

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Evaluación del comportamiento estructural de una
edificación de 04 niveles configurada con un sistema
dual construida con unidades de albañilería liviana
en el distrito de Huancayo, año 2019**

Jorge Andre Morales Ticse

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTOS

- ✓ A todos los miembros de mi familia por el apoyo motivacional.
- ✓ A los docentes que me educaron y apoyaron en esta etapa de formación profesional.
- ✓ A la ingeniera Nancy Margot Montañez Huamán por el asesoramiento en la elaboración de esta tesis.

DEDICATORIA

A mis padres por todo el apoyo
que me brindaron, más aún en el
aspecto académico de mi vida.

Jorge Morales

INDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA.....	iii
INDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvi
CAPÍTULO I.....	18
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	18
1.1 Planteamiento y formulación del problema	18
1.1.1 Planteamiento del problema.....	18
1.1.2 Formulación del problema.....	25
1.2 Objetivos.....	26
1.2.1 Objetivo general.....	26
1.2.2 Objetivos específicos.....	26
1.3 Justificación e importancia	26
1.4 Hipótesis y descripción de variables.....	27
1.4.1 Hipótesis.....	27
1.4.2 Descripción de variables.....	28
CAPITULO II.....	29
MARCO TEÓRICO	29
2.1 Antecedentes.....	29
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	29
2.1.2 Antecedentes internacionales	32
2.2 Bases teóricas.....	33

2.2.1	Albañilería	33
2.2.2	Sistemas estructurales	43
2.2.3	Comportamiento sísmico	48
2.2.4	Análisis estructural.....	52
2.2.5	Reforzamiento estructural	59
2.3	Definición de términos básicos.....	62
CAPITULO III.....		64
METODOLOGÍA.....		64
3.1	Método y alcance de la investigación.....	64
3.1.1	Método de la investigación.....	64
3.1.2	Alcances de la investigación.....	64
3.2	Diseño de la Investigación.....	65
3.3	Población y muestra.....	65
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	65
3.4.1	Técnica de recolección de datos	65
3.4.2	Instrumento de recolección de datos	65
3.4.3	Técnica de análisis de datos	66
CAPITULO IV		67
ANÁLISIS		67
4.1	Análisis	67
4.1.1	Requisitos estructurales mínimos para muros portantes.....	77
4.1.2	Análisis ante carga dinámica	81
4.1.2.1	Análisis sísmico estático	81
4.1.2.2	Análisis sísmico dinámico	104
CAPITULO V.....		116
REFORZAMIENTO		116
5.1	Primera propuesta de reforzamiento.....	120
5.2	Segunda propuesta de reforzamiento.....	127
5.3	Tercera propuesta de reforzamiento	136
CAPITULO VI		144
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		144
6.1.	Resultados	144
6.1.1.	Resultado que explica el objetivo general.....	144

6.1.2.	Resultado para lograr explicar el objetivo específico 1.....	144
6.1.3.	Resultado para lograr explicar el objetivo específico 2.....	145
6.1.4.	Resultado para lograr explicar el objetivo específico 3.....	145
6.1.5.	Resultado para lograr explicar el objetivo específico 4.....	145
6.2.	Discusión de resultados.....	145
6.2.1.	Discusión de resultados del objetivo general	145
6.2.2.	Discusión de resultados del objetivo específico 1.....	146
6.2.3.	Discusión de resultados del objetivo específico 2.....	146
6.2.4.	Discusión de resultados del objetivo específico 3.....	146
6.2.5.	Discusión de resultados del objetivo específico 4.....	146
CONCLUSIONES.....		147
RECOMENDACIONES		150
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		151
ANEXOS.....		154

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Plano de estructuras de un sistema dual.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 2. Vivienda con empleo de diferentes ladrillos en sus muros portantes, ubicación: Calle Júpiter, Chorrillos.</i>	<i>22</i>
<i>Figura 3. Vivienda con empleo de ladrillos artesanales en los dos primeros niveles y ladrillos tubulares en el tercer nivel, ubicación: Calle Marte, Chorrillos.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 4. Vivienda con empleo de ladrillos artesanales en los dos primeros niveles y ladrillos tubulares en los últimos niveles, ubicación: Av. Calmell del Solar, Chorrillos.</i>	<i>22</i>
<i>Figura 5. Vivienda con empleo de ladrillos artesanales en los tres primeros niveles y ladrillos tubulares en el último nivel, ubicación: Av. José Olaya, Urb. Pielago.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 6. Vivienda con empleo de ladrillos artesanales en los dos primeros niveles y ladrillos tubulares en el tercer nivel, ubicación: Jr. Miraflores, Urb. Pielago.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 7. Vivienda con empleo de ladrillos artesanales en los dos primeros niveles y ladrillos tubulares en los últimos niveles, ubicación: Calle Los Pinos, Palian.</i>	<i>23</i>
<i>Figura 8. Vivienda con empleo de ladrillos artesanales en los dos primeros niveles y ladrillos tubulares en el tercer nivel, ubicación: Calle Ricardo Palma, Palian.</i>	<i>23</i>
<i>Figura 9. Vivienda con empleo de ladrillos industriales en los tres primeros niveles y ladrillos tubulares en los últimos niveles, ubicación: Urb. Sol de los Andes.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 10. Vivienda con empleo de ladrillos artesanales en los dos primeros niveles y ladrillos tubulares en el tercer nivel, ubicación: Urb. La Merced.</i>	<i>24</i>
<i>Figura 11. Vivienda con empleo de ladrillos artesanales en los dos primeros niveles y ladrillos tubulares en el último nivel, ubicación: Jr. Castilla, Palian.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 12. Vivienda con empleo de ladrillos artesanales en los dos primeros niveles y ladrillos tubulares en el tercer nivel, ubicación: Calle Ñandúes, Urb. Corona del Fraile. ..</i>	<i>24</i>
<i>Figura 13. Ladrillo macizo.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 14. Ladrillo King Kong 18 huecos.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 15. Ladrillo pandereta raya (izquierda), ladrillo pandereta liso (derecha).....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 16 – Cálculo de la resistencia a corte puro.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 17 – Cálculo de variación dimensional.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 18 – Cimentación de albañilería.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 19 – Conexión dentada.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 20 – Conexión a ras.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 21 – a) Fuerzas sobre el muro, b) Deformación del muro. c) Esfuerzos sobre el muro.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 22 – Modos de falla en muros portantes.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 23 – Volcamiento de muros de albañilería.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 24 – Detalle en alfeizar.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 25 – Reemplazo de ladrillo dañado.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 26 – Resane de grietas.....</i>	<i>52</i>

<i>Figura 27 – a) Inclusión muros de corte. b) Inclusión pórticos de concreto armado, c) Inclusión arriostres metálicos.</i>	60
<i>Figura 28 – Inclusión muros de albañilería confinada (24).</i>	60
<i>Figura 29 – Reforzamiento estructural de columna.</i>	61
<i>Figura 30. Especificaciones técnicas.</i>	67
<i>Figura 31. Plano arquitectónico del planteamiento inicial del primer nivel.</i>	68
<i>Figura 32. Unión de muro de albañilería y confinamiento horizontal.</i>	68
<i>Figura 33. Unión de muro de albañilería y confinamiento vertical.</i>	69
<i>Figura 34. Juntas del muro portante de albañilería.</i>	69
<i>Figura 35. Columna entre el eje B y 3.</i>	70
<i>Figura 36. Viga peraltada en eje B.</i>	70
<i>Figura 37. Plano final modificado.</i>	71
<i>Figura 38. Riego de ladrillos.</i>	72
<i>Figura 39. Construcción de pilas de albañilería.</i>	72
<i>Figura 40. Aplicación del capping de cal.</i>	73
<i>Figura 41. Pilas de albañilería.</i>	73
<i>Figura 42. Ensayo en pila de albañilería de ladrillo King Kong 18 huecos.</i>	74
<i>Figura 43. Ensayo en pila de albañilería de ladrillo pandereta.</i>	74
<i>Figura 44 – Estructuración de la edificación, dirección X – pórticos de concreto armado, dirección Y – albañilería confinada.</i>	77
<i>Figura 45 – Corte de muro Y2.</i>	78
<i>Figura 46 – Elevación de muro portante.</i>	82
<i>Figura 47 – Camino de cargas de albañilería confinada (vista en planta).</i>	85
<i>Figura 48 – Camino de cargas de albañilería confinada (vista en elevación).</i>	86
<i>Figura 49 – Altura de la edificación.</i>	88
<i>Figura 50 – Transformación de la sección de concreto a albañilería.</i>	90
<i>Figura 51 – Corrección por torsión.</i>	95
<i>Figura 52 – Idealización de pórtico de concreto armado.</i>	100
<i>Figura 53 – Camino de cargas de pórtico de concreto armado (vista en planta).</i>	100
<i>Figura 54 – Camino de cargas de pórtico de concreto armado (vista en elevación).</i>	101
<i>Figura 55 – Fórmulas para cálculo de coeficiente “a”.</i>	103
<i>Figura 56 – Rigideces relativas en el pórtico.</i>	103
<i>Figura 57 – Vista de la estructura dibujado en el programa ETABS, bloque I.</i>	106
<i>Figura 58 – Rigidez lateral.</i>	107
<i>Figura 59 – Columnas de la estructura, bloque I.</i>	111
<i>Figura 60 – Detalle de las columnas de la estructura.</i>	112
<i>Figura 61 – Viga de confinamiento de la estructura.</i>	114
<i>Figura 62. Trabajo referencial del procedimiento de reforzamiento con malla electrosoldada.</i>	117
<i>Figura 63. Anclaje de albañilería con columna.</i>	119
<i>Figura 64. Planta 3 y 4 nivel de primera propuesta de reforzamiento.</i>	120
<i>Figura 65. Columna inicial entre eje B y 2.</i>	124
<i>Figura 66. Gráfico de columna reforzada elaborado en el programa CSI COL9.</i>	126

<i>Figura 67. Diagrama de interacción de columna reforzada en la dirección X.</i>	126
<i>Figura 68. Diagrama de interacción de columna reforzada en la dirección Y.</i>	126
<i>Figura 69. Detalle de distribución de acero del reforzamiento de columna.</i>	127
<i>Figura 70. Planta 1er y 2do nivel de segunda propuesta de reforzamiento.</i>	128
<i>Figura 71. Planta 3er y 4to nivel de segunda propuesta de reforzamiento.</i>	129
<i>Figura 72. Detalle de distribución de acero de nueva columna de confinamiento.</i>	134
<i>Figura 73. Diagrama de interacción de columna reforzada en la dirección X.</i>	135
<i>Figura 74. Diagrama de interacción de columna reforzada en la dirección Y.</i>	135
<i>Figura 75. Vista en planta de tercera propuesta de reforzamiento.</i>	136
<i>Figura 76. Viga inicial en eje C.</i>	139
<i>Figura 77. Diagrama de momento flector de viga reforzada.</i>	139
<i>Figura 78. Diagrama de fuerza cortante de viga reforzada.</i>	140
<i>Figura 79. Detalle de distribución de acero del reforzamiento de la viga.</i>	141
<i>Figura 80. Columna inicial entre eje A y 1.</i>	141
<i>Figura 81. Gráfico de columna reforzada elaborado en el programa CSI COL9.</i>	142
<i>Figura 82. Diagrama de interacción de columna reforzada L en la dirección X.</i>	143
<i>Figura 83. Diagrama de interacción de columna reforzada L en la dirección Y.</i>	143
<i>Figura 84. Detalle de distribución de acero del reforzamiento de columna L.</i>	143

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Cuadro INEI, Características de la infraestructura de viviendas particulares (1).</i>	19
<i>Tabla 2. Resistencias características de la albañilería de la norma “E.070 Albañilería” (2).</i>	21
<i>Tabla 3 – Factor por incremento de edad (2).</i>	37
<i>Tabla 4 – Factor de corrección por esbeltez (2).</i>	37
<i>Tabla 5 – Tipos de mortero (2).</i>	41
<i>Tabla 6 – Tabla 8 de la norma “E.070 Albañilería” (2).</i>	75
<i>Tabla 7 – Tabla 10 de la norma “E.070 Albañilería” (2).</i>	75
<i>Tabla 8 – Metrado de carga muro Y2 de albañilería hueca hasta el primer nivel.</i>	79
<i>Tabla 9 – Resultados del análisis de esfuerzo axial en el muro Y2 de albañilería hueca hasta el primer nivel.</i>	79
<i>Tabla 10 – Metrado de carga muro Y2 de albañilería tubular hasta el tercer nivel.</i>	80
<i>Tabla 11 – Resultados del análisis de esfuerzo axial en el muro Y2 de albañilería tubular hasta el tercer nivel.</i>	80
<i>Tabla 12 – Densidad de muros para el bloque I.</i>	81
<i>Tabla 13 – Metrado de carga muerta 4º entrepiso.</i>	83
<i>Tabla 14 – Metrado de carga viva 4º entrepiso.</i>	83
<i>Tabla 15 – Metrado de carga muerta 3º entrepiso.</i>	83
<i>Tabla 16 – Metrado de carga viva 3º entrepiso.</i>	83
<i>Tabla 17 – Metrado de carga muerta 2º entrepiso.</i>	84
<i>Tabla 18 – Metrado de carga viva 2º entrepiso.</i>	84
<i>Tabla 19 – Metrado de carga muerta 1º entrepiso.</i>	84
<i>Tabla 20 – Metrado de carga viva 1º entrepiso.</i>	84
<i>Tabla 21 – Peso del bloque I de la edificación.</i>	85
<i>Tabla 22 – Tabla 1 de la norma “E.030 Diseño Sismorresistente” (27).</i>	86
<i>Tabla 23 – Tabla 5 de la norma “E.030 Diseño Sismorresistente” (27).</i>	86
<i>Tabla 24 – Tabla 3 de la norma “E.030 Diseño Sismorresistente” (27).</i>	87
<i>Tabla 25 – Tabla 4 de la norma E.030 “Diseño Sismorresistente” (27).</i>	87
<i>Tabla 26 – Cortante basal del bloque I en la dirección Y.</i>	88
<i>Tabla 27 – Distribución en altura de la cortante basal del bloque I en la dirección Y.</i>	88
<i>Tabla 28 – Cálculo factor de forma de muro portante Y2.</i>	90
<i>Tabla 29 – Cálculo centroide de muro portante Y2.</i>	90
<i>Tabla 30 – Cálculo momento de inercia de muro portante Y2.</i>	91
<i>Tabla 31 – Rigidez lateral en cada muro por entrepiso, bloque I.</i>	91
<i>Tabla 32 – Centro de masa por cada nivel, bloque I.</i>	92
<i>Tabla 33 – Centro de rigidez del primer nivel, bloque I.</i>	92
<i>Tabla 34 – Centro de rigidez del segundo nivel, bloque I.</i>	93
<i>Tabla 35 – Centro de rigidez del tercer nivel, bloque I.</i>	93
<i>Tabla 36 – Centro de rigidez del cuarto nivel, bloque I.</i>	93
<i>Tabla 37 – Centro de rigidez por cada nivel, bloque I.</i>	94
<i>Tabla 38 – Excentricidad teórica, bloque I.</i>	94

Tabla 39 – Excentricidad accidental, bloque I.....	94
Tabla 40 – Excentricidad de diseño, bloque I.....	94
Tabla 41 – Momento torsor, bloque I.....	95
Tabla 42 – Cortante última de los muros del primer nivel, bloque I.....	96
Tabla 43 – Cortante última de los muros del segundo nivel, bloque I.....	96
Tabla 44 – Cortante última de los muros del tercer nivel, bloque I.....	96
Tabla 45 – Cortante última de los muros del cuarto nivel, bloque I.....	97
Tabla 46 – Cortante y momento último, bloque I.....	97
Tabla 47 – Resistencia al corte y control de fisuración, bloque I.....	98
Tabla 48 – Resistencia al corte global, bloque I.....	99
Tabla 49 – Agrietamiento diagonal por sismo severo, bloque I.....	99
Tabla 50 – Cortante basal del bloque I en la dirección X.....	101
Tabla 51 – Distribución en altura de la cortante basal del bloque I en la dirección X.....	101
Tabla 52 – Distribución de fuerza cortante por cada pórtico.....	102
Tabla 53 – Rigidez relativa de vigas.....	102
Tabla 54 – Rigidez relativa de columnas.....	102
Tabla 55 – Rigidez lateral absoluta.....	103
Tabla 56 – Desplazamientos.....	104
Tabla 57 – Cortante basal por sismo estático, bloque I.....	106
Tabla 58 – Cortante basal por sismo dinámico, bloque I.....	106
Tabla 59 – Verificación de irregularidad de rigidez en la dirección X, bloque I.....	107
Tabla 60 – Verificación de irregularidad de rigidez en la dirección Y, bloque I.....	107
Tabla 61 – Condición irregularidad torsional en la dirección X.....	108
Tabla 62 – Desplazamiento en la dirección Y debido al sismo de la dirección X.....	108
Tabla 63 – Verificación de irregularidad torsional en la dirección X, bloque I.....	108
Tabla 64 – Condición irregularidad torsional en la dirección Y.....	108
Tabla 65 – Desplazamiento en la dirección X debido al sismo de la dirección Y.....	108
Tabla 66 – Verificación de irregularidad torsional en la dirección Y, bloque I.....	108
Tabla 67 – Control de distorsión por entrepiso del bloque I.....	109
Tabla 68 – Factor de escala en la dirección Y del bloque I.....	109
Tabla 69 – Cortante basal dinámico escalado, bloque I.....	110
Tabla 70 – Resistencia al corte y control de fisuración con valores obtenidos del programa ETABS, bloque I.....	110
Tabla 71 – Resistencia al corte global con valores obtenidos del programa ETABS, bloque I.....	110
Tabla 72 – Agrietamiento diagonal por sismo severo con valores obtenidos del programa ETABS, bloque I.....	111
Tabla 73 – Fuerzas internas en columnas de confinamiento.....	112
Tabla 74 – Tabla 11 de la norma “E.070 Albañilería” (2).....	113
Tabla 75 – Diseño de columnas de confinamiento.....	114
Tabla 76 – Diseño de vigas de confinamiento.....	115
Tabla 77 – Verificación de irregularidad de rigidez en la dirección X.....	121
Tabla 78 – Verificación de irregularidad de rigidez en la dirección Y.....	121
Tabla 79 – Condición irregularidad torsional en la dirección X.....	121
Tabla 80 – Desplazamiento en la dirección Y debido al sismo de la dirección X.....	121
Tabla 81 – Verificación de irregularidad torsional en la dirección X.....	121

Tabla 82 – Condición irregularidad torsional en la dirección Y.....	121
Tabla 83 – Desplazamiento en la dirección X debido al sismo de la dirección Y.....	122
Tabla 84 – Verificación de irregularidad torsional en la dirección Y.....	122
Tabla 85 – Control de desplazamiento lateral.....	122
Tabla 86 – Factor de escala en la dirección X.....	122
Tabla 87 – Factor de escala en la dirección Y.....	123
Tabla 88 – Cortante basal dinámico.....	123
Tabla 89 – Resistencia al corte y control de fisuración.....	123
Tabla 90 – Resistencia al corte global.....	123
Tabla 91 – Agrietamiento diagonal por sismo severo.....	124
Tabla 92 – Estados de carga para dirección X.....	124
Tabla 93 – Estados de carga para dirección Y.....	125
Tabla 94 – Combinaciones de carga para dirección X.....	125
Tabla 95 – Combinaciones de carga para dirección Y.....	125
Tabla 96 – Densidad mínima de muros.....	127
Tabla 97 – Verificación de irregularidad de rigidez en la dirección X.....	129
Tabla 98 – Verificación de irregularidad de rigidez en la dirección Y.....	129
Tabla 99 – Condición irregularidad torsional en la dirección X.....	129
Tabla 100– Desplazamiento en la dirección Y debido al sismo de la dirección X.....	130
Tabla 101 – Verificación de irregularidad torsional en la dirección X.....	130
Tabla 102 – Condición irregularidad torsional en la dirección Y.....	130
Tabla 103 – Desplazamiento en la dirección X debido al sismo de la dirección Y.....	130
Tabla 104 – Verificación de irregularidad torsional en la dirección Y.....	130
Tabla 105 – Control de desplazamiento lateral.....	131
Tabla 106 – Factor de escala en la dirección X.....	131
Tabla 107 – Factor de escala en la dirección Y.....	131
Tabla 108 – Cortante basal dinámico escalado.....	131
Tabla 109 – Resistencia al corte y control de fisuración.....	131
Tabla 110 – Resistencia al corte global.....	132
Tabla 111 – Agrietamiento diagonal por sismo severo.....	132
Tabla 112 – Fuerzas internas en columnas de confinamiento.....	133
Tabla 113 – Diseño de columnas de confinamiento.....	133
Tabla 114 – Estados de carga para dirección X.....	134
Tabla 115 – Estados de carga para dirección Y.....	134
Tabla 116 – Combinaciones de carga para dirección X.....	134
Tabla 117 – Combinaciones de carga para dirección Y.....	135
Tabla 118 – Verificación de irregularidad de rigidez en la dirección X.....	137
Tabla 119 – Verificación de irregularidad de rigidez en la dirección Y.....	137
Tabla 120– Condición irregularidad torsional en la dirección X.....	137
Tabla 121– Desplazamiento en la dirección Y debido al sismo de la dirección X.....	137
Tabla 122 – Verificación de irregularidad torsional en la dirección X.....	137
Tabla 123 – Condición irregularidad torsional en la dirección Y.....	137
Tabla 124 – Desplazamiento en la dirección X debido al sismo de la dirección Y.....	138
Tabla 125 – Verificación de irregularidad torsional en la dirección Y.....	138
Tabla 126 – Control de desplazamiento lateral.....	138
Tabla 127 – Factor de escala en la dirección X.....	138

<i>Tabla 128 – Factor de escala en la dirección Y.....</i>	<i>139</i>
<i>Tabla 129 – Diseño por flexión de viga reforzada.</i>	<i>140</i>
<i>Tabla 130 – Diseño por cortante de viga reforzada.....</i>	<i>140</i>
<i>Tabla 131 – Estados de carga para dirección X.....</i>	<i>141</i>
<i>Tabla 132 – Estados de carga para dirección Y.....</i>	<i>141</i>
<i>Tabla 133 – Combinaciones de carga para dirección X.</i>	<i>142</i>
<i>Tabla 134 – Combinaciones de carga para dirección Y.</i>	<i>142</i>

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo evaluar el comportamiento estructural frente a cargas estáticas y dinámicas de una edificación de cuatro niveles configurada con un sistema dual (pórticos de concreto armado y muros portantes de albañilería confinada) construida con diferentes tipos de unidades de albañilería: en los muros portantes del primer y segundo nivel se utilizó ladrillo King Kong 18 huecos y en los niveles superiores ladrillos pandereta.

La metodología empleada para el desarrollo del proyecto fue primero evaluar los requisitos estructurales mínimos recomendados en la NTE-0.70 para muros portantes, luego se elaboró un análisis sísmico estático manual, y posteriormente se efectuó un análisis sísmico dinámico apoyado de programas informáticos, con los valores obtenidos se realizó el control de los siguientes parámetros: 1) desplazamientos laterales admisibles, 2) fisuración de los muros portantes ante un sismo moderado y 3) resistencia al corte global y verificación al agrietamiento diagonal de los muros portantes ante un sismo severo.

La investigación concluye que en los muros portantes de la edificación en estudio, para la evaluación de los requisitos estructurales mínimos, cumple el parámetro de esfuerzo axial máximo pero no el parámetro de espesor efectivo; en el análisis sísmico los muros portantes del tercer nivel no presentan un adecuado desempeño estructural debido a que se fisuran ante el efecto de los sismos moderado y severo, esto ocurre por el cambio notorio de las propiedades resistentes de las unidades de albañilería del segundo al tercer nivel.

La norma técnica “E.070 – Albañilería”, prohíbe el empleo de unidades de albañilería liviana para muros portantes en la zona 3, pero también detalla que esta limitación puede ser exceptuada con el respaldo de un informe y una memoria de cálculo estructural, siendo recomendable realizar un análisis estructural a este tipo de edificaciones y tomar medidas de acción como el reforzamiento estructural.

Palabras clave: Análisis sísmico, muros portantes, albañilería industrial, albañilería liviana, comportamiento estructural.

ABSTRACT

The present thesis aims to evaluate the structural behavior against static and dynamic loads of a four-level building configured with a dual system (reinforced concrete frames and confined masonry bearing walls) built with different types of masonry units: in the Bearing walls of the first and second levels were used King Kong brick 18 holes and in the upper levels tambourine brick.

The methodology used for the development of the project was first to evaluate the minimum structural requirements recommended in the NTE-0.70 for bearing walls, then a manual static seismic analysis was elaborated, and later a dynamic seismic analysis supported by computer programs was carried out, with the values obtained, the following parameters were controlled: 1) admissible lateral displacements, 2) cracking of the bearing walls in the event of a moderate earthquake and 3) resistance to global shear and verification of the diagonal cracking of the bearing walls in the event of a severe earthquake.

The research concludes that in the load-bearing walls of the building under study, for the evaluation of the minimum structural requirements, it meets the maximum axial stress parameter but not the effective thickness parameter; In the seismic analysis, the bearing walls of the third level do not present an adequate structural performance due to the fact that they crack under the effect of moderate and severe earthquakes, this occurs due to the noticeable change in the resistant properties of the masonry units from the second to the third level.

The technical standard "E.070 - Masonry" prohibits the use of light masonry units for bearing walls in zone 3, but also details that this limitation can be exempted with the support of a report and a structural calculation memory, being It is advisable to carry out a structural analysis of this type of buildings and take action measures such as structural reinforcement.

Keywords: Seismic analysis, bearing walls, industrial masonry, light masonry, structural behavior.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la construcción de viviendas es creciente en todas las ciudades del país, muchas de estas son informales al no ser supervisadas por un profesional capacitado en la elaboración de estos proyectos, usualmente los propietarios valoran más el aspecto económico que la calidad de construcción, porque emplean materiales de construcción económicos con propiedades resistentes que son menores a las especificadas en las normas de diseño y construcción, asimismo contratan mano de obra no calificada para el proceso constructivo de su vivienda, esto con el transcurso del tiempo generaría ante la acción sísmica pérdidas económicas y en algunos casos pérdidas humanas.

En la construcción de viviendas, los sistemas estructurales más empleados en nuestro país son: pórticos de concreto armado, albañilería confinada y el sistema dual, siendo materiales predominantes de construcción el concreto armado y las unidades de albañilería, esta reiteración de elección de sistema estructural es debido a: la capacidad resistente, la factibilidad económica y la facilidad constructiva, siendo este último aspecto adulterado al no cumplir el proceso constructivo que detalla las normativas peruanas como la “E.060 de Concreto Armado” y la “E.070 de Albañilería”.

Ante ello, esta investigación evalúa el comportamiento estructural de una edificación de sistema dual, pórticos de concreto armado y albañilería confinada en la ciudad de Huancayo, en el sistema de albañilería confinada se presenta el siguiente error constructivo, emplear ladrillos King Kong 18 huecos en los muros portantes del primer y segundo nivel, luego ladrillos pandereta en los muros portantes del tercer y cuarto nivel.

La tesis presentada se divide en 6 capítulos, capítulo I) Planteamiento del estudio, capítulo II) Marco teórico, capítulo III) Metodología, capítulo IV) Análisis, capítulo V) Reforzamiento y capítulo VI) Resultados y discusión.

En el capítulo I se describe y formula el problema de la investigación, los objetivos, la justificación, hipótesis y las variables de estudio.

El capítulo II detalla los antecedentes a la investigación y las bases teóricas: albañilería, sistemas estructurales, comportamiento sísmico, análisis estructural y reforzamiento estructural.

El capítulo III expone: la metodología, alcance de la investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En el capítulo IV se desarrolla el problema evaluando los requisitos estructurales mínimos para muros portantes y otro ante carga dinámica, en este se realizó un análisis sísmico estático y un análisis sísmico dinámico, obteniendo los resultados del comportamiento estructural que presentan los muros portantes de albañilería liviana en la edificación.

En el capítulo V se propone tres alternativas de reforzamiento estructural para que exista un comportamiento estructural aceptable en la edificación.

Por último, el capítulo VI presenta las conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas. En los anexos se presenta el plano arquitectónico planteado, el plano de arquitectura modificado, el plano de estructuras modificado, el plano de los reforzamientos estructurales propuestos, fichas del ensayo en laboratorio de compresión de pilas de albañilería y las fichas técnicas de las unidades de albañilería.

CAPÍTULO I

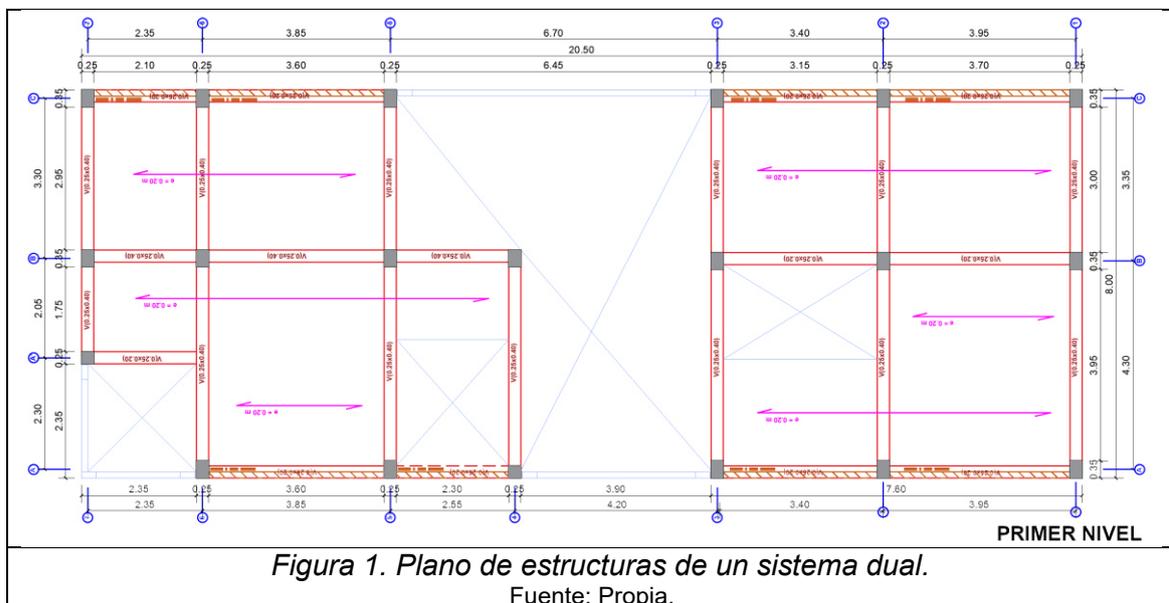
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

La presente investigación identifica las siguientes problemáticas:

Primero, el **incremento de construcción de viviendas**. En la provincia de Huancayo predomina las construcciones de los sistemas estructurales de albañilería confinada, sistema de pórticos y los mixtos, entre estos uno de los más utilizados es el sistema estructural mixto o dual, como se detalla en la siguiente imagen.



En la dirección paralela a la losa se ubica el sistema de albañilería confinada y transversal a ello el sistema de pórticos de concreto armado.

Según datos del INEI, existe una clasificatoria de viviendas construidas por material predominante en las paredes exteriores.

Tabla 1. Cuadro INEI, Características de la infraestructura de viviendas particulares (1).

CUADRO N°4.15
PERÚ: VIVIENDAS PARTICULARES CON OCUPANTES PRESENTES, POR MATERIAL PREDOMINANTE EN LAS PAREDES EXTERIORES, SEGÚN DEPARTAMENTO, 2017
(Absoluto)

Departamento	Total	Material predominante en las paredes exteriores de la vivienda						
		Ladrillo o bloque de cemento	Piedra o sillar con cal o cemento	Adobe o tapia	Quincha (caña con barro)	Piedra con barro	Madera (pona, tornillo etc.)	Otro material 1/
Total	7 698 900	4 298 274	43 170	2 148 494	164 538	77 593	727 778	239 053
Amazonas	102 407	17 011	133	53 232	6 272	938	23 370	1 451
Ancash	295 899	115 565	422	141 794	2 631	885	4 025	30 577
Apurímac	120 548	25 092	132	91 752	141	1 935	799	697
Arequipa	381 388	294 599	17 613	30 835	7 279	6 249	10 537	14 276
Ayacucho	173 344	45 289	640	107 647	419	6 478	11 343	1 528
Cajamarca	376 223	83 293	339	264 310	9 023	9 708	8 315	1 235
Prov. Const. del Callao	244 820	183 084	1 206	4 505	2 802	176	50 477	2 570
Cusco	323 572	79 207	1 534	217 794	400	8 196	15 192	1 249
Huancavelica	102 996	12 598	464	84 835	147	4 417	232	303
Huánuco	189 813	54 931	347	104 930	370	1 149	26 901	1 185
Ica	221 679	152 981	577	29 064	7 891	305	9 021	21 840
Junín	324 075	160 311	678	107 473	6 318	1 850	43 830	3 615
La Libertad	441 862	203 065	912	228 792	1 585	1 588	1 307	4 613
Lambayeque	289 969	157 972	460	121 671	5 186	224	877	3 579
Lima	2 418 047	1 981 354	11 705	130 745	12 163	2 767	208 178	71 135
Loreto	189 526	67 618	254	1 334	277	430	113 460	6 153
Madre de Dios	39 381	21 010	398	723	5	30	16 310	905
Moquegua	56 457	34 161	145	11 161	310	449	3 187	7 044
Pasco	63 938	25 252	244	21 626	529	505	14 313	1 469
Piura	469 272	222 500	1 429	130 735	61 090	983	8 294	44 241
Puno	386 671	119 455	2 015	226 775	303	26 213	7 754	4 156
San Martín	210 790	103 570	387	23 261	17 695	1 198	60 544	4 135
Tacna	97 545	78 910	478	7 650	465	248	2 613	7 181
Tumbes	60 902	30 935	412	4 766	21 129	433	2 137	1 090
Ucayali	117 776	28 511	246	1 084	108	239	84 762	2 826
Provincia de Lima 2/	2 175 200	1 850 434	10 905	52 272	7 089	1 244	197 660	55 596
Región Lima 3/	242 847	130 920	800	78 473	5 074	1 523	10 518	15 539

1/ Comprende; Triplay, calamina, estera entre otros.

2/ Comprende los 43 distritos que conforman la provincia de Lima .

3/ Comprende las provincias de Barranca. Caiatambo. Canta. Cañete. Huaral. Huarochiri. Huaura. Ovón y Yauvos.

Fuente: INEI, Censos Nacionales, Características de la infraestructura de las viviendas particulares, 2017.

Se detalla que para la región Junín, el 50% de viviendas presentan ladrillos o bloques de cemento como material predominante de la vivienda, cuyos materiales son empleados en los sistemas estructurales mencionados.

En el sistema estructural mixto, mayormente la configuración estructural plantea y ubica la albañilería confinada en los límites de propiedad y en la otra dirección los pórticos de concreto armado; el sistema de pórticos está compuesto de elementos prismáticos de concreto armado que son las columnas y vigas, estos unidos por nudos rígidos componen el pórtico, su comportamiento estructural depende de la rigidez y resistencia de sus elementos.

El sistema de albañilería confinada es aquella que está compuesta de muros portantes, estos muros deben estar confinados vertical y horizontalmente por elementos de concreto armado, como: columnas, vigas soleras, vigas peraltadas; también los muros portantes deben ser continuos verticalmente desde su cimentación, considerar los siguientes parámetros, longitud mínima de 1.20 m y una longitud máxima de dos veces su altura libre o 5 m (el mayor).

Otro problema son los **materiales de construcción** empleados. Actualmente, en cuanto al uso del concreto, se opta por el concreto premezclado debido a sus ventajas para la construcción y disminución de su informalidad; el otro material predominante son las unidades de albañilería o ladrillos.

En la ciudad de Huancayo se expende ladrillos fabricados artesanalmente e industrializados, los ladrillos artesanales son del tipo sólido, que en los inicios del esplendor de la construcción éste era la unidad más utilizada; sin embargo, estas unidades no pasan por controles de calidad en su fabricación. Por otro lado, los ladrillos industriales se presentan en unidades sólidas, huecas y tubulares o pandereta, este tipo de ladrillos si poseen certificados de controles de calidad y en nuestra zona se pueden obtener en marcas como: Pirámide, Rex, Fortaleza, Delta, Zeus y San Juan. Los cuales en sus fichas técnicas tienen detallado el tipo de uso para una vivienda.

Un ejemplo frecuente se da en el uso de los ladrillos sólidos, estos son utilizados para los muros portantes y los ladrillos tubulares para muros no portantes; pero debido al menor costo del ladrillo tubular y la no supervisión de un profesional conlleva a que la población compre esta unidad para emplearlo en todos los elementos de su vivienda, sobrevalorando el factor económico sobre los factores de seguridad y calidad en las construcciones.

Sobre la calidad, se sabe que existen variaciones en propiedades físicas, propiedades mecánicas, etc. Entre los diferentes tipos de unidades de albañilería, se realizan diversos ensayos en laboratorio y se obtienen resultados de las propiedades como: la resistencia a

compresión axial de pilas de ladrillo (f'_m), la resistencia a corte puro de muretes (v'_m) y la resistencia a compresión axial de la unidad de albañilería (f'_b); la norma “E.070 Albañilería” proporciona estos valores promedios de un historial de ensayos que realizó.

Tabla 2. Resistencias características de la albañilería de la norma “E.070 Albañilería” (2).

TABLA 9 (**) RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg / cm ²)				
Materia Prima	Denominación	UNIDAD f'_b	PILAS f'_m	MURETES v'_m
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	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)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto Bloque Tipo P (*)		4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		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)

(*) Utilizados para la construcción de Muros Armados.

(**) El valor f'_b se proporciona sobre área bruta en unidades vacías (sin grout), mientras que las celdas de las pilas y muretes están totalmente rellenas con grout de $f'_c = 13,72 \text{ MPa}$ (140 kg/cm²). El valor f'_m ha sido obtenido contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en la Tabla 10.

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica “E.070 Albañilería”, 2006.

El ultimo problema observado es el **proceso constructivo** del sistema estructural de albañilería confinada; en la norma “E.070 Albañilería”, se detalla los procedimientos de construcción que se deben cumplir, como: los límites de medida de las juntas de mortero, el tipo de unidad de ladrillo a emplear en el muro portante, tratamiento de las unidades de albañilería antes de su uso, altura de asentado en el primer día de trabajo y que sus confinamientos deben ser vaciados después de la construcción del muro de ladrillo.

Pero, se observa que no hay cumplimiento del empleo de la unidad de ladrillo indicada en los planos estructurales, puesto que el muro portante no presenta continuidad del uso de la misma unidad de ladrillo en los diferentes niveles de la edificación.

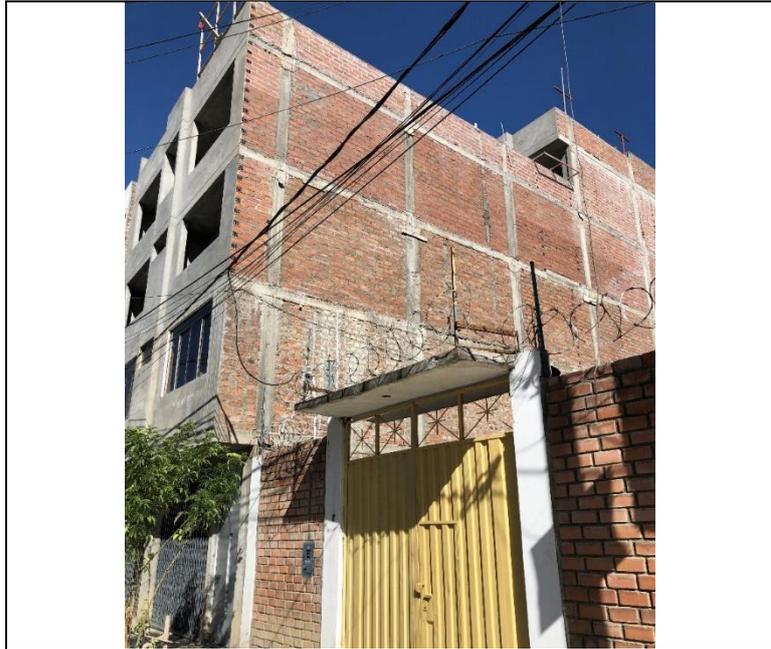


Figura 2. Vivienda con empleo de diferentes ladrillos en sus muros portantes, ubicación: Calle Júpiter, Chorrillos.

En la figura 2, la edificación de albañilería confinada presenta ladrillos artesanales en los dos primeros niveles, mientras en los niveles superiores se empleó las unidades tubulares o pandereta.



Figura 3. Vivienda con empleo de ladrillos artesanales en los dos primeros niveles y ladrillos tubulares en el tercer nivel, ubicación: Calle Marte, Chorrillos.



Figura 4. Vivienda con empleo de ladrillos artesanales en los dos primeros niveles y ladrillos tubulares en los últimos niveles, ubicación: Av. Calmell del Solar, Chorrillos.



Figura 5. Vivienda con empleo de ladrillos artesanales en los tres primeros niveles y ladrillos tubulares en el último nivel, ubicación: Av. José Olaya, Urb. Pielago.



Figura 6. Vivienda con empleo de ladrillos artesanales en los dos primeros niveles y ladrillos tubulares en el tercer nivel, ubicación: Jr. Miraflores, Urb. Pielago.

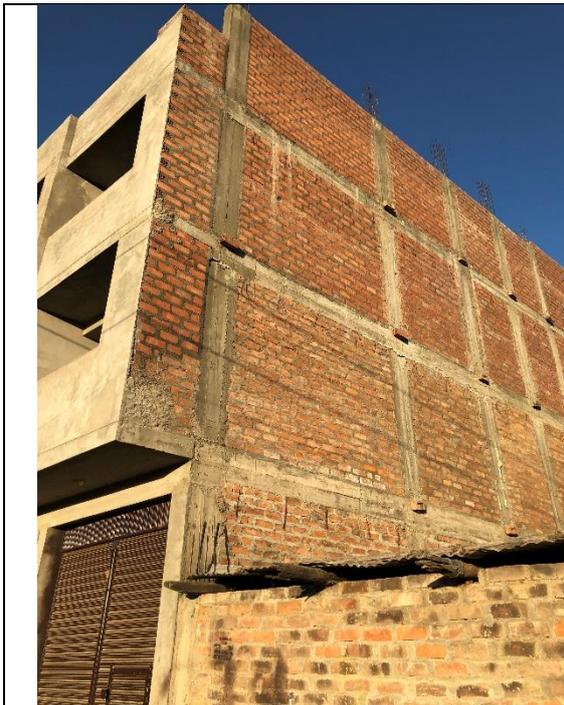


Figura 7. Vivienda con empleo de ladrillos artesanales en los dos primeros niveles y ladrillos tubulares en los últimos niveles, ubicación: Calle Los Pinos, Palian.

