

Turnitin final - CERVERA

por OSCAR LUIS CERVERA TIMANÁ

Fecha de entrega: 04-nov-2022 01:23a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1944233887

Nombre del archivo: Turnitin_final_-_Cervera.pdf (4.21M)

Total de palabras: 31636

Total de caracteres: 163193

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en las edificaciones de la zona sur-este
del distrito de Lambayeque**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Oscar Luis Cervera Timaná

6

ASESOR

Ángel Alberto Lorrén Palomino

<https://orcid.org/0000-0002-6432-3453>

Chiclayo, 2022

⁴
**Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en las edificaciones de la
zona sur-este del distrito de Lambayeque**

PRESENTADA POR
Oscar Luis Cervera Timaná

⁶
A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR

José Alberto Acero Martínez
PRESIDENTE

Segundo ⁶Guillermo Carranza Cieza
SECRETARIO

Ángel Alberto Lorrén Palomino
VOCAL

Dedicatoria

Dedicada a mis padres Flor y Oscar, quienes con su amor y trabajo me dieron la posibilidad de estudiar una carrera profesional, y me brindan la fuerza necesaria para cumplir día a día mis metas.

A mi hermana, con quien comparto buenos y malos momentos y es un ejemplo de esfuerzo.

A mis abuelos, Alejandro, Sofía, Dolores y Fernando, en quienes pude encontrar un afecto único.

A mis demás familiares. Y también a quienes partieron dejando un grato recuerdo.

Agradecimientos

A mi asesor, Ing. Ángel Alberto Lorrén Palomino, por darse el tiempo necesario para guiarme en el proceso de realización de tesis.

A los ingenieros docentes, quienes me compartieron su conocimiento a lo largo de la carrera.

A mis amigos, con quienes, con su amistad sincera y apoyo mutuo, compartimos buenos y difíciles momentos.

Índice

Resumen	11
Abstract	12
I. INTRODUCCIÓN	13
1.1 Situación problemática	13
1.2 Formulación del problema	17
1.3 Formulación de la hipótesis	17
1.4 Justificación	17
1.5 Objetivos	19
1.5.1 Objetivo general	19
1.5.2 Objetivos específicos	19
II. MARCO TEÓRICO	20
2.1 Antecedentes del problema	20
2.1.1 Antecedentes internacionales	20
2.1.2 Antecedentes nacionales	21
2.1.3 Antecedentes locales	23
2.2 Bases teórico – científicas	25
2.2.1 Vulnerabilidad sísmica	25
2.2.2 Edificaciones de adobe	26
2.2.3 Edificaciones de albañilería	27
2.2.4 Edificaciones de concreto armado	30
2.2.5 Métodos para evaluación de la vulnerabilidad sísmica	31
2.2.6 Metodología elegida para el desarrollo de la investigación	32
2.2.7 Daño sísmico	50
2.2.8 Funciones de vulnerabilidad	50
2.2.9 Estimación de pérdidas económicas	56
2.2.10 Reforzamiento de muros en edificaciones	57
2.3 Definición de términos básicos	63
III. MATERIALES Y MÉTODOS	65
3.1 Tipo y nivel de investigación	65
3.2 Diseño de investigación	65

3.3	Población y muestra	65
3.3.1	Población	65
3.3.2	Muestra	65
3.4	Criterios de selección.....	65
3.4.1	Criterios de inclusión	65
3.4.2	Criterios de exclusión	66
3.5	Operacionalización de variables	66
3.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	66
3.6.1	Técnicas.....	66
3.6.2	Instrumentos	67
3.7	Procedimientos	67
3.8	Plan de procesamiento y análisis de datos	68
3.9	Matriz de consistencia	69
3.10	Consideraciones éticas	69
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	70
4.1	Resultados.....	70
4.1.1	Resultados del Estudio de Mecánica de Suelos	70
4.1.2	Resultados de evaluación de vulnerabilidad en edificaciones aplicando Método Benedetti-Petrini.....	73
4.1.3	Resultados de los niveles de daño según sismos frecuente, ocasional y raro	91
4.1.4	Resultados de estimación de pérdidas económicas	93
4.1.5	Resultados de reforzamiento en muros de adobe y albañilería confinada	95
4.1.6	Resultados de reforzamiento en línea vital.....	133
4.1.7	Contraste de hipótesis.....	140
4.2	Discusión	141
V.	CONCLUSIONES	144
VI.	RECOMENDACIONES	146
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	147
VIII.	ANEXOS	152

Índice de Figuras

Figura 1 Cinturón Circumpacífico.	14
Figura 2 Zona de Subducción entre Placa de Nazca y Placa Sudamericana.	14
Figura 3 Mapa sísmico del Perú, periodo 1960-2021.	16
Figura 4 Mapa de acoplamiento sísmico	18
Figura 5 Configuración en planta.	45
Figura 6 Funciones de vulnerabilidad para Italia.	51
Figura 7 Funciones para el cercado de Chiclayo, adobe.	54
Figura 8 Funciones para el cercado de Chiclayo, albañilería.	55
Figura 9 Funciones para el cercado de Chiclayo, concreto armado.	56
Figura 10 Refuerzo de muro de adobe con malla exterior natural.	57
Figura 11 Viga collar de madera y barro.	58
Figura 12 Viga collar de concreto armado.	58
Figura 13 Geomalla BX 1100.	59
Figura 14 Instalación de geomalla en muros de adobe.	59
Figura 15 Curvas comparativas Esfuerzo cortante vs Deformación angular	60
Figura 16 Número de edificaciones por tipología encontrada	73
Figura 17 Porcentaje de nivel de vulnerabilidad en adobe.	86
Figura 18 Porcentaje de nivel de vulnerabilidad en albañilería no confinada.	87
Figura 19 Porcentaje de nivel de vulnerabilidad en albañilería confinada.	88
Figura 20 Porcentaje de nivel de vulnerabilidad en concreto armado	89
Figura 21 Porcentaje de nivel de vulnerabilidad del total de edificaciones	90
Figura 22 Mapa de zonificación sísmica del Perú	95
Figura 23 Plano de vivienda de adobe sin reforzamiento	97
Figura 24 Plano vivienda de adobe con distribución de áreas tributarias	98
Figura 25 Casos de muros con bordes.	100
Figura 26 Planta de edificación de adobe reforzada contrafuertes.	104
Figura 27 Elevación EJE 1 de edificación de adobe reforzada con geomalla biaxial	104
Figura 28 Modelo en SAP2000, vivienda de adobe no reforzada	105
Figura 29 Modelo en planta SAP2000, vivienda de adobe no reforzada	105
Figura 30 Plano planta de 1° y 2° nivel de edificación sin reforzar	106
Figura 31 Distribución de áreas tributarias para cada nivel	108
Figura 32 Modelo en ETABS, vivienda de 2 niveles	117
Figura 33 Fuerzas cortantes en muros de 1er y 2do nivel, eje 3	117
Figura 34 Momentos en muros de 1er y 2do nivel, eje 9	118
Figura 35 Planta de 1° nivel con muros reforzados en dirección X-X	123
Figura 36 Planta de 2° nivel con muros reforzados en dirección X-X	124
Figura 37 Detalle típico de refuerzo con malla electrosoldada	125
Figura 38 Detalle de sección transversal de muro con malla electrosoldada	125
Figura 39 Momentos en muros del eje 3, vivienda 5 niveles	126

Figura 40 I.E.I N°235 Doris Day Fernández Fernández	134
Figura 41 I.E.I N°235 Presencia de columnas cortas en frentis de colegio	134
Figura 42 Planta actual de institución educativa	135
Figura 43 Modelado en ETABS de colegio actual.....	136
Figura 44 Derivas de colegio actual	136
Figura 45 Planta de I.E.I. con reforzamiento	137
Figura 46 Modelado en ETABS de colegio reforzado	138
Figura 47 Derivas de colegio reforzado	138
Figura 48 Elevación EJE 1 rigidizado con muros de 25 cm	139
Figura 49 Detalle de aislamiento de alféizar	139
Figura 50 Elevación EJE 2 rigidizado con muros de 25 cm	139

Índice de Tablas

Tabla 1 Historial de sismos en el Norte del Perú.	15
Tabla 2 Escala de vulnerabilidad (Benedetti y Petrini), edificaciones de adobe y albañilería.....	33
Tabla 3 Escala de vulnerabilidad (Benedetti y Petrini), edificaciones de C° A°	33
Tabla 4 Comparación de parámetros del método con el RNE.	34
Tabla 5 Valores recomendados de esfuerzo cortante máximo, mampostería.	38
Tabla 6 Valores de peso volumétrico de mampostería.....	39
Tabla 7 Diafragmas, para el cálculo de coeficiente Ps.....	39
Tabla 8 Niveles de daño	50
Tabla 9 Relaciones de aceleración.....	52
Tabla 10 Aceleración máxima, intensidad MM y magnitud esperada para sismo frecuente, ocasional y raro.	53
Tabla 11 Operacionalización de variables.....	66
Tabla 12 Matriz de consistencia.....	69
Tabla 13 Coordenadas de calicatas realizadas	70
Tabla 14 Resumen de tipos de suelos encontrados en zona de estudio.....	70
Tabla 15 Valores para diseño sismorresistente según EMS	72
Tabla 16 Tipologías y estado de lotes en zona sur-este	73
Tabla 17 Resultados de asesoría técnica según tipologías	74
Tabla 18 Resultados de parámetro 1 para cada tipología	75
Tabla 19 Resultados de parámetro 2 para cada tipología	76
Tabla 20 Resultados de parámetro 3 para cada tipología.....	77
Tabla 21 Resultados de parámetro 4 para cada tipología	78
Tabla 22 Resultados de parámetro 5 para cada tipología	79
Tabla 23 Resultados de parámetro 6 para cada tipología	80
Tabla 24 Resultados de parámetro 7 para cada tipología	81
Tabla 25 Resultados de parámetro 8 para cada tipología	82
Tabla 26 Resultados de parámetro 9 para cada tipología	83

Tabla 27 Resultados de parámetro 10 para cada tipología	84
Tabla 28 Resultados de parámetro 11 para cada tipología	85
Tabla 29 Resultados de nivel de vulnerabilidad en adobe	86
Tabla 30 Resultados de nivel de vulnerabilidad en albañilería no confinada	87
Tabla 31 Resultados de nivel de vulnerabilidad en albañilería confinada	88
Tabla 32 Resultados de nivel de vulnerabilidad en concreto armado	89
Tabla 33 Resultados de nivel de vulnerabilidad del total de edificaciones	90
Tabla 34 Resultados del nivel de daño en adobe.....	91
Tabla 35 Resultados del nivel de daño en albañilería no confinada	91
Tabla 36 Resultados del nivel de daño en albañilería confinada	92
Tabla 37 Resultados del nivel de daño en concreto armado	92
Tabla 38 Resultados del nivel de daño del total de edificaciones	93
Tabla 39 Área construida según tipología	94
Tabla 40 Pérdidas económicas sin depreciación	94
Tabla 41 Pérdidas económicas con depreciación	94
Tabla 42 Pérdidas económicas según escenario de sismos	94
Tabla 43 Factor de suelos (S)	96
Tabla 44 Factor de uso (U)	96
Tabla 45 Coeficiente sísmico (C)	96
Tabla 46 Peso propio en muros	98
Tabla 47 Peso total en muros de adobe	99
Tabla 48 Esfuerzo cortante en la edificación de adobe	99
Tabla 49 Coeficientes de momentos y dimensión crítica	100
Tabla 50 Resultados de momentos máximos en los muros de adobe con geomalla	101
Tabla 51 Momentos máximos en muros de adobe con refuerzos de geomalla y contrafuertes ...	103
Tabla 52 Longitudes de muros en ambas direcciones	107
Tabla 53 Densidad de muros en ambas direcciones de edificación	108
Tabla 54 Metrado de cargas para esfuerzo axial máximo en 1° nivel.....	109
Tabla 55 Metrado de cargas para esfuerzo axial máximo en 2° nivel.....	109
Tabla 56 Revisión del esfuerzo axial máximo en muros para el 1° nivel	110
Tabla 57 Revisión del esfuerzo axial máximo en muros para el 2° nivel	110
Tabla 58 Centro de masas del 1° nivel	111
Tabla 59 Centro de masas del 2° nivel	112
Tabla 60 Centro de masas de la edificación	112
Tabla 61 Centro de rigideces en el 1° nivel	113
Tabla 62 Centro de rigideces en el 2° nivel	113
Tabla 63 Centro de rigideces en la edificación	114
Tabla 64 Peso sísmico de la edificación.....	114
Tabla 65 Fuerzas cortantes y momentos en altura	115
Tabla 66 Momentos torsores en planta.....	115
Tabla 67 Fuerzas cortantes en cada muro de 1° nivel	115

Tabla 68 Fuerzas cortantes en cada muro de 2° nivel	116
Tabla 69 Momentos en cada muro	116
Tabla 70 Verificación de fisuración de muros en el 1° nivel	118
Tabla 71 Verificación de fisuración de muros en el 2° nivel	119
Tabla 72 Centro de masas del 1° nivel con muros reforzados	120
Tabla 73 Centro de masas de la edificación con muros reforzados	120
Tabla 74 Centro de rigideces de la edificación con muros reforzados	120
Tabla 75 Peso sísmico de la edificación con muros reforzados	121
Tabla 76 Nuevos momentos torsores en planta	121
Tabla 77 Fuerzas cortantes en cada muro reforzado del 1° nivel	121
Tabla 78 Momentos en cada muro de la edificación reforzada	122
Tabla 79 Verificación de fisuración de muros reforzados en el 1° nivel	122
Tabla 80 Verificación de fisuración de muros reforzados en el 2° nivel	123
Tabla 81 1 Piso: Verificación de fisuración de muros en el 1° nivel	127
Tabla 82 1 Piso: Verificación de fisuración de muros reforzados en el 1° nivel	127
Tabla 83 3 Pisos: Verificación de fisuración de muros en el 1° nivel	128
Tabla 84 3 Pisos: Verificación de fisuración de muros reforzados en el 1° nivel	128
Tabla 85 3 Pisos: Verificación de fisuración de muros en el 2° nivel	128
Tabla 86 3 Pisos: Verificación de fisuración de muros reforzados en el 2° nivel	129
Tabla 87 3 Pisos: Verificación de fisuración de muros en el 3° nivel	129
Tabla 88 3 Pisos: Verificación de fisuración de muros reforzados en el 3° nivel	129
Tabla 89 4 Pisos: Verificación de fisuración de muros en el 1° nivel	130
Tabla 90 4 Pisos: Verificación de fisuración de muros reforzados en el 1° nivel	130
Tabla 91 4 Pisos: Verificación de fisuración de muros en el 2° nivel	130
Tabla 92 4 Pisos: Verificación de fisuración de muros reforzados en el 2° nivel	131
Tabla 93 4 Pisos: Verificación de fisuración de muros en el 3° nivel	131
Tabla 94 4 Pisos: Verificación de fisuración de muros reforzados en el 3° nivel	131
Tabla 95 4 Pisos: Verificación de fisuración de muros en el 4° nivel	132
Tabla 96 4 Pisos: Verificación de fisuración de muros reforzados en el 4° nivel	132
Tabla 97 5 Pisos: Verificación de fisuración de muros en el 1° nivel, X-X	132
Tabla 98 5 Pisos: Verificación de fisuración de muros en el 1° nivel, Y-Y	133
Tabla 99 Parámetros sísmicos de edificación actual	135
Tabla 100 Parámetros sísmicos de edificación reforzada	137

Resumen

El Perú, dado que pertenece al Cinturón Circumpacífico es considerado altamente sísmico. Esto sumado a la problemática de bajos recursos y falta de conocimiento del tema, se edifica bajo la escasa supervisión profesional, derivando a una vulnerabilidad. El presente estudio tuvo como finalidad determinar los niveles de vulnerabilidad sísmica en las edificaciones existentes de la zona sur-este del distrito de Lambayeque. Para lograrlo, se usó el Método del Índice de Vulnerabilidad de Benedetti - Petrini donde se evaluaron 3,054 edificaciones de las cuales el 62.25% tienen un nivel de vulnerabilidad media. Así mismo, se estimó el nivel de daño en donde, considerando un sismo raro (0.42g), se prevé un daño severo para el 43.88% de edificaciones existentes y pérdidas económicas estimadas de S/. 49,627,261.35. Además, se realizó un mapa temático en el software ArcGIS expresando los niveles de vulnerabilidad sísmica. También, se evaluó propuesta de reforzamiento para muros de adobe utilizando geomalla biaxial y contrafuertes, y para albañilería confinada se usó malla electrosoldada; además de reforzamiento a una edificación esencial siendo esta una institución educativa, aislando los alféizares para evitar columnas cortas y adicionando también muros de albañilería con aparejo de cabeza para una mayor rigidez. Como complemento se elaboró un Estudio de Mecánica de Suelos en 5 puntos distribuidos en zona sur-este estudiada para obtener las características del suelo.

Palabras clave: vulnerabilidad sísmica; nivel de daño; pérdidas económicas; SIG; reforzamiento.

Abstract

Peru, since it belongs to the Circum-Pacific Belt, is considered highly seismic. This added to the problem of low resources and lack of knowledge of the subject, is built under little professional supervision, leading to vulnerability. The purpose of this study was to determine the levels of seismic vulnerability in existing buildings in the south-east area of the Lambayeque district. To achieve this, the Benedetti - Petrini Vulnerability Index Method was used, where 3,054 buildings were evaluated, of which 62.25% have a medium vulnerability level. Likewise, the level of damage was estimated where, considering a rare earthquake (0.42g), severe damage is expected for 43.88% of existing buildings and estimated economic losses of S/. 49,627,261.35. In addition, a thematic map was made in the ArcGIS software expressing the levels of seismic vulnerability. Also, a reinforcement proposal for adobe walls was evaluated using biaxial geogrid and buttresses, and electro-welded mesh was used for confined masonry; In addition to reinforcing an essential building, this being an educational institution, isolating the sills to avoid short columns and also adding masonry walls with head rigging for greater rigidity. As a complement, a Soil Mechanics Study was carried out at 5 points distributed in the south-east area studied to obtain the characteristics of the soil.

Keywords: seismic vulnerability; damage level; economic losses; GIS; reinforcement.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Situación problemática

Una de las causas que genera mayores pérdidas de vida son los desastres naturales. Los sismos forman parte de estos desastres. Destrucción material y daño emocional pueden ocasionarse en una fracción de tiempo. Cuando uno menciona la palabra, terremoto, lo primero que se viene a la mente es destrucción masiva.

En el ámbito mundial, Japón es uno de los países que se ve más afectado por los sismos, tal es el caso que, en marzo del 2011, un sacudimiento de gran dimensión ¹⁰¹ 9.1 Mw, con una profundidad de 24 Km., sacudiendo la costa de Sanriku y quedará marcado como el más devastador ocurrido en ese país, dejando cifras de 20,000 fallecidos y 2,500 desaparecidos. Los daños materiales estimados dejan la cifra de unos 300,000 millones de dólares. [1]

En el continente americano, México ⁸⁰ sufre de sismos que sacuden el territorio y dejan daños irreparables en las estructuras, tal es el caso del sismo del 19 de septiembre de 2017 de magnitud 7.1 Mw en Puebla, con una profundidad de 57 Km., cobrando la vida de 369 personas, y dejando la cifra de 50,610 viviendas con daños totales. [2]

⁵⁹ Sudamérica por su parte, al estar situado en el Anillo de Fuego del Pacífico, también conocido como Cinturón Circumpacífico (ver Figura 1), es una de las zonas más vulnerables sísmicamente. Según Sarria: “Se conoce que el 85% de la energía sísmica que se libera por año en el mundo concierne al Cinturón de Fuego” [3]. En el caso de Chile, el 27 de febrero de 2010 se registró un gran terremoto de 8.8 Mw, con profundidad de 30 Km., con cifras de 525 fallecidos y un aproximado de 500,000 viviendas con graves daños [4].

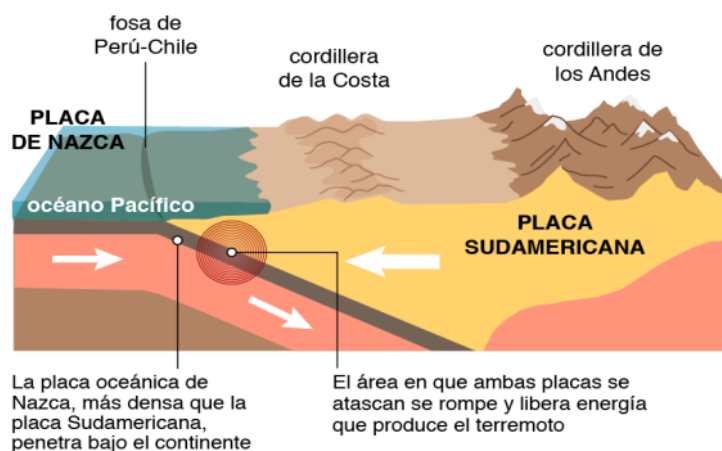
Figura 1 Cinturón Circumpacífico.



Fuente: [5]

El Perú no es ajeno a esta problemática. En nuestro territorio, se extiende la Cordillera de los Andes, una cadena de montañas que recorre nuestra Sierra, y países como Venezuela, Colombia, Ecuador, Bolivia, Argentina y Chile. La formación de estas montañas y ciertos volcanes obedecen a la subducción que tiene la Placa de Nazca en su encuentro respecto a la Placa Sudamericana (ver Figura 2); considerada una zona altamente sísmica debido al rozamiento que se produce en estas [3]. Tal es el caso del terremoto de Pisco, el 15 de agosto del año 2007, teniendo magnitud 7.9 Mw y con una profundidad de 39 Km., produjo el deceso de 600 personas y 48,000 viviendas destruidas. [6]

Figura 2 Zona de Subducción entre Placa de Nazca y Placa Sudamericana.



Fuente: [7]

Históricamente, la zona norte de nuestro país es considerada sísmica debido a los motivos antes expuestos, esto se ve reflejado en los historiales que indican sismos de moderada intensidad (ver Tabla 1), pero a la vez existe una preocupación debido al silencio sísmico, hablando en sismos de alta intensidad, donde muchos especialistas esperan un sismo de gran magnitud debido al acoplamiento sísmico (ver Figura 4), es ahí donde radica la importancia de este estudio.

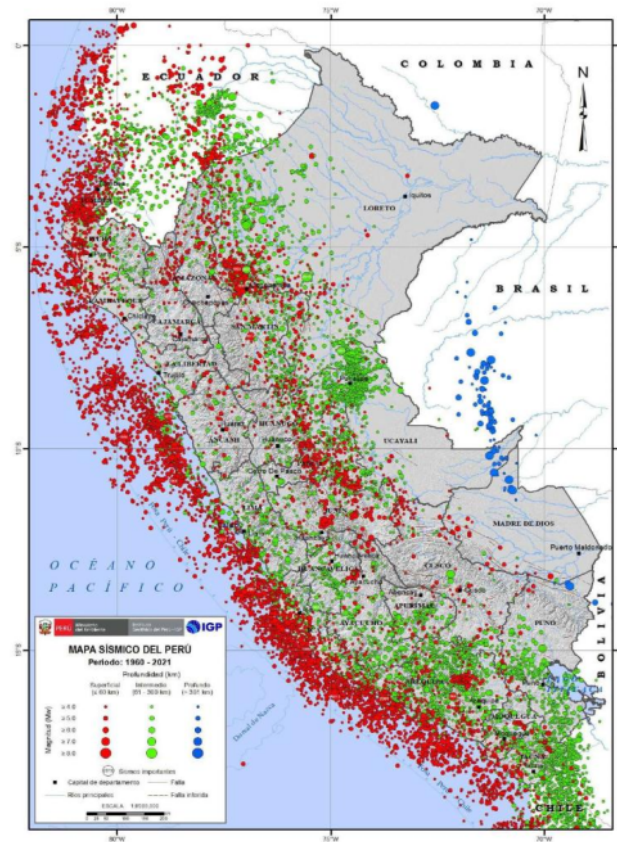
5
Tabla 1 Historial de sismos en el Norte del Perú.

Año	Fecha	Intensidad	Magnitud	Epicentro
1606	Marzo, 23	-----		Zaña, Lambayeque
1614	Febrero, 14	IX	7,0	Trujillo
1759	Septiembre, 02	VI	6,5	Lambayeque
1814	Febrero, 10	VII		Piura
1906	Septiembre, 28	VI – VII	7,0	Nor-este del Perú
1907	Junio, 20	IV	6,8	Nor-este del Perú
1917	Mayo, 20	VI	7,0	Trujillo
1937	Junio, 21	VII	6,8	Nor-este del Perú
1951	Mayo, 08	IV		Nor-este del Perú
1953	Diciembre, 12	VII – VIII		Nor-occidente del Perú
1957	Agosto, 08	V- VI		Nor-este del Perú
1960	Noviembre, 20	-----	7,6	Nor-oeste del Perú
1963	Agosto, 30	VIII		Nor-este del Perú
1969	Febrero, 03	VII	6,0	Nor-este del Perú
1970	Diciembre, 09	VIII	7,2	Nor-oeste del Perú
1971	Julio, 10	-----		Sullana
2019	Mayo, 26	VIII	8,0	Loreto
2021	Noviembre, 28	VII	7,5	Loreto

Fuente: [8]

95

Figura 3 Mapa sísmico del Perú, periodo 1960-2021.



Fuente: [9]

El crecimiento de la población ha influido directamente al crecimiento desmedido de viviendas informales debido a la falta de planificación, bajos recursos y falta de contratación de un Ingeniero Civil para el diseño de una adecuada edificación. Como sostiene Kuroiwa [10], las edificaciones al no ser construidas de manera profesional siguiendo métodos y técnicas de construcción propias de nuestro país, no se considera la importancia de elementos no estructurales y estructurales, además de su no adecuada distribución en planta.

En el distrito de Lambayeque, resultados del último Censo Nacional 2017 indican que, de un total de viviendas particulares (17,178 viviendas) el material predominante en las paredes representa, el 47.6% (8,174 viviendas) de material noble; el 48.4% (8,308

viviendas) de material de adobe o tapial; el resto de porcentaje lo representa viviendas con material precario. En tanto que, el material predominante en los techos se distribuye de la siguiente manera, el 40% (6,879 viviendas) de concreto armado; el 52.9% (9,085 viviendas) de calamina o taja; el resto de porcentaje lo representa viviendas de techo precario [11].

Conociendo todo lo mencionado anteriormente se puede evidenciar la inminente vulnerabilidad en que se ve envuelta la población al habitar en este tipo de viviendas en la zona que comprende este estudio.

36

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica predominante en las edificaciones de la zona sur-este del distrito de Lambayeque?

59

1.3 Formulación de la hipótesis

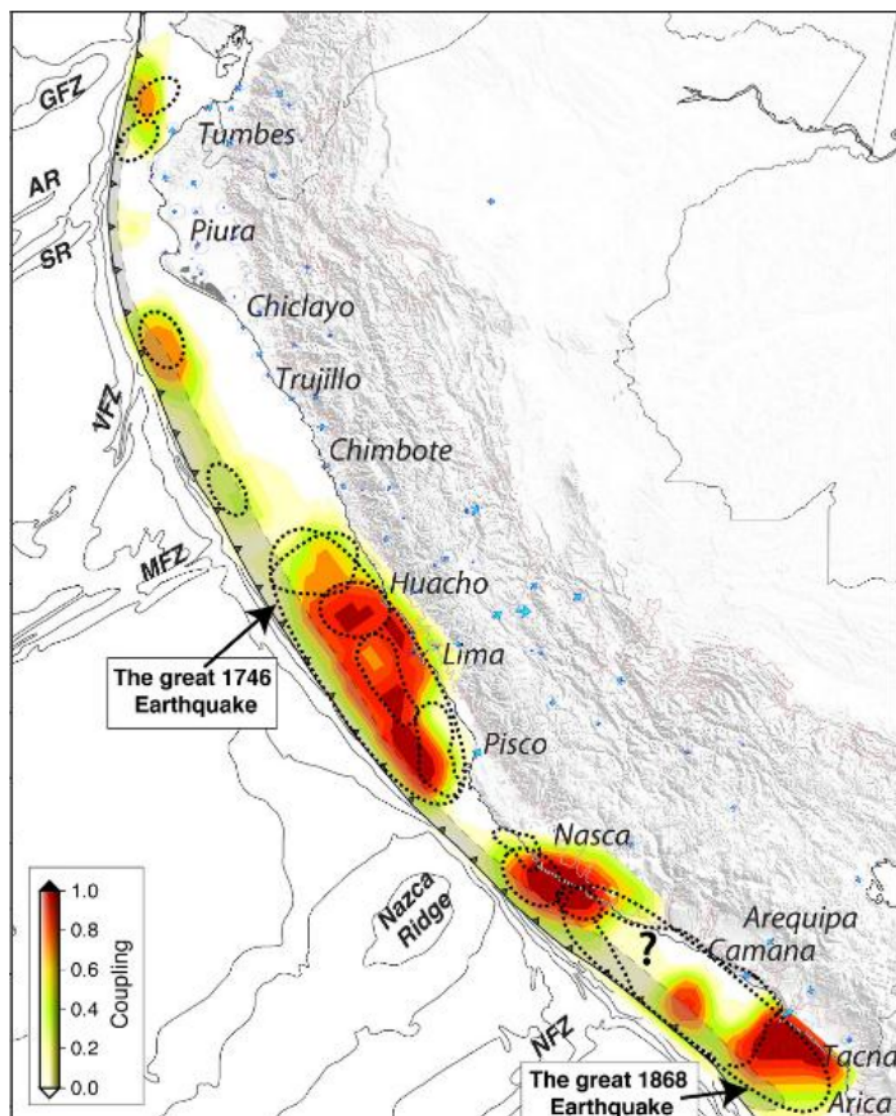
Los niveles de vulnerabilidad sísmica predominantes en las edificaciones de la zona sur-este del distrito de Lambayeque, oscilan entre MEDIO y ALTO.

1.4 Justificación

Debido a que en el Perú la mayoría de edificaciones son realizadas bajo la escasa supervisión de un profesional y por lo tanto están expuestas a un mal procedimiento constructivo, además de como país estar expuesto a sismos continuos por pertenecer al Cinturón Circumpacífico y tener frente a la costa de Lambayeque un acoplamiento sísmico importante, se desarrolla esta investigación para dar a conocer los niveles de vulnerabilidad de edificaciones, complementando la investigación con el nivel de daño y pérdidas económicas en la zona sur-este del distrito de Lambayeque, además de plantear posibles reforzamientos. Teniendo en cuenta que en esta zona se aprecia edificaciones autoconstruidas de adobe y albañilería, estas estructuras se convierten en un peligro inminente para sus habitantes. Estimando los posibles escenarios de pérdidas les permite a las autoridades planear medidas pre y post sismo, como las asistencias médicas, centros médicos, zonas seguras, vías de evacuación entre otros.

En esta investigación se aplica una metodología simplificada ideal para atender a una muestra grande de edificaciones. Quedando este estudio como precedente para el conocimiento público y para fortalecer las medidas preventivas que se amerite.

Figura 4 Mapa de acoplamiento sísmico



Fuente: [12]

1.5 ¹Objetivos

1.5.1 ¹⁴Objetivo general

Determinar los niveles de vulnerabilidad sísmica en las edificaciones de la zona ⁹sur-este del distrito de Lambayeque.

1.5.2 ¹Objetivos específicos

- Realizar Estudio de Mecánica de Suelos en la zona de estudio.
- ⁹Evaluar las edificaciones de la zona sur-este del distrito de Lambayeque aplicando el Método del Índice de Vulnerabilidad de Benedetti y Petrini.
- Estimar los niveles de daño posibles para 3 sismos diferentes en ¹las edificaciones en la zona sur-este del distrito de Lambayeque.
- ¹Estimar las pérdidas económicas directas en la zona ¹sur-este del distrito de Lambayeque.
- ¹Elaborar mapa de zonificación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la zona ¹sur-este del distrito de Lambayeque.
- Proponer alternativa de solución para reforzamiento de muros de adobe y albañilería confinada.
- Proponer alternativa de solución para reforzamiento en edificaciones esenciales.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes internacionales

Fortich y López (2016), en su tesis de pregrado: “*Determinación de la vulnerabilidad en las estructuras ubicadas en casas coloniales en el barrio de Getsemaní de la Ciudad de Cartagena*”, en la Universidad de Cartagena. En esta tesis se tiene por finalidad principal hallar la vulnerabilidad de las casas históricas coloniales, además de incluirse muestras de casas de 1 y 2 pisos, todo mediante el Índice de Vulnerabilidad. Dando como resultado más del 40% en promedio para toda la muestra, que la califica con vulnerabilidad alta. También se incluye qué parámetros son los más influyentes en cada edificación para tener ese grado de vulnerabilidad. Finalizando con recomendaciones generales para disminuir los daños de las viviendas [13].

Cueva (2017), en su tesis de pregrado: “*Vulnerabilidad sísmica del edificio de la Facultad de Filosofía, Comercio y Administración de la UCE con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC SE – RE 2015)*”, en la Universidad Central del Ecuador. En esta investigación se aplican tres métodos de evaluación, FEMA 154, FEMA 310 y Benedetti – Petrini, para cada bloque del edificio, además de medir el período ambiental del edificio con un acelerómetro-velocímetro que se acompaña con el modelo del edificio en el programa computacional SAP 2000, dando como resultado una vulnerabilidad sísmica media total en el edificio [14].

Marcillo (2019), en su tesis de pregrado: “*Evaluación de vulnerabilidad sísmica basada en los métodos Benedetti y Petrini; FEMA 154 del edificio carrera de Ingeniería Agropecuaria – UNESUM*”, en la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador. Tiene como objetivo evaluar la vulnerabilidad sísmica del Edificio de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria por medio de las metodologías Benedetti y Petrini y Fema 154. Dando como resultado con el método italiano se define que el índice de vulnerabilidad sísmica es bajo con la calificación de 18.75 y 21.75, encontrándose en

un rango seguro respecto a sismos. Con la metodología Fema 154, se determinó que los edificios de la carrera de Ingeniería Agropecuaria se encuentran en un rango de 4.10, considerándose una baja vulnerabilidad. Posteriormente se realizó una comparación entre ambos métodos para determinar la precisión en cuanto a evaluación sísmica estructural, se determinó que el método más eficiente en cuanto a la estimación de vulnerabilidad sísmica es el de Benedetti y Petrini [15].

Echeverría y Monroy (2021), en su tesis de pregrado: “Aplicación del método de Índice de Vulnerabilidad (Benedetti & Petrini) para evaluación de edificaciones de mampostería no reforzada en el barrio Surinama”, en la Universidad Santo Tomás, Colombia. Tiene como objetivo, determinar el índice de vulnerabilidad sísmica para las edificaciones del barrio Surinama, para estructuras con sistema estructural en mampostería no reforzada, aplicando el método del índice de vulnerabilidad sísmica de Benedetti y Petrini. Resultando así, 254 casas evaluadas con sistema estructural de mampostería no reforzada, 254 presentan un grado de vulnerabilidad baja [16].

Albarracín (2019), en su tesis de pregrado: “Aplicación de metodologías simplificadas pre-evento sísmico, para la determinación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática de la UCE”, en la Universidad Central del Ecuador. Su objetivo es determinar la vulnerabilidad sísmica de una edificación de la presente universidad, mediante distintos métodos entre ellos el de Benedetti y Petrini. También se considera que, de todos los métodos estudiados, el método italiano es el más adecuado para la estimación de la vulnerabilidad debido a la variedad de parámetros [17].

2.1.2 Antecedentes nacionales

Tucto (2018), en su tesis de pregrado: “Evaluación del riesgo sísmico utilizando el Índice de Vulnerabilidad de Benedetti – Petrini en las viviendas de adobe existentes en la zona urbana del distrito de Llacanora, Cajamarca”, en la Universidad Nacional de Cajamarca. En el estudio se contempla el estudio de 137 casas en la zona urbana del distrito de Llacanora, de las cuales se tomó como muestra 56 de ellas, aplicando el

método del Índice de Vulnerabilidad con 11 parámetros estipulados en esta investigación, resaltando que las viviendas incluidas en esta investigación son de adobe dado que es el material predominante en esta zona. Dando como resultado un 60.7% de viviendas con nivel alto y un 39.3% con nivel medio de vulnerabilidad sísmica [18].

¹⁵ Tinoco, Cotos y Bayona (2018), en el artículo de investigación: ²⁸ “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la zona urbana del distrito de Chiquián, utilizando el model builder del ArcGIS”, publicado en la Revista Aporte Santiaguino de la Universidad Nacional Antúnez de Mayolo. Tiene como principal objetivo evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la zona urbana del distrito de Chiquián. Aplicando el método de Benedetti y Petrini a las 1417 viviendas totales, se obtuvo que el 14.7% de las viviendas están en vulnerabilidad baja, el 21.2% en vulnerabilidad media, el 48.8% en vulnerabilidad alta y el 15.2% en vulnerabilidad muy alta. Además, se calculó el Índice de Daño, resultando 1209 viviendas que sufrirían colapso total y 208 viviendas se verían ligeramente afectadas. Terminando la investigación con la cuantificación de pérdidas económicas [19].

⁷ Torres (2016), en su tesis de pregrado: “Las fibras naturales como refuerzo sísmico en la edificación de viviendas de adobe en la costa del departamento de Ica”, en la Universidad Agraria de La Molina. El objetivo de esta tesis es el estudio de una edificación de un piso de adobe reforzada con henequén (fibra natural), realizando en el programa estructural Sap2000 un modelo sin refuerzo y otro modelo adicional reforzado, para comprobar la variación y los esfuerzos en las aberturas y vanos [20].

