECTA	P. TOTAL DEL PISO	TOTAL . X	TOTAL . Y		
X1	-6.80 m	-4.00 m	2.75 Tn	0.34 Tn	3.09 Tn	-20.98 Tn_m	-12.34 Tn_m		
X2	-1.98 m	-4.00 m	1.04 Tn	1.68 Tn	4.62 Tn	-9.13 Tn_m	-18.49 Tn_m		
X3	-6.80 m	0.00 m	1.46 Tn	1.86 Tn	4.76 Tn	-32.38 Tn_m	0.00 Tn_m		
X4	-3.83 m	1.05 m	1.22 Tn	3.62 Tn	5.87 Tn	-22.43 Tn_m	6.16 Tn_m		
X5	-6.80 m	4.00 m	1.28 Tn	0.42 Tn	2.95 Tn	-20.03 Tn_m	11.78 Tn_m		
X6	-2.53 m	4.00 m	1.24 Tn	1.91 Tn	4.39 Tn	-11.09 Tn_m	17.58 Tn_m		
X7	0.00 m	0.00 m	1.90 Tn	0.65 Tn	5.81 Tn	0.00 Tn_m	0.00 Tn_m		
Y1	-8.30 m	-2.78 m	2.13 Tn	3.97 Tn	6.10 Tn	-33.82 Tn_m	-11.31 Tn_m		
Y2	-8.30 m	-2.78 m	2.13 Tn	3.97 Tn	6.10 Tn	-33.82 Tn_m	-11.31 Tn_m		
Y3	-5.30 m	-2.53 m	2.24 Tn	6.33 Tn	8.57 Tn	-33.57 Tn_m	-15.99 Tn_m		
Y4	-5.30 m	-2.53 m	2.24 Tn	4.09 Tn	6.33 Tn	-23.24 Tn_m	11.07 Tn_m		
Y5	-1.30 m	-1.48 m	2.29 Tn	2.69 Tn	4.98 Tn	-6.47 Tn_m	-7.35 Tn_m		
Y6	-1.30 m	-1.48 m	2.29 Tn	1.21 Tn	3.50 Tn	-4.54 Tn_m	8.83 Tn_m		
Y7	0.00 m	2.00 m	3.63 Tn	1.92 Tn	5.55 Tn	0.00 Tn_m	11.10 Tn_m		
X1	6.80 m	-4.00 m	2.75 Tn	0.34 Tn	3.09 Tn	20.98 Tn_m	-12.34 Tn_m		
X2	1.98 m	-4.00 m	1.04 Tn	1.68 Tn	4.62 Tn	9.13 Tn_m	-18.49 Tn_m		
X3	6.80 m	0.00 m	1.46 Tn	1.86 Tn	4.76 Tn	32.38 Tn_m	0.00 Tn_m		
X4	3.83 m	1.05 m	1.22 Tn	3.62 Tn	5.87 Tn	22.43 Tn_m	-6.16 Tn_m		
X5	6.80 m	4.00 m	1.28 Tn	0.42 Tn	2.95 Tn	20.03 Tn_m	-11.78 Tn_m		
X6	2.53 m	4.00 m	1.24 Tn	1.91 Tn	4.39 Tn	11.09 Tn_m	-17.58 Tn_m		
X7	0.00 m	0.00 m	1.90 Tn	0.65 Tn	5.81 Tn	0.00 Tn_m	0.00 Tn_m		
Y1	8.30 m	-2.78 m	2.13 Tn	3.97 Tn	6.10 Tn	33.82 Tn_m	11.31 Tn_m		

Longitud de influencia:	3.10 m	0.45 m	0.45 m	VACIO	VACIO	VACIO	3.63 Tn	Y2	8.30 m	2.78 m	2.13 Tn	1.94 Tn	4.07 Tn	33.82 Tn.m	11.31 Tn.m
Y7	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA ALTA 13 CM:	ZONA VENTANA ALTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO		Y3	5.30 m	-2.53 m	2.24 Tn	4.09 Tn	6.33 Tn	33.57 Tn.m	-15.99 Tn.m
Carga:	0.709 Tn/m	0.614 Tn/m	0.614 Tn/m	0	0	0		Y4	5.30 m	2.53 m	2.24 Tn	2.14 Tn	4.39 Tn	23.24 Tn.m	11.07 Tn.m
Longitud de influencia:	4.15 m	0.58 m	0.55 m					Y5	1.30 m	-1.48 m	2.29 Tn	2.69 Tn	4.98 Tn	6.47 Tn.m	-7.35 Tn.m
								Y6	1.30 m	2.53 m	2.29 Tn	1.21 Tn	3.50 Tn	4.54 Tn.m	8.83 Tn.m
								TOTALES=					117.40 Tn	0.00 Tn.m	13.58 Tn.m