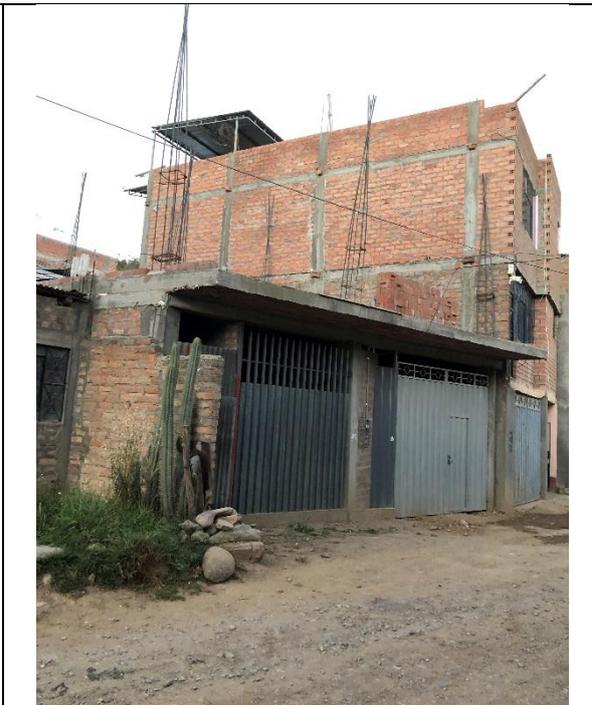


Figura 8. Vivienda con empleo de ladrillos artesanales en los dos primeros niveles y ladrillos tubulares en el tercer nivel, ubicación: Calle Ricardo Palma, Palian.



Figura 9. Vivienda con empleo de ladrillos industriales en los tres primeros niveles y ladrillos tubulares en los últimos niveles, ubicación: Urb. Sol de los Andes.



Figura 10. Vivienda con empleo de ladrillos artesanales en los dos primeros niveles y ladrillos tubulares en el tercer nivel, ubicación: Urb. La Merced.



Figura 11. Vivienda con empleo de ladrillos artesanales en los dos primeros niveles y ladrillos tubulares en el último nivel, ubicación: Jr. Castilla, Palian.

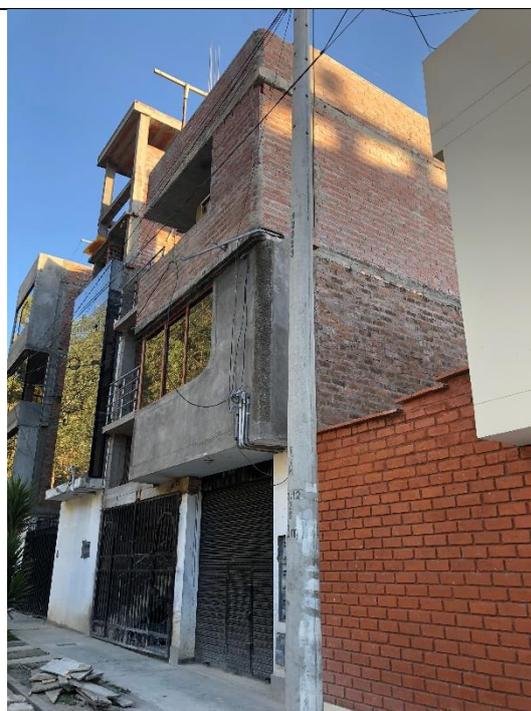


Figura 12. Vivienda con empleo de ladrillos artesanales en los dos primeros niveles y ladrillos tubulares en el tercer nivel, ubicación: Calle Ñandúes, Urb. Corona del Fraile.

Las edificaciones deben tener un comportamiento estructural aceptable frente a las cargas que se presentan, como las cargas de gravedad y cargas de sismo, las cargas de gravedad son propiamente las cargas que soportará la edificación en toda su vida útil como son la carga muerta y carga viva. En tanto, las cargas de sismo son generados por movimientos en la corteza terrestre, estas cargas y/o fuerzas producen momentos de inercia en la estructura y consecuentemente desplazamientos, frente a estas cargas sísmicas que son las más críticas para una edificación se debe hacer un análisis para comprobar si la estructura alcanzará una respuesta aceptable y no presentará fallas o más aún que llegue a su colapso; en el sistema dual se tiene la consideración de que los pórticos de concreto armado resisten las cargas de gravedad y cargas de sismo en su dirección, mientras los muros portantes de albañilería confinada resisten cargas sísmicas igual en su propia dirección.

Por consiguiente, frente a la carga sísmica que eventualmente se puede presentar en un sistema estructural dual donde presenta variaciones de uso de ladrillo en los muros portantes, se deberá comprobar si la estructura cumplirá con los requisitos estructurales brindados por la normativa, si no es el caso plantear alternativas de solución del problema existente.

1.1.2 Formulación del problema

A) Problema general

¿Cuál es el comportamiento estructural de los muros portantes ante los requisitos estructurales mínimos y carga sísmica en una edificación de 04 niveles configurada con un sistema estructural dual construida con unidades de albañilería liviana?

B) Problemas específicos

1. ¿Son aceptables los desplazamientos laterales relativos admisibles en la edificación configurada con un sistema estructural dual?
2. ¿En qué medida actúa la resistencia al corte de los muros portantes con unidades de albañilería liviana en la edificación ante la acción de sismo moderado?

3. ¿De qué forma interviene la resistencia al corte de los muros portantes con unidades de albañilería liviana en la estructura ante la acción de sismo severo?
4. ¿Qué alternativas de solución estructural se proponen en una edificación construida con unidades de albañilería liviana?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Evaluar el comportamiento estructural de los muros portantes ante los requisitos estructurales mínimos y carga sísmica en una edificación de 04 niveles configurada con un sistema dual construida con unidades de albañilería liviana.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Comprobar los desplazamientos laterales relativos admisibles en la edificación configurada con un sistema estructural dual.
2. Describir la influencia de la resistencia al corte de los muros portantes con unidades de albañilería livianas ante la acción de sismo moderado en la edificación.
3. Detallar el comportamiento de la resistencia al corte de los muros portantes con unidades de albañilería livianas ante la acción de sismo severo en la estructura.
4. Proponer alternativas de reforzamiento estructural para una edificación construida con unidades de albañilería liviana.

1.3 Justificación e importancia

La investigación propuesta aportará resultados del análisis sísmico del modelamiento de un sistema estructural dual que presenta variaciones en las unidades de albañilería de los muros portantes (primer y segundo nivel construidos con ladrillos King Kong, tercer y cuarto nivel construidos con ladrillos pandereta), con este modelamiento poder comprobar si este tipo de edificación con las características señaladas cumple con los siguientes parámetros: espesor efectivo, esfuerzo axial máximo, desplazamientos laterales en cada entrepiso permitido por la normativa, control de fisuración, resistencia al

corte, agrietamiento diagonal; con ello observar y describir si la respuesta estructural de la edificación será aceptable o no, si no cumple los criterios mencionados plantear alternativas de solución como el reforzamiento estructural.

Deduciendo, el tema será de gran aporte, debido que actualmente existen varias edificaciones con las particularidades mencionadas, se debe realizar un análisis estructural sísmico y comprobar si estas edificaciones pueden ser confiables estructuralmente.

1.4 Hipótesis y descripción de variables

1.4.1 Hipótesis

A) Hipótesis general

El comportamiento estructural de los muros portantes en una edificación de 04 niveles configurada con un sistema dual construida con unidades de albañilería liviana no es aceptable frente los requisitos estructurales mínimos y su análisis ante carga sísmica.

B) Hipótesis específicas

1. Los desplazamientos laterales relativos admisibles no cumplen los límites normativos para la edificación.
2. La resistencia al corte de los muros portantes con unidades de albañilería livianas es deficiente ante la acción del sismo moderado.
3. La resistencia al corte de los muros portantes con unidades de albañilería livianas no tolera la acción del sismo severo.
4. Proponer tres alternativas de reforzamiento estructural para una edificación construida con unidades de albañilería liviana.

1.4.2 Descripción de variables

MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Tipo de variable	Escala de valoración	Instrumento
Resistencias características de la albañilería.	Propiedades mecánicas de la albañilería que se manifiesta ante la acción de una fuerza.	Resistencia característica a compresión axial de la albañilería. (f'm)	kg/cm ²	Cuantitativo e independiente	$f'm = \frac{P}{A} - \sigma$	Ensayo de resistencia a la compresión axial de la albañilería y tabla de cálculos numéricos.
		Resistencia característica a compresión diagonal de la albañilería (v'm).	kg/cm ²		$v'm = \sqrt{f'm}$	
Comportamiento estructural de la albañilería.	Respuesta estructural de la albañilería frente a solicitaciones estáticas o dinámicas.	Espesor efectivo	Metros (m)	Cuantitativo y dependiente	$t \geq \frac{h}{20}$, zona sísmica 2, 3 y 4	Tablas de control.
		Esfuerzo axial máximo	kg/cm ²		$\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot t} \leq 0.2f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right] \leq 0.15f'_m$	
		Desplazamiento lateral relativo admisible	Metros (m)		$\frac{\Delta_i}{h_{ei}} < 0.005$, albañilería	
		Control de fisuración	kg/cm ²		$V_e \leq 0.55V_m$	
		Resistencia al corte global	kg/cm ²		$\sum V_{mi} \geq V_{EI}$	
		Verificación del agrietamiento.	kg/cm ²		$V_{mi} > V_{EI}$	

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes nacionales

En el ámbito local, la tesis dada por **Ayar Peralta Marticorena**, con el tema **“Evaluación y ventajas de una albañilería confinada construida con ladrillos artesanales y otra con industriales en la provincia de Huancayo”** (3); tiene como objetivo comparar las características físicas y mecánicas entre la albañilería confinada artesanal e industrial.

En dicha investigación desarrolla pruebas clasificatorias (variación dimensional, alabeo, resistencia a la compresión) y pruebas no clasificatorias (absorción, densidad) a las unidades de albañilería mencionadas; además, realizó el cálculo estructural de una vivienda - comercio de dos niveles comparando el empleo de la unidad de albañilería; terminado el cálculo estructural de forma manual se procedió a comparar los resultados obtenidos con el programa ETABS, habiendo una diferencia mínima en los valores.

En conclusión, ambas unidades de albañilería no cumplen los requisitos de resistencia para ser usados estructuralmente, pero en el análisis se obtuvo que independientemente del uso del ladrillo ningún desplazamiento máximo sobrepasa el rango brindado por la normativa y que los ladrillos industriales presentan menor desplazamiento que los ladrillos artesanales.

En el ámbito nacional, los ingenieros **Ángel San Bartolomé y Daniel Quiun** desarrollaron el trabajo de investigación titulado **“Diseño sísmico de edificaciones de albañilería confinada”** (4), cuyo objetivo es considerar el criterio de desempeño sísmico en dos técnicas de diseño, ante la acción de sismo moderado (comportamiento elástico

de los muros) y ante sismo severo (probable falla por corte en los muros, pero que sean reparables).

En dicha investigación se desarrolló procedimientos teóricos y experimentales, de manera experimental ejecutó ensayos de carga lateral cíclica en muros a escala natural, del resultado se obtuvo que mucho influye la calidad de los ladrillos para la propiedad de resistencia a fuerza cortante y rigidez lateral en los muros portantes, los confinamientos que bordean los muros portantes deben ser preferentemente peraltados tanto columnas como vigas, con lo que se eleva la rigidez lateral y fuerza cortante.

Como conclusión se obtiene que este procedimiento teórico ha sido comprobado mediante experimentos estáticos y dinámicos realizados a escala natural, donde se aplica los criterios de desempeño de la estructura ante sismos moderados y severos.

Otra investigación es dada por el Ing. **Ángel San Bartolomé y José Ordoñez** con el tema de **“Comparación del comportamiento sísmico de un muro de albañilería confinada tradicional y otro caravista”** (5); tiene como objetivo analizar mediante ensayos de carga lateral cíclica, la posibilidad de emplear muros caravista en la construcción de viviendas de hasta dos pisos y así comprobar las diferencias, ventajas y/o desventajas entre estos.

Parte con una premisa, que al emplear muros de albañilería confinada del tipo caravista se puede eliminar la partida de tarrajeo y así disminuir el costo de construcción, para obtener los resultados de resistencia de ese tipo de muros caravista se desarrolló varios ensayos experimentales, entre ellos: compresión axial y compresión diagonal a pilas; y muretes de ladrillo del tipo caravista y de la forma tradicional, los ladrillos empleados fueron King Kong de 18 huecos.

Además, se realizó un ensayo adicional en muros a escala natural, una vez construidos se aplicó el ensayo de carga lateral cíclica a los muros, cabe destacar que los muros tradicionales mostraron más daños que los muros caravista, debido a que en el muro caravista el mortero de arena fina penetró en mayor grado en el interior de las perforaciones del ladrillo, convirtiendo prácticamente al ladrillo hueco en sólido.

En conclusión, las resistencias no varían en gran porcentaje y son aceptables debido a que este sistema esta propuesto para viviendas de hasta dos pisos que no necesitan alta resistencia sísmica, en consecuencia, se puede emplear muros caravista y obtener un ahorro de 26% por metro cuadrado de albañilería al poder eliminar la partida de tarrajeo.

El siguiente antecedente es: **“Reforzamiento de viviendas existentes hechas con ladrillos pandereta”**, elaborado por el Ing. **Ángel San Bartolomé, Daniel Quiun, Tania Araoz y Jhonatan Velezmoro** (6).

Tiene el objetivo de analizar experimentalmente la técnica de reforzamiento en base a malla electrosoldada recubierta con mortero para evitar colapsos de viviendas ante posibles eventos sísmos; se sabe que por razones económicas la mayoría de personas ven la factibilidad de utilizar ladrillos pandereta para la construcción de sus viviendas, siendo un error emplear esta clase de ladrillos en los muros portantes porque la normatividad vigente lo restringe, se busca experimentalmente que al reforzar este tipo de muros con malla electrosoldada aumente sus propiedades de resistencia y evite el colapso.

Sé construyeron dos muros a escala real, uno sin malla y el otro reforzado con malla en ambas caras de la albañilería, esta malla solo se conectó al muro y no hasta los confinamientos; una vez elaborado los ensayos experimentales y los cálculos concluye que la malla electrosoldada recubierta con mortero cumplió su objetivo de evitar la trituración de los ladrillos pandereta frente a la simulación sísmica; la malla electrosoldada modificó el tipo de falla del muro, se presentó la falla por flexión, debido a que se aumentó el espesor efectivo del muro y paralelo a ello aumento la resistencia a fuerza cortante, con lo que la rigidez lateral aumento porcentualmente a los valores comparados con el muro sin refuerzo.

La siguiente tesis brindada por el Ing. **Plinio Mamani Quina** con el tema de investigación **“Comportamiento mecánico de muros de albañilería tubular confinada reforzados con malla electrosoldada ante cargas sísmicas y gravitacionales”** (7).

Esta investigación tuvo como objetivo estudiar el comportamiento de los muros de albañilería liviana con mallas electrosoldadas ante cargas sísmicas y gravitacionales, realizó ensayos de pilas, prismas y muros a escala natural de albañilería liviana, todos los ensayos incluyendo la malla electrosoldada de refuerzo.

En el ensayo de resistencia a compresión de la unidad de albañilería tubular obtuvo el valor de: $f'b = 57 \text{ kgf/cm}^2$, para el ensayo de pilas de albañilería se aplicó el reforzamiento y tarrajeo por ambas caras obteniendo el valor de resistencia a compresión axial $f'm = 27 \text{ kgf/cm}^2$, el valor de módulo de elasticidad fue: $E_m = 59\,500 \text{ kgf/cm}^2$, el valor de resistencia de compresión diagonal fue: $v'm = 9.0 \text{ kgf/cm}^2$ y el módulo de corte fue: $G_m = 13\,000 \text{ kgf/cm}^2$; desarrolló el análisis teórico con los valores obtenidos en los ensayos

utilizando las expresiones de la norma técnica “E.070 Albañilería” para los respectivos diseños de muros (elementos de confinamiento), diseño de reforzamiento con malla electrosoldada, cálculo de la rigidez lateral, fisuración en tracción por flexión, resistencia asociada a la falla por flexión y tipo de falla esperado en los muros.

Finalmente realizó el procesamiento de datos y comparó los valores experimentales con los valores teóricos, por ejemplo: la rigidez lateral experimental fue 19% mayor al valor teórico, el módulo de elasticidad fue 17% mayor al valor teórico y el módulo de corte fue 46% mayor al valor teórico: en conclusión, se obtuvo que el refuerzo con malla electrosoldada incrementa la resistencia y evita la trituración de las unidades de albañilería liviana.

2.1.2 Antecedentes internacionales

En el ámbito internacional la investigación “**Alternativa estructural de refuerzo horizontal en muros de mampostería**” realizado por **Diego Páez Moreno, Sonia Parra Rojas y Carlos Montaña Gutiérrez**, elaborado en Colombia (8).

Cuyo objetivo es analizar la implementación de grafiles de acero a muros de mampostería como alternativa de refuerzo horizontal; detalla que el comportamiento de muros de mampostería está asociada a las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que se utilizan para en su construcción.

Experimentalmente realizó ensayos en muretes con diferentes formas de reforzamiento empleando el grafil, los tipos de falla que presentaron fueron:

- Falla por adherencia, cuando la resistencia de las unidades de albañilería es mayor en relación con la resistencia de la adherencia del mortero.
- Falla combinada, cuando la resistencia a la tensión de las unidades de albañilería es menor en relación con la resistencia de adherencia del mortero.
- Falla semi-diagonal, cuando la falla del agrietamiento diagonal se produce en las unidades de albañilería como en las juntas de mortero.

En conclusión, afirma que el reforzamiento horizontalmente en los muros produce un aumento en la resistencia y que está relacionado a la ubicación del refuerzo en el muro, si el refuerzo se localiza en el centro, mayor es la resistencia frente a la fuerza de corte.

Otro tema es “**Técnicas de reforzamiento de estructuras construidas de concreto que presentan deficiencias estructurales**” realizado por **Eduardo Raigosa** en Costa Rica (9).

Tuvo como objetivo determinar las técnicas de reforzamiento de estructuras de concreto, se limita aplicar la metodología en algunos elementos estructurales debido a su deficiencia en la resistencia del concreto y carencia del refuerzo de acero.

Entre ellos, el reforzamiento de cimientos plantea: primero, construir nuevas secciones transversales al cimiento para controlar las deflexiones, otro es aplicar inyección de concreto debajo del cimiento que presente problemas de capacidad portante; para reforzar las columnas formula: encamisar con acero la columna existente, construir un anillo perimetral de concreto en la columna, insertar acero por una zona demolida y luego cubrir con concreto; para reforzar muros confinados propone introducir columnas de concreto en zonas intermedias y así disminuir las cargas actuantes sobre el mismo porque logra que la dimensión efectiva sea menor; en el reforzamiento de vigas propone incorporar acero faltante realizando surcos en la viga y posteriormente rellenar con concreto de alta resistencia; por último, en el reforzamiento de losas, se propone implementar una sobre-losa cuya función es aumentar el espesor y obtener esfuerzos menores.

En conclusión, las técnicas de reforzamiento mencionadas son favorables brindando resultados aceptables y evitando la demolición de dichos elementos.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Albañilería

❖ Unidades de albañilería

Las unidades empleadas en las construcciones de albañilería en gran parte son elaboradas con arcilla como materia prima. De acuerdo a sus dimensiones, éstas son clasificadas en ladrillos y bloques, se denomina ladrillo cuando puede ser manipulado y asentado con una mano; y bloque, cuando por su peso y dimensiones se emplea ambas manos.

➤ Tipos de unidades de albañilería

▪ Ladrillos industriales

Fabricados en plantas industriales, su proceso consta de los siguientes pasos: selección de materia prima, molienda de materia prima, amasado y formado de ladrillo, secado y

cocción; además la producción posee cámaras de supervisión, obteniendo como resultado mejor calidad en los productos finales, actualmente este tipo de ladrillos son los más empleados en edificaciones para el uso de muros portantes.

- **Ladrillos macizos**

Conocidos también como ladrillos INFES o King Kong 30%, esta unidad de albañilería presenta un porcentaje de vacíos menor o igual al 30% del área bruta, sus orificios están ubicados perpendicularmente a la superficie de asentado, recomendado para muros portantes por ser calificado como ladrillo clase V por sus buenas propiedades físicas y resistentes.



- **Ladrillos huecos**

Conocidos como ladrillos King Kong 18 huecos porque presenta 18 orificios perpendiculares a la superficie de asentado, su porcentaje de vacíos es mayor al 30% del área bruta, comúnmente entre un rango de 40% a 50% de vacíos, son calificados como ladrillo clase IV y pueden ser usados para muro portante si cumple las restricciones de la normativa.



- **Ladrillos tubulares**

Son las que tienen sus orificios o perforaciones ubicados en forma paralela a la superficie del asentado, estos orificios llegan a representar entre un 65% a 70% de vacíos, es por eso que son livianos, el peso promedio es de 2.20 kg por unidad, también conocidos como ladrillos pandereta, utilizados mayormente en tabiques (muros no portantes).

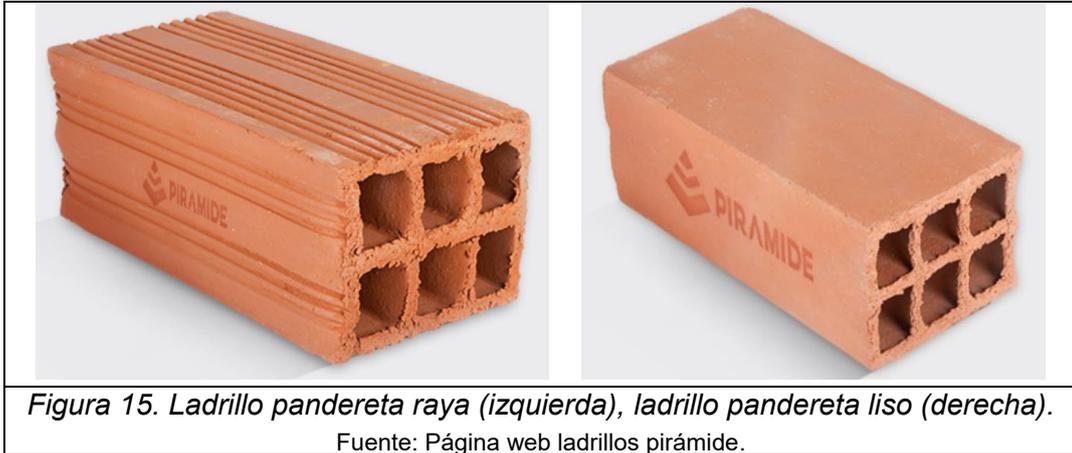


Figura 15. Ladrillo pandereta raya (izquierda), ladrillo pandereta liso (derecha).

Fuente: Página web ladrillos pirámide.

Existen dos tipos de ladrillos pandereta: pandereta raya o acanalada que se emplea para obtener una mejor adherencia con el mortero, y pandereta lisa que se usa en aquellos muros donde se requiera un mejor acabado; en cuanto a dimensiones son las siguientes:

- Alto: 9.0 – 9.5 cm.
- Ancho: 10.5 – 11.0 cm.
- Largo: 23 cm.

Las empresas que distribuyen esta unidad en la ciudad de Huancayo son: Pirámide, Fortaleza, Delta, Zeus y San Juan.

➤ **Propiedades de las unidades de albañilería**

- **Resistencia a compresión axial de la unidad de albañilería ($f'b$) - (NTP 399.613)**

Este valor define la calidad estructural del ladrillo y el nivel de resistencia a la intemperie, también con este valor se define el tipo de ladrillo considerando por la norma “E.070 Albañilería”, clasificados desde el tipo I hasta el tipo V.

Para la ejecución del ensayo se requiere unidades secas y deben ser refrentados con yeso o azufre para que haya una distribución uniforme de la carga sobre la unidad.

La resistencia unitaria se expresa como el valor de la carga de rotura dividida entre el área bruta para todo tipo de unidad, esta resistencia expresa solo la calidad de la unidad empleada y se obtiene restando una desviación estándar del valor promedio de varios ensayos:

$$fb = P/A \quad , \quad f'b = fb - \sigma$$

Donde:

- f'b: resistencia a compresión axial de la unidad de albañilería.
- P: carga máxima de rotura.
- A: área bruta de la sección transversal.
- σ : desviación estándar.

▪ **Resistencia característica a compresión axial de la albañilería (f'm) – (NTP 339.613)**

Es el valor de la resistencia de una pila de albañilería, dividiendo la carga de rotura con el área bruta y se obtiene restando una desviación estándar del valor promedio de varios ensayos:

$$fm = Pmax/Area \cdot (f_1 \cdot f_2) \quad , \quad f'm = fm - \sigma$$

Donde:

- f'm: resistencia característica a compresión axial de la albañilería.
- Pmax: carga máxima de rotura.
- Área: área bruta de la sección transversal.
- f_1 : factor por incremento de edad.
- f_2 : factor de corrección por esbeltez.

Los pasos para la elaboración del ensayo de compresión axial de las pilas de albañilería son:

- Humedecer los ladrillos durante 30 minutos unas 15 horas antes de su construcción.
- Controlar la verticalidad y alineamiento horizontal de las pilas.
- Controlar las medidas de las juntas de mortero.
- Almacenar las pilas de albañilería en un ambiente temperado evitando altas gradientes térmicas.
- El ensayo se realiza a los 28 días, pero la norma "E.070 Albañilería" permite realizar el ensayo unos días antes considerando que el valor debe ser afectado por los siguientes factores.

Tabla 3 – Factor por incremento de edad (2).

TABLA 8 INCREMENTO DE f'_m y v'_m POR EDAD			
Edad		14 días	21 días
Muretes	Ladrillos de arcilla	1,15	1,05
	Bloques de concreto	1,25	1,05
Pilas	Ladrillos de arcilla y Bloques de concreto	1,10	1,00

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica “E.070 Albañilería”, 2006.

- Considerar el factor de corrección por esbeltez de las pilas de la albañilería.

Tabla 4 – Factor de corrección por esbeltez (2).

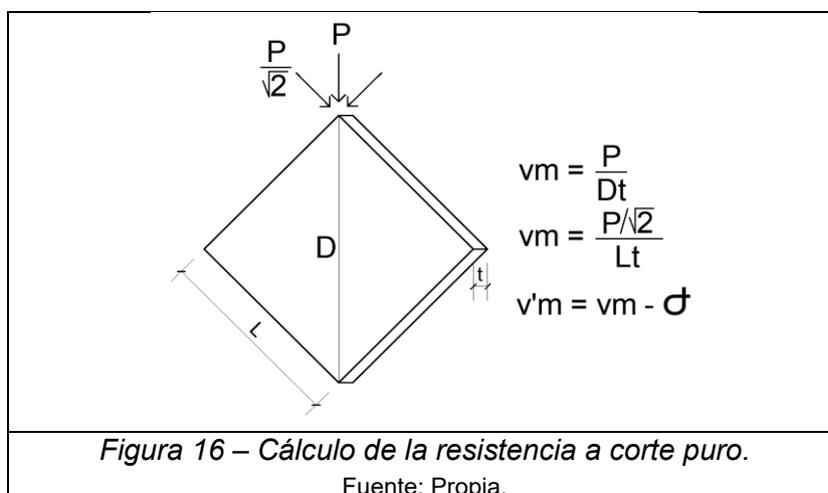
TABLA 10 FACTORES DE CORRECCIÓN DE f'_m POR ESBELTEZ						
Esbeltez	2,0	2,5	3,0	4,0	4,5	5,0
Factor	0,73	0,80	0,91	0,95	0,98	1,00

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica “E.070 Albañilería”, 2006.

- Realizar un capeado a las pilas para eliminar las irregularidades en las superficies de contacto con el equipo de compresión.
- Tomar las dimensiones de las pilas de albañilería.
- Ensayar las pilas en la máquina de compresión empleando platinas en sus paredes en contacto con la máquina y luego procesar los resultados.

▪ **Resistencia a corte puro o compresión diagonal (v'_m) – (NTP 399.621)**

Se obtiene dividiendo la carga de rotura entre el área bruta de la diagonal cargada (Dt), luego al valor promedio se le resta la desviación estándar.



Procedimiento del ensayo:

- Las longitudes mínimas de los muretes serán de 60 x 60 cm, y un máximo de 68 x 68 cm.
- Humedecer los ladrillos durante 30 minutos unas 15 horas antes de su construcción.
- Controlar la verticalidad y espesor de las juntas.
- Aplicar un refrentado en las zonas que tendrán contacto con los cabezales metálicos del equipo de ensayo.
- Medir los lados del prisma y la longitud diagonal.
- Luego de obtener el valor de compresión realizar los cálculos correspondientes.

Según la norma "E.070 Albañilería" el valor de compresión diagonal ($v'm$) también se puede obtener de la siguiente ecuación:

$$v'm = \sqrt{f'm}$$

Donde:

- $v'm$: resistencia a compresión diagonal.
- $f'm$: resistencia característica a compresión axial de la albañilería.

▪ **Módulo de elasticidad (E_m)**

Relación entre el esfuerzo unitario y deformación unitaria de un material, este valor también representa el grado de rigidez del material; para la albañilería el valor del módulo de elasticidad se puede obtener de la siguiente expresión normativa:

- Unidades de arcillas: $E_m = 500 \cdot f'm$
- Unidades sílico - calcáreas: $E_m = 600 \cdot f'm$
- Unidades de concreto vibrado: $E_m = 700 \cdot f'm$

Donde:

- E_m : módulo de elasticidad.
- $f'm$: resistencia característica a compresión axial de la albañilería.

Experimentalmente este valor también se puede obtener del ensayo de compresión axial de pilas de albañilería, registrando el promedio de las cargas y deformaciones.

▪ **Módulo de corte (G_m)**

Relación entre el esfuerzo de corte y la deformación de corte.

$$G_m = 0.40 \times E_m$$

Donde:

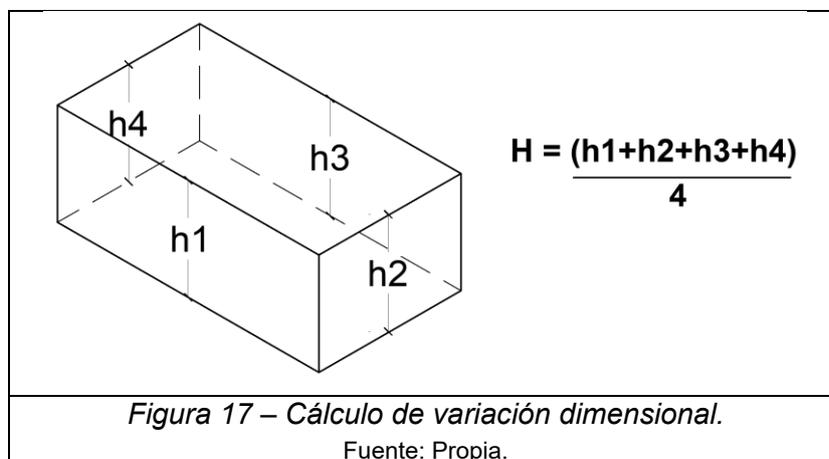
- Gm: módulo de corte.
- Em: módulo de elasticidad.

Experimentalmente con el ensayo de compresión diagonal de muretes de albañilería se puede obtener este valor, ubicamos los instrumentos de medición de deformaciones y registramos los diagramas de carga versus desplazamiento horizontal y vertical

➤ **Ensayos clasificatorios**

▪ **Variación dimensional – (NTP 399.613)**

Se calcula promediando las cuatro medidas de cada arista de la unidad de albañilería.



Se obtendrá el valor dividiendo la desviación estándar y el valor promedio multiplicado por 100, como se detalla:

$$V(\%) = \frac{(De - Dp)}{De} \cdot 100$$

Donde:

- V (%): variación dimensional en porcentaje.
- De: dimensión especificada por el fabricante.
- Dp: dimensión promedio.

A mayor variación dimensional provocará que las medidas de las juntas de mortero sean mayores provocando la reducción de resistencia a compresión y corte de la albañilería.

▪ **Alabeo – (NTP 399.613)**

Ensayo que comprueba la concavidad o convexidad de la superficie del ladrillo, este valor influye en la adherencia con el mortero puesto que si presenta vacíos se puede producir

fallas de tracción por flexión en el ladrillo debido al peso existente de las hiladas superiores en el muro portante.

El ensayo se realiza ubicando el ladrillo sobre una superficie plana, para luego introducir una cuña graduada en las zonas alabeadas, el resultado expresa el promedio en milímetros.

- **Resistencia a la compresión axial ($f'b$) – (NTP 399.613)**

Índice de calidad de la unidad de albañilería.

- **Ensayos no clasificatorios**

- **Succión – (NTP 399.613)**

Característica de la unidad de albañilería que mide cuánta agua absorbe del mortero, esto puede afectar al muro por debilitar las características del mortero, se calcula de la siguiente manera:

$$S = \frac{200 (P1 - P2)}{\text{Area de la superficiede de asiento}} , \left(\frac{gr}{200 \text{ cm}^2 - \text{min}} \right)$$

Donde:

- P1: peso de la unidad de albañilería sumergido durante un minuto.
- P2: peso seco de la unidad de albañilería.

Según la norma técnica “E.070 Albañilería”, los resultados deben ser menores a 37 gr / (200 cm² – min) recomendable de 10 a 20 gr / (200 cm² – min), si es mayor se debe hacer un tratamiento de humedecer durante treinta minutos unas 12 horas antes de su empleo para asentar.

- **Absorción – (NTP 399.613)**

Según (Plinio Mamani, 2015). La absorción está directamente relacionada con la resistencia al intemperismo (durabilidad). Mientras una unidad sea más absorbente esto indicará que la unidad es porosa por lo que será más vulnerable a la humedad, el intemperismo y a su deterioro gradual en el tiempo (7).

- **Eflorescencia – (NTP 399.613)**

Fenómeno causado por la formación de sales cuando las unidades de albañilería humedecidas están secando, esta particularidad afecta la durabilidad, adherencia con el mortero, obteniendo como resultado un muro portante de baja calidad.

❖ Mortero

Según (Flavio Abanto, 2017). Es un adhesivo que se utiliza para pegar los ladrillo 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 (10).

Sus componentes principales son el cemento, arena gruesa y agua potable, entre las relaciones más comunes de su empleo son: 1/4 y 1/5 (agua/cemento).

Tabla 5 – Tipos de mortero (2).

TABLA 4 TIPOS DE MORTERO				
COMPONENTES				USOS
TIPO	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 ½	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica “E.070 Albañilería”, 2006.

El uso de la cal en los morteros es opcional, porque este es un aditivo que mejora la plasticidad y retentividad de la mezcla, pero no incrementos la resistencia a compresión axial o diagonal de la albañilería.

❖ Barras de construcción

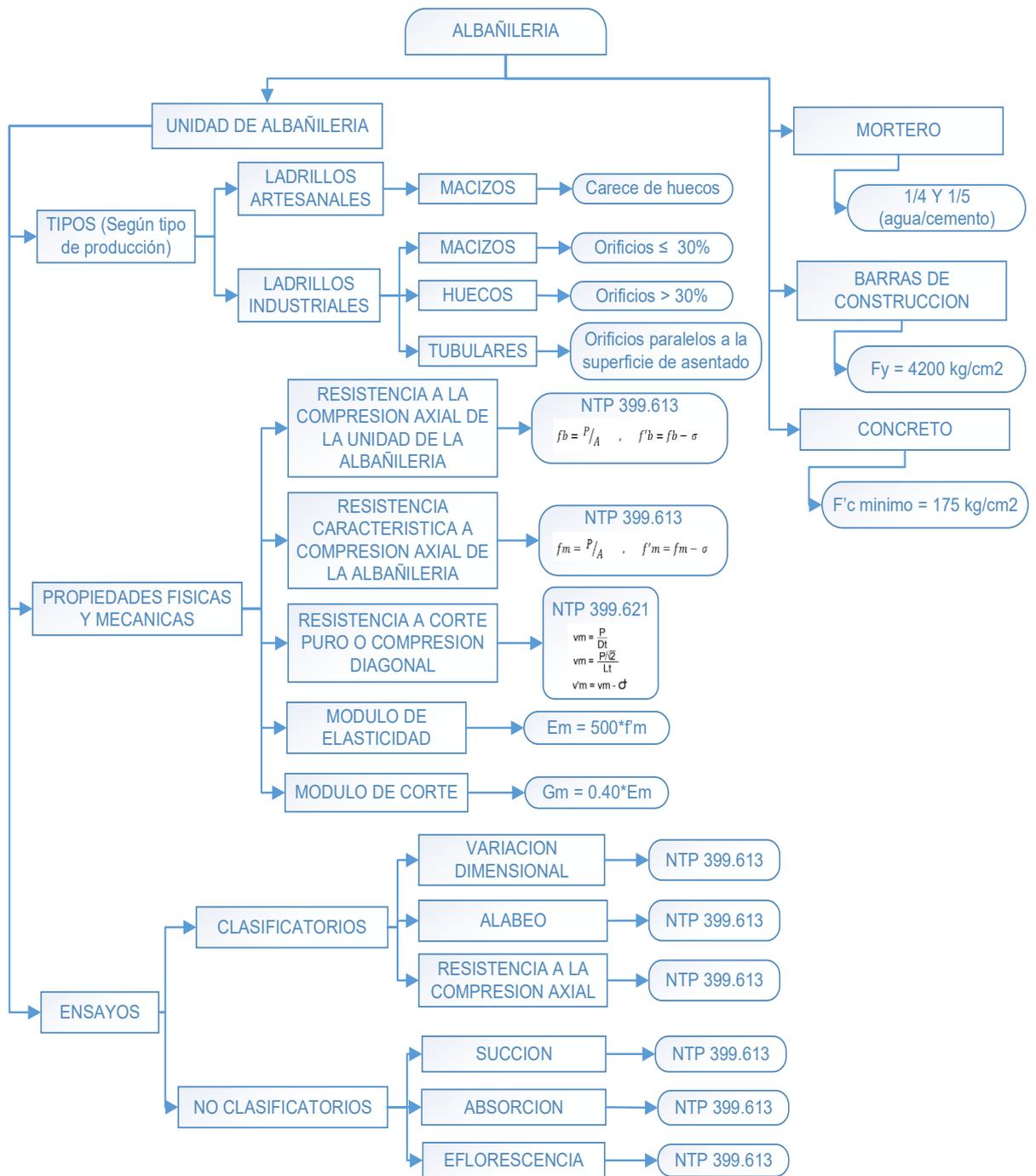
Según (Roberto Morales, 2016). El acero de refuerzo en concreto armado son varillas de sección redonda, las cuales tienen corrugaciones cuyo fin es restringir el movimiento longitudinal de las varillas relativo al concreto que las rodea (11).

También denominado acero corrugado, se emplea como refuerzo para resistir los esfuerzos de tracción provocado por los momentos flectores de la fuerza sísmica, este acero está ubicado en los confinamientos del muro portante (viga de cimentación, columnas, vigas de amarre).

❖ Concreto

Según (Teodoro Harmsen, 2002). El concreto es una mezcla de cemento, agregado grueso o piedra, agregado fino o arena y agua. El cemento, el agua y la arena constituyen el mortero cuya función es unir las diversas partículas de agregado grueso llenando los vacíos entre ellas. En teoría, el volumen de mortero sólo debería llenar el volumen entre partículas. En la práctica, este volumen es mayor por el uso de una mayor cantidad de mortero para asegurar que no se formen vacíos (12).

El concreto empleado en los confinamientos de la albañilería no deberá tener una resistencia a la compresión menor a 175 kg/cm^2 porque está sujeto a esfuerzos de compresión, tracción y corte provocado por las cargas gravitacionales y sísmicas, además debe cumplir los requisitos establecidos en la norma técnica de edificación "E.060 Concreto Armado".



2.2.2 Sistemas estructurales

❖ Albañilería confinada

➤ Componentes de la estructura

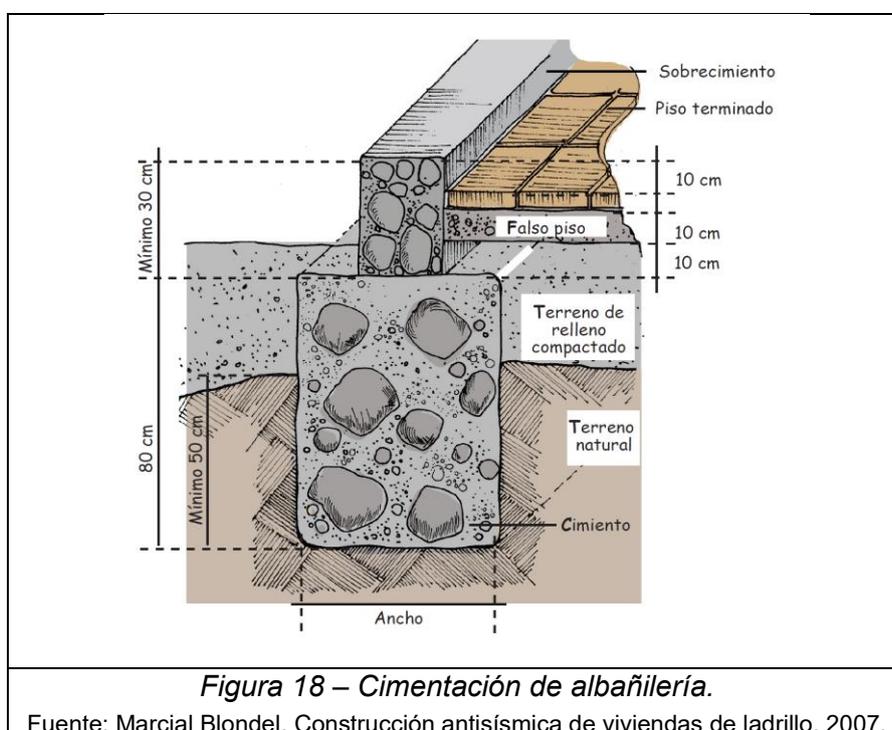
▪ Cimentación

De concreto ciclópeo compuesto por una mezcla de concreto de $f'c = 100\text{kg/cm}^2$ y un 30% de piedra de 10 pulgadas (requisitos mínimos), previo a su vaciado se debe hacer

una limpieza y nivelación del terreno, tomar en cuenta que las dimensiones del cimiento corrido se diseñan estructuralmente considerando los esfuerzos actuantes en la base causada por la carga axial y momento flector, dichos esfuerzos deben ser menores a la resistencia admisible del suelo.