⁴¹ Farje y Yabuta (2020), en su tesis de pregrado: “Propuesta de reforzamiento en viviendas de albañilería confinada en el distrito de Villa María del Triunfo”, en la Pontificia Universidad Católica del Perú. La tesis tiene como objetivo mejorar el comportamiento sísmico de la edificación de albañilería confinada mediante el refuerzo con mallas electrosoldadas. Se comprobó que el refuerzo con malla electrosoldada QE-106 se logró incrementar la resistencia de los muros al corte,

excediendo las solicitaciones de sismo severo, excepto en un muro que se tuvo que colocar la malla Q-188 que representa un diámetro de barra mayor para que cumpla con las solicitaciones exigidas [21].

Cueto y Vilca (2018), en su tesis de pregrado: “*Reforzamiento de la albañilería confinada más utilizada en Arequipa con malla electrosoldada*”, en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. La presente tesis tiene como objetivo, estudiar el comportamiento mecánico de la albañilería confinada, a través de pilas y muretes hechos con unidades de albañilería hueca mecanizada sin refuerzo y reforzada con malla electrosoldada. También comprende el análisis estructural de una vivienda de dos pisos de albañilería confinada sin refuerzo y reforzada con malla electrosoldada. Del análisis se concluyó que, los muros portantes en la dirección X se agrietaban para un sismo moderado, pero reforzando estos muros en dicha dirección se evitó que estos se agrietaran para dicho sismo, puesto que la resistencia al agrietamiento diagonal de los muros reforzados es mayor en comparación a los muros sin refuerzo [22].

2.1.3 Antecedentes locales

Gastelo y Reque (2018), en su tesis de pregrado: “*Vulnerabilidad sísmica del Distrito de José Leonardo Ortiz – Zona Oeste, Aplicando los Índices de Benedetti y Petrini*”, en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. En esta investigación se utilizó el método de Benedetti – Petrini para las viviendas comunes, y para las edificaciones esenciales se usó el FEMA 310. Evaluando un total de 8094 edificaciones comunes, de las cuales el 12.61% presentó un nivel alto, el 59.07% un nivel medio y el 28.32% un nivel bajo de vulnerabilidad sísmica. En lo que respecta a edificaciones esenciales se evaluaron 3 colegios de los cuales se determinó que pueden presentar problemas de columna corta, además de superar el límite máximo permitido en la verificación de cortante en columnas, pero si cumplen con la verificación de masas. Por último, se evalúa el índice de daño en la zona, así como las funciones de vulnerabilidad daño-aceleración [23].

¹³ Guerrero (2020), en su tesis de pregrado: “*Evaluación de la vulnerabilidad sísmica aplicando Índices de Vulnerabilidad (Benedetti – Petrini) en el pueblo joven San Martín de Porres, distrito de Lambayeque, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque*”, en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. En esta investigación se evaluó un total de 2995 incluyendo edificaciones comunes y esenciales, todas mediante el método del Índice de Vulnerabilidad. Resultando 10.59% construcciones en nivel bajo, 34.94% en nivel medio y 54.48% en nivel alto de vulnerabilidad sísmica. Adicionalmente se elaboró el análisis sísmico de una muestra de 2 edificaciones esenciales como para el colegio y mercado de dicha localidad [24].

Rodríguez y Zulueta (2019), en su tesis de pregrado: “*Evaluación de la vulnerabilidad sísmica aplicando índices de vulnerabilidad (Benedetti - Petrini) de la ciudad de Jayanca, distrito de Jayanca, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque*”, en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. En esta tesis se evaluó un total de 1983 viviendas de las cuales, 1176 son de albañilería y 807 de adobe. Resultando del total, 461 (23,35%) baja vulnerabilidad, 641 (32.32%) vulnerabilidad media y 881 (44.43%) alta vulnerabilidad. Además, se realizó el análisis sísmico de 3 líneas vitales: dos colegios y un mercado municipal. Por último, se realizaron mapas en ArcGIS vertiendo la información recabada de los niveles de vulnerabilidad de las edificaciones [25].

¹⁵ García y Rumiche (2018), en su tesis de pregrado: “*Vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Mochumí y líneas vitales aplicando índices de vulnerabilidad Benedetti - Petrini*”, en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. En esta tesis se planteó obtener mediante el método italiano, el índice de vulnerabilidad de 2119 edificaciones de adobe y albañilería. De los cuales, se obtuvo que 494 (23.31%) vulnerabilidad baja, 741 (34.97%) vulnerabilidad media y 884 (41.72%) vulnerabilidad alta. Además, se evaluó el análisis sísmico de líneas vitales a través del software Etabs. Fueron evaluados dos instituciones educativas, posta médica y comisaría de Mochumí. Para obtener una información más detallada del índice de vulnerabilidad, se trabajaron

mapas temáticos mediante el software ArcGIS, detallando así las edificaciones con vulnerabilidad baja, media o alta [26].

¹ Quesquén y Silva (2020), en su tesis de pregrado: “*Estudio de riesgo sísmico, en la ciudad de Chiclayo, zona este (av. Sáenz Peña, av. Castañeda Iparraguirre, av. Nicolás de Piérola, av. Jorge Chávez, y av. Bolognesi)*”, en la ¹ Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. El principal objetivo de esta tesis es ¹² determinar el riesgo sísmico, para ello se involucran dos factores esenciales como la vulnerabilidad y el peligro sísmico. La vulnerabilidad sísmica se abordó aplicando el método italiano Benedetti-Petrini, mediante la evaluación de ²³ 11 parámetros estructurales y no estructurales a ⁹ 2652 edificaciones de la zona para determinar el nivel de vulnerabilidad al que se encuentran expuestos, de los cuales 543 (20.48%) presentan vulnerabilidad baja, 1517 (57.20%) vulnerabilidad media y 592 (22.32%) vulnerabilidad alta. También se estimó ⁴⁷ las pérdidas económicas totales, tomando como referencia los índices de daño ³⁹ obtenidos con las funciones de vulnerabilidad de Chiclayo, para un periodo de retorno de 43 años (S/.69’541,906.81), para 72 años (S/.90’428,499.28) y para 475 años (S/.236’466,602.02) [27].

2.2 Bases teórico – científicas

2.2.1 Vulnerabilidad sísmica

En 1999, la OPS define ⁴ la vulnerabilidad como “el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo como resultado de la probable ocurrencia de un evento ¹⁰⁴ desastroso, expresada en una escala desde 0 (sin daño) a 1 (pérdida total)” [28]. Por otro lado, ¹⁰⁴ la vulnerabilidad también se puede entender como predisposición ⁶⁷ intrínseca que tiene cualquier edificación de tener pérdidas estructurales o no estructurales ante un evento sísmico de una intensidad “i”. Se puede dividir ⁶⁷ en tres tipos, según [29]:

a) Vulnerabilidad estructural:

Por estructural se entiende como las partes más importantes de una edificación, las que mantienen la estabilidad, tales como: columnas, vigas, muros portantes,

cimientos, diafragmas. El objetivo de una estructura sismorresistente es evitar que uno de estos elementos falle instantáneamente ante eventos de intensidad baja o moderada, ya que puede atentar contra la vida de los ocupantes. En eventos de intensidad alta la estructura podría sufrir deformaciones y deterioro, pero sin llegar al colapso, dando tiempo así para que las personas evacuen la edificación, sin causar víctimas mortales.

b) Vulnerabilidad no estructural:

Los elementos no estructurales son los que complementan a los estructurales, dentro de los cuales están los tabiques, puertas, ventanas, etc. Agrupándose en tres categorías: arquitectónicos, equipos e instalaciones. El fallo de este tipo de vulnerabilidad obedece a la prestación de servicio, que se puede ver afectada, más no conllevaría a pérdidas humanas salvo excepciones.

c) Vulnerabilidad funcional:

Iría de la mano con la prestación de servicio, garantizando la funcionalidad parcial o total de la estructura en el momento en que se le requiera, cumpliendo la labor por la cual fue diseñado.

11

2.2.2 Edificaciones de adobe

En nuestro país, las construcciones de adobe nos rememoran a la época prehispánica. Muchas edificaciones antiguas se construyeron con este material, casonas coloniales y antiguas fortalezas, debido a que es un material de fácil accesibilidad y que puede ser elaborado por los mismos pobladores con insumos de la zona, además de que estos insumos son de bajo costo.

Si bien la técnica utilizada puede ser vista como autoconstrucción debido a que los profesionales calificados no se involucran en estas, existen procesos constructivos adecuados especificados en la norma E.080 que se deben seguir y respetar para evitar su fácil deterioro y que la estructura mantenga su vida útil a través de tiempo.

2.2.2.1 Comportamiento sísmico de las edificaciones de adobe

Las edificaciones coloniales que muestran leves daños en la actualidad es debido a su densidad de muros dado que son anchos y sus aberturas son mínimas.

Ante un movimiento sísmico, el suelo se dirige en todas las direcciones posibles y transfiere a los muros fuerzas de inercia sísmicas horizontales y verticales que el material adobe debe soportar. El adobe no resiste esfuerzos de tracción o de corte, más si los esfuerzos de compresión. Debido a esto, los muros se fisuran donde se dan los esfuerzos de corte y tracción. Dada la fragilidad, las construcciones de adobe son de las primeras en fallar durante los terremotos.

Se dan las principales fallas, muchas veces presentándose combinados:

- Falla por volteo o tracción en los encuentros de muros, apareciendo grandes grietas verticales, debido especialmente a los esfuerzos de tracción derivados en alguno de los muros, al dar arriostre lateral a otros muros del encuentro, este cuadro se agudiza cuando a este se superponen los esfuerzos de flexión propios del movimiento sísmico.
- Falla por flexión: Se presenta si los esfuerzos de tracción por flexión, al actuar el muro como una losa apoyada en su base y en los elementos verticales que lo arriostan. La falla puede ocurrir en secciones horizontales, verticales u oblicuas.
- Falla por corte: Se presenta si el muro actúa como muro de corte, apareciendo grandes grietas verticales.

2.2.3 Edificaciones de albañilería

Estas edificaciones tienen muros contruidos con unidades de arcilla artesanales o industriales incluso también bloques de concreto. El proceso constructivo utilizado puede ser de albañilería simple, albañilería confinada y albañilería armada. El primer proceso constructivo se da cuando no se tiene la confinación total del muro, teniendo un techo flexible. El segundo proceso constructivo es el cual en donde se bordea los cuatro lados de los muros con elementos de concreto armado, logrando una integración entre muro y elementos, además de tener un techo rígido. El tercer proceso

constructivo se da cuando el muro lleva varillas de acero distribuidas horizontal y verticalmente en los bloques de concreto.

Hasta hace algún tiempo atrás, estas se edificaban sin las consideraciones necesarias, el resultado serían edificaciones vulnerables sísmicamente en su mayoría por daños estructurales. Es por eso que se implementó y posteriormente mejoró la norma E.070 para establecer mejoras en los procesos constructivos y diseño estructural.

2.2.3.1 ¹ **Comportamiento sísmico de las edificaciones de albañilería simple o no confinada**

Estas construcciones sin refuerzo tienden a ser muy vulnerables, dado a que se han comprobado sus daños durante los sismos.

Debido a que no hay un correcto confinamiento mediante elementos de amarre como columnas y vigas debido a su inexistencia, o cuando si hay dicho confinamiento, pero en una cantidad ínfima. [30]

a) Deslizamiento de losa de techo

Se presenta cuando los muros no se conectan adecuadamente con la losa. Al suceder esto, las fuerzas de inercia ejercidas por la losa no se transmiten de manera correcta en los muros portantes, la hilada final que tiene el muro debe tener una correcta junta para satisfacer el mecanismo.

b) Volcamiento y desgarramiento entre muros transversales

Muchas veces se ve una ¹⁴ conexión entre muros transversales dentada, siendo esta insuficiente a la ¹⁴ resistencia a tracción como para llevar la carga sísmica perpendicular al plano del muro.

c) ¹ Agrietamiento diagonal

Se presenta debido a que ¹ la fuerza cortante actuante sobrepasa la resistencia cortante del muro. Se considera una falla frágil por consiguiente

la rigidez y la resistencia se ven disminuidas enormemente ante la no existencia de refuerzo que disminuya la dimensión de las grietas.

d) Discontinuidad de dinteles

Muchas veces al secarse el concreto del dintel, se separa del muro, actuando, así como si la viga dintel estuviera simplemente apoyada.

e) Punzonamiento de la albañilería

Al tener una escalera con un descanso apoyado en un muro de albañilería simple, se derivan fuerzas de empuje de parte de la escalera hacia el muro ante un evento sísmico, provocando el punzonamiento a la albañilería.

2.2.3.2 Comportamiento sísmico de las edificaciones de albañilería confinada

Esta existencia de fallas para esta clase de edificaciones se da cuando la existencia de vigas y columnas de amarre no son suficientes, debido a un error en la construcción o diseño.

Dentro de las fallas más usuales [23], se tiene:

a) Confinar con un solo elemento vertical (columna)

No se puede considerar confinado si solo se construye un elemento vertical para confinar un muro. La norma de albañilería E.070 establece las condiciones o que requisitos cumplir para que un muro se considere confinado. Esta falla se presenta en muros con vanos principalmente.

b) Espaciamiento grande entre columnas

Al darse este tipo de falla, los muros colapsan ante acciones sísmicas que se generan perpendiculares a su plano. El control que hace el confinamiento se desperdicia dada la longitud del muro creciendo en longitud las grietas diagonales de manera súbita, afectándose la albañilería.

c) Limitada densidad de muros

Se necesita decir que los muros solo presentan rigidez y resistencia en su plano. Debido a esto, si el muro tiene una longitud muy larga, acabará por colapsando ante un movimiento telúrico transversalmente, debido a la poca cantidad de muros en la otra dirección.

11

2.2.4 Edificaciones de concreto armado

Cuando se someten a alguna acción sísmica, son las edificaciones que tienen un mejor comportamiento estructural que las demás tipologías. Para esto deber ser una estructura dúctil, que permita un desempeño adecuado antes acciones sísmicas. Teniendo de aliado también a su rigidez para contrarrestar deformaciones.

1

2.2.4.1 Comportamiento sísmico de las edificaciones de concreto armado

Dentro de los factores que hacen que estas edificaciones tengan un buen comportamiento antes acciones sísmicas, se tiene: [29]

a) Continuidad

Para garantizar que sus cargas estén distribuidas de manera continua desde el nivel más alto hasta la cimentación, se debe mantener la continuidad de los elementos resistentes. La falta de continuidad generará que los esfuerzos se transmitan de mala manera, en lo que podría derivar a un fallo en la estructura.

b) Edificaciones continuas con limitada junta de separación

Al tener una estructura próxima a los costados, puede producir al momento de un movimiento sísmico que ambas estructuras se golpeen entre sí, pudiendo ser el techo o diafragma de un piso bajo contra una columna de la estructura alta, adyacente a esta, pudiendo generar un fallo en la estructura.

c) Regularidad

Se refiere a las regularidades en altura, como por ejemplo una masa de un piso que varía tremendamente en el piso superior. No distribuyendo las cargas

uniformemente. También regularidad en planta, manteniendo estructuras sin esquinas entrantes.

2.2.5 Métodos para evaluación de la vulnerabilidad sísmica

Con el transcurrir del tiempo y tomando en cuenta la enseñanza de los sismos al causar destrucción en ciudades importantes, los ingenieros e investigadores se vieron comprometidos en idear diferentes metodologías simplificadas y de mayor análisis para evaluar edificaciones existentes que estén expuestas a sollicitaciones sísmicas, con el fin de prevención para un posterior reforzamiento o para determinar su estado luego de un sismo. Estas metodologías se ⁹⁷ pueden clasificar en dos grupos.

2.2.5.1 Métodos analíticos

Son métodos donde el nivel de detalle es mayor, ideales para evaluar edificaciones donde se requiera un estudio completo. Para un mejor conocimiento del comportamiento de la estructura se modela en programas estructurales con análisis estáticos y dinámicos, lineales o no lineales, además de poderse realizar ensayos destructivos que complementen la información. Lo ideal para este tipo de métodos es tener la información más completa y necesaria de la edificación que permita desarrollar la metodología en un nivel satisfactorio [31].

2.2.5.2 Métodos subjetivos

También llamados cualitativos, fueron diseñados para evaluar rápida y sencillamente una muestra amplia de edificaciones a base a parámetros definidos en cada método. Consiste en verificar cada parámetro en base a puntajes o calificaciones de acuerdo a las características que presente la estructura, lo que permite identificar la vulnerabilidad, incluso establecer una relación con el nivel de daño para distintas aceleraciones sísmicas [31].

2.2.6 Metodología elegida para el desarrollo de la investigación

2.2.6.1 ¹²Índice de vulnerabilidad (Benedetti y Petrini)

⁴Se propone el procedimiento [32] en el año 1984 por los autores italianos, con la finalidad de identificar el índice de vulnerabilidad de la estructura estudiada. Por ese mismo año, el método fue elegido ⁵⁸por el Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT) para evaluar edificaciones existentes. Además, se ha aplicado en diferentes ciudades y países (Italia, España, Colombia, Ecuador, y demás); en el Perú su aplicación se ha dado en muchas ciudades de nuestro territorio tales como, Lima, Chiclayo, Jaén, La Libertad, Cajamarca, Ayacucho.

Esta metodología radica en aplicar una ficha de evaluación que contiene 11 parámetros [33], dentro de los que evalúa aspectos como las irregularidades en altura y planta, sistema constructivo, estado de los materiales, entre otros. Con clases o escalas de gradación desde A (óptimo) hasta D (desfavorable) - en edificaciones de mampostería con tipologías como adobe, albañilería simple y confinada (ver Tabla 2) - y de A (óptimo) hasta C (desfavorable) – en construcciones de concreto armado (ver Tabla 3) -, que engloban un ¹⁷valor número K_i ; y un coeficiente de peso W_i que es un valor único propio de cada parámetro.

Los puntajes y pesos de cada parámetro fueron establecidos a través del análisis estadístico y la opinión de expertos, respecto a los datos de daño recogidos post-terremotos sucedidos en diferentes regiones de Italia ocurridos desde el año 1976. [30]

Tabla 2 ¹ Escala de vulnerabilidad (Benedetti y Petrini), edificaciones de adobe y albañilería.

PARÁMETROS	Ki				Wi
	A	B	C	D	
1. Tipo y organización del sistema resistente	0	5	20	45	1.00
2. Calidad del sistema resistente	0	5	25	45	0.25
3. Resistencia convencional	0	5	25	45	1.50
4. Posición del edificio y cimentación	0	5	25	45	0.75
5. Diafragmas horizontales	0	5	15	45	1.00
6. Configuración en planta	0	5	25	45	0.50
7. Configuración en elevación	0	5	25	45	1.00
8. Distancia máxima entre muros	0	5	25	45	0.25
9. Tipo de cubierta	0	15	25	45	1.00
10. Elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25
11. Estado de conservación	0	5	25	45	1.00

Fuente: [34]

Tabla 3 Escala de vulnerabilidad (Benedetti y Petrini), edificaciones de C°A°.

PARÁMETROS	Ki			Wi
	A	B	C	
1. Tipo y organización del sistema resistente	0	1	2	4.00
2. Calidad del sistema resistente	0	1	2	1.00
3. Resistencia convencional	-1	0	1	1.00
4. Posición del edificio y cimentación	0	1	2	1.00
5. Diafragmas horizontales	0	1	2	1.00
6. Configuración en planta	0	1	2	1.00
7. Configuración en elevación	0	1	3	2.00
8. Distancia máxima entre muros	0	1	2	1.00
9. Tipo de cubierta	0	1	2	1.00
10. Elementos no estructurales	0	1	2	1.00
11. Estado de conservación	0	1	2	1.00

Fuente: [35]

De forma que el índice de vulnerabilidad se encuentra expresado como:

Ecuación N°1 ¹ Índice de vulnerabilidad para albañilería y adobe.

$$IV = \sum_{k=1}^{11} Ki * Wi \dots \dots \dots (1)$$

Ecuación N°2 Índice de vulnerabilidad para concreto armado.

$$IV = 100 * \frac{(\sum_{k=1}^{11} Ki * Wi) + 1}{34} \dots \dots \dots (2)$$

El Índice de vulnerabilidad (Iv), tendrá condición entre 0 a 382.5 para albañilería y adobe. En cambio, para concreto armado, de 0 a 94.1176

2.2.6.2 Adaptación de parámetros para utilizar el método

El origen del método radica en el Índice de Vulnerabilidad planteado por Benedetti y Petrini proyecta once parámetros para su evaluación. El método se desarrolló inicialmente para evaluar viviendas de Italia, pero se tiene conocimiento que el mismo se ha planteado y adaptado en diferentes ciudades del mundo y del Perú con igual funcionalidad y eficacia. Para la comprobación de lo mencionado, se comparó cada parámetro con lo que recomienda el RNE en sus diferentes normas. Realizando cambio en las clases de los parámetros adecuando a la realidad peruana, se pudo comprobar que el método original es adaptable a lo exigido por el RNE. En Tabla 4 se presentan componentes relacionados con el reglamento.

Tabla 4 Comparación de parámetros del método con el RNE.

PARÁMETROS	COMPONENTES PROPUESTOS POR EL REGLAMENTO
Parámetro 1	Asesoría técnica y criterios de estructuración en adobe (Norma E.080 - 2017) y albañilería (Norma E.070 - 2006).
Parámetro 2	Calidad del material y proceso constructivo. Normas E.060, E.070, E.080
Parámetro 3	Factores sismorresistentes (Z, U, S, C, R, Tp). Norma E.060, E.070, E.080 - Cortante basal
Parámetro 4	Condiciones geotécnicas: tipo de suelo rígido, intermedio y flexible. Norma E.030.
Parámetro 5	Consideraciones para diafragmas. Normas E.030, E.060, E.070, E.080.
Parámetro 6	Configuración estructural (Irregularidades estructurales en planta). Norma E.030.
Parámetro 7	Configuración estructural (Irregularidades estructurales en altura). Norma E.030.
Parámetro 8	Densidad de muros en las edificaciones. Norma E.070, E.080.
Parámetro 9	Calidad en la unión de la cobertura liviana en el sistema resistente.
Parámetro 10	Conexión de los elementos no estructurales. Norma E.070.
Parámetro 11	Condición actual de la vivienda.

Fuente: Elaboración propia

2.2.6.3 Descripción y clases de parámetros evaluados

Para la designación de las clases (A, B, C y D) a los once parámetros, se tuvo como consideración la originalidad del método [33], complementando con normativas actuales [36], y la revisión de estudios anteriores [30], [37] que sirvieron como base para esta caracterización.

1 Parámetro 1: Tipo y organización del sistema resistente

Se verifica si la edificación ha sido estructurada correctamente, bajo la supervisión de un profesional y aplicando los criterios que proporciona el RNE. Se verifica que las conexiones entre las paredes ortogonales existan y trabajen, asegurando el comportamiento encajonado o cerrado de la estructura.

Adobe

- A:** Edificaciones con asesoría técnica, según norma E.080.
- B:** Edificaciones que tengan arriostres horizontales y verticales, en todos sus muros, pero que no hayan tenido asesoría técnica.
- C:** Edificaciones que no tengan sus lados arriostrados, con buena distribución de muros, que no tengan asesoría técnica,
- D:** Edificaciones sin arriostramiento en cuatro lados, sin buena distribución de muros, sin asesoría técnica.

Albañilería

- A:** Cumplan la norma E.070.
- B:** Incumplen con un requerimiento de la norma de albañilería E.070.
- C:** Tienen elementos de confinamiento que no confinan los muros portantes totalmente teniendo carencias de una buena construcción.
- D:** No tienen elementos de confinamiento, no confinan los muros portantes teniendo carencias de una buena construcción. Paredes conectadas defectuosamente.

1 Concreto Armado

- A:** Construcción mayor al año 2009 y con asesoría profesional.
- B:** Construcción menor al año 2009 y con asesoría profesional.
- C:** No contó con asesoría profesional.

1

• **Parámetro 2: Calidad del sistema resistente**

Evalúa el tipo de mampostería presente en la edificación, sea adobe o albañilería, se evalúa el estado en que se encuentran los muros que resisten las cargas, el material usado y su homogeneidad, además de la calidad del mortero en juntas.

Para construcciones de concreto armado, también se evalúa la homogeneidad, pero en los elementos estructurales, la calidad de ejecución, además del año de edificación, tratándose de distinguir las diferentes épocas del proceso constructivo.

1

Adobe

A: El sistema resistente de la construcción muestra las siguientes particularidades:

- ✓ Adobe de calidad óptima y sin fragilidad, regulares unidades y con dimensiones invariables en todo el muro.
- ✓ Buen enlace entre adobes.
- ✓ Mortero para unir adobes con espesores entre 5 - 20 mm, garantizando juntas regulares.

B: Incumple con una de las particularidades de la primera clase.

C: Incumple con dos de las particularidades de la primera clase.

D: Incumple con todas las particularidades de la primera clase.

Albañilería

A: El sistema resistente del edificio de la construcción muestra las siguientes particularidades:

- ✓ Unidades de calidad óptima y sin fragilidad, regulares unidades y con dimensiones invariables en todo el muro.
- ✓ Muros de mampostería industrial.
- ✓ Apariencia de buen amarre entre ladrillos.
- ✓ Mortero con espesores de 10 - 15 mm.

B: Incumple con una de las particularidades de la primera clase.

C: Incumple con dos de las particularidades de la primera clase.

D: Incumple con todas las particularidades de la primera clase.

Concreto Armado

A: Buen estado de materiales, sistema resistente adecuado y proceso constructivo óptimos.

B: Mal estado de materiales y sistema resistente, pero proceso constructivo óptimo.

C: Errores en la edificación, materiales defectuosos, no contó con asesoría profesional.

3. Parámetro 3: Resistencia convencional

En construcciones de mampostería se valora la resistencia que pueden representar los muros en sus dos direcciones posibles. En este ítem se puede comprobar con datos no complicados, siguiendo la ortogonalidad antes mencionada de los muros actuando en “cajón”, teniendo en cuenta la cantidad de pisos, los metros cuadrados de área de techo, área de muros en ambas direcciones, y la resistencia a cortante de la mampostería usada o material usado.

Para el presente ítem se decidió utilizar el método propuesto por [38], se determinará qué tipo de clase tiene por la demanda de ductilidad DD , que es el reverso de α .

Adobe y Albañilería

- Hallando A_x y A_y que vendría a ser las áreas de resistencia en ambas direcciones.
- Calcular VR , teniendo en cuenta el área menor de muros.

Ecuación N°3 Resistencia cortante.

$$VR = \min(A_x, A_y) * v \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

VR = Cortante menos favorable.

v = Resistencia al cortante de muros (ver Tabla 5). Se utilizaron valores como: $v = 15 \text{ Tn/m}^2$ para albañilería confinada, $v = 7.5 \text{ Tn/m}^2$ para albañilería simple o no confinada y $v = 5 \text{ Tn/m}^2$ para el adobe.

Tabla 5 Valores recomendados de esfuerzo cortante máximo, mampostería.

MATERIAL	RESIST. CORTANTE (Tn/m ²)
Ladrillo macizo, calidad regular	6-12
Piedra mal tallada	2
Piedra bien tallada	7-9
Ladrillo macizo, buena calidad	18
Bloque macizo, mortero-cemento	18
Mampostería nueva. Ladrillo macizo	20
Mampostería nueva. Bloque macizo	20
Mampostería nueva. Ladrillo/bloque macizo	18

Fuente: [39]

- Determinar el peso de la estructura (W), los pesos de muros, peso de pisos y cubiertas sumarán al peso de esta:

Ecuación N°4 Peso de la estructura.

$$W = N * (Ax + Ay) * h * Pm + M * Ps * At + Ac * Pc \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

W: Peso de la edificación (m²).

At: Área edificada en planta (m²).

Ax, Ay: Áreas de resistencia de muro de ambas direcciones (m²).

h: Altura de entrepiso (m).

N: Cantidad de niveles.

Pm: Peso volumétrico de albañilería o adobe (Tn/m³).

Ps: Peso por unidad de área del diafragma horizontal (Tn/m²).

M: Cantidad de diafragmas.

Ac: Área total de la cubierta (m²).

Pc: Peso por unidad de área de la cubierta (Tn/m²).

Valores para P_m (ver Tabla 6):

Tabla 6 Valores de peso volumétrico de mampostería.

Mampostería	Peso (Kgf/m ³)
Adobe	1600
Unidades de arcilla cocida sólidas	1800
Unidades de arcilla cocida huecas	1350

Fuente: [36]

- ✓ Para mampostería de adobe se utilizó 1.60 Tn/m³.
- ✓ Para mampostería de unidades de arcilla cocida sólida 1.80 Tn/m³.

Valores para P_s (ver Tabla 7):

Tabla 7 Diafragmas, para el cálculo de coeficiente P_s .

	Espesor (m)	Peso propio (kgf/m ²)
Losas aligeradas armadas en una sola dirección de C°A°	0.17	280
	0.20	300
	0.25	350
	0.30	420
Losas macizas	0.10	240
	0.15	360
	0.20	480
	0.25	600

Fuente: [36]

- ✓ Losa aligerada e=20 cm se utilizó 0.30 Tn/m².
- ✓ Losa maciza e=15 cm se utilizará 0.36 Tn/m².

Valores para P_c :

- ✓ Coberturas de barro se utilizó 0.16 Tn/m².
- ✓ Coberturas metálicas se utilizó 0.01 Tn/m².
- ✓ Coberturas de fibrocemento se utilizó 0.03 Tn/m².

- ✓ Para coberturas de polipropileno: 0.025 Tn/m².

Se consideró un 5% más del área de cubierta debido a los aleros que puedan presentarse, incluido pendientes de las edificaciones.

- Hallar el CSR, siendo esta una representación del peso que resiste la estructura, como cortante horizontal en la dirección más desfavorable.

Ecuación N°5 Coeficiente sísmico resistente.

$$CSR = \frac{VR}{W} \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

VR: Cortante menos favorable.

W: Peso de edificación.

- Hallar el CSE el cual será el valor del espectro de aceleraciones de diseño trabajado con los parámetros sísmicos, tal como indica la norma E.030.

- o Para adobe (E.080):

Ecuación N°6 Coeficiente sísmico exigido para adobe.

$$CSE = S * U * C \dots \dots \dots (6)$$

Donde:

S: Factor de suelo.

U: Factor de uso.

C: Factor dinámico de la estructura.

- o Para albañilería (E.030):

Ecuación N°7 Coeficiente sísmico exigido para albañilería.

$$CSE = Z * U * S * \frac{C}{R} \dots \dots \dots (7)$$

Donde:

Z: Factor de zona.

R: Coeficiente que disminuye la fuerza sísmica.

- Hallar la demanda de ductilidad DD, con la relación:

Ecuación N°8 Demanda de ductilidad.

$$DD = \frac{CSE}{CSR} \dots \dots \dots (8)$$

- Se podrá catalogar con la siguiente adaptación para albañilería y adobe:

5

A: $DD < 0.50$

B: $0.50 \leq DD < 1.00$

C: $1.00 \leq DD < 1.50$

D: $1.50 \leq DD$

Concreto Armado

En el caso de construcciones de concreto armado, se necesita de cálculos estructurales resumidos, en base a una relación entre el cortante actuante en la base y el cortante resistente de la estructura. El cortante actuante se define a partir de un espectro elástico de respuesta, mientras que el cortante resistente está basado en la capacidad a cortante del sistema resistente estructural.

1

La evaluación de este ítem solicita el cálculo de un coeficiente, que relaciona la fuerza que ejerce resistencia y la fuerza con que se diseña, a través de las ecuaciones:

Ecuación N°9 Ecuación entre FR y FD.

$$\alpha_h = \frac{VR'}{Z * U * C * S/R} \dots \dots \dots (9)$$

Ecuación N°10 Cortante menos favorable.

$$VR' = \frac{A_0 * \tau}{q * N} \dots \dots \dots (10)$$

Ecuación N°11

$$q = \frac{(A_x + A_y)}{At} * h * Pm + Ps \dots \dots \dots (11)$$

Ecuación N°12 Valor mínimo de áreas resistentes entre área total.

$$A_0 = \frac{\text{Mín}(A_x, A_y)}{A_t} \dots \dots \dots (12)$$

Ecuación N°13 Resistencia de la cortante.

$$\tau = \frac{\sum \tau_i * A_i}{\sum A_i} \dots \dots \dots (13)$$

Donde:

Ao: Mínimo valor entre Ax e Ay partido por At.

τ : Resistencia de la cortante de los elementos del sistema resistente (Tn/m²).

El rango de este ítem para construcciones de concreto armado estará condicionado a los siguientes rangos de a_h :

A: $a_h \geq 1.20$

B: $0.60 \leq a_h < 1.20$

C: $a_h < 0.60$

• **Parámetro 4: Posición del edificio y cimentación**

Acá se toma en cuenta la situación del terreno en la cual la edificación ha sido construida. Observando pendientes, suelo, desniveles, presencia de fallas en estructuras contiguas, si tiene humedad y/o sales, etc.

Adobe

A: Construida según la norma E.080, sin tener humedad o sales.

B: Construida según la norma E.080, teniendo humedad o sales.

C: Construida sin asesoría previa, además cuenta con sales y/o humedad.

D: Cimentado sin asesoría previa, además cuenta con sales y humedad.

Estado de preservación deteriorado.

Albañilería

A: Construida sobre suelo rígido y según la norma E.070, sin aparente humedad ni sales.

B: Construida sobre suelo intermedio y flexible, según la norma E.070, sin aparente humedad ni sales.

C: Construida sobre suelo intermedio y flexible, según la norma E.070, contiene humedad y/o sales.

D: Edificación construida sin asesoría profesional, contiene sales y humedad. Estado de preservación deteriorado.

Concreto Armado

A: Construida sobre suelo intermedio o flexible, según la norma de diseño sismorresistente E.030. Sin aparente sales ni humedad.

B: Construida sobre suelo intermedio o flexible, según la norma de diseño sismorresistente E.030. Presencia de sales y/o humedad.

C: Construida sin asesoría profesional, y contiene sales y humedad en elementos resistentes.

• **Parámetro 5: Diafragma horizontal**

Para su evaluación, debe encontrarse conectado de manera correcta a elementos como techo, vigas y columnas, para que las cargas verticales de la edificación, así como las horizontales puedan distribuirse a la cimentación.

Adobe

A: Diafragma compuesto de una losa aligerada, apoyada sobre vigas de concreto armado.

B: Con techo compuesto de caña y vigas de madera en buen estado.

C: Con techo compuesto de caña y vigas de madera en estado defletrado.

D: Sin diafragma. Cubierta de eternit.

Albañilería

A: Edificaciones con diafragma que satisfacen las siguientes condiciones.

- ✓ Ausencia de discontinuidades abruptas.
- ✓ La deformabilidad del diafragma es despreciable en su plano.
- ✓ La conexión entre el diafragma y el muro es eficaz.

B: Incumple con una de las particularidades de la primera clase.

C: Incumple con dos de las particularidades de la primera clase.

D: Incumple con todas las particularidades de la primera clase.

10

Concreto Armado

A: Diafragmas que satisfacen las siguientes condiciones:

- ✓ Ausencia de discontinuidades abruptas.
- ✓ La deformabilidad del diafragma es despreciable (Ideal de concreto armado).
- ✓ La conexión entre el diafragma y el sistema resistente es eficaz.

B: Incumple con una de las particularidades de la primera clase.

C: Incumple con dos de las particularidades de la primera clase o no tiene diafragma.

• Parámetro 6: Configuración en planta

Verificar la geometría en vista planta de la edificación dado que esta define su configuración. Esto puede lograrse con una relación de largo-ancho si es que la configuración fuera rectangular. Para el presente estudio se tendrá en cuenta vistas aéreas del distrito de Lambayeque y ayudados con el plano de catastro de la zona, se podrá visualizar la configuración en planta de cada edificación.

Ecuación N°14 Relación dimensión menor y dimensión mayor.

$$\beta 1 = a/L \dots \dots \dots (14)$$

Ecuación N°15 Relación elementos sobresalientes y dimensión mayor.

$$\beta 2 = b/L \dots \dots \dots (15)$$

Donde:

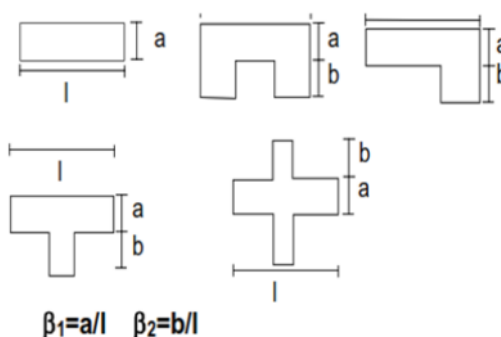
a: Se refiere a la menor longitud de la edificación.

L: Se refiere a la mayor longitud de la edificación.

b: Se refiere a la longitud de las partes ¹ que sobresalgan de las dimensiones principales ancho y longitud de la planta, pudiendo ser estas edificaciones con configuración en L, T, U, en cruz, etc.

¹¹ El método evalúa la condición de simetría en planta de los edificios, proponiendo los valores más altos del parámetro cuando las dimensiones en planta se asemejan a secciones cuadradas, sin protuberancias adicionales y castigando las secciones excesivamente alargadas o con protuberancias demasiado grandes, las cuales pueden provocar problemas de torsión en planta y concentraciones de esfuerzos en las esquinas y en los elementos ⁴ más alejados de los centros de gravedad y de rigidez (ver Figura 5).