CENTRO DE MASA	
X	Y
0.000 m	0.116 m

2DO NIVEL																			
METRADO DE CARGAS DIRECTAS PARA MUROS							METRADO DE CARGAS INDIRECTAS PARA MUROS												
MURO	ASIGNACIÓN DE ZONAS						CARGA DIRECTA	MURO	AI	PD=AI*WD	PL=AI*WL	25% CV	TOTAL	CENTRO DE MASA Y PESO DEL NIVEL					
X1	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	VACIO	2.75 Tn	X1	0.78 m2	0.32 Tn	0.02 Tn	0.34 Tn	113.54 m2 46.32 m2 2.84 m2						
Carga:	0.709 Tn/m	0.411 Tn/m	0	0	0	0		X2	3.03 m2	1.23 Tn	0.08 Tn	1.31 Tn							
Longitud de influencia:	3.15 m	1.25 m						X3	4.30 m2	1.75 Tn	0.11 Tn	1.86 Tn							
X2	ZONA PLACA 13 CM:	ZONA VENTANA 13 CM:	ZONA PUERTA 13 CM:	ZONA VENTANA 13 CM:	ESCALERA CM:	ESCALERA 25% CV sísmo:	3.99 Tn	X4	8.36 m2	3.41 Tn	0.21 Tn	3.62 Tn							
Carga:	0.882 Tn/m	0.411 Tn/m	0.101 Tn/m	0.411 Tn/m	1.211 Tn/m	0.100 Tn/m		X5	0.98 m2	0.40 Tn	0.02 Tn	0.42 Tn							
Longitud de influencia:	1.50 m	1.25 m	0.45 m	1.23 m	1.23 m	1.23 m		X6	4.41 m2	1.80 Tn	0.11 Tn	1.91 Tn							
X3	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	ZONA PUERTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	2.90 Tn	X7	1.50 m2	0.61 Tn	0.04 Tn	0.65 Tn							
Carga:	0.709 Tn/m	0.411 Tn/m	0.101 Tn/m	0	0	0		Y1	4.49 m2	1.83 Tn	0.11 Tn	1.94 Tn							
Longitud de influencia:	3.15 m	1.40 m	0.90 m					Y2	4.49 m2	1.83 Tn	0.11 Tn	1.94 Tn							
X4	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA PUERTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	VACIO	2.24 Tn	Y3	9.45 m2	3.85 Tn	0.24 Tn	4.09 Tn							
Carga:	0.709 Tn/m	0.101 Tn/m	0	0	0	0		Y4	4.95 m2	2.02 Tn	0.12 Tn	2.14 Tn							
Longitud de influencia:	3.10 m	0.45 m						Y5	5.78 m2	2.36 Tn	0.14 Tn	2.50 Tn							
X5	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	VACIO	2.52 Tn	Y6	2.79 m2	1.14 Tn	0.07 Tn	1.21 Tn							
Carga:	0.709 Tn/m	0.411 Tn/m	0	0	0	0		Y7	4.43 m2	1.81 Tn	0.11 Tn	1.92 Tn							
Longitud de influencia:	3.15 m	0.70 m																	
X6	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	ZONA VENTANA ALTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	2.48 Tn	CENTRO DE MASA Y PESO DEL NIVEL											
Carga:	0.709 Tn/m	0.411 Tn/m	0.614 Tn/m	0	0	0		MURO	UBICACIÓN X	UBICACIÓN Y	CARGA DIRECTA	CARGA INDIRECTA	P. TOTAL DEL PISO	TOTAL . X	TOTAL . Y				
Longitud de influencia:	2.60 m	0.70 m	0.58 m					X1	-6.80 m	-4.00 m	2.75 Tn	0.34 Tn	3.09 Tn	-20.98 Tn.m	-12.34 Tn.m				
X7	ZONA DE MUROS 13cm:	ESCALERA CM:	ESCALERA 25% CV sísmo:	VACIO	VACIO	VACIO	5.16 Tn	X2	-1.98 m	-4.00 m	3.99 Tn	1.31 Tn	5.30 Tn	-10.47 Tn.m	-21.21 Tn.m				
Carga:	0.709 Tn/m	1.211 Tn/m	0.100 Tn/m	0	0	0		X3	-6.80 m	-4.00 m	2.90 Tn	1.86 Tn	4.76 Tn	-32.38 Tn.m	0.00 Tn.m				
Longitud de influencia:	2.75 m	2.45 m	2.45 m					X4	-3.83 m	1.05 m	2.24 Tn	3.62 Tn	5.87 Tn	-22.43 Tn.m	6.16 Tn.m				
Y1	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	VACIO	2.13 Tn	X5	-6.80 m	4.00 m	2.52 Tn	0.42 Tn	2.95 Tn	-20.03 Tn.m	11.78 Tn.m				