- **Sobrecimiento**

De concreto ciclópeo compuesto por una mezcla usual cemento - hormigón 1:8 más 25% de piedra mediana de tamaño máximo 3" (requisitos mínimos), este sobrecimiento es considera una extensión de la albañilería y tiene el mismo espesor del muro, puede llevar acero de refuerzo y esto depende de la altura del mismo y de las propiedades del terreno.



Es recomendable después del vaciado del sobrecimiento realizar ranuras en la cara de asentado del muro para mejorar la unión sobrecimiento – albañilería ante los esfuerzos de corte – cizalle.

- **Muro portante**

Compuesto por unidades de albañilería que se adhieren entre sí mediante mortero de cemento, cada componente del muro portante de albañilería deberá estar descrito en las especificaciones técnicas de los planos estructurales.

- **Espesor de la junta**

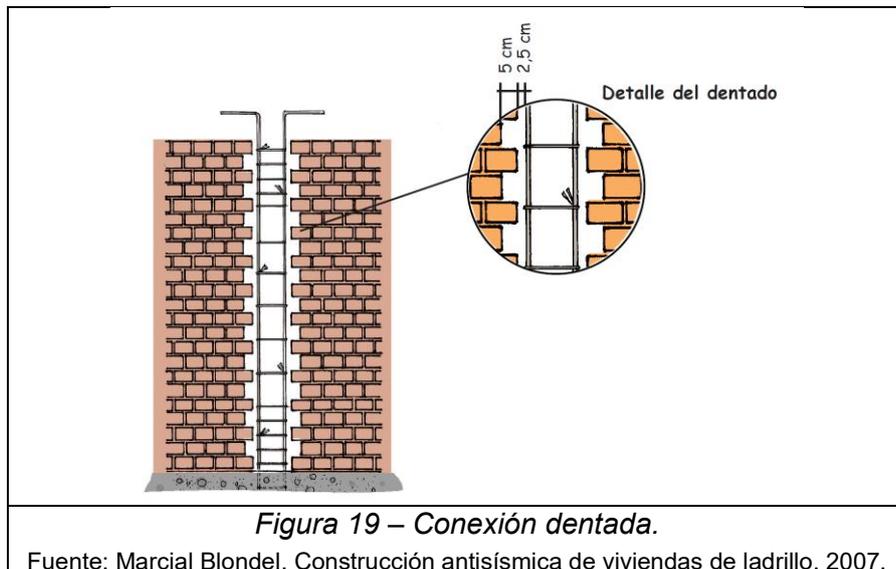
Tanto juntas verticales como juntas horizontales deben de tener un espesor mínimo de 1 cm y máximo de 1.5 cm según la norma “E.070 Albañilería”.

Según (Aceros Arequipa). La razón por la cual la norma limita el espesor de las juntas es muy sencilla. Si el espesor de las juntas es mayor de 15 mm, esto hace que el muro portante se debilite sustancialmente. Una manera práctica de evitar esto, es usando el escantillón en el momento en que se está asentando el ladrillo. Además, se debe cuidar también, que la junta no sea menor de 10 mm, ya que no pegaría bien ladrillo con ladrillo, es decir, la unión quedaría débil (13).

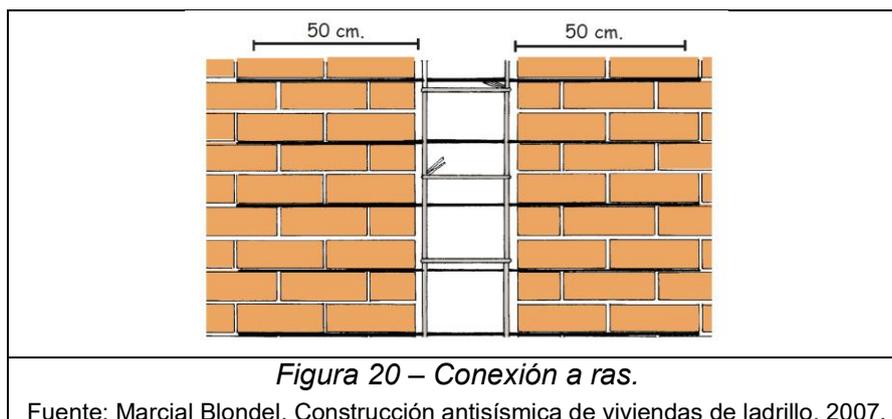
- **Unión muro portante – columnas**

La unión muro – columna debe ser consistente para que trabaje correctamente, existe dos tipos de unión:

- Conexión dentada: la medida del diente no debe ser mayor a 5 cm, además deberá de limpiarse los desperdicios de mortero antes del vaciado de la columna.



- Conexión a ras: Se agregan mechas de anclaje con relación a una cuantía equivalente a 0.001.



- **Instalaciones eléctricas y sanitarias**

Para la norma “E.070 Albañilería” el paso de tuberías con diámetros mayores a 55 mm por el muro portante debilita sus propiedades de resistencia.

Según (Marcial Blondet, 2007). Para las instalaciones eléctricas se recomienda empotrar las tuberías en falsas columnas llenadas con concreto 1:6 entre muros dentados y sin acero, para el caso de los montantes de desagüe y ventilación empotrar las tuberías en falsas columnas llenadas con concreto 1:6 entre muros dentados y colocar alambre #8 cada tres hiladas y envolver las tuberías con alambre #16 (14).

- **Elementos de confinamiento**

Elementos que garantizan que el muro se comporte como una sola unidad, existen dos tipos: los confinamientos verticales: las columnas y los confinamientos horizontales en este caso las vigas y losa de techo, se recomienda que estos confinamientos sean peraltados para que el muro posea un mejor comportamiento.

En el caso de las columnas es recomendable que su asentamiento sea de 5 pulgadas y se emplee una piedra chancada de tamaño máximo de ½ pulgada para evitar las cangrejeras.

Las vigas y losa deben ser vaciadas simultáneamente para garantizar una correcta unión monolítica de estos elementos.

- ❖ **Pórticos de concreto armado**

Es aquel sistema cuyos elementos estructurales principales son las vigas y columnas, que conectados forman pórticos resistentes, se caracteriza por ser una estructura hiperestática.

Sus ventajas son:

- Buena distribución de espacios internos de la edificación.
- Estructura flexible.
- Disipador de energía sísmica debido a su propiedad de ductilidad.

Sus desventajas son:

- Baja resistencia y rigidez lateral.
- Su flexibilidad permite desplazamientos excesivos que produce daños en los elementos no estructurales.
- Su empleo está limitado a edificaciones de mediana altura.

➤ **Componentes de la estructura**

▪ **Cimentación**

En su mayoría zapatas aisladas o combinadas, depende de la ubicación de las columnas y del tipo de suelo donde estará ubicado, transmiten las cargas de la edificación al suelo.

Predimensionamiento:

$$A_{zapata} = \frac{P_{servicio}}{K \cdot q_a}$$

Donde:

- $K=1$ (roca), $k=0.9$ (muy rígido), $k=0.8$ (intermedio), $k=0.7$ (blando).
- q_a = capacidad portante del terreno.

▪ **Columnas**

Elemento estructural vertical que resiste las siguientes solicitaciones: carga axial, compresión, flexión, torsión y cortante; recibe las cargas de provenientes de la losa y que las transmite a la cimentación; cuando la altura de las columnas sea mayor, mayor será sus deformaciones transversales debido al efecto de la esbeltez; la función principal de las columnas es brindar resistencia y rigidez lateral a la estructura.

Predimensionamiento:

Para columna céntrica:

$$A_{columna} = \frac{P_{servicio}}{0.45f'c}$$

Para columna excéntrica, esquinada:

$$A_{columna} = \frac{P_{servicio}}{0.35f'c}$$

▪ Vigas

Elemento estructural cuya sollicitación principal es la flexión y cortante, elemento que une las columnas y sirve como apoyo de las losas.

Las vigas pueden ser chatas o peraltadas, las vigas chatas se caracterizan por tener el mismo peralte de la losa, mientras las vigas peraltadas son aquellas que tienen una altura mayor a la losa; la viga peraltada tiene una mejor capacidad resistente y menor deformación que una viga chata.

Predimensionamiento:

$$Altura (h) = \left(\frac{1}{10} \text{ a } \frac{1}{12} \right) \cdot L$$

$$Base (b) = \left(\frac{1}{2} \text{ a } \frac{2}{3} \right) \cdot h$$

Donde:

L = longitud libre entre apoyos.

$b_{min} = 25$ cm, para evitar cangrejas.

2.2.3 Comportamiento sísmico

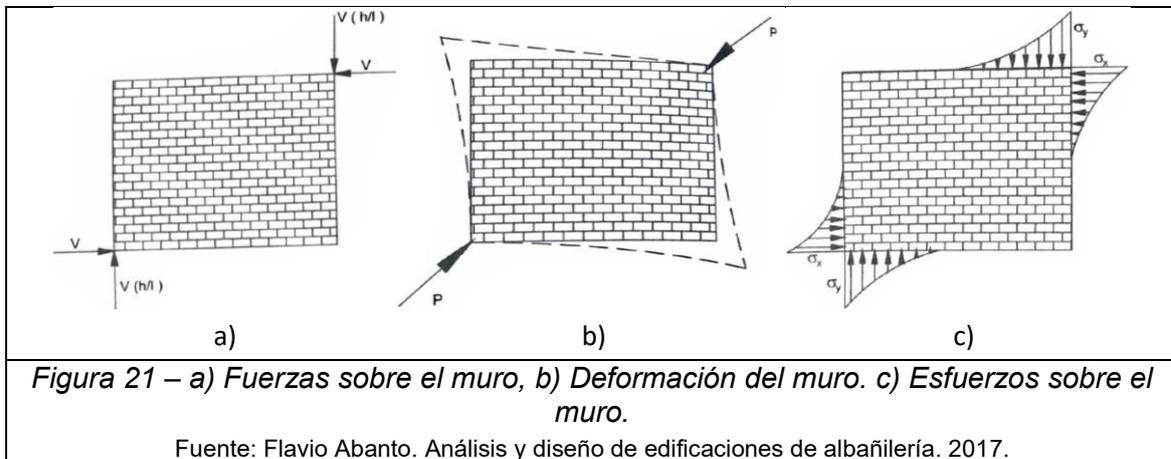
❖ Fallas sísmicas

Según (Ángel San Bartolomé, 1994), básicamente los muros sujetos a carga sísmica en su plano muestran dos tipos principales de falla: flexión y corte. Debe entenderse que la falla principal es aquella donde se acumulan las mayores grietas, originando una fuerte degradación tanto de la resistencia como de la rigidez (15).

❖ Fallas en muros de albañilería

➤ Falla por corte

Es consecuencia de tensiones de tracción diagonal que se generan en un muro portante, las fallas posibles a presentarse son: fallar por compresión en uno de los extremos del muro o presentar grietas diagonales.

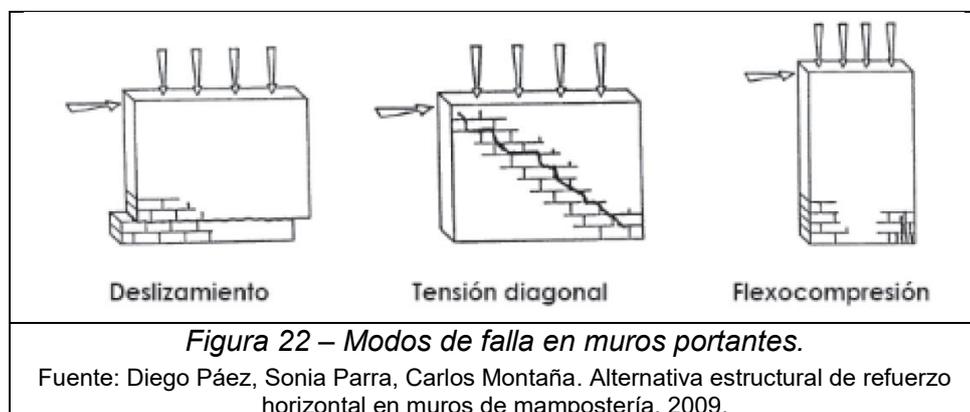


La falla por compresión se muestra por las malas propiedades de resistencia de compresión de los muros al presentar confinamientos muy rígidos. La falla de grietas diagonales se presenta desde el centro hacia los extremos atravesando los ladrillos y juntas de mortero produciendo una disminución en la resistencia.

➤ **Falla por flexión**

Según (Genaro Delgado, 2011). Si la acción de las fuerzas tiende a curvar el cuerpo, se produce flexión. Un cuerpo flexionado tendrá tracción en una zona y compresión en la otra (16).

Por ende, la falla por flexión provoca grietas de forma vertical en las esquinas inferiores, también se puede observar los efectos de trituración de las esquinas flexocomprimidas, deslizamiento en la base del muro y rotura de refuerzo vertical por tracción y cizalle.



➤ **Volcamiento**

Producido por cargas perpendiculares sobre los muros de los últimos pisos comúnmente, esta falla se presenta por un error constructivo que restringe el arriostramiento entre muro y columna, primero se construye las columnas y luego la albañilería, con lo que solo se atribuye esfuerzos de carga vertical pero no cargas dinámicas al no existir conexión entre muro y columna.



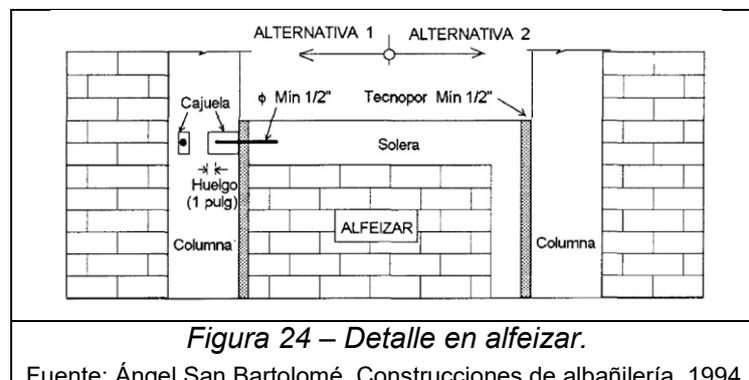
➤ **Falla por cizalle**

Es una continuación de la falla por flexión, se presenta en los nudos rígidos, por ejemplo: columna - solera, columna – cimentación.

➤ **Efectos de alfeizar**

Esta falla tiene el mismo efecto de columna corta, en este caso el muro por efecto de la altura alfeizar absorbe más fuerza cortante produciendo fallas en este.

Es recomendable dejar una junta sísmica no menor a ½ pulgada, y diseñar los confinamientos del alfeizar ante acciones perpendiculares a su plano.



❖ **Reparación de muros de albañilería**

➤ Reemplazo de ladrillos dañados

Según la cartilla de mantenimiento básico de albañilería en edificaciones, los pasos son (17):

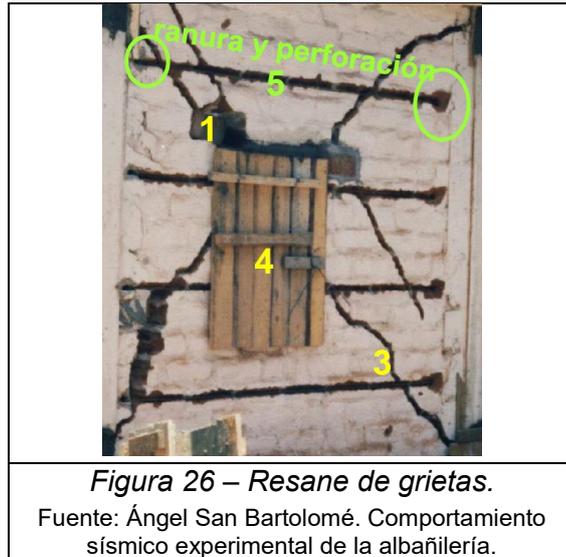
- Picado de ladrillo y juntas de mortero dañado empleando cincel.
- Retiro del ladrillo dañado.
- Limpieza y humedecimiento de la superficie picada.
- Colocación de nueva unidad de ladrillo.
- Relleno de las juntas con mortero con dosificación 1:5.



➤ Resane de grietas

Resanar las grietas de los muros portantes, primero ranurar 1 pulgada de profundidad el recorrido de la grieta, posterior a ello vaciar una lechada de mortero con dosificación 1:4.

Adicional a lo expuesto y debido a la mala resistencia del muro portante agrietado, se recomienda añadir refuerzo horizontal o diagonal a ambas caras de la albañilería.



2.2.4 Análisis estructural

Según (Genner Villarreal, 2009). El Análisis Estructural, es una ciencia que se encarga de la elaboración de métodos de cálculo, para determinar la resistencia, rigidez, estabilidad, durabilidad y seguridad de las estructuras, obteniéndose los valores necesarios para un diseño económico y seguro (18).

❖ Estructuración

➤ Por carga vertical

Según (Ángel San Bartolomé, 1998). Al estructurar un edificio por carga vertical, debe pensarse que la carga gravitacional actuante en un nivel del edificio se transmite a través de la losa del techo hacia los denominados ejes portantes (antiguamente se les llamaba ejes principales) y de aquí, hacia el suelo de cimentación (19).

➤ Por carga sísmica

Al estructurar por carga sísmica, se tiene que evaluar la rigidez lateral y resistencia que aportan los elementos de soporte a la edificación, quienes son: las columnas, muros de concreto, muros de albañilería, estructuras mixtas.

❖ Dimensionamiento de muros de albañilería

➤ Espesor efectivo

Según (Ángel San Bartolomé et al., 2011). Es espesor efectivo “t” es el espesor útil del muro con fines estructurales. Se obtiene descontando el espesor bruto, las bruñas y tarrajes. El tarrajeo no se contabiliza porque puede desprenderse por la acción vibratoria del sismo. Solo en el caso que el tarrajeo se aplique sobre una malla debidamente anclada en el muro, puede ser incluido en el cálculo de “t” (20).

La norma “E.070 Albañilería” establece la siguiente relación:

$$t \geq \frac{h}{20}, \text{ para las zonas sísmicas 2, 3 y 4}$$

$$t \geq \frac{h}{25}, \text{ para las zona sísmica 1}$$

Donde:

- h = altura libre entre los elementos de arriostre.

Las zonas sísmicas están especificadas en la norma “E.030 Diseño Sismorresistente”.

➤ **Esfuerzo axial máximo**

Para calcular dicho valor se considera la carga muerta como carga viva en su porcentaje total, se demuestra en la siguiente formula:

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot t}, \quad P_m = P_{CM} + P_{CV}$$

Donde:

- Pm = carga máxima de servicio.
- L = longitud del muro incluyendo el peralte de las columnas para lo cual aplicar el criterio de la sección transformada.
- t = espesor efectivo del muro portante.

Para prevenir la falla por pandeo en los muros portantes se tiene la siguiente ecuación:

$$\sigma_m \leq 0.2f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right]$$

Para prevenir la falla por ductilidad en los muros portantes se tiene la siguiente ecuación:

$$\sigma_m \leq 0.15f'_m$$

➤ **Densidad mínima de muros**

Según la norma “E.070 Albañilería” la densidad mínima de muros se obtiene de la división del área de corte de los muros reforzados de una dirección entre el área de la planta típica:

$$\frac{\text{Área de corte de los muros reforzados}_{(x,y)}}{\text{Área de la planta típica}} = \frac{\sum L \cdot t}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56}$$

Donde:

- Z, U y S, valores obtenidos de la norma “E.030 Diseño Sismorresistente”.
- N = número de pisos.
- L = longitud del muro incluyendo el peralte de las columnas para lo cual aplicar el criterio de la sección transformada.
- t = espesor efectivo del muro portante.

❖ **Metrado de cargas**

El metrado de cargas verticales o cargas de gravedad; en los muros portantes estas cargas provocan esfuerzos axiales que deben controlarse con su propia resistencia (esfuerzo axial máximo).

Existen dos tipos de cargas de gravedad, según (McCormac, 2006), describe lo siguiente:

- CARGAS MUERTAS: aquellas cargas de magnitud constante que permanecen en una sola posición. Incluyen el peso de la estructura, así como cualquier accesorio que quede permanente unido a ella.
- CARGAS VIVAS: aquellas cargas que pueden cambiar su magnitud y posición. Incluyen las cargas de ocupación, los materiales almacenados, las cargas de construcción, las grúas elevadas de servicio y las cargas para operar el equipo (21).

❖ **Análisis sísmico**

Según (Antonio Blanco, 1994). Los análisis sísmicos se hacen de muy diversas maneras, usando los denominados métodos estáticos, dinámicos, o de tiempo - historia. Generalmente se reconoce un comportamiento elástico para los análisis usuales estáticos o dinámicos (22).

➤ **Análisis sísmico estático**

Procedimiento simplificado, para ello evaluar si el tipo de estructura cumple los requisitos necesarios para su aplicación, según la norma “E.030 Diseño Sismorresistente”, para las

estructuras de muros portantes de concreto armado y albañilería armada o confinada de no más de 15 metros de altura, aun cuando sean irregulares si se podrá aplicar este método.

El análisis sísmico estático consta de los siguientes pasos:

- Cálculo de fuerza cortante en la base por cada dirección.

$$V_{x\text{estático}} = \frac{ZUCSP}{R}, \quad V_{y\text{estático}} = \frac{ZUCSP}{R}$$

Donde:

- V_x, V_y = cortante basal.
 - Z = factor de zona.
 - U = factor de uso.
 - C = factor de amplificación sísmica.
 - S = factor de suelo.
 - P = peso de la edificación.
 - R = coeficiente básico de reducción.
- Distribución de fuerza cortante en altura.

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

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

Donde:

- n = número de pisos del edificio.
 - P = peso de nivel.
 - h = altura del nivel.
 - k = exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T).
- Distribución de fuerza cortante en cada muro portante, se requiere conocer el valor de rigidez de cada muro para distribuir en porcentaje la fuerza cortante.
 - Cálculo de centro de masas, es el punto donde las fuerzas inerciales son aplicadas por cada entrepiso.

$$X_g = \frac{\sum P_i X_i}{\sum P_i}, \quad Y_g = \frac{\sum P_i Y_i}{\sum P_i}$$

Donde:

- P_i = peso del elemento.
- X_i = coordenadas del centroide de cada elemento en X .

- Yi = coordenadas del centroide de cada elemento en Y.
- Cálculo centro de rigidez.

$$X_{cr} = \frac{\sum Ky_i X_i}{\sum Ky_i}, \quad Y_{cr} = \frac{\sum Kx_i Y_i}{\sum Kx_i}$$

Donde:

- Kxi, Kyi = rigidez del elemento.
- Xi = coordenadas del centroide de cada elemento en X.
- Yi = coordenadas del centroide de cada elemento en Y.
- Excentricidad, considera la diferencia del centro de gravedad y centro de rigidez, además según la norma "E.030 Diseño Sismorresistente" se considera una excentricidad accidental del 5% de la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a su análisis.
- Momento torsor.
- Analizar cada sistema estructural resistente ante su fuerza lateral correspondiente y controlar su distorsión o deriva.

➤ **Análisis sísmico dinámico**

En teoría es la aplicación de un análisis modal y un análisis espectral, el análisis modal detalla la vibración libre e interacción entre la masa y rigidez, mientras el análisis espectral trabaja con un espectro o plataforma de respuesta; se podrá aplicar los modos de vibración necesarios para que la estructura presente una variedad de desplazamientos y entre ellos considerar el más desfavorable.

El procedimiento del análisis sísmico dinámico es similar al del método estático, a diferencia que las fuerzas que se aplican en los centros de masa son determinados a partir de la respuesta dinámica de la estructura.

- Aceleración espectral

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} \cdot g$$

Donde:

- Sa = aceleración espectral en cada dirección.
- Z = factor de zona.
- U = factor de uso.
- C = factor de amplificación sísmica.
- S = factor de suelo.

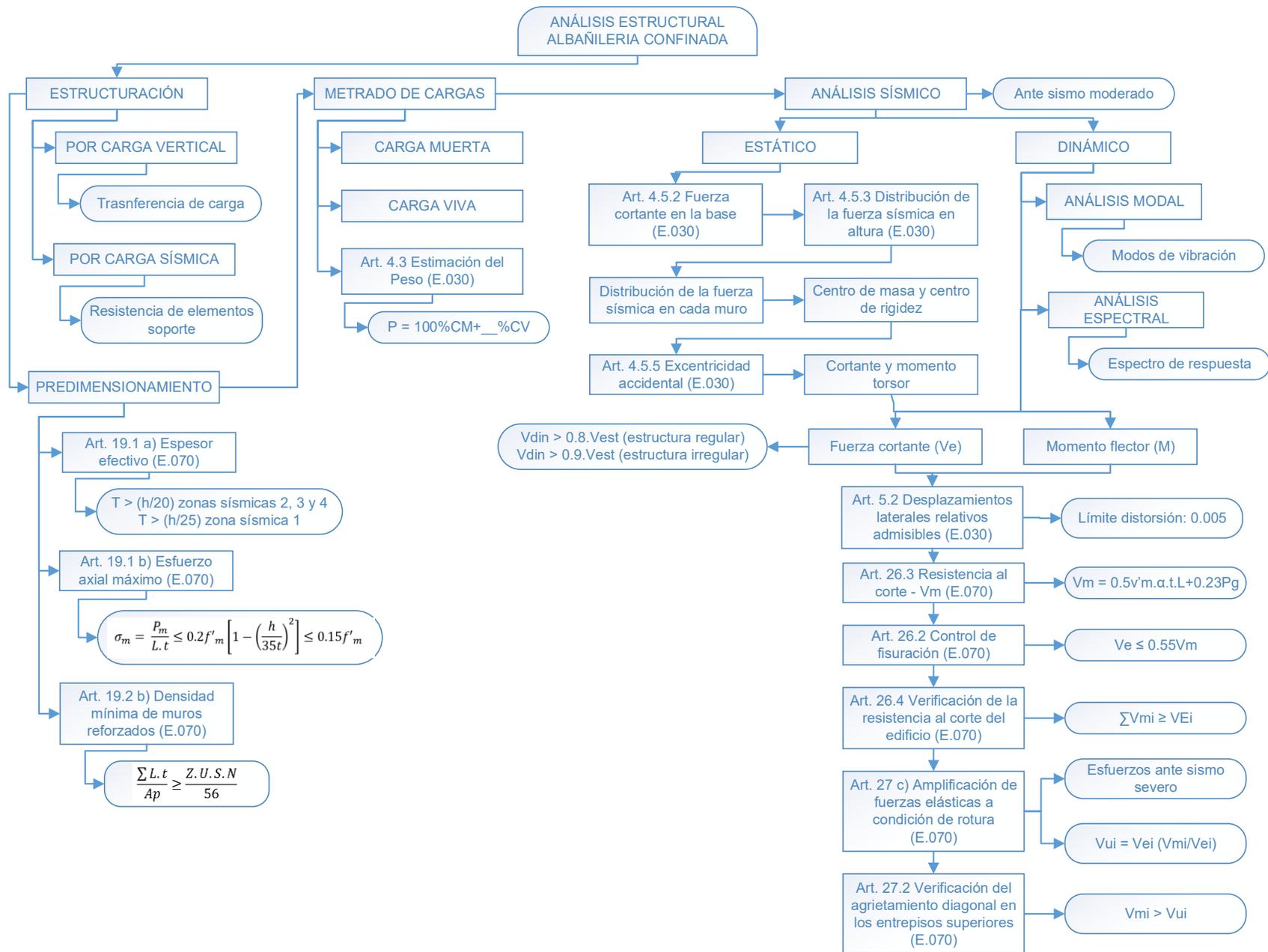
- R = coeficiente básico de reducción.
- g = gravedad.
- Fuerza cortante mínima en el primer entrepiso del edificio.

$$V_{din} \geq 0.8V_{est}, \text{ para una estructura regular}$$

$$V_{din} \geq 0.9V_{est}, \text{ para una estructura irregular}$$

Donde:

- V_{din} = fuerza cortante dinámica.
- V_{est} = fuerza cortante estática.



2.2.5 Reforzamiento estructural

Según (Tello Malpartida, 2006). El objetivo del reforzamiento es asegurar que la edificación pueda seguir funcionando, bajo la acción de las cargas de gravedad y efectos de sismos que se encuentre sometido. Esto se logra mediante el refuerzo de los elementos estructurales existentes o incorporando elementos estructurales adicionales para mejorar los niveles de resistencia, flexibilidad y ductilidad (23).

❖ Motivos para reforzar estructuralmente

En cada estructura se pueden presentar diferentes factores que afectan el comportamiento de sí mismo, entre ellos son:

- Incremento de los valores de carga que está expuesta la estructura, debido a un cambio de uso que consecuentemente aumente la sobrecarga.
- Degradación y/o pérdida de elementos estructurales, motivado por agentes químicos o paso del tiempo.
- Modificaciones de geometría de la edificación que afecten los elementos estructurales.
- Errores en proceso de construcción por falta de personal calificado o por supervisión.
- Daños estructurales ocasionados por eventos sísmicos.
- Actualizaciones de las normativas de diseño y construcción.

Cada factor que se presente en una estructura conlleva a tomar la técnica de reforzamiento adecuada e intervenir posteriormente.

❖ Técnicas de reforzamiento estructural

Se debe conocer bien el estado actual del edificio, realizar inspecciones a la edificación para recopilar información necesaria como su geometría, materiales empleados, tipo de sistema estructural, errores en el proceso constructivo.

➤ Introducción de nuevos elementos estructurales

Esta introducción de nuevos elementos incrementará la capacidad resistente de la estructura; el comportamiento dinámico se modificará, debido que la rigidez aumentará por los nuevos elementos estructurales.

- Inclusión de muros de corte.
- Inclusión de pórticos de concreto armado.
- Inclusión de arriostres metálicos.
- Adición de contrafuertes.

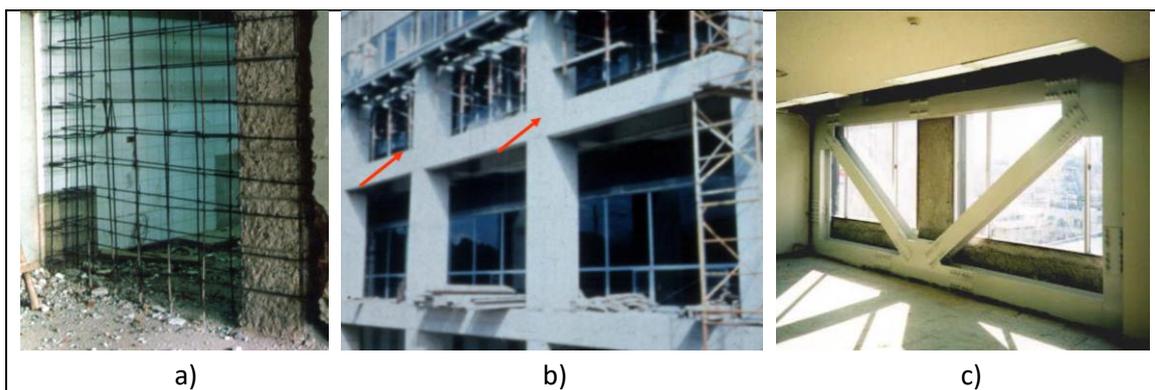


Figura 27 – a) Inclusión muros de corte. b) Inclusión pórticos de concreto armado, c) Inclusión arriostres metálicos.

Fuente: Omar Malpartida. Evaluación y reforzamiento de estructuras. 2006.

- Sistemas de disipación de energía.
- Inclusión de muros de albañilería confinada.

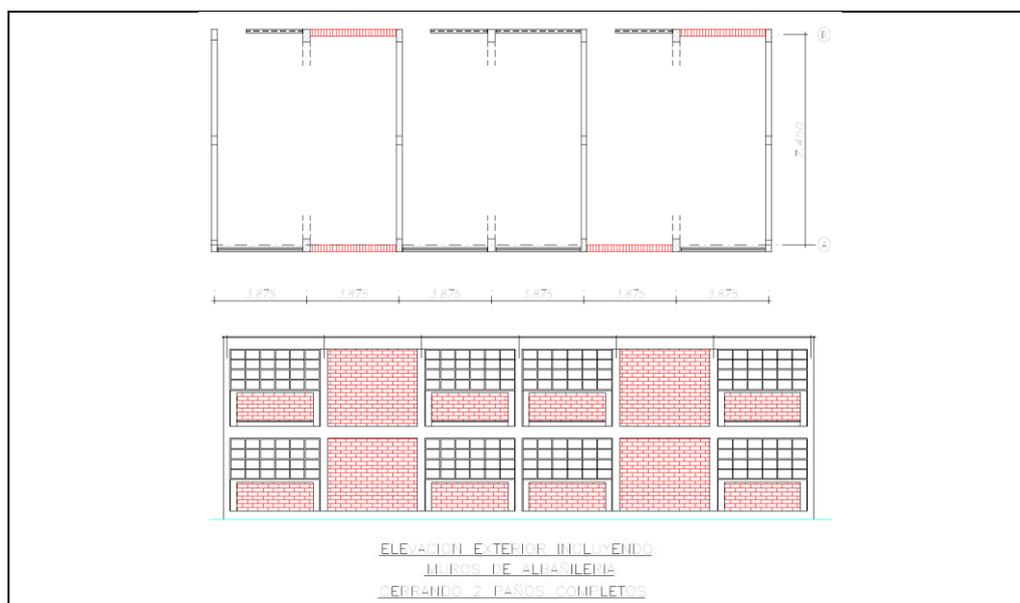


Figura 28 – Inclusión muros de albañilería confinada (24).

Fuente: Juan Blanco. Las Estructuras de los Centros Educativos (Colegios) en el Siglo XX en el Perú. Diversos Proyectos de Reforzamiento y Ejemplos de Estructuración de Edificaciones de la Universidad Católica del Perú. 2005.

➤ **Refuerzo de elementos estructurales existentes**

- Encamisado de elementos de concreto armado.
- Adición de perfiles metálicos.

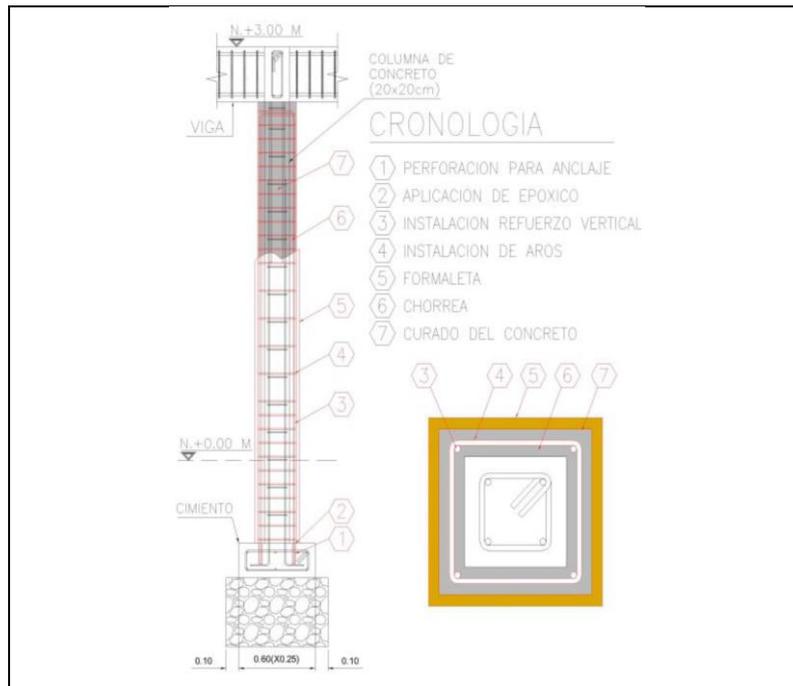


Figura 29 – Reforzamiento estructural de columna.

Fuente: Eduardo Raigosa. Técnicas de reforzamiento de estructuras construidas de concreto que presentan deficiencias estructurales.2010.

- Implementación con FRP (Polímeros reforzados con fibras).
- Reforzamiento con mallas electrosoldadas en muros de albañilería.

Según (Martin Luján, 2018). Para el diseño del tipo de refuerzo se debe emplear varillas de acero corrugado, asumir que para el análisis del diseño se asumirá toda la carga será soportada por la malla de refuerzo, y que las varillas horizontales no se tomarán en cuenta al momento de calcular el área de corte (25).

La fuerza cortante se determina de la siguiente manera:

$$Vm = 0.5 \times t \times L \times v'm \times \alpha$$

Donde:

- t: espesor del muro.
- L: longitud del muro.
- v'm: resistencia a compresión diagonal.
- α : factor de resistencia al corte por efectos de esbeltez.

Y para el refuerzo necesario se emplea la siguiente formula:

$$As = \frac{Vm}{fy}$$

❖ **Comprobaciones a realizar**

Según (Climent Molins e Isabel Serra, 2004). Durante las comprobaciones del refuerzo, no solamente se deben analizar los elementos directamente reforzados sino también todos aquellos que pueden verse afectados por la mayor rigidez, resistencia o peso aportados por su materialización. En general, deben comprobarse las uniones y tener en cuenta, además de las cargas, los posibles efectos que el refuerzo ejerce sobre la estructura primitiva tales como excentricidades, transformación de articulaciones en empotramientos, etc. (26).

➤ Unión de refuerzo a la estructura original

Se debe tener en cuenta el diseño y/o detallado de la unión entre la estructura original y el elemento de reforzamiento, se debe garantizar la transmisión de esfuerzos para que el diseño de reforzamiento sea el adecuado y efectivo.

❖ **Materiales para el refuerzo**

- Adhesivos epoxídicos en uniones hormigón – acero o CFRP (láminas de fibra de carbono).
- Armadura lisa y corrugada
- Pernos químicos y mecánicos.
- Soldadura y tornillería.

2.3 Definición de términos básicos

- **SISTEMA DUAL:** Es un sistema mixto de pórticos reforzados con estructuras de muros portantes de concreto armado, albañilería armada o confinada, en este sistema los muros tienden a tomar una mayor proporción de los esfuerzos en los niveles inferiores, mientras que los pórticos pueden disipar energía en los niveles superiores.

Según la norma “E.030 Diseño Sismorresistente”. Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que toman los muros es mayor que 20% y menor que 70% del cortante en la base del edificio (27).

- **PÓRTICOS:** Según la norma “E.030 Diseño Sismorresistente”. Por lo menos el 80% de la fuerza cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos. En caso se tengan muros estructurales, estos se diseñan para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez (27).

- **ESTRUCTURA DE ALBAÑILERÍA:** Según la norma “E.030 Diseño Sismorresistente”. Edificaciones cuyos elementos sismorresistentes son muros a base de unidades de albañilería de arcilla o concreto. Para efectos de esta Norma no se hace diferencia entre estructuras de albañilería confinada o de albañilería armada (27).

- **ALBAÑILERÍA CONFINADA:** La albañilería confinada es el reforzamiento del muro de albañilería con elementos de concreto armado por sus cuatro bordes, entre ellos los elementos verticales (columnas, cimentación para el primer nivel) y elementos horizontales (vigas soleras). En este tipo de construcción se utilizan ladrillos de arcilla cocida, columnas de amarre, vigas soleras, etc.

- **UNIDAD DE ALBAÑILERÍA:** Pueden ser clasificados por su tamaño: ladrillos y bloques; por su material: ladrillos de arcilla, concreto y sílico-calcareos; por su proceso de fabricación: artesanales e industriales; por su porcentaje de huecos: sólidos, huecos, tubulares, alveolares y apilables.

- **MURO PORTANTE:** También conocido como muro de carga, son precisamente paredes de edificaciones que poseen la función estructural de aportar rigidez ante los esfuerzos que se presenten.

Según la norma “E.070 Albañilería”. Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical (2).

- **MURO NO PORTANTE:** Según la norma “E.070 Albañilería”. Muro diseñado y construido en forma tal que sólo lleva cargas provenientes de su peso propio y cargas transversales a su plano. Son, por ejemplo, los parapetos y los cercos (2).

- **VULNERABILIDAD SISMICA:** Según (Alex Barbat, 1998). Predisposición intrínseca a sufrir daño ante la ocurrencia de un movimiento sísmico y está asociado directamente con sus características físicas y estructurales de diseño (28).

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 Método y alcance de la investigación

3.1.1 Método de la investigación

A) Método general o teórico de la investigación

Método descriptivo: Es descriptivo porque se detalló y analizó las patologías que se presentaron en los muros portantes ante la evaluación de los requisitos estructurales mínimos para muros portantes y las solicitaciones dinámicas, también se describió las alternativas de reforzamiento estructural propuestas.

B) Método específico de la investigación

Modelado estructural estático (manual) y dinámico elaborado en el programa ETABS, se consideró los datos para el cálculo de la pseudo aceleración espectral, tales como factor de zona sísmica, factor de uso de la edificación, factor de suelo, factor de amplificación sísmica, peso de la edificación, coeficiente básico de reducción y la gravedad.

3.1.2 Alcances de la investigación

A) Tipo de investigación

Investigación Básica, en el campo de la matemática porque la investigación se desarrolló y comprobó con cálculos numéricos, análisis estructural e ingeniería sismorresistente.

B) Nivel de investigación

Descriptivo, al ser un estudio cuantitativo se tuvo que explicar el comportamiento de los muros portantes evaluando los requisitos estructurales mínimos para muros portantes y

las cargas dinámicas en la edificación, además se detalla el tipo y procedimiento de las alternativas de reforzamiento estructural.

3.2 Diseño de la Investigación

No experimental - transversal, porque no se puede manipular la variable independiente que es la resistencia que tiene los muros portantes con unidades de albañilería liviana (esfuerzo axial y resistencia a corte global), la investigación se realizó en un tiempo determinado (año 2019). Se estableció que la edificación cumpla con los parámetros establecidos por la norma "E.30 Diseño Sismorresistente" y "E.070 Albañilería", esto mediante cálculos matemáticos y modelamientos modales espectrales que asimilan el comportamiento ante un sismo.

3.3 Población y muestra

Una edificación del tipo de sistema estructural dual de pórticos de concreto armado y muros portantes de albañilería confinada, en este contexto se presenta unidades de albañilería huecas en sus muros portantes de los primeros niveles y albañilería liviana en el tercer y cuarto nivel, ubicado en el distrito de Huancayo, provincia de Huancayo.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnica de recolección de datos

La técnica empleada es de observación directa.

3.4.2 Instrumento de recolección de datos

Empleamos tablas de control, para la evaluación de los requisitos estructurales mínimos en muros portantes, se evaluó el espesor efectivo y el esfuerzo axial máximo que contemplan los muros portantes, con ello se controló la ductilidad y el pandeo. Segundo, para el análisis de carga dinámica, se realizó un análisis sísmico estático y dinámico lineal considerando las acciones del sismo moderado y severo, donde se obtuvieron las siguientes tablas: control de fisuración, resistencia al corte global y agrietamiento diagonal, además en el programa ETABS, se obtuvo una tabla de desplazamientos máximos (derivadas máximas) para los elementos estructurales que conforma la edificación, estos procedimientos correlacionados con la normativa "E.070 Albañilería" y la "E.030 Diseño Sismorresistente", así comparar si los resultados son aceptables o no después del análisis estructural realizado (27).