Figura 5 Configuración en planta.



Fuente: [33]

Adobe, Albañilería y Concreto Armado

A: $\beta_1 \geq 0.80$ o $\beta_2 \leq 0.10$

B: $0.80 > \beta_1 \geq 0.60$ o $0.10 < \beta_2 \leq 0.20$

C: $0.60 > \beta_1 \geq 0.40$ o $0.20 < \beta_2 \leq 0.30$

D: $0.40 > \beta_1$ o $0.30 < \beta_2$

• Parámetro 7: Configuración en elevación

Se define como el porcentaje de variación que se da de un piso inferior a otro superior, siendo pisos consecutivos. Dominándose como A el área del

piso inferior y ΔA su variación. Verificando que no exista una irregularidad en altura, con masa abundante en los pisos superiores.

Para construcciones de concreto armado, se consideran las dimensiones H (altura máxima del edificio) y T (altura de la variación), puntuando si es que varía de manera descontrolada las masas de un nivel a otro.

Ecuación N°16 Relación entre dos alturas.

$$RL = \frac{H - T}{H} \dots \dots \dots (16)$$

Adobe y Albañilería

A: $\frac{\Delta A}{A} \leq 10\%$

B: $10\% < \frac{\Delta A}{A} \leq 20\%$

C: $20\% < \frac{\Delta A}{A} \leq 50\%$ y/o Presenta discontinuidad en sus elementos resistentes.

D: $\frac{\Delta A}{A} > 50\%$ y/o Presenta irregularidad de piso blando.

Concreto Armado

A: $RL > 0.66$

B: $0.33 < RL \leq 0.66$

C: $RL \leq 0.33$ y/o Presenta irregularidad en el sistema resistente vertical.

• Parámetro 8: Distancia máxima entre muros o columnas

Para edificaciones de mampostería, se tiene en cuenta la presencia de muros principales (longitudinales), y muros transversales (internos) ubicados transversalmente a una longitud amplia entre ellos. Evaluando fácilmente con una relación L/S que sería L (espaciamiento de muro) y S (espesor del muro).

Para muros de mampostería de ladrillo King Kong artesanal e industrial, se tomó espesores promedio de 23 cm para aparejo de cabeza y 13 cm para aparejo de soga. En el caso de muros de adobe se tomarán espesores de 17 cm para aparejo de soga y de 34 cm para aparejo de cabeza.

En construcciones de concreto armado, se verifica si la unión entre vigas, columnas, muros de corte, estén bien unidos, incluso a la losa. Siendo esta algo difícil de determinar, se propone que para esta evaluación se tome como valoración que la edificación haya sido asesorada por un profesional, deduciendo así, la utilización de la norma sismorresistente.

Adobe

- A: $L/S < 6$
- B: $6 \leq L/S < 7.2$
- C: $7.2 \leq L/S < 10$
- D: $L/S \geq 10$

Albañilería

- A: $L/S < 15$
- B: $15 \leq L/S < 18$
- C: $18 \leq L/S < 25$
- D: $L/S \geq 25$

Concreto Armado

- A: Construcción mayor al año 2009 y con asesoría profesional.
- B: Construcción menor al año 2009 y con asesoría profesional.
- C: No contó con asesoría profesional.

71

• Parámetro 9: Tipo de cubierta

Identificar el tipo de cubierta considerando que tenga la estabilidad de soportar sísmicamente. Se determina que, si una construcción tuvo asistencia profesional, estará bien conectado y su comportamiento estructural resultará eficaz.

Adobe y Albañilería

- A: Cubierta con estabilidad correctamente ligada a los muros, de material liviano. Cubierta plana.
- B: Cubierta estable de material liviano, conexión cubierta-muro inadecuada.
- C: Cubierta inestable de material liviano y en malas condiciones.
- D: Cubierta inestable en malas condiciones y con desnivel.

Concreto Armado

A: Cubierta estable debidamente amarrada a las vigas con conexiones adecuadas y material liviano. Edificación con cubierta plana.

B: Cubierta inestable de material liviano y en buenas condiciones.

C: Cubierta inestable en malas condiciones y con desnivel.

• Parámetro 10: Elementos no estructurales

Se conoce a las cornisas o parapetos que, si bien no tienen nada que ver con el sistema resistente, pero que al caerse o desprenderse durante un sismo pueden causar daño a las personas.

Adobe y Albañilería

A: Sin elementos mal unidos a la estructura.

B: Balcones, parapetos o cornisas, correctamente conectados a la estructura.

C: Balcones y parapetos erróneamente unidos.

D: Tiene tanques elevados u otro tipo de construcción no estructural en el techo, erróneamente unidos a la edificación. Parapetos u otras construcciones de peso significativo, mal conectados, que están en riesgo ante un movimiento telúrico. Balcones en riesgo de desplome o con evidencia de mala conexión.

Concreto Armado

A: Que cumplan con la clase A o B de albañilería y adobe.

B: Con parapetos mal conectados al sistema resistente. Elementos de pequeña dimensión mal vinculados a la pared o deteriorados debido a su antigüedad.

C: Presenta tanques de agua, parapetos u otros elementos de peso significativo, mal conectados, que se pueden desplomar en caso de un evento sísmico. También se consideran edificios con balcones construidos posteriormente a la estructura principal y conectada a esta de modo deficiente o presentan un mal estado.

- **Parámetro 11: Estado de conservación**

Depende de las condiciones actuales de la edificación. Develando desperfectos en la estructura o irregularidades en el proceso constructivo de estas.

Adobe

A: Sin fisura visible, en óptimas condiciones.

B: Sin fisuras, pero que sus demás muros se presentan deteriorados.

C: Muros con fisuras y con techos, contrafuertes estén en mal estado de conservación.

D: Muros en estado de colapso, se visualizan grietas a las fallas conocidas que presenta el adobe.

Albañilería

A: Muros en buen estado, sin fisuras visibles.

B: Muros en buen estado, pero con fisuras menores a 2mm.

C: Sin fisuras, pero en mal estado de preservación; muros dañados con fisuras de tamaño medio de 2 – 3 mm.

D: Muros con fuerte daño en sus componentes.

Concreto Armado

A: Buen estado.

B: Ligeramente dañado.

C: Mal estado de conservación.

2.2.6.4 **Normalización del índice de vulnerabilidad**

Luego se procederá a normalizar el índice de vulnerabilidad (Iv) para cada edificación, obteniendo así un Índice de vulnerabilidad normalizado (Ivn) en un nivel de 0 a 100. Para una perfección en interpretación de los resultados se definen los siguientes rangos de vulnerabilidad [40]:

Vulnerabilidad baja: $0 \leq Ivn < 20$; vulnerabilidad media: $20 \leq Ivn < 40$; vulnerabilidad alta: $40 \leq Ivn < 100$

2.2.7 Daño sísmico

Se puede describir como el grado de destrucción causado por la acción de una fuerza vertical o lateral ocasionadas por un sismo de intensidad “i” que afecta la estructura poniendo en riesgo a los habitantes de la misma. Cualquier grado de daño perceptible o no, puede estar asociado a cierta deformación [29].

La EERI, establece niveles de daño a través de porcentaje para evaluar edificaciones luego de un sismo (ver Tabla 8).

Tabla 8 Niveles de daño

NIVEL DE DAÑO	RANGO DE DAÑO (%)	DEFINICIÓN
Ninguno	0	Sin daño.
Ligero	0-5	Daño no estructural aislado, no se requiere reparación. El efecto en la estructura es despreciable.
Moderado	5-25	Daño considerable no estructural y daño estructural ligero; costo de reparación menor al 25% del valor de la edificación. Fisuras menores en edificaciones de concreto armado.
Severo	25-50	Daño estructural considerable y daño no estructural excesivo; costo de reparación menor al 50% del valor de la edificación.
Total	50-100	Daño muy considerable. Es necesario demoler si antes no ha colapsado la estructura.

Fuente: [41]

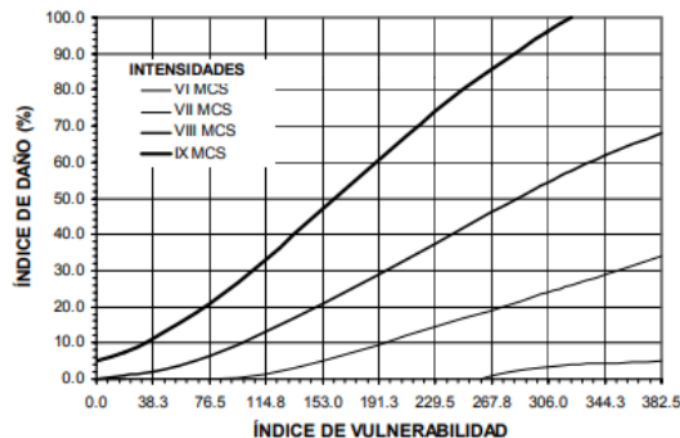
2.2.8 Funciones de vulnerabilidad

Se evalúa de manera gráfica o matemática la vulnerabilidad para diferentes intensidades de sismo. Identificando los elementos de riesgo, se puede determinar para cada uno ⁴⁷ la relación entre intensidad y el nivel de daño. ⁵² El daño sísmico, se describe en términos del costo de reparación, del porcentaje de daño o de un valor que dimensiona el nivel de pérdida. La vulnerabilidad es independiente de la amenaza sísmica del lugar, pero dependiente de cómo se haya concebido constructivamente la edificación. Se dice que hay una función de vulnerabilidad por cada tipo de estructura

y cada función varía de acuerdo al comportamiento estructural del elemento estudiado [31].

En 1988 [42], en Italia, luego de estudios post-terremotos, con los valores obtenidos aplicando el método Benedetti-Petrini, con los datos de acuerdo al índice de vulnerabilidad y daño se lograron correlacionar con distintas intensidades, aplicando precisamente funciones de vulnerabilidad (ver Figura 6). Estas funciones enlazan el índice de vulnerabilidad (I_v) con un índice de daño (D) para una intensidad “ i ” dada. Terremotos causados en ciudades como Venzona (1976), Parma (1983) y el centro de Italia (1984), sirvieron de estudio luego de varios análisis de los levantamientos después de ocurridos los hechos.

Figura 6 Funciones de vulnerabilidad para Italia.



Fuente: [42]

Ecuación N°17 Expresión matemática del índice de daño

$$D = 100 * \left[\rho + k * I_v + \frac{I_v^2}{I_v^2 + A^2} \right] \dots \dots \dots (17)$$

Siendo los coeficientes ρ , k y A conseguidos de la investigación de correlación.

Estas funciones de vulnerabilidad solo pueden ser aplicadas en las zonas donde se realiza la investigación o zonas cercanas, puesto que dependen de causas como los materiales de construcción, tipo de suelo, procedimiento constructivo, incluso al factor

19
 subjetivo de los que realizan el levantamiento, entre otros factores. A diferencia del método del índice de vulnerabilidad que es flexible y se puede exportar para ser aplicable en distintos lugares donde se requiera hacer un análisis.

3 2.2.8.1 Funciones de vulnerabilidad para el cercado de Chiclayo

3
 En 2008, [43] demostraron funciones de vulnerabilidad para el cercado de Chiclayo para evaluar el daño en las estructuras, teniendo como ejemplo a las curvas de vulnerabilidad diseñadas por [40] para la ciudad de Ayacucho, verificando los datos con los daños posteriormente con los datos del terremoto de Ica (2007). Además, se calibró, con relaciones del Proyecto SISRA.

Según las isoaceleraciones expuestas por [44], Chiclayo con probabilidades de excedencia en 50 años del 10%, alcanzaría aceleraciones máximas de 0.42g con una probabilidad de excedencia de 10% en 50 años, corresponde esto a un sismo raro. Para conseguir las aceleraciones máximas para los sismos frecuentes y ocasional, se hace mención a las investigaciones realizadas, por el Ing. Juan A. Muñoz, donde se expresa: (ver Tabla 9)

Tabla 9 Relaciones de aceleración.

Amáx Sismo muy raro	Amáx Sismo raro	Amáx Sismo ocasional
Amáx Sismo raro	Amáx Sismo frecuente	Amáx Sismo frecuente
1.25	2.00	1.25

Fuente: [45]

3
 Tomando la Tabla 9, se encontraron las aceleraciones para los sismos frecuente y ocasional, y adicionando éstos a la aceleración del sismo raro propuesto por el Ing. Alva, se obtuvieron los siguientes sismos de diseño:

- ✓ Sismo de 0.20g: Simboliza al sismo frecuente con un periodo de retorno de 45 años, y una probabilidad de excedencia en 30 años de 50%. Tomando 47 intensidades de VII en la escala de Mercalli.

- ✓ Sismo de 0.25g: Simboliza al sismo ocasional con un periodo de retorno de 75 años, y una probabilidad de excedencia en 50 años de 50%. Tomando intensidades de VIII en la escala de Mercalli
- ✓ Sismo de 0.42g: Simboliza al sismo raro con un periodo de retorno de 475 años y una probabilidad de excedencia en 50 años del 10%. Tomando intensidades de IX en la escala de Mercalli

Resumiendo lo dicho, (ver Tabla 10):

Tabla 10 Aceleración máxima, intensidad MM y magnitud esperada para sismo frecuente, ocasional y raro.

SISMO	PERIODO DE RETORNO	ACEL. MÁX. ESPERADA EN ROCA	INTENSIDAD MM	MAGNITUD RICHTER
Frecuente	45 años	0.20 g	VII	6.3
Ocasional	75 años	0.25 g	VIII	6.6
Raro	475 años	0.42 g	IX	7.3

Fuente: [46]

La aceleración, intensidad y magnitud se relacionaron en dicho estudio teniendo como ley de atenuación de [47], para una distancia epicentral de 30 Km.

A continuación, se exponen funciones de vulnerabilidad diseñadas para el cercado de Chiclayo [43], (ver Figura 7, 8 y 9).

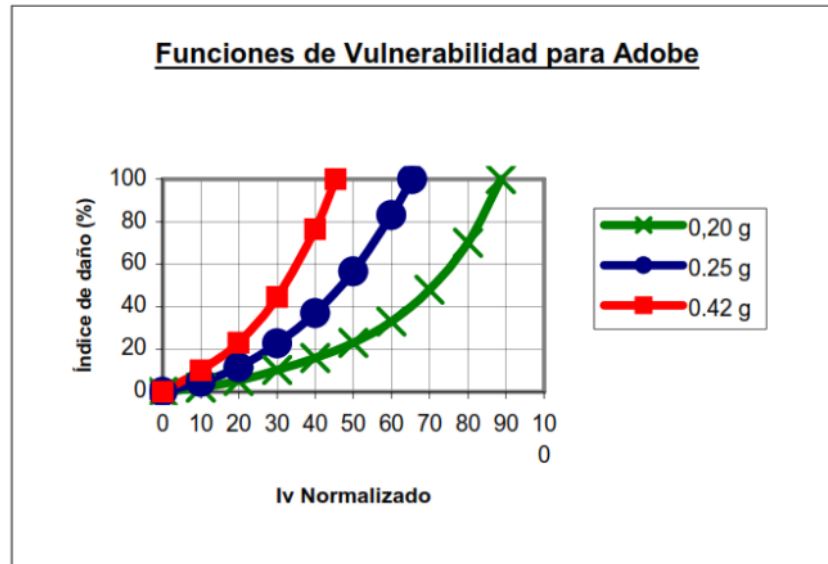
Ecuación N°18 Funciones de vulnerabilidad daño-aceleración, para edificaciones de adobe:

✓ Para 0.20g: $y = 3 * 10^{-11}x^6 + 3 * 10^{-9}x^5 - 7 * 10^{-7}x^4 + 6 * 10^{-5}x^3 + 0.0024x^2 + 0.1404x - 0.0196 \dots \dots \dots (18)$

✓ Para 0.25g: $y = 4 * 10^{-6}x^4 - 0.0004x^3 + 0.0211x^2 - 0.0207x + 0.1271 \dots \dots \dots (18)$

✓ Para 0.42g: $y = 8 * 10^{-7}x^4 + 5 * 10^{-5}x^3 + 0.0114x^2 + 0.335x + 0.0182 \dots \dots \dots (18)$

Figura 7 Funciones para el cercado de Chiclayo, adobe.



Fuente: [43]

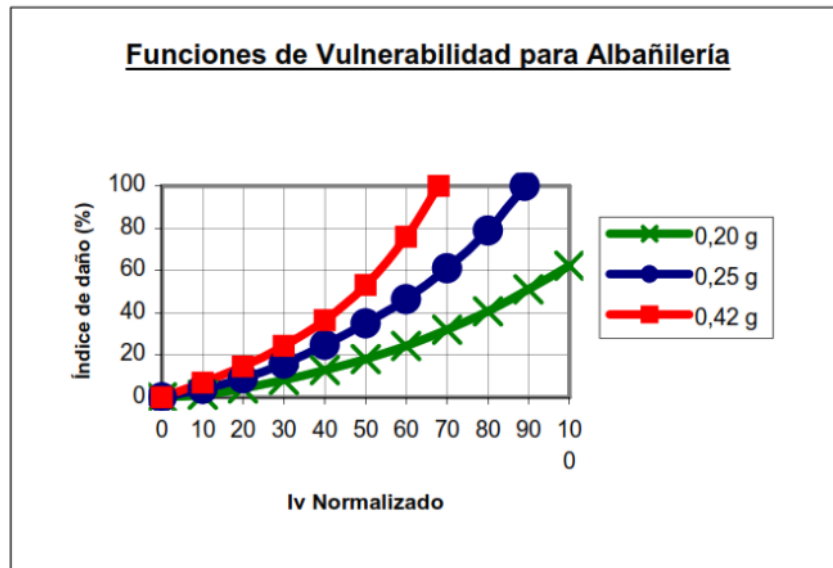
Ecuación N°19 ²¹ Funciones de vulnerabilidad daño-aceleración, para edificaciones de albañilería:

✓ Para ¹ 0.20g: $y = 3 * 10^{-11}x^6 + 7 * 10^{-9}x^5 - 3 * 10^{-7}x^4 + 7 * 10^{-6}x^3 + 0.0034x^2 + 0.1364x - 0.037 \dots \dots \dots (19)$

✓ Para 0.25g: $y = 4 * 10^{-7}x^4 - 3 * 10^{-6}x^3 + 0.0032x^2 + 0.2572x - 0.0538 \dots \dots \dots (19)$

✓ Para 0.42g: $y = 3 * 10^{-7}x^4 + 2 * 10^{-5}x^3 + 0.0073x^2 + 0.4455x - 0.0561 \dots \dots \dots (19)$

Figura 8 Funciones para el cercado de Chiclayo, albañilería.



Fuente: [43]

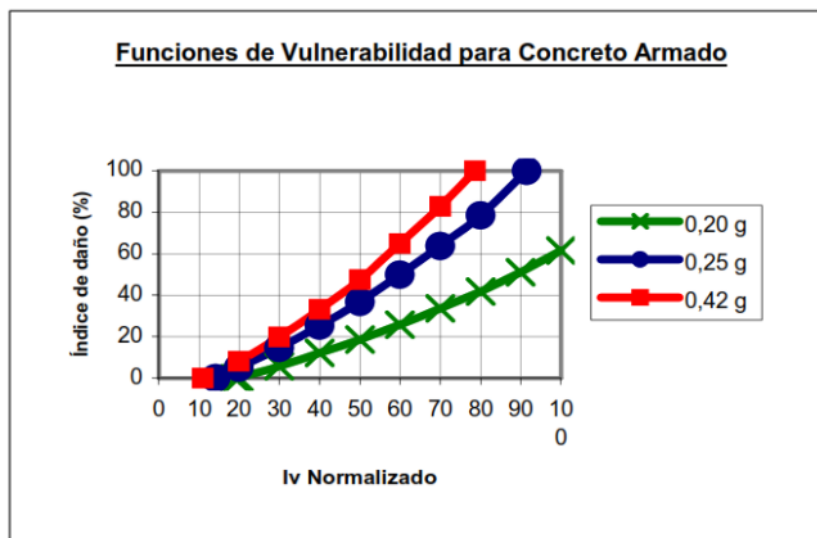
¹
Ecuación N°20 Funciones de vulnerabilidad daño-aceleración, para edificaciones de concreto armado:

✓ Para 0.20g: $y = -2 * 10^{-9}x^5 + 7 * 10^{-7}x^4 - 0.0001x^3 + 0.0111x^2 - 0.0958x - 0.5518 \dots \dots \dots (20)$

✓ Para 0.25g: $y = 3 * 10^{-7}x^4 - 7 * 10^{-5}x^3 + 0.01x^2 + 0.061x - 1.5333 \dots \dots \dots (20)$

✓ Para 0.42g: $y = 7 * 10^{-7}x^4 - 0.0001x^3 + 0.0129x^2 + 0.3516x - 1.1588 \dots \dots \dots (20)$

Figura 9 Funciones para el cercado de Chiclayo, concreto armado.



Fuente: [43]

2.2.9 Estimación de pérdidas económicas

Para estimar las pérdidas económicas producto de los sismos frecuente, ocasional y raro, se tiene que calcular el valor de la edificación. Para obtener este valor, se tiene que tener en cuenta la fórmula de [48]: el área techada, el valor unitario del área techada y el factor de depreciación.

Ecuación N°21 Valor de la edificación

$$VE = At * VUAt * fd \dots \dots \dots (21)$$

Donde:

- At: Área techada; se tomará del parámetro 3 de la data de evaluación de la vulnerabilidad sísmica de cada edificación.
- VUAt: Valor unitario del área techada; de las tablas de (ver Anexo N°12).
- fd: Factor de depreciación $[1-P/100]$; P tomado de [48].

Luego, con el valor ya obtenido, se procede a multiplicar el valor de la edificación, con el índice de daño, producto de cada sismo propuesto.

Ecuación N°22 Valor de la edificación

$$Pérdidas económicas = VE * ID \dots \dots \dots (22)$$

2.2.10 Reforzamiento de muros en edificaciones

2.2.10.1 Reforzamiento en adobe

a) Refuerzo con malla natural exterior en muros

Malla hecha de cañas funcionando como elementos verticales (ver Figura 10). La sogá y la caña se conectan mediante soguillas de yute de a través del muro de adobe. [49]. Elevando así la resistencia a tracción de los muros.

Figura 10 Refuerzo de muro de adobe con malla exterior natural.



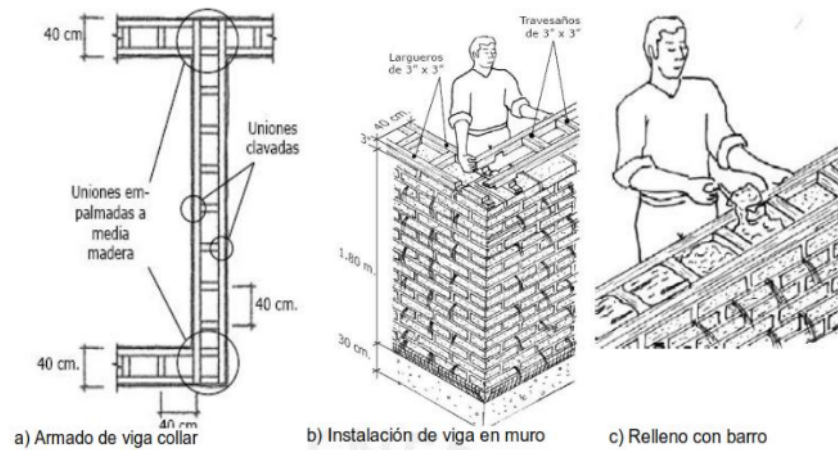
Fuente: [49]

b) Viga collarín de concreto armado o madera

Una viga de manera de este tipo contribuirá en transmitir los esfuerzos locales que puede generar el techo en los muros, distribuyendo de manera perimetral la carga en los demás muros evitando la concentración de esfuerzos. (ver Figura 11).

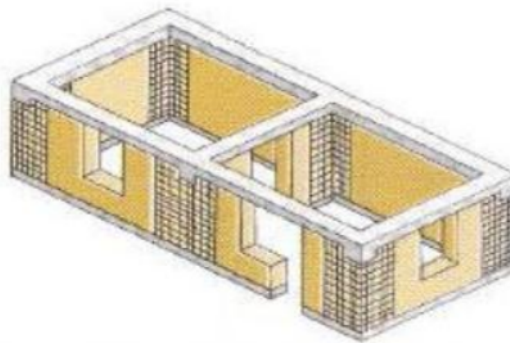
Si se decide por una viga collarín de concreto, esta generaría que los muros se comporten de manera unida, como si fuera una sola estructura. [50] (ver Figura 12).

Figura 11 Viga collar de madera y barro.



Fuente: [51]

Figura 12 Viga collar de concreto armado.

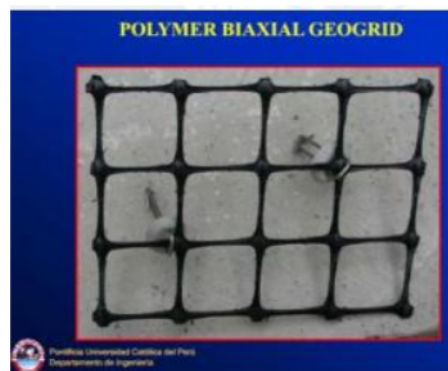


Fuente: [50]

c) Geomalla

Esta geomalla es durable, y es muy usada debido a que toman los esfuerzos de tracción que no toman las unidades de adobe, tomando estas las compresiones. Estas deben abarcar la mayor longitud de muro [52]. (ver Figura 13).

Figura 13 Geomalla BX 1100.



Fuente: [52]

Figura 14 Instalación de geomalla en muros de adobe.



Fuente: [52]

67

2.2.10.2 Análisis y diseño de reforzamiento en adobe

- a) Fuerza sísmica horizontal o cortante basal
Ecuación N°23 Fuerza sísmica horizontal

$$H = S * U * C * P \dots \dots \dots (23)$$

- b) Análisis por cortante
Ecuación N°24 Esfuerzo cortante en muros

$$\tau = SUCP/At \dots \dots \dots (24)$$

- c) Análisis por flexión
Ecuación N°25 Momento en los bordes del muro

$$M = m * a^2 * w \dots \dots \dots (25)$$

Ecuación N°26 Fuerza distribuida perpendicular

$$W = 0.8 * Z * U * C1 * \gamma * e \dots \dots \dots (26)$$

d) Análisis de flexión con geomalla

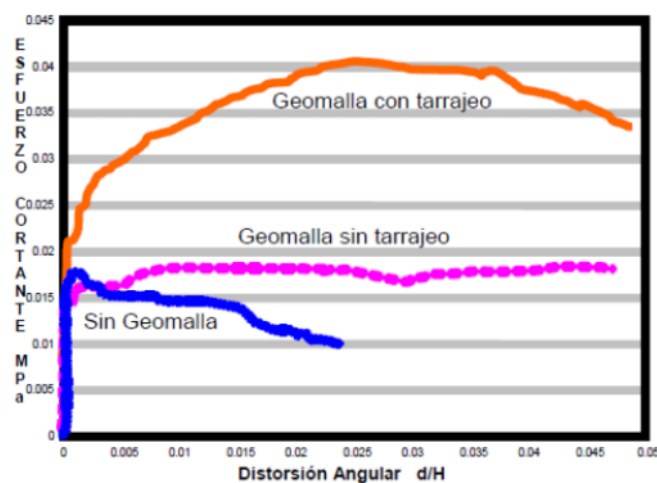
Ecuación N°27 Resistencia requerida del refuerzo

$$fg = (S)(Vu)(b) \left(\frac{1}{N} \right) \dots \dots \dots (27)$$

Ecuación N°28 Momento resistente

$$Mr = (\Phi)(fg)(d) \dots \dots \dots (28)$$

Figura 15 Curvas comparativas Esfuerzo cortante vs Deformación angular



Fuente: [52]

e) Diseño de contrafuertes [53]

Ecuación N°29 Desplazamiento permisible del adobe

$$\delta_{perm} = \Delta_{adm} * h_{contraf} \dots \dots \dots (29)$$

Ecuación N°30 Desplazamiento máximo del adobe

$$\delta_{m\acute{a}x} = \frac{w * L^4}{8 * E * I} \dots \dots \dots (30)$$

2.2.10.3 Reforzamiento en albañilería confinada

a) Malla electrosoldada

Mallas de acero cruzadas de manera ortogonal, pudiendo estar soldadas en sus encuentros [54].

Estas varillas pueden estar separadas 15cm de manera perpendicular, de varilla a varilla.

Para poder habilitar estas mallas en cada muro, se debe picar el tarrajeo existente en los muros con un cincel, y se debe hacer perforaciones cada 45 cm de manera ortogonal en todo el muro, para que a través de estas perforaciones se amarradas con la malla del otro lado del muro, con alambres N°8 y N°16.

Finalizando con el tarrajeo de ambas caras del muro, obteniendo así un muro con espesor mayor al que tenía antes, generando así una mayor resistencia al agrietamiento.

Para el desarrollo de la presente tesis, se tomará como referencia [22], en la cual se ensayaron pilas y muretes del ladrillo King Kong hércules 9, sin refuerzo, y con refuerzo de malla electrosoldada, mediante ensayos de resistencia a compresión de pilas, y compresión diagonal en muretes, para evaluar sus características. De las cuales se pudo obtener que el tipo de falla frágil de estas unidades de albañilería hueca empleando malla electrosoldada fue controlada y no se trituraron, además el uso de este refuerzo dio un incremento de; 5.1% en la resistencia característica a la compresión (f'_m), 47.1% en la resistencia característica a la compresión diagonal (v'_m), 15.7% en el módulo de elasticidad E_m , 15.3% en el módulo de corte G_m . Mejorando así el comportamiento del ladrillo en el caso de esas solicitaciones.

2.2.10.4 Análisis y diseño de reforzamiento en albañilería confinada

a) Fuerza sísmica horizontal o cortante basal

Ecuación N°31 Densidad de muros

$$\frac{\sum L * t}{A_p} \geq \frac{ZUSN^\circ}{56} \dots \dots \dots (31)$$

- b) Fuerza sísmica horizontal o cortante basal

Ecuación N°32 Revisión de esfuerzo axial máximo

$$\sigma_m = \frac{P_m}{t * L} \leq 0.2 * f' * m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right] \leq 0.15 f' * m \dots \dots \dots (32)$$

- c) ² Centro de masas de la edificación

Ecuación N°33 Centro de masas

$$X_{cmt} = \frac{\sum P_m * X_{cm}}{\sum P_m} \dots \dots \dots (33)$$

$$Y_{cmt} = \frac{\sum P_m * Y_{cm}}{\sum P_m} \dots \dots \dots (33)$$

- d) Centro de rigideces

Ecuación N°34 Centro de masas

$$K(x) = \frac{E_m * t}{4 * \left(\frac{h}{L} \right)^3 + 3 * \left(\frac{h}{L} \right)} \dots \dots \dots (34)$$

$$X_{crt} = \frac{\sum K_{(Y)} * X_{cr}}{\sum K_{(Y)}} \dots \dots \dots (34)$$

- e) Fuerza de cortante basal

Ecuación N°35 Fuerza cortante basal albañilería

$$V = \frac{ZUCS}{R} * P_s \dots \dots \dots (35)$$

- f) Fuerza cortante en altura

Ecuación N°36 Fuerza cortante en altura

$$\alpha_i = \frac{P_i * (h_i)^K}{\sum_{i=1}^n P_i * (h_i)^K} \dots \dots \dots (36)$$

$$F_i = \alpha_i * V \dots \dots \dots (36)$$

- g) Momentos en altura

Ecuación N°37 Momentos en altura

$$M_i = V_i * h_i \dots \dots \dots (37)$$

h) Momentos torsores en planta

Ecuación N°38 Momentos torsores en planta

$$M_{tx1} = V_i(e_y(\text{física}) \pm e_y(\text{accidental}) \dots \dots \dots (38)$$

i) Fuerzas cortantes en cada muro

Ecuación N°39 Fuerzas cortantes en cada muro

$$V_{txj} = \frac{K_j}{\sum K_j} * V_i \dots \dots \dots (39)$$

$$V_{rx1j} = \frac{K_x * dy * M_{tx1}}{\sum K_x dy^2 + \sum K_y dx^2} \dots \dots \dots (39)$$

$$V_{rx2j} = \frac{K_x * dy * M_{tx2}}{\sum K_x dy^2 + \sum K_y dx^2} \dots \dots \dots (39)$$

$$V_{jx} = V_{txj} + V_{rxj} \dots \dots \dots (39)$$

j) Momentos en cada muro

Ecuación N°40 Momentos en cada muro

$$M_j = V_j * h_j \dots \dots \dots (40)$$

k) Verificación y control de fisuración

Ecuación N°41 Fuerza cortante por sismo moderado

$$V_{ei} = \frac{V_{mi}}{2} \dots \dots \dots (41)$$

Ecuación N°42 Fuerza cortante asociada al agrietamiento diagonal

$$V_{mi} = 0.5 * V'_m * \alpha * t * L + 0.23Pg \dots \dots \dots (42)$$

Ecuación N°43 Fuerza cortante admisible

$$V_{ei} \leq 0.55 * V_{mi} \dots \dots \dots (43)$$

2.3 Definición de términos básicos• **Adobe:**

Bloque compuesto con barro macizo sin cocer, estabilizado con materiales como paja o cal [55].

- **Fisura:**

Abertura superficial, pequeña, igual o menor a un milímetro, que demanda preocupación solo en lo estético [54].

- **Grieta:**

Abertura profunda, mayor a un milímetro, y que demanda un problema estructural [54].

- **Intensidad:**

Mide el efecto de un sismo. Varía dependiendo la posición en donde se evalúa y la percepción que se tiene del sismo [3].

- **Junta de expansión:**

Separación reglamentaria entre edificaciones contiguas, para una mejor independencia al movimiento cuando haya un sismo [36].

- **Magnitud:**

Es un parámetro con el que se caracteriza o mide la energía que libera un sismo, y que a su vez permite hacer comparaciones con otros en base a la medida tomada [3].

- **Microzonificación sísmica:**

Abarcan estudios relacionados con los efectos de los sismos y otros fenómenos naturales sobre el área de interés [3].

- **Probabilidad:**

Es la posibilidad mayor o menor de que ocurra un evento sísmico, determinando la medición de la certeza de que el evento ocurra o no y cuan probable sea este [3].

- **Recurrencia:**

Comprende los datos de los sismos anteriores en una determinada área de influencia [3].

- **Sismo:**

Liberación de energía interna que emerge de las profundidades de la tierra, generada debido al movimiento repentino de placas tectónicas [3].

- **Unidad de albañilería:**

Puede ser de arcilla, sílice calcáreo o concreto, son unidades huecas o compactas y de tamaños variables utilizados comúnmente en las edificaciones peruanas [36].

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Tipo y nivel de investigación

El estudio que se muestra tiene una investigación de tipo aplicada y de nivel descriptivo ya que se evaluaron características además del estado de conservación de las edificaciones de la zona sur-este del distrito de Lambayeque.

3.2 Diseño de investigación

Debido a los datos analizados resulta ser cuantitativa. Además sigue un diseño no experimental - transversal - descriptiva.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

El total de población comprendida en esta investigación serán 3,677 lotes de la zona sur-este del distrito de Lambayeque.

Los límites de la zona de estudio son: Calle Los Álamos, Av. Ramón Castilla (cuadra 5 hasta cuadra 13), Carretera Panamericana Norte (Km.779 hasta Km.780), y alrededores de los AA.HH.: Las Mercedes, Prolg. Los Ángeles y AA.HH. César Vallejo (ver Anexo N°04 y N°05).

3.3.2 Muestra

La muestra serán las 3,054 edificaciones de material de adobe, albañilería simple, albañilería confinada y de concreto armado, existentes en zona sur-este del distrito de Lambayeque.

3.4 Criterios de selección

3.4.1 Criterios de inclusión

- Edificaciones de adobe, albañilería simple o no confinada, confinada y concreto armado.
- Zona sur-este del distrito de Lambayeque.
- Lotes totalmente edificados, habitados o inhabitados.
- Lotes parcialmente edificados, habitados.

3.4.2 Criterios de exclusión

- Edificaciones de albañilería armada, tapial, quinchá, madera, drywall, acero estructural, y de sistema mixto.
- Lotes cercados o delimitados.
- Lotes en proceso de construcción.
- Lotes sin construir.
- Zonas arqueológicas.

3.5 Operacionalización de variables

Variable: Vulnerabilidad sísmica

Tabla 11 Operacionalización de variables.

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDAD	INSTRUMENTO
Vulnerabilidad sísmica	Aspectos estructurales	Tipo y organización del sistema resistente	Nominal	Fichas de observación - Benedetti Petrini
		Resistencia convencional	Nominal	
	Aspectos geométricos	Configuración en planta	Nominal	
		Configuración en elevación	Nominal	
	Aspectos constructivos	Calidad del sistema resistente	Nominal	
		Posición del edificio y cimentación	Nominal	
		Diafragmas horizontales	Nominal	
		Distancia máxima entre muros	Nominal	
		Tipo de cubierta	Nominal	
		Elementos no estructurales	Nominal	
		Estado de conservación	Nominal	

Fuente: Elaboración propia

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1 Técnicas

- Análisis de documentos:

Proveniente de fuentes bibliográficas tales como, tesis, revistas, informes, normas, artículos de investigación, libros. Y de entidades como distintas áreas comprendidas en la Municipalidad Provincial de Lambayeque.