Carga:	0.709 Tn/m	0.411 Tn/m	0	0	0	0		X6	-2.53 m	4.00 m	2.48 Tn	1.91 Tn	4.39 Tn	-11.09 Tn.m	17.58 Tn.m				
Longitud de influencia:	2.60 m	0.70 m						X7	0.00 m	0.00 m	5.16 Tn	0.65 Tn	5.81 Tn	0.00 Tn.m	0.00 Tn.m				
Y2	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	VACIO	2.13 Tn	Y1	-8.30 m	-2.78 m	2.13 Tn	1.94 Tn	4.07 Tn	-33.82 Tn.m	-11.31 Tn.m				
Carga:	0.709 Tn/m	0.411 Tn/m	0	0	0	0		Y2	-8.30 m	-2.78 m	2.13 Tn	1.94 Tn	4.07 Tn	-33.82 Tn.m	-11.31 Tn.m				
Longitud de influencia:	2.60 m	0.70 m						Y3	-5.30 m	-2.53 m	2.24 Tn	4.09 Tn	6.33 Tn	-33.57 Tn.m	-15.99 Tn.m				
Y3	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA PUERTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	VACIO	2.24 Tn	Y4	-5.30 m	-2.53 m	2.24 Tn	2.14 Tn	4.39 Tn	-23.24 Tn.m	11.07 Tn.m				
Carga:	0.709 Tn/m	0.101 Tn/m	0	0	0	0		Y5	-1.30 m	-1.48 m	2.29 Tn	2.50 Tn	4.79 Tn	-6.23 Tn.m	-7.07 Tn.m				
Longitud de influencia:	3.10 m	0.45 m						Y6	-1.30 m	-1.48 m	2.29 Tn	2.50 Tn	4.79 Tn	-6.23 Tn.m	-7.07 Tn.m				
Y4	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA PUERTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	VACIO	2.24 Tn	Y7	0.00 m	2.00 m	3.63 Tn	1.92 Tn	5.55 Tn	0.00 Tn.m	11.10 Tn.m				
Carga:	0.709 Tn/m	0.101 Tn/m	0	0	0	0		X1	6.80 m	-4.00 m	2.75 Tn	0.34 Tn	3.09 Tn	20.98 Tn.m	-12.34 Tn.m				
Longitud de influencia:	3.10 m	0.45 m						X2	1.98 m	-4.00 m	3.99 Tn	1.31 Tn	5.30 Tn	10.47 Tn.m	-21.21 Tn.m				
Y5	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA PUERTA 13 CM:	ZONA PUERTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	2.29 Tn	X3	6.80 m	0.00 m	2.90 Tn	1.86 Tn	4.76 Tn	32.38 Tn.m	0.00 Tn.m				
Carga:	0.709 Tn/m	0.101 Tn/m	0.101 Tn/m	0	0	0		X4	3.83 m	1.05 m	2.24 Tn	3.62 Tn	5.87 Tn	22.43 Tn.m	6.16 Tn.m				
Longitud de influencia:	3.10 m	0.45 m	0.45 m					X5	6.80 m	4.00 m	2.52 Tn	0.42 Tn	2.95 Tn	20.03 Tn.m	11.78 Tn.m				
Y6	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA PUERTA 13 CM:	ZONA PUERTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	2.29 Tn	X6	2.53 m	4.00 m	2.48 Tn	1.91 Tn	4.39 Tn	11.09 Tn.m	17.58 Tn.m				
Carga:	0.709 Tn/m	0.101 Tn/m	0.101 Tn/m	0	0	0		Y1	8.30 m	-2.78 m	2.13 Tn	1.94 Tn	4.07 Tn	33.82 Tn.m	-11.31 Tn.m				
Longitud de influencia:	3.10 m	0.45 m	0.45 m					Y2	8.30 m	-2.78 m	2.13 Tn	1.94 Tn	4.07 Tn	33.82 Tn.m	-11.31 Tn.m				
Y7	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA ALTA 13 CM:	ZONA VENTANA ALTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	3.63 Tn	Y3	5.30 m	-2.53 m	2.24 Tn	4.09 Tn	6.33 Tn	33.57 Tn.m	-15.99 Tn.m				
Carga:	0.709 Tn/m	0.614 Tn/m	0.614 Tn/m	0	0	0		Y4	5.30 m	2.53 m	2.24 Tn	2.14 Tn	4.39 Tn	23.24 Tn.m	11.07 Tn.m				
Longitud de influencia:	4.15 m	0.58 m	0.55 m					Y5	1.30 m	-1.48 m	2.29 Tn	2.50 Tn	4.79 Tn	6.23 Tn.m	-7.07 Tn.m				
								Y6	1.30 m	2.53 m	2.29 Tn	1.21 Tn	3.50 Tn	4.54 Tn.m	8.83 Tn.m				
								TOTALES=					118.39 Tn	0.00 Tn.m	8.71 Tn.m				