3.4.3 Técnica de análisis de datos

La técnica para analizar los datos es descriptiva numérica, debido al procesamiento analítico numérico que se realizó, empleando los recursos de software y normas del Reglamento Nacional de Edificaciones.

CAPITULO IV

ANÁLISIS

4.1 Análisis

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La edificación es de uso vivienda, tiene cuatro niveles más una azotea, el primer nivel cuenta con un ambiente de negocio y otro de cochera, los siguientes niveles son departamentos, cada departamento posee dos dormitorios, un ambiente de sala comedor, un servicio higiénico y un área de cocina, la distribución de tabiquería en cada departamento es típica.

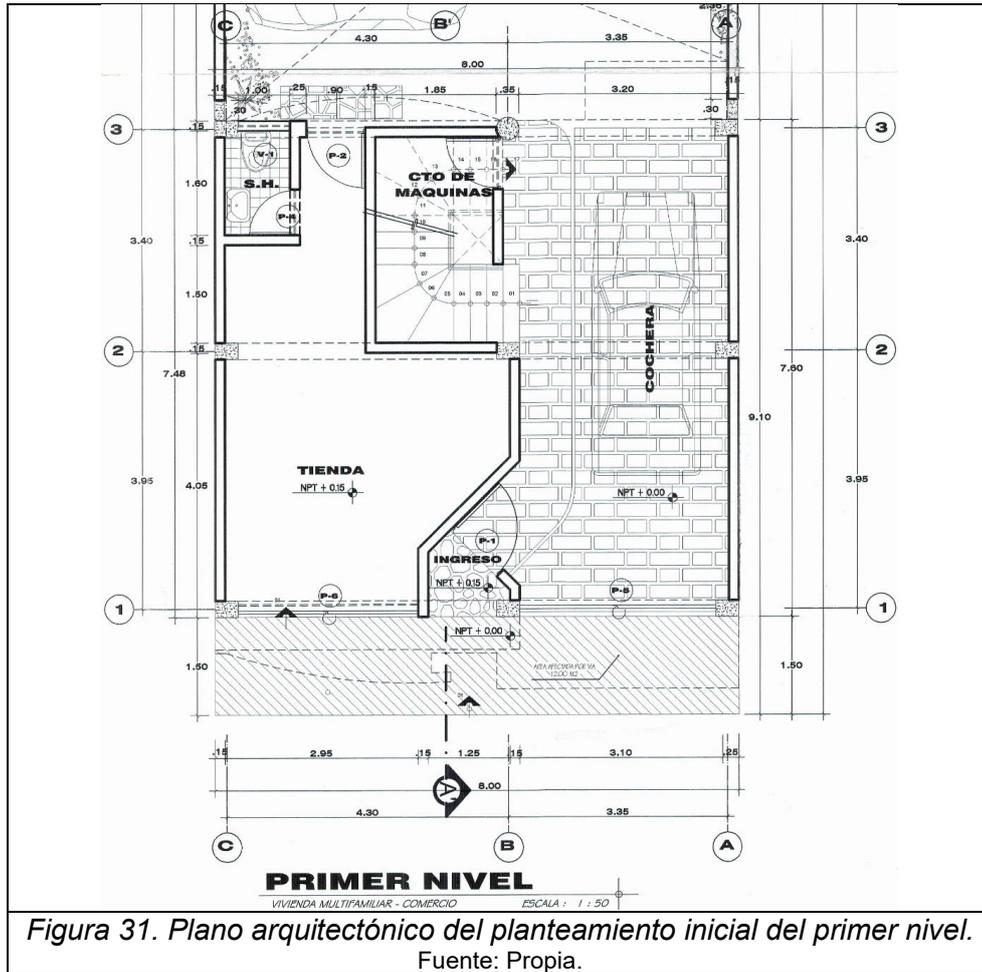
El proyecto está ubicado en la provincia de Huancayo en la zona de Palian, este lugar presenta en mayor parte un suelo arcilloso y con malas propiedades de presión de terreno. Se muestra el cuadro de especificaciones técnicas del proyecto:

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
MATERIALES	
ACERO	EN GENERAL $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
CONCRETO	
- CIMENTACION CORRIDA:	CONCRETO CICLOPEO
- SOBRECIMIENTO:	CEMENTO - HORMIGON 1 : 8 + 25 % DE P.M. 3" MAX.
- CIMIENTO	: CEMENTO - HORMIGON 1 : 10 + 30 % DE P.G. 6" MAX.
- CONCRETO ARMADO EN GENERAL:	$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
- PRESION ADMISIBLE DEL TERRENO	$\nabla t = 0.90 \text{ Kg/cm}^2$
SOBRECARGAS :	
- ALIGERADOS INDICADOS EN LOS PLANOS RESPECTIVOS	
RECUBRIMIENTOS :	
- COLUMNAS	: 4.00 cm
- VIGAS PERALTADAS	: 4.00 cm
- VIGAS CHATAS	: 2.50 cm
- ALIGERADOS	: 2.00 cm
- LOSAS	: 2.00 cm
- ZAPATAS	: 7.50 cm
- ESCALERAS	: 2.50 cm.
MUROS :	
- LOS LADRILLOS PARA TECHO	SERÁN DE 30X30X15 CM DE ARCILLA,
- Y LOS LADRILLOS PARA MUROS	SERÁN DE 06X12X24 CM.

Figura 30. Especificaciones técnicas.

Fuente: Propia.

A continuación, se presenta el plano del planteamiento inicial del proyecto:



Se realizó una visita técnica a la vivienda ya construida para observar si existe variaciones en su distribución, ubicación y dimensiones de elementos estructurales, además comprobar si el tipo de construcción es acorde al sistema estructural propuesto.



Se cumple el confinamiento del concreto armado de la viga y losa aligerada con las unidades de albañilería del muro portante.



La unión del confinamiento es del tipo dentada, se cumple el límite máximo de 5 cm.



Las juntas de mortero entre ladrillos varían en un rango de 1.5 cm a 2 cm.

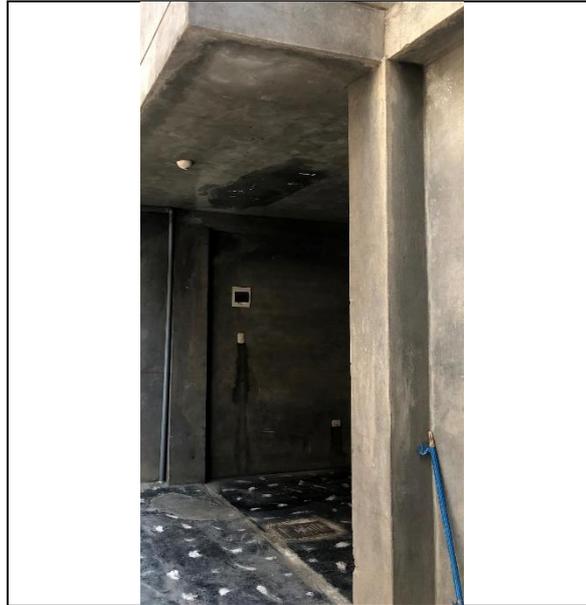


Figura 35. Columna entre el eje B y 3.

Fuente: Propia.

La columna ubicada en el eje B y 3 tiene las mismas dimensiones y configuración que las demás columnas.

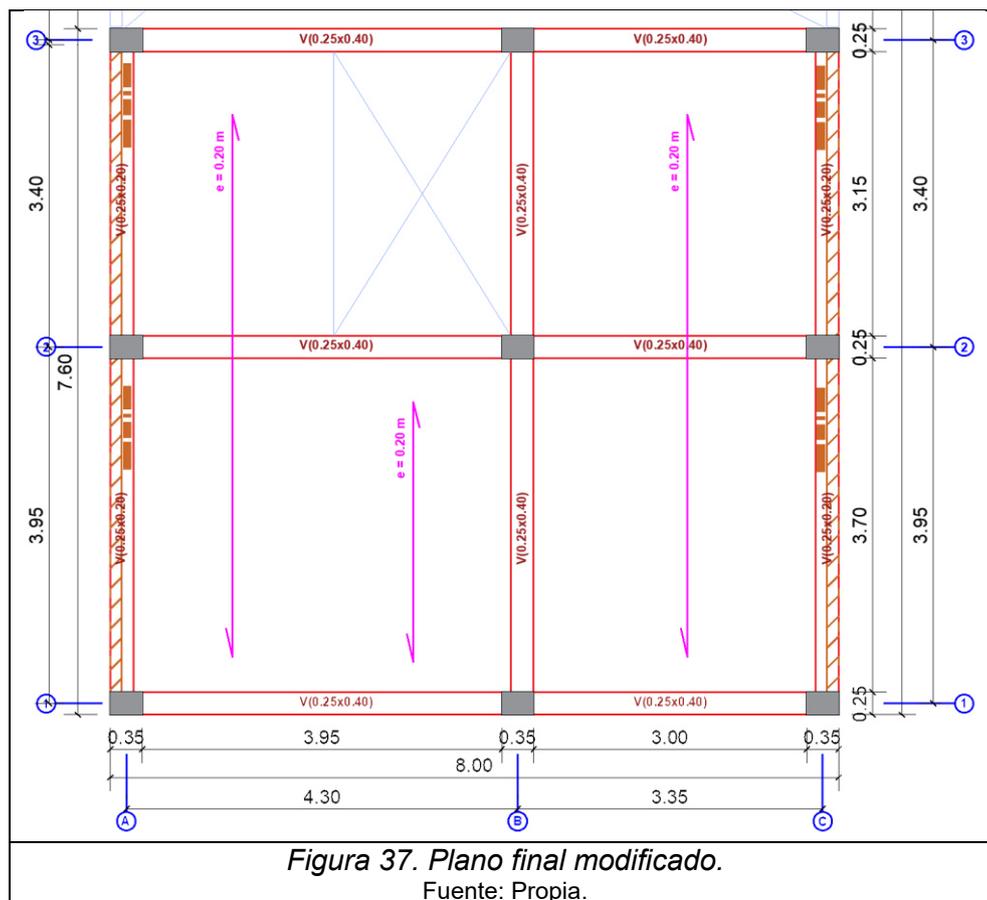


Figura 36. Viga peraltada en eje B.

Fuente: Propia.

La viga ubicada en el eje B es peraltada de 0.25x0.40m.

Tomando como planta final para el análisis correspondiente, lo siguiente:



El sistema estructural de la edificación es la siguiente:

- Dirección "X" pórticos de concreto armado.
- Dirección "Y" sistema de albañilería confinada.

CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

- Unidad de albañilería:
 - Primer y segundo piso: Ladrillo industrial King Kong 18 huecos.
 - Tercer y cuarto piso: Ladrillo industrial pandereta.
- Resistencia característica a la compresión y al corte:

Para obtener valores propios se realizó el ensayo de resistencia a compresión de prismas de albañilería (NTP 339.613) en el laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental.

- Construcción

Se regaron los ladrillos durante media hora el día anterior de su uso para la elaboración de los prismas de albañilería.



Figura 38. Riego de ladrillos.
Fuente: Propia.

Se construyeron 3 pilas de albañilería por cada tipo de ladrillo, la dosificación del mortero fue de 1:4 (cemento: arena), la variación del espesor de la junta fue de 1 a 1.5 cm, además de utilizar los instrumentos de nivel y plomada para un correcto proceso constructivo verificando la verticalidad y horizontalidad de las pilas.



Figura 39. Construcción de pilas de albañilería.
Fuente: Propia.

Luego se procedió a colocar un capping de cal en la parte superior e inferior de las pilas para eliminar posibles irregularidades, así formar superficies planas para que la carga de presión sea uniforme.



Figura 40. Aplicación del capping de cal.
Fuente: Propia.

- Proceso de ensayo

El ensayo fue elaborado posterior a 14 días de la construcción de las muestras de las pilas de albañilería, estas fueron transportadas al laboratorio de la Universidad Continental evitando que sufran daños durante el transporte y manipulación.



Figura 41. Pilas de albañilería.
Fuente: Propia.

Para la ejecución del ensayo se usó una gata hidráulica, la cual producía una fuerza sobre la pila cuyo valor era reportado en kg, la velocidad del ensayo fue acorde a la NTP 339.613; la aplicación de la carga axial fue realizado hasta alcanzar la rotura de las pilas de albañilería.



Figura 42. Ensayo en pila de albañilería de ladrillo King Kong 18 huecos.
Fuente: Propia.

Se observa que el ladrillo King Kong 18 huecos presenta una falla frágil, debido a que esta unidad presenta un porcentaje de vacíos elevado (50%), las fisuras se ubicaron paralelamente a los alveolos de la unidad.



Figura 43. Ensayo en pila de albañilería de ladrillo pandereta.
Fuente: Propia.

El tipo de falla que presentó fue explosivo, debido a que este tipo de unidad presenta baja resistencia a la compresión.

- Interpretación de resultados

El valor de resistencia a compresión axial (f'_m) se obtuvo dividiendo la carga de rotura sobre la sección transversal, además este resultado se multiplicó por el factor de incremento de edad y factor de corrección por esbeltez y por ultimo restar la desviación estándar.

$$f'_m = \left(\frac{P_{max}}{Area} \times f_1 \times f_2 \right) - \sigma$$

Donde:

- f'_m : resistencia característica a compresión axial de la albañilería.
- P_{max} : Carga máxima de rotura.
- Área: Área bruta de la sección transversal.
- f_1 : Factor por incremento de edad:

Tabla 6 – Tabla 8 de la norma “E.070 Albañilería” (2).

TABLA 8 INCREMENTO DE f'_m y v'_m POR EDAD			
Edad		14 días	21 días
Muretes	Ladrillos de arcilla	1,15	1,05
	Bloques de concreto	1,25	1,05
Pilas	Ladrillos de arcilla y Bloques de concreto	1,10	1,00

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica “E.070 Albañilería”, 2006.

- f_2 : Factor de corrección por esbeltez.

Tabla 7 – Tabla 10 de la norma “E.070 Albañilería” (2).

TABLA 10 FACTORES DE CORRECCIÓN DE f'_m POR ESBELTEZ						
Esbeltez	2,0	2,5	3,0	4,0	4,5	5,0
Factor	0,73	0,80	0,91	0,95	0,98	1,00

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica “E.070 Albañilería”, 2006.

Este factor de corrección por esbeltez también puede ser calculado mediante la siguiente expresión matemática.

$$f_2 = -0.0053 E^3 + 0.51 E^2 - 0.0631 E + 0.7074$$

Fuente: Daniel Quiun, Corrección por esbeltez en pilas de albañilería ensayadas a compresión axial, 2005. (29)

Dónde: $E = h/t$.

Los resultados fueron los siguientes: (los cálculos se presentan en fichas ubicadas en los anexos).

- Ladrillo King Kong 18H
 - $f'm$: 62.75 kg/cm²
- Ladrillo pandereta
 - $f'm$: 21.40 kg/cm²

Para obtener el valor de resistencia al corte se empleó la fórmula presentada en el acápite 13.8 de la norma "E.070 Albañilería" ($v'm = \sqrt{f'm}$).

- Ladrillo King Kong 18H
 - $v'm$: 7.92 kg/cm²
- Ladrillo pandereta
 - $v'm$: 4.63 kg/cm²

El módulo de elasticidad para unidades de albañilería es obtenido de la expresión expuesta en el acápite 24.7 de la norma "E.070 Albañilería" ($E_m = 500 \times f'm$).

- Ladrillo King Kong 18H
 - E_m : 31 375 kg/cm²
- Ladrillo pandereta
 - E_m : 10 700 kg/cm²

El módulo de corte de albañilería resulta ser el 40% del valor del módulo de elasticidad.

- Ladrillo King Kong 18H
 - G_m : 12 550 kg/cm²
- Ladrillo pandereta
 - G_m : 4 280 kg/cm²

Peso específico de la albañilería:

- Ladrillo King Kong 18H
 - Pe : 1800 kg/m³
- Ladrillo pandereta
 - Pe : 1350 kg/m³

Características del concreto armado:

- Resistencia la compresión del concreto:
 - $f'c$: 210 kg/cm²
- Módulo de elasticidad del concreto:
 - E_m : 217 370 kg/cm²
- Peso específico del concreto:

- $P_e: 2400 \text{ kg/m}^3$

Sobrecargas en la edificación:

- Sobrecarga para vivienda; valor obtenido de la norma “E.020 Cargas” (30).
 - S/C: 200 kg/m^2

En la figura 44, se detalla la estructuración de la edificación, además se nombra cada muro portante ubicado en la dirección “Y”, cumpliendo las características que debe cumplir un muro para que sea denominado muro portante según la norma “E.070 Albañilería”:

- Sección transversal simétrica.
- Continuidad vertical del muro.
- Longitud mayor a 1.20 m.
- Sea confinado por sus cuatro bordes.



4.1.1 Requisitos estructurales mínimos para muros portantes

Para evaluar los requisitos estructurales mínimos para muros portantes se realiza la verificación del espesor efectivo y esfuerzo axial máximo de cada muro portante y por cada nivel, debido a la variación de ladrillos.

A continuación, se presenta dicho análisis para el muro portante que posee más carga:

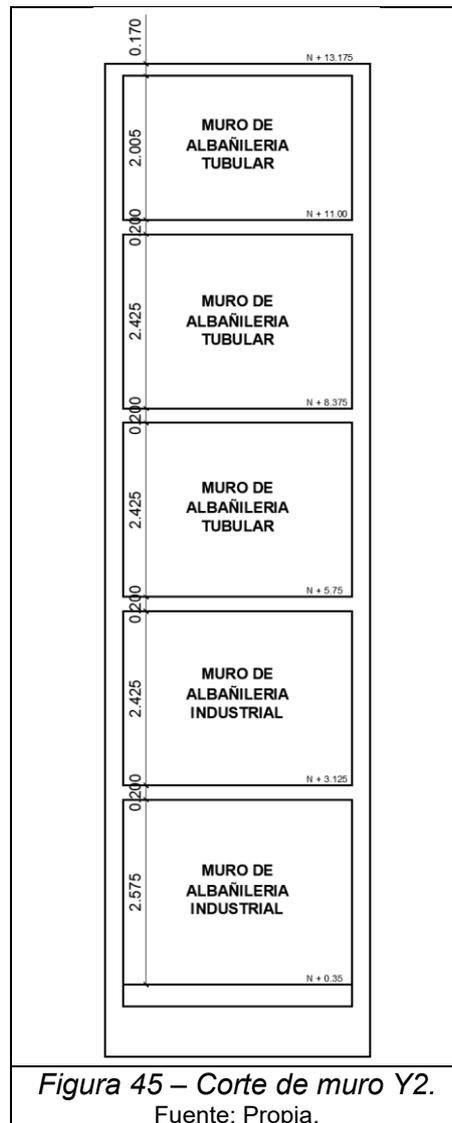


Figura 45 – Corte de muro Y2.
Fuente: Propia.

- **Espesor efectivo**

Para la albañilería industrial 18 huecos (primer nivel):

$$t > \frac{2.575}{20} = 0.12875m$$

El espesor del ladrillo King Kong 18 huecos es 0.125m, no cumple la condición.

Para la albañilería industrial tubular (tercer nivel):

$$t > \frac{2.425}{20} = 0.12125m$$

El espesor del ladrillo pandereta es 0.11m, no cumple la condición.

- **Esfuerzo axial máximo**

Tabla 8 – Medrado de carga muro Y2 de albañilería hueca hasta el primer nivel.

MURO Y2 - ALBAÑILERIA INDUSTRIAL							
	peso		ancho	altura	# veces	Total	
CARGA MUERTA AZOTEA						590.1	kg/m
Peso viga	2400	kg/m3	0.25	0.17	1	102.0	kg/m
Peso losa aligerada	280	kg/m2	0.68		1	190.4	kg/m
Peso piso terminado	0	kg/m2	0.93		1	0.0	kg/m
Peso muro	1350	kg/m3	0.11	2.005	1	297.7	kg/m
CARGA VIVA AZOTEA						93.0	kg/m
Sobrecarga	100	kg/m2	0.93		1	93.0	kg/m
CARGA MUERTA 3° y 4° PISO						1628.2	kg/m
Peso viga	2400	kg/m3	0.25	0.2	2	240.0	kg/m
Peso losa aligerada	300	kg/m2	0.8		2	480.0	kg/m
Peso piso terminado	100	kg/m2	0.94		2	188.0	kg/m
Peso muro	1350	kg/m3	0.11	2.425	2	720.2	kg/m
CARGA VIVA 3° y 4° PISO						376.0	kg/m
Sobrecarga	200	kg/m2	0.94		2	376.0	kg/m
CARGA MUERTA 2° PISO						998.1	kg/m
peso viga	2400	kg/m3	0.25	0.2	1	120.0	kg/m
Peso losa aligerada	300	kg/m2	0.8		1	240.0	kg/m
Peso piso terminado	100	kg/m2	0.925		1	92.5	kg/m
Peso muro	1800	kg/m3	0.125	2.425	1	545.6	kg/m
CARGA VIVA 2° PISO						185.0	kg/m
Sobrecarga	200	kg/m2	0.925		1	185.0	kg/m
CARGA MUERTA 1° PISO						1031.9	kg/m
Peso viga	2400	kg/m3	0.25	0.2	1	120.0	kg/m
Peso losa aligerada	300	kg/m2	0.8		1	240.0	kg/m
Peso piso terminado	100	kg/m2	0.925		1	92.5	kg/m
Peso muro	1800	kg/m3	0.125	2.575	1	579.4	kg/m
CARGA VIVA 1° PISO						185.0	kg/m
Sobrecarga	200	kg/m2	0.925		1	185.0	kg/m
CARGA MUERTA TOTAL						4248.4	kg/m
CARGA VIVA TOTAL						839.0	kg/m
Pservicio						5087.4	kg/m

Además:

- $t = 0.125 \text{ m}$
- $h = 2.575 \text{ m}$
- $f'm: 62.75 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 9 – Resultados del análisis de esfuerzo axial en el muro Y2 de albañilería hueca hasta el primer nivel.

CONDICION	VALOR		CUMPLE	DESCRIPCION
$\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot t}$	4.07	kg/cm ²		
$\sigma_m \leq 0.2f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right]$	8.20	kg/cm ²	OK	No fallará por pandeo
$\sigma_m \leq 0.15f'_m$	9.41	kg/cm ²	OK	No fallará por ductilidad

El ladrillo industrial King Kong 18 huecos cumple la condición de esfuerzo axial máximo.

Tabla 10 – Metrado de carga muro Y2 de albañilería tubular hasta el tercer nivel.

MURO Y2 - ALBAÑILERIA TUBULAR						
	peso		ancho	altura	# veces	Total
CARGA MUERTA AZOTEA						590.1 kg/m
Peso viga	2400	kg/m ³	0.25	0.17	1	102.0 kg/m
Peso losa aligerada	280	kg/m ²	0.68		1	190.4 kg/m
Peso piso terminado	0	kg/m ²	0.930		1	0.0 kg/m
Peso muro	1350	kg/m ³	0.11	2.005	1	297.7 kg/m
CARGA VIVA AZOTEA						93.0 kg/m
Sobrecarga	100	kg/m ²	0.93		1	93.0 kg/m
CARGA MUERTA 3º y 4º PISO						1628.2 kg/m
Peso viga	2400	kg/m ³	0.25	0.2	2	240.0 kg/m
Peso losa aligerada	300	kg/m ²	0.8		2	480.0 kg/m
Peso piso terminado	100	kg/m ²	0.940		2	188.0 kg/m
Peso muro	1350	kg/m ³	0.11	2.425	2	720.2 kg/m
CARGA VIVA 3º y 4º PISO						376.0 kg/m
Sobrecarga	200	kg/m ²	0.94		2	376.0 kg/m
CARGA MUERTA TOTAL						2218.4 kg/m
CARGA VIVA TOTAL						469.0 kg/m
Pservicio						2687.4 kg/m

Además:

- t = 0.11 m
- h = 2.425 m
- f'm: 24 kg/cm²

Tabla 11 – Resultados del análisis de esfuerzo axial en el muro Y2 de albañilería tubular hasta el tercer nivel.

CONDICION	VALOR		CUMPLE	DESCRIPCION
$\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot t}$	2.44	kg/cm ²		
$\sigma_m \leq 0.2f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right]$	2.58	kg/cm ²	OK	No fallará por pandeo
$\sigma_m \leq 0.15f'_m$	3.21	kg/cm ²	OK	No fallará por ductilidad

El ladrillo pandereta cumple la condición de esfuerzo axial máximo.

4.1.2 Análisis ante carga dinámica

4.1.2.1 Análisis sísmico estático

A. Albañilería confinada

Según la norma “E.070 Albañilería”. El análisis sísmico contemplará lo estipulado en la Norma Técnica de Edificación “E.030 Diseño Sismorresistente”, así como las especificaciones de la presente norma.

El acápite 28.1.2. de la norma “E.030 Diseño Sismorresistente”, indica que se puede emplear el análisis estático para estructuras regulares e irregulares de muros portantes de concreto armado y albañilería armada o confinada de no más de 15 m de altura. Esta norma considera que las estructuras de albañilería son edificaciones cuyos elementos estructurales sismorresistentes son muros portantes a base de unidades de albañilería de arcilla o concreto.

Tomando en cuenta lo descrito en las normas, para nuestra edificación que presenta muros portantes de albañilería hueca y tubular de arcilla, y pórticos de concreto armado se puede emplear los procedimientos y ecuaciones de diseño de las normativas.

- **Densidad mínima de muros en la dirección “Y” de la edificación.**

Análisis para el bloque I, (dichos valores son detallados en el cálculo de la cortante basal):

- $t = 0.125$ m
- $A_p = 60.8$ m²
- $Z = 0.35$
- $U = 1$
- $S = 1.20$
- $N = 4$

Tabla 12 – Densidad de muros para el bloque I.

MURO	LONG (m)	
Y1a	4.08	m
Y1b	3.53	m
Y2a	4.08	m
Y2b	3.53	m
\sum LONG - Y	15.20	m
\sum LONG - Y.t	1.98	m ²
ZUSN.Ap/56	1.82	m ²

$$\sum LONG - Y . t > \frac{ZUSN . Ap}{56}, \text{ cumple.}$$

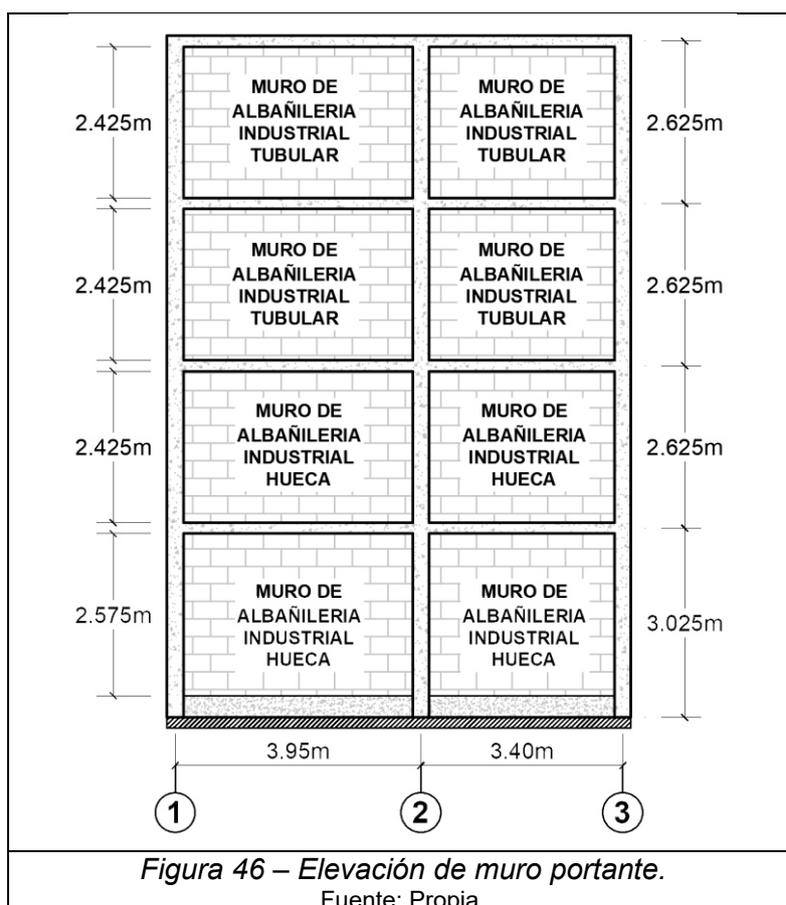
Según (Ángel San Bartolomé, 2008). La fórmula presentada debe emplearse tan solo con fines de predimensionamiento, para evitar situaciones de colapso total. La verdadera densidad de muros portantes para soportar sismos severos se determina con la siguiente fórmula, la cual garantiza que los muros queden en un estado reparable después de un terremoto (31).

$$\sum V_{mi} \geq V_{Ei}$$

Donde:

- V_{mi} : Sumatoria de resistencias al corte.
- V_{Ei} : Fuerza cortante actuante en el entrepiso producida por sismo severo.

- **Elevación de muros portantes de albañilería confinada.**



- **Metrado de cargas (peso total de la edificación).**

En el cálculo del peso de la edificación se consideró la altura contributiva para cada entrepiso, y considerando todos los elementos que aporten peso.

Análisis para el bloque I:

Tabla 13 – Metrado de carga muerta 4º entrepiso.

CARGA MUERTA 4º ENTREPISO	Peso		Largo	Ancho	Altura	Área	#Veces	Total	
VIGAS CHATAS, h = 0.17m	2400	kg/m3	19.6	0.25	0.17			1999.2	kg
VIGAS CHATAS, h = 0.20m	2400	kg/m3	16.9	0.25	0.2			2028.0	kg
VIGAS PERALTADAS, h = 0.40m	2400	kg/m3	30.85	0.25	0.4			7404.0	kg
LOSA ALIGERADA, e = 0.17m	280	kg/m2				21.25		5950.0	kg
LOSA ALIGERADA, e = 0.20m	300	kg/m2				50.14		15042.0	kg
PISO TERMINADO	100	kg/m2				56.43		5643.0	kg
COLUMNAS ENTREPISO	2400	kg/m3	0.35	0.25	3.22		4	2704.8	kg
COLUMNETAS AZOTEA	2400	kg/m3	0.35	0.25	1		5	1050.0	kg
PARAPETO	1350	kg/m3	26.29	0.11	1			3904.1	kg
MUROS EN AZOTEA	1350	kg/m3	18.26	0.11	2			5423.2	kg
MUROS ENTREPISO EN VCH	1350	kg/m3	31.14	0.11	1.2125			5607.0	kg
MUROS ENTREPISO EN VP	1350	kg/m3	8.91	0.11	1.0125			1339.7	kg
ESCALERA	2400	kg/m3	5	1.2	0.15	/2		1080.0	kg
								CM =	59.2 ton

Tabla 14 – Metrado de carga viva 4º entrepiso.

CARGA VIVA 4º ENTREPISO	Peso		Largo	Ancho	Altura	Área	#Veces	Total	
SOBRECARGA TECHO AZOTEA	100	kg/m2				26.14		2614.0	kg
SOBRECARGA PISO AZOTEA	200	kg/m2				56.43		11286.0	kg
SOBRECARGA EN ESCALERA	200	kg/m2	5	1.2	/2			600.0	kg
								CV =	14.5 ton

Tabla 15 – Metrado de carga muerta 3º entrepiso.

CARGA MUERTA 3º ENTREPISO	Peso		Largo	Ancho	Altura	Área	#Veces	Total	
VIGAS CHATAS, h = 0.20m	2400	kg/m3	16.9	0.25	0.2			2028.0	kg
VIGAS PERALTADAS, h = 0.40m	2400	kg/m3	30.85	0.25	0.4			7404.0	kg
LOSA ALIGERADA, e = 0.20m	300	kg/m2				50.14		15042.0	kg
PISO TERMINADO	100	kg/m2				56.43		5643.0	kg
COLUMNAS ENTREPISO	2400	kg/m3	0.35	0.25	2.425		9	4583.3	kg
ALFEIZAR	1350	kg/m3	12.09	0.11	1			1795.4	kg
MUROS ENTREPISO EN VCH	1350	kg/m3	31.14	0.11	2.425			11213.9	kg
MUROS ENTREPISO EN VP	1350	kg/m3	8.91	0.11	2.225			2944.0	kg
ESCALERA	2400	kg/m3	5	1.2	0.15			2160.0	kg
								CM =	52.8 ton

Tabla 16 – Metrado de carga viva 3º entrepiso.

CARGA VIVA 3º ENTREPISO	Peso		Largo	Ancho	Altura	Área	#Veces	Total	
SOBRECARGA	200	kg/m2				56.43		11286.0	kg
SOBRECARGA EN ESCALERA	200	kg/m2	5	1.2				1200.0	kg
								CV =	12.5 ton

Tabla 17 – Metrado de carga muerta 2° entrepiso.

CARGA MUERTA 2° ENTREPISO	Peso		Largo	Ancho	Altura	Área	#Veces	Total	
VIGAS CHATAS, h = 0.20m	2400	kg/m3	16.9	0.25	0.2			2028.0	kg
VIGAS PERALTADAS, h = 0.40m	2400	kg/m3	30.85	0.25	0.4			7404.0	kg
LOSA ALIGERADA, e = 0.20m	300	kg/m2				50.14		15042.0	kg
PISO TERMINADO	100	kg/m2				56.43		5643.0	kg
COLUMNAS ENTREPISO	2400	kg/m3	0.35	0.25	2.425		9	4583.3	kg
ALFEIZAR	1350	kg/m3	12.09	0.105	1			1713.8	kg
MUROS ENTREPISO EN VCH Ps	1350	kg/m3	31.14	0.11	1.2125			5607.0	kg
MUROS ENTREPISO EN VCH Pi	1800	kg/m3	31.14	0.125	1.2125			8495.4	kg
MUROS ENTREPISO EN VP Ps	1350	kg/m3	8.91	0.11	1.2125			1604.3	kg
MUROS ENTREPISO EN VP Pi	1800	kg/m3	8.91	0.125	1.0125			2029.8	kg
ESCALERA	2400	kg/m3	5	1.2	0.15			2160.0	kg
								CM =	56.3 ton

Tabla 18 – Metrado de carga viva 2° entrepiso.

CARGA VIVA 2° ENTREPISO	Peso		Largo	Ancho	Altura	Área	#Veces	Total	
SOBRECARGA	200	kg/m2				56.43		11286.0	kg
SOBRECARGA EN ESCALERA	200	kg/m2	5	1.2				1200.0	kg
								CV =	12.5 ton

Tabla 19 – Metrado de carga muerta 1° entrepiso.

CARGA MUERTA 1° ENTREPISO	Peso		Largo	Ancho	Altura	Área	#Veces	Total	
VIGAS CHATAS, h = 0.20m	2400	kg/m3	16.9	0.25	0.2			2028.0	kg
VIGAS PERALTADAS, h = 0.40m	2400	kg/m3	30.85	0.25	0.4			7404.0	kg
LOSA ALIGERADA, e = 0.20m	300	kg/m2				50.14		15042.0	kg
PISO TERMINADO	100	kg/m2				54.39		5439.0	kg
COLUMNAS ENTREPISO	2400	kg/m3	0.35	0.25	2.5		9	4725.0	kg
ALFEIZAR	1800	kg/m3	12.09	0.125	1			2720.3	kg
MUROS ENTREPISO EN VCH Ps	1800	kg/m3	31.14	0.125	1.2125			8495.4	kg
MUROS ENTREPISO EN VCH Pi	1800	kg/m3	23.85	0.125	1.2875			6909.0	kg
MUROS ENTREPISO EN VP Ps	1800	kg/m3	8.91	0.125	1.0125			2029.8	kg
MUROS ENTREPISO EN VP Pi	1800	kg/m3	6.31	0.125	0.8125			1153.5	kg
ESCALERA	2400	kg/m3	5	1.2	0.15			2160.0	kg
								CM =	58.1 ton

Tabla 20 – Metrado de carga viva 1° entrepiso.

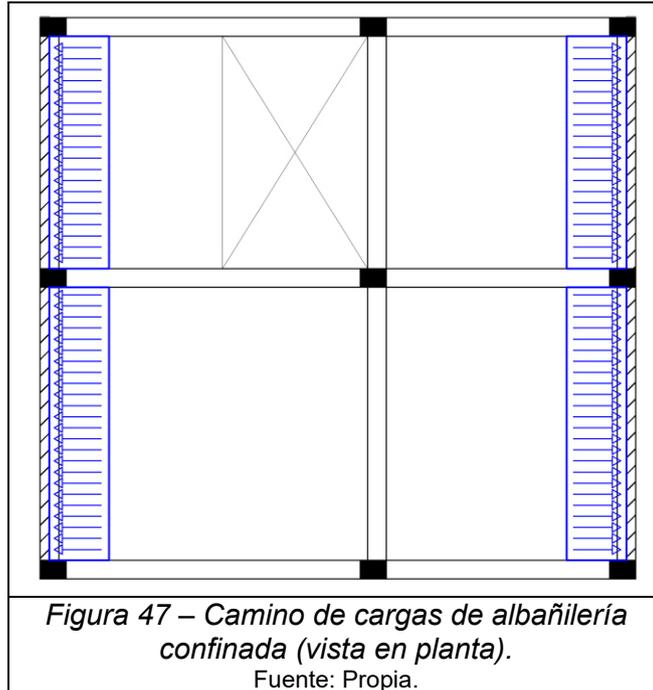
CARGA VIVA 1° ENTREPISO	Peso		Largo	Ancho	Altura	Área	#Veces	Total	
SOBRECARGA	200	kg/m2				54.39		10878.0	kg
SOBRECARGA EN ESCALERA	200	kg/m2	5	1.2				1200.0	kg
								CV =	12.1 ton

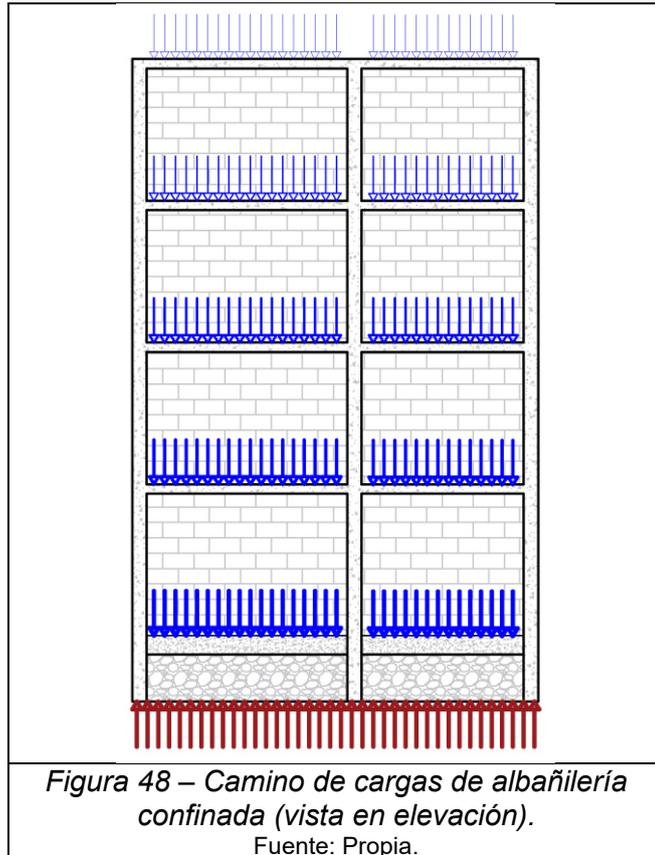
Además, según la norma “E.030 Diseño Sismorresistente” para la estimación del peso en edificaciones de la categoría C, se considera el 100% de la carga muerta más un 25% de la carga viva, en resumen, se obtiene:

Tabla 21 – Peso del bloque I de la edificación.

ENTREPISO	CM	CV	CM + 25%.CV	
1	58.1	12.1	61.1	ton
2	56.3	12.5	59.4	ton
3	52.8	12.5	55.9	ton
4	59.2	14.5	62.8	ton
TOTAL	226.4	51.6	239.3	ton

- Camino de cargas.





- **Cálculo de la cortante basal.**

Se obtiene de la siguiente expresión:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot C}{R} \cdot P$$

Los parámetros descritos se obtienen de la norma “E.030 Diseño Sismorresistente”:

FACTOR DE ZONIFICACIÓN – Z.

Tabla 22 – Tabla 1 de la norma “E.030 Diseño Sismorresistente” (27).

Tabla N° 1 FACTORES DE ZONA “Z”	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica “E.030 Diseño Sismorresistente”, 2016.

Edificación ubicada en la zona 3, por lo tanto, el valor de Z: 0.35.

FACTOR DE USO – U.

Tabla 23 – Tabla 5 de la norma “E.030 Diseño Sismorresistente” (27).

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica "E.030 Diseño Sismorresistente", 2016.

El valor de C: 1.00.

FACTOR DE SUELO – S.

Al tener un valor de capacidad portante igual a 0.90 kg/cm², según normativa es considerado un suelo blando S₃.

Tabla 24 – Tabla 3 de la norma "E.030 Diseño Sismorresistente" (27).

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S"				
ZONA \ SUELO	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica "E.030 Diseño Sismorresistente", 2016.

Según la tabla 3 de la norma "E.030 Diseño Sismorresistente", para un suelo considerado del tipo S₃ y ubicado en la zona 3, el valor de S: 1.20.

FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA – C.

Primero se determina el valor de periodo "T"

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

Donde:

- hn: 10.9 m.
- C_T: 60. Valor obtenido de la norma "E.030 Diseño Sismorresistente" para edificaciones duales.

Siendo T: 0.1817.

Tabla 25 – Tabla 4 de la norma E.030 "Diseño Sismorresistente" (27).

Tabla N° 4 PERÍODOS "T _P " Y "T _L "				
	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _P (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica "E.030 Diseño Sismorresistente", 2016.

El valor de T_P igual a 1.0, y según la norma, si:

$$T < T_p , C = 2.5$$

FACTOR DE REDUCCION DE FUERZAS SISMICAS – R₀.

En los pórticos de concreto armado el valor de reducción de fuerza sísmica es, R₀: 8.

Para el caso de albañilería confinada los valores de reducción de fuerza sísmica son:

- Para sismo moderado, R₀: 6.
- Para sismo severo, R₀: 3.