- Observación:

Se recolectó la información observada en cada edificación en formatos con la finalidad de obtener los parámetros establecidos. (ver Anexo N°02).

3.6.2 Instrumentos

Se hará uso de los siguientes instrumentos para su realización:

- Levantamiento de información:
 - Fichas de observación.
 - Libreta de campo.
 - Plano de lotización.
 - Cinta métrica de 50m.
 - Celular con cámara fotográfica.
- Software de cómputo:
 - AutoCAD.
 - Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint).
 - ArcGIS.
 - SAP2000.
 - ETABS.

6

3.7 Procedimientos

Para desarrollar la presente investigación se tuvo como procedimiento:

- a) Revisión de bibliografía sobre el tema de vulnerabilidad sísmica y los posibles reforzamientos para la disminución de esta, en diferentes investigaciones nacionales e internacionales.
- b) Se procedió a la recopilación de información in situ, haciendo reconocimientos de campo a la zona y población delimitada siendo la zona sur-este del distrito de Lambayeque.
- c) Para la ejecución de las fichas de observación se tuvo en cuenta el modelo original del Método del Índice de Vulnerabilidad Sísmica Benedetti y Petrini, se tuvo

consideración de los once (11) parámetros de evaluación, previo cruce de información con diferentes tesis para su adaptación a la realidad peruana.

- d) Como parte de una investigación de mayor amplitud y complemento se procederá a hacer Estudios de Mecánica de Suelos en 5 puntos abarcando la zona de estudio.
- e) Así mismo se ejecutó el trabajo de campo con la evaluación de las edificaciones con las fichas de observación como parte del desarrollo de la investigación.
- f) Se procesaron datos de los resultados en campo trasladándose a base de datos, para la obtención posterior del índice de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones, el nivel de daño para 3 sismos diferentes con funciones de vulnerabilidad de Chiclayo y la estimación de las pérdidas económicas.
- g) Se elaboró un mapa temático detallando la zonificación de vulnerabilidad de las viviendas evaluadas.
- h) Se propuso reforzamientos de muros escogiendo 1 vivienda de adobe y un prototipo de albañilería confinada de 1 a 5 niveles, disminuyendo su vulnerabilidad usando geomalla biaxial para el caso de muros de adobe, y malla electrosoldada para el caso de muros de albañilería confinada.
- i) Se modeló en SAP2000, la edificación de adobe en su estado actual para comprobar sus resultados. Lo mismo sucedió para la albañilería confinada que se modeló en ETABS.
- j) Para la edificación esencial se propuso el reforzamiento de un colegio de 1 nivel para evitar columnas cortas, falta de rigidez, y disminuir su vulnerabilidad.
- k) Se modeló en ETABS, la institución educativa actual, y también aplicándosele el reforzamiento, en el cual se propuso la aplicación de muros de albañilería y separación de alféizares.
- l) Se elaboraron planos indicando el reforzamiento propuesto.

3.8 Plan de procesamiento y análisis de datos

La data recabada del levantamiento de campo mediante las fichas de observación, se procesó en Excel a través de hojas de cálculo desarrollando una estadística descriptiva. Este procesamiento de investigación se organizó y resumió de manera cuantitativa, siendo simbolizado en tablas y gráficos.

3.9 Matriz de consistencia

Se realizó la siguiente matriz de consistencia de acuerdo a la metodología propuesta:

Tabla 12 Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
TÍTULO:	EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS EDIFICACIONES DE LA ZONA SUR-ESTE DEL DISTRITO DE LAMBAYEQUE				
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES Y DIMENSIÓN	INDICADORES	METODOLOGÍA, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica predominante en las edificaciones de la zona sur-este del distrito de Lambayeque?	<p>OBJETIVO GENERAL:</p> <p>Determinar los niveles de vulnerabilidad sísmica en las edificaciones de la zona sur-este del distrito de Lambayeque.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar Estudio de Mecánica de Suelos en la zona de estudio. • Evaluar las edificaciones de la zona sur-este del distrito de Lambayeque aplicando el método del Índice de Vulnerabilidad de Benedetti y Petini. • Estimar los niveles de daño posibles para 3 sismos diferentes en las edificaciones en la zona sur-este del distrito de Lambayeque. • Estimar las pérdidas económicas directas en la zona sur-este del distrito de Lambayeque. • Elaborar mapa de zonificación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la zona sur-este del distrito de Lambayeque. • Proponer alternativa de solución para reforzamiento de muros de adobe y albañilería confinada. • Proponer alternativa de solución para reforzamiento en líneas vitales. 	Los niveles de vulnerabilidad predominantes en las edificaciones de la zona sur-este del distrito de Lambayeque, oscilan entre MEDIO Y ALTO.	<p>VARIABLE:</p> <p>Vulnerabilidad sísmica.</p> <p>DIMENSIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aspectos estructurales. - Aspectos geométricos. - Aspectos constructivos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tipo y organización del sistema resistente. - Resistencia convencional. - Configuración en planta. - Configuración en elevación. - Calidad del sistema resistente. - Posición del edificio y cimentación. - Diafragma horizontales. - Distancia máxima entre muros o columnas. - Tipo de cubierta. - Elementos no estructurales. - Estado de conservación. 	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>Aplicada</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>Descriptivo</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>Cuantitativa - No experimental - Transversal - Descriptiva</p> <p>POBLACIÓN Y MUESTRA:</p> <p>Población:</p> <p>3,677 lotes de la zona sur-este del distrito de Lambayeque.</p> <p>Muestra:</p> <p>3,054 edificaciones de adobe, albañilería simple, albañilería confinada y de concreto armado existentes en la zona sur-este del distrito de Lambayeque.</p> <p>TÉCNICA E INSTRUMENTOS:</p> <p>Técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análisis de documentos • Observación <p>Instrumentos:</p> <p>Fichas de observación, libreta de campo, plano de lotización, cinta métrica.</p>

Fuente: Elaboración propia

3.10 Consideraciones éticas

De acuerdo a consideraciones éticas, no serán revelados los nombres de los propietarios de las edificaciones que formaron parte de esta investigación. Solo se describirán los datos necesarios.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Resultados del Estudio de Mecánica de Suelos

El estudio comprende la zona sur-este del distrito de Lambayeque. Se realizaron 5 calicatas en toda esta área (ver Anexo N°06), con el propósito de establecer las características físicas y de resistencia del material muestreado a través de ensayos, obteniéndose la clasificación unificada de suelos y la capacidad admisible del suelo en estudio.

Tabla 13 Coordenadas de calicatas realizadas

CALICATA	COORDENADAS
C1	621747.00 m E - 9259071.00 m S
C2	621578.00 m E - 9258855.00 m S
C3	621646.00 m E - 9258346.00 m S
C4	621787.00 m E - 9257781.00 m S
C5	621981.00 m E - 9258118.00 m S

Fuente: EMS

Tabla 14 Resumen de tipos de suelos encontrados en zona de estudio

CALICATA	MUESTRA	SUELO	CAP. PORTANTE
C1	M1	CL - Arcillas de mediana plasticidad	0.82 kg/cm ²
	M2	ML-CL - Arcillas limosas de mediana plasticidad	
C2	M1	ML - Limos y arenas muy finos	0.81 kg/cm ²
	M2	CL - Arcillas de mediana plasticidad	
C3	M1	SM-SP - Arenas limosas de poca plasticidad	0.90 kg/cm ²
C4	M1	SM - Arenas limosas	0.64 kg/cm ²
	M2	SP - Arenas de nula plasticidad	
C5	M1	SM-SP - Arenas limosas de poca plasticidad	0.72 kg/cm ²

Fuente: EMS

- Para la calicata C1, con ubicación en la calle Manuel Rubio cuadra 2, a una profundidad de estrato de 0.30m-0.90m, se obtuvo arcillas de mediana plasticidad (CL), presentando una humedad de 7.04% y una salinidad del 0.14%.

A profundidad de 0.90-1.50m, se obtuvo arcillas limosas de mediana plasticidad (ML-CL), con una humedad de 9.59% y salinidad de 0.14%.

Presentando una ⁴²capacidad portante de 0.82 kg/cm² para cimentación continua y 1.00 kg/cm² para cimentación aislada.

Hasta la profundidad de 1.50m no se ubicó el nivel freático.

- Para la calicata C2, ubicada en la avenida Andrés Avelino Cáceres cuadra 6, a una profundidad de estrato de 0.20m-1.00m, se obtuvo limos y arenas muy finos (ML), presentando una humedad de 8.15% y una salinidad del 0.14%. A profundidad de 1.00-1.50m, se obtuvo arcillas de mediana plasticidad (CL), con una humedad de 11.29% y salinidad de 0.12%.

Presentando una ⁵¹capacidad portante de 0.81 kg/cm² para cimentación continua y 0.99 kg/cm² para cimentación aislada.

Hasta la profundidad de 1.50m no se ubicó el nivel freático.

- Para la calicata C3, ubicada en la calle Rivadeneyra cuadra 5-PP.JJ. Sta. Rosa, a una profundidad de estrato de 0.10m-1.50m, se obtuvo arenas y limos de poca plasticidad (SM-SP), presentando una humedad de 6.40% y una salinidad del 0.18%.

Presentando una ⁴²capacidad portante de 0.92 kg/cm² para cimentación continua y 0.90 kg/cm² para cimentación aislada.

Hasta la profundidad de 1.50m no se ubicó el nivel freático.

- Para la calicata C4, ubicada en la calle S/N 131-Urb. La Tina, a una profundidad de estrato de 0.20m-0.90m, se arenas limosas (SM), presentando una humedad de 10.86% y una salinidad del 0.12%. A profundidad de 0.90-1.50m, se obtuvo arenas de nula plasticidad (SP), con una humedad de 17.50% y salinidad de 0.10%.

Presentando una capacidad portante de 0.64 ⁵¹ kg/cm² para cimentación continua y 0.64 kg/cm² para cimentación aislada.

Se ubicó el nivel freático a 1.40m.

- Para la calicata C5, ubicada en la avenida Los Algarrobos-AA.HH. La Alameda, a una profundidad de estrato de 0.10m-1.50m, se obtuvo arenas y limos de nula plasticidad (SP-SM), presentando una humedad de 15.96% y una salinidad del 0.17%.

Presentando una capacidad portante de 0.72 ⁵¹ kg/cm² para cimentación continua y 0.73 kg/cm² para cimentación aislada.

Se ubicó el nivel freático a 1.00m.

Respecto a las sales agresivas al concreto, según los resultados, el suelo en estudio se encuentra dentro del rango “moderado” en concentración por sales solubles totales.

Respecto a las consideraciones sísmicas, el área estudiada se encuentra comprendida en la zona 4, según la norma sismorresistente E.030, por lo que se tendrán en cuenta los valores para el diseño estructural expresados en Tabla 15..

Tabla 15 Valores para diseño sismorresistente según EMS

Factor	Valor	Observaciones
Factor de zona (Z)	0.45	- Zona 4 del mapa de zonificación del Perú.
Factor de suelo (S)	1.10	- Tipo de Suelo S ₃ Suelos Blandos.
Período de vibración del suelo (Tp)	1.0	
Período de vibración del suelo (TL)	1.6	

Fuente: EMS

4.1.2 Resultados de evaluación de vulnerabilidad en edificaciones aplicando Método Benedetti-Petrini

4.1.2.1 Resultados de tipologías y estado de lotes encontrados

Dentro de la población estudiada se encontraron 3,677 lotes en la zona sur-este, de los cuales 3,054 fueron contemplados como muestra.

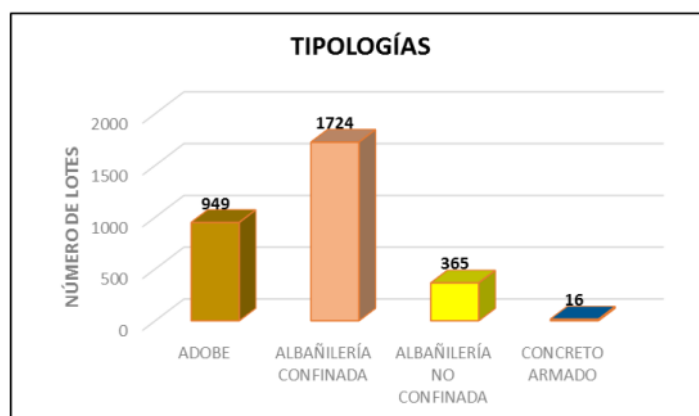
Las tipologías elegidas para este estudio: edificaciones de mampostería de adobe (949 lotes), edificaciones de albañilería simple o no confinada (365 lotes), edificaciones de albañilería confinada (1,724 lotes), edificaciones de concreto armado (16 lotes). Sumando estas 3,054 del total de la muestra. El resto de lotes (623), se comprobó en el levantamiento de campo que se encontraban en diferentes condiciones a los que se había propuesto en este estudio.

Tabla 16 Tipologías y estado de lotes en zona sur-este

TIPOLOGÍA	Nº EDIF.	%
LOTE VACÍO	454	12.35
ADOBE	949	25.81
ALBAÑILERÍA CONFINADA	1724	46.89
ALBAÑILERÍA NO CONFINADA	365	9.93
CONCRETO ARMADO	16	0.44
OTRO USO	12	0.33
LOTE EN CONSTRUCCIÓN	7	0.19
OTRA TIPOLOGÍA	149	4.05
NO SE PUDO EVALUAR	1	0.03
Total	3677	100

Fuente: Elaboración propia

Figura 16 Número de edificaciones por tipología encontrada



Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia la Figura 16, la tipología más usada en la zona de estudio es la albañilería confinada, con 1,724 edificaciones (46.89%) del total de la población de lotes.

4.1.2.2 Resultados de asesoría técnica según tipologías

La Tabla 17, revela los alcances de asesoría técnica en la construcción de las edificaciones, para tener una consideración previa a si en la edificación se obtuvo la ayuda de un profesional para ejecutar la construcción o si se aplicó autoconstrucción. Esta evaluación se hizo de acuerdo a la observación del predio, visualizando su proceso constructivo.

Tabla 17 Resultados de asesoría técnica según tipologías

ASES. TÉCN.	ADOBE		ALBAÑ. CONF		ALBAÑ. NO CONF		CONC. ARM	
	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%
SI	0	0.00	179	10.38	3	0.82	16	100.00
NO	949	100.00	1545	89.62	362	99.18	0	0.00
Total	949	100	1724	100	365	100	16	100

Fuente: Elaboración propia

Como resultados se obtuvo la estimación de que, para el caso de la tipología de adobe, el 100% de las edificaciones fueron autoconstruidas por los mismos dueños y/o personas que no tuvieron consideraciones de la Norma Sismorresistente E.080.

En tanto, para edificaciones con albañilería confinada, se estima que solo 179 (10.38%) de estas sí recibieron ayuda profesional de un ingeniero o arquitecto, y un alto porcentaje de 89.62% no contemplaron alguna ayuda, cayendo en autoconstrucción.

Para edificaciones con albañilería no confinada se estima que el 99.18% no contempló ayuda profesional.

Caso contrario a las construcciones de concreto armado, resulta un 100%, es decir, las 16 edificaciones encontradas en este estudio, recibió ayuda profesional incluyendo planos como guía para su ejecución.

4.1.2.3 ²⁰ Resultados de los 11 parámetros del método del índice de vulnerabilidad

d) ²⁰ Parámetro 1: Tipo y organización del sistema resistente

La Tabla 18, revela los alcances de evaluar el parámetro 1, para las tipologías encontradas, asociándose clases desde A (óptimo) hasta D (desfavorable).

Tabla 18 Resultados de parámetro 1 para cada tipología

CLASE	ADOBE		ALBAÑ. CONF		ALBAÑ. NO CONF		CONC. ARM	
	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%
A	0	0.00	7	0.41	0	0.00	9	56.25
B	9	0.95	1607	93.21	20	5.48	7	43.75
C	862	90.83	95	5.51	291	79.73	0	0.00
D	78	8.22	15	0.87	54	14.79	0	0.00
Total	949	100	1724	100	365	100	16	100

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados se obtuvo que, para el caso de la tipología de adobe, 862 (90.83%) de las edificaciones fueron calificados con la clase C, que indica edificaciones sin arriostres en sus cuatro lados, pero que cuenta con cierta regularidad en sus muros.

En tanto, para edificaciones con albañilería confinada 1,607 (93.21%) de las edificaciones fueron calificados con la clase B, que indica edificaciones con elementos de confinamiento como lo son columnas y vigas de amarre, sin embargo, pueden tener algunas deficiencias en la conexión muro-columna.

Para edificaciones con albañilería no confinada, 291 (79.73%) de las edificaciones fueron calificados con la clase C, que indica edificaciones sin elementos de confinamiento como lo son columnas y vigas de amarre o que lo confinan parcialmente.

Caso contrario a las edificaciones de concreto armado, 9 (56.25%) de las edificaciones fueron calificados con la clase A, que indica edificaciones que fueron construidas a partir del año 2009 en adelante y que contaron con asesoría técnica profesional.

e) **Parámetro 2: Calidad del sistema resistente**

La Tabla 19, revela los alcances de evaluar el parámetro 2, para las tipologías encontradas, asociándose clases desde A (óptimo) hasta D (desfavorable).

Tabla 19 Resultados de parámetro 2 para cada tipología

CLASE	ADOBE		ALBAÑ. CONF		ALBAÑ. NO CONF		CONC. ARM	
	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%
A	1	0.11	9	0.52	1	0.27	11	68.75
B	410	43.20	293	17.00	56	15.34	4	25.00
C	505	53.21	1345	78.02	285	78.08	1	6.25
D	33	3.48	77	4.47	23	6.30	0	0.00
Total	949	100	1724	100	365	100	16	100

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados se obtuvo que, para el caso de la tipología de adobe, 505 (53.21%) de las edificaciones fueron calificados con la clase C, que indica edificaciones que presentan unidades de adobe de mala calidad, o sin buen amarre entre unidades, además de no contar con un espesor de junta razonable, todo esto debido a que se priorizó la autoconstrucción en esta tipología.

En tanto, para edificaciones con albañilería confinada 1,345 (78.02%) de las edificaciones fueron calificados con la clase C, que indica edificaciones que presentan unidades de albañilería de baja resistencia y que no tienen un buen amarre entre unidades.

Para edificaciones con albañilería no confinada, 285 (78.08%) de las edificaciones fueron calificados con la clase C, que indica edificaciones que presentan unidades de albañilería que son artesanales y que no tienen el espesor de junta que indica la norma de albañilería E.070.

Caso contrario a las edificaciones de concreto armado, 11 (68.75%) de las edificaciones fueron calificados con la clase A, que indica edificaciones que presentan un sistema resistente adecuado y tienen un proceso constructivo aceptable.

f) Parámetro 3: Resistencia convencional

La Tabla 20, revela los alcances de evaluar el parámetro 3, para las tipologías encontradas, asociándose clases desde A (óptimo) hasta D (desfavorable).

Tabla 20 Resultados de parámetro 3 para cada tipología

CLASE	ADOBE		ALBAÑ. CONF		ALBAÑ. NO CONF		CONC. ARM	
	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%
A	1	0.11	70	4.06	2	0.55	13	81.25
B	711	74.92	504	29.23	261	71.51	2	12.50
C	220	23.18	522	30.28	94	25.75	1	6.25
D	17	1.79	628	36.43	8	2.19	0	0.00
Total	949	100	1724	100	365	100	16	100

⁷
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados se obtuvo que, para el caso de la tipología de adobe, 711 (74.92%) de las edificaciones fueron calificados con la clase B, que estima edificaciones que presentan una ligera densidad de muros suficientes en la dirección corta, lo cual hace que presente menos probabilidad de fallo ante una fuerza sísmica.

En tanto, para edificaciones con albañilería confinada, la mayoría de las edificaciones fueron estimadas con, 522 (30.28%) y 628 (36.43%), fueron calificados con la clase C y D respectivamente, que indica una menor densidad de muros suficientes en la dirección corta, lo cual hace que presente más probabilidad de fallo ante una fuerza sísmica.

Para edificaciones con albañilería no confinada, 261 (71.51%) de las edificaciones fueron calificados con la clase B, que indica edificaciones que presentan una ligera densidad de muros suficientes en la dirección corta, lo cual hace que presente menos probabilidad de fallo ante una fuerza sísmica.

Caso contrario a las edificaciones de concreto armado, 13 (81.25%) de las edificaciones fueron calificados con la clase A, que indica edificaciones que presentan un sistema resistente adecuado en ambas direcciones ante la probabilidad de una fuerza sísmica.

g) Parámetro 4: Posición del edificio y cimentación

La Tabla 21, revela los alcances de evaluar el parámetro 4, para las tipologías encontradas, asociándose clases desde A (óptimo) hasta D (desfavorable).

Tabla 21 Resultados de parámetro 4 para cada tipología

CLASE	ADOBE		ALBAÑ. CONF		ALBAÑ. NO CONF		CONC. ARM	
	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%
A	2	0.21	4	0.23	0	0.00	10	62.50
B	397	41.83	1289	74.77	244	66.85	6	37.50
C	528	55.64	410	23.78	114	31.23	0	0.00
D	22	2.32	21	1.22	7	1.92	0	0.00
Total	949	100	1724	100	365	100	16	100

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados se obtuvo que, para el caso de la tipología de adobe, 528 (55.64%) de las edificaciones fueron calificados con la clase C, que indica edificaciones que presentan humedad en sus muros y/o presencia de sales, lo que los hace vulnerables.

En tanto, para edificaciones con albañilería confinada 1,289 (74.77%) de las edificaciones fueron calificados con la clase B, que indica edificaciones que no presentan humedad ni sales en sus muros, pero que están cimentados sobre un suelo no rígido.

Para edificaciones con albañilería no confinada, 244 (66.85%) de las edificaciones fueron calificados con la clase B, que indica edificaciones que no presentan humedad ni sales en sus muros, pero que están cimentados sobre un suelo no rígido.

Caso contrario a las edificaciones de concreto armado, 10 (62.50%) de las edificaciones fueron calificados con la clase A, que indica edificaciones que no presentan humedad ni sales en sus elementos resistentes verticales, pero que están cimentados sobre un suelo no rígido.

h) Parámetro 5: Diafragmas horizontales

La Tabla 22, revela los alcances de evaluar el parámetro 5, para las tipologías encontradas, asociándose clases desde A (óptimo) hasta D (desfavorable).

Tabla 22 Resultados de parámetro 5 para cada tipología

CLASE	ADOBE		ALBAÑ. CONF		ALBAÑ. NO CONF		CONC. ARM	
	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%
A	0	0.00	1460	84.69	0	0.00	13	81.25
B	2	0.21	250	14.50	0	0.00	0	0.00
C	17	1.79	12	0.70	0	0.00	3	18.75
D	930	98.00	2	0.12	365	100.00	0	0.00
Total	949	100	1724	100	365	100	16	100

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados se obtuvo que, para el caso de la tipología de adobe, 930 (98.00%) de las edificaciones fueron calificados con la clase D, que indica edificaciones que no presentan diafragma rígido, debido a que tienen una cubierta de fibrocemento o calamina metálica.

En tanto, para edificaciones con albañilería confinada 1,460 (84.69%) de las edificaciones fueron calificados con la clase A, que indica edificaciones que presentan diafragma rígido, es decir un techo aligerado en buen estado y con buena conexión al muro.

Para edificaciones con albañilería no confinada, 365 (100%) de las edificaciones fueron calificados con la clase D, que indica edificaciones que no presentan diafragma rígido, esto debido a que muchas de estas edificaciones son de un nivel y por lo tanto tienen una cubierta de fibrocemento o calamina metálica.

Caso contrario a las edificaciones de concreto armado, 13 (81.25%) de las edificaciones fueron calificados con la clase A, que indica edificaciones que presentan diafragma rígido, es decir tienen una buena conexión el diafragma con el sistema resistente vertical.

i) ¹ Parámetro 6: Configuración en planta

La Tabla 23, revela los alcances de evaluar el parámetro 6, para las tipologías encontradas, asociándose clases desde A (óptimo) hasta D (desfavorable).

Tabla 23 Resultados de parámetro 6 para cada tipología

CLASE	ADOBE		ALBAÑ. CONF		ALBAÑ. NO CONF		CONC. ARM	
	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%
A	86	9.06	106	6.15	32	8.77	0	0.00
B	126	13.28	147	8.53	37	10.14	4	25.00
C	292	30.77	505	29.29	94	25.75	12	75.00
D	445	46.89	966	56.03	202	55.34	0	0.00
Total	949	100	1724	100	365	100	16	100

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados se obtuvo que, para el caso de la tipología de adobe, 445 (46.89%) de las edificaciones fueron calificados con la clase D, que indica edificaciones que presentan cierta irregularidad en planta, mayormente debido a que sobrepasan la relación, ancho/longitud, teniendo edificaciones rectangulares y muy largas en vez de ser más regulares de lados similares.

En tanto, para edificaciones con albañilería confinada, 966 (56.03%) de las edificaciones fueron calificados con la clase D, que indica edificaciones que presentan cierta irregularidad en planta, mayormente debido a que sobrepasan la relación, ancho/longitud, teniendo edificaciones rectangulares y muy largas en vez de ser más regulares de lados similares.

Para edificaciones con albañilería no confinada, 202 (55.34%) de las edificaciones fueron calificados con la clase D, que indica edificaciones que presentan cierta irregularidad en planta, mayormente debido a que sobrepasan la relación, ancho/longitud, teniendo edificaciones rectangulares y muy largas en vez de ser más regulares de lados similares.

Caso contrario a las edificaciones de concreto armado, 12 (75.00%) de las edificaciones fueron calificados con la clase A, que indica edificaciones que presentan cierta irregularidad en planta, mayormente debido a que sobrepasan la

relación, ancho/longitud, teniendo edificaciones rectangulares y muy largas en vez de ser más regulares de lados similares.

j) ¹ Parámetro 7: Configuración en elevación

La Tabla 24, revela los alcances de evaluar el parámetro 7, para las tipologías encontradas, asociándose clases desde A (óptimo) hasta D (desfavorable).

Tabla 24 Resultados de parámetro 7 para cada tipología

CLASE	ADOBE		ALBAÑ. CONF		ALBAÑ. NO CONF		CONC. ARM	
	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%
A	943	99.37	1228	71.23	364	99.73	11	68.75
B	0	0.00	42	2.44	0	0.00	1	6.25
C	3	0.32	183	10.61	0	0.00	4	25.00
D	3	0.32	271	15.72	1	0.27	0	0.00
Total	949	100	1724	100	365	100	16	100

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados se obtuvo que, para el caso de la tipología de adobe, 943 (99.37%) de las edificaciones fueron calificados con la clase A, que indica edificaciones que presentan regularidad en altura, debido a que cuentan con un solo nivel y que no tienen una masa adicional en altura.

En tanto, para edificaciones con albañilería confinada 1,228 (71.23%) de las edificaciones fueron calificados con la clase A, que indica edificaciones que presentan regularidad en altura, debido a que las masas en altura no varían bruscamente de piso a piso, además de tener elementos de confinamiento con continuidad.

Para edificaciones con albañilería no confinada, 364 (99.73%) de las edificaciones fueron calificados con la clase A, que indica edificaciones que presentan regularidad en altura, debido a que la mayoría cuentan con un solo nivel y que no tienen una masa adicional en altura.

Caso contrario a las edificaciones de concreto armado, 11 (68.75%) de las edificaciones fueron calificados con la clase A, que indica edificaciones que

presentan regularidad en altura, además de tener elementos resistentes verticales continuos de nivel a nivel.

⁷¹
k) **Parámetro 8: Distancia máxima entre muros**

La Tabla 25, revela los alcances de evaluar el parámetro 8, para las tipologías encontradas, asociándose clases desde A (óptimo) hasta D (desfavorable).

Tabla 25 Resultados de parámetro 8 para cada tipología

CLASE	ADOBE		ALBAÑ. CONF		ALBAÑ. NO CONF		CONC. ARM	
	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%
A	0	0.00	38	2.20	2	0.55	9	56.25
B	1	0.11	35	2.03	8	2.19	7	43.75
C	896	94.42	1432	83.06	346	94.79	0	0.00
D	52	5.48	219	12.70	9	2.47	0	0.00
Total	949	100	1724	100	365	100	16	100

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados se obtuvo que, para el caso de la tipología de adobe, 896 (94.42%) de las edificaciones fueron calificados con la clase C, que indica edificaciones que presentan una inadecuada y excesiva separación entre muros, muchas veces sin ningún arriostramiento transversal.

En tanto, para edificaciones con albañilería confinada 1,432 (83.06%) de las edificaciones fueron calificados con la clase C, que indica edificaciones que presentan una inadecuada y excesiva separación entre muros, muchas veces sin ningún arriostramiento transversal.

Para edificaciones con albañilería no confinada, 346 (94.79%) de las edificaciones fueron calificados con la clase C, que indica edificaciones que presentan una inadecuada y excesiva separación entre muros, muchas veces sin ningún arriostramiento transversal.

Caso contrario a las edificaciones de concreto armado, 9 (56.25%) de las edificaciones fueron calificados con la clase A, que indica edificaciones que presentan fueron construidas a partir del año 2009 en adelante y contaron con asesoría profesional.

1) Parámetro 9: Tipo de cubierta

La Tabla 26, revela los alcances de evaluar el parámetro 9, para las tipologías encontradas, asociándose clases desde A (óptimo) hasta D (desfavorable).

Tabla 26 Resultados de parámetro 9 para cada tipología

CLASE	ADOBE		ALBAÑ. CONF		ALBAÑ. NO CONF		CONC. ARM	
	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%
A	3	0.32	686	39.79	3	0.82	14	87.50
B	505	53.21	562	32.60	151	41.37	2	12.50
C	396	41.73	468	27.15	206	56.44	0	0.00
D	45	4.74	8	0.46	5	1.37	0	0.00
Total	949	100	1724	100	365	100	16	100

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados se obtuvo que, para el caso de la tipología de adobe, 505 (53.21%) de las edificaciones fueron calificados con la clase B, que indica edificaciones que presentan una cubierta estable, en buenas condiciones, pero mal conectada o fijada a los muros.

En tanto, para edificaciones con albañilería confinada, 686 (39.79%) de las edificaciones fueron calificados con la clase A, que indica edificaciones que presentan una cubierta estable y bien conectada a los muros.

Para edificaciones con albañilería no confinada, 206 (56.44%) de las edificaciones fueron calificados con la clase C, que indica edificaciones que presentan una cubierta inestable y en malas condiciones.

Caso contrario a las edificaciones de concreto armado, 14 (87.50%) de las edificaciones fueron calificados con la clase A, que indica edificaciones que presentan una cubierta estable y amarrada correctamente a la estructura o en la mayoría de casos, no presentan ningún tipo de cubierta.

m) Parámetro 10: Elementos no estructurales

La Tabla 27, revela los alcances de evaluar el parámetro 10, para las tipologías encontradas, asociándose clases desde A (óptimo) hasta D (desfavorable).

Tabla 27 Resultados de parámetro 10 para cada tipología

CLASE	ADOBE		ALBAÑ. CONF		ALBAÑ. NO CONF		CONC. ARM	
	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%
A	820	86.41	183	10.61	217	59.45	15	93.75
B	119	12.54	1112	64.50	140	38.36	1	6.25
C	8	0.84	412	23.90	7	1.92	0	0.00
D	2	0.21	17	0.99	1	0.27	0	0.00
Total	949	100	1724	100	365	100	16	100

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados se obtuvo que, para el caso de la tipología de adobe, 820 (86.41%) de las edificaciones fueron calificados con la clase A, que indica edificaciones que no presentan elementos no estructurales, o si tienen y están correctamente conectados al sistema.

En tanto, para edificaciones con albañilería confinada 1,112 (64.50%) de las edificaciones fueron calificados con la clase B, que indica edificaciones que presentan parapetos bien conectados y por lo tanto no representan peligro.

Para edificaciones con albañilería no confinada, 217 (59.45%) de las edificaciones fueron calificados con la clase A, que indica edificaciones que no presentan elementos no estructurales, o si tienen y están correctamente conectados al sistema.

Caso contrario a las edificaciones de concreto armado, 15 (93.75%) de las edificaciones fueron calificados con la clase A, que indica edificaciones que no presentan elementos no estructurales, o si tienen y están correctamente conectados al sistema.

n) Parámetro 11: Estado de conservación

La Tabla 28, revela los alcances de evaluar el parámetro 11, para las tipologías encontradas, asociándose clases desde A (óptimo) hasta D (desfavorable).

Tabla 28 Resultados de parámetro 11 para cada tipología

CLASE	ADOBE		ALBAÑ. CONF		ALBAÑ. NO CONF		CONC. ARM	
	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%	Nº EDIF	%
A	213	22.44	1580	91.65	237	64.93	12	75.00
B	651	68.60	131	7.60	118	32.33	3	18.75
C	77	8.11	13	0.75	9	2.47	1	6.25
D	8	0.84	0	0.00	1	0.27	0	0.00
Total	949	100	1724	100	365	100	16	100

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados se obtuvo que, para el caso de la tipología de adobe, 651 (68.60%) de las edificaciones fueron calificados con la clase B, que indica edificaciones que presentan fisuras o deterioro en su estructura debido a lo frágil del material.

En tanto, para edificaciones con albañilería confinada 1,580 (91.65%) de las edificaciones fueron calificados con la clase A, que indica edificaciones que no presentan daño en sus muros, y sin fisuras visibles que condicionen un mal estado.

Para edificaciones con albañilería no confinada, 237 (64.93%) de las edificaciones fueron calificados con la clase A, que indica edificaciones que no presentan daño en sus muros, y sin fisuras visibles que condicionen un mal estado.

Caso contrario a las edificaciones de concreto armado, 12 (75.00%) de las edificaciones fueron calificados con la clase A, que indica las edificaciones se encuentran en buen estado de conservación.

4.1.2.4 Resultados de los niveles de vulnerabilidad sísmica

A continuación, se presentarán los resultados del nivel de vulnerabilidad sísmica por cada tipología comprendida en este estudio.

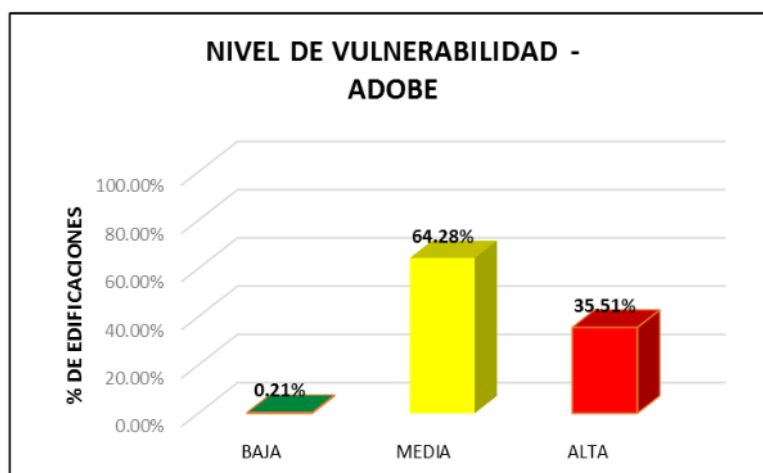
a) Niveles de vulnerabilidad sísmica en adobe

Tabla 29 Resultados de nivel de vulnerabilidad en adobe

NIVEL DE VULNERABILIDAD	Nº EDIF.	%
BAJA	2	0.21
MEDIA	610	64.28
ALTA	337	35.51
Total	949	100

Fuente: Elaboración propia

Figura 17 Porcentaje de nivel de vulnerabilidad en adobe



Fuente: Elaboración propia

El mayor porcentaje (64.28%) en edificaciones de adobe resultan tener un nivel de vulnerabilidad media, seguida de una vulnerabilidad alta (35.51%). Esto debido a que es un material frágil y con el cual se practica mucho la autoconstrucción. Los muros al presentar fisuras se ven muy expuestos a sufrir daños severos, más aún si cuentan con presencia de humedad y sales. Acompañado de malos procesos constructivos, lo convierten en un material vulnerable.

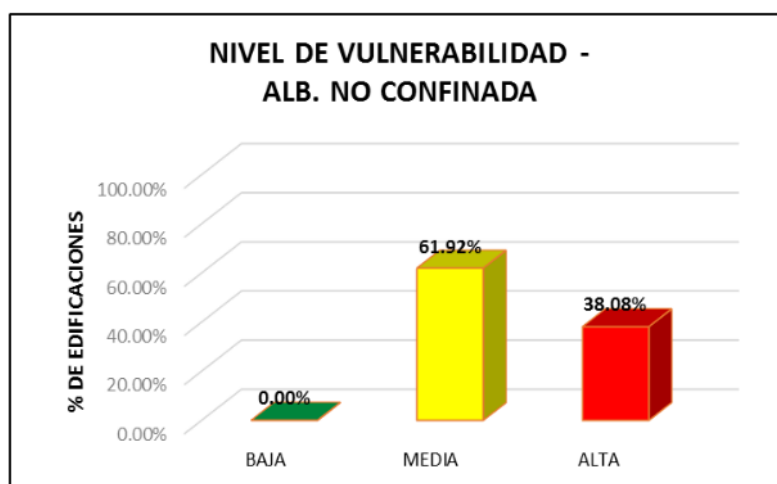
b) Niveles de vulnerabilidad sísmica en albañilería no confinada

Tabla 30 Resultados de nivel de vulnerabilidad en albañilería no confinada

NIVEL DE VULNERABILIDAD	Nº EDIF.	%
BAJA	0	0.00
MEDIA	226	61.92
ALTA	139	38.08
Total	365	100

Fuente: Elaboración propia

Figura 18 Porcentaje de nivel de vulnerabilidad en albañilería no confinada



Fuente: Elaboración propia

El mayor porcentaje (61.92%) en edificaciones de albañilería no confinada resultan tener un nivel de vulnerabilidad media, seguida de una vulnerabilidad alta (38.08%). Esto debido a que no se logran confinar los muros con elementos de amarre, quedando estos expuestos al volteo cuando ocurra un movimiento sísmico. Malas prácticas en procesos constructivos también contribuyen a la vulnerabilidad de estas edificaciones.