CENTRO DE MASA	
X	Y
0.000 m	0.074 m

1ER NIVEL																			
METRADO DE CARGAS DIRECTAS PARA MUROS							METRADO DE CARGAS INDIRECTAS PARA MUROS												
MURO	ASIGNACIÓN DE ZONAS						CARGA DIRECTA	MURO	AI	PD=AI*WD	PL=AI*WL	25% CV	TOTAL	CENTRO DE MASA Y PESO DEL NIVEL					
X1	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	VACIO	2.75 Tn	X1	0.78 m2	0.32 Tn	0.02 Tn	0.34 Tn	113.5367						
Carga:	0.709 Tn/m	0.411 Tn/m	0	0	0	0		X2	3.03 m2	1.23 Tn	0.08 Tn	1.31 Tn							
Longitud de influencia:	3.15 m	1.25 m						X3	4.30 m2	1.75 Tn	0.11 Tn	1.86 Tn							
X2	ZONA PLACA 13 CM:	ZONA VENTANA 13 CM:	ZONA PUERTA 13 CM:	ZONA VENTANA 13 CM:	ESCALERA CM:	ESCALERA 25% CV sísmo:	3.99 Tn	X4	8.36 m2	3.41 Tn	0.21 Tn	3.62 Tn							
Carga:	0.882 Tn/m	0.411 Tn/m	0.101 Tn/m	0.411 Tn/m	1.211 Tn/m	0.100 Tn/m		X5	0.98 m2	0.40 Tn	0.02 Tn	0.42 Tn							
Longitud de influencia:	1.50 m	1.25 m	0.45 m	1.23 m	1.23 m	1.23 m		X6	4.41 m2	1.80 Tn	0.11 Tn	1.91 Tn							
X3	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	ZONA PUERTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	2.90 Tn	X7	1.50 m2	0.61 Tn	0.04 Tn	0.65 Tn							
Carga:	0.709 Tn/m	0.411 Tn/m	0.101 Tn/m	0	0	0		Y1	4.49 m2	1.83 Tn	0.11 Tn	1.94 Tn							
Longitud de influencia:	3.15 m	1.40 m	0.90 m					Y2	4.49 m2	1.83 Tn	0.11 Tn	1.94 Tn							
X4	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA PUERTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	VACIO	2.24 Tn	Y3	9.45 m2	3.85 Tn	0.24 Tn	4.09 Tn							
Carga:	0.709 Tn/m	0.101 Tn/m	0	0	0	0		Y4	4.95 m2	2.02 Tn	0.12 Tn	2.14 Tn							
Longitud de influencia:	3.10 m	0.45 m						Y5	5.78 m2	2.36 Tn	0.14 Tn	2.50 Tn							
X5	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	VACIO	2.52 Tn	Y6	2.79 m2	1.14 Tn	0.07 Tn	1.21 Tn							
Carga:	0.709 Tn/m	0.411 Tn/m	0	0	0	0		Y7	4.43 m2	1.81 Tn	0.11 Tn	1.92 Tn							
Longitud de influencia:	3.15 m	0.70 m																	
X6	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	ZONA VENTANA ALTA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	2.48 Tn	CENTRO DE MASA Y PESO DEL NIVEL											
Carga:	0.709 Tn/m	0.411 Tn/m	0.614 Tn/m	0	0	0		MURO	UBICACIÓN X	UBICACIÓN Y	CARGA DIRECTA	CARGA INDIRECTA	P. TOTAL DEL PISO	TOTAL . X	TOTAL . Y				
Longitud de influencia:	2.60 m	0.70 m	0.58 m					X1	-6.80 m	-4.00 m	2.75 Tn	0.34 Tn	3.09 Tn	-20.98 Tn.m	-12.34 Tn.m				
X7	ZONA DE MUROS 13cm:	ESCALERA CM:	ESCALERA 25% CV sísmo:	VACIO	VACIO	VACIO	5.16 Tn	X2	-1.98 m	-4.00 m	3.99 Tn	1.31 Tn	5.30 Tn	-10.47 Tn.m	-21.21 Tn.m				
Carga:	0.709 Tn/m	1.211 Tn/m	0.100 Tn/m	0	0	0		X3	-6.80 m	-4.00 m	2.90 Tn	1.86 Tn	4.76 Tn	-32.38 Tn.m	0.00 Tn.m				
Longitud de influencia:	2.75 m	2.45 m	2.45 m					X4	-3.83 m	1.05 m	2.24 Tn	3.62 Tn	5.87 Tn	-22.43 Tn.m	6.16 Tn.m				
Y1	ZONA DE MUROS 13cm:	ZONA VENTANA 13 CM:	VACIO	VACIO	VACIO	VACIO	2.13 Tn	X5	-6.80 m	4.00 m	2.52 Tn	0.42 Tn	2.95 Tn	-20.03 Tn.m	11.78 Tn.m				
Carga:	0.709 Tn/m	0.411 Tn/m	0	0	0	0		X6</											