Luego se evalúa las irregularidades que pueden afectar al factor R₀, están irregularidades se pueden presentar tanto en altura como en planta, según detalla el artículo 20. Factores de Irregularidad (I_a, I_p) de la norma “E.030 Diseño Sismorresistente”.

- El bloque I de la edificación no presenta irregularidades.

En resumen:

Tabla 26 – Cortante basal del bloque I en la dirección Y.

FACTORES	VALOR	
Z	0.35	
U	1.00	
S3	1.20	
C	2.50	
P	239.29	ton
R	6.00	
I _a	1.00	
I _p	1.00	
(ZUCS/R).P	41.88	ton

• **Distribución en altura de la fuerza cortante basal.**

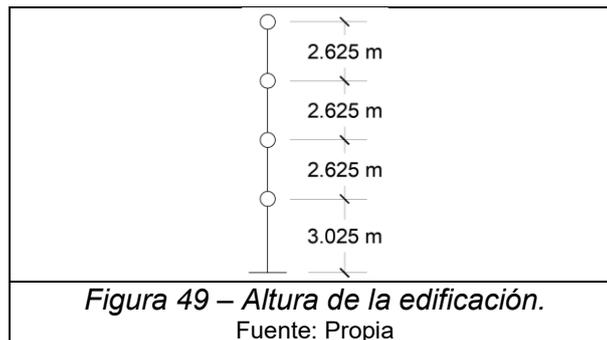


Tabla 27 – Distribución en altura de la cortante basal del bloque I en la dirección Y.

NIVEL	H	P (ton)	P.H	%	F (ton)	V (ton)
1	3.025	61.1	184.90	11.08%	4.64	41.88
2	5.65	59.4	335.79	20.13%	8.43	37.23
3	8.275	55.9	462.86	27.75%	11.62	28.80
4	10.9	62.8	684.52	41.04%	17.18	17.18
			1668.08			

- **Distribución de la fuerza cortante en cada muro.**

Conociendo el valor de fuerza cortante por cada entrepiso en la edificación, se requiere conocer el valor de rigidez de cada muro para distribuir en porcentaje la fuerza cortante.

Se tuvo que aplicar el criterio de la sección transformada en cada muro y para ello el valor de rigidez se determina con la siguiente fórmula:

$$K = \frac{E_m}{\frac{h^3}{3I} + f x h x \frac{E_m}{G_m x A}}$$

Donde:

- K = rigidez lateral.
- Em = módulo de elasticidad.
- h = altura del muro.
- I = inercia de la sección transformada.
- f = factor de forma.
- Gm = módulo de corte.
- A = área de la sección transversal del muro.

Para aplicar el criterio de sección transformada, se conoce:

- Em ladrillo King Kong 18H: 31 375 kg/cm²
- Em ladrillo pandereta: 10 700 kg/cm²
- Ec concreto: 217 370 kg/cm²

Obteniendo:

- n = Ec/Em kk: 6.9
- n = Ec/Em pd: 20.3

Por ejemplo, para el muro portante Y2:

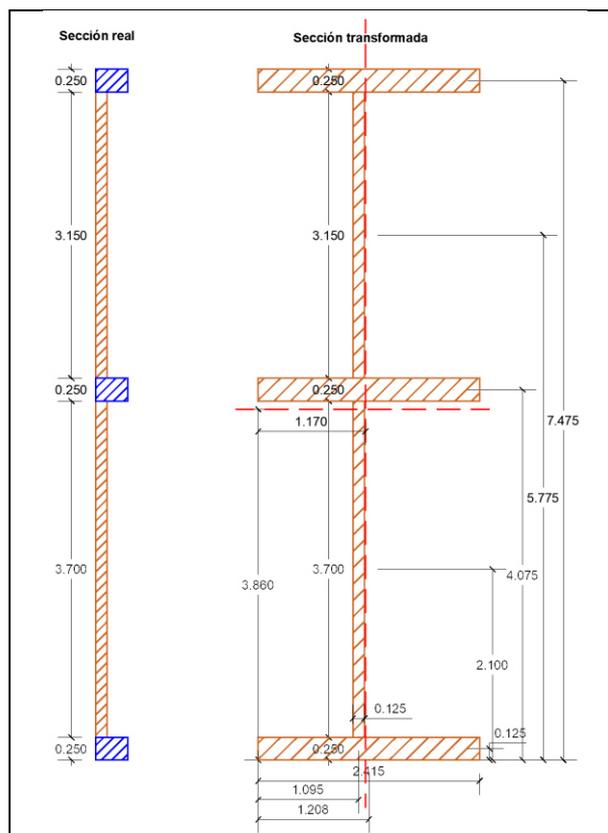


Figura 50 – Transformación de la sección de concreto a albañilería.

Fuente: Propia

Tabla 28 – Cálculo factor de forma de muro portante Y2.

ELEMENTO	B	H	A
1	0.35	0.25	0.088
2	0.125	3.7	0.463
3	0.35	0.25	0.088
4	0.125	3.15	0.394
5	0.35	0.25	0.088
			1.119

ELEMENTO	B	H	A
1	2.415	0.25	0.604
2	0.125	3.7	0.463
3	2.415	0.25	0.604
4	0.125	3.15	0.394
5	2.415	0.25	0.604
			2.668

f = 2.38

Tabla 29 – Cálculo centroide de muro portante Y2.

ELEMENTO	B	H	A	y	A.y
1	2.415	0.25	0.604	0.125	0.075
2	0.125	3.7	0.463	2.1	0.971
3	2.415	0.25	0.604	4.075	2.460
4	0.125	3.15	0.394	5.775	2.274
5	2.415	0.25	0.604	7.475	4.513
			2.668		10.294
				y' =	3.86

ELEMENTO	B	H	A	x	A.x
1	2.415	0.25	0.604	1.208	0.729
2	0.125	3.7	0.463	1.095	0.506
3	2.415	0.25	0.604	1.208	0.729
4	0.125	3.15	0.394	1.095	0.431
5	2.415	0.25	0.604	1.208	0.729
			2.668		3.126
				x' =	1.17

Tabla 30 – Cálculo momento de inercia de muro portante Y2.

ELEMENTO	B	H	A	I	Y	y'	d ²	I (m ²)
1	2.415	0.25	0.604	0.003	0.125	3.86	13.94	8.42
2	0.125	3.7	0.463	0.528	2.1	3.86	3.09	1.96
3	2.415	0.25	0.604	0.003	4.075	3.86	0.05	0.03
4	0.125	3.15	0.394	0.326	5.775	3.86	3.67	1.77
5	2.415	0.25	0.604	0.003	7.475	3.86	13.08	7.90
I =								20.08

Tabla 31 – Rigidez lateral en cada muro por entrepiso, bloque I.

DIRECCIÓN Y										
PRIMER NIVEL										
ELEMENTO	L (m)	t (m)	h (m)	lequi (m ⁴)	A (m ²)	f	K (ton/m)	%	V	
Y1			2.575	20.08	2.67	2.38	52103.00	49.02%	20.53	ton
Y2			2.575	20.08	2.67	2.38	52103.00	49.02%	20.53	ton
PÓRTICO B (3C)	0.35	0.25	2.575				2088.71	1.97%	0.82	ton
							106294.70		41.88	ton
SEGUNDO NIVEL										
ELEMENTO	L (m)	t (m)	h (m)	lequi (m ⁴)	A (m ²)	f	K (ton/m)	%	V	
Y1			2.425	20.08	2.67	2.38	55621.99	48.90%	18.21	ton
Y2			2.425	20.08	2.67	2.38	55621.99	48.90%	18.21	ton
PÓRTICO B (3C)	0.35	0.25	2.425				2500.77	2.20%	0.82	ton
							113744.75		37.23	ton
TERCER NIVEL										
ELEMENTO	L (m)	t (m)	h (m)	lequi (m ⁴)	A (m ²)	f	K (ton/m)	%	V	
Y1			2.425	51.38	6.08	5.99	17641.41	46.69%	13.45	ton
Y2			2.425	51.38	6.08	5.99	17641.41	46.69%	13.45	ton
PÓRTICO B (3C)	0.35	0.25	2.425				2500.77	6.62%	1.91	ton
							37783.58		28.80	ton
CUARTO NIVEL										
ELEMENTO	L (m)	t (m)	h (m)	lequi (m ⁴)	A (m ²)	f	K (ton/m)	%	V	
Y1			2.425	51.38	6.08	5.99	17641.41	46.69%	8.02	ton
Y2			2.425	51.38	6.08	5.99	17641.41	46.69%	8.02	ton
PÓRTICO B (3C)	0.35	0.25	2.425				2500.77	6.62%	1.14	ton
							37783.58		17.18	ton

- **Cálculo centro de masas.**

En el centro de masas se concentra la fuerza sísmica, para ello se considera todos los elementos de la edificación.

$$X_g = \frac{\sum P_i X_i}{\sum P_i}, \quad Y_g = \frac{\sum P_i Y_i}{\sum P_i}$$

Donde:

- Pi = peso del elemento.
- Xi = coordenadas del centroide de cada elemento en X.
- Yi = coordenadas del centroide de cada elemento en Y.

El punto de referencia (0;0) es el borde izquierdo inferior del muro portante Y2.

Tabla 32 – Centro de masa por cada nivel, bloque I.

NIVEL	Xcm (m)	Ycm (m)
1	3.81	4.04
2	3.96	3.62
3	3.99	3.64
4	3.99	3.64

• **Cálculo del centro de rigidez.**

El centro de rigidez es el punto donde los elementos estructurales de la edificación resisten las fuerzas laterales, además se considera este centro como aquel punto que está sujeto solo a traslación, alrededor del cual rotan y se trasladan los elementos estructurales.

$$X_{cr} = \frac{\sum Ky_i X_i}{\sum Ky_i}, \quad Y_{cr} = \frac{\sum Kx_i Y_i}{\sum Kx_i}$$

Donde:

- Kxi, Kyi = rigidez del elemento.
- Xi = coordenadas del centroide de cada elemento en X.
- Yi = coordenadas del centroide de cada elemento en Y.

El punto de referencia (0;0) es el borde izquierdo inferior del muro portante Y2.

Tabla 33 – Centro de rigidez del primer nivel, bloque I.

DIRECCIÓN X							
PRIMER NIVEL							
ELEMENTO	L (m)	t (m)	h (m)	K (ton/m)	"Y" (m)	K."Y"	
Y1	0.125	7.6	2.575	68.07	3.800	258.67	ton
Y2	0.125	7.6	2.575	68.07	3.800	258.67	ton
PÓRTICO 1 (3C)	0.25	0.35	2.575	4093.86	0.125	511.73	ton
PÓRTICO 2 (3C)	0.25	0.35	2.575	4093.86	4.075	16682.49	ton
PÓRTICO 3 (3C)	0.25	0.35	2.575	4093.86	7.475	30601.63	ton
						12417.73	48313.20 ton

DIRECCIÓN Y							
PRIMER NIVEL							
ELEMENTO	L (m)	t (m)	h (m)	K (ton/m)	"X" (m)	K."X"	
Y1				52103.00	7.862	409633.77	ton
Y2				52103.00	0.138	7190.21	ton
PÓRTICO B (3C)	0.35	0.25	2.575	2088.71	4.475	9346.96	ton
						106294.70	426170.94 ton

Tabla 34 – Centro de rigidez del segundo nivel, bloque I.

DIRECCIÓN X							
SEGUNDO NIVEL							
ELEMENTO	L (m)	t (m)	h (m)	K (ton/m)	"Y" (m)	K."Y"	
Y1	0.125	7.6	2.425	81.48	3.800	309.64	ton
Y2	0.125	7.6	2.425	81.48	3.800	309.64	ton
PÓRTICO 1 (3C)	0.25	0.35	2.425	4901.51	0.125	612.69	ton
PÓRTICO 2 (3C)	0.25	0.35	2.425	4901.51	4.075	19973.65	ton
PÓRTICO 3 (3C)	0.25	0.35	2.425	4901.51	7.475	36638.78	ton
				14867.49		57844.39	ton

DIRECCIÓN Y							
SEGUNDO NIVEL							
ELEMENTO	L (m)	t (m)	h (m)	K (ton/m)	"X" (m)	K."X"	
Y1				55621.99	7.862	437300.09	ton
Y2				55621.99	0.138	7675.83	ton
PÓRTICO B (3C)	0.35	0.25	2.425	2500.77	4.475	11190.94	ton
				113744.75		456166.87	ton

Tabla 35 – Centro de rigidez del tercer nivel, bloque I.

DIRECCIÓN X							
TERCER NIVEL							
ELEMENTO	L (m)	t (m)	h (m)	K (ton/m)	"Y" (m)	K."Y"	
Y1	0.11	7.6	2.425	18.95	3.800	71.99	ton
Y2	0.11	7.6	2.425	18.95	3.800	71.99	ton
PÓRTICO 1 (3C)	0.25	0.35	2.425	4901.51	0.125	612.69	ton
PÓRTICO 2 (3C)	0.25	0.35	2.425	4901.51	4.075	19973.65	ton
PÓRTICO 3 (3C)	0.25	0.35	2.425	4901.51	7.475	36638.78	ton
				14742.42		57369.10	ton

DIRECCIÓN Y							
TERCER NIVEL							
ELEMENTO	L (m)	t (m)	h (m)	K (ton/m)	"X" (m)	K."X"	
Y1				17641.41	7.907	139490.61	ton
Y2				17641.41	0.093	1640.65	ton
PÓRTICO B (3C)	0.35	0.25	2.425	2500.77	4.475	11190.94	ton
				37783.58		152322.20	ton

Tabla 36 – Centro de rigidez del cuarto nivel, bloque I.

DIRECCIÓN X							
CUARTO NIVEL							
ELEMENTO	L (m)	t (m)	h (m)	K (ton/m)	"Y" (m)	K."Y"	
Y1	0.11	7.6	2.425	18.95	3.800	71.99	ton
Y2	0.11	7.6	2.425	18.95	3.800	71.99	ton
PÓRTICO 1 (3C)	0.25	0.35	2.425	4901.51	0.125	612.69	ton
PÓRTICO 2 (3C)	0.25	0.35	2.425	4901.51	4.075	19973.65	ton
PÓRTICO 3 (3C)	0.25	0.35	2.425	4901.51	7.475	36638.78	ton
				14742.42		57369.10	ton

DIRECCIÓN Y							
CUARTO NIVEL							

ELEMENTO	L (m)	t (m)	h (m)	K (ton/m)	"X" (m)	K."X"	
Y1				17641.41	7.907	139490.61	ton
Y2				17641.41	0.093	1640.65	ton
PÓRTICO B (3C)	0.35	0.25	2.425	2500.77	4.475	11190.94	ton
				37783.58		152322.20	ton

En resumen, se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 37 – Centro de rigidez por cada nivel, bloque I.

NIVEL	Xcr (m)	Ycr (m)
1	4.01	3.89
2	4.01	3.89
3	4.03	3.89
4	4.03	3.89

El centro de rigidez se ubica hacia la zona más rígida de la estructura.

- **Excentricidad teórica, excentricidad accidental, momento torsor y fuerza cortante.**

La excentricidad teórica se obtiene de las diferencias entre los centros de masas y centros de rigideces.

Tabla 38 – Excentricidad teórica, bloque I.

Exc. Teórica						
Piso	Xcr	Ycr	Xcm	Ycm	ex	ey
1	4.009	3.891	3.808	4.037	0.201	-0.147
2	4.010	3.891	3.959	3.617	0.051	0.274
3	4.031	3.891	3.989	3.635	0.042	0.256
4	4.031	3.891	3.989	3.635	0.042	0.256

Para determinar la excentricidad accidental se considera el 5% de la dimensión de la estructura en la dirección transversal a la dirección de análisis.

Tabla 39 – Excentricidad accidental, bloque I.

Exc. Accidental				
Piso	LX(m)	LY(m)	exacc	eyacc
1	8.000	7.600	0.400	0.380
2	8.000	7.600	0.400	0.380
3	8.000	7.600	0.400	0.380
4	8.000	7.600	0.400	0.380

La excentricidad de diseño se obtiene operando los valores de excentricidad teórica y accidental.

Tabla 40 – Excentricidad de diseño, bloque I.

Piso	Exc. Teórica		Exc. Accidental		Exc. de Diseño en X		Exc. de Diseño en Y	
	Ex	ey	exacc	eyacc	caso 1	caso 2	caso 1	caso 2
1	0.201	-0.147	0.400	0.380	0.601	-0.199	0.233	-0.527
2	0.051	0.274	0.400	0.380	0.451	-0.349	0.654	-0.106
3	0.042	0.256	0.400	0.380	0.442	-0.358	0.636	-0.124
4	0.042	0.256	0.400	0.380	0.442	-0.358	0.636	-0.124

El momento torsor resulta de multiplicar el valor de excentricidad de diseño por los valores de fuerza cortante por traslación.

$$Mt = Exc. Dis. \times Vd$$

Donde:

- Mt = momento torsor.
- Exc. Dis. = excentricidad de diseño.
- Vd = fuerza cortante por traslación.

Tabla 41 – Momento torsor, bloque I.

Piso	Exc. Diseño X (m)		Exc. Diseño Y (m)		Vd (ton)	MTx (ton.m)		MTy (ton.m)	
	caso 1	caso 2	caso 1	caso 2		caso 1	caso 2	caso 1	caso 2
1	0.60	-0.20	0.23	-0.53	41.88	9.77	-22.06	25.16	-8.34
2	0.45	-0.35	0.65	-0.11	37.23	24.33	-3.97	16.80	-12.98
3	0.44	-0.36	0.64	-0.12	28.80	18.33	-3.56	12.73	-10.31
4	0.44	-0.36	0.64	-0.12	17.18	10.94	-2.12	7.60	-6.15

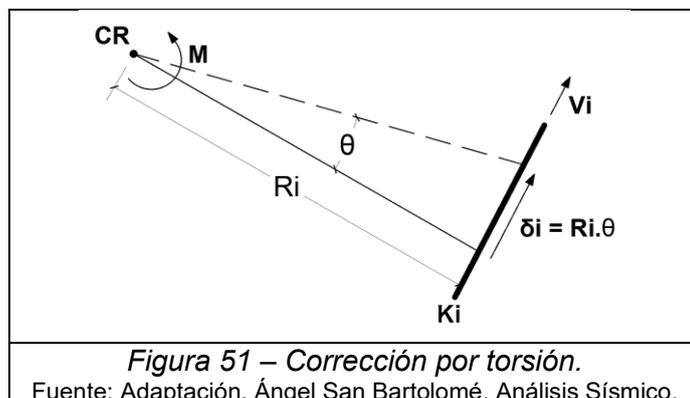
Para obtener la fuerza cortante última se suma el valor de fuerza cortante por torsión más fuerza cortante por traslación.

$$Vmi = Vt + Vd$$

Donde:

- Vmi = fuerza cortante última.
- Vt = fuerza cortante por torsión.
- Vd = fuerza cortante por traslación.

La fuerza cortante por torsión se deduce de la siguiente forma:



$$Vt = Vi = Ki \cdot \delta i = Ki \cdot Ri \cdot \theta$$

$$M = \sum(Vi \cdot Ri)$$

$$M = \sum(ki \cdot Ri \cdot \theta \cdot Ri)$$

$$M = \theta \cdot \sum(ki \cdot Ri^2)$$

$$RT = \frac{M}{\theta} = \sum(ki \cdot Ri^2)$$

$$\theta = \frac{M}{RT}$$

$$Vi = Ki \cdot Ri \cdot \theta$$

$$Vi = \frac{Ki \cdot Ri \cdot M}{RT}$$

$$Vt = Vi = \frac{Ki \cdot Ri \cdot M}{\sum(ki \cdot Ri^2)}$$

Donde:

- Vi = fuerza cortante por torsión.
- Ki = rigidez lateral de muro portante.
- M = momento torsor.
- Ri = distancia entre centro de rigidez y centroide de muro portante.
- RT = rigidez torsional.

Tabla 42 – Cortante última de los muros del primer nivel, bloque I.

MURO	Ky (ton/m)	Cortante	"X"	"Xcr"	d(X-Xcr)	Ky.(X-Xcr)^2	Cortantes por Mt			Cortante
		Vd	(m)	(m)			Vt 1	Vt 2	Vt (mayor)	Vmi (ton)
Y1	52103.00	20.53	7.86	4.01	3.85	773366.71	3.25	-1.08	3.25	23.78
Y2	52103.00	20.53	0.14	4.01	-3.87	780879.37	-3.27	1.08	3.27	23.79
						1554246.08				

Tabla 43 – Cortante última de los muros del segundo nivel, bloque I.

MURO	Ky (ton/m)	Cortante	"X"	"Xcr"	d(X-Xcr)	Ky.(X-Xcr)^2	Cortantes por Mt			Cortante
		Vd	(m)	(m)			Vt 1	Vt 2	Vt (mayor)	Vmi (ton)
Y1	55621.99	18.21	7.86	4.01	3.85	825123.83	2.17	-1.68	2.17	20.38
Y2	55621.99	18.21	0.14	4.01	-3.87	834097.19	-2.18	1.69	2.18	20.39
						1659221.02				

Tabla 44 – Cortante última de los muros del tercer nivel, bloque I.

MURO	Ky (ton/m)	Cortante	"X"	"Xcr"	d(X-Xcr)	Ky.(X-Xcr)^2	Cortantes por Mt			Cortante
		Vd	(m)	(m)			Vt 1	Vt 2	Vt (mayor)	Vmi (ton)
Y1	17641.41	13.45	7.91	4.03	3.88	264973.51	1.62	-1.31	1.62	15.07
Y2	17641.41	13.45	0.09	4.03	-3.94	273641.15	-1.64	1.33	1.64	15.09
						538614.66				

Tabla 45 – Cortante última de los muros del cuarto nivel, bloque I.

MURO	Ky (ton/m)	Cortante	"X"	"Xcr"	d(X-Xcr)	Ky.(X-Xcr)^2	Cortantes por Mt			Cortante
		Vd	(m)	(m)			Vt 1	Vt 2	Vt (mayor)	Vmi (ton)
Y1	17641.41	8.02	7.91	4.03	3.88	264973.51	0.96	-0.78	0.96	8.99
Y2	17641.41	8.02	0.09	4.03	-3.94	273641.15	-0.98	0.79	0.98	9.00
						538614.66				

Para obtener los valores de momento último se obtiene de la siguiente fórmula:

$$Mei = Vei \cdot h + Mes$$

Donde:

- Mei = momento último en un nivel.
- Vei = fuerza cortante ultima en un nivel.
- h = altura de entrepiso.
- Mes = momento último en el nivel superior.

En resumen, los valores de cortante y momento último son:

Tabla 46 – Cortante y momento último, bloque I.

MURO	Primer nivel		Segundo nivel		Tercer nivel		Cuarto nivel	
	Ve	Me	Ve	Me	Ve	Me	Ve	Me
Y1	23.78	188.55	20.38	116.63	15.07	63.14	8.99	23.59
Y2	23.79	188.74	20.39	116.77	15.09	63.25	9.00	23.63

• **Resistencia al corte y control de fisuración.**

Para obtener el valor de resistencia al corte (Vm), se requiere de los siguientes valores:

- Ladrillo King Kong 18H:
 - f'm: 62.75 kg/cm²
 - v'm: 7.92 kg/cm²
 - t: 0.125 m.
- Ladrillo pandereta:
 - f'm: 21.40 kg/cm²
 - v'm: 46.30 kg/cm²
 - t: 0.11 m.

Luego aplicar la siguiente fórmula que detalla la norma "E.070 Albañilería":

$$Vm = 0.5v'm \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0.23Pg$$

Donde:

- v'm: resistencia característica al corte de la albañilería.
- Pg: carga acumulada sobre el muro considerando reducción de sobrecarga.
- t: espesor efectivo del muro.

- L: longitud total del muro.
- α : factor de reducción de resistencia al corte por efecto de esbeltez.

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

- M_e : momento flector obtenido del análisis elástico.

Para controlar la fisuración ante sismo moderado en los muros portantes de debe cumplir la siguiente expresión:

$V_e \leq 0.55V_m$ = Fuerza cortante admisible, se acepta hasta un 5% de error.

Donde:

- V_e : fuerza cortante producida por el sismo moderado.
- V_m : fuerza cortante asociada al agrietamiento diagonal de la albañilería.

Tabla 47 – Resistencia al corte y control de fisuración, bloque I.

PRIMER NIVEL									
MURO	V_e (tn)	M_e (tn-m)	L(m)	t(m)	α	P_g (ton)	V_m (ton)	$0.55xV_m$	Afirmación
Y1	23.78	188.55	7.60	0.125	0.96	3.99	36.98	20.34	SE FISURA
Y2	23.79	188.74	7.60	0.125	0.96	4.46	37.07	20.39	SE FISURA

SEGUNDO NIVEL									
MURO	V_e (tn)	M_e (tn-m)	L(m)	t(m)	α	P_g (ton)	V_m (ton)	$0.55xV_m$	Afirmación
Y1	20.38	116.63	7.60	0.125	1.00	2.92	38.30	21.06	NO SE FISURA
Y2	20.39	116.77	7.60	0.125	1.00	3.38	38.40	21.12	NO SE FISURA

TERCER NIVEL									
MURO	V_e (tn)	M_e (tn-m)	L(m)	t(m)	α	P_g (ton)	V_m (ton)	$0.55xV_m$	Afirmación
Y1	15.07	63.14	7.60	0.110	1.00	1.87	19.77	10.87	SE FISURA
Y2	15.09	63.25	7.60	0.110	1.00	2.34	19.87	10.93	SE FISURA

CUARTO NIVEL									
MURO	V_e (tn)	M_e (tn-m)	L(m)	t(m)	α	P_g (ton)	V_m (ton)	$0.55xV_m$	Afirmación
Y1	8.99	23.59	7.60	0.110	1.00	1.01	19.57	10.76	NO SE FISURA
Y2	9.00	23.63	7.60	0.110	1.00	1.47	19.68	10.82	NO SE FISURA

- **Verificación de la resistencia al corte del edificio.**

La resistencia al corte del edificio se obtiene de la sumatoria de resistencia de cada muro portante, este valor se logra por cada piso y en cada dirección, debe ser mayor o igual a la fuerza cortante producida por el sismo severo.

$$\sum V_m \geq V_E$$

Donde:

- $\sum V_m$: resistencia global al corte.
- V_E : fuerza cortante de entrepiso producida por el sismo severo.

Tabla 48 – Resistencia al corte global, bloque I.

NIVEL	Σv_{my} (ton)	V sismo severo	Afirmación
Primer nivel	74.05	83.75	NO RESISTE AL CORTE GLOBAL
Segundo nivel	76.70	74.47	RESISTE AL CORTE GLOBAL
Tercer nivel	39.64	57.61	NO RESISTE AL CORTE GLOBAL
Cuarto nivel	39.24	34.37	RESISTE AL CORTE GLOBAL

• **Verificación de agrietamiento diagonal**

Los esfuerzos que se generan ante un sismo severo se obtienen multiplicando los valores resultantes del análisis de sismo moderado por la relación de la resistencia al corte entre la cortante generado del sismo moderado.

$$V_{ui} = V_{ei} \frac{V_{mi}}{V_{ei}}, \quad M_{ui} = M_{ei} \frac{V_{mi}}{V_{ei}}$$

Donde:

- V_{ui} : fuerza cortante producida por el sismo severo en un entrepiso.
- V_{ei} : fuerza cortante producida por el sismo moderado en un entrepiso.
- V_{mi} : fuerza cortante asociada al agrietamiento diagonal de la albañilería.

El factor de amplificación es particular en cada muro y debe estar en un rango de 2 a 3, el valor de 2 representa la relación entre un sismo moderado y un sismo severo, y el valor de 3 es el factor de reducción R para albañilería confinada.

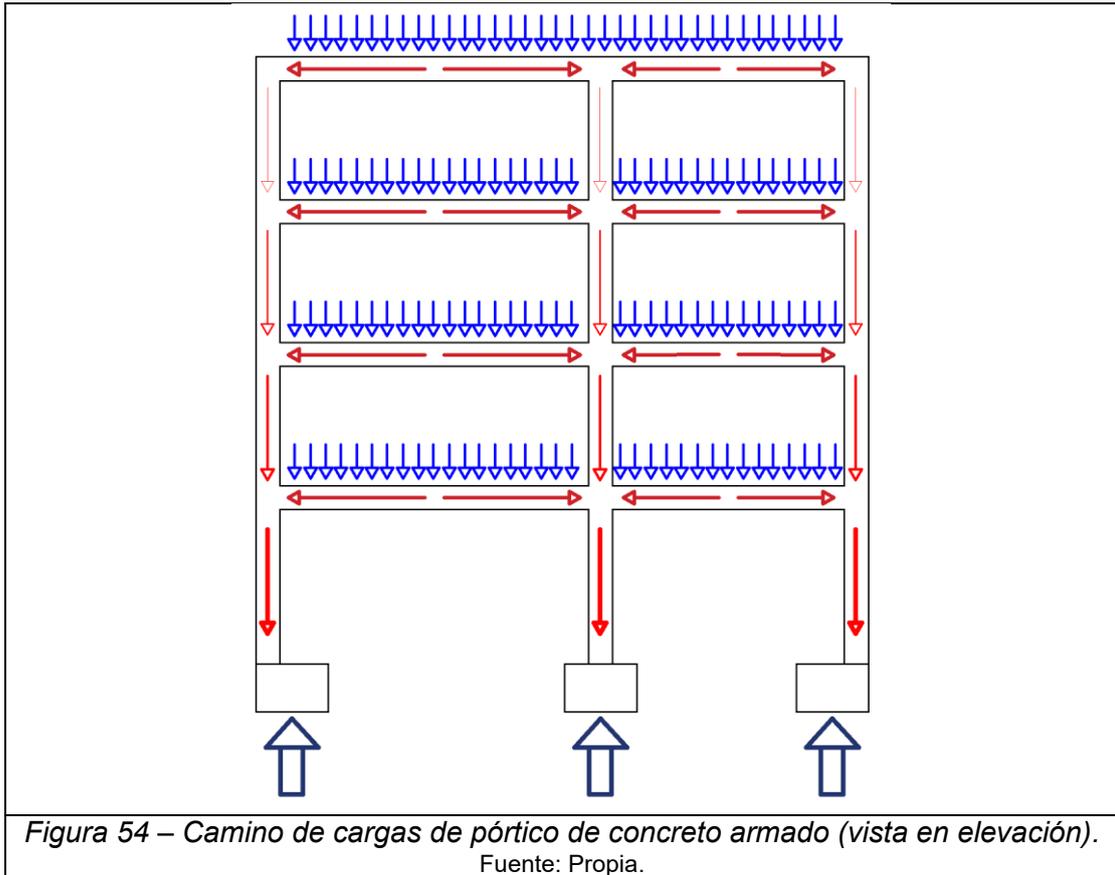
Todo muro deberá cumplir la expresión:

$$V_{mi} \geq V_{ui}, \text{ con un error mínimo del 5\%.}$$

Esta expresión se debe cumplir en cada entrepiso de la edificación, pero si en algún entrepiso superior no cumple, este se agrietará y se tendrá que diseñar sus confinamientos para soportar V_{mi} en forma similar al primer entrepiso.

Tabla 49 – Agrietamiento diagonal por sismo severo, bloque I.

PRIMER NIVEL					
MURO	V_e (tn)	V_m (tn)	$V_{m1}/V_{e1} =$	V_u	Afirmación
Y1	23.78	36.98	2.00	47.55	SE AGRIETA
Y2	23.79	37.07	2.00	47.58	SE AGRIETA
SEGUNDO NIVEL					
MURO	V_e (tn)	V_m (tn)	$V_{m1}/V_{e1} =$	V_u	Afirmación
Y1	20.38	38.30	2.00	40.75	SE AGRIETA
Y2	20.39	38.40	2.00	40.78	SE AGRIETA
TERCER NIVEL					
MURO	V_e (tn)	V_m (tn)	$V_{m1}/V_{e1} =$	V_u	Afirmación
Y1	15.07	19.77	2.00	30.13	SE AGRIETA
Y2	15.09	19.87	2.00	30.18	SE AGRIETA
CUARTO NIVEL					
MURO	V_e (tn)	V_m (tn)	$V_{m1}/V_{e1} =$	V_u	Afirmación



- **Calculo cortante basal.**

Tabla 50 – Cortante basal del bloque I en la dirección X.

FACTORES	VALOR
Z	0.35
U	1.00
S3	1.20
C	2.50
P	239.29 ton
R	8.00
la	1.00
lp	1.00
(ZUCS/R).P	31.41 ton

- **Distribución en altura de la fuerza cortante basal.**

Tabla 51 – Distribución en altura de la cortante basal del bloque I en la dirección X.

NIVEL	H	P (ton)	P.H	%	F (ton)	V (ton)
1	3.025	61.1	184.90	11.08%	3.48	31.41
2	5.65	59.4	335.79	20.13%	6.32	27.93
3	8.275	55.9	462.86	27.75%	8.71	21.60
4	10.9	62.8	684.52	41.04%	12.89	12.89
			1668.08			

- **Distribución de la fuerza cortante en cada pórtico de concreto armado.**

Tabla 52 – Distribución de fuerza cortante por cada pórtico.

Nivel	V (ton)			V total (ton)
	Eje 1	Eje 2	Eje 3	
1	10.47	10.47	10.47	31.41
2	9.31	9.31	9.31	27.93
3	7.20	7.20	7.20	21.60
4	4.30	4.30	4.30	12.89

- **Análisis sísmico estático - Método de Muto.**

Este método es aproximado para resolver pórticos de concreto armado, considera la deformación por flexión de las barras.

Cálculo de rigideces relativas:

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$K = \frac{I}{L}$$

Donde:

- I = inercia.
- b = base.
- h = altura.
- L = longitud.
- K = rigidez relativa.

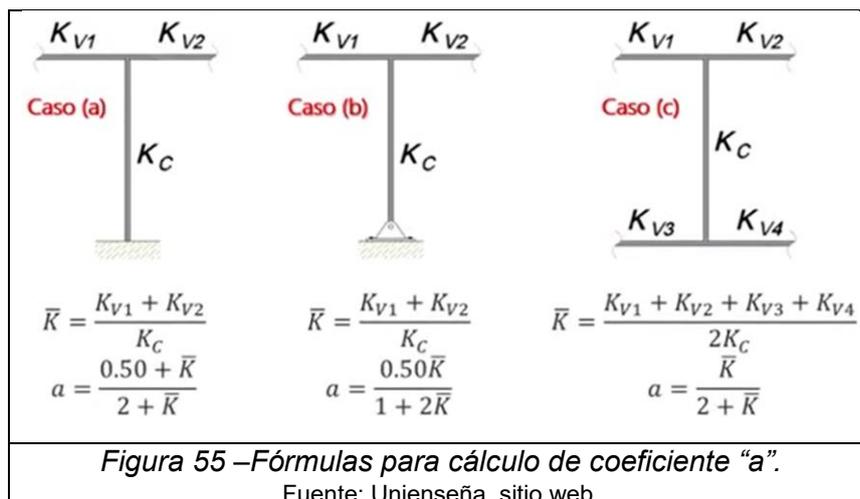
Tabla 53 – Rigidez relativa de vigas.

Nivel	Inercia (m4)	L1 (m)	L2 (m)	K viga 1 (m3)	K viga 2 (m3)
1	0.00133	4.30	3.35	0.00031	0.00040
2	0.00133	4.30	3.35	0.00031	0.00040
3	0.00133	4.30	3.35	0.00031	0.00040
4	0.00133	4.30	3.35	0.00031	0.00040

Tabla 54 – Rigidez relativa de columnas.

Nivel	Inercia (m4)	L1 (m)	K col 1 (m3)
1	0.00089	3.025	0.00030
2	0.00089	2.625	0.00034
3	0.00089	2.625	0.00034
4	0.00089	2.625	0.00034

Cálculo de rigidez estándar y absoluta:



$$K = a \cdot K^o$$

$$K^o = \frac{12EI}{h^3}$$

Donde:

- K = rigidez lateral absoluta.
- a = coeficiente “a”, comprendido entre $0 \leq a \leq 1$.
- K^o = rigidez lateral estándar.
- E = módulo de elasticidad.
- I = inercia.
- h = altura del elemento.

	0.00031	0.00040	
	0.00034	0.00034	0.00034
	0.00031	0.00040	
	0.00034	0.00034	0.00034
	0.00031	0.00040	
	0.00034	0.00034	0.00034
	0.00031	0.00040	
	0.00030	0.00030	0.00030

Figura 56 –Rigideces relativas en el pórtico.
Fuente: Propia.

Tabla 55 – Rigidez lateral absoluta.

Nivel	Columna	k'	A	k ^o (ton/m)	a.k ^o (ton/m)	Σa.k ^o (ton/m)
4	Izquierda	0.91125	0.313	1288.12	403.19	1535.37
	Central	2.08091	0.510	1288.12	656.83	

3	Derecha	1.16966	0.369	1288.12	475.34	1535.37
	Izquierda	0.91125	0.313	1288.12	403.19	
	Central	2.08091	0.510	1288.12	656.83	
	Derecha	1.16966	0.369	1288.12	475.34	
2	Izquierda	0.91125	0.313	1288.12	403.19	1535.37
	Central	2.08091	0.510	1288.12	656.83	
	Derecha	1.16966	0.369	1288.12	475.34	
1	Izquierda	1.05011	0.508	841.72	427.77	1447.01
	Central	2.39800	0.659	841.72	554.64	
	Derecha	1.34790	0.552	841.72	464.59	

Cálculo de desplazamientos:

$$\delta = \frac{V_i}{\sum K_i}$$

Donde:

- δ = desplazamiento.
- V_i = cortante de entrepiso.
- $\sum K_i$ = sumatoria de rigideces absolutas.

Tabla 56 – Desplazamientos.

Nivel	k_i (ton/m)	v_i (ton)	δ (m)
1	1447.01	10.47	0.0072
2	1535.37	9.31	0.0061
3	1535.37	7.20	0.0047
4	1535.37	4.30	0.0028

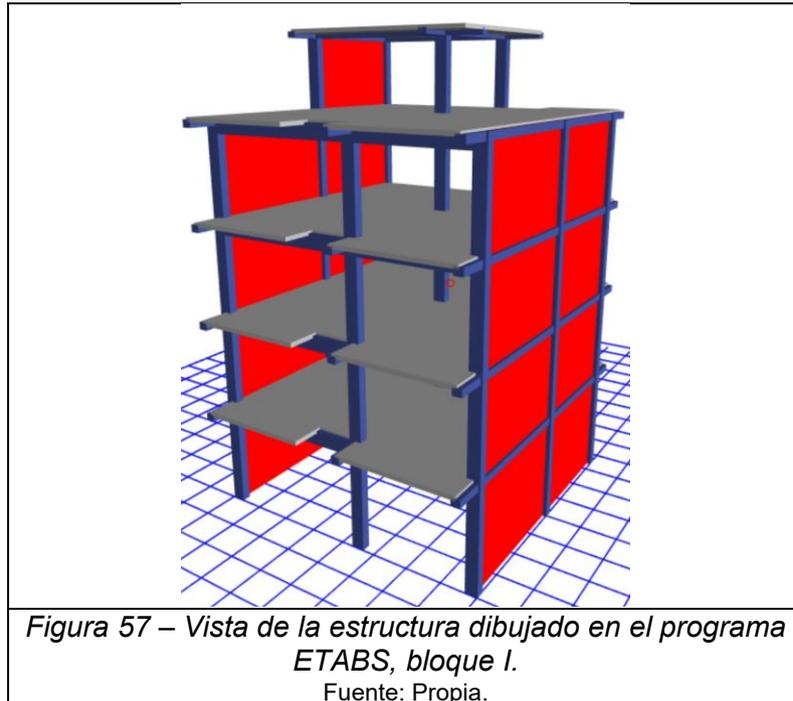
4.1.2.2 Análisis sísmico dinámico

Se optó por trabajar el modelado de elementos finitos utilizando el programa ETABS, para ello se ingresó los siguientes datos:

- Materiales:
 - Concreto armado:
 - P_e : 2 400 kg/m³
 - E_m : 2 173 706 512 kg/m²
 - f'_c : 2 100 000 kg/m²
 - Albañilería King Kong 18 huecos:
 - P_e : 1 800 kg/m³
 - E_m : 313 750 000 kg/m²
 - f'_m : 627 500 kg/m²
 - Albañilería pandereta:
 - P_e : 1 350 kg/m³
 - E_m : 107 000 000 kg/m²

- $f'm: 214\ 000\ \text{kg/m}^2$
- Secciones:
 - Columnas de 0.25x0.35m
 - Vigas chatas de 0.25x0.17m
 - Vigas chatas de 0.25x0.20m
 - Vigas peraltadas de 0.25x0.40m
 - Losa aligerada de 0.20m de espesor
 - Losa aligerada de 0.17m de espesor
 - Escalera
 - Muros de albañilería de 0.125m de espesor
 - Muros de albañilería de 0.11m de espesor
- Cargas:
 - Para la losa aligerada de 0.20m de espesor:
 - $CM = 400\ \text{kg/m}^2$
 - $CV = 200\ \text{kg/m}^2$
 - Para la losa aligerada de 0.17m de espesor:
 - $CM = 280\ \text{kg/m}^2$
 - $CV = 100\ \text{kg/m}^2$
 - Para la escalera:
 - $CM = 460\ \text{kg/m}^2$
 - $CV = 200\ \text{kg/m}^2$
 - Carga uniforme de tabiquería de ladrillo King Kong 18 huecos
 - $P = 545.6\ \text{kg/m}$ y $225\ \text{kg/m}$
 - Carga uniforme de tabiquería de ladrillo pandereta
 - $P = 360.11\ \text{kg/m}$ y $148.5\ \text{kg/m}$

Posteriormente se graficó los elementos en el programa, respetando los pasos para que el programa brinde datos correctos.



- **Cálculo de la cortante basal estática y dinámica.**

Tabla 57 – Cortante basal por sismo estático, bloque I.

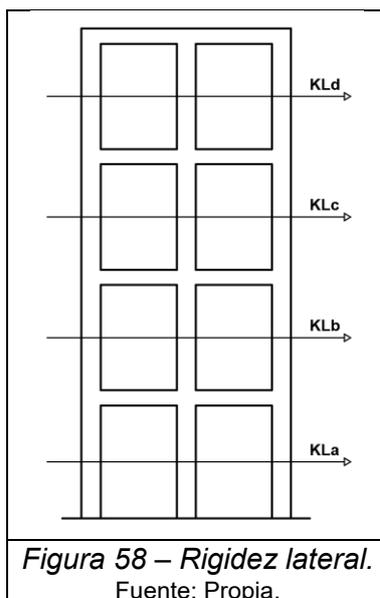
Nivel	Caso de carga	Cortante kg
Piso4	Sismo estático Y	18597.59
Piso3	Sismo estático Y	30568.23
Piso2	Sismo estático Y	39138.73
Piso1	Sismo estático Y	44279.49

Tabla 58 – Cortante basal por sismo dinámico, bloque I.