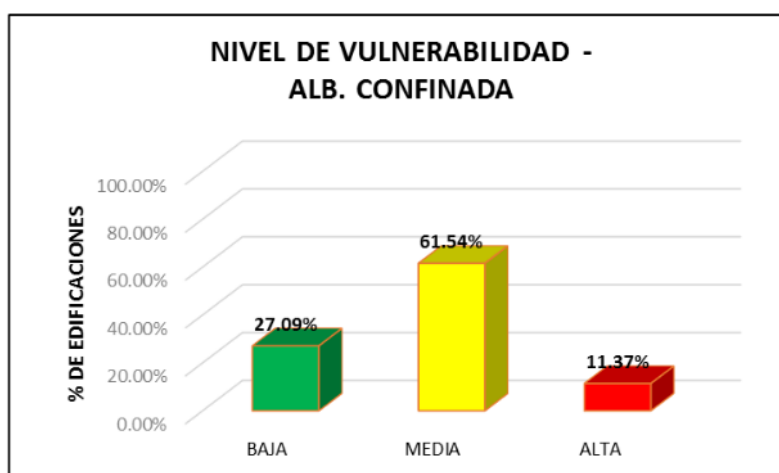
c) **Niveles de vulnerabilidad sísmica en albañilería confinada**

Tabla 31 Resultados de nivel de vulnerabilidad en albañilería confinada

NIVEL DE VULNERABILIDAD	Nº EDIF.	%
BAJA	467	27.09
MEDIA	1061	61.54
ALTA	196	11.37
Total	1724	100

Fuente: Elaboración propia

Figura 19 Porcentaje de nivel de vulnerabilidad en albañilería confinada



Fuente: Elaboración propia

El mayor porcentaje (61.54%) en edificaciones de albañilería confinada resultan tener un nivel de vulnerabilidad media, seguida de una vulnerabilidad baja (27.09%). Para el caso de vulnerabilidad media, se debe a malas prácticas en procesos constructivos, así como la falta de densidad en muros para la dimensión más corta de la edificación. Para el caso de vulnerabilidad baja, hay edificaciones que principalmente cumplen con las solicitudes que expide la norma de albañilería E.070.

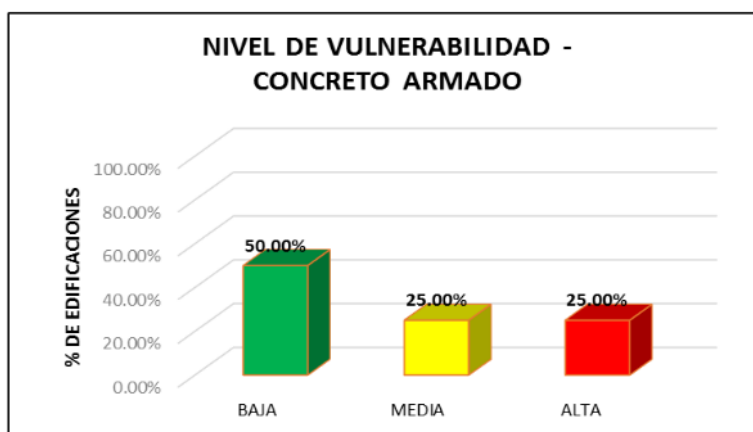
d) Niveles de vulnerabilidad sísmica en concreto armado

Tabla 32 Resultados de nivel de vulnerabilidad en concreto armado

NIVEL DE VULNERABILIDAD	Nº EDIF.	%
BAJA	8	50.00
MEDIA	4	25.00
ALTA	4	25.00
Total	16	100

Fuente: Elaboración propia

Figura 20 Porcentaje de nivel de vulnerabilidad en concreto armado



Fuente: Elaboración propia

El mayor porcentaje (50.00%) en edificaciones de concreto armado resultan tener un nivel de vulnerabilidad baja, seguida de una vulnerabilidad media y alta, ambos con (25.00%). Para el caso de vulnerabilidad baja, se debe a que la mitad de las construcciones son básicamente nuevas y han contado con asesoría profesional, considerando así que han respetado las normas de diseño actuales. Además de no presentar irregularidades en su proceso constructivo. Para el caso de vulnerabilidad media y alta, se tienen edificaciones antiguas como es el caso de colegios, en los cuales se han diseñado con normas desfasadas y donde se ven errores como columnas cortas y muros sin juntas de aislamiento.

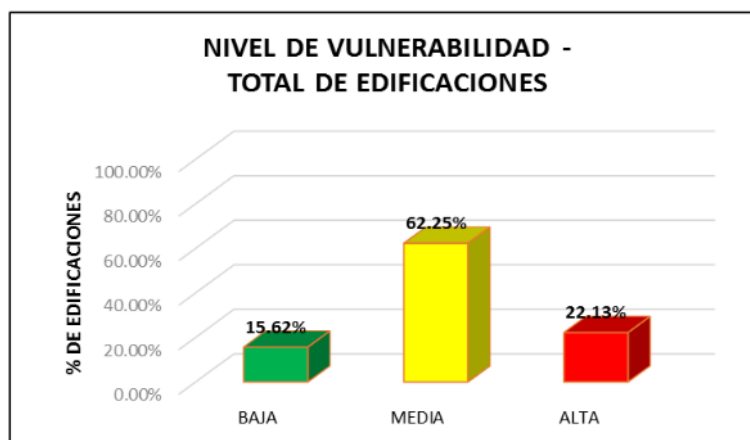
3
e) Niveles de vulnerabilidad sísmica del total de edificaciones

Tabla 33 Resultados de nivel de vulnerabilidad del total de edificaciones

NIVEL DE VULNERABILIDAD	Nº EDIF.	%
BAJA	477	15.62
MEDIA	1901	62.25
ALTA	676	22.13
Total	3054	100

Fuente: Elaboración propia

Figura 21 Porcentaje de nivel de vulnerabilidad del total de edificaciones



Fuente: Elaboración propia

31
Para el total de edificaciones de la zona sur-este del distrito de Lambayeque, se evaluaron 3,054 edificaciones de los cuales 1,901 (62.25%) presentan vulnerabilidad media, 676 (22.13%) presentan vulnerabilidad alta, y 477 (15.62%) representan una vulnerabilidad baja.

4.1.3 Resultados de los niveles de daño según sismos frecuente, ocasional y raro

En las siguientes tablas, se presentarán las estimaciones de los niveles de daño en las edificaciones para tres sismos diferentes.

a) Niveles de daño estimado en adobe

Tabla 34 Resultados del nivel de daño en adobe

EDIFICACIONES DE ADOBE	Sismo Frecuente 0.20 g		Sismo Ocasional 0.25 g		Sismo Raro 0.42 g	
NIVEL DE DAÑO	Nº EDIF.	%	Nº EDIF.	%	Nº EDIF.	%
NINGUNO	0	0.00	0	0.00	0	0.00
LIGERO	4	0.42	1	0.11	0	0.00
MODERADO	936	98.63	846	89.15	200	21.07
SEVERO	9	0.95	98	10.33	614	64.70
TOTAL	0	0.00	4	0.42	135	14.23
Total	949	100.00	949	100.00	949	100.00

Fuente: Elaboración propia

Como resultados se tiene que, para edificaciones de adobe, en un escenario de sismo frecuente (0.20g), prevalece un nivel moderado de daño (98.63%). Para un escenario de sismo ocasional (0.25g), prevalece un nivel moderado (89.15%), pero un porcentaje considerable de nivel severo (10.33%). Para un escenario de sismo raro (0.42g), prevalece un nivel severo (64.70%), y con un porcentaje considerable de nivel total de daño (14.23%) con 135 edificaciones colapsadas.

b) Niveles de daño estimado en albañilería no confinada

Tabla 35 Resultados del nivel de daño en albañilería no confinada

EDIFICACIONES DE ALB. NO CONFIN.	Sismo Frecuente 0.20 g		Sismo Ocasional 0.25 g		Sismo Raro 0.42 g	
NIVEL DE DAÑO	Nº EDIF.	%	Nº EDIF.	%	Nº EDIF.	%
NINGUNO	0	0.00	0	0.00	0	0.00
LIGERO	1	0.27	0	0.00	0	0.00
MODERADO	363	99.45	359	98.36	116	31.78
SEVERO	1	0.27	6	1.64	243	66.58
TOTAL	0	0.00	0	0.00	6	1.64
Total	365	100.00	365	100.00	365	100.00

Fuente: Elaboración propia

Como resultados se tiene que, para edificaciones de albañilería no confinada, en un escenario de sismo frecuente (0.20g), prevalece un nivel de daño moderado (99.45%). Para un escenario de sismo ocasional (0.25g), prevalece un nivel

moderado (98.36%), y un porcentaje mínimo de nivel severo (1.64%). Para un escenario de sismo raro (0.42g), prevalece un nivel severo (66.58%), y con un porcentaje de nivel total de daño (1.64%) con 6 edificaciones colapsadas.

c) Niveles de daño estimado en albañilería confinada

Tabla 36 Resultados del nivel de daño en albañilería confinada

EDIFICACIONES DE ALB. CONFINADA	Sismo Frecuente 0.20 g		Sismo Ocasional 0.25 g		Sismo Raro 0.42 g	
	Nº EDIF.	%	Nº EDIF.	%	Nº EDIF.	%
NINGUNO	0	0.00	0	0.00	0	0.00
LIGERO	615	35.67	294	17.05	51	2.96
MODERADO	1106	64.15	1419	82.31	1185	68.74
SEVERO	3	0.17	11	0.64	480	27.84
TOTAL	0	0.00	0	0.00	8	0.46
Total	1724	100.00	1724	100.00	1724	100.00

Fuente: Elaboración propia

Como resultados se tiene que, para edificaciones de albañilería confinada, en un escenario de sismo frecuente (0.20g), prevalece un nivel moderado (64.15%). Para un escenario de sismo ocasional (0.25g), prevalece un nivel moderado (82.31%), y un porcentaje considerable de nivel ligero (17.05%). Para un escenario de sismo raro (0.42g), prevalece un nivel de daño moderado (68.74%), y con un porcentaje mínimo de nivel de daño total (0.46%) con 8 edificaciones colapsadas.

d) Niveles de daño estimado en concreto armado

Tabla 37 Resultados del nivel de daño en concreto armado

EDIFICACIONES DE CONC. ARMADO	Sismo Frecuente 0.20 g		Sismo Ocasional 0.25 g		Sismo Raro 0.42 g	
	Nº EDIF.	%	Nº EDIF.	%	Nº EDIF.	%
NINGUNO	8	50.00	8	50.00	0	0.00
LIGERO	2	12.50	1	6.25	8	50.00
MODERADO	6	37.50	5	31.25	3	18.75
SEVERO	0	0.00	2	12.50	3	18.75
TOTAL	0	0.00	0	0.00	2	12.50
Total	16	100.00	16	100.00	16	100.00

Fuente: Elaboración propia

Como resultados se tiene que, para edificaciones de concreto armado, en un escenario de sismo frecuente (0.20g), prevalece un nivel de daño ninguno (50.00%). Para un escenario de sismo ocasional (0.25g), prevalece un nivel de daño ninguno (50.00%), y un porcentaje de nivel severo (12.50%). Para un escenario de sismo raro (0.42g), prevalece un nivel ligero (50.00%), y con un porcentaje de nivel de daño total (12.50%) con 2 edificaciones colapsadas.

e) Niveles de daño estimado para el total de edificaciones

Tabla 38 Resultados del nivel de daño del total de edificaciones

TOTAL DE EDIFICACIONES	Sismo Frecuente 0.20 g		Sismo Ocasional 0.25 g		Sismo Raro 0.42 g	
NIVEL DE DAÑO	Nº EDIF.	%	Nº EDIF.	%	Nº EDIF.	%
NINGUNO	8	0.26	8	0.26	0	0.00
LIGERO	622	20.37	296	9.69	59	1.93
MODERADO	2411	78.95	2629	86.08	1504	49.25
SEVERO	13	0.43	117	3.83	1340	43.88
TOTAL	0	0.00	4	0.13	151	4.94
Total	3054	100.00	3054	100.00	3054	100.00

Fuente: Elaboración propia

Como resultados se tiene que, para el total de 3,054 edificaciones, en un escenario de sismo frecuente (0.20g), prevalece un nivel moderado (78.95%). Para un escenario de sismo ocasional (0.25g), prevalece un nivel moderado (86.08%), y un porcentaje de nivel de daño severo (3.83%). Para un escenario de sismo raro (0.42g), prevalece un nivel moderado (49.25%), y con un porcentaje de nivel de daño total (4.94%) con 151 edificaciones colapsadas.

4.1.4 Resultados de estimación de pérdidas económicas

Para los resultados de estimación de pérdidas económicas, se muestra el área construida por cada tipología.

Tabla 39 Área construida según tipología

TIPOLOGÍA	Á. TECHADA (m2)
ADOBE	83,021.49
ALB. NO CONFINADA	38,631.23
ALB. CONFINADA	381,938.33
CONCRETO ARMADO	7,423.06

Fuente: Elaboración propia

Luego se obtuvo las pérdidas económicas según la tipología, esto se hizo teniendo cumpliendo con la Ecuación N°21.

Tabla 40 Pérdidas económicas sin depreciación

ADOBE	S/. 19,623,723.39
ALB. NO CONF.	S/. 16,319,397.43
ALB. CONFINADA	S/. 240,535,116.84
CONCRETO ARM.	S/. 7,055,495.02
Valor Total	S/. 283,533,732.68

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41 Pérdidas económicas con depreciación

ADOBE	S/. 13,336,071.42
ALB. NO CONF.	S/. 12,978,137.15
ALB. CONFINADA	S/. 188,162,650.95
CONCRETO ARM.	S/. 6,480,826.33
Valor Total	S/. 220,957,685.85

Fuente: Elaboración propia

Por último, se obtuvo una estimación de pérdidas económicas estimadas según escenarios de sismos frecuente, ocasional y raro, cumpliendo Ecuación N°22.

Tabla 42 Pérdidas económicas según escenario de sismos

Sismo	Pérdidas estimadas
0.20g	S/. 17,435,805.07
0.25g	S/. 25,518,176.15
0.42g	S/. 49,627,261.35

Fuente: Elaboración propia

4.1.5 Resultados de reforzamiento en muros de adobe y albañilería confinada

4.1.5.1 Reforzamiento en muros de adobe con geomalla biaxial

Ubicación: Lambayeque

Uso: vivienda unifamiliar (1 piso)

Dimensiones: ancho (X) 9.00 m, largo (Y) 16.00 m

Espesor de muros: 0.34 m

Altura de muros: 2.50 m

Ventana 1: 1.00 m x 1.00 m; Ventana 2: 0.50 m x 0.30 m

Puerta 1: 0.90 m x 2.10 m; puerta 2: 2.00 m x 2.10 m; puerta 3: 0.80 m x 2.10 m

Peso esp. Adobe: 1.60 tn/m³

- Parámetros para análisis sísmico

Figura 22 Mapa de zonificación sísmica del Perú



Fuente: [36]

Debido a que Lambayeque se encuentra en la Zona 4, se determinan los siguientes parámetros:

Tabla 43 Factor de suelos (S)

Tipo	Descripción	Factor de suelo (S)
I	Rocas o suelos muy resistentes con capacidad portante admisible $> 0.3 \text{ MPa}$ ó 3.06 kg.f/cm^2	1,0
II	Suelos intermedios o blandos con capacidad portante admisible $> 0.1 \text{ Mpa}$ ó 1.02 kg.f/cm^2	1,4

Fuente: [36]

- S: 1.40 (Tipo II, suelos blandos, de acuerdo al EMS).

Tabla 44 Factor de uso (U)

Tipo de Edificaciones	Factor de Uso (U)	Densidad
NT A.030 Hospedaje NT A.040 Educación NT A.050 Salud NT A.090 Servicios comunales NT A.100 Recreación y deportes NT A.110 Transporte y Comunicaciones	1,4	15%
NT A.060 Industria NT A.070 Comercio NT A.080 Oficinas	1.2	12%
Vivienda: Unifamiliar y Multifamiliar Tipo Quinta	1,0	8%

Fuente: [36]

- U: 1.00 (Vivienda unifamiliar).

Tabla 45 Coeficiente sísmico (C)

Zona Sísmica	Coeficiente Sísmico (C)
4	0,25
3	0,20
2	0,15
1	0,10

Fuente: [36]

- C: 0.25 (zona sísmica 4).

Obteniendo así, una fuerza sísmica horizontal H, por cada muro de (ver Ecuación N°23), $H = 0.35 P$.

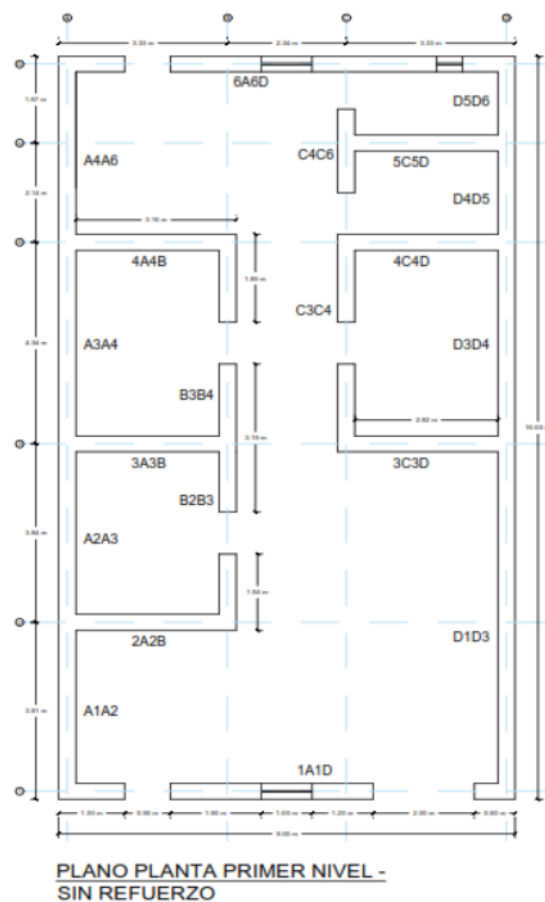
- **Metrado de cargas**

20

Incluir como cargas, el peso de los muros, el peso del techo (calaminas de fibrocemento), además de la carga viva aplicada al techo.

Con ayuda del plano planta de la vivienda de adobe se elabora el Metrado de cargas.

Figura 23 Plano de vivienda de adobe sin reforzamiento



Fuente: Elaboración propia

20

Se obtiene el peso propio de los muros y también el peso del techo, con el complemento del plano de distribución de áreas tributarias para establecer el peso del techo que va tomar cada muro, luego se obtiene el peso total.

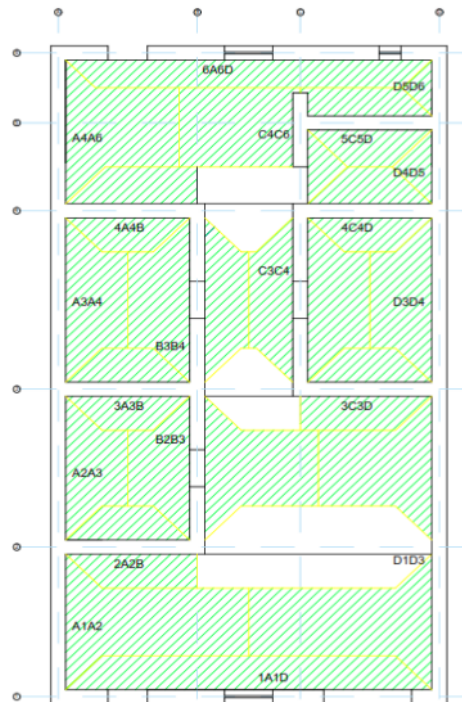
Tabla 46 Peso propio en muros

	Muros	P.propio (kg)
Y-Y	A1A2	5,181.60
	A2A3	5,222.40
	A3A4	5,902.40
	A4A6	5,453.60
	B2B3	4,425.44
	B3B4	5,105.44
	C3C4	5,336.64
	C4C6	2,817.92
	D1D3	10,404.00
	D3D4	5,902.40
	D4D5	2,910.40
X-X	D5D6	2,543.20
	1A1D	7,458.24
	2A2B	3,835.20
	3A3B	3,835.20
	3C3D	3,835.20
	4A4B	3,835.20
	4C4D	3,835.20
	5C5D	3,835.20
	6A6D	9,661.44

1

Fuente: Elaboración propia

Figura 24 Plano vivienda de adobe con distribución de áreas tributarias



Fuente: Elaboración propia

Tabla 47 Peso total en muros de adobe

Muros	Áreas	Ptotal (kg)
A1A2	7.51	5,519.55
A2A3	3.28	5,370.00
A3A4	3.99	6,081.95
A4A6	5.59	5,705.15
B2B3	8.72	4,817.84
B3B4	7.02	5,421.34
C3C4	7.02	5,652.54
C4C6	5.78	3,078.02
D1D3	12.95	10,986.75
D3D4	3.99	6,081.95
D4D5	0.81	2,946.85
D5D6	0.46	2,563.90
1A1D	6.22	7,738.14
2A2B	3.79	4,005.75
3A3B	3.30	3,983.70
3C3D	3.79	4,005.75
4A4B	3.94	4,012.50
4C4D	3.38	3,987.30
5C5D	3.44	3,990.00
6A6D	5.20	9,895.44

Fuente: Elaboración propia

- **Análisis por cortante**

Tabla 48 Esfuerzo cortante en la edificación de adobe

Muros	H (kg)	At (m2)	V (kg/cm2)	V (MPa)	Vmáx (Mpa)	
A1A2	1,931.84	1.30	0.15	0.0146	0.025	NO FALLA
A2A3	1,879.50	1.31	0.14	0.0141	0.025	NO FALLA
A3A4	2,128.68	1.48	0.14	0.0141	0.025	NO FALLA
A4A6	1,996.80	1.36	0.15	0.0144	0.025	NO FALLA
B2B3	1,686.24	1.06	0.16	0.0156	0.025	NO FALLA
B3B4	1,897.47	1.23	0.15	0.0152	0.025	NO FALLA
C3C4	1,978.39	1.29	0.15	0.0151	0.025	NO FALLA
C4C6	1,077.31	0.61	0.18	0.0173	0.025	NO FALLA
D1D3	3,845.36	2.60	0.15	0.0145	0.025	NO FALLA
D3D4	2,128.68	1.48	0.14	0.0141	0.025	NO FALLA
D4D5	1,031.40	0.73	0.14	0.0139	0.025	NO FALLA
D5D6	897.37	0.64	0.14	0.0138	0.025	NO FALLA
1A1D	2,708.35	1.50	0.18	0.0177	0.025	NO FALLA
2A2B	1,402.01	0.96	0.15	0.0143	0.025	NO FALLA
3A3B	1,394.30	0.96	0.15	0.0143	0.025	NO FALLA
3C3D	1,402.01	0.96	0.15	0.0143	0.025	NO FALLA
4A4B	1,404.38	0.96	0.15	0.0144	0.025	NO FALLA
4C4D	1,395.56	0.96	0.15	0.0143	0.025	NO FALLA
5C5D	1,396.50	0.96	0.15	0.0143	0.025	NO FALLA
6A6D	3,463.40	2.01	0.17	0.0169	0.025	NO FALLA

Fuente: Elaboración propia

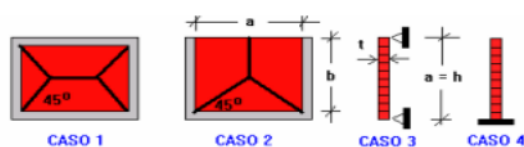
Para obtener (ver Tabla 48), las fuerzas cortantes H se obtienen con la multiplicación de la fuerza horizontal por muro, hallado en el análisis sísmico y el peso total de cada muro hallado en el Metrado de cargas. Para hallar el esfuerzo cortante en cada muro, se divide la fuerza cortante entre el área transversal del muro (ver Ecuación N°24), el resultado es que no fallan, debido a que la resistencia al cortante del adobe es mayor que el cortante obtenido. Caso contrario fallaría.

- **Análisis por flexión**

Para este análisis se utilizarán tablas de Kalmanok. Que en el caso de los muros se tiene según su condición de apoyo, valores de **coeficiente de momentos (m)** y **dimensión crítica (a)**.

Para el caso de los muros de la vivienda de adobe utilizaremos el Caso 2, considerados como arriostramiento en sus tres bordes. Considerando el encuentro entre muros como arriostre y la cimentación.

Figura 25 Casos de muros con bordes



Fuente: [56]

Tabla 49 Coeficientes de momentos y dimensión crítica

TABLA 12 VALORES DEL COEFICIENTE DE MOMENTOS «m» y DIMENSION CRÍTICA «a»									
CASO 1. MURO CON CUATRO BORDES ARRIOSTRADOS									
a = Menor dimensión									
b/a =	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	3,0	∞	
m =	0,0479	0,0627	0,0755	0,0862	0,0948	0,1017	0,118	0,125	
CASO 2. MURO CON TRES BORDES ARRIOSTRADOS									
a = Longitud del borde libre									
b/a =	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	∞
m =	0,060	0,074	0,087	0,097	0,106	0,112	0,128	0,132	0,133
CASO 3. MURO ARRIOSTRADO SOLO EN SUS BORDES HORIZONTALES									
a = Altura del muro									
m = 0,125									
CASO 4. MURO EN VOLADIZO									
a = Altura del muro									
m = 0,5									

Fuente: [36]

Para hallar la fuerza distribuidas “W” perpendicular al plano del muro (ver Ecuación N°26), y para determinar el momento (ver Ecuación N°25) en los bordes de muros.

De esto se obtiene que los muros fallarán por volteo, debido a que el adobe no resiste fuerzas de tracción. Por lo tanto, necesita refuerzo, para el caso en estudio tomaremos refuerzo con geomalla biaxial.

Con los datos del estudio, obtendremos:

Para un diseño a tracción, donde indica que la resistencia a la tracción de la geomalla con los datos de la vivienda, resultaría (ver Ecuación N°27): $f_g = 9.88 \text{ KN/m}$.

Y en un diseño por flexión, el momento resistente (ver Ecuación N°28), sería: $M_r = 3.02 \text{ KN-m/m}$.

Ante esto, en la tabla de momentos máximos (ver Tabla 50) se aprecian que, la mayoría de muros cumple en que el momento resistente es mayor que el momento actuante por lo tanto la geomalla satisface la necesidad de refuerzo en esos muros. Para el caso contrario en que los muros no cumplen, se tiene que tomar otra clase de refuerzo. Además, también se aprecia la resistencia a tracción, teniendo estos muros tracciones propias del material.

Tabla 50 Resultados de momentos máximos en los muros de adobe con geomalla

Muros	w (kg/m ²)	a	b/a	m	M (Kg-m/m)	M (KN-m/m)	T (kg/m)	T (kN/m)	
A1A2	284.54	3.30	0.76	0.093	287.43	2.82	845.37	8.29	CUMPLE
A2A3	284.54	3.50	0.71	0.088	308.23	3.02	906.57	8.88	CUMPLE
A3A4	284.54	4.00	0.63	0.077	351.70	3.45	1034.40	10.15	NO CUMPLE
A4A6	284.54	3.50	0.71	0.088	308.23	3.02	906.57	8.88	CUMPLE
B2B3	284.54	2.60	0.96	0.110	211.00	2.07	620.57	6.09	CUMPLE
B3B4	284.54	3.10	0.81	0.098	266.83	2.62	784.80	7.71	CUMPLE
C3C4	284.54	3.10	0.81	0.098	266.83	2.62	784.80	7.71	CUMPLE
C4C6	284.54	1.46	1.71	0.130	78.67	0.77	231.37	2.26	CUMPLE
D1D3	284.54	7.14	0.35	0.039	566.02	5.55	1664.75	16.32	NO CUMPLE
D3D4	284.54	4.00	0.63	0.077	351.70	3.45	1034.40	10.15	NO CUMPLE
D4D5	284.54	1.80	1.39	0.124	114.73	1.13	337.44	3.32	CUMPLE
D5D6	284.54	1.36	1.84	0.131	68.79	0.67	202.32	1.97	CUMPLE
1A1D	284.54	8.32	0.30	0.032	631.62	6.20	1857.72	18.24	NO CUMPLE
2A2B	284.54	2.82	0.89	0.105	237.11	2.33	697.39	6.85	CUMPLE
3A3B	284.54	2.82	0.89	0.105	237.11	2.33	697.39	6.85	CUMPLE
3C3D	284.54	2.82	0.89	0.105	237.11	2.33	697.39	6.85	CUMPLE
4A4B	284.54	2.82	0.89	0.105	237.11	2.33	697.39	6.85	CUMPLE
4C4D	284.54	2.82	0.89	0.105	237.11	2.33	697.39	6.85	CUMPLE
5C5D	284.54	2.82	0.89	0.105	237.11	2.33	697.39	6.85	CUMPLE
6A6D	284.54	8.32	0.30	0.032	631.62	6.20	1857.72	18.24	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de los muros D1D3, A3A4, D3D4, 1A1D y 6A6D. se propone otro reforzamiento, que sería contrafuertes.

Los contrafuertes serán de adobe, con longitudes de 0.68 m y 1.02 m.

Para ello se obtiene el peso del contrafuerte, su inercia y su altura.

En donde, el $\delta_{\text{máx}} < \delta_{\text{perm}}$ (ver Ecuación N°29 y N°30), si esto se cumple, los contrafuertes tienen la suficiente rigidez para no superar el desplazamiento permisible del adobe.

Para el desplazamiento permisible (δ_{perm}) se ha considerado el límite de la distorsión del entrepiso de albañilería expuesto en la E.030 Norma de Diseño Sismorresistente actual [36], siendo este 0.005 dado que se puede valorar que el adobe se asemeja al material de albañilería expuesto en norma.

Se pone como ejemplo para el caso del muro D1D3 se tiene el diseño del siguiente contrafuerte:

$$\begin{aligned}\gamma \text{ adobe} &= 1.60 \text{ tn/m}^3 \\ E. \text{ adobe} &= 20077 \text{ tn/m}^2 \\ \Delta \text{ adm ad.} &= 0.005 \\ h &= 2.50 \text{ m} \\ \delta_{\text{perm}} &= 1.25 \text{ cm} \\ L. \text{ contraf} &= 1.02 \text{ m}\end{aligned}$$

Peso del muro que afecta al contrafuerte:

$$\begin{aligned}\text{Á. muro1} &= 8.75 \text{ m}^2 \\ \text{Á. muro2} &= 8.25 \text{ m}^2 \\ \text{Vol.} &= 5.78 \text{ m}^3 \\ \text{P. muro} &= 9.25 \text{ tn}\end{aligned}$$

Peso del contrafuerte = 1.39 tn

P. muro + contrafuerte = 10.64 tn

$$H = \text{SUCP} = 3.72 \text{ tn}$$

$$\text{Inercia contrafuerte} = 0.0301 \text{ m}^4$$

$$\text{Altura contrafuerte} = 2.50 \text{ m}$$

$$w = H/L = 1.49 \text{ tn/m}$$

$$\delta_{\text{máx}} = 1.20 \text{ cm}$$

$$\delta_{\text{máx}} < \delta_{\text{perm}} \text{ (CORRECTO)}$$

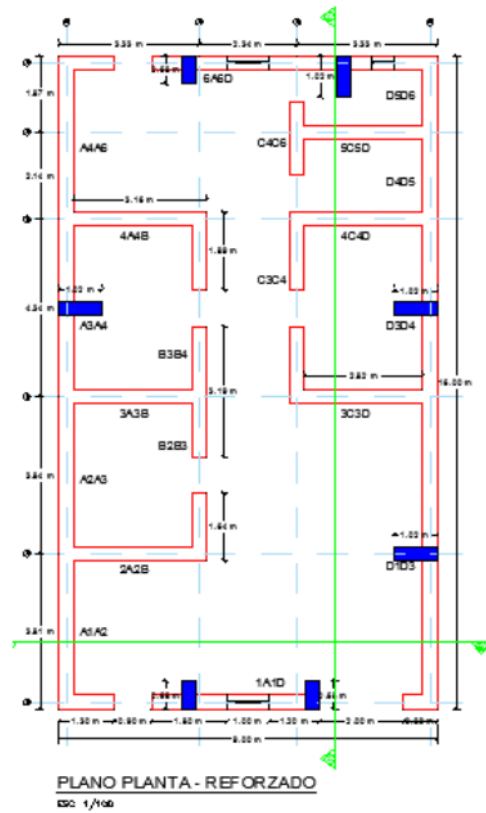
Para la Tabla 51, se aprecia ahora sí, que los momentos y tracciones son menores a las obtenidas de los cálculos, cumpliendo así los requerimientos, esto debido a la presencia de los contrafuertes en colaboración con la geomalla.

Tabla 51 Momentos máximos en muros de adobe con refuerzos de geomalla y contrafuertes

Muros	w (kg/m ²)	a	b/a	m	M (Kg-m/m)	M (KN-m/m)	T (kg/m)	T (kN/m)	
A1A2	284.54	3.30	0.76	0.093	287.43	2.82	845.37	8.29	CUMPLE
A2A3	284.54	3.50	0.71	0.088	308.23	3.02	906.57	8.88	CUMPLE
A3A4	284.54	1.83	1.37	0.124	117.89	1.16	346.74	3.41	CUMPLE
A4A6	284.54	3.50	0.71	0.088	308.23	3.02	906.57	8.88	CUMPLE
B2B3	284.54	2.60	0.96	0.110	211.00	2.07	620.57	6.09	CUMPLE
B3B4	284.54	3.10	0.81	0.098	266.83	2.62	784.80	7.71	CUMPLE
C3C4	284.54	3.10	0.81	0.098	266.83	2.62	784.80	7.71	CUMPLE
C4C6	284.54	1.46	1.71	0.130	78.67	0.77	231.37	2.26	CUMPLE
D1D3	284.54	3.40	0.74	0.091	297.78	2.92	875.83	8.59	CUMPLE
D3D4	284.54	1.83	1.37	0.124	117.89	1.16	346.74	3.41	CUMPLE
D4D5	284.54	1.80	1.39	0.124	114.73	1.13	337.44	3.32	CUMPLE
D5D6	284.54	1.36	1.84	0.131	68.79	0.67	202.32	1.97	CUMPLE
1A1D	284.54	2.59	0.97	0.110	209.80	2.06	617.06	6.06	CUMPLE
2A2B	284.54	2.82	0.89	0.105	237.11	2.33	697.39	6.85	CUMPLE
3A3B	284.54	2.82	0.89	0.105	237.11	2.33	697.39	6.85	CUMPLE
3C3D	284.54	2.82	0.89	0.105	237.11	2.33	697.39	6.85	CUMPLE
4A4B	284.54	2.82	0.89	0.105	237.11	2.33	697.39	6.85	CUMPLE
4C4D	284.54	2.82	0.89	0.105	237.11	2.33	697.39	6.85	CUMPLE
5C5D	284.54	2.82	0.89	0.105	237.11	2.33	697.39	6.85	CUMPLE
6A6D	284.54	3.35	0.75	0.092	292.59	2.87	860.56	8.44	CUMPLE

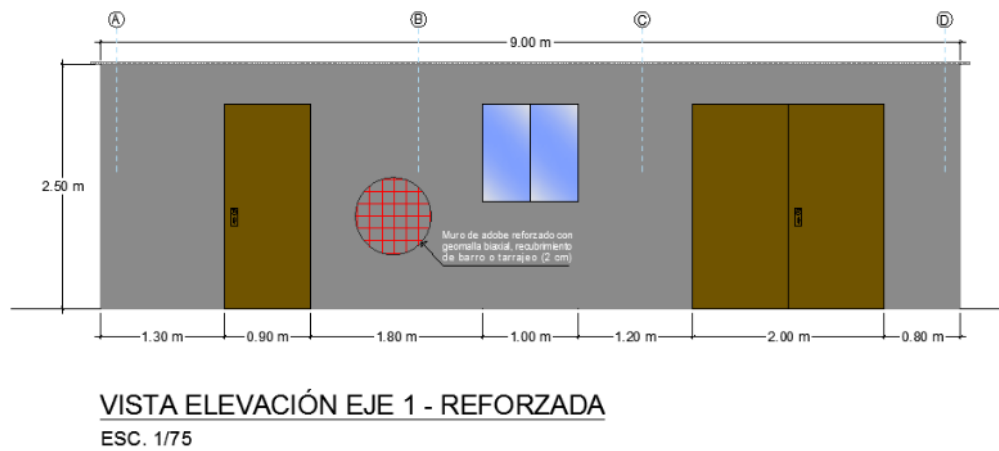
Fuente: Elaboración propia

Figura 26 **Planta de edificación de adobe reforzada contrafuertes**



Fuente: Elaboración propia

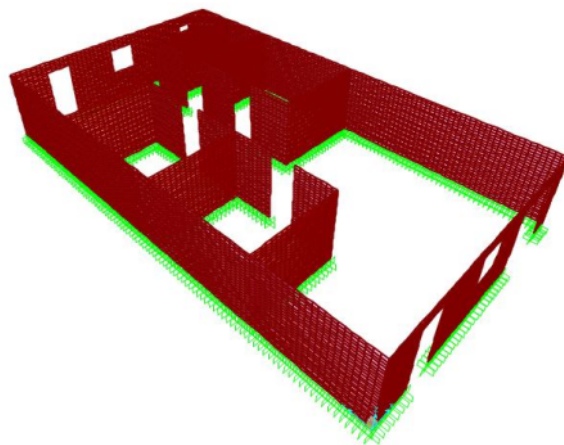
Figura 27 Elevación EJE 1 de edificación de adobe reforzada con geomalla biaxial



1
Fuente: Elaboración propia

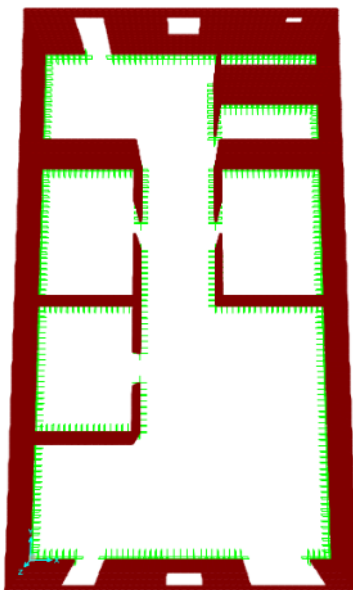
Para comprobación de resultados de la estructura de adobe no reforzada, se logró hacer el modelamiento en el software SAP2000.