PARÁMETRO	VALOR	ESPECIFICACIÓN	T<TP	C=2.5	OK	PESO TOTAL SISMICO=	439.16 Tn
Z	0.45	ZONA 4	TP<T<TL	C=2.5*(TP/T)	NO	TIPO DE SISMO:	SISMO MODERADO
U	1	Vivienda	TL<T	C=2.5*(TP*TL/T^2)	NO	R (SISMO MODERADO) =	6
S	1.05	suelo tipo S2	C= 2.50			C/R:	0.42
TP (S)	0.6	FACTOR DE REDUCCIÓN SÍSMICA (R)				V= 86.46	
TL (S)	2	R0=	3	ALBAÑILERIA			
CÁLCULO DE PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN (T)			Irregularidad planta (ip):	1.00	0.196875 0.196875		
ALTURA TOTAL DE LA EDIF. (hn)	10.080 m	CATEGORÍA	Irregularidad altura (ia):	1.00			
CT	60	ALBAÑILERIA	R= 3.00				
PERIODO T= 0.168 s							

8.0 CALCULO DE FUERZAS INERCIALES Y CORTANTES POR PISO											
VALOR DE K=	1										
PISO	Pi (Tn)	hi (m)	Pi *hi^k	αi	Fi (Tn)	Vi(Tn)	Mi(Tn_m)	VeI=2*Vi	Incidencia	Xcm	Ycm
4	84.99 Tn	10.080 m	856.649	0.325	28.06 Tn	28.06 Tn	70.72 Tn_m	56.13 Tn_m	32.5%	0.000 m	0.074 m
3	117.40 Tn	7.560 m	887.566	0.336	29.08 Tn	57.14 Tn	214.71 Tn_m	114.28 Tn_m	66.1%	0.000 m	0.074 m
2	118.39 Tn	5.040 m	596.663	0.226	19.55 Tn	76.69 Tn	407.96 Tn_m	153.37 Tn_m	88.7%	0.000 m	0.116 m
1	118.39 Tn	2.520 m	298.331	0.113	9.77 Tn	86.46 Tn	625.84 Tn_m	172.92 Tn_m	100.0%	0.000 m	0.106 m
Total			2639.209		86.46 Tn_m						

28.3.1. Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel i , correspondiente a la considerada, se calculan mediante:

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

28.3.2. Donde n es el número de pisos del edificio, k es un exponente fundamental de vibración de la estructura (T), en la cual se calcula de acuerdo a:

- Para T menor o igual a 0,5 segundos: $k = 1,0$.
- Para T mayor que 0,5 segundos: $k = (0,75 + 0,5 T)$

ANEXO 7

HOJA DE CÁLCULO DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE COLUMNAS Y VIGAS DE
CONFINAMIENTO.