Nivel	Caso de carga	Cortante kg
Piso4	Sismo dinámico Y	14409.26
Piso3	Sismo dinámico Y	21435.22
Piso2	Sismo dinámico Y	25541.22
Piso1	Sismo dinámico Y	28504.52

- **Verificación de irregularidad de rigidez – piso blando.**

Presenta irregularidad la estructura cuando la rigidez lateral de un entrepiso es menor que el 70% de la rigidez del entrepiso superior, o menor que el 80% de la rigidez lateral del promedio de los tres niveles superiores.



$$K_L a < 0.70 K_L b, \quad K_L a < \left(\frac{K_L b + K_L c + K_L d}{3} \right)$$

$$K_L = \frac{\text{Cortante}(kg)}{\text{Deriva}(m)}$$

Donde:

- K_L : rigidez lateral.

Tabla 59 – Verificación de irregularidad de rigidez en la dirección X, bloque I.

Piso	Caso de carga	Cortante X	Deriva X	Rigidez X	Condición
		kg	m	kg/m	
Piso4	Sismo dinámico X	11326.80	0.00269	4211452.3	ok
Piso3	Sismo dinámico X	19118.56	0.00419	4562842.6	ok
Piso2	Sismo dinámico X	24980.86	0.00530	4710545.4	ok
Piso1	Sismo dinámico X	28361.73	0.00549	5166186.2	ok

Tabla 60 – Verificación de irregularidad de rigidez en la dirección Y, bloque I.

Piso	Caso de carga	Cortante Y	Deriva Y	Rigidez Y	Condición
		kg	m	kg/m	
Piso4	Sismo dinámico Y	14409.26	0.00080	18111803.6	ok
Piso3	Sismo dinámico Y	21435.22	0.00096	22311972.6	ok
Piso2	Sismo dinámico Y	25541.22	0.00047	54394150.9	ok
Piso1	Sismo dinámico Y	28504.52	0.00045	63963967.2	ok

• **Verificación de irregularidad torsional.**

Presenta irregularidad cuando el máximo desplazamiento en un extremo del entrepiso (incluyendo excentricidad accidental) es mayor que 1.3 veces el desplazamiento

promedio de los extremos del mismo entrepiso, también debe considerarse que existe esta irregularidad si el máximo desplazamiento de dicho entrepiso es mayor que el 50% del desplazamiento permisible.

Tabla 61 – Condición irregularidad torsional en la dirección X.

Piso	X-X		
	Δ_{max} (cm)	$\Delta_{permi.}$ (cm)	Δ_{max} (cm) >50% $\Delta_{permi.}$ (cm)
Piso4	1.5924	1.8375	no
Piso3	2.5032	1.8375	si
Piso2	3.1854	1.8375	si
Piso1	3.3066	2.1175	si

Tabla 62 – Desplazamiento en la dirección Y debido al sismo de la dirección X.

Piso	Desplazamiento en la dirección Y-Y			
	Caso de carga	Δ_{sup} (cm)	Δ_{inf} (cm)	$\Delta_{relativo}$ (cm)
Piso4	Sismo dinámico X Max	0.0152	0.01120	0.0040
Piso3	Sismo dinámico X Max	0.0112	0.00550	0.0057
Piso2	Sismo dinámico X Max	0.0055	0.00270	0.0028
Piso1	Sismo dinámico X Max	0.0027	0	0.0027

Tabla 63 – Verificación de irregularidad torsional en la dirección X, bloque I.

Piso	Caso de carga	Máximo	Promedio	Proporción	Condición
		m	m		
Piso4	Sismo dinámico X Max	0.017646	0.017546	1.006	ok
Piso3	Sismo dinámico X Max	0.014992	0.014923	1.005	ok
Piso2	Sismo dinámico X Max	0.010820	0.010779	1.004	ok
Piso1	Sismo dinámico X Max	0.005511	0.005490	1.004	ok

Tabla 64 – Condición irregularidad torsional en la dirección Y.

Piso	Y-Y		
	Δ_{max} (cm)	$\Delta_{permi.}$ (cm)	Δ_{max} (cm) >50% $\Delta_{permi.}$ (cm)
piso 4	0.3677	1.3125	no
piso 3	0.4527	1.3125	no
piso 2	0.2228	1.3125	no
piso 1	0.2129	1.5125	no

Tabla 65 – Desplazamiento en la dirección X debido al sismo de la dirección Y.

Piso	Desplazamiento en la dirección X-X			
	Caso de carga	Δ_{sup} (cm)	Δ_{inf} (cm)	$\Delta_{relativo}$ (cm)
Piso4	Sismo dinámico Y Max	0.0402	0.03480	0.0054
Piso3	Sismo dinámico Y Max	0.0348	0.02600	0.0088
Piso2	Sismo dinámico Y Max	0.0260	0.01830	0.0077
Piso1	Sismo dinámico Y Max	0.0183	0	0.0183

Tabla 66 – Verificación de irregularidad torsional en la dirección Y, bloque I.

Piso	Caso de carga	Máximo	Promedio	Proporción	Condición
		m	m		
Piso4	Sismo dinámico Y Max	0.002791	0.002633	1.060	ok
Piso3	Sismo dinámico Y Max	0.001974	0.001859	1.062	ok
Piso2	Sismo dinámico Y Max	0.000968	0.000912	1.061	ok
Piso1	Sismo dinámico Y Max	0.000473	0.000446	1.061	ok

- **Desplazamiento lateral relativo admisible.**

Empleando la normativa “E.030 Diseño Sismorresistente”, indica que para estructuras regulares los desplazamientos serán afectados por 0.75R, y para estructuras irregulares se amplificarán por 0.85R; el desplazamiento máximo en cada entrepiso no debe exceder la distorsión de 0.005 para el caso de albañilería confinada y de 0.007 en pórticos de concreto armado.

Tabla 67 – Control de distorsión por entrepiso del bloque I.

Dirección X – Pórticos de concreto armado								
PISO	P sup (m)	P inf (m)	Diferencia (m)	0.75xR	H piso (m)	Distorsión	LimDistorsión	Obs.
4	0.01765	0.014992	0.002654	6	2.625	0.006066	0.007	ok
3	0.01499	0.01082	0.004172	6	2.625	0.009536	0.007	no ok
2	0.01082	0.005511	0.005309	6	2.625	0.012135	0.007	no ok
1	0.00551	0	0.005511	6	3.025	0.010931	0.007	no ok
Dirección Y – Albañilería confinada								
PISO	P sup (m)	P inf (m)	Diferencia (m)	0.75xR	H piso (m)	Distorsión	LimDistorsión	Obs.
4	0.00279	0.001974	0.000817	4.5	2.625	0.001401	0.005	ok
3	0.00197	0.000968	0.001006	4.5	2.625	0.001725	0.005	ok
2	0.00097	0.000473	0.000495	4.5	2.625	0.000849	0.005	ok
1	0.00047	0	0.000473	4.5	3.025	0.000704	0.005	ok

- **Factor de escala.**

Según la norma vigente “E.030 Diseño Sismorresistente” en el art. 29.4 Fuerza cortante mínima, se debe cumplir la siguiente condición para la fuerza cortante en el primer entrepiso:

- Estructura regular
 - $V_{dinámico} \geq 0.80 \times V_{estático}$
- Estructura irregular
 - $V_{dinámico} \geq 0.90 \times V_{estático}$

De no cumplir la expresión se deberá escalar proporcionalmente la fuerza cortante, excepto los desplazamientos.

Tabla 68 – Factor de escala en la dirección Y del bloque I.

Vy est =	44279.49	kg
Vy din =	28504.52	kg

Vy din/Vy est =	0.64	
configuración	regular	
coeficiente min =	0.8	
factor (fx) =	1.24	

- **Cortante dinámico escalado.**

Tabla 69 – Cortante basal dinámico escalado, bloque I.

Nivel	Caso de carga	Cortante
		ton
Piso4	Sismo dinámico moderado escalado Y	17.87
Piso3	Sismo dinámico moderado escalado Y	26.58
Piso2	Sismo dinámico moderado escalado Y	31.67
Piso1	Sismo dinámico moderado escalado Y	35.35

- **Resistencia al corte y control de fisuración.**

Tabla 70 – Resistencia al corte y control de fisuración con valores obtenidos del programa ETABS, bloque I.

PRIMER NIVEL									
MURO	Ve (tn)	Me (tn-m)	L(m)	t(m)	α	Pg (ton)	Vm (ton)	0.55xVm	Afirmación
Y1	14.50	27.84	7.60	0.125	1.00	3.99	38.55	21.20	NO SE FISURA
Y2	15.52	31.61	7.60	0.125	1.00	4.46	38.65	21.26	NO SE FISURA

SEGUNDO NIVEL									
MURO	Ve (tn)	Me (tn-m)	L(m)	t(m)	α	Pg (ton)	Vm (ton)	0.55xVm	Afirmación
Y1	15.41	21.40	7.60	0.125	1.00	2.92	38.30	21.06	NO SE FISURA
Y2	16.55	24.59	7.60	0.125	1.00	3.38	38.40	21.12	NO SE FISURA

TERCER NIVEL									
MURO	Ve (tn)	Me (tn-m)	L(m)	t(m)	α	Pg (ton)	Vm (ton)	0.55xVm	Afirmación
Y1	10.86	7.51	7.60	0.110	1.00	1.87	19.77	10.87	NO SE FISURA
Y2	11.71	8.74	7.60	0.110	1.00	2.34	19.87	10.93	SE FISURA

CUARTO NIVEL									
MURO	Ve (tn)	Me (tn-m)	L(m)	t(m)	α	Pg (ton)	Vm (ton)	0.55xVm	Afirmación
Y1	8.94	4.99	7.60	0.110	1.00	1.01	19.57	10.76	NO SE FISURA
Y2	9.52	5.88	7.60	0.110	1.00	1.47	19.68	10.82	NO SE FISURA

- **Resistencia al corte del edificio.**

Tabla 71 – Resistencia al corte global con valores obtenidos del programa ETABS, bloque I.

NIVEL	Σv_{my} (ton)	V sismo severo	Afirmación
Primer nivel	77.20	70.69	RESISTE AL CORTE GLOBAL
Segundo nivel	76.70	63.34	RESISTE AL CORTE GLOBAL

Tercer nivel	39.64	53.16	NO RESISTE AL CORTE GLOBAL
Cuarto nivel	39.24	35.73	RESISTE AL CORTE GLOBAL

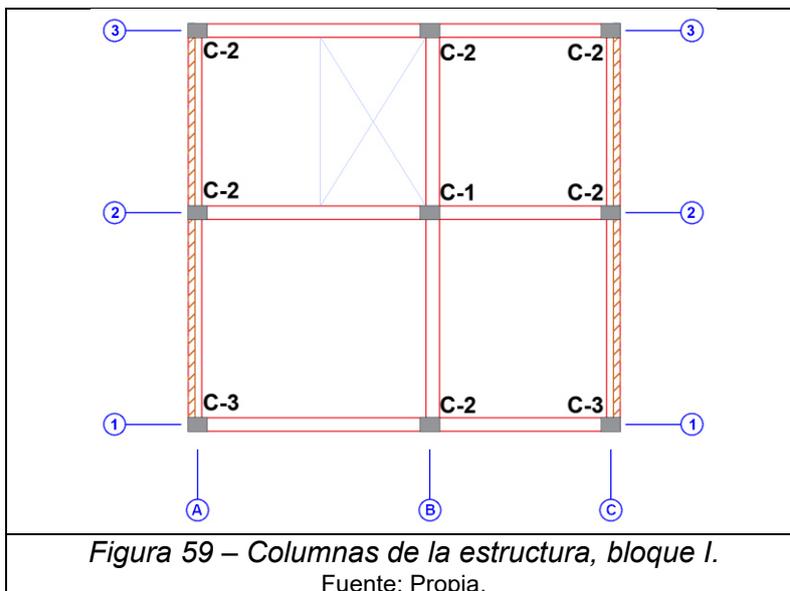
- **Verificación del agrietamiento diagonal.**

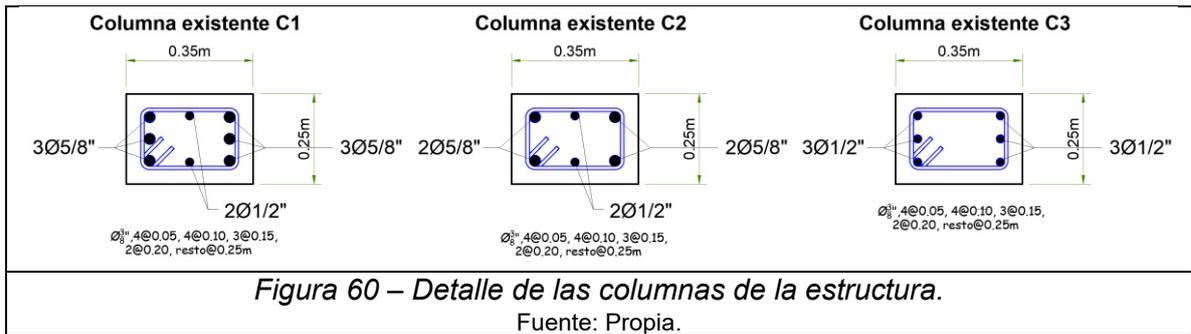
Tabla 72 – Agrietamiento diagonal por sismo severo con valores obtenidos del programa ETABS, bloque I.

AGRIETAMIENTO POR SISMO SEVERO						
PRIMER NIVEL						
MURO	Ve (tn)	Vm (tn)	Vm1/Ve1=	Vu	Mu	Afirmación
Y1	14.50	38.55	2.66	38.55	74.02	NO SE AGRIETA
Y2	15.52	38.65	2.49	38.65	78.72	NO SE AGRIETA
SEGUNDO NIVEL						
MURO	Ve (tn)	Vm (tn)	Vm1/Ve1=	Vu	Mu	Afirmación
Y1	15.41	38.30	2.49	38.30	53.18	NO SE AGRIETA
Y2	16.55	38.40	2.32	38.40	57.07	NO SE AGRIETA
TERCER NIVEL						
MURO	Ve (tn)	Vm (tn)	Vm1/Ve1=	Vu	Mu	Afirmación
Y1	10.86	19.77	2.00	21.72	15.02	SE AGRIETA
Y2	11.71	19.87	2.00	23.42	17.49	SE AGRIETA
CUARTO NIVEL						
MURO	Ve (tn)	Vm (tn)	Vm1/Ve1=	Vu	Mu	Afirmación
Y1	8.94	19.57	2.19	19.57	10.93	NO SE AGRIETA
Y2	9.52	19.68	2.07	19.68	12.15	NO SE AGRIETA

- **Verificación de diseño de columnas de confinamiento.**

En los siguientes gráficos se detalla el tipo y diseño de columnas de la estructura.





Se comprobó el diseño de las columnas de confinamiento existentes con los valores obtenidos de momento y cortante por sismo severo.

- Obtención de fuerzas internas

Tabla 73 – Fuerzas internas en columnas de confinamiento.

Descripción	MUROS			
	Y1		Y2	
	Ext.	Int.	Ext.	Int.
Mu	74.02		78.72	
Vu = Vm	38.55		38.65	
Pg	3.99		4.46	
h	2.575		2.575	
L	7.60		7.60	
Lm	3.80		3.80	
Nc	3.00		3.00	
M	24.39		28.96	
F	3.21		3.81	
Pmt	0.00	0.00	0.00	0.00
Pc	1.33	1.33	1.49	1.49
Vc	7.23	4.82	7.25	4.83
T	1.88	11.73	2.32	11.61
C	4.54	0.00	5.30	0.00

Donde:

- Mu: momento último por sismo severo.
- Vu: cortante última por sismo severo.
- Pg: carga gravitacional que soporta el muro.
- h: altura del muro.
- L: longitud total del muro.
- Lm: longitud del paño mayor o 0.5L.
- Nc: número de columnas de confinamiento.
- M: $Mu - 0.5 \cdot Vm \cdot h$.
- F: M/L.
- Pmt: carga proveniente de muros transversales.
- Pc: carga vertical directa sobre columna de confinamiento.

- Vc: fuerza cortante.
- T: fuerza de tracción.
- C: fuerza de compresión.

Tabla 74 – Tabla 11 de la norma “E.070 Albañilería” (2).

TABLA 11 FUERZAS INTERNAS EN COLUMNAS DE CONFINAMIENTO			
COLUMNA	V_c (fuerza cortante)	T (tracción)	C (compresión)
Interior	$\frac{V_{ml} \cdot L_m}{L(N_c+1)}$	$V_{ml} \frac{h}{L} - P_c$	$P_c \frac{V_{ml} \cdot h}{2L}$
Extrema	$1,5 \frac{V_{ml} \cdot L_m}{L(N_c+1)}$	$F - P_c$	$P_c + F$

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica “E.070 Albañilería”, 2006.

- Diseño de refuerzo vertical, cálculo de la sección de concreto, diseño de estribos.

Pasos:

- Diseño de refuerzo vertical (A_s).

$$A_s = \frac{V_{C+T}}{f_y \cdot \emptyset}, \text{ donde } f_y = 4.2 \text{ ton/cm}^2, \emptyset = 0.85 \text{ y } \mu = 0.8 \text{ (junta sin tratamiento).}$$

- Cálculo de la sección de concreto, se diseña por compresión (A_n), diseño por corte fricción (A_{cf}) o 15 veces el espesor de la columna en cm^2 , el mayor de todos los valores.

$$A_n = A_s + \frac{C}{\emptyset - A_s \cdot f_y}, \text{ donde } f'_c = 0.21 \text{ ton/cm}^2, f_y = 4.2 \text{ ton/cm}^2, \emptyset = 0.7 \text{ (estribos cerrados) y } \delta = 0.8 \text{ (columnas sin muros transversales).}$$

$$A_{cf} = \frac{V_c}{0.2 \cdot f'_c \cdot \emptyset}, \text{ donde } f'_c = 0.21 \text{ ton/cm}^2 \text{ y } \emptyset = 0.85.$$

- Diseño de estribos de confinamiento, se colocará el menor de los siguientes espaciamientos entre estribos.

$$S_1 = \frac{A_v \cdot f_y}{0.3 \cdot t_n \cdot f'_c \left(\frac{A_c}{A_n} - 1 \right)}, \quad S_2 = \frac{A_v \cdot f_y}{0.12 \cdot t_n \cdot f'_c},$$

$$S_3 = \frac{d}{4} \geq 5 \text{ cm}, \quad S_4 = 10 \text{ cm}$$

Donde:

- d: peralte de la columna.
- t_n : espesor del núcleo confinado.

- Av: suma de ramas paralelas del estribo.

Tabla 75 – Diseño de columnas de confinamiento.

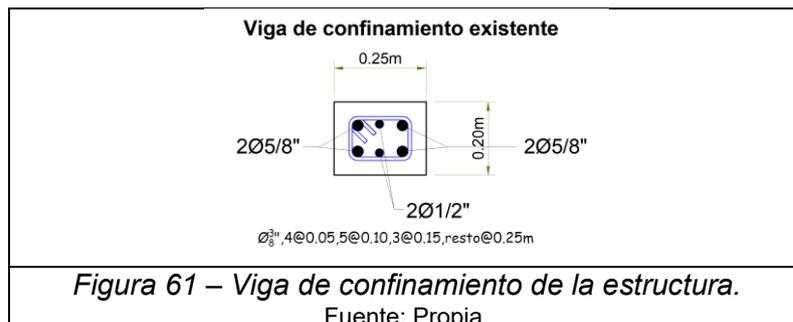
COLUMNAS DE CONFINAMIENTO				
As	3.06	4.97	3.19	4.94
As min	2.00	2.00	2.00	2.00
As usar	3.06	4.97	3.19	4.94
	4 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"
	5.08	5.08	5.08	5.08
Δ	0.80	0.80	0.80	0.80
T	0.350	0.350	0.350	0.350
An	-98.90	-144.33	-91.35	-144.33
A=15t	525.00	525.00	525.00	525.00
Acf	202.44	134.96	203.01	135.34
Ac Aprox	525.00	525.00	525.00	525.00
Ac	35x25	35x26	35x27	35x28
	875.00	875.00	875.00	875.00
An	651.00	651.00	651.00	651.00
Av	1.42	1.42	1.42	1.42
tn	21.00	21.00	21.00	21.00
D	25.00	25.00	25.00	25.00
S1	13.10	13.10	13.10	13.10
S2	11.27	11.27	11.27	11.27
S3	6.25	6.25	6.25	6.25
S4	10.00	10.00	10.00	10.00
S	6.25	6.25	6.25	6.25
Estribos	Ø3/8", 1@5, 4@10, r@25cm	Ø3/8", 1@5, 4@10, r@25cm	Ø3/8", 1@5, 4@10, r@25cm	Ø3/8", 1@5, 4@10, r@25cm

El diseño de las columnas de confinamiento requiere como mínimo 4Ø1/2" de refuerzo longitudinal y de refuerzo transversal la siguiente distribución: Ø3/8", 1@5, 4@10, resto@25cm, por lo tanto, el diseño de las columnas existentes es aceptable.

Considerar que esta verificación se analizó para un diseño de columna del sistema de albañilería confinada, debido que estas mismas columnas tienen un diseño por flexocompresión por el sistema de pórticos de concreto armado.

- **Verificación de diseño de vigas de confinamiento.**

Se detalla el diseño de viga de confinamiento existente de la estructura.



Se comprobó el diseño de las vigas de confinamiento existentes con los valores obtenidos.

Según la norma “E.070 Albañilería”, la viga de confinamiento se diseña a tracción pura que soporta una fuerza T_s .

$$T_s = V_m \frac{L_m}{2L}$$

Donde:

- V_m : cortante última por sismo severo.
- L_m : longitud del paño mayor o 0.5L.
- L : longitud total del muro.

Luego:

$$A_s = \frac{T_s}{\phi f_y} \geq \frac{0.1 f'_c A_{cs}}{f_y}, \text{ (mínimo } 4\phi 8\text{mm)}$$

Donde:

- A_s : refuerzo longitudinal de la viga.
- A_{cs} : área de la sección transversal de la viga.
- ϕ : 0.9.
- f_y : 4.2 ton/cm².
- f'_c : 0.21 ton/cm².

Tabla 76 – Diseño de vigas de confinamiento.

VIGAS DE CONFINAMIENTO		
MURO	Y1	Y2
Vu = Vm	38.55	38.65
L	7.60	7.60
Lm	3.80	3.80
Ts	9.64	9.66
Acs	500	500
As	2.55	2.56
As min	2.00	2.00
As Usar	2.55	2.56
	2Ø1/2"	2Ø1/2"
	2.58	2.58
Estribos	Ø1/4" 1@5, 4@10, r@25cm	Ø1/4" 1@5, 4@10, r@25cm

El diseño de las vigas de confinamiento requiere como mínimo 4Ø1/2" y confinamiento mínimo de estribos (Ø1/4", 1@5, 4@10, resto@25cm), por lo tanto, el diseño de las vigas existentes es aceptable.

CAPITULO V

REFORZAMIENTO

Según los resultados obtenidos en el capítulo IV, se observa que el comportamiento de los muros en la edificación analizada ante un sismo moderado y un sismo severo se fisurarán generando una disminución de la capacidad resistente de dicho elemento estructural.

Además, en la dirección de los pórticos de concreto armado (dirección X) no se cumple la condición de desplazamientos laterales relativos admisibles.

Ante ello, en el presente capítulo se propone el reforzamiento estructural para la edificación, se desarrolló tres propuestas:

- **Propuesta de reforzamiento 1: Empleo de mallas electrosoldadas en los muros portantes y reforzamiento de columnas.**

Refuerzo con malla electrosoldada:

Al reforzar con acero dúctil o mallas electrosoldadas se incrementa la sección del muro, sus propiedades y resistencia al corte diagonal; el acero empleado en la fabricación de la malla electrosoldada cumple normativas del ASTM, sus propiedades son:

- Límite de fluencia (f_y): 5000 kg/cm².
- Resistencia a la rotura: 5600 kg/cm².
- Cocada: 15 cm x 15 cm.
- Diámetro de acero: 6mm o ¼".

Los valores de resistencia a compresión de pilas y compresión diagonal de muretes de los muros reforzados se tomarán de la tesis "Comportamiento mecánico de muros de

albañilería tubular confinada reforzados con malla electrosoldada ante cargas sísmicas y gravitacionales” del Ing. Mamani Plinio, siendo:

- $f'm$: 27 kg/cm².
- $v'm$: 9 kg/cm².

Procedimiento de reforzamiento con malla electrosoldada:

- Cortar la malla electrosoldada según la sección del muro portante a reforzar.
- Apuntalar los muros para una mejor seguridad.
- Picar el tarrajeo existente en los muros, si se presenta una fisura mayor a 0.8mm en la albañilería, rellenar con mortero 1:3.
- De igual forma, si al momento de retirar el mortero se daña un ladrillo, reemplazarlo por concreto simple 1:2:3.
- Colocar la malla electrosoldada en ambas caras, estas siendo conectadas con alambre #8 que es atravesado por perforaciones realizadas con varillas de ¼”.
- Taponear las perforaciones con mortero 1:3.
- Humedecer y tarrajar el muro con un mortero 1:4 con un espesor de 2.5cm.



Figura 62. Trabajo referencial del procedimiento de reforzamiento con malla electrosoldada.

Fuente: Cismid, Evaluación de la vulnerabilidad de edificaciones en el distrito de La Molina, 2010 (32).

Reforzamiento de columnas:

Reforzar columnas de concreto armado cuando existe deficiencia en la resistencia estructural de la edificación, uno de los métodos más empleados es envolver la columna original (encamisado), para así poder incrementar su sección, posterior a ello se incrementa la resistencia, rigidez lateral de la edificación; cuando la columna está ubicada en el intermedio de los pórticos de recomienda incrementar la sección en la dirección que se requiera rigidez, mientras que en las columnas esquineras se puede incrementar en ambas direcciones para un mejor aprovechamiento del reforzamiento.

Procedimiento de reforzamiento de columnas:

- Apuntalar en la zona de trabajo de reforzamiento por seguridad.
 - Picar y eliminar el recubrimiento de la columna original.
 - Anclar las varillas longitudinales y transversales, es recomendable que el acero vertical sea anclado en sus dos extremos ya sea la cimentación o nudos de las vigas para incrementar la resistencia a flexión en los extremos de la columna.
 - Cuando el encamisado no sea completo en la columna, de deberá verificar la necesidad de colocar elementos de conexión que garanticen la transmisión de los esfuerzos cortantes entre el encamisado y el elemento por reforzar (33).
 - Encofrar la nueva sección compuesta.
 - Añadir una capa de resina epóxica para tener una correcta unión de concreto endurecido y concreto fresco.
- **Propuesta de reforzamiento 2: Reemplazo de muros portantes con muros contruidos con ladrillos INFES y reforzamiento de columnas.**

Reemplazo de muros portantes con muros contruidos con ladrillos INFES:

Sustituir los muros que han sido contruidos con la albañilería no recomendable con nuevos muros empleando ladrillos INFES, estos ladrillos tienen mejores propiedades de resistencia con lo que brindará mejor rigidez a la edificación; los nuevos muros tendrán que cumplir los requisitos mínimos para ser considerado muro portante, ser continuo y estar confinado.

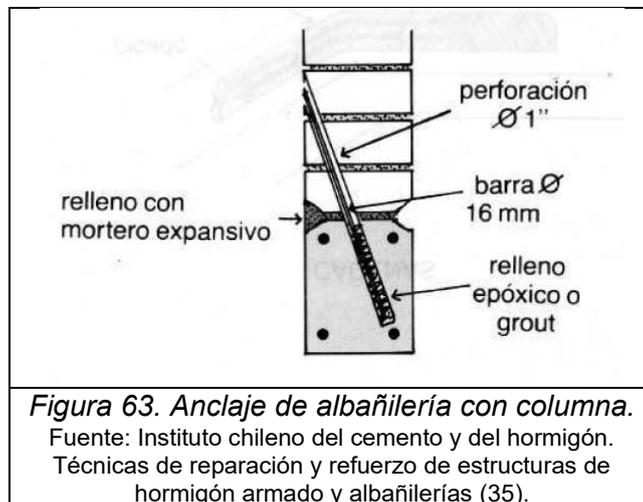
Los valores de resistencia a compresión de pilas y compresión diagonal de muretes de los muros contruidos con ladrillo INFES se tomarán de la norma "E.070 Albañilería" en discusión pública (34):

- $f'm$: 85 kg/cm²
- $v'm$: 9.2 kg/cm²

Procedimiento de reemplazo de muros portantes con muros contruidos con ladrillos INFES:

- Apuntalar el área de trabajo por seguridad.
- Demoler los muros portantes contruidos.
- Armado de columnas necesarias para los nuevos muros portantes.
- Levantamiento de muro con ladrillos INFES.

- Cuando sea necesario anclar el nuevo muro con columnas ya existentes, realizar perforaciones inclinadas en parte de la albañilería y la columna de concreto armado, insertar varillas de $\varnothing 16\text{mm}$ o $\varnothing 5/8"$ y rellenar con sistema epoxi para anclajes o grout con aditivo expansor, repetir las perforaciones las veces necesarias.



- Encofrar y vaciar la columna, utilizar resina epóxica para unir las zonas de interacción con concreto endurecido.
- **Propuesta de reforzamiento 3: Reemplazo de sistema de muros portantes por pórticos de concreto armado y reforzamiento de columnas.**

Reemplazo de sistema de muros portantes por pórticos de concreto armado:

Se tendrá que eliminar la conexión de los confinamientos con los muros portantes, posterior a ello reforzar tanto columnas como vigas, cumplir requisitos de predimensionamiento y corroborar con el análisis estructural.

Procedimiento de reemplazo de sistema de muros portantes por pórticos de concreto armado:

- Apuntalar el área de trabajo por seguridad.
- Picar las zonas de confinamiento verticales y horizontales, demoler partes del muro si es necesario para cumplir las nuevas dimensiones de columnas y vigas.
- Para el reforzamiento de vigas se ejecutará lo siguiente:
 - Eliminar el recubrimiento hasta encontrar el acero longitudinal y los estribos.
 - Anclar el nuevo acero longitudinal con sus respectivos estribos para una mejor unión de la viga original con el nuevo concreto.
 - Encofrar la nueva sección.

- Vaciar el concreto empleando resinas epóxicas o utilizar grout con aditivo expansor.

5.1 Primera propuesta de reforzamiento

Empleo de mallas electrosoldadas en los muros portantes y reforzamiento de columnas; se plantea reforzar los muros portantes del tercer y cuarto nivel con mallas electrosoldadas para controlar fisuraciones y/o agrietamientos producidos por el sismo, además en la dirección de los pórticos de concreto armado reforzar las columnas para controlar los desplazamientos laterales relativos.

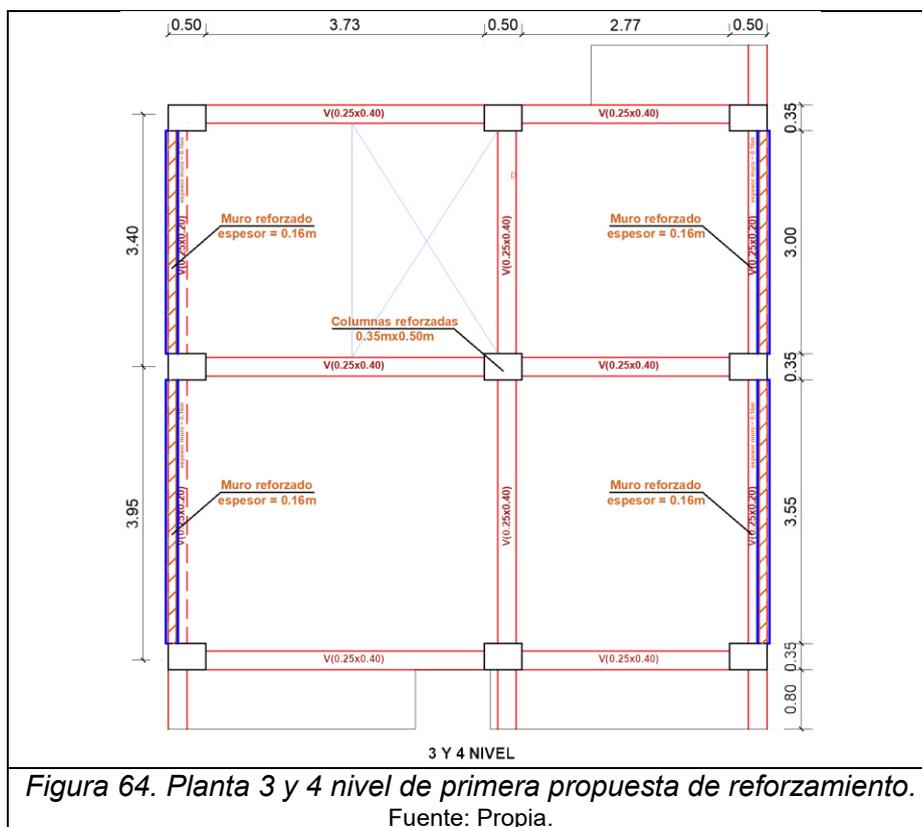
- **Estructuración**

- Muros portantes de albañilería confinada en la dirección Y.

- Dos primeros pisos: ladrillo industrial King Kong.
- Tercer y cuarto piso: ladrillo pandereta reforzada con malla electrosoldada.

- Pórticos de concreto armado en la dirección X.

- Columnas reforzadas de 0.35x0.50m.
- Vigas peraltadas de 0.25x0.40m.



- **Verificación de irregularidad de rigidez.**

Tabla 77 – Verificación de irregularidad de rigidez en la dirección X.

Piso	Caso de carga	Cortante X	Deriva X	Rigidez X	Condición
		kg	m	kg/m	
Piso 4	Sismo dinámico X	12928.08	0.00180	7189484.3	ok
Piso 3	Sismo dinámico X	21488.59	0.00255	8413667.7	ok
Piso 2	Sismo dinámico X	27390.06	0.00297	9226595.1	ok
Piso 1	Sismo dinámico X	30484.82	0.00239	12754186.0	ok

Tabla 78 – Verificación de irregularidad de rigidez en la dirección Y.

Piso	Caso de carga	Cortante Y	Deriva Y	Rigidez Y	Condición
		kg	m	kg/m	
Piso 4	Sismo dinámico Y	17188.03	0.00051	33527596.79	ok
Piso 3	Sismo dinámico Y	27634.25	0.00066	41699587.22	ok
Piso 2	Sismo dinámico Y	34149.9	0.00052	66346763.99	ok
Piso 1	Sismo dinámico Y	38203.95	0.00052	73954867.41	ok

- **Verificación de irregularidad torsional.**

Tabla 79 – Condición irregularidad torsional en la dirección X.

Piso	X-X		
	Δ_{max} (cm)	$\Delta_{permi.}$ (cm)	Δ_{max} (cm) >50% $\Delta_{permi.}$ (cm)
Piso 4	1.0722	1.8375	no
Piso 3	1.5324	1.8375	no
Piso 2	1.7856	1.8375	no
Piso 1	1.4436	2.1175	no

Tabla 80 – Desplazamiento en la dirección Y debido al sismo de la dirección X.

Piso	Desplazamiento en la dirección Y-Y			
	Caso de carga	Δ_{sup} (cm)	Δ_{inf} (cm)	$\Delta_{relativo}$ (cm)
Piso 4	Sismo dinámico X Max	0.0024	0.00200	0.0004
Piso 3	Sismo dinámico X Max	0.0020	0.00140	0.0006
Piso 2	Sismo dinámico X Max	0.0014	0.00080	0.0006
Piso 1	Sismo dinámico X Max	0.0008	0	0.0008

Tabla 81 – Verificación de irregularidad torsional en la dirección X.

Piso	Caso de carga	Máximo	Promedio	Proporción	Condición
		M	m		
Piso 4	Sismo dinámico X Max	0.009723	0.009648	1.008	ok
Piso 3	Sismo dinámico X Max	0.007936	0.007884	1.007	ok
Piso 2	Sismo dinámico X Max	0.005382	0.005350	1.006	ok
Piso 1	Sismo dinámico X Max	0.002406	0.002390	1.007	ok

Tabla 82 – Condición irregularidad torsional en la dirección Y.

Piso	Y-Y		
	Δ_{max} (cm)	$\Delta_{permi.}$ (cm)	Δ_{max} (cm) >50% $\Delta_{permi.}$ (cm)

Piso 4	0.2444	1.3125	no
Piso 3	0.3195	1.3125	no
Piso 2	0.2493	1.3125	no
Piso 1	0.2502	1.5125	no

Tabla 83 – Desplazamiento en la dirección X debido al sismo de la dirección Y.

Piso	Desplazamiento en la dirección X-X			
	Caso de carga	Δ_{sup} (cm)	Δ_{inf} (cm)	$\Delta_{relativo}$ (cm)
Piso 4	Sismo dinámico Y Max	0.0070	0.00590	0.0011
Piso 3	Sismo dinámico Y Max	0.0059	0.00480	0.0011
Piso 2	Sismo dinámico Y Max	0.0048	0.00350	0.0013
Piso 1	Sismo dinámico Y Max	0.0035	0	0.0035

Tabla 84 – Verificación de irregularidad torsional en la dirección Y.

Piso	Caso de carga	Máximo	Promedio	Proporción	Condición
		m	m		
Piso 4	Sismo dinámico Y Max	0.002363	0.002189	1.080	ok
Piso 3	Sismo dinámico Y Max	0.001820	0.001685	1.080	ok
Piso 2	Sismo dinámico Y Max	0.001110	0.001029	1.078	ok
Piso 1	Sismo dinámico Y Max	0.000556	0.000517	1.076	ok

- **Desplazamiento lateral relativo admisible.**

Tabla 85 – Control de desplazamiento lateral.

Dirección X – Pórticos de concreto armado								
PISO	P sup (m)	P inf (m)	Diferencia (m)	0.75xR	H piso (m)	Distorsión	LimDistorsión	Obs.
4	0.009723	0.007936	0.001787	6	2.625	0.004085	0.007	ok
3	0.007936	0.005382	0.002554	6	2.625	0.005838	0.007	ok
2	0.005382	0.002406	0.002976	6	2.625	0.006802	0.007	ok
1	0.002406	0	0.002406	6	3.025	0.004772	0.007	ok
Dirección Y – Albañilería confinada								
PISO	P sup (m)	P inf (m)	Diferencia (m)	0.75xR	H piso (m)	Distorsión	LimDistorsión	Obs.
4	0.002363	0.001820	0.000543	4.5	2.625	0.000931	0.005	ok
3	0.001820	0.001110	0.000710	4.5	2.625	0.001217	0.005	ok
2	0.001110	0.000556	0.000554	4.5	2.625	0.000950	0.005	ok
1	0.000556	0	0.000556	4.5	3.025	0.000827	0.005	ok

- **Factor de escala.**

Tabla 86 – Factor de escala en la dirección X.

Vx est =	36942.93	kg
Vx din =	30484.82	kg
Vx din/Vx est =	0.83	
configuración	regular	
coeficiente min =	0.8	
factor (fx) =	no escalar	

Tabla 87 – Factor de escala en la dirección Y.

Vy est =	47351.25	kg
Vy din =	38203.95	kg
Vy din/Vy est =	0.81	
configuración	regular	
coeficiente min =	0.8	
factor (fx) =	no escalar	

- **Cortante dinámico.**

Tabla 88 – Cortante basal dinámico.

Nivel	Caso de carga	Cortante
		ton
Piso 4	Sismo dinámico moderado Y	17.19
Piso 3	Sismo dinámico moderado Y	27.63
Piso 2	Sismo dinámico moderado Y	34.15
Piso 1	Sismo dinámico moderado Y	38.20

- **Resistencia al corte y control de fisuración.**

Tabla 89 – Resistencia al corte y control de fisuración.

PRIMER NIVEL									
MURO	Ve (tn)	Me (tn-m)	L(m)	t(m)	α	Pg (ton)	Vm (ton)	0.55xVm	Afirmación
Y1	12.75	17.06	7.60	0.125	1.00	3.99	38.55	21.20	NO SE FISURA
Y2	14.33	20.11	7.60	0.125	1.00	4.46	38.65	21.26	NO SE FISURA
SEGUNDO NIVEL									
MURO	Ve (tn)	Me (tn-m)	L(m)	t(m)	α	Pg (ton)	Vm (ton)	0.55xVm	Afirmación
Y1	16.09	15.02	7.60	0.125	1.00	2.92	38.30	21.06	NO SE FISURA
Y2	18.19	17.82	7.60	0.125	1.00	3.38	38.40	21.12	NO SE FISURA
TERCER NIVEL									
MURO	Ve (tn)	Me (tn-m)	L(m)	t(m)	α	Pg (ton)	Vm (ton)	0.55xVm	Afirmación
Y1	11.48	7.40	7.60	0.160	1.00	1.87	55.15	30.33	NO SE FISURA
Y2	13.08	8.92	7.60	0.160	1.00	2.34	55.26	30.39	NO SE FISURA
CUARTO NIVEL									
MURO	Ve (tn)	Me (tn-m)	L(m)	t(m)	α	Pg (ton)	Vm (ton)	0.55xVm	Afirmación
Y1	8.47	4.55	7.60	0.160	1.00	1.01	54.95	30.22	NO SE FISURA
Y2	9.70	5.64	7.60	0.160	1.00	1.47	55.06	30.28	NO SE FISURA

- **Resistencia al corte del edificio.**

Tabla 90 – Resistencia al corte global.

NIVEL	Σv_{my} (ton)	V sismo severo	Afirmación
Primer nivel	77.20	76.41	RESISTE AL CORTE GLOBAL
Segundo nivel	76.70	68.30	RESISTE AL CORTE GLOBAL
Tercer nivel	110.41	55.27	RESISTE AL CORTE GLOBAL
Cuarto nivel	110.01	34.38	RESISTE AL CORTE GLOBAL

- **Verificación del agrietamiento diagonal.**

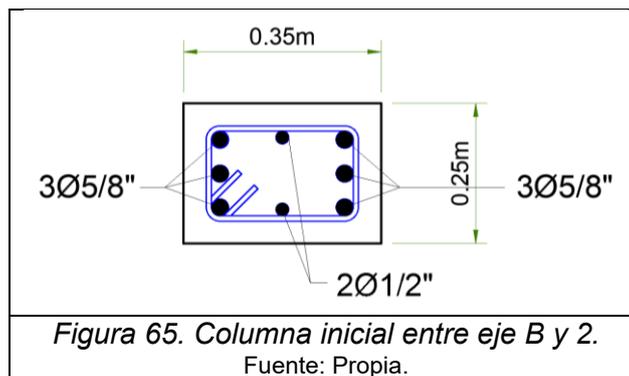
Tabla 91 – Agrietamiento diagonal por sismo severo.