Figura 28 Modelo en SAP2000, vivienda de adobe no reforzada



Fuente: SAP2000

Figura 29 Modelo en planta SAP2000, vivienda de adobe no reforzada



Fuente: SAP2000

4.1.5.2 Reforzamiento en muros de albañilería confinada con malla electrosoldada

Ubicación: Lambayeque

Uso: vivienda unifamiliar

Número de pisos: 2 niveles

Dimensiones: ancho (X) 7.00 m, largo (Y) 18.00 m

Espesor de muros: 0.13 m

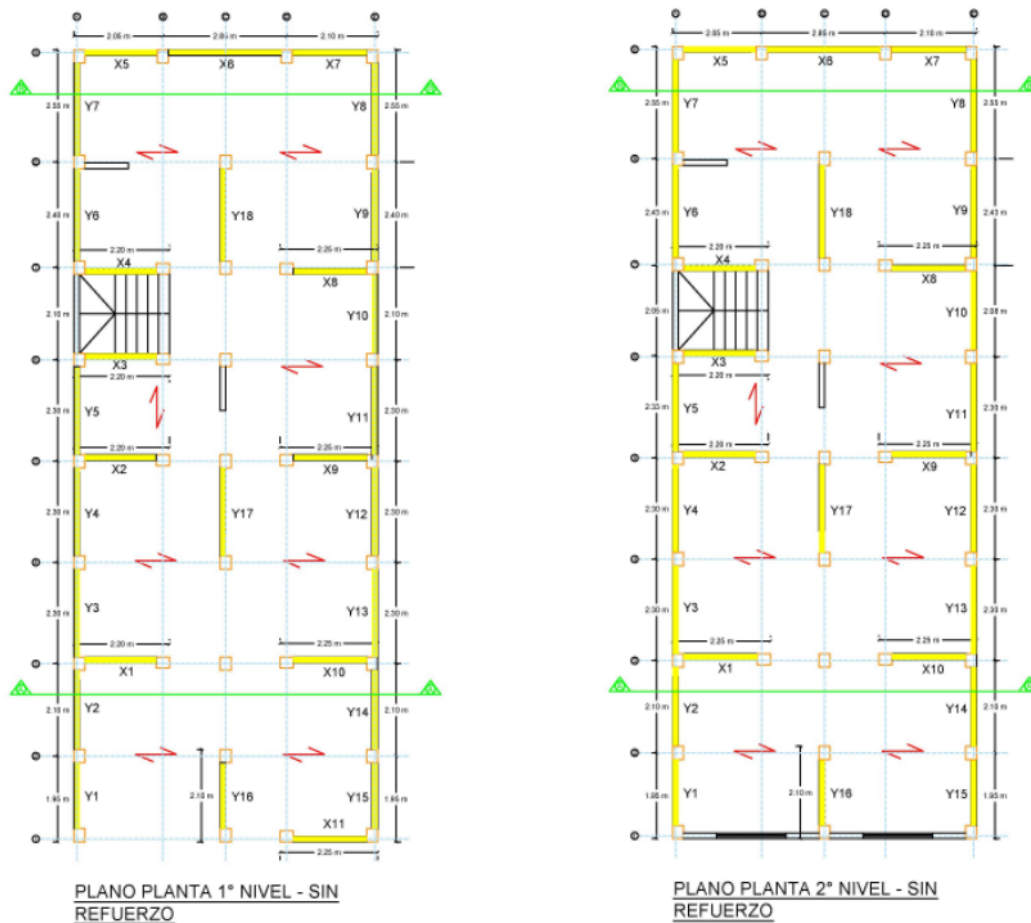
Altura de muros portantes: 2.60 m

Altura de alféizares: 1.20 m

Espesor de losa unidireccional: 0.20 m

Vigas: 0.20 x 0.25 m; Columnas: 0.25 x 0.30 m

Figura 30 Plano planta de 1° y 2° nivel de edificación sin reforzar



Fuente: Elaboración propia

Albañilería (E.070) [36]: King Kong industrial de arcilla (0.23m x 0.13 m x 0.09 m)

- Resist. A compresión de la unidad: $f'b = 1450 \text{ tn/m}^2$
- Resist. característica a compresión: $f'm = 650 \text{ tn/m}^2$
- Resist. característica a compresión diagonal: $v'm = 81 \text{ tn/m}^2$
- Módulo de elasticidad: $E_m = 325000 \text{ tn/m}^2$
- Módulo de corte: $G_m = 130000 \text{ tn/m}^2$

Albañilería reforzada [22]:

- $f'b = 1460.5 \text{ tn/m}^2$
- $f'm = 647.8 \text{ tn/m}^2$
- $v'm = 121.4 \text{ tn/m}^2$
- $E_m = 628990.2 \text{ tn/m}^2$
- $G_m = 144922.6 \text{ tn/m}^2$

Cargas unitarias (E.020) [36]:

- Concreto armado: 2.4 tn/m^3
- Albañilería: 1.8 tn/m^3
- Losa aligerada: 0.3 tn/m^2
- Sobrecarga: 0.2 tn/m^2
- Sobrecarga azotea: 0.1 tn/m^2
- Acabados: 0.1 tn/m^2

Se presentan longitudes de muros, columna a columna, por piso y direcciones X e Y.

Tabla 52 Longitudes de muros en ambas direcciones

PISO 1				PISO 2			
Muro	Dir. X-X	Muro	Dir. Y-Y	Muro	Dir. X-X	Muro	Dir. Y-Y
X 1	2.20	Y 1	2.10	X 1	2.20	Y 1	2.10
X 2	2.20	Y 2	2.40	X 2	2.20	Y 2	2.40
X 3	2.20	Y 3	2.60	X 3	2.20	Y 3	2.60
X 4	2.20	Y 4	2.60	X 4	2.20	Y 4	2.60
X 5	2.18	Y 5	2.60	X 5	2.18	Y 5	2.60
X 6	3.10	Y 6	2.70	X 6	3.10	Y 6	2.70
X 7	2.23	Y 7	2.70	X 7	2.23	Y 7	2.70
X 8	2.23	Y 8	2.70	X 8	2.23	Y 8	2.70
X 9	2.23	Y 9	2.70	X 9	2.23	Y 9	2.70
X 10	2.23	Y 10	2.40	X 10	2.23	Y 10	2.40
X 11	2.25	Y 11	2.60			Y 11	2.60
		Y 12	2.60			Y 12	2.60
		Y 13	2.60			Y 13	2.60
		Y 14	2.40			Y 14	2.40
		Y 15	2.10			Y 15	2.10
		Y 16	2.10			Y 16	2.10
		Y 17	2.60			Y 17	2.60
		Y 18	2.70			Y 18	2.70
Totales	25.225	Totales	45.2	Totales	22.975	Totales	45.2

Fuente: Elaboración propia

Se calcula la densidad de muros en cada eje y para cada piso, y luego se comprueba de que ZUSN°/56 ² tiene que ser menor en cada piso y dirección.

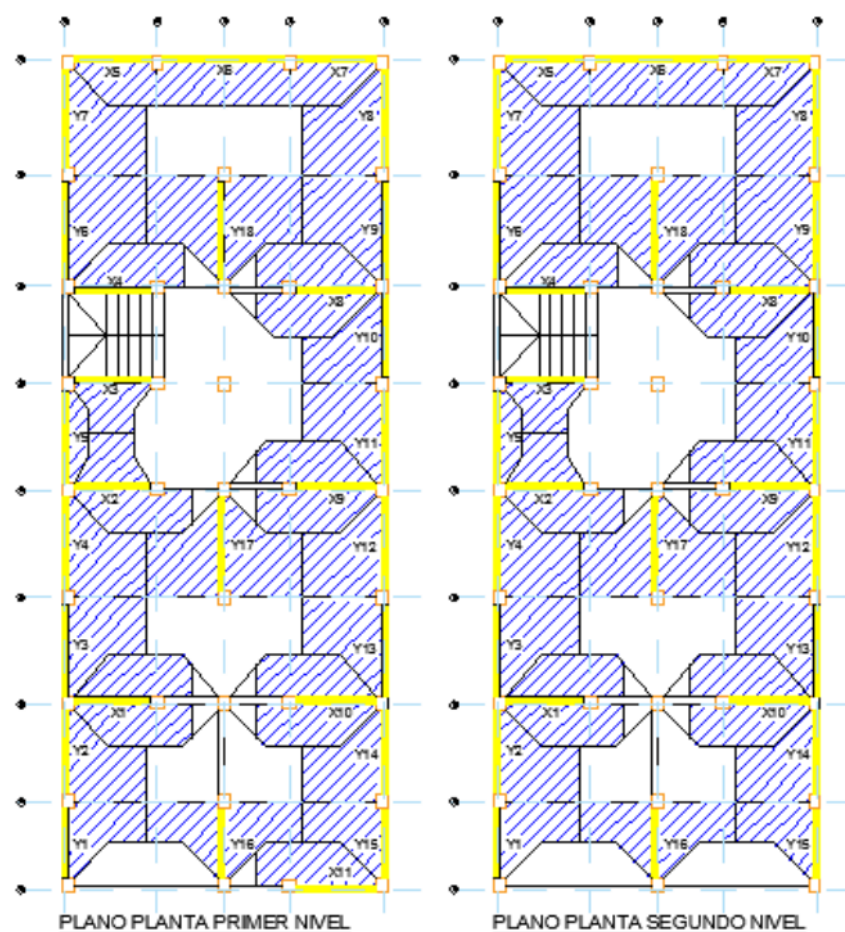
Tabla 53 Densidad de muros en ambas direcciones de edificación

EJE X	PISO 1	0.0260	≥	0.0177	OK
	PISO 2	0.0237	≥	0.0177	OK
EJE Y	PISO 1	0.0466	≥	0.0177	OK
	PISO 2	0.0466	≥	0.0177	OK

Fuente: Elaboración propia

⁴ A lo que la dirección en Eje X y Eje Y resulta mayor, por lo tanto, la edificación cumple con la densidad de muros especificada en norma E.070.

Figura 31 Distribución de áreas tributarias para cada nivel



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se revisa el esfuerzo axial máximo de muros, para ello se debe hacer un Metrado de cargas de cada nivel y para esto se distribuirán las áreas tributarias de cada muro.

Tabla 54 Metrado de cargas para esfuerzo axial máximo en 1° nivel

	Muro	Espesor (m)	Long (m)	Á. trib (m ²)	P.p. muros (tn)	P. alig (tn)	P. acab	S.C (tn)	C.M (tn)	C.V (tn)
PISO 1	X1	0.13	2.20	4.02	1.34	1.21	0.40	0.80	2.95	0.80
	X2	0.13	2.20	3.29	1.34	0.99	0.33	0.66	2.65	0.66
	X3	0.13	2.20	1.31	1.34	0.39	0.13	0.26	1.86	0.26
	X4	0.13	2.20	1.90	1.34	0.57	0.19	0.38	2.10	0.38
	X5	0.13	2.18	1.37	1.32	0.41	0.14	0.27	1.87	0.27
	X6	0.13	3.10	2.62	1.89	0.79	0.26	0.52	2.93	0.52
	X7	0.13	2.23	1.42	1.35	0.42	0.14	0.28	1.92	0.28
	X8	0.13	2.23	3.94	1.35	1.18	0.39	0.79	2.93	0.79
	X9	0.13	2.23	4.07	1.35	1.22	0.41	0.81	2.98	0.81
	X10	0.13	2.23	4.07	1.35	1.22	0.41	0.81	2.98	0.81
	X11	0.13	2.25	2.05	1.37	0.61	0.20	0.41	2.19	0.41
	Y1	0.13	2.10	1.85	1.28	0.56	0.19	0.37	2.02	0.37
	Y2	0.13	2.40	2.36	1.46	0.71	0.24	0.47	2.40	0.47
	Y3	0.13	2.60	2.49	1.58	0.75	0.25	0.50	2.58	0.50
	Y4	0.13	2.60	2.69	1.58	0.81	0.27	0.54	2.66	0.54
	Y5	0.13	2.60	0.71	1.58	0.21	0.07	0.14	1.87	0.14
	Y6	0.13	2.70	2.86	1.64	0.86	0.29	0.57	2.79	0.57
	Y7	0.13	2.70	2.86	1.64	0.86	0.29	0.57	2.79	0.57
	Y8	0.13	2.70	2.87	1.64	0.86	0.29	0.57	2.79	0.57
	Y9	0.13	2.70	2.87	1.64	0.86	0.29	0.57	2.79	0.57
PISO 2	Y10	0.13	2.40	2.24	1.46	0.67	0.22	0.45	2.36	0.45
	Y11	0.13	2.60	2.50	1.58	0.75	0.25	0.50	2.58	0.50
	Y12	0.13	2.60	2.70	1.58	0.81	0.27	0.54	2.66	0.54
	Y13	0.13	2.60	2.50	1.58	0.75	0.25	0.50	2.58	0.50
	Y14	0.13	2.40	2.36	1.46	0.71	0.24	0.47	2.41	0.47
	Y15	0.13	2.10	1.86	1.28	0.56	0.19	0.37	2.02	0.37
	Y16	0.13	2.10	3.53	1.28	1.06	0.35	0.71	2.69	0.71
	Y17	0.13	2.60	5.15	1.58	1.55	0.52	1.03	3.64	1.03
	Y18	0.13	2.70	5.48	1.64	1.64	0.55	1.10	3.83	1.10

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55 Metrado de cargas para esfuerzo axial máximo en 2° nivel

PISO 1	X1	0.13	2.20	4.02	1.34	1.21	0.40	0.40	2.95	0.40
	X2	0.13	2.20	3.29	1.34	0.99	0.33	0.33	2.65	0.33
	X3	0.13	2.20	1.31	1.34	0.39	0.13	0.13	1.86	0.13
	X4	0.13	2.20	1.90	1.34	0.57	0.19	0.19	2.10	0.19
	X5	0.13	2.18	1.37	1.32	0.41	0.14	0.14	1.87	0.14
	X6	0.13	3.10	2.62	1.89	0.79	0.26	0.26	2.93	0.26
	X7	0.13	2.23	1.42	1.35	0.42	0.14	0.14	1.92	0.14
	X8	0.13	2.23	3.94	1.35	1.18	0.39	0.39	2.93	0.39
	X9	0.13	2.23	4.07	1.35	1.22	0.41	0.41	2.98	0.41
	X10	0.13	2.23	4.07	1.35	1.22	0.41	0.41	2.98	0.41
	Y1	0.13	2.10	1.85	1.28	0.56	0.19	0.19	2.02	0.19
	Y2	0.13	2.40	2.36	1.46	0.71	0.24	0.24	2.40	0.24
	Y3	0.13	2.60	2.49	1.58	0.75	0.25	0.25	2.58	0.25
	Y4	0.13	2.60	2.69	1.58	0.81	0.27	0.27	2.66	0.27
	Y5	0.13	2.60	0.71	1.58	0.21	0.07	0.07	1.87	0.07
	Y6	0.13	2.70	2.86	1.64	0.86	0.29	0.29	2.79	0.29
	Y7	0.13	2.70	2.86	1.64	0.86	0.29	0.29	2.79	0.29
	Y8	0.13	2.70	2.87	1.64	0.86	0.29	0.29	2.79	0.29
	Y9	0.13	2.70	2.87	1.64	0.86	0.29	0.29	2.79	0.29
PISO 2	Y10	0.13	2.40	2.24	1.46	0.67	0.22	0.22	2.36	0.22
	Y11	0.13	2.60	2.50	1.58	0.75	0.25	0.25	2.58	0.25
	Y12	0.13	2.60	2.70	1.58	0.81	0.27	0.27	2.66	0.27
	Y13	0.13	2.60	2.50	1.58	0.75	0.25	0.25	2.58	0.25
	Y14	0.13	2.40	2.36	1.46	0.71	0.24	0.24	2.41	0.24
	Y15	0.13	2.10	1.86	1.28	0.56	0.19	0.19	2.02	0.19
	Y16	0.13	2.10	3.53	1.28	1.06	0.35	0.35	2.69	0.35
	Y17	0.13	2.60	5.15	1.58	1.55	0.52	0.52	3.64	0.52
	Y18	0.13	2.70	5.48	1.64	1.64	0.55	0.55	3.83	0.55

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56 Revisión del esfuerzo axial máximo en muros para el 1° nivel

		$\sigma_m = \frac{P_m}{t+L}$	$0.2 + f'm$	$1 - \left(\frac{h}{35t}\right)^2$	$0.15f'm$	Verificación
	Muro	(tn/m2)	(tn/m2)		(tn/m2)	
PISO 1	X 1	24.81	87.55		97.50	OK
	X 2	22.01	87.55		97.50	OK
	X 3	14.39	87.55		97.50	OK
	X 4	16.67	87.55		97.50	OK
	X 5	14.69	87.55		97.50	OK
	X 6	16.52	87.55		97.50	OK
	X 7	14.74	87.55		97.50	OK
	X 8	24.35	87.55		97.50	OK
	X 9	24.82	87.55		97.50	OK
	X 10	24.82	87.55		97.50	OK
	X 11	8.88	87.55		97.50	OK
	Y 1	16.83	87.55		97.50	OK
	Y 2	17.67	87.55		97.50	OK
	Y 3	17.47	87.55		97.50	OK
	Y 4	18.12	87.55		97.50	OK
	Y 5	11.69	87.55		97.50	OK
	Y 6	18.33	87.55		97.50	OK
	Y 7	18.33	87.55		97.50	OK
Y 8	18.35	87.55		97.50	OK	
Y 9	18.35	87.55		97.50	OK	
Y 10	17.26	87.55		97.50	OK	
Y 11	17.49	87.55		97.50	OK	
Y 12	18.15	87.55		97.50	OK	
Y 13	17.49	87.55		97.50	OK	
Y 14	17.69	87.55		97.50	OK	
Y 15	16.84	87.55		97.50	OK	
Y 16	23.59	87.55		97.50	OK	
Y 17	26.13	87.55		97.50	OK	
Y 18	26.53	87.55		97.50	OK	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57 Revisión del esfuerzo axial máximo en muros para el 2° nivel

PISO 2	X 1	11.70	87.55	97.50	OK
	X 2	10.43	87.55	97.50	OK
	X 3	6.96	87.55	97.50	OK
	X 4	8.00	87.55	97.50	OK
	X 5	7.10	87.55	97.50	OK
	X 6	7.93	87.55	97.50	OK
	X 7	7.13	87.55	97.50	OK
	X 8	11.49	87.55	97.50	OK
	X 9	11.71	87.55	97.50	OK
	X 10	11.71	87.55	97.50	OK
	Y 1	8.07	87.55	97.50	OK
	Y 2	8.46	87.55	97.50	OK
	Y 3	8.37	87.55	97.50	OK
	Y 4	8.66	87.55	97.50	OK
	Y 5	5.74	87.55	97.50	OK
	Y 6	8.76	87.55	97.50	OK
	Y 7	8.76	87.55	97.50	OK
	Y 8	8.77	87.55	97.50	OK
	Y 9	8.77	87.55	97.50	OK
	Y 10	8.27	87.55	97.50	OK
	Y 11	8.38	87.55	97.50	OK
	Y 12	8.67	87.55	97.50	OK
	Y 13	8.38	87.55	97.50	OK
	Y 14	8.47	87.55	97.50	OK
	Y 15	8.08	87.55	97.50	OK
	Y 16	11.15	87.55	97.50	OK
	Y 17	12.30	87.55	97.50	OK
	Y 18	12.48	87.55	97.50	OK

Fuente: Elaboración propia

Se comprueba que la carga axial máxima de cada muro cumple con la relación que expresa la norma E.070 para carga axial.

Luego, con el Metrado de cargas, longitudes y espesores de muro, y el centro de masas de cada muro, se calcula el centro de masas de cada nivel, que es donde se va concentrar la fuerza sísmica.

Tabla 58 Centro de masas del 1° nivel

	Muro	Espesor (m)	Long (m)	Pm (tn)	Xcm (m)	Ycm (m)	Pm*Xcm (tn-m)	Pm*Ycm (tn-m)
PISO 1	X1	0.13	2.20	1.91	1.08	4.14	2.05	7.90
	X2	0.13	2.20	1.91	1.08	8.74	2.05	16.69
	X3	0.13	2.20	1.91	1.08	11.04	2.05	21.08
	X4	0.13	2.20	1.91	1.08	12.97	2.05	24.77
	X5	0.13	2.18	1.89	1.09	17.94	2.05	33.88
	X6	0.13	3.10	2.69	3.48	17.94	9.35	48.28
	X7	0.13	2.23	1.93	5.89	17.94	11.38	34.65
	X8	0.13	2.23	1.93	5.90	12.97	11.40	25.05
	X9	0.13	2.23	1.93	5.90	8.74	11.40	16.88
	X10	0.13	2.23	1.93	5.90	4.14	11.40	7.99
	X11	0.13	2.25	1.95	5.90	0.07	11.53	0.13
	Y1	0.13	2.10	1.82	0.07	1.05	0.12	1.91
	Y2	0.13	2.40	2.08	0.07	3.00	0.14	6.25
	Y3	0.13	2.60	2.26	0.07	5.20	0.15	11.74
	Y4	0.13	2.60	2.26	0.07	7.50	0.15	16.93
	Y5	0.13	2.60	2.26	0.07	9.80	0.15	22.13
	Y6	0.13	2.70	2.34	0.07	14.25	0.15	33.41
	Y7	0.13	2.70	2.34	0.07	16.65	0.15	39.04
	Y8	0.13	2.70	2.34	6.94	16.65	16.26	39.04
	Y9	0.13	2.70	2.34	6.94	14.25	16.26	33.41
	Y10	0.13	2.40	2.08	6.94	12.00	14.45	25.01
	Y11	0.13	2.60	2.26	6.94	9.80	15.66	22.13
	Y12	0.13	2.60	2.26	6.94	7.50	15.66	16.93
	Y13	0.13	2.60	2.26	6.94	5.20	15.66	11.74
	Y14	0.13	2.40	2.08	6.94	3.00	14.45	6.25
	Y15	0.13	2.10	1.82	6.94	1.05	12.65	1.91
	Y16	0.13	2.10	1.82	3.44	1.05	6.26	1.91
	Y17	0.13	2.60	2.26	3.44	7.50	7.76	16.93
	Y18	0.13	2.70	2.34	3.44	14.25	8.05	33.41
	Tab 1	0.13	1.00	0.87	0.75	15.37	0.65	13.34
	Tab 2	0.13	1.00	0.87	3.44	10.30	2.98	8.94
	Losa 1	área	35.70	10.71	3.50	15.45	37.49	165.47
	Losa 2	área	8.64	2.59	4.60	12.00	11.92	31.10
	Losa 3	área	77.70	23.31	3.50	5.55	81.59	129.37

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59 Centro de masas del 2° nivel

PISO 2	X1	0.13	2.20	1.91	1.08	4.14	2.05	7.90
	X2	0.13	2.20	1.91	1.08	8.74	2.05	16.69
	X3	0.13	2.20	1.91	1.08	11.04	2.05	21.08
	X4	0.13	2.20	1.91	1.08	12.97	2.05	24.77
	X5	0.13	2.18	1.89	1.09	17.94	2.05	33.88
	X6	0.13	3.10	2.69	3.48	17.94	9.35	48.28
	X7	0.13	2.23	1.93	5.89	17.94	11.38	34.65
	X8	0.13	2.23	1.93	5.90	12.97	11.40	25.05
	X9	0.13	2.23	1.93	5.90	8.74	11.40	16.88
	X10	0.13	2.23	1.93	5.90	4.14	11.40	7.99
	Y1	0.13	2.10	1.82	0.07	1.05	0.12	1.91
	Y2	0.13	2.40	2.08	0.07	3.00	0.14	6.25
	Y3	0.13	2.60	2.26	0.07	5.20	0.15	11.74
	Y4	0.13	2.60	2.26	0.07	7.50	0.15	16.93
	Y5	0.13	2.60	2.26	0.07	9.80	0.15	22.13
	Y6	0.13	2.70	2.34	0.07	14.25	0.15	33.41
	Y7	0.13	2.70	2.34	0.07	16.65	0.15	39.04
	Y8	0.13	2.70	2.34	6.94	16.65	16.26	39.04
	Y9	0.13	2.70	2.34	6.94	14.25	16.26	33.41
	Y10	0.13	2.40	2.08	6.94	12.00	14.45	25.01
	Y11	0.13	2.60	2.26	6.94	9.80	15.66	22.13
	Y12	0.13	2.60	2.26	6.94	7.50	15.66	16.93
	Y13	0.13	2.60	2.26	6.94	5.20	15.66	11.74
	Y14	0.13	2.40	2.08	6.94	3.00	14.45	6.25
	Y15	0.13	2.10	1.82	6.94	1.05	12.65	1.91
	Y16	0.13	2.10	1.82	3.44	1.05	6.26	1.91
	Y17	0.13	2.60	2.26	3.44	7.50	7.76	16.93
	Y18	0.13	2.70	2.34	3.44	14.25	8.05	33.41
	Parap 1	0.13	1.60	1.39	1.81	0.07	2.51	0.09
	Parap 2	0.13	1.60	1.39	5.19	0.07	7.20	0.09
	Tab 1	0.13	0.76	0.66	0.63	0.07	0.42	0.04
	Tab 2	0.13	0.76	0.66	2.99	0.07	1.97	0.04
	Tab 3	0.13	0.77	0.66	4.00	0.07	2.66	0.04
	Tab 4	0.13	0.77	0.66	6.37	0.07	4.23	0.04
	Tab 5	0.13	1.00	0.87	0.75	15.37	0.65	13.34
	Tab 6	0.13	1.00	0.87	3.44	10.30	2.98	8.94
	Lara 1	área	35.70	10.71	3.50	15.45	37.49	165.47
	Lara 2	área	8.64	2.59	4.60	12.00	11.92	31.10
	Lara 3	área	77.70	23.31	3.50	5.55	81.59	129.37

Fuente: Elaboración propia

44

Se calculará el centro de masas de la edificación:

Tabla 60 Centro de masas de la edificación

	Piso 1	Piso 2
Xcmt	3.57	3.52
Ycmt	9.30	8.99

57

Fuente: Elaboración propia

4
Tabla 61 Centro de rigideces en el 1° nivel

	Muro	Espesor (m)	Long (m)	Xer (m)	Yer (m)	Kx (tn/m)	Ky (tn/m)	Kx*Yer (tn)	Ky*Xer (tn)
PISO 1	X 1	0.13	2.20	1.08	4.14	4163.38		17215.57	0.00
	X 2	0.13	2.20	1.08	8.74	4163.38		36367.11	0.00
	X 3	0.13	2.20	1.08	11.04	4163.38		45942.88	0.00
	X 4	0.13	2.20	1.08	12.97	4163.38		53978.20	0.00
	X 5	0.13	2.18	1.09	17.94	4055.07		72727.63	0.00
	X 6	0.13	3.10	3.48	17.94	8664.82		155403.63	0.00
	X 7	0.13	2.23	5.89	17.94	4272.81		76632.85	0.00
	X 8	0.13	2.23	5.90	12.97	4272.81		55396.99	0.00
	X 9	0.13	2.23	5.90	8.74	4272.81		37323.00	0.00
	X 10	0.13	2.23	5.90	4.14	4272.81		17668.07	0.00
	X 11	0.13	2.25	5.90	0.07	4383.34		284.92	0.00
	Y 1	0.13	2.10	0.07	1.05		3737.06	0.00	242.91
	Y 2	0.13	2.40	0.07	3.00		5068.59	0.00	329.46
	Y 3	0.13	2.60	0.07	5.20		6035.71	0.00	392.32
	Y 4	0.13	2.60	0.07	7.50		6035.71	0.00	392.32
	Y 5	0.13	2.60	0.07	9.80		6035.71	0.00	392.32
	Y 6	0.13	2.70	0.07	14.25		6539.54	0.00	425.07
	Y 7	0.13	2.70	0.07	16.65		6539.54	0.00	425.07
	Y 8	0.13	2.70	6.94	16.65		6539.54	0.00	45351.69
	Y 9	0.13	2.70	6.94	14.25		6539.54	0.00	45351.69
	Y 10	0.13	2.40	6.94	12.00		5068.59	0.00	35150.69
	Y 11	0.13	2.60	6.94	9.80		6035.71	0.00	41857.68
	Y 12	0.13	2.60	6.94	7.50		6035.71	0.00	41857.68
	Y 13	0.13	2.60	6.94	5.20		6035.71	0.00	41857.68
	Y 14	0.13	2.40	6.94	3.00		5068.59	0.00	35150.69
	Y 15	0.13	2.10	6.94	1.05		3737.06	0.00	25916.48
	Y 16	0.13	2.10	3.44	1.05		3737.06	0.00	12836.79
	Y 17	0.13	2.60	3.44	7.50		6035.71	0.00	20732.68
	Y 18	0.13	2.70	3.44	14.25		6539.54	0.00	22463.31

Fuente: Elaboración propia

Tabla 62 Centro de rigideces en el 2° nivel

PISO 2	X 1	0.13	2.20	1.08	4.14	4163.38		17215.57	0.00
	X 2	0.13	2.20	1.08	8.74	4163.38		36367.11	0.00
	X 3	0.13	2.20	1.08	11.04	4163.38		45942.88	0.00
	X 4	0.13	2.20	1.08	12.97	4163.38		53978.20	0.00
	X 5	0.13	2.18	1.09	17.94	4055.07		72727.63	0.00
	X 6	0.13	3.10	3.48	17.94	8664.82		155403.63	0.00
	X 7	0.13	2.23	5.89	17.94	4272.81		76632.85	0.00
	X 8	0.13	2.23	5.90	12.97	4272.81		55396.99	0.00
	X 9	0.13	2.23	5.90	8.74	4272.81		37323.00	0.00
	X 10	0.13	2.23	5.90	4.14	4272.81		17668.07	0.00
	Y 1	0.13	2.10	0.07	1.05		3737.06	0.00	242.91
	Y 2	0.13	2.40	0.07	3.00		5068.59	0.00	329.46
	Y 3	0.13	2.60	0.07	5.20		6035.71	0.00	392.32
	Y 4	0.13	2.60	0.07	7.50		6035.71	0.00	392.32
	Y 5	0.13	2.60	0.07	9.80		6035.71	0.00	392.32
	Y 6	0.13	2.70	0.07	14.25		6539.54	0.00	425.07
	Y 7	0.13	2.70	0.07	16.65		6539.54	0.00	425.07
	Y 8	0.13	2.70	6.94	16.65		6539.54	0.00	45351.69
	Y 9	0.13	2.70	6.94	14.25		6539.54	0.00	45351.69
	Y 10	0.13	2.40	6.94	12.00		5068.59	0.00	35150.69
	Y 11	0.13	2.60	6.94	9.80		6035.71	0.00	41857.68
	Y 12	0.13	2.60	6.94	7.50		6035.71	0.00	41857.68
	Y 13	0.13	2.60	6.94	5.20		6035.71	0.00	41857.68
	Y 14	0.13	2.40	6.94	3.00		5068.59	0.00	35150.69
	Y 15	0.13	2.10	6.94	1.05		3737.06	0.00	25916.48
	Y 16	0.13	2.10	3.44	1.05		3737.06	0.00	12836.79
	Y 17	0.13	2.60	3.44	7.50		6035.71	0.00	20732.68
	Y 18	0.13	2.70	3.44	14.25		6539.54	0.00	22463.31

Fuente: Elaboración propia

También, se calculará el centro de rigideces solo se evaluará la rigidez de los muros portantes.

Tabla 63 Centro de rigideces en la edificación

	Piso 1	Piso 2
Centro de rigidez X-X	3.66	3.66
Centro de rigidez Y-Y	11.19	12.24

Fuente: Elaboración propia

Posterior a esto se obtendrá el peso sísmico de la edificación, se tendrá en cuenta el Metrado de cargas anterior, y se halló la carga muerta y carga viva, teniendo esta por norma E.030 un 25% del total de la carga viva. Obteniendo una suma de peso total de 295.84 tn.

Tabla 64 Peso sísmico de la edificación

Piso	Peso de muros portantes	Peso de muros no	Peso de alfeiz	Peso de losa alig	Peso de acab	Peso de colum	Peso de vigas	Total CM	Total CV	Peso total (tn)
1	61.16	1.22	0.00	36.61	12.20	18.14	13.86	143.19	24.41	149.30
2	59.20	3.07	0.90	36.61	12.20	17.64	13.86	143.49	12.20	146.54

Fuente: Elaboración propia

Luego se obtendrá el análisis sísmico de la edificación, se calculará la fuerza cortante en la base de la estructura, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Z: 4 (zona Costa)
- U: 1 (vivienda unifamiliar)
- S: 1.1 (Tipo S3, suelo blando)
- C: 2.5
- Ro: 6 (por norma E.070, se evaluará con sismo moderado, siendo la mitad fuerzas sísmicas generadas por el sismo severo).

Teniendo en cuenta que es una estructura regular en planta y en altura, el coeficiente de reducción sísmica será: $R = 6$.

Reemplazando los valores, se obtiene que la cortante basal de la estructura es 61.02 tn.

Distribuyendo la cortante basal en la altura de la edificación:

Tabla 65 Fuerzas cortantes y momentos en altura

Piso	Pi (tn)	Hi (m)	Pi*Hi	$\frac{P_i * (h_i)^K}{\sum_{i=1}^n P_i * (h_i)^K}$	Fi (tn)	Vi (tn)	Mi (tn-m)
1	149.30	2.80	418.03	0.34	20.59	61.02	170.85
2	146.54	5.60	820.63	0.66	40.42	40.42	226.38

Fuente: Elaboración propia

Se calcula los momentos torsores para cada piso y en cada dirección, teniendo en cuenta la excentricidad física y accidental.

Tabla 66 Momentos torsores en planta

Piso	Ycm (m)	Ycr (m)	ey (fis) (m)	Y (m)	ey (acc) (m)	Mtx1 (tn-m)	Mtx2 (tn-m)
1	9.30	11.19	1.89	18.00	0.90	170.04	60.21
2	8.99	12.24	3.25	18.00	0.90	167.67	94.91
Piso	Xcm (m)	Xcr (m)	ex (fis) (m)	X (m)	ex (acc) (m)	Mty1 (tn-m)	Mty2 (tn-m)
1	3.57	3.66	0.09	7.00	0.35	26.78	-15.93
2	3.52	3.66	0.14	7.00	0.35	19.68	-8.62

Fuente: Elaboración propia

Luego se procede a distribuir la fuerza sísmica en cada muro y para cada nivel:

Tabla 67 Fuerzas cortantes en cada muro de 1° nivel

Muro	Vjx (tn)	Muro	Vjy (tn)
X 1	6.77	Y 1	2.38
X 2	5.61	Y 2	3.22
X 3	5.03	Y 3	3.84
X 4	5.00	Y 4	3.84
X 5	4.87	Y 5	3.84
X 6	10.40	Y 6	4.16
X 7	5.13	Y 7	4.16
X 8	5.13	Y 8	4.06
X 9	5.76	Y 9	4.06
X 10	6.95	Y 10	3.14
X 11	8.21	Y 11	3.75
		Y 12	3.75
		Y 13	3.75
		Y 14	3.14
		Y 15	2.32
		Y 16	2.26
		Y 17	3.65
		Y 18	3.95

Fuente: Elaboración propia

Tabla 68 Fuerzas cortantes en cada muro de 2° nivel

Muro	V _{jx} (tn)	Muro	V _{jy} (tn)
X 1	6.17	Y 1	1.61
X 2	4.72	Y 2	2.18
X 3	4.00	Y 3	2.60
X 4	3.62	Y 4	2.60
X 5	3.53	Y 5	2.60
X 6	7.54	Y 6	2.82
X 7	3.72	Y 7	2.82
X 8	3.72	Y 8	2.69
X 9	4.85	Y 9	2.69
X 10	6.33	Y 10	2.09
		Y 11	2.48
		Y 12	2.48
		Y 13	2.48
		Y 14	2.09
		Y 15	1.54
		Y 16	1.50
		Y 17	2.42
		Y 18	2.62

34

Fuente: Elaboración propia

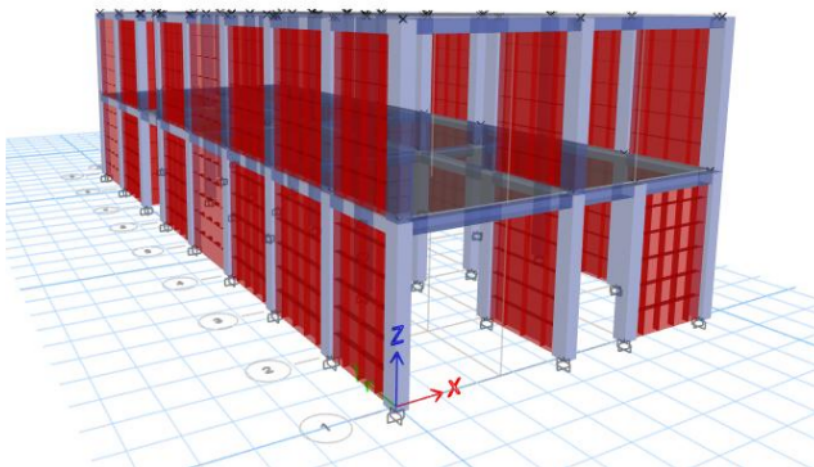
Se hallaron los momentos en cada muro, multiplicando la altura del muro portante y la cortante de cada muro.