DISEÑO PRIMER NIVEL DIRECCION X-X

	Externa		Interna		X1		X2		X3		X4		X5		X6		X7		X8		X9		X10		X11		X12		X13		X14		X15		X16		X17		X18		X19		X20		X21		X22		X23		X24		X25		X26		X27		X28		X29		X30		X31		X32		X33		X34		X35		X36		X37		X38		X39		X40		X41		X42		X43		X44		X45		X46		X47		X48		X49		X50		X51		X52		X53		X54		X55		X56		X57		X58		X59		X60		X61		X62		X63		X64		X65		X66		X67		X68		X69		X70		X71		X72		X73		X74		X75		X76		X77		X78		X79		X80		X81		X82		X83		X84		X85		X86		X87		X88		X89		X90		X91		X92		X93		X94		X95		X96		X97		X98		X99		X100		X101		X102		X103		X104		X105		X106		X107		X108		X109		X110		X111		X112		X113		X114		X115		X116		X117		X118		X119		X120		X121		X122		X123		X124		X125		X126		X127		X128		X129		X130		X131		X132		X133		X134		X135		X136		X137		X138		X139		X140		X141		X142		X143		X144		X145		X146		X147		X148		X149		X150		X151		X152		X153		X154		X155		X156		X157		X158		X159		X160		X161		X162		X163		X164		X165		X166		X167		X168		X169		X170		X171		X172		X173		X174		X175		X176		X177		X178		X179		X180		X181		X182		X183		X184		X185		X186		X187		X188		X189		X190		X191		X192		X193		X194		X195		X196		X197		X198		X199		X200		X201		X202		X203		X204		X205		X206		X207		X208		X209		X210		X211		X212		X213		X214		X215		X216		X217		X218		X219		X220		X221		X222		X223		X224		X225		X226		X227		X228		X229		X230		X231		X232		X233		X234		X235		X236		X237		X238		X239		X240		X241		X242		X243		X244		X245		X246		X247		X248		X249		X250		X251		X252		X253		X254		X255		X256		X257		X258		X259		X260		X261		X262		X263		X264		X265		X266		X267		X268		X269		X270		X271		X272		X273		X274		X275		X276		X277		X278		X279		X280		X281		X282		X283		X284		X285		X286		X287		X288		X289		X290		X291		X292		X293		X294		X295		X296		X297		X298		X299		X300		X301		X302		X303		X304		X305		X306		X307		X308		X309		X310		X311		X312		X313		X314		X315		X316		X317		X318		X319		X320		X321		X322		X323		X324		X325		X326		X327		X328		X329		X330		X331		X332		X333		X334		X335		X336		X337		X338		X339		X340		X341		X342		X343		X344		X345		X346		X347		X348		X349		X350		X351		X352		X353		X354		X355		X356		X357		X358		X359		X360		X361		X362		X363		X364		X365		X366		X367		X368		X369		X370		X371		X372		X373		X374		X375		X376		X377		X378		X379		X380		X381		X382		X383		X384		X385		X386		X387		X388		X389		X390		X391		X392		X393		X394		X395		X396		X397		X398		X399		X400		X401		X402		X403		X404		X405		X406		X407		X408		X409		X410		X411		X412		X413		X414		X415		X416		X417		X418		X419		X420		X421		X422		X423		X424		X425		X426		X427		X428		X429		X430		X431		X432		X433		X434		X435		X436		X437		X438		X439		X440		X441		X442		X443		X444		X445		X446		X447		X448		X449		X450		X451		X452		X453		X454		X455		X456		X457		X458		X459		X460		X461		X462		X463		X464		X465		X466		X467		X468		X469		X470		X471		X472		X473		X474		X475		X476		X477		X478		X479		X480		X481		X482		X483		X484		X485		X486		X487		X488		X489		X490		X491		X492		X493		X494		X495		X496		X497		X498		X499		X500		X501		X502		X503		X504		X505		X506		X507		X508		X509		X510		X511		X512		X513		X514		X515		X516		X517		X518		X519		X520		X521		X522		X523		X524		X525		X526		X527		X528		X529		X530		X531		X532		X533		X534		X535		X536		X537		X538		X539		X540		X541		X542		X543		X544		X545		X546		X547		X548		X549		X550		X551		X552		X553		X554		X555		X556		X557		X558		X559		X560		X561		X562		X563		X564		X565		X566		X567		X568		X569		X570		X571		X572		X573		X574		X575		X576		X577		X578		X579		X580		X581		X582		X583		X584		X585		X586		X587		X588		X589		X590		X591		X592		X593		X594		X595		X596		X597		X598		X599		X600		X601		X602		X603		X604		X605		X606		X607		X608		X609		X610		X611		X612		X613		X614		X615		X616		X617		X618		X619		X620		X621		X622		X623		X624		X625		X626		X627		X628		X629		X630		X631		X632		X633		X634		X635		X636		X637		X638		X639		X640		X641		X642		X643		X644		X645		X646		X647		X648		X649		X650		X651		X652		X653		X654		X655		X656		X657		X658		X659		X660		X661		X662		X663		X664		X665		X666		X667		X668		X669		X670		X671		X672		X673		X674		X675		X676		X677		X678		X679		X680		X681		X682		X683		X684		X685		X686		X687		X688		X689		X690		X691		X692		X693		X694		X695		X696		X697		X698		X699		X700		X701		X702		X703		X704		X705		X706		X707		X708		X709		X710		X711		X712		X713		X714		X715		X716		X717		X718		X719		X720		X721		X722		X723		X724		X725		X726		X727		X728		X729		X730		X731		X732		X733		X734		X735		X736		X737		X738		X739		X740		X741		X742		X743		X744		X745		X746		X747		X748		X749		X750		X751		X752		X753		X754		X755		X756		X757		X758		X759		X760		X761		X762		X763		X764		X765		X766		X767		X768		X769		X770		X771		X772		X773		X774		X775		X776		X777		X778		X779		X780		X781		X782		X783		X784		X785		X786		X787		X788		X789		X790		X791		X792		X793		X794		X795		X796		X797		X798		X799		X800		X801		X802		X803		X804		X805		X806		X807		X808		X809		X810		X811		X812		X813		X814		X815		X816		X817		X818		X819		X820		X821		X822		X823		X824		X825		X826		X827		X828		X829		X830		X831		X832		X833		X834		X835		X836		X837		X838		X839		X840		X841		X842		X843		X844		X845		X846		X847		X848		X849		X850		X851		X852		X853		X854		X855		X856		X857		X858		X859		X860		X861		X862		X863		X864		X865		X866		X867		X868		X869		X870		X871		X872		X873		X874		X875		X876		X877		X878		X879		X880		X881		X882		X883		X884		X885		X886		X887		X888		X889		X890		X891		X892		X893		X894		X895		X896		X897		X898		X899		X900		X901		X902		X903		X904		X905		X906		X907		X908		X909		X910		X911		X912		X913		X914		X915		X916		X917		X918		X919		X920		X921		X922		X923		X924		X925		X926		X927		X928		X929		X930		X931		X932		X933		X934		X935		X936		X937		X938		X939		X940		X941		X942		X943		X944		X945		X946		X947		X948		X949		X950		X951		X952		X953		X954		X955		X956		X957		X958		X959		X960		X961		X962		X963		X964		X965		X966		X967		X968		X969		X970		X971		X972		X973		X974		X975		X976		X977		X978		X979		X980		X981		X982		X983		X984		X985		X986		X987		X988		X989		X990		X991		X992		X993		X994		X995		X996		X997		X998		X999		X1000		X1001		X1002		X1003		X1004		X1005		X1006		X1007		X1008		X1009		X1010		X1011		X1012		X1013		X1014		X1015		X1016		X1017		X1018		X1019		X1020		X1021		X1022		X1023		X1024		X1025		X1026		X1027		X1028		X1029		X10	
--	---------	--	---------	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-----	--