PRIMER NIVEL						
MURO	Ve (tn)	Vm (tn)	Vm1/Ve1=	Vu	Mu	Afirmación
Y1	12.75	38.55	3.00	38.26	51.17	NO SE AGRIETA
Y2	14.33	38.65	2.70	38.65	54.26	NO SE AGRIETA
SEGUNDO NIVEL						
MURO	Ve (tn)	Vm (tn)	Vm1/Ve1=	Vu	Mu	Afirmación
Y1	16.09	38.30	2.38	38.30	35.74	NO SE AGRIETA
Y2	18.19	38.40	2.11	38.40	37.63	NO SE AGRIETA
TERCER NIVEL						
MURO	Ve (tn)	Vm (tn)	Vm1/Ve1=	Vu	Mu	Afirmación
Y1	11.48	55.15	3.00	34.44	22.19	NO SE AGRIETA
Y2	13.08	55.26	3.00	39.25	26.77	NO SE AGRIETA
CUARTO NIVEL						
MURO	Ve (tn)	Vm (tn)	Vm1/Ve1=	Vu	Mu	Afirmación
Y1	8.47	54.95	3.00	25.41	13.64	NO SE AGRIETA
Y2	9.70	55.06	3.00	29.10	16.93	NO SE AGRIETA

- **Reforzamiento de columnas.**

Los valores de los esfuerzos cortantes y momentos se tomaron del programa ETABS y luego se ingresaron al programa CSI COL9, este programa muestra diagramas de interacción de secciones compuestas.

A continuación, se muestra el reforzamiento de la columna central ubicada entre los ejes B y 2.



La nueva sección de la columna reforzada será de 0.35x0.50m.

Tabla 92 – Estados de carga para dirección X.

DIRECCIÓN X			
	CM	CV	CSx
Carga axial (kg)	30492.5	10431.4	3665.2
Minferior (kg.m)	6.5	-31.0	28.0
Msuperior (kg.m)	-28.7	45.7	16.3

Tabla 93 – Estados de carga para dirección Y.

DIRECCIÓN Y			
	CM	CV	Csy
Carga axial (kg)	30492.5	10431.4	578.5
Minferior (kg.m)	-205.5	-18.4	170.4
Msuperior (kg.m)	438.3	35.7	109.9

Tabla 94 – Combinaciones de carga para dirección X.

Combinaciones	Extremo inferior		Extremo superior	
	Pu (ton)	Mux (ton.m)	Pu (ton)	Mux (ton.m)
1.4CM+1.7CV	60.423	-0.044	60.423	0.038
1.25(CM+CV)+CSx Max	54.820	-0.003	54.820	0.038
1.25(CM+CV)-CSx Max	47.490	-0.059	47.490	0.005
0.9CM+CSx Max	31.108	0.034	31.108	-0.010
0.9CM-CSx Max	23.778	-0.022	23.778	-0.042

Tabla 95 – Combinaciones de carga para dirección Y.

Combinaciones	Extremo inferior		Extremo superior	
	Pu (ton)	Muy (ton.m)	Pu (ton)	Muy (ton.m)
1.4CM+1.7CV	60.423	-0.319	60.423	0.674
1.25(CM+CV)+CSy Max	51.733	-0.109	51.733	0.702
1.25(CM+CV)-CSy Max	50.576	-0.450	50.576	0.483
0.9CM+CSy Max	28.022	-0.014	28.022	0.504
0.9CM-CSy Max	26.865	-0.355	26.865	0.285

Para el diseño de la columna reforzada, consideramos los límites de cuantía:

$$A_{col}: 0.35 \times 0.50 = 1750 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin}: 1\% \times 1750 = 17.50 \text{ cm}^2$$

La distribución de acero propuesto para la columna reforzada es $6\emptyset 5/8'' + 12\emptyset 1/2''$.

$$A_{scol}: 27.10 \text{ cm}^2$$

Dicha distribución se grafica en el programa CSI COL9 para obtener luego los diagramas de interacción,

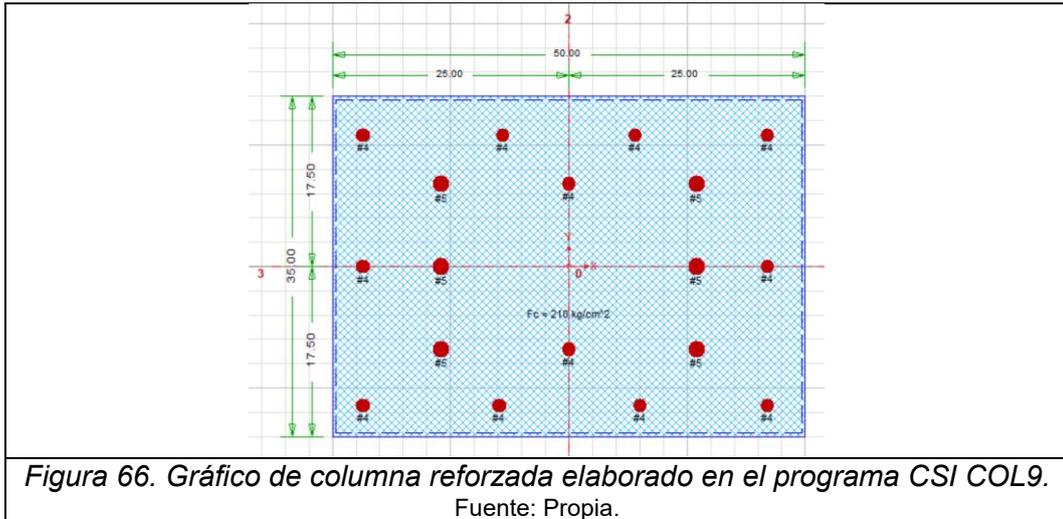


Figura 66. Gráfico de columna reforzada elaborado en el programa CSI COL9.
Fuente: Propia.

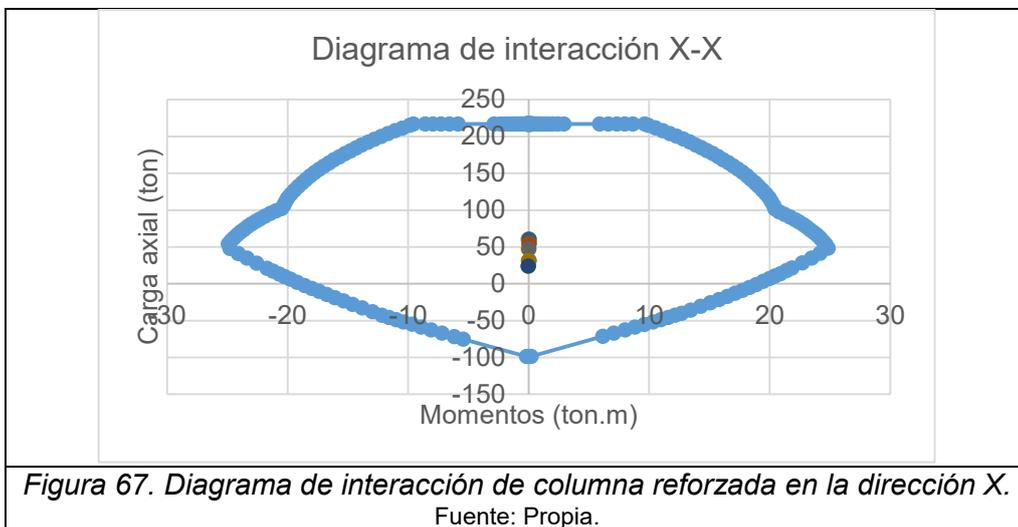


Figura 67. Diagrama de interacción de columna reforzada en la dirección X.
Fuente: Propia.

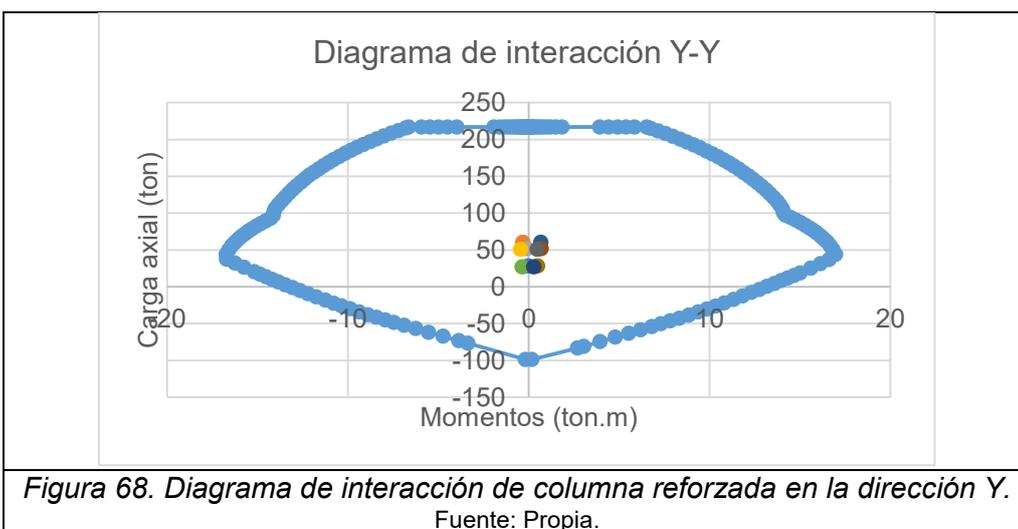
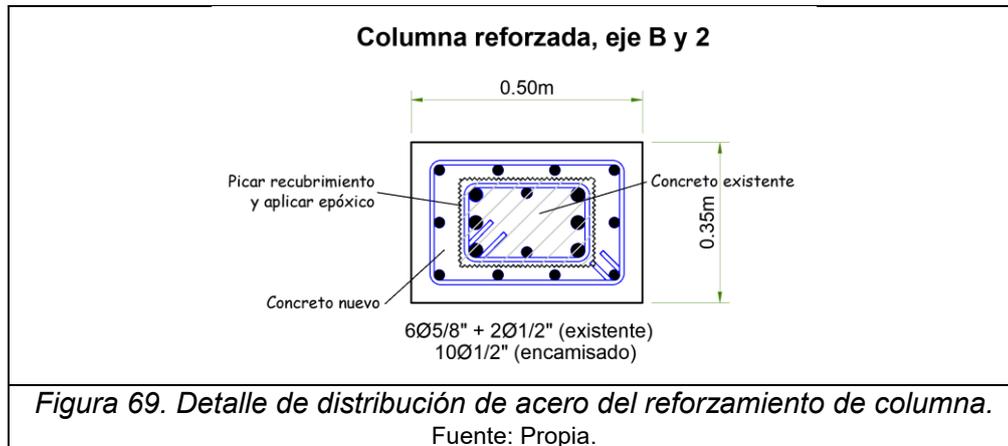


Figura 68. Diagrama de interacción de columna reforzada en la dirección Y.
Fuente: Propia.

Se corrobora que los puntos de las combinaciones de carga se ubiquen dentro del diagrama de interacción, por lo que la distribución de acero colocado es el adecuado.



5.2 Segunda propuesta de reforzamiento

Reemplazo de muros portantes con muros construidos con ladrillos INFES y reforzamiento de columnas; se proyecta sustituir los muros portantes construidos con ladrillo pandereta del tercer y cuarto nivel, estos nuevos muros empleando el ladrillo INFES tendrán que ser confinados con nuevas columnas las cuales deben ser continuas desde el primer nivel, de igual manera reforzar las columnas.

- **Estructuración.**

- Muros portantes de albañilería confinada en la dirección Y.

- Dos primeros pisos: ladrillo industrial King Kong 18H.
- Tercer y cuarto piso: ladrillo industrial INFES.

Para determinar las dimensiones de los nuevos muros a construir en los niveles superiores, se empleará el concepto de densidad mínima de muros en la edificación.

- $t = 0.13 \text{ m}$
- $A_p = 60.8 \text{ m}^2$
- $Z = 0.35$
- $U = 1$
- $S = 1.20$
- $N = 2$ (tercer y cuarto piso)

Tabla 96 – Densidad mínima de muros.

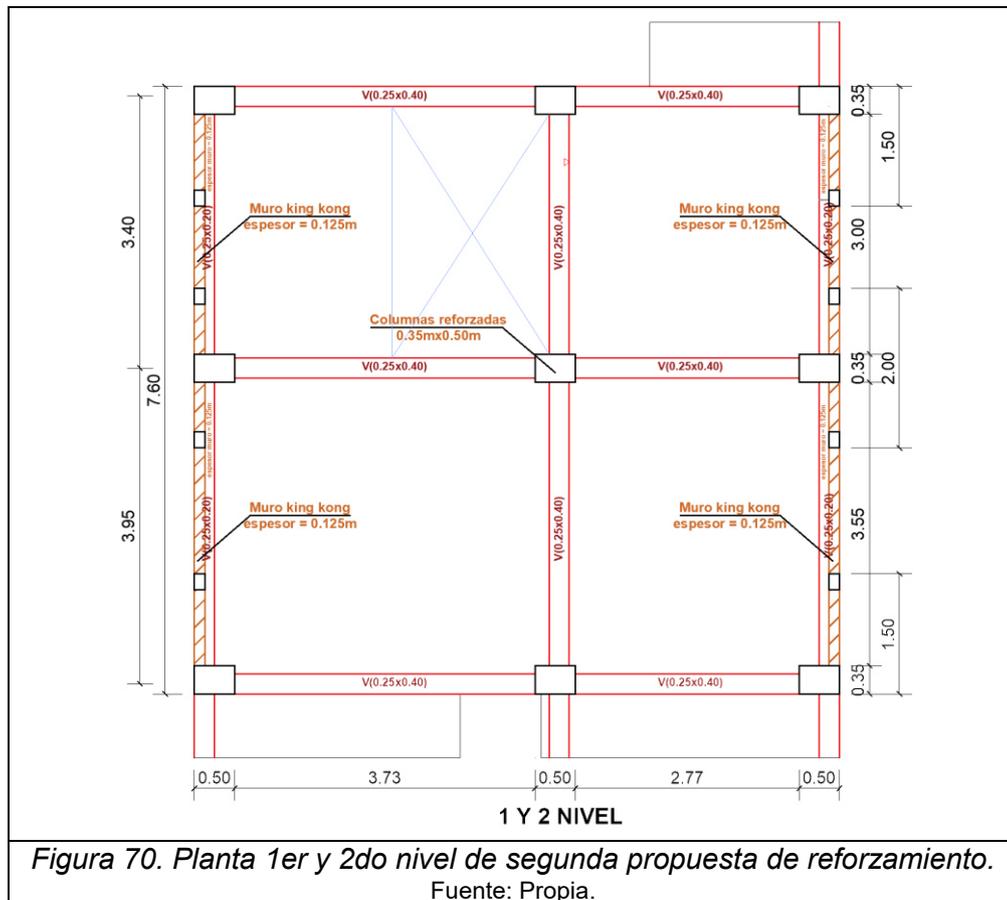
MURO	LONG (m)	
Y1a	1.50	M
Y1b	2.00	M
Y1c	1.50	M
Y2a	1.50	M

Y2b	2.00	M
Y2c	1.50	M
$\sum \text{LONG} - Y$	10.00	M
$\sum \text{LONG} - Y.t$	1.30	m ²
ZUSN.Ap/56	0.91	m ²

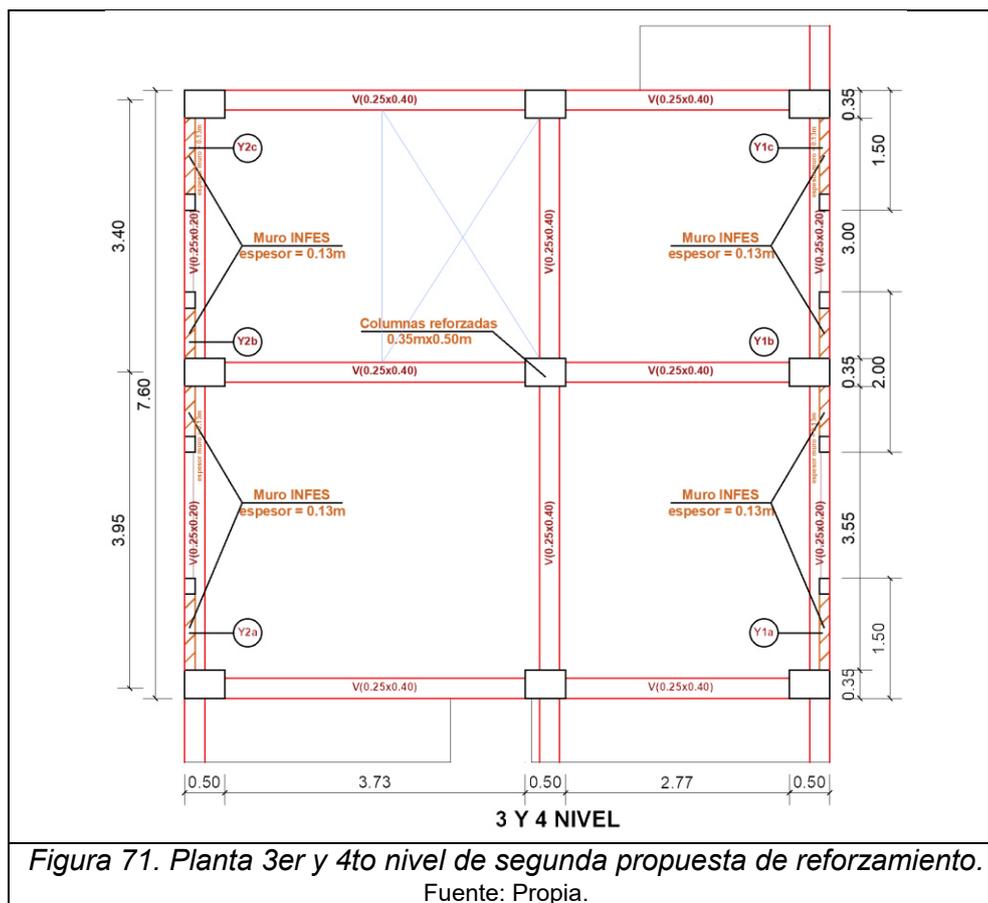
$$\sum \text{LONG} - Y . t > \frac{\text{ZUSN} . \text{Ap}}{56}, \text{cumple.}$$

- Pórticos de concreto armado en la dirección X.

- Columnas reforzadas de 0.35x0.50m.
- Vigas peraltadas de 0.25x0.40m.



En los muros existentes de los primeros niveles se incluirán nuevas columnas intermedias, las cuales serán los confinamientos de los muros del tercer y cuarto nivel; a su vez esta inclusión de muros provocará la reducción de cargas que son aplicadas directamente en el muro confinado.



- **Verificación de irregularidad de rigidez.**

Tabla 97 – Verificación de irregularidad de rigidez en la dirección X.

Piso	Caso de carga	Cortante X	Deriva X	Rigidez X	Condición
		kg	m	kg/m	
Piso 4	Sismo dinámico X	12598.31	0.00180	7014688.2	ok
Piso 3	Sismo dinámico X	20994.74	0.00253	8314138.7	ok
Piso 2	Sismo dinámico X	27020.34	0.00292	9261062.9	ok
Piso 1	Sismo dinámico X	30199.70	0.00235	12849302.0	ok

Tabla 98 – Verificación de irregularidad de rigidez en la dirección Y.

Piso	Caso de carga	Cortante Y	Deriva Y	Rigidez Y	Condición
		kg	m	kg/m	
Piso 4	Sismo dinámico Y	17189.83	0.00109	15710414.76	ok
Piso 3	Sismo dinámico Y	25567.79	0.00100	25621681.5	ok
Piso 2	Sismo dinámico Y	30293.87	0.00045	68128851.82	ok
Piso 1	Sismo dinámico Y	33698.96	0.00042	80528230.45	ok

- **Verificación de irregularidad torsional.**

Tabla 99 – Condición irregularidad torsional en la dirección X.

Piso	X-X		
	Δ_{max} (cm)	$\Delta_{permi.}$ (cm)	Δ_{max} (cm) >50% $\Delta_{permi.}$ (cm)
Piso 4	1.0800	1.8375	no
Piso 3	1.5216	1.8375	no
Piso 2	1.7556	1.8375	no
Piso 1	1.4190	2.1175	no

Tabla 100– Desplazamiento en la dirección Y debido al sismo de la dirección X.

Piso	Desplazamiento en la dirección Y-Y			
	Caso de carga	Δ_{sup} (cm)	Δ_{inf} (cm)	$\Delta_{relativo}$ (cm)
Piso 4	Sismo dinámico X Max	0.0026	0.00170	0.0009
Piso 3	Sismo dinámico X Max	0.0017	0.00130	0.0004
Piso 2	Sismo dinámico X Max	0.0013	0.00080	0.0005
Piso 1	Sismo dinámico X Max	0.0008	0	0.0008

Tabla 101 – Verificación de irregularidad torsional en la dirección X.

Piso	Caso de carga	Máximo	Promedio	Proporción	Condición
		m	m		
Piso 4	Sismo dinámico X Max	0.009627	0.009515	1.012	ok
Piso 3	Sismo dinámico X Max	0.007827	0.007760	1.009	ok
Piso 2	Sismo dinámico X Max	0.005291	0.005260	1.006	ok
Piso 1	Sismo dinámico X Max	0.002365	0.002350	1.006	ok

Tabla 102 – Condición irregularidad torsional en la dirección Y.

Piso	Y-Y		
	Δ_{max} (cm)	$\Delta_{permi.}$ (cm)	Δ_{max} (cm) >50% $\Delta_{permi.}$ (cm)
Piso 4	0.5130	1.3125	no
Piso 3	0.4721	1.3125	no
Piso 2	0.2165	1.3125	no
Piso 1	0.2043	1.5125	no

Tabla 103 – Desplazamiento en la dirección X debido al sismo de la dirección Y.

Piso	Desplazamiento en la dirección X-X			
	Caso de carga	Δ_{sup} (cm)	Δ_{inf} (cm)	$\Delta_{relativo}$ (cm)
Piso 4	Sismo dinámico Y Max	0.0055	0.00470	0.0008
Piso 3	Sismo dinámico Y Max	0.0047	0.00420	0.0005
Piso 2	Sismo dinámico Y Max	0.0042	0.00300	0.0012
Piso 1	Sismo dinámico Y Max	0.0030	0	0.0030

Tabla 104 – Verificación de irregularidad torsional en la dirección Y.

Piso	Caso de carga	Máximo	Promedio	Proporción	Condición
		m	m		
Piso 4	Sismo dinámico Y Max	0.003124	0.002918	1.071	ok
Piso 3	Sismo dinámico Y Max	0.001984	0.001839	1.079	ok
Piso 2	Sismo dinámico Y Max	0.000935	0.000861	1.086	ok
Piso 1	Sismo dinámico Y Max	0.000454	0.000418	1.086	ok

- **Desplazamiento lateral relativo admisible.**

Tabla 105 – Control de desplazamiento lateral.

Dirección X – Pórticos de concreto armado								
PISO	P sup (m)	P inf (m)	Diferencia (m)	0.75xR	H piso (m)	Distorsión	LimDistorsión	Obs.
4	0.009627	0.007827	0.001800	6	2.625	0.004114	0.007	ok
3	0.007827	0.005291	0.002536	6	2.625	0.005797	0.007	ok
2	0.005291	0.002365	0.002926	6	2.625	0.006688	0.007	ok
1	0.002365	0	0.002365	6	3.025	0.004691	0.007	ok

Dirección Y – Albañilería confinada								
PISO	P sup (m)	P inf (m)	Diferencia (m)	0.75xR	H piso (m)	Distorsión	LimDistorsión	Obs.
4	0.003124	0.001984	0.001140	4.5	2.625	0.001954	0.005	ok
3	0.001984	0.000935	0.001049	4.5	2.625	0.001798	0.005	ok
2	0.000935	0.000454	0.000481	4.5	2.625	0.000825	0.005	ok
1	0.000454	0	0.000454	4.5	3.025	0.000675	0.005	ok

- **Factor de escala.**

Tabla 106 – Factor de escala en la dirección X.

Vx est =	36715.59	kg
Vx din =	30199.70	kg'
Vx din/Vx est =	0.82	
configuración	regular	
coeficiente min =	0.8	
factor (fx) =	no escalar	

Tabla 107 – Factor de escala en la dirección Y.

Vy est =	47047.54	kg
Vy din =	33698.96	kg
Vy din/Vy est =	0.72	
configuración	regular	
coeficiente min =	0.8	
factor (fx) =	1.12	

- **Cortante dinámico escalado.**

Tabla 108 – Cortante basal dinámico escalado.

Nivel	Caso de carga	Cortante
		ton
Piso 4	Sismo dinámico moderado escalado Y	19.25
Piso 3	Sismo dinámico moderado escalado Y	28.64
Piso 2	Sismo dinámico moderado escalado Y	33.93
Piso 1	Sismo dinámico moderado escalado Y	37.74

- **Resistencia al corte y control de fisuración.**

Tabla 109 – Resistencia al corte y control de fisuración.

PRIMER NIVEL									
MURO	Ve (tn)	Me (tn-m)	L(m)	t(m)	α	Pg (ton)	Vm (ton)	0.55xVm	Afirmación
Y1	10.56	15.12	7.60	0.125	1.00	3.99	38.55	21.20	NO SE FISURA
Y2	12.42	18.65	7.60	0.125	1.00	4.46	38.65	21.26	NO SE FISURA
SEGUNDO NIVEL									
MURO	Ve (tn)	Me (tn-m)	L(m)	t(m)	α	Pg (ton)	Vm (ton)	0.55xVm	Afirmación
Y1	14.12	9.94	7.60	0.125	1.00	2.92	38.30	21.06	NO SE FISURA
Y2	16.70	12.75	7.60	0.125	1.00	3.38	38.40	21.12	NO SE FISURA
TERCER NIVEL									
MURO	Ve (tn)	Me (tn-m)	L(m)	t(m)	α	Pg (ton)	Vm (ton)	0.55xVm	Afirmación
Y1a	1.99	1.13	1.50	0.130	1.00	1.87	9.40	5.17	NO SE FISURA
Y1b	3.12	2.77	2.00	0.130	1.00	1.87	12.39	6.81	NO SE FISURA
Y1c	2.15	1.15	1.50	0.130	1.00	1.87	9.40	5.17	NO SE FISURA
Y2a	2.47	1.33	1.50	0.130	1.00	1.87	9.40	5.17	NO SE FISURA
Y2b	3.77	3.14	2.00	0.130	1.00	2.34	12.50	6.87	NO SE FISURA
Y2c	2.58	1.31	1.50	0.130	1.00	2.34	9.51	5.23	NO SE FISURA
CUARTO NIVEL									
MURO	Ve (tn)	Me (tn-m)	L(m)	t(m)	α	Pg (ton)	Vm (ton)	0.55xVm	Afirmación
Y1a	1.48	0.49	1.50	0.130	1.00	1.01	9.20	5.06	NO SE FISURA
Y1b	1.99	0.54	2.00	0.130	1.00	1.01	12.19	6.71	NO SE FISURA
Y1c	1.69	0.50	1.50	0.130	1.00	1.01	9.20	5.06	NO SE FISURA
Y2a	1.60	0.51	1.50	0.130	1.00	1.01	9.20	5.06	NO SE FISURA
Y2b	2.60	0.45	2.00	0.130	1.00	1.47	12.30	6.76	NO SE FISURA
Y2c	2.36	0.55	1.50	0.130	1.00	1.47	9.31	5.12	NO SE FISURA

- **Resistencia al corte del edificio.**

Tabla 110 – Resistencia al corte global.

NIVEL	Σv_{my} (ton)	V sismo severo	Afirmación
Primer nivel	77.20	75.49	RESISTE AL CORTE GLOBAL
Segundo nivel	76.70	67.86	RESISTE AL CORTE GLOBAL
Tercer nivel	62.60	57.27	RESISTE AL CORTE GLOBAL
Cuarto nivel	61.41	38.51	RESISTE AL CORTE GLOBAL

- **Verificación del agrietamiento diagonal.**

Tabla 111 – Agrietamiento diagonal por sismo severo.

PRIMER NIVEL						
MURO	Ve (tn)	Vm (tn)	Vm1/Ve1=	Vu	Mu	Afirmación
Y1	10.56	38.55	3.00	31.69	45.36	NO SE AGRIETA
Y2	12.42	38.65	3.00	37.25	55.95	NO SE AGRIETA
SEGUNDO NIVEL						
MURO	Ve (tn)	Vm (tn)	Vm1/Ve1=	Vu	Mu	Afirmación
Y1	14.12	38.30	2.71	38.30	26.97	NO SE AGRIETA
Y2	16.70	38.40	2.30	38.40	29.33	NO SE AGRIETA
TERCER NIVEL						
MURO	Ve (tn)	Vm (tn)	Vm1/Ve1=	Vu	Mu	Afirmación
Y1	1.99	9.40	3.00	5.96	3.39	NO SE AGRIETA
Y2	3.12	12.39	3.00	9.35	8.30	NO SE AGRIETA
Y1	2.15	9.40	3.00	6.46	3.46	NO SE AGRIETA
Y2	2.47	9.40	3.00	7.42	3.99	NO SE AGRIETA

Y1	3.77	12.50	3.00	11.31	9.43	NO SE AGRIETA
Y2	2.58	9.51	3.00	7.74	3.92	NO SE AGRIETA
CUARTO NIVEL						
MURO	Ve (tn)	Vm (tn)	Vm1/Ve1=	Vu	Mu	Afirmación
Y1	1.48	9.20	3.00	4.45	1.48	NO SE AGRIETA
Y2	1.99	12.19	3.00	5.98	1.61	NO SE AGRIETA
Y1	1.69	9.20	3.00	5.08	1.51	NO SE AGRIETA
Y2	1.60	9.20	3.00	4.79	1.54	NO SE AGRIETA
Y1	2.60	12.30	3.00	7.79	1.35	NO SE AGRIETA
Y2	2.36	9.31	3.00	7.08	1.66	NO SE AGRIETA

- **Diseño de nuevas columnas de confinamiento.**

- Obtención de fuerzas internas

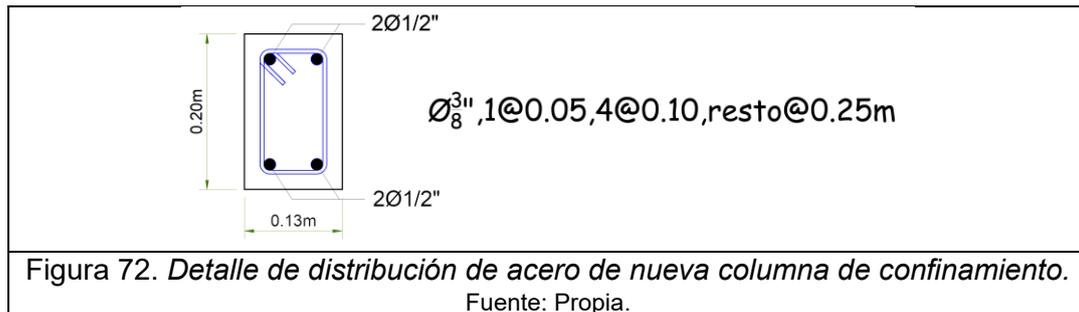
Tabla 112 – Fuerzas internas en columnas de confinamiento.

MUROS				
Descripción	Y1		Y2	
	Ext.	Int.	Ext.	Int.
Mu	45.36		55.95	
Vu = Vm	31.69		37.25	
Pg	3.99		4.46	
h	2.575		2.575	
L	7.60		7.60	
Lm	3.80		3.80	
Nc	7.00		7.00	
M	4.56		7.99	
F	0.60		1.05	
Pmt	0.00	0.00	0.00	0.00
Pc	0.57	0.57	0.64	0.64
Vc	2.97	1.98	3.49	2.33
T	0.03	10.17	0.41	11.98
C	1.17	0.00	1.69	0.00

Tabla 113 – Diseño de columnas de confinamiento.

COLUMNAS DE CONFINAMIENTO				
As	1.05	3.54	1.34	4.17
As min	2.00	2.00	2.00	2.00
As usar	2.00	3.54	2.00	4.17
	4 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"
	5.08	5.08	5.08	5.08
δ	0.80	0.80	0.80	0.80
t	0.130	0.130	0.130	0.130
An	-132.62	-144.33	-127.45	-144.33
A=15t	195.00	195.00	195.00	195.00
Acf	83.21	55.47	97.82	65.21
Ac Aprox	195.00	195.00	195.00	195.00
Ac	13 x 20	14 x 20	15 x 20	16 x 20
	260.00	260.00	260.00	260.00
An	136.00	136.00	136.00	136.00
Av	1.42	1.42	1.42	1.42
tn	16.00	16.00	16.00	16.00

d	20.00	20.00	20.00	20.00
S1	6.49	6.49	6.49	6.49
S2	14.79	14.79	14.79	14.79
S3	5.00	5.00	5.00	5.00
S4	10.00	10.00	10.00	10.00
S	5.00	5.00	5.00	5.00
Estribos	Ø3/8", 1@5, 4@10, r@25cm	Ø3/8", 1@5, 4@10, r@25cm	Ø3/8", 1@5, 4@10, r@25cm	Ø3/8", 1@5, 4@10, r@25cm



- **Reforzamiento de columnas.**

A continuación, se muestra el reforzamiento de la columna central (0.25x0.35m) ubicada entre los ejes B y 2.

Tabla 114 – Estados de carga para dirección X.

DIRECCION X			
	CM	CV	CSx
Carga axial (kg)	30417.6	10406.2	3640.2
Minferior (kg.m)	6.0	-31.3	27.9
Msuperior (kg.m)	-27.5	46.2	16.4

Tabla 115 – Estados de carga para dirección Y.

DIRECCION Y			
	CM	CV	Csy
Carga axial (kg)	30417.6	10406.2	951.6
Minferior (kg.m)	-206.7	-18.7	212.8
Msuperior (kg.m)	439.7	36.3	150.0

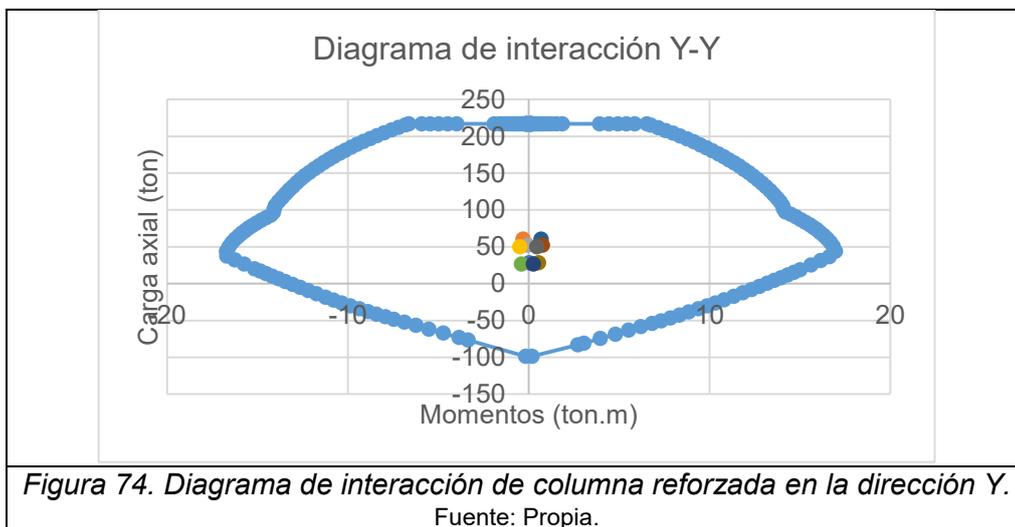
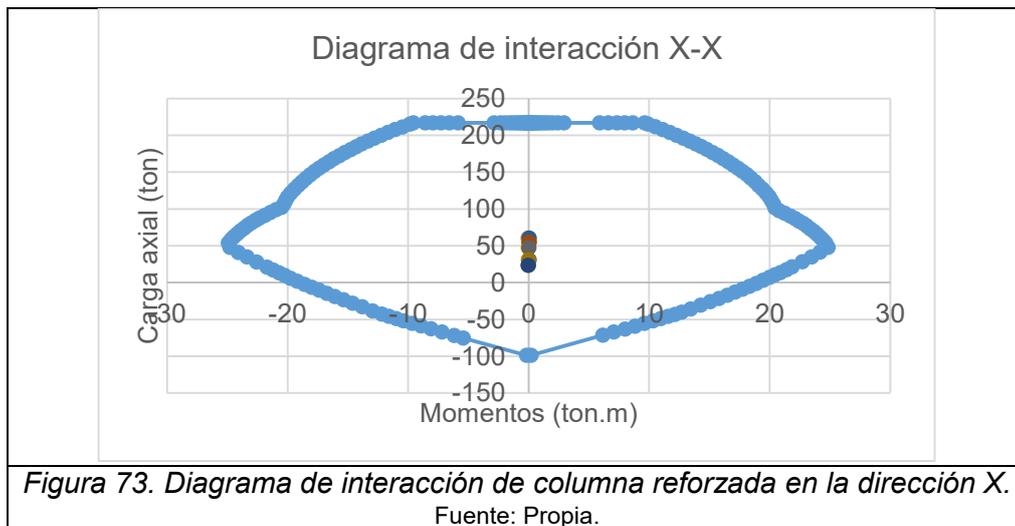
Tabla 116 – Combinaciones de carga para dirección X.

Combinaciones	Extremo inferior		Extremo superior	
	Pu (ton)	Mux (ton.m)	Pu (ton)	Mux (ton.m)
1.4CM+1.7CV	60.275	-0.045	60.275	0.040
1.25(CM+CV)+CSx Max	54.670	-0.004	54.670	0.040
1.25(CM+CV)-CSx Max	47.390	-0.060	47.390	0.007
0.9CM+CSx Max	31.016	0.033	31.016	-0.008
0.9CM-CSx Max	23.736	-0.022	23.736	-0.041

Tabla 117 – Combinaciones de carga para dirección Y.

Combinaciones	Extremo inferior		Extremo superior	
	Pu (ton)	Muy (ton.m)	Pu (ton)	Muy (ton.m)
1.4CM+1.7CV	60.275	-0.321	60.275	0.677
1.25(CM+CV)+CSy Max	51.981	-0.069	51.981	0.745
1.25(CM+CV)-CSy Max	50.078	-0.495	50.078	0.445
0.9CM+CSy Max	28.327	0.027	28.327	0.546
0.9CM-CSy Max	26.424	-0.399	26.424	0.246

Se optó por la misma distribución de acero de la columna mostrada en la primera propuesta de reforzamiento.



El diseño propuesto es correcto siendo el mismo detallado que fue presentado en la primera propuesta de reforzamiento de la columna.

5.3 Tercera propuesta de reforzamiento

Reemplazo de sistema de muros portantes por pórticos de concreto armado y reforzamiento de columnas; se plantea sustituir el sistema estructural de albañilería confinada por el sistema de pórticos de concreto armado, para ello eliminar los confinamientos de los muros portantes y reforzar las vigas chatas además de las columnas.

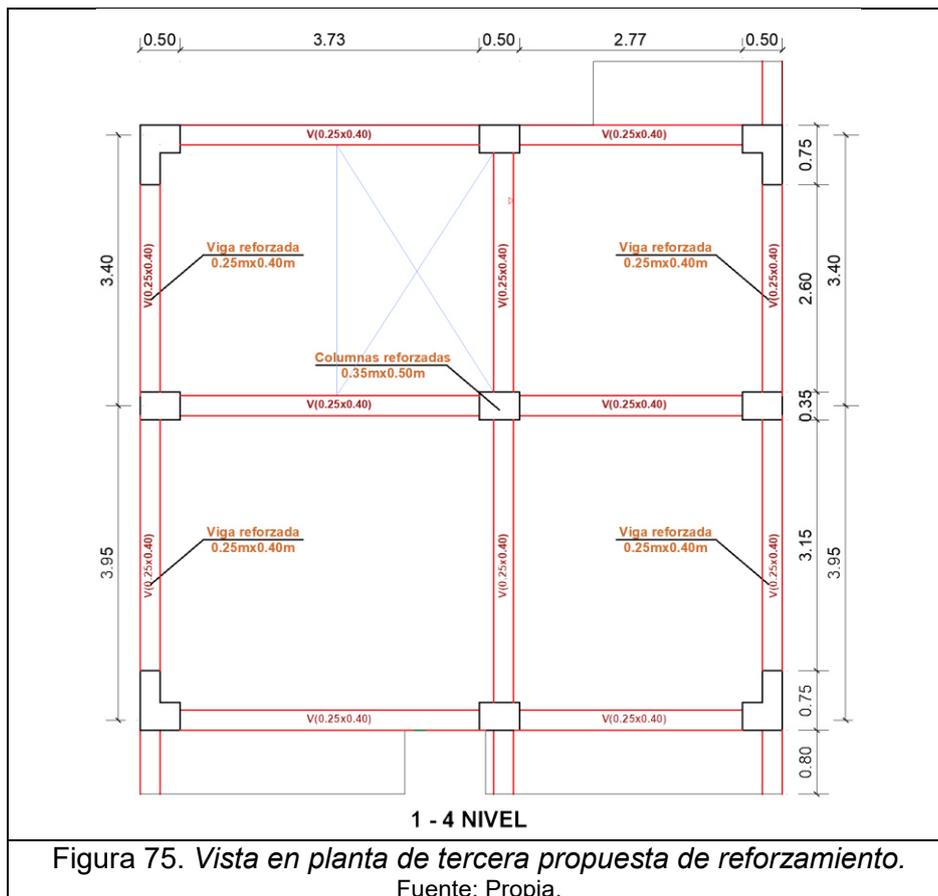
- **Estructuración.**

- Pórticos de concreto armado en la dirección Y.

- Columnas reforzadas en forma de L de 0.50x0.75m.
- Vigas reforzadas de 0.25x0.40m.

- Pórticos de concreto armado en la dirección X.

- Columnas reforzadas de 0.35x0.50m.
- Vigas peraltadas de 0.25x0.40m.



- **Verificación de irregularidad de rigidez.**

Tabla 118 – Verificación de irregularidad de rigidez en la dirección X.

Piso	Caso de carga	Cortante X	Deriva X	Rigidez X	Condición
		kg	m	kg/m	
Piso 4	Sismo dinámico X	12273.72	0.00188	6540859.0	ok
Piso 3	Sismo dinámico X	21124.99	0.00260	8136420.6	ok
Piso 2	Sismo dinámico X	27266.79	0.00298	9163236.2	ok
Piso 1	Sismo dinámico X	30676.54	0.00231	13300381.5	ok

Tabla 119 – Verificación de irregularidad de rigidez en la dirección Y.

Piso	Caso de carga	Cortante Y	Deriva Y	Rigidez Y	Condición
		kg	m	kg/m	
Piso 4	Sismo dinámico Y	12275.32	0.00202	6081988.85	ok
Piso 3	Sismo dinámico Y	20642.34	0.00251	8212752.16	ok
Piso 2	Sismo dinámico Y	26263.88	0.00266	9884715.41	ok
Piso 1	Sismo dinámico Y	29209.29	0.00186	15713751.98	ok

- **Verificación de irregularidad torsional.**

Tabla 120– Condición irregularidad torsional en la dirección X.

Piso	X-X		
	Δ_{max} (cm)	$\Delta_{permi.}$ (cm)	Δ_{max} (cm) >50% $\Delta_{permi.}$ (cm)
Piso 4	1.1496	1.8375	no
Piso 3	1.5948	1.8375	no
Piso 2	1.8294	1.8375	no
Piso 1	1.4280	2.1175	no

Tabla 121– Desplazamiento en la dirección Y debido al sismo de la dirección X.

Piso	Desplazamiento en la dirección Y-Y			
	Caso de carga	Δ_{sup} (cm)	Δ_{inf} (cm)	$\Delta_{relativo}$ (cm)
Piso 4	sismo dinámico X Max	0.0138	0.00940	0.0044
Piso 3	sismo dinámico X Max	0.0094	0.00620	0.0032
Piso 2	sismo dinámico X Max	0.0062	0.00300	0.0032
Piso 1	sismo dinámico X Max	0.0030	0	0.0030

Tabla 122 – Verificación de irregularidad torsional en la dirección X.

Piso	Caso de carga	Máximo	Promedio	Proporción	Condición
		m	m		
Piso 4	Sismo dinámico X Max	0.010003	0.009624	1.039	ok
Piso 3	Sismo dinámico X Max	0.008087	0.007802	1.037	ok
Piso 2	Sismo dinámico X Max	0.005429	0.005250	1.034	ok
Piso 1	Sismo dinámico X Max	0.002380	0.002306	1.032	ok

Tabla 123 – Condición irregularidad torsional en la dirección Y.

Piso	Y-Y		
	Δ_{max} (cm)	$\Delta_{permi.}$ (cm)	Δ_{max} (cm) >50% $\Delta_{permi.}$ (cm)
Piso 4	1.3302	1.8375	no

Piso 3	1.6572	1.8375	no
Piso 2	1.7502	1.8375	no
Piso 1	1.2216	2.1175	no

Tabla 124 – Desplazamiento en la dirección X debido al sismo de la dirección Y.

Piso	Desplazamiento en la dirección X-X			
	Caso de carga	Δ_{sup} (cm)	Δ_{inf} (cm)	$\Delta_{relativo}$ (cm)
Piso 4	Sismo dinámico Y Max	0.0134	0.01050	0.0029
Piso 3	Sismo dinámico Y Max	0.0105	0.00780	0.0027
Piso 2	Sismo dinámico Y Max	0.0078	0.00480	0.0030
Piso 1	Sismo dinámico Y Max	0.0048	0	0.0048

Tabla 125 – Verificación de irregularidad torsional en la dirección Y.

Piso	Caso de carga	Máximo	Promedio	Proporción	Condición
		m	m		
Piso 4	Sismo dinámico Y Max	0.009932	0.009018	1.101	ok
Piso 3	Sismo dinámico Y Max	0.007715	0.007018	1.099	ok
Piso 2	Sismo dinámico Y Max	0.004953	0.004514	1.097	ok
Piso 1	Sismo dinámico Y Max	0.002036	0.001859	1.096	ok

- **Desplazamiento lateral relativo admisible.**

Tabla 126 – Control de desplazamiento lateral.

Dirección X – Pórticos de concreto armado								
PISO	P sup (m)	P inf (m)	Diferencia (m)	0.75xR	H piso (m)	Distorsión	LimDistorsión	Obs.
4	0.010003	0.008087	0.001916	6	2.625	0.004379	0.007	ok
3	0.008087	0.005429	0.002658	6	2.625	0.006075	0.007	ok
2	0.005429	0.00238	0.003049	6	2.625	0.006969	0.007	ok
1	0.002380	0	0.002380	6	3.025	0.004721	0.007	ok

Dirección Y – Albañilería confinada								
PISO	P sup (m)	P inf (m)	Diferencia (m)	0.75xR	H piso (m)	Distorsión	LimDistorsión	Obs.
4	0.009932	0.007715	0.002217	6	2.625	0.005067	0.007	ok
3	0.007715	0.004953	0.002762	6	2.625	0.006313	0.007	ok
2	0.004953	0.002036	0.002917	6	2.625	0.006667	0.007	ok
1	0.002036	0	0.002036	6	3.025	0.004038	0.007	ok

- **Factor de escala.**

Tabla 127 – Factor de escala en la dirección X.

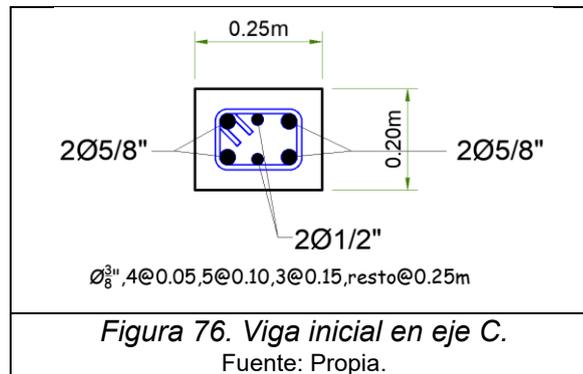
Vx est =	36893.17	kg
Vx din =	30676.54	kg'
Vx din/Vx est =	0.83	
configuración	regular	
coeficiente min =	0.8	
factor (fx) =	no escalar	

Tabla 128 – Factor de escala en la dirección Y.

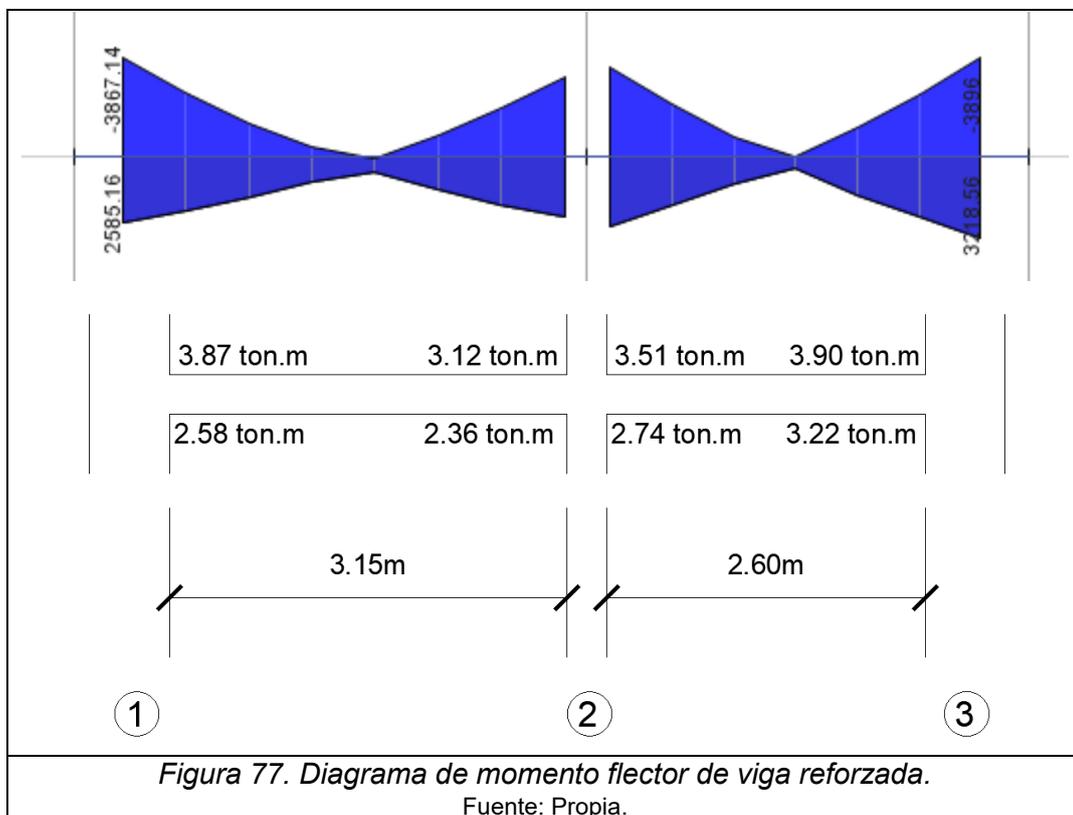
Vy est =	36493.17	kg
Vy din =	29209.29	kg
Vy din/Vy est =	0.80	
configuración	regular	
coeficiente min =	0.8	
factor (fx) =	no escalar	

- **Reforzamiento de vigas.**

Los valores de los esfuerzos cortantes y momentos se tomaron del programa ETABS, se muestra el reforzamiento de la viga ubicada en el eje C.



La nueva sección de la viga reforzada será de 0.25x0.40m.



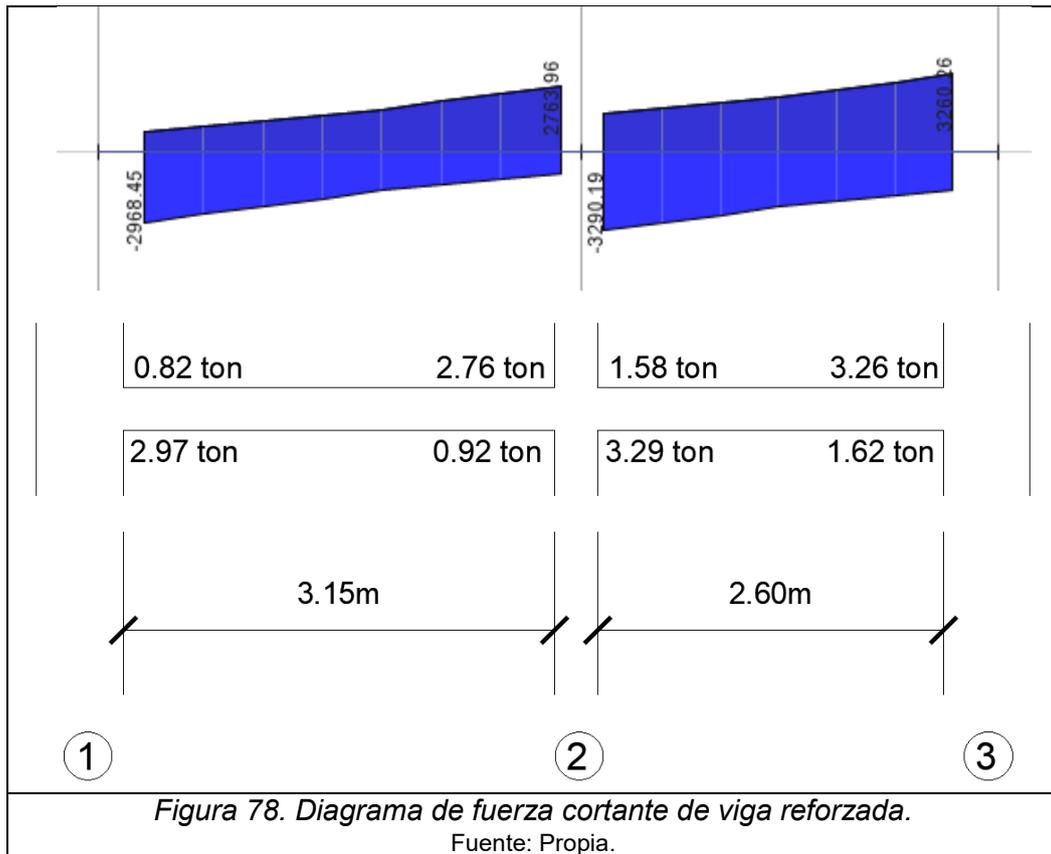


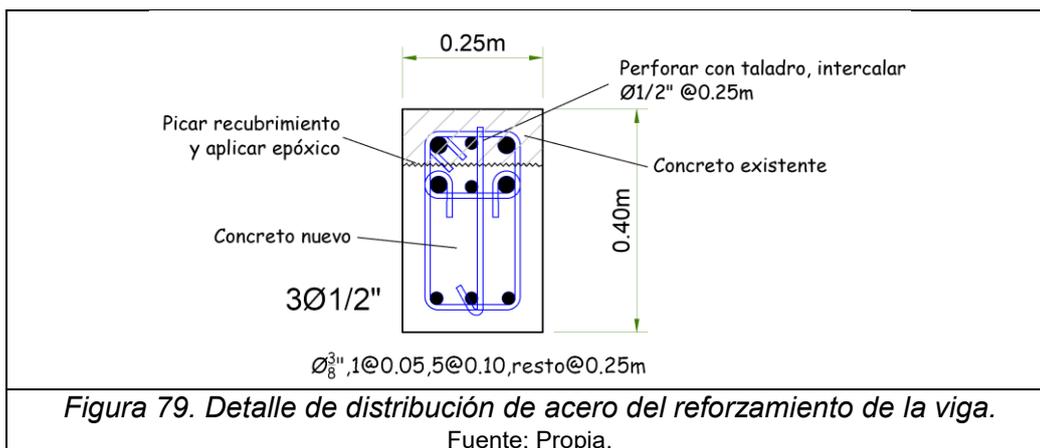
Tabla 129 – Diseño por flexión de viga reforzada.

	Mu máx. superior	Mu máx. inferior
Mu (ton.m)	3.90	3.22
b (cm)	25	25
d (cm)	34	34
Ku	13.49	11.14
cuantía	0.0038	0.0032
As requerido (cm ²)	3.23	2.72
As colocado (cm ²)	5.23	3.80
As colocado	2Ø5/8"+1Ø1/2"	3Ø1/2"

El acero existente en el nivel superior es suficiente para cumplir el acero requerido de la viga reforzada, para el nivel inferior si se proporcionará 3Ø1/2" longitudinales sin cortes.

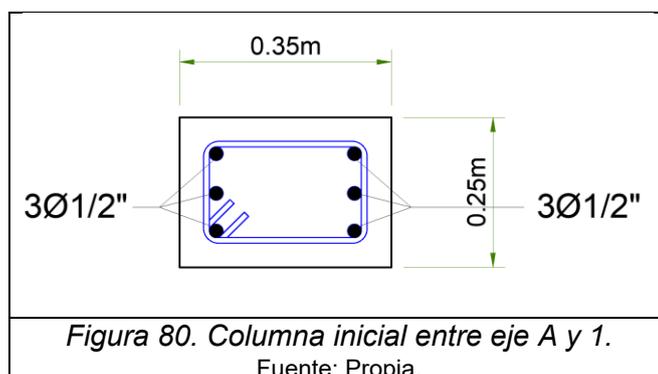
Tabla 130 – Diseño por cortante de viga reforzada.

f _c	210	kg/cm ²
b	25	cm
d	34	cm
ØV _c	5.55	ton
V _{ud}	3.18	ton
Acero mínimo a distancia máxima		



- **Reforzamiento de columnas.**

A continuación, se muestra el reforzamiento de la columna esquinera ubicada entre los ejes A y 1.



La nueva sección de la columna reforzada tendrá forma de L cuyas dimensiones serán de 0.50x0.75m.

Tabla 131 – Estados de carga para dirección X.

DIRECCION X			
	CM	CV	CSx
carga axial (kg)	20222.5	5937.4	6568.8
Minferior (kg.m)	578.7	-31.3	2103.7
Msuperior (kg.m)	-109.4	161.1	423.4

Tabla 132 – Estados de carga para dirección Y.

DIRECCION Y			
	CM	CV	Csy
carga axial (kg)	20222.5	5937.4	7032.4
Minferior (kg.m)	-338.0	-18.7	1417.0
Msuperior (kg.m)	540.6	-108.4	99.9

Tabla 133 – Combinaciones de carga para dirección X.

Combinaciones	Extremo inferior		Extremo superior	
	Pu (ton)	Mux (ton.m)	Pu (ton)	Mux (ton.m)
1.4CM+1.7CV	38.405	0.757	38.405	0.121
1.25(CM+CV)+CSx Max	39.269	2.788	39.269	0.488
1.25(CM+CV)-CSx Max	26.131	-1.419	26.131	-0.359
0.9CM+CSx Max	24.769	2.625	24.769	0.325
0.9CM-CSx Max	11.631	-1.583	11.631	-0.522

Tabla 134 – Combinaciones de carga para dirección Y.

Combinaciones	Extremo inferior		Extremo superior	
	Pu (ton)	Muy (ton.m)	Pu (ton)	Muy (ton.m)
1.4CM+1.7CV	38.405	-0.505	38.405	0.573
1.25(CM+CV)+CSy Max	39.732	0.971	39.732	0.640
1.25(CM+CV)-CSy Max	25.667	-1.863	25.667	0.440
0.9CM+CSy Max	25.233	1.113	25.233	0.586
0.9CM-CSy Max	11.168	-1.721	11.168	0.387

Para el diseño de la columna reforzada, consideramos los límites de cuantía:

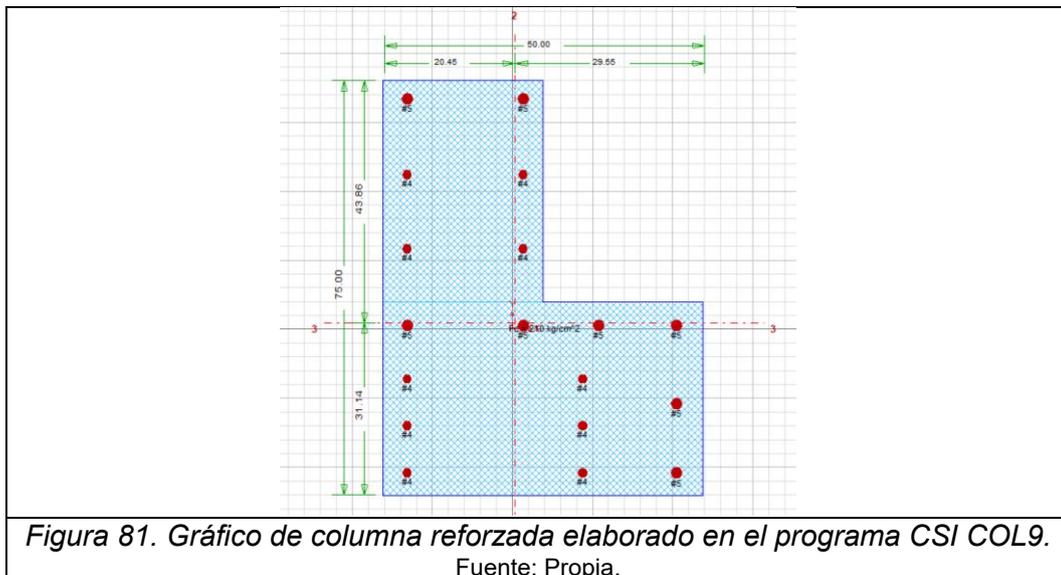
Acol: $0.50 \times 0.75 = 2750 \text{ cm}^2$

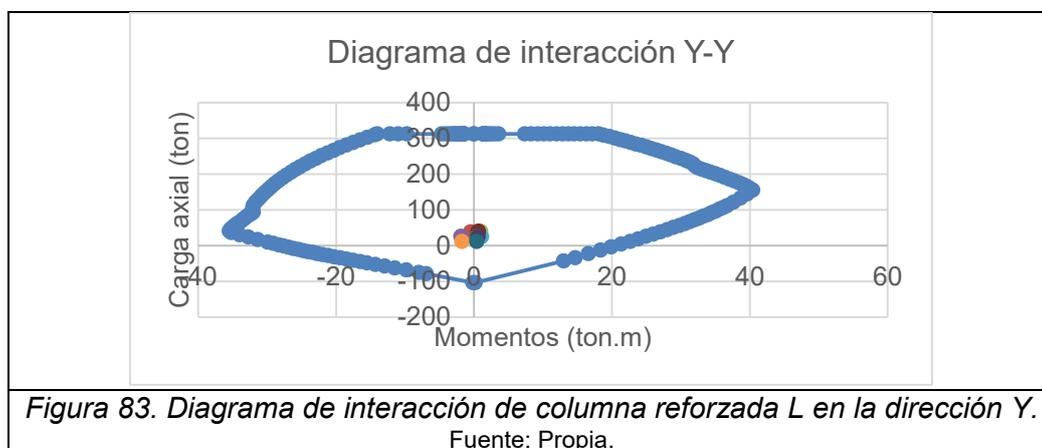
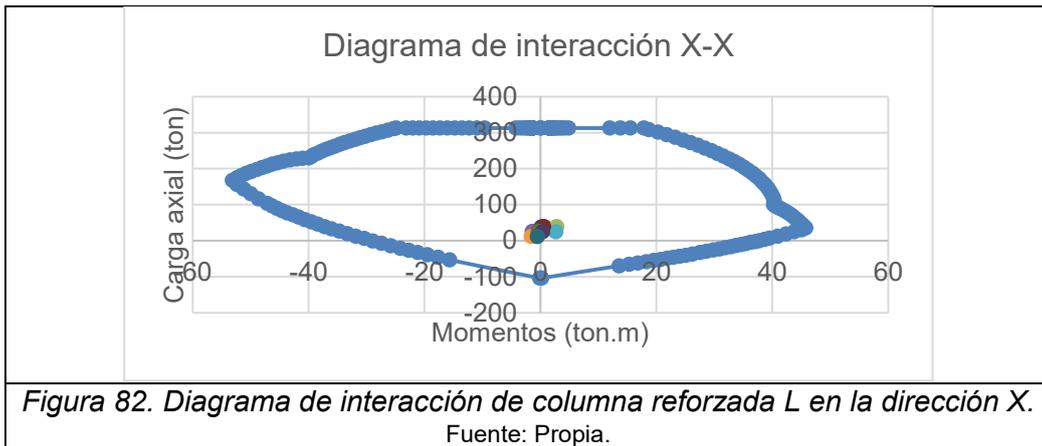
Asmin: $1\% \times 2750 = 27.50 \text{ cm}^2$

La distribución de acero propuesto para la columna reforzada es $8\text{Ø}5/8" + 10\text{Ø}1/2"$.

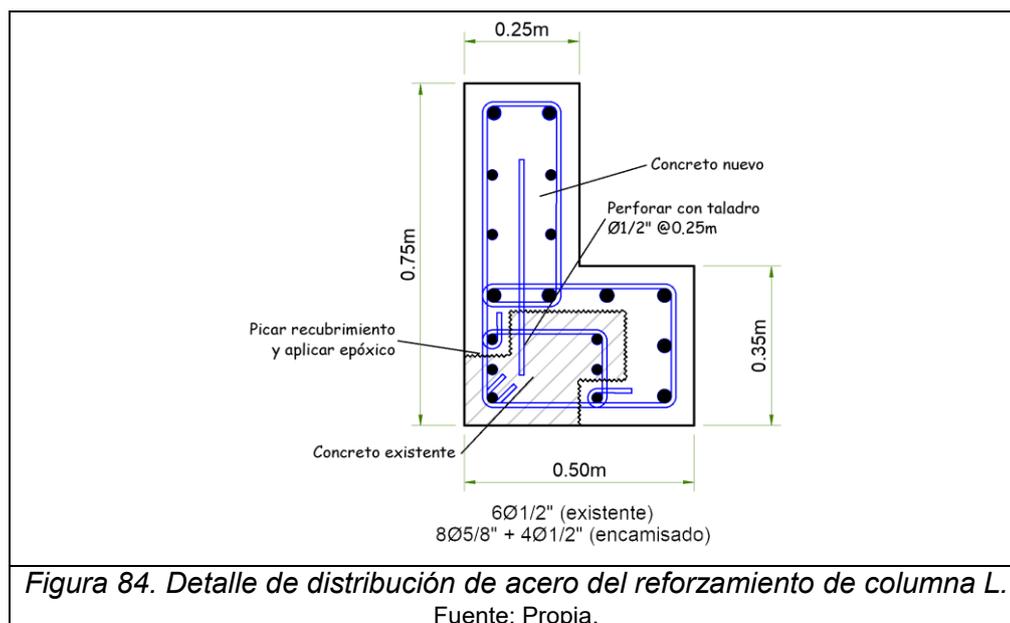
Ascol: 28.50 cm^2

Dicha distribución se grafica en el programa CSI COL9 para obtener los diagramas de interacción.





Se corrobora que los puntos de las combinaciones de carga se ubican dentro del diagrama de interacción, por lo que la distribución de acero colocado es el adecuado.



CAPITULO VI

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Resultados

6.1.1. Resultado que explica el objetivo general

Se realizó la evaluación de los requisitos estructurales mínimos para muros portantes, se analizó dos parámetros: 1) el espesor efectivo, donde la sección del muro portante de albañilería no cumple la condición mínima; 2) el esfuerzo axial máximo, para ello se realizó el análisis para el muro más cargado - Y2 (la carga cuantificada fue la proveniente de cuatro niveles más un muro del ambiente de la azotea); la *Tabla N° 11 – Resultados del análisis de esfuerzo axial en el muro Y2 de albañilería tubular hasta el tercer nivel*, presenta dichos resultados, donde detalla que los muros portantes de albañilería liviana en la edificación no fallarán por pandeo y ductilidad.

Para el análisis frente a carga dinámica, según el análisis sísmico estático del bloque I de la vivienda, los muros portantes de albañilería hueca del primer nivel y de albañilería liviana del tercer nivel no resisten al corte global, (resultados expuesto en la *Tabla N° 48 – Resistencia al corte global, bloque I*); según el análisis sísmico dinámico para el mismo bloque en análisis no se cumple la resistencia al corte global en el tercer nivel (*Tabla N° 71 – Resistencia al corte global con valores obtenidos del programa ETABS*).

6.1.2. Resultado para lograr explicar el objetivo específico 1

En la dirección de los muros portantes de albañilería confinada se cumple los límites de desplazamiento, mientras en la dirección de los pórticos de concreto armado no se cumple el límite de distorsión del primer al tercer entrepiso (*Tabla N° 67 – Control de distorsión por entrepiso del bloque I*).

6.1.3. Resultado para lograr explicar el objetivo específico 2

Según el análisis sísmico estático, las resistencias al corte de los muros de albañilería liviana señalan que en el bloque I los muros portantes del tercer nivel presentarán fisuraciones ante la acción de sismo moderado (*Tabla N° 47 - Resistencia al corte y control de fisuración, bloque I*); el análisis sísmico dinámico detalla el siguiente resultado, para el bloque I solo se fisurará por corte el muro portante Y2 del tercer nivel (*Tabla N° 70 - Resistencia al corte y control de fisuración con valores obtenidos del programa ETABS, bloque I*).

6.1.4. Resultado para lograr explicar el objetivo específico 3

Los valores obtenidos con el análisis sísmico estático detallan: los muros portantes de albañilería liviana del tercer nivel del bloque I (*Tabla N° 49 - Agrietamiento diagonal por sismo severo, bloque I*) se agrietarán diagonalmente ante la acción de sismo severo; igualmente para el análisis sísmico dinámico los muros portantes del tercer nivel en el bloque I presentarán grietas (*Tabla 72 – Agrietamiento diagonal por sismo severo con valores obtenidos del programa ETABS, bloque I*).

6.1.5. Resultado para lograr explicar el objetivo específico 4

Se propuso tres alternativas de reforzamiento para cumplir los parámetros normativos en la edificación, la primera propuesta fue adherir mallas electrosoldadas a los muros portantes de albañilería liviana y reforzar las columnas, la segunda propuesta fue reemplazar los muros livianos con muros construidos con ladrillos INFES y el reforzamiento de columnas, la última propuesta fue reemplazar el sistema estructural de albañilería confinada ubicada en la dirección “Y” por el sistema de pórticos de concreto armado, reforzando vigas como columnas en la vivienda existente.

6.2. Discusión de resultados

6.2.1. Discusión de resultados del objetivo general

En el análisis ante carga estática una condición para que cumpliera satisfactoriamente los parámetros, es que los muros portantes están ubicados paralelamente a la dirección de la losa aligerada, soportando un porcentaje menor de carga. En el caso del análisis ante carga dinámica, tanto para el análisis sísmico estático y dinámico las fallas de resistencia al corte global se presentan en el tercer nivel de la edificación, se deduce que

al cambiar el tipo de albañilería esta zona es crítica, mientras en el cuarto nivel las cargas de corte son menores y cumplen la condición.

6.2.2. Discusión de resultados del objetivo específico 1

Los muros portantes de albañilería confinada brindan buena rigidez a la edificación en su dirección de análisis y cumplen los límites normativos, por otro lado, transversal a estos, los pórticos de concreto armado no cumplen los parámetros de distorsión debido a la esbeltez de las columnas.

6.2.3. Discusión de resultados del objetivo específico 2

Las fallas por fisuración que se presentan en los muros livianos es debido a la baja resistencia al corte (V_m), para la obtención de dicho valor influye: la dimensión del muro, el peso acumulado que soporta, el espesor efectivo y la resistencia característica al corte de la albañilería, siendo estas dos últimas características determinantes, porque al emplear albañilería liviana se reducen los valores y ante la acción de un sismo moderado los muros portantes presentarán la falla por fisuración.

6.2.4. Discusión de resultados del objetivo específico 3

Los esfuerzos generados ante la acción de sismo severo se derivan de una relación del análisis por sismo moderado, además se sigue empleando el valor de resistencia al corte (V_m) para este análisis, y debido a las malas propiedades resistentes los muros portantes presentarán grietas diagonales ante la acción de sismo severo. Asimismo, según la normativa "E.070 Albañilería": ante la acción de sismo severo los muros portantes del primer entrespacio pueden agrietarse diagonalmente, si los muros de entrespacios superiores no cumplen la condición de agrietamiento ($V_{mi} > V_{ui}$), sus confinamientos se diseñarán similarmente al primer entrespacio.

6.2.5. Discusión de resultados del objetivo específico 4

Para validar los tres tipos de reforzamiento estructural propuestos primero se verificó las irregularidades que se podría presentar al modificar ciertos elementos estructurales, se cotejó la irregularidad de rigidez – piso blando y la irregularidad torsional; segundo, evaluamos que cumpliera los límites de desplazamiento lateral, y como último realizar un buen diseño y detallado de reforzamiento.

CONCLUSIONES

Del objetivo general:

1. El comportamiento de la edificación ante los requisitos estructurales mínimos para muros portantes de albañilería liviana no cumple para el parámetro de espesor efectivo ($t=0.110\text{m} < 0.12125\text{m}$) y si cumple el parámetro de esfuerzo axial máximo, el indicador de falla por pandeo ($\sigma_m=2.44 \text{ kg/cm}^2 \leq 2.58 \text{ kg/cm}^2$) y falla por ductilidad ($\sigma_m=2.44 \text{ kg/cm}^2 \leq 3.21 \text{ kg/cm}^2$) es aceptable según la normativa "E.070 Albañilería".
2. El comportamiento estructural frente a carga dinámica de los muros portantes de albañilería liviana es inaceptable, porque no cumple la resistencia al corte global generado por la fuerza cortante en el tercer nivel de la edificación tanto para el análisis sísmico estático (bloque I: $\sum V_{my} = 39.64 \text{ ton} < V_E = 57.61 \text{ ton}$); y en el análisis sísmico dinámico (bloque I: $\sum V_{my} = 36.64 \text{ ton} < V_E = 53.16 \text{ ton}$).

Del objetivo específico 1:

3. En la dirección de los muros portantes de albañilería se cumple el límite de desplazamiento lateral relativo máximo ($\Delta_l / h_{ei} < 0.005$), mientras en los pórticos de concreto armado no se cumple la condición ($\Delta_l / h_{ei} > 0.007$) del primer al tercer nivel de la edificación, esto implica que la estructura posee mayores desplazamientos a lo establecido.

Del objetivo específico 2:

4. La resistencia al corte de los muros portantes de albañilería liviana es deficiente y se fisurará ante la acción de sismo moderado; según el análisis sísmico estático los muros portantes del tercer nivel del bloque I (Y1: $V_e = 15.07 \text{ ton} > 0.55V_m = 10.87 \text{ ton}$; Y2: $V_e = 15.09 \text{ ton} > 0.55V_m = 10.93 \text{ ton}$) presentarán la falla mencionada.
5. Según el análisis sísmico dinámico para la simulación de sismo moderado, solo se fisurará el muro Y2 siendo este el muro que recibe más carga de gravedad (Y2: $V_e = 11.71 \text{ ton} > 0.55V_m = 10.93 \text{ ton}$).

Del objetivo específico 3:

6. La resistencia al corte de los muros portantes de albañilería liviana es insuficiente para cumplir la verificación de agrietamiento diagonal por sismo severo, mediante el análisis sísmico estático los muros del tercer nivel del bloque I presentarán grietas (Y1: $V_m = 19.77 \text{ ton} < V_u = 30.13 \text{ ton}$; Y2: $V_m = 19.87 \text{ ton} < V_u = 30.18 \text{ ton}$).
7. Para el análisis sísmico dinámico, los muros portantes del tercer nivel con unidades de albañilería liviana presentarán grietas diagonales por la acción de sismo severo (Y1: $V_m = 19.77 \text{ ton} < V_u = 21.72 \text{ ton}$; Y2: $V_m = 19.87 \text{ ton} < V_u = 23.42 \text{ ton}$).

Del objetivo específico 4:

8. La primera propuesta de reforzamiento estructural fue adherir mallas electrosoldadas a los muros de albañilería liviana de los niveles superiores, incrementando sus propiedades resistentes y evitar fisuramientos ante la acción de sismos, para sismo moderado (tercer piso, Y1: $V_e = 11.48 \text{ ton} < 0.55V_m = 30.33 \text{ ton}$; Y2: $V_e = 13.08 \text{ ton} < 0.55V_m = 30.39 \text{ ton}$; cuarto piso, Y1: $V_e = 8.47 \text{ ton} < 0.55V_m = 30.22 \text{ ton}$; Y2: $V_e = 9.70 \text{ ton} < 0.55V_m = 30.28 \text{ ton}$), para sismo severo (tercer piso, Y1: $V_m = 55.15 \text{ ton} > V_u = 34.44 \text{ ton}$; Y2: $V_m = 55.26 \text{ ton} > V_u = 39.25 \text{ ton}$; cuarto piso, Y1: $V_m = 54.95 \text{ ton} > V_u = 25.41 \text{ ton}$; Y2: $V_m = 55.06 \text{ ton} > V_u = 29.10 \text{ ton}$); de igual forma se planteó reforzar las columnas mediante el encamisado para cumplir el parámetro de desplazamientos laterales en la edificación (Distorsión: $1^\circ=0.004772$, $2^\circ=0.006802$, $3^\circ=0.005838$, $4^\circ=0.004085 < 0.007$).
9. La segunda propuesta es sustituir los muros portantes de unidades livianas con nuevos muros empleando el ladrillo INFES, estos nuevos muros tendrán una menor dimensión en los niveles superiores, por ello se analizó y detalló el nuevo confinamiento que será continuo desde el primer nivel (columna de $0.13\text{m} \times 0.20\text{m}$ con $4\varnothing 1/2''$ y estribos de $\varnothing 3/8''$, $1@0.05$, $4@0.10$, resto@ 0.25m), de igual forma se añadió en el análisis el reforzamiento de las columnas para cumplir los parámetros en la otra dirección de la edificación (Distorsión: $1^\circ=0.004691$, $2^\circ=0.006688$, $3^\circ=0.005797$, $4^\circ=0.004114 < 0.007$).
10. La última propuesta fue reemplazar el sistema de albañilería confinada por pórticos de concreto armado, reforzando las vigas chatas que confinaban el muro portante y el

reforzamiento de una columna rectangular a una columna tipo L para que la rigidez de la edificación sea capaz de controlar los esfuerzos (Distorsión en la dirección "X": $1^{\circ}=0.004721$, $2^{\circ}=0.006969$, $3^{\circ}=0.006075$, $4^{\circ}=0.004379 < 0.007$; Distorsión en la dirección "Y": $1^{\circ}=0.004038$, $2^{\circ}=0.006667$, $3^{\circ}=0.006313$, $4^{\circ}=0.005067 < 0.007$).

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que, en edificaciones similares con las características descritas, sean analizadas sísmicamente para corroborar que el comportamiento estructural frente a acciones estáticas y sísmicas sean aceptables, y así evitar las fallas de pandeo, ductilidad, fisuración, agrietamiento diagonal en los muros portantes de albañilería.
- Se recomienda que en edificaciones con sistema estructural dual con la presencia de pórticos de concreto armado y muros portantes de albañilería confinada conserven simetría en su estructuración, así las fuerzas cortantes puedan ser distribuidas de mejor manera siendo valores menores y controlados debido a la regularidad de la edificación.
- Realizar el ensayo a compresión diagonal en prismas de albañilería para conocer con exactitud el valor de resistencia al corte de la albañilería, debido a que existen ensayos realizados donde este valor es mucho mayor al parámetro que presenta la norma "E.070 Albañilería" ($v'm = \sqrt{f'm}$).
- Realizar ensayos de diamantina y/o esclerometría para conocer mejor los valores de resistencia del concreto, además de realizar visitas técnicas a la obra para conocer su estado actual.
- Se propone realizar un estudio de análisis de precios unitarios y rendimientos a nivel local para las partidas de reforzamiento estructural, así poder evaluar el balance económico de costo de reforzamiento versus alternativa de reforzamiento.
- Se propone realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica y sensibilización sobre los problemas constructivos en edificaciones de la ciudad de Huancayo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **INEI.** *Censos Nacionales, Características de la infraestructura de las viviendas particulares.* 2017.
2. **SENCICO.** *Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica E.070 Albañilería.* Lima : s.n., 2006.
3. **Peralta Marticorena, Ayar.** *Evaluación y ventajas de una albañilería confinada construida con ladrillos artesanales y otra con industriales en la provincia de Huancayo.* Huancayo : s.n., 2016.
4. **San Bartolome, Angel y Quiun, Daniel.** *Diseño sísmico de edificaciones de albañilería confinada.* Lima : s.n., 2010.
5. **San Bartolomé, Angel y Ordoñez, José.** *Comparación del comportamiento sísmico de un muro de albañilería confinada tradicional y otro caravista.* Lima : s.n.
6. **San Bartolome, Angel, y otros.** *Reforzamiento de viviendas existentes hechas con ladrillos pandereta.* Lima : s.n., 2012.
7. **Mamani Quina, Plinio.** *Comportamiento mecánico de muros de albañilería tubular confinada reforzados con malla electrosoldada ante cargas sísmicas y gravitacionales.* Lima : s.n., 2015.
8. **Páez Moreno, Diego, Parra Rojas, Sonia y Montaña Gutiérrez , Carlos.** *Alternativa estructural de refuerzo horizontal en muros de mampostería.* Medellín : Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 2009.
9. **Raigosa, Eduardo.** *Técnicas de reforzamiento de estructuras construidas de concreto que presentan deficiencias estructurales.* Costa Rica : s.n., 2010.
10. **Abanto Castillo, Flavio.** *Análisis y diseño de edificaciones de albañilería.* Lima : San Marcos, 2017.
11. **Morales Morales, Roberto.** *Diseño en concreto armado.* Lima : s.n., 2016.
12. **Harmesen, Teodoro.** *Diseño de estructuras en concreto armado.* Lima : Fondo editorial PUCP, 2002.
13. **Aceros Arequipa.** *Manual de construccion para maestros de obra.* Lima : s.n.
14. **Blondet, Marcial.** *Construcción antisísmica de viviendas de ladrillo para albañiles y maestros de obra.* Lima : Fondo editorial PUCP, 2007.
15. **San Bartolome, Angel.** *Construcciones de albañileira.* Lima : Fondo editorial PUCP, 1994.

16. **Delgado Contreras, Genaro.** *Diseño de estructuras aporticadas de concreto armado.* Lima : EDICIVIL, 2011.
17. **SENCICO.** *Cartilla de mantenimiento básico de albañilería en edificaciones.* Lima : s.n., 2014.
18. **Villarreal Castro, Genner.** *Análisis Estructural;* Lima : s.n., 2009.
19. **San Bartolomé, Angel.** *Analisis de edificios.* Lima : Fondo editorial PUCP, 1998.
20. **San Bartolomé, Angel, Quiun, Daniel y Silva, Wilson.** *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería.* Lima : Fondo editorial PUCP, 2011.
21. **McCormac, Jack y Nelson, James.** *Analisis de estructuras, métodos clásico y matricial.* Mexico : Alfaomega grupo editor, 2006. 3.
22. **Blanco Blasco, Antonio.** *Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado.* Lima : Capítulo de Ingeniería Civil, Consejo Departamental de Lima, 1994. 2.
23. **Tello Malpartida, Omar.** *Evaluación y reforzamiento de estructuras.* Lima : s.n., 2006.
24. **Blanco Blasco, Juan Antonio.** *Las estructuras de los centros educativos (Colegios) en el siglo XX en el Perú. Proyectos de reforzamiento y ejemplos de estructuración de edificaciones de la universidad católica del Perú.* 2005.
25. **Luján Ayala, Martín.** *Reforzamiento de los muros de albañilería confinado con mallas de acero.* Lima : s.n., 2018.
26. **Molins Borrell, Climent y Serra Martin, Isabel.** *Aspectos fundamentales para el diseño de un refuerzo estructural.* Caralunya : s.n., 2004.
27. **SENCICO.** *Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente.* Lima : s.n., 2016.
28. **Barbat, Alex.** *Evaluacion de la vulnerabilidad y del riesgo sismico en zonas urbanas, aplicacion a Barcelona.* Barcelona : s.n., 1998.
29. **Quiun Wong, Daniel.** *Corrección por esbeltez en pilas de albañilería ensayadas a compresión axial.* Lima : s.n., 2005.
30. **SENCICO.** *Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica E.020 Cargas.* Lima : s.n., 2006.
31. **San Bartolomé, Angel.** *Comentarios a la norma técnica de edificación E.070 "Albañilería".* Lima : s.n., 2008.
32. **(CISMID), Centro Peruano - Japonés de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres.** *Evaluación de la vulnerabilidad de edificaciones en el distrito de La Molina.* Lima : s.n., 2010.

33. **Institute, American Concrete.** *Guide for Seismic Rehabilitation of Existing Concrete Frame Buildings and Commentary ACI 369R-11.* 2011.

34. **SENCICO.** *Reglamento Nacional de Edificaciones. Propuesta de Norma E.070 Albañilería.* Lima : s.n., 2019.

35. **Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón.** *Técnicas de reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado y albañilerías.*

ANEXOS