Tabla 69 Momentos en cada muro

Muro	Piso 1	Piso 2			
X 1	17.60	16.04	Y 5	9.98	6.76
X 2	14.59	12.28	Y 6	10.82	7.32
X 3	13.09	10.40	Y 7	10.82	7.32
X 4	12.99	9.42	Y 8	10.55	7.00
X 5	12.65	9.17	Y 9	10.55	7.00
X 6	27.03	19.60	Y 10	8.18	5.42
X 7	13.33	9.67	Y 11	9.74	6.46
X 8	13.33	9.67	Y 12	9.74	6.46
X 9	14.98	12.60	Y 13	9.74	6.46
X 10	18.07	16.46	Y 14	8.18	5.42
X 11	21.34	0.00	Y 15	6.03	4.00
Y 1	6.18	4.18	Y 16	5.87	3.89
Y 2	8.38	5.68	Y 17	9.48	6.29
Y 3	9.98	6.76	Y 18	10.27	6.81
Y 4	9.98	6.76			

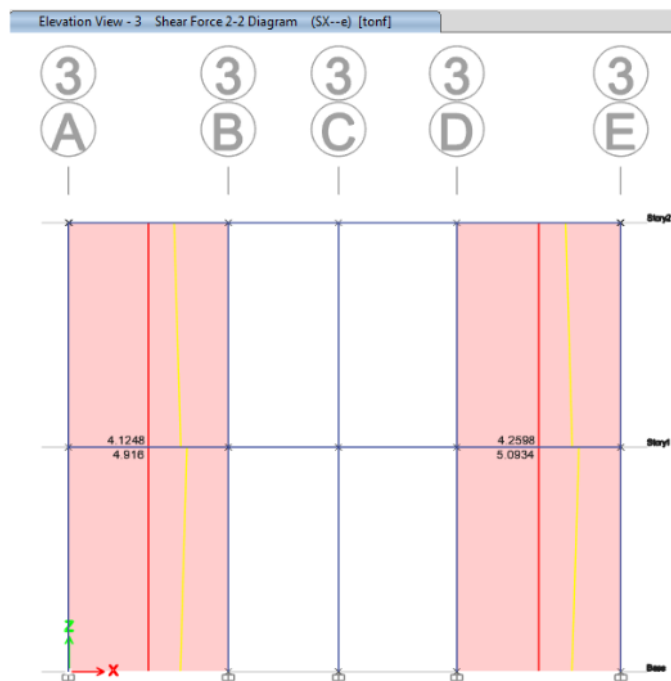
Fuente: Elaboración propia

Figura 32 Modelo en ETABS, vivienda de 2 niveles



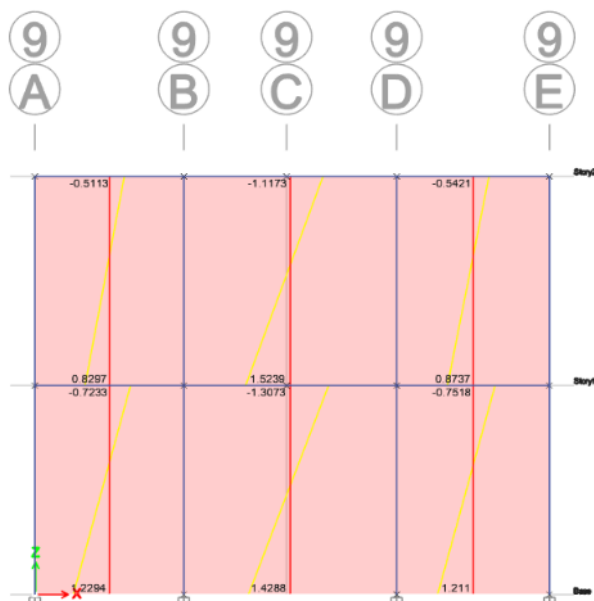
Fuente: ETABS

Figura 33 Fuerzas cortantes en muros de 1er y 2do nivel, eje 3



Fuente: ETABS

Figura 34 Momentos en muros de 1er y 2do nivel, eje 9



Fuente: ETABS

Tabla 70 Verificación de fisuración de muros en el 1° nivel

Muro	L (m)	t (m)	Pg (tn)	VeI (tn)	MeI (tn-m)	α	Vmi (tn)	0.55Vmi (tn)	Ve \leq 0.55Vm
X1	2.20	0.13	3.15	6.77	17.60	0.8	10.52	5.79	Se agrieta
X2	2.20	0.13	2.82	5.61	14.59	0.8	10.45	5.75	No se agrieta
X3	2.20	0.13	1.93	5.03	13.09	0.8	10.24	5.63	No se agrieta
X4	2.20	0.13	2.19	5.00	12.99	0.8	10.31	5.67	No se agrieta
X5	2.18	0.13	1.94	4.87	12.65	0.8	10.03	5.51	No se agrieta
X6	3.10	0.13	3.07	10.40	27.03	1.0	17.03	9.36	Se agrieta
X7	2.23	0.13	1.99	5.13	13.33	0.9	10.48	5.77	No se agrieta
X8	2.23	0.13	3.13	5.13	13.33	0.9	10.74	5.91	No se agrieta
X9	2.23	0.13	3.18	5.76	14.98	0.9	10.76	5.92	No se agrieta
X10	2.23	0.13	3.18	6.95	18.07	0.9	10.76	5.92	Se agrieta
X11	2.25	0.13	2.29	8.21	21.34	0.9	10.78	5.93	Se agrieta
Y1	2.10	0.13	2.11	2.38	6.18	0.8	9.42	5.18	No se agrieta
Y2	2.40	0.13	2.52	3.22	8.38	0.9	12.24	6.73	No se agrieta
Y3	2.60	0.13	2.70	3.84	9.98	1.0	14.31	7.87	No se agrieta
Y4	2.60	0.13	2.79	3.84	9.98	1.0	14.33	7.88	No se agrieta
Y5	2.60	0.13	1.90	3.84	9.98	1.0	14.13	7.77	No se agrieta
Y6	2.70	0.13	2.93	4.16	10.82	1.0	15.44	8.49	No se agrieta
Y7	2.70	0.13	2.93	4.16	10.82	1.0	15.44	8.49	No se agrieta
Y8	2.70	0.13	2.93	4.06	10.55	1.0	15.44	8.49	No se agrieta
Y9	2.70	0.13	2.93	4.06	10.55	1.0	15.44	8.49	No se agrieta
Y10	2.40	0.13	2.47	3.14	8.18	0.9	12.23	6.73	No se agrieta
Y11	2.60	0.13	2.71	3.75	9.74	1.0	14.31	7.87	No se agrieta
Y12	2.60	0.13	2.80	3.75	9.74	1.0	14.33	7.88	No se agrieta
Y13	2.60	0.13	2.71	3.75	9.74	1.0	14.31	7.87	No se agrieta
Y14	2.40	0.13	2.52	3.14	8.18	0.9	12.24	6.73	No se agrieta
Y15	2.10	0.13	2.11	2.32	6.03	0.8	9.42	5.18	No se agrieta
Y16	2.10	0.13	2.87	2.26	5.87	0.8	9.59	5.27	No se agrieta
Y17	2.60	0.13	3.90	3.65	9.48	1.0	14.59	8.02	No se agrieta
Y18	2.70	0.13	4.11	3.95	10.27	1.0	15.71	8.64	No se agrieta

Fuente: Elaboración propia

62
 Tabla 71 Verificación de fisuración de muros en el 2° nivel

Muro	L (m)	t (m)	Pg (tn)	Vei (tn)	Mei (tn-m)	α	Vmi (tn)	0.55Vmi (tn)	Ve \leq 0.55Vmi
X1	2.20	0.13	3.05	6.17	16.04	0.8	10.50	5.78	Se agrieta
X2	2.20	0.13	2.74	4.72	12.28	0.8	10.43	5.74	No se agrieta
X3	2.20	0.13	1.89	4.00	10.40	0.8	10.24	5.63	No se agrieta
X4	2.20	0.13	2.15	3.62	9.42	0.8	10.29	5.66	No se agrieta
X5	2.18	0.13	1.91	3.53	9.17	0.8	10.02	5.51	No se agrieta
X6	3.10	0.13	3.00	7.54	19.60	1.0	17.01	9.36	No se agrieta
X7	2.23	0.13	1.96	3.72	9.67	0.9	10.47	5.76	No se agrieta
X8	2.23	0.13	3.03	3.72	9.67	0.9	10.72	5.90	No se agrieta
X9	2.23	0.13	3.08	4.85	12.60	0.9	10.73	5.90	No se agrieta
X10	2.23	0.13	3.08	6.33	16.46	0.9	10.73	5.90	Se agrieta
Y1	2.10	0.13	2.07	1.61	4.18	0.8	9.41	5.17	No se agrieta
Y2	2.40	0.13	2.46	2.18	5.68	0.9	12.23	6.73	No se agrieta
Y3	2.60	0.13	2.64	2.60	6.76	1.0	14.30	7.86	No se agrieta
Y4	2.60	0.13	2.73	2.60	6.76	1.0	14.32	7.87	No se agrieta
Y5	2.60	0.13	1.89	2.60	6.76	1.0	14.12	7.77	No se agrieta
Y6	2.70	0.13	2.86	2.82	7.32	1.0	15.42	8.48	No se agrieta
Y7	2.70	0.13	2.86	2.82	7.32	1.0	15.42	8.48	No se agrieta
Y8	2.70	0.13	2.86	2.69	7.00	1.0	15.42	8.48	No se agrieta
Y9	2.70	0.13	2.86	2.69	7.00	1.0	15.42	8.48	No se agrieta
Y10	2.40	0.13	2.41	2.09	5.42	0.9	12.22	6.72	No se agrieta
Y11	2.60	0.13	2.64	2.48	6.46	1.0	14.30	7.86	No se agrieta
Y12	2.60	0.13	2.73	2.48	6.46	1.0	14.32	7.87	No se agrieta
Y13	2.60	0.13	2.64	2.48	6.46	1.0	14.30	7.86	No se agrieta
Y14	2.40	0.13	2.46	2.09	5.42	0.9	12.23	6.73	No se agrieta
Y15	2.10	0.13	2.07	1.54	4.00	0.8	9.41	5.17	No se agrieta
Y16	2.10	0.13	2.78	1.50	3.89	0.8	9.57	5.26	No se agrieta
Y17	2.60	0.13	3.77	2.42	6.29	1.0	14.56	8.01	No se agrieta
Y18	2.70	0.13	3.97	2.62	6.81	1.0	15.68	8.62	No se agrieta

Fuente: Elaboración propia

1
 La norma de albañilería E 0.70 indica que para un sismo moderado se controla la fisuración, en donde la fuerza cortante admisible del muro (Vei) tiene que ser menor o igual a la mitad de la resistencia al corte del muro (Vmi). Al cumplirse la expresión anterior, el muro no se agrietará, caso contrario el muro se agrietará. Como se aprecia en la tabla anterior, en la dirección Y no se agrieta ningún muro para el caso de un sismo moderado, ni en el primer ni segundo piso, caso contrario para la dirección X, en donde el segundo piso se agrietan los muros (X1 y X10), y en el primer nivel los muros (X1, X6, X10 y X11).

Ahora, conociendo los muros que sufren un agrietamiento, se pondrá en consideración los datos de una albañilería reforzada con malla electrosoldada [22], para comprobar si esta malla es factible o no con el caso de esta edificación.

Para ello, se efectuará el mismo procedimiento anterior de la vivienda sin reforzar, sin tener en consideración ya la verificación de densidad de muros, pero si corrigiendo en los demás procedimientos en que aumentará el espesor de los muros a reforzar.

Tabla 72 Centro de masas del 1° nivel con muros reforzados

	Muro	Espesor (m)	Long (m)	Pm (tn)	Xcm (m)	Ycm (m)	Pm*Xcm (tn-m)	Pm*Ycm (tn-m)
PISO 1	X1	0.18	2.20	2.43	1.08	4.14	2.61	10.03
	X2	0.13	2.20	1.91	1.08	8.74	2.05	16.69
	X3	0.13	2.20	1.91	1.08	11.04	2.05	21.08
	X4	0.13	2.20	1.91	1.08	12.97	2.05	24.77
	X5	0.13	2.18	1.89	1.09	17.94	2.05	33.88
	X6	0.18	3.10	3.42	3.48	17.94	11.88	61.29
	X7	0.13	2.23	1.93	5.89	17.94	11.38	34.65
	X8	0.13	2.23	1.93	5.90	12.97	11.40	25.05
	X9	0.13	2.23	1.93	5.90	8.74	11.40	16.88
	X10	0.18	2.23	2.45	5.90	4.14	14.47	10.14
	X11	0.18	2.25	2.48	5.90	0.07	14.63	0.16
	Y1	0.13	2.10	1.82	0.07	1.05	0.12	1.91
	Y2	0.13	2.40	2.08	0.07	3.00	0.14	6.25
	Y3	0.13	2.60	2.26	0.07	5.20	0.15	11.74
	Y4	0.13	2.60	2.26	0.07	7.50	0.15	16.93
	Y5	0.13	2.60	2.26	0.07	9.80	0.15	22.13
	Y6	0.13	2.70	2.34	0.07	14.25	0.15	33.41
	Y7	0.13	2.70	2.34	0.07	16.65	0.15	39.04
	Y8	0.13	2.70	2.34	6.94	16.65	16.26	39.04
	Y9	0.13	2.70	2.34	6.94	14.25	16.26	33.41
	Y10	0.13	2.40	2.08	6.94	12.00	14.45	25.01
	Y11	0.13	2.60	2.26	6.94	9.80	15.66	22.13
	Y12	0.13	2.60	2.26	6.94	7.50	15.66	16.93
	Y13	0.13	2.60	2.26	6.94	5.20	15.66	11.74
	Y14	0.13	2.40	2.08	6.94	3.00	14.45	6.25
	Y15	0.13	2.10	1.82	6.94	1.05	12.65	1.91
	Y16	0.13	2.10	1.82	3.44	1.05	6.26	1.91
	Y17	0.13	2.60	2.26	3.44	7.50	7.76	16.93
	Y18	0.13	2.70	2.34	3.44	14.25	8.05	33.41

2

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que el centro de masas de la edificación con muros reforzados, varía ligeramente a los resultados de la edificación sin muros con refuerzo.

1

Tabla 73 Centro de masas de la edificación con muros reforzados

	Piso 1	Piso 2
Xcm (m)	3.63	3.54
Ycm (m)	9.37	9.65

Fuente: Elaboración propia

Tabla 74 Centro de rigideces de la edificación con muros reforzados

	Piso 1	Piso 2
Centro de rigidez X-X	3.66	3.66
Centro de rigidez Y-Y	10.86	11.71

Fuente: Elaboración propia

Para el caso del peso sísmico en la edificación de muros reforzados, se obtiene un peso total de 294.68 tn, aumentando ligeramente por el nuevo espesor (0.18 m) que se les colocó a los muros reforzados.

Tabla 75 Peso sísmico de la edificación con muros reforzados

44 Piso	Peso de muros portantes	Peso de muros no portantes	Peso de alfeiz	Peso de losa alig	Peso de acab	Peso de colum	Peso de vigas	Total CM	Total CV	Peso total (tn)
1	63.44	1.22	0.00	36.61	12.20	18.14	13.86	145.48	24.41	151.58
2	55.76	3.07	0.90	36.61	12.20	17.64	13.86	140.04	12.20	143.10

Fuente: Elaboración propia

Para la obtención de fuerzas cortantes en los muros, se halló una nueva cortante basal, resultando 60.78 tn.

Tabla 76 Nuevos momentos torsores en planta

34 Piso	Ycm (m)	Ycr (m)	ey (fís) (m)	Y (m)	ey (acc) (m)	Mtx1 (tn-m)	Mtx2 (tn-m)
1	9.37	10.86	1.49	18.00	0.90	145.31	35.91
2	9.65	11.71	2.06	18.00	0.90	117.42	45.90
Piso	Xcm (m)	Xcr (m)	ex (fís) (m)	X (m)	ex (acc) (m)	Mty1 (tn-m)	Mty2 (tn-m)
1	3.63	3.66	0.03	7.00	0.35	23.37	-19.18
2	3.54	3.66	0.13	7.00	0.35	18.92	-8.89

2
Fuente: Elaboración propia

Tabla 77 Fuerzas cortantes en cada muro reforzado del 1° nivel

Muro	Vjx (tn)
X 1	7.91
X 2	4.73
X 3	4.28
X 4	4.28
X 5	4.17
X 6	12.34
X 7	4.39
X 8	4.39
X 9	4.86
X 10	8.12
X 11	9.59

Fuente: Elaboración propia

Se obtienen unos nuevos momentos en cada muro reforzado.

Tabla 78 Momentos en cada muro de la edificación reforzada

Muro	Piso 1 (tn-m)	Piso 2 (tn-m)	Y 4	9.65	6.44
X 1	20.56	18.87	Y 5	9.65	6.44
X 2	12.31	10.61	Y 6	10.45	6.97
X 3	11.13	9.10	Y 7	10.45	6.97
X 4	11.13	8.65	Y 8	10.39	6.80
X 5	10.84	8.43	Y 9	10.39	6.80
X 6	32.07	18.01	Y 10	8.05	5.27
X 7	11.42	8.88	Y 11	9.59	6.27
X 8	11.42	8.88	Y 12	9.59	6.27
X 9	12.63	10.88	Y 13	9.59	6.27
X 10	21.10	19.36	Y 14	8.05	5.27
X 11	24.93	0.00	Y 15	5.94	3.88
Y 1	5.97	3.99	Y 16	5.84	3.82
Y 2	8.10	5.40	Y 17	9.42	6.17
Y 3	9.65	6.44	Y 18	10.21	6.68

Fuente: Elaboración propia

Como resultado se obtiene que, los muros (X1, X10) del segundo nivel, y en el primer nivel los muros (X1, X10 y X11), ya no se agrietan, esto porque cumplieron con que la fuerza cortante admisible del muro (V_{ei}) tiene que ser menor o igual a la mitad de la resistencia al corte del muro (V_{mi}).

Tabla 79 Verificación de fisuración de muros reforzados en el 1° nivel

Muro	L (m)	t (m)	Pg (tn)	V_{ei} (tn)	M_{ei} (tn-m)	α	V_{mi} (tn)	$0.55V_{mi}$ (tn)	$V_e \leq 0.55V_{mi}$
X 1	2.20	0.18	3.66	7.91	20.56	0.8	21.18	11.65	No se agrieta
X 2	2.20	0.13	2.82	4.73	12.31	0.8	15.34	8.44	No se agrieta
X 3	2.20	0.13	1.93	4.28	11.13	0.8	15.13	8.32	No se agrieta
X 4	2.20	0.13	2.19	4.28	11.13	0.8	15.19	8.36	No se agrieta
X 5	2.18	0.13	1.94	4.17	10.84	0.8	14.80	8.14	No se agrieta
X 6	3.10	0.18	3.79	12.34	32.07	1.0	34.74	19.11	No se agrieta
X 7	2.23	0.13	1.99	4.39	11.42	0.9	15.48	8.52	No se agrieta
X 8	2.23	0.13	3.13	4.39	11.42	0.9	15.74	8.66	No se agrieta
X 9	2.23	0.13	3.18	4.86	12.63	0.9	15.76	8.67	No se agrieta
X 10	2.23	0.18	3.70	8.12	21.10	0.9	21.66	11.91	No se agrieta
X 11	2.25	0.18	2.82	9.59	24.93	0.9	21.92	12.06	No se agrieta

Fuente: Elaboración propia

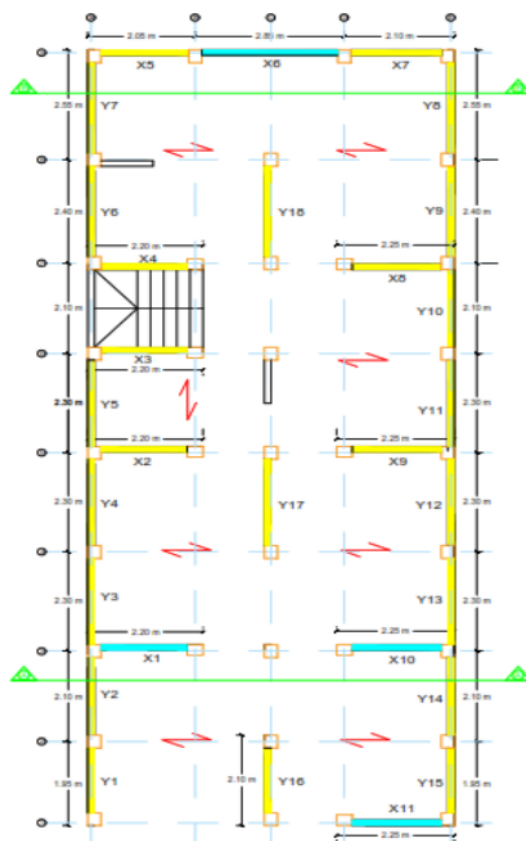
Tabla 80 Verificación de fisuración de muros reforzados en el 2° nivel

Muro	L (m)	t (m)	Pg (tn)	Vei (tn)	Mei (tn-m)	α	Vni (tn)	0.50 Vni (tn)	Ve \leq 0.50Vm
X 1	2.20	0.18	3.56	7.26	18.87	0.8	21.16	11.64	No se agrieta
X 2	2.20	0.13	2.74	4.08	10.61	0.8	15.32	8.43	No se agrieta
X 3	2.20	0.13	1.89	3.50	9.10	0.8	15.13	8.32	No se agrieta
X 4	2.20	0.13	2.15	3.33	8.65	0.8	15.18	8.35	No se agrieta
X 5	2.18	0.13	1.91	3.24	8.43	0.8	14.80	8.14	No se agrieta
X 6	3.10	0.13	3.00	6.93	18.01	1.0	25.15	13.83	No se agrieta
X 7	2.23	0.13	1.96	3.42	8.88	0.9	15.47	8.51	No se agrieta
X 8	2.23	0.13	3.03	3.42	8.88	0.9	15.72	8.65	No se agrieta
X 9	2.23	0.13	3.08	4.19	10.88	0.9	15.73	8.65	No se agrieta
X 10	2.23	0.18	3.60	7.45	19.36	0.9	21.63	11.90	No se agrieta

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene los nuevos planos con los muros reforzados en la dirección X.

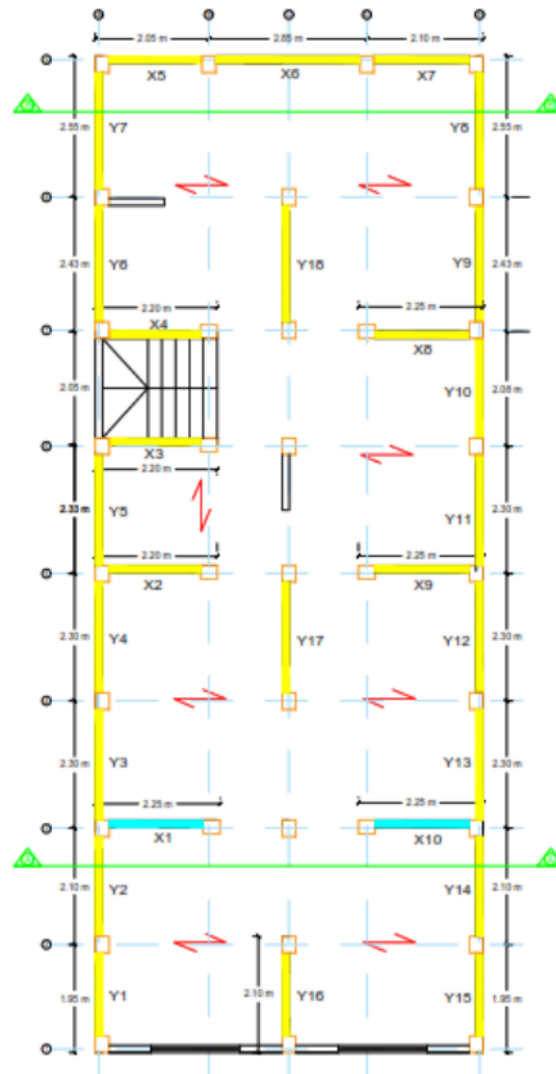
Figura 35 Planta de 1° nivel con muros reforzados en dirección X-X



PLANO PLANTA 1° NIVEL - CON
REFUERZO

Fuente: Elaboración propia

Figura 36 Planta de 2° nivel con muros reforzados en dirección X-X

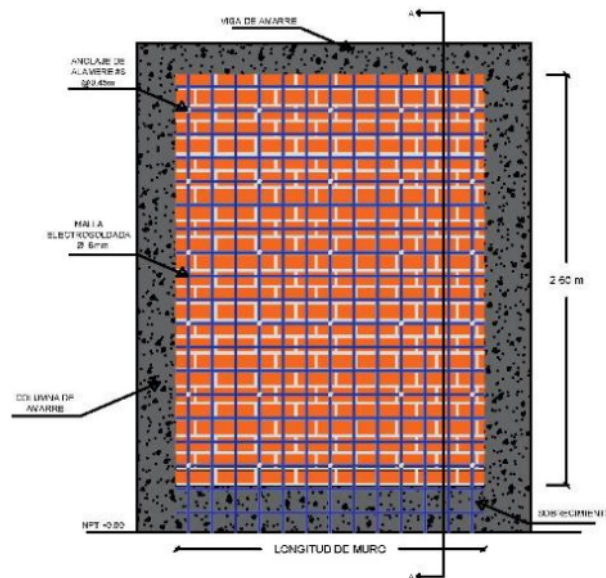


PLANO PLANTA 2° NIVEL - CON
REFUERZO

1

Fuente: Elaboración propia

Figura 37 Detalle típico de refuerzo con malla electrosoldada

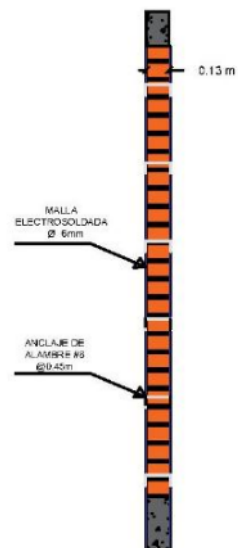


DETALLE TÍPICO DE MURO REFORZADO

ESC. 1/50

Fuente: Elaboración propia

Figura 38 Detalle de sección transversal de muro con malla electrosoldada



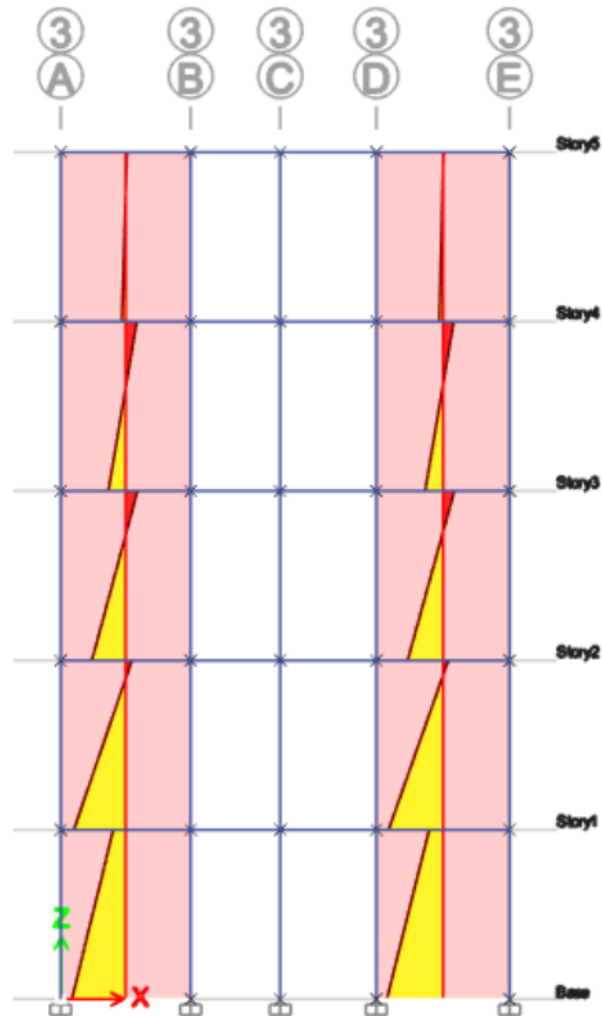
SECCIÓN A-A

ESC. 1/50

Fuente: Elaboración propia

También se evaluó el mismo procedimiento para la misma vivienda teniendo como condición de 1 nivel hasta 5 niveles, con la diferencia que la vivienda con tres niveles a más, la altura de entrepiso varía a $h=2.40\text{m}$. Además, se verificaron los cortantes y momentos de los muros de la edificación no reforzada en el software ETABS.

Figura 39 Momentos en muros del eje 3, vivienda 5 niveles



Fuente: ETABS

- Para edificación con 1 nivel:

Tabla 81 1 Piso: Verificación de fisuración de muros en el 1° nivel

Muro	L (m)	t (m)	Pg (tn)	Vei (tn)	Mei (tn-m)	α	Vmi (tn)	0.55Vmi (tn)	Ve \leq 0.55Vmi
X 1	2.20	0.13	3.15	6.83	17.77	0.85	10.52	5.79	Se agrieta
X 2	2.20	0.13	2.82	5.67	14.73	0.85	10.45	5.75	No se agrieta
X 3	2.20	0.13	1.93	5.08	13.21	0.85	10.24	5.63	No se agrieta
X 4	2.20	0.13	2.19	5.04	13.11	0.85	10.31	5.67	No se agrieta
X 5	2.18	0.13	1.94	4.91	12.77	0.84	10.03	5.51	No se agrieta
X 6	3.10	0.13	3.07	10.49	27.29	1	20.17	11.09	No se agrieta
X 7	2.23	0.13	1.99	5.18	13.46	0.86	10.48	5.77	No se agrieta
X 8	2.23	0.13	3.13	5.18	13.46	0.86	10.74	5.91	No se agrieta
X 9	2.23	0.13	3.18	5.81	15.12	0.86	10.76	5.92	No se agrieta
X 10	2.23	0.13	3.18	7.01	18.23	0.86	10.76	5.92	Se agrieta
X 11	2.25	0.13	2.29	8.28	21.54	0.87	10.78	5.93	Se agrieta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 82 1 Piso: Verificación de fisuración de muros reforzados en el 1° nivel

Muro	L (m)	t (m)	Pg (tn)	Vei (tn)	Mei (tn-m)	α	Vmi (tn)	0.55Vmi (tn)	Ve \leq 0.55Vm
X 1	2.20	0.18	3.66	8.18	21.28	0.85	21.18	11.65	No se agrieta
X 2	2.20	0.13	2.82	4.99	12.97	0.85	15.34	8.44	No se agrieta
X 3	2.20	0.13	1.93	4.64	12.08	0.85	15.13	8.32	No se agrieta
X 4	2.20	0.13	2.19	4.64	12.08	0.85	15.19	8.36	No se agrieta
X 5	2.18	0.13	1.94	4.52	11.76	0.84	14.80	8.14	No se agrieta
X 6	3.10	0.13	3.07	9.67	25.13	1	29.87	16.43	No se agrieta
X 7	2.23	0.13	1.99	4.77	12.39	0.86	15.48	8.52	No se agrieta
X 8	2.23	0.13	3.13	4.77	12.39	0.86	15.74	8.66	No se agrieta
X 9	2.23	0.13	3.18	5.12	13.31	0.86	15.76	8.67	No se agrieta
X 10	2.23	0.18	3.70	8.40	21.84	0.86	21.66	11.91	No se agrieta
X 11	2.25	0.18	2.82	9.81	25.50	0.87	21.92	12.06	No se agrieta

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en las tablas anteriores, al hacer uso de las mallas electrosoldadas, ya no se fisuran los muros en la dirección X-X, quedando como evidencia que se logra reforzar y prevenir muros portantes fisurados.

- Para edificación con 3 niveles:

Tabla 83 3 Pisos: Verificación de fisuración de muros en el 1° nivel

Muro	L (m)	t (m)	Pg (tn)	Vei (tn)	Mei (tn-m)	α	Vni (tn)	0.55Vni (tn)	Ve \leq 0.55Vm
X 1	2.20	0.13	3.04	9.81	23.54	0.9	11.32	6.22	Se agrieta
X 2	2.20	0.13	2.72	8.13	19.52	0.9	11.24	6.18	Se agrieta
X 3	2.20	0.13	1.82	7.30	17.51	0.9	11.04	6.07	Se agrieta
X 4	2.20	0.13	2.09	7.25	17.40	0.9	11.10	6.10	Se agrieta
X 5	2.18	0.13	1.84	7.07	16.96	0.9	10.80	5.94	Se agrieta
X 6	3.10	0.13	2.92	14.69	35.25	1.0	16.99	9.35	Se agrieta
X 7	2.23	0.13	1.89	7.43	17.84	0.9	11.29	6.21	Se agrieta
X 8	2.23	0.13	3.02	7.43	17.84	0.9	11.56	6.36	Se agrieta
X 9	2.23	0.13	3.08	8.34	20.02	0.9	11.57	6.36	Se agrieta
X 10	2.23	0.13	3.08	10.06	24.14	0.9	11.57	6.36	Se agrieta
X 11	2.25	0.13	2.19	11.87	28.48	0.9	11.61	6.38	Se agrieta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 84 3 Pisos: Verificación de fisuración de muros reforzados en el 1° nivel

Muro	L (m)	t (m)	Pg (tn)	Vei (tn)	Mei (tn-m)	α	Vni (tn)	0.55Vni (tn)	Ve \leq 0.55Vm
X 1	2.20	0.18	3.52	10.49	25.17	0.9	22.84	12.56	No se agrieta
X 2	2.20	0.18	3.19	8.49	20.39	0.9	22.77	12.52	No se agrieta
X 3	2.20	0.18	2.30	7.50	17.99	0.9	22.56	12.41	No se agrieta
X 4	2.20	0.18	2.57	7.44	17.86	0.9	22.62	12.44	No se agrieta
X 5	2.18	0.18	2.31	7.26	17.41	0.9	22.07	12.14	No se agrieta
X 6	3.10	0.18	3.59	15.08	36.19	1.0	34.70	19.08	No se agrieta
X 7	2.23	0.18	2.37	7.63	18.32	0.9	23.08	12.70	No se agrieta
X 8	2.23	0.18	3.50	7.63	18.32	0.9	23.34	12.84	No se agrieta
X 9	2.23	0.18	3.56	8.71	20.90	0.9	23.36	12.85	No se agrieta
X 10	2.23	0.18	3.56	10.75	25.81	0.9	23.36	12.85	No se agrieta
X 11	2.25	0.18	2.67	12.88	30.90	0.9	23.66	13.01	No se agrieta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 85 3 Pisos: Verificación de fisuración de muros en el 2° nivel

Muro	L (m)	t (m)	Pg (tn)	Vei (tn)	Mei (tn-m)	α	Vni (tn)	0.55Vni (tn)	Ve \leq 0.55Vm
X 1	2.20	0.13	3.04	11.22	26.92	0.9	11.32	6.22	Se agrieta
X 2	2.20	0.13	2.72	8.59	20.61	0.9	11.24	6.18	Se agrieta
X 3	2.20	0.13	1.82	7.27	17.46	0.9	11.04	6.07	Se agrieta
X 4	2.20	0.13	2.09	6.60	15.85	0.9	11.10	6.10	Se agrieta
X 5	2.18	0.13	1.84	6.44	15.45	0.9	10.80	5.94	Se agrieta
X 6	3.10	0.13	2.92	13.38	32.10	1.0	16.99	9.35	Se agrieta
X 7	2.23	0.13	1.89	6.77	16.25	0.9	11.29	6.21	Se agrieta
X 8	2.23	0.13	3.02	6.77	16.25	0.9	11.56	6.36	Se agrieta
X 9	2.23	0.13	3.08	8.81	21.14	0.9	11.57	6.36	Se agrieta
X 10	2.23	0.13	3.08	11.50	27.61	0.9	11.57	6.36	Se agrieta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 86 3 Pisos: Verificación de fisuración de muros reforzados en el 2° nivel

Muro	L (m)	t (m)	Pg (tn)	Vei (tn)	Mei (tn-m)	α	Vni (tn)	0.55Vni (tn)	$V_e \leq 0.55V_m$
X 1	2.20	0.18	3.52	11.83	28.40	0.9	22.84	12.56	No se agrieta
X 2	2.20	0.18	3.19	8.94	21.46	0.9	22.77	12.52	No se agrieta
X 3	2.20	0.18	2.30	7.49	17.99	0.9	22.56	12.41	No se agrieta
X 4	2.20	0.18	2.57	6.76	16.21	0.9	22.62	12.44	No se agrieta
X 5	2.18	0.18	2.31	6.59	15.81	0.9	22.07	12.14	No se agrieta
X 6	3.10	0.18	3.59	13.69	32.85	1.0	34.70	19.08	No se agrieta
X 7	2.23	0.18	2.37	6.93	16.63	0.9	23.08	12.70	No se agrieta
X 8	2.23	0.18	3.50	6.93	16.63	0.9	23.34	12.84	No se agrieta
X 9	2.23	0.18	3.56	9.17	22.00	0.9	23.36	12.85	No se agrieta
X 10	2.23	0.18	3.56	12.13	29.12	0.9	23.36	12.85	No se agrieta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 87 3 Pisos: Verificación de fisuración de muros en el 3° nivel

Muro	L (m)	t (m)	Pg (tn)	Vei (tn)	Mei (tn-m)	α	Vni (tn)	0.55Vni (tn)	$V_e \leq 0.55V_m$
X 1	2.20	0.13	2.94	6.67	16.01	0.9	11.29	6.21	Se agrieta
X 2	2.20	0.13	2.63	5.11	12.26	0.9	11.22	6.17	No se agrieta
X 3	2.20	0.13	1.79	4.33	10.39	0.9	11.03	6.07	No se agrieta
X 4	2.20	0.13	2.04	3.93	9.43	0.9	11.09	6.10	No se agrieta
X 5	2.18	0.13	1.80	3.83	9.19	0.9	10.79	5.94	No se agrieta
X 6	3.10	0.13	2.86	7.96	19.10	1.0	16.98	9.34	No se agrieta
X 7	2.23	0.13	1.85	4.03	9.67	0.9	11.29	6.21	No se agrieta
X 8	2.23	0.13	2.93	4.03	9.67	0.9	11.53	6.34	No se agrieta
X 9	2.23	0.13	2.98	5.24	12.57	0.9	11.55	6.35	No se agrieta
X 10	2.23	0.13	2.98	6.84	16.42	0.9	11.55	6.35	Se agrieta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 88 3 Pisos: Verificación de fisuración de muros reforzados en el 3° nivel

Muro	L (m)	t (m)	Pg (tn)	Vei (tn)	Mei (tn-m)	α	Vni (tn)	0.55Vni (tn)	$V_e \leq 0.55V_m$
X 1	2.20	0.18	3.42	8.07	19.36	0.9	22.82	12.55	No se agrieta
X 2	2.20	0.13	2.63	4.54	10.89	0.9	16.52	9.09	No se agrieta
X 3	2.20	0.13	1.79	3.89	9.35	0.9	16.33	8.98	No se agrieta
X 4	2.20	0.13	2.04	3.71	8.91	0.9	16.38	9.01	No se agrieta
X 5	2.18	0.13	1.80	3.62	8.69	0.9	15.97	8.78	No se agrieta
X 6	3.10	0.13	2.86	7.52	18.06	1.0	25.12	13.82	No se agrieta
X 7	2.23	0.13	1.85	3.81	9.14	0.9	16.70	9.19	No se agrieta
X 8	2.23	0.13	2.93	3.81	9.14	0.9	16.95	9.32	No se agrieta
X 9	2.23	0.13	2.98	4.65	11.17	0.9	16.96	9.33	No se agrieta
X 10	2.23	0.18	3.46	8.27	19.85	0.9	23.33	12.83	No se agrieta

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en las tablas anteriores, para una edificación de 3 niveles, al hacer uso de las mallas electrosoldadas, aún se sigue controlando totalmente la fisuración de los muros en la dirección X-X en todos los niveles.

- Para edificación con 4 niveles:

Tabla 89 4 Pisos: Verificación de fisuración de muros en el 1° nivel

Muro	L (m)	t (m)	Pg (tn)	Vei (tn)	Mei (tn-m)	α	Vni (tn)	0.55Vni (tn)	Ve ≤ 0.55Vm
X 1	2.20	0.13	3.04	13.10	31.45	0.9	11.32	6.22	Se agrieta
X 2	2.20	0.13	2.72	10.87	26.08	0.9	11.24	6.18	Se agrieta
X 3	2.20	0.13	1.82	9.75	23.39	0.9	11.04	6.07	Se agrieta
X 4	2.20	0.13	2.09	9.69	23.25	0.9	11.10	6.10	Se agrieta
X 5	2.18	0.13	1.84	9.44	22.66	0.9	10.80	5.94	Se agrieta
X 6	3.10	0.13	2.92	19.62	47.10	1.0	16.99	9.35	Se agrieta
X 7	2.23	0.13	1.89	9.93	23.84	0.9	11.29	6.21	Se agrieta
X 8	2.23	0.13	3.02	9.93	23.84	0.9	11.56	6.36	Se agrieta
X 9	2.23	0.13	3.08	11.14	26.74	0.9	11.57	6.36	Se agrieta
X 10	2.23	0.13	3.08	13.44	32.25	0.9	11.57	6.36	Se agrieta
X 11	2.25	0.13	2.19	15.85	38.05	0.9	11.61	6.38	Se agrieta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 90 4 Pisos: Verificación de fisuración de muros reforzados en el 1° nivel

Muro	L (m)	t (m)	Pg (tn)	Vei (tn)	Mei (tn-m)	α	Vni (tn)	0.55Vni (tn)	Ve ≤ 0.55Vm
X 1	2.20	0.18	3.52	13.77	33.04	0.9	22.84	12.56	Se agrieta
X 2	2.20	0.18	3.19	11.15	26.76	0.9	22.77	12.52	No se agrieta
X 3	2.20	0.18	2.30	9.84	23.62	0.9	22.56	12.41	No se agrieta
X 4	2.20	0.18	2.57	9.77	23.45	0.9	22.62	12.44	No se agrieta
X 5	2.18	0.18	2.31	9.52	22.86	0.9	22.07	12.14	No se agrieta
X 6	3.10	0.18	3.59	19.80	47.51	1.0	34.70	19.08	Se agrieta
X 7	2.23	0.18	2.37	10.02	24.05	0.9	23.08	12.70	No se agrieta
X 8	2.23	0.18	3.50	10.02	24.05	0.9	23.34	12.84	No se agrieta
X 9	2.23	0.18	3.56	11.43	27.44	0.9	23.36	12.85	No se agrieta
X 10	2.23	0.18	3.56	14.12	33.88	0.9	23.36	12.85	Se agrieta
X 11	2.25	0.18	2.67	16.90	40.56	0.9	23.66	13.01	Se agrieta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 91 4 Pisos: Verificación de fisuración de muros en el 2° nivel

Muro	L (m)	t (m)	Pg (tn)	Vei (tn)	Mei (tn-m)	α	Vni (tn)	0.55Vni (tn)	Ve ≤ 0.55Vm
X 1	2.20	0.13	3.04	16.20	38.89	0.9	11.32	6.22	Se agrieta
X 2	2.20	0.13	2.72	12.41	29.77	0.9	11.24	6.18	Se agrieta
X 3	2.20	0.13	1.82	10.51	25.22	0.9	11.04	6.07	Se agrieta
X 4	2.20	0.13	2.09	9.54	22.89	0.9	11.10	6.10	Se agrieta
X 5	2.18	0.13	1.84	9.30	22.31	0.9	10.80	5.94	Se agrieta
X 6	3.10	0.13	2.92	19.32	46.37	1.0	16.99	9.35	Se agrieta
X 7	2.23	0.13	1.89	9.78	23.47	0.9	11.29	6.21	Se agrieta
X 8	2.23	0.13	3.02	9.78	23.47	0.9	11.56	6.36	Se agrieta
X 9	2.23	0.13	3.08	12.72	30.53	0.9	11.57	6.36	Se agrieta
X 10	2.23	0.13	3.08	16.61	39.88	0.9	11.57	6.36	Se agrieta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 92 4 Pisos: Verificación de fisuración de muros reforzados en el 2° nivel

Muro	L (m)	t (m)	Pg (tn)	Ve _i (tn)	Me _i (tn-m)	α	V _{ni} (tn)	0.55V _{ni} (tn)	Ve ≤ 0.55V _m
X 1	2.20	0.18	3.52	16.76	40.21	0.9	22.84	12.56	Se agrieta
X 2	2.20	0.18	3.19	12.66	30.39	0.9	22.77	12.52	Se agrieta
X 3	2.20	0.18	2.30	10.61	25.47	0.9	22.56	12.41	No se agrieta
X 4	2.20	0.18	2.57	9.57	22.96	0.9	22.62	12.44	No se agrieta
X 5	2.18	0.18	2.31	9.33	22.38	0.9	22.07	12.14	No se agrieta
X 6	3.10	0.18	3.59	19.38	46.52	1.0	34.70	19.08	Se agrieta
X 7	2.23	0.18	2.37	9.81	23.54	0.9	23.08	12.70	No se agrieta
X 8	2.23	0.18	3.50	9.81	23.54	0.9	23.34	12.84	No se agrieta
X 9	2.23	0.18	3.56	12.98	31.16	0.9	23.36	12.85	Se agrieta
X 10	2.23	0.18	3.56	17.18	41.23	0.9	23.36	12.85	Se agrieta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 93 4 Pisos: Verificación de fisuración de muros en el 3° nivel

Muro	L (m)	t (m)	Pg (tn)	Ve _i (tn)	Me _i (tn-m)	α	V _{ni} (tn)	0.55V _{ni} (tn)	Ve ≤ 0.55V _m
X 1	2.20	0.13	3.04	12.57	30.16	0.9	11.32	6.22	Se agrieta
X 2	2.20	0.13	2.72	9.62	23.09	0.9	11.24	6.18	Se agrieta
X 3	2.20	0.13	1.82	8.15	19.56	0.9	11.04	6.07	Se agrieta
X 4	2.20	0.13	2.09	7.40	17.75	0.9	11.10	6.10	Se agrieta
X 5	2.18	0.13	1.84	7.21	17.31	0.9	10.80	5.94	Se agrieta
X 6	3.10	0.13	2.92	14.99	35.97	1.0	16.99	9.35	Se agrieta
X 7	2.23	0.13	1.89	7.58	18.20	0.9	11.29	6.21	Se agrieta
X 8	2.23	0.13	3.02	7.58	18.20	0.9	11.56	6.36	Se agrieta
X 9	2.23	0.13	3.08	9.87	23.68	0.9	11.57	6.36	Se agrieta
X 10	2.23	0.13	3.08	12.89	30.93	0.9	11.57	6.36	Se agrieta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 94 4 Pisos: Verificación de fisuración de muros reforzados en el 3° nivel

Muro	L (m)	t (m)	Pg (tn)	Ve _i (tn)	Me _i (tn-m)	α	V _{ni} (tn)	0.55V _{ni} (tn)	Ve ≤ 0.55V _m
X 1	2.20	0.18	3.52	12.80	30.73	0.9	22.84	12.56	Se agrieta
X 2	2.20	0.18	3.19	9.67	23.22	0.9	22.77	12.52	No se agrieta
X 3	2.20	0.18	2.30	8.11	19.47	0.9	22.56	12.41	No se agrieta
X 4	2.20	0.18	2.57	7.31	17.55	0.9	22.62	12.44	No se agrieta
X 5	2.18	0.18	2.31	7.13	17.10	0.9	22.07	12.14	No se agrieta
X 6	3.10	0.18	3.59	14.81	35.55	1.0	34.70	19.08	No se agrieta
X 7	2.23	0.18	2.37	7.50	17.99	0.9	23.08	12.70	No se agrieta
X 8	2.23	0.18	3.50	7.50	17.99	0.9	23.34	12.84	No se agrieta
X 9	2.23	0.18	3.56	9.92	23.81	0.9	23.36	12.85	No se agrieta
X 10	2.23	0.18	3.56	13.13	31.51	0.9	23.36	12.85	Se agrieta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 95 4 Pisos: Verificación de fisuración de muros en el 4° nivel

Muro	L (m)	t (m)	Pg (tn)	Veí (tn)	Mei (tn-m)	α	Vmi (tn)	0.55Vmi (tn)	Ve \leq 0.55Vm
X 1	2.20	0.13	2.94	7.12	17.08	0.9	11.29	6.21	Se agrieta
X 2	2.20	0.13	2.63	5.45	13.07	0.9	11.22	6.17	No se agrieta
X 3	2.20	0.13	1.79	4.61	11.07	0.9	11.03	6.07	No se agrieta
X 4	2.20	0.13	2.04	4.19	10.05	0.9	11.09	6.10	No se agrieta
X 5	2.18	0.13	1.80	4.08	9.80	0.9	10.79	5.94	No se agrieta
X 6	3.10	0.13	2.86	8.48	20.36	1.0	16.98	9.34	No se agrieta
X 7	2.23	0.13	1.85	4.29	10.31	0.9	11.29	6.21	No se agrieta
X 8	2.23	0.13	2.93	4.29	10.31	0.9	11.53	6.34	No se agrieta
X 9	2.23	0.13	2.98	5.59	13.41	0.9	11.55	6.35	No se agrieta
X 10	2.23	0.13	2.98	7.30	17.51	0.9	11.55	6.35	Se agrieta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 96 4 Pisos: Verificación de fisuración de muros reforzados en el 4° nivel

Muro	L (m)	t (m)	Pg (tn)	Veí (tn)	Mei (tn-m)	α	Vmi (tn)	0.55Vmi (tn)	Ve \leq 0.55Vm
X 1	2.20	0.18	3.42	7.81	18.74	0.9	22.82	12.55	No se agrieta
X 2	2.20	0.13	2.63	4.39	10.54	0.9	16.52	9.09	No se agrieta
X 3	2.20	0.13	1.79	3.77	9.05	0.9	16.33	8.98	No se agrieta
X 4	2.20	0.13	2.04	3.59	8.63	0.9	16.38	9.01	No se agrieta
X 5	2.18	0.13	1.80	3.50	8.41	0.9	15.97	8.78	No se agrieta
X 6	3.10	0.13	2.86	7.28	17.47	1.0	25.12	13.82	No se agrieta
X 7	2.23	0.13	1.85	3.69	8.84	0.9	16.70	9.19	No se agrieta
X 8	2.23	0.13	2.93	3.69	8.84	0.9	16.95	9.32	No se agrieta
X 9	2.23	0.13	2.98	4.50	10.81	0.9	16.96	9.33	No se agrieta
X 10	2.23	0.18	3.46	8.01	19.21	0.9	23.33	12.83	No se agrieta

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en las tablas anteriores, a partir de una edificación de 4 niveles, al hacer uso de las mallas electrosoldadas, ya no se controla totalmente la fisuración de los muros en cada nivel.

- Para edificación con 5 niveles:

Tabla 97 5 Pisos: Verificación de fisuración de muros en el 1° nivel, X-X

Muro	L (m)	t (m)	Pg (tn)	Veí (tn)	Mei (tn-m)	α	Vmi (tn)	0.55Vmi (tn)	Ve \leq 0.55Vm
X 1	2.20	0.13	3.04	16.40	39.36	0.9	11.32	6.22	Se agrieta
X 2	2.20	0.13	2.72	13.60	32.64	0.9	11.24	6.18	Se agrieta
X 3	2.20	0.13	1.82	12.20	29.28	0.9	11.04	6.07	Se agrieta
X 4	2.20	0.13	2.09	12.12	29.09	0.9	11.10	6.10	Se agrieta
X 5	2.18	0.13	1.84	11.82	28.36	0.9	10.80	5.94	Se agrieta
X 6	3.10	0.13	2.92	24.56	58.94	1.0	16.99	9.35	Se agrieta
X 7	2.23	0.13	1.89	12.43	29.83	0.9	11.29	6.21	Se agrieta
X 8	2.23	0.13	3.02	12.43	29.83	0.9	11.56	6.36	Se agrieta
X 9	2.23	0.13	3.08	13.94	33.47	0.9	11.57	6.36	Se agrieta
X 10	2.23	0.13	3.08	16.82	40.36	0.9	11.57	6.36	Se agrieta
X 11	2.25	0.13	2.19	19.84	47.62	0.9	11.61	6.38	Se agrieta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 98 5 Pisos: Verificación de fisuración de muros en el 1° nivel, Y-Y

Y 1	2.10	0.13	2.01	5.82	13.98	0.9	10.14	5.58	Se agrieta
Y 2	2.40	0.13	2.41	7.82	18.77	1.0	13.19	7.25	Se agrieta
Y 3	2.60	0.13	2.58	9.25	22.21	1.1	15.42	8.48	Se agrieta
Y 4	2.60	0.13	2.67	9.25	22.21	1.1	15.44	8.49	Se agrieta
Y 5	2.60	0.13	1.78	9.25	22.21	1.1	15.24	8.38	Se agrieta
Y 6	2.70	0.13	2.80	10.00	23.99	1.1	16.64	9.15	Se agrieta
Y 7	2.70	0.13	2.80	10.00	23.99	1.1	16.64	9.15	Se agrieta
Y 8	2.70	0.13	2.81	9.75	23.40	1.1	16.64	9.15	Se agrieta
Y 9	2.70	0.13	2.81	9.75	23.40	1.1	16.64	9.15	Se agrieta
Y 10	2.40	0.13	2.36	7.63	18.30	1.0	13.18	7.25	Se agrieta
Y 11	2.60	0.13	2.58	9.03	21.66	1.1	15.42	8.48	Se agrieta
Y 12	2.60	0.13	2.68	9.03	21.66	1.1	15.45	8.49	Se agrieta
Y 13	2.60	0.13	2.58	9.03	21.66	1.1	15.42	8.48	Se agrieta
Y 14	2.40	0.13	2.41	7.63	18.30	1.0	13.19	7.25	Se agrieta
Y 15	2.10	0.13	2.02	5.68	13.63	0.9	10.14	5.58	Se agrieta
Y 16	2.10	0.13	2.77	5.53	13.27	0.9	10.31	5.67	No se agrieta
Y 17	2.60	0.13	3.78	8.79	21.09	1.1	15.70	8.63	Se agrieta
Y 18	2.70	0.13	3.98	9.49	22.78	1.1	16.91	9.30	Se agrieta

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en las tablas anteriores, a partir de una edificación de 5 niveles, ya empiezan a fisurarse los muros en la dirección Y-Y, incluso en los 2 primeros niveles. Para el caso de la dirección X-X, ya no se controla totalmente la fisuración de los muros hasta el 4to nivel, para el 5to nivel si logran controlarse las fisuraciones haciendo uso de malla electrosoldada.

4.1.6 Resultados de reforzamiento en línea vital

La edificación escogida para esta propuesta, tiene lugar a un colegio inicial ubicado en la calle Rivadeneyra del PP.JJ. Santa Rosa, de nombre I.E.I N°235 “Doris Day Fernández Fernández”. Dado que, por ser una institución educativa, está considerada por la norma E.030 como una edificación esencial.

Datos de la edificación:

Ubicación: Lambayeque

Uso: Institución educativa inicial

N°pisos: 1

Longitud X: 19.55 m

Longitud Y: 7.25 m

Sistema Estructural: X-X (Pórticos), Y-Y (Albañilería confinada)

Losa aligerada unidireccional: 020 m

Vigas: 0.25 m x 0.40 m.

Columnas: 0.25 m x 0.25 m.

Figura 40 I.E.I N°235 Doris Day Fernández Fernández



Fuente: Elaboración propia

Figura 41 I.E.I N°235 Presencia de columnas cortas en frontis de colegio

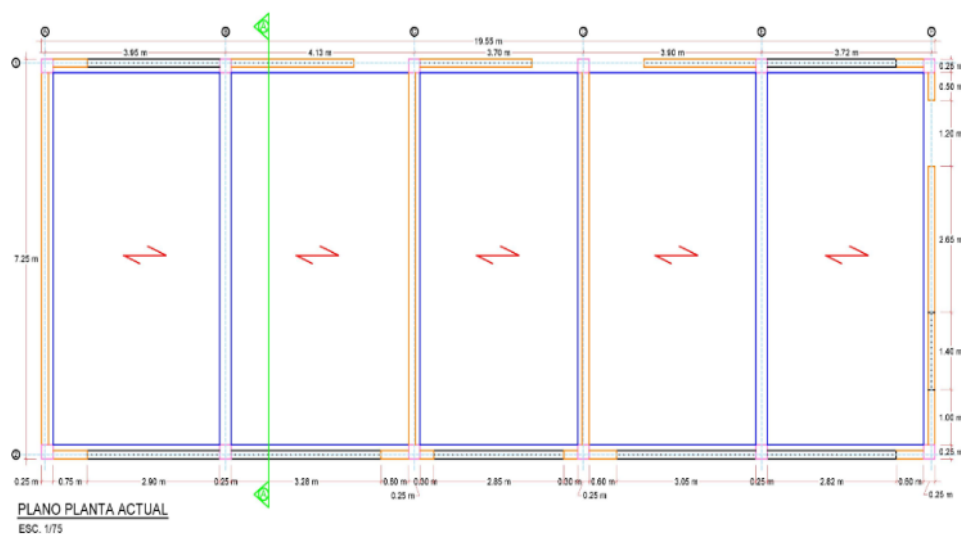


Fuente: Elaboración propia

103

Se planteó hacer el análisis sísmico de la edificación en el estado actual, si bien la construcción de este módulo del colegio data del año 1990, no cumplirá con la norma E.030 establecida en la actualidad, servirá para hacer la comparación de derivas cuando se plantee el reforzamiento para la reducción de vulnerabilidad.

Figura 42 Planta actual de institución educativa



Fuente: Elaboración propia

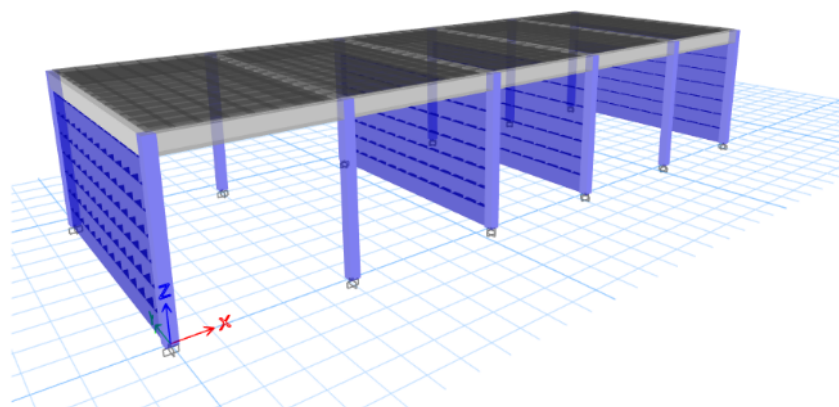
Tabla 99 Parámetros sísmicos de edificación actual

Direccion X		
Z=	0.45	g
U=	1.50	
S=	1.10	
TP=	1.00	seg
TL=	1.60	seg
hn=	4.00	m
CT=	60.00	
T=	0.07	
C=	2.50	T<TP
RO=	8.00	asumido
la=	1.00	asumido
lp=	1.00	asumido
R=	8.00	
Coef=	0.2320	
K=	1.00	
C/R =	0.3125	C/R>=0.11
Peso=	99.7315	Tnf
VxE=	23.14	Tnf

Direccion Y		
Z=	0.45	g
U=	1.50	
S=	1.10	
TP=	1.00	seg
TL=	1.60	seg
hn=	4.00	m
CT=	60.00	
T=	0.07	
C=	2.50	T<TP
RO=	3.00	asumido
la=	1.00	asumido
lp=	1.00	asumido
R=	3.00	
Coef=	0.6188	
K=	1.00	
C/R =	0.833	C/R>=0.11
Peso=	99.7315	Tnf
VyE=	61.71	Tnf

Fuente: Elaboración propia

Figura 43 Modelado en ETABS de colegio actual



Fuente: ETABS

Del modelo actual de la institución educativa se obtuvo las derivas de entrepiso. Se comprobó que para la dirección X, que se supone un sistema estructural de pórticos, la deriva sobrepasa el límite de distorsión de entrepiso para concreto armado ($\Delta i / h_{ei} = 0.007$), mientras que para la dirección Y, que se supone un sistema estructural de albañilería confinada, la deriva no sobrepasa el límite de distorsión de entrepiso para albañilería ($\Delta i / h_{ei} = 0.005$).

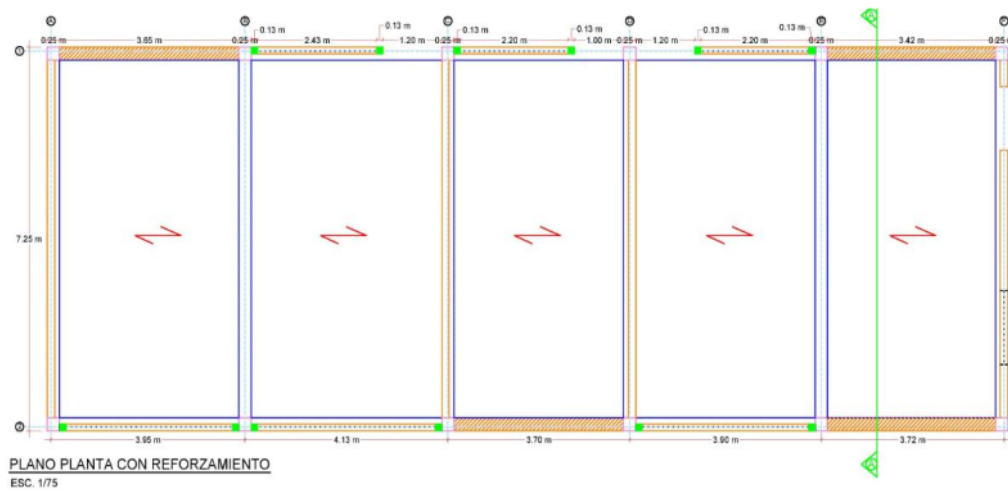
Figura 44 Derivas de colegio actual

Story	Output Case	Case Type	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m
Story1	DERIVA X	Combination	X	0.012776	6	19.3	7	4
Story1	DERIVA Y	Combination	Y	0.000273	12	19.3	0	4

Fuente: ETABS

Como alternativa de solución para aumentar la rigidez se tendrá que cerrar dos paños completamente en cada eje longitudinal, teniendo estos como espesor de 25cm [57]. Por lo que se optó por también realizar un análisis sísmico a la edificación con el reforzamiento planteado.

Figura 45 Planta de I.E.I. con reforzamiento



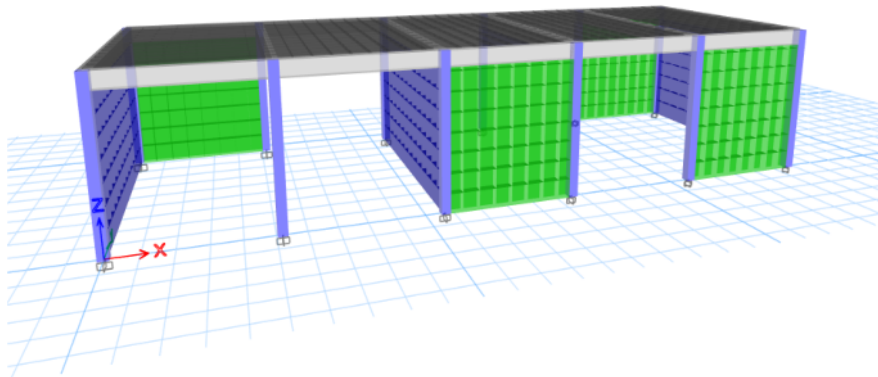
Fuente: Elaboración propia

Tabla 100 Parámetros sísmicos de edificación reforzada

Dirección X			Dirección Y		
Z=	0.45	g	Z=	0.45	g
U=	1.50		U=	1.50	
S=	1.10		S=	1.10	
TP=	1.00	seg	TP=	1.00	seg
TL=	1.60	seg	TL=	1.60	seg
hn=	4.00	m	hn=	4.00	m
CT=	60.00		CT=	60.00	
T=	0.07		T=	0.07	
C=	2.50	T<TP	C=	2.50	T<TP
RO=	8.00	asumido	RO=	3.00	asumido
la=	1.00	asumido	la=	1.00	asumido
lp=	1.00	asumido	lp=	1.00	asumido
R=	8.00		R=	3.00	
Coef=	0.2320		Coef=	0.6188	
K=	1.00		K=	1.00	
C/R=	0.3125	C/R>=0.11	C/R=	0.8333	C/R>=0.11
Peso=	126.6235	Tnf	Peso=	126.6235	Tnf
VxE=	29.38	Tnf	VyE=	78.35	Tnf

Fuente: Elaboración propia

Figura 46 Modelado en ETABS de colegio reforzado



Fuente: ETABS

Del modelo reforzado de la institución educativa se obtuvo las derivas de entrepiso. Se comprobó que para la dirección X, que se supone un sistema estructural de pórticos, la deriva no sobrepasa el límite de distorsión de entrepiso para concreto armado ($\Delta i / h_{ei} = 0.007$), mientras que para la dirección Y, que se supone un sistema estructural de albañilería confinada, la deriva tampoco sobrepasa el límite de distorsión de entrepiso para albañilería ($\Delta i / h_{ei} = 0.005$).

Figura 47 Derivas de colegio reforzado

Story	Output Case	Case Type	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m
Story1	DERIVA X	Combination	X	0.00036	6	19.3	7	4
Story1	DERIVA Y	Combination	Y	0.00029	12	19.3	0	4

Fuente: ETABS

Adicionalmente de aislar cada alféizar con respecto a la columna, esto para controlar el efecto de la columna corta [58]. Cada alféizar será arriostrado por columnetas de 0.13x0.13m.

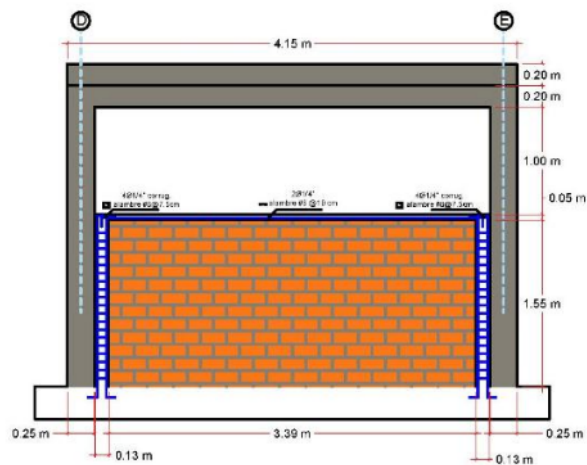
Figura 48 Elevación EJE 1 rigidizado con muros de 25 cm



26

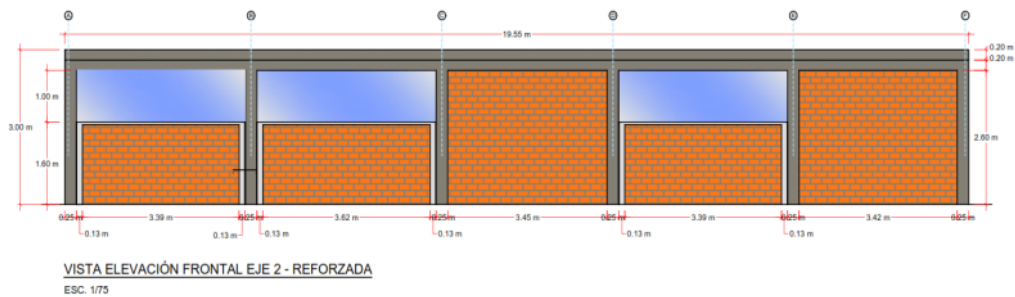
Fuente: Elaboración propia

Figura 49 Detalle de aislamiento de alféizar



Fuente: Elaboración propia

Figura 50 Elevación EJE 2 rigidizado con muros de 25 cm



Fuente: Elaboración propia

4.1.7 Contraste de hipótesis

Al inicio del presente estudio, se planteó como hipótesis única general que: Los niveles de vulnerabilidad sísmica predominantes en las edificaciones de la zona sur-este del distrito de Lambayeque, oscilan entre MEDIO y ALTO.

Al observar los resultados de la evaluación de los niveles de vulnerabilidad, se tiene que: se tuvo como muestra 3,054 edificaciones de las cuales, 477 edificaciones resultaron con baja vulnerabilidad representando un 15.62%; 1,901 edificaciones resultaron con vulnerabilidad media representando un 62.25%; y 676 edificaciones resultaron con alta vulnerabilidad representando un 22.13%. Confirmando así la hipótesis propuesta.

Afirmando así que: Los niveles de vulnerabilidad sísmica predominantes en las edificaciones de la zona sur-este del distrito de Lambayeque, son niveles de vulnerabilidad medio seguido de niveles de vulnerabilidad alto.

4.2 Discusión

El presente estudio buscó encontrar en qué niveles de vulnerabilidad sísmica se encuentran las edificaciones de la zona sur-este del distrito de Lambayeque.

Realizando una comparación con los antecedentes de la investigación, se logra concluir que:

Fortich y López (2016), en su tesis de pregrado: “*Determinación de la vulnerabilidad en las estructuras ubicadas en casas coloniales en el barrio de Getsemaní de la Ciudad de Cartagena*”, en la Universidad de Cartagena. tuvo como resultado 43.59% en promedio para su muestra, que la califica con vulnerabilidad alta. Comparando con nuestros resultados, se evidenció que se tiene un 22.13% de las edificaciones calificadas con vulnerabilidad alta. Resultando aproximadamente la mitad del porcentaje expuesto en la tesis de la universidad colombiana.

Albarracín (2019), en su tesis de pregrado: “*Aplicación de metodologías simplificadas pre-evento sísmico, para la determinación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática de la UCE*”, en la Universidad Central del Ecuador. Su objetivo es determinar la vulnerabilidad sísmica de una edificación de la presente universidad, mediante distintos métodos entre ellos el de Benedetti y Petrini. También se considera que, de todos los métodos estudiados, el método italiano es el más adecuado para la estimación de la vulnerabilidad debido a la variedad de parámetros. Lo que también se presenta en la presente tesis siendo un método flexible para todo tipo de edificaciones.

Tinoco, Cotos y Bayona (2018), en el artículo de investigación: “*Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la zona urbana del distrito de Chiquián, utilizando el model builder del ArcGIS*”, publicado en la Revista Aporte Santiaguino de la Universidad Nacional Antúnez de Mayolo. Tiene como principal objetivo evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la zona urbana del distrito de Chiquián.

Aplicando el método de Benedetti y Petrini a las 1,417 viviendas totales, se obtuvo que el 14.7% de las viviendas están en vulnerabilidad baja, el 21.2% en vulnerabilidad media, el 48.8% en vulnerabilidad alta y el 15.2% en vulnerabilidad muy alta. Además, se calculó el Índice de Daño, resultando 1,209 viviendas que sufrirían colapso total y 208 viviendas se verían ligeramente afectadas. Comparando con nuestros niveles de daño resultando porcentajes distantes en términos de colapso total de edificaciones.

Cueto y Vilca (2018), en su tesis de pregrado: “Reforzamiento de la albañilería confinada más utilizada en Arequipa con malla electrosoldada”, en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Del análisis se concluyó que, los muros portantes en la dirección X se agrietaban para un sismo moderado, pero reforzando estos muros en dicha dirección se evitó que estos se agrieten para dicho sismo, puesto que la resistencia al agrietamiento diagonal de los muros reforzados es mayor en comparación a los muros sin refuerzo. Comparando con nuestros resultados, se evidenció que, para una edificación de 2 niveles, también hubo un agrietamiento en los muros portantes de la dirección X estimando un sismo moderado, aplicando refuerzo de malla electrosoldada para contrarrestar los agrietamientos. Y solo en el caso de la edificación de 5 niveles, se agrietaron los muros en la dirección Y.

Guerrero (2020), en su tesis de pregrado: “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica aplicando Índices de Vulnerabilidad (Benedetti – Petrini) en el pueblo joven San Martín de Porres, distrito de Lambayeque, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque”, en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. En esta investigación se evaluó un total de 2,995 incluyendo edificaciones comunes y esenciales, todas mediante el método del Índice de Vulnerabilidad. Resultando 10.59% construcciones en nivel bajo, 34.94% en nivel medio y 54.48% en nivel alto de vulnerabilidad sísmica. Comparando con los resultados del presente estudio, y estando en el mismo distrito, varían considerablemente en el nivel de vulnerabilidad medio y alto.

Quesquén y Silva (2020), en su tesis de pregrado: “Estudio de riesgo sísmico, en la ciudad de Chiclayo, zona este (av. Sáenz Peña, av. Castañeda Iparraguirre, av. Nicolás de

Piérola, av. Jorge Chávez, y av. Bolognesi)”, en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. El principal objetivo de esta tesis es estimar el riesgo sísmico, para ello se involucran dos factores esenciales como la vulnerabilidad y el peligro sísmico. La vulnerabilidad sísmica se abordó aplicando el método italiano Benedetti-Petrini, mediante la evaluación de 11 parámetros estructurales y no estructurales a 2,652 edificaciones de la zona para determinar el nivel de vulnerabilidad al que se encuentran expuestos, de los cuales 543 (20.48%) presentan vulnerabilidad baja, 1,517 (57.20%) vulnerabilidad media y 592 (22.32%) vulnerabilidad alta. También se estimó las pérdidas económicas totales, tomando como referencia los índices de daño obtenidos con las funciones de vulnerabilidad