MANUALMENTE

EXISTENCIA DE INTERSECCION	Columna	MUROS EN DIRECCION X-X			MUROS EN DIRECCION Y-Y			Dimensiones	Aceros
		l	t	area	l	t	area		
SI	C1	25.0 cm	13.00 cm	325.0 cm2	25.0 cm	13.00 cm	325.0 cm2	13x25	6 φ 3/8"
SI	C2	25.0 cm	13.00 cm	325.0 cm2	25.0 cm	13.00 cm	325.0 cm2	13x25	6 φ 3/8"
NO	C3			0.0 cm2	25.0 cm	13.00 cm	325.0 cm2	13x25	4 φ 1/2"
NO	C4			0.0 cm2	25.0 cm	13.00 cm	325.0 cm2	13x25	4 φ 1/2"
NO	C5	25.0 cm	13.00 cm	325.0 cm2			0.0 cm2	13x25	4 φ 1/2"
NO	C6	25.0 cm	13.00 cm	325.0 cm2			0.0 cm2	13x25	4 φ 1/2"
SI	C7	25.0 cm	13.00 cm	325.0 cm2	25.0 cm	13.00 cm	325.0 cm2	13x25	6 φ 3/8"
NO	C8			0.0 cm2	25.0 cm	13.00 cm	325.0 cm2	13x25	4 φ 1/2"
SI	C9	25.0 cm	13.00 cm	325.0 cm2	25.0 cm	13.00 cm	325.0 cm2	13x25	6 φ 3/8"
SI	C10	25.0 cm	13.00 cm	325.0 cm2	25.0 cm	13.00 cm	325.0 cm2	13x25	6 φ 3/8"
NO	C11	25.0 cm	13.00 cm	325.0 cm2			0.0 cm2	13x25	4 φ 1/2"
SI	C12	25.0 cm	13.00 cm	325.0 cm2	25.0 cm	13.00 cm	325.0 cm2	13x25	6 φ 3/8"
NO	C13	25.0 cm	13.00 cm	325.0 cm2			0.0 cm2	13x25	4 φ 1/2"
NO	C14			0.0 cm2	25.0 cm	13.00 cm	325.0 cm2	13x25	4 φ 1/2"
NO	C15			0.0 cm2	25.0 cm	13.00 cm	325.0 cm2	13x25	4 φ 1/2"
SI	C16	15.0 cm	13.00 cm	195.0 cm2	25.0 cm	13.00 cm	325.0 cm2	13x25	6 φ 3/8"
SI	C17	25.0 cm	13.00 cm	325.0 cm2	25.0 cm	13.00 cm	325.0 cm2	13x25	4 φ 3/8"
NO	C18			0.0 cm2	25.0 cm	13.00 cm	325.0 cm2	13x25	4 φ 1/2"

Estribos	DIRECCION DOMINANTE		MURO X-X	MURO Y-Y	MURO X-X	MURO Y-Y
			REVISAR SOLO LOS SEÑALADOS/ESCOGER EL MAYOR			
			Aceros		Estribos	
9 φ8 mm @5 cm	MURO X-X	COLUMNA -1	6 φ 3/8"	6 φ 3/8"	9 φ8 mm @5 cm	9 φ8 mm @5 cm
9 φ8 mm @5 cm	MURO Y-Y	COLUMNA -1	4 φ 3/8"	6 φ 3/8"	9 φ8 mm @5 cm	9 φ8 mm @5 cm
9 φ8 mm @5 cm	MURO Y-Y	COLUMNA -2	0	4 φ 1/2"	0	9 φ8 mm @5 cm
9 φ8 mm @5 cm	MURO Y-Y	COLUMNA -2	0	4 φ 1/2"	0	9 φ8 mm @5 cm
9 φ8 mm @5 cm	MURO X-X	COLUMNA -2	4 φ 1/2"	0	9 φ8 mm @5 cm	0
9 φ8 mm @5 cm	MURO X-X	COLUMNA -2	4 φ 1/2"	0	9 φ8 mm @5 cm	0
9 φ8 mm @5 cm	MURO X-X	COLUMNA -1	6 φ 3/8"	4 φ 3/8"	9 φ8 mm @5 cm	9 φ8 mm @5 cm
9 φ8 mm @5 cm	MURO Y-Y	COLUMNA -2	0	4 φ 1/2"	0	9 φ8 mm @5 cm
9 φ8 mm @5 cm	MURO X-X	COLUMNA -1	6 φ 3/8"	6 φ 3/8"	9 φ8 mm @5 cm	9 φ8 mm @5 cm
9 φ8 mm @5 cm	MURO X-X	COLUMNA -1	6 φ 3/8"	6 φ 3/8"	9 φ8 mm @5 cm	9 φ8 mm @5 cm
9 φ8 mm @5 cm	MURO X-X	COLUMNA -2	4 φ 1/2"	0	9 φ8 mm @5 cm	0
9 φ8 mm @5 cm	MURO X-X	COLUMNA -1	6 φ 3/8"	4 φ 3/8"	9 φ8 mm @5 cm	9 φ8 mm @5 cm
9 φ8 mm @5 cm	MURO X-X	COLUMNA -2	4 φ 1/2"	0	9 φ8 mm @5 cm	0
9 φ8 mm @5 cm	MURO Y-Y	COLUMNA -2	0	4 φ 1/2"	0	9 φ8 mm @5 cm
9 φ8 mm @5 cm	MURO Y-Y	COLUMNA -2	0	4 φ 1/2"	0	9 φ8 mm @5 cm
9 φ8 mm @5 cm	MURO Y-Y	COLUMNA -1	4 φ 3/8"	6 φ 3/8"	9 φ8 mm @5 cm	9 φ8 mm @5 cm
9 φ8 mm @5 cm	MURO X-X	COLUMNA -1	4 φ 3/8"	4 φ 3/8"	9 φ8 mm @5 cm	9 φ8 mm @5 cm
9 φ8 mm @5 cm	MURO Y-Y	COLUMNA -2	0	4 φ 1/2"	0	9 φ8 mm @5 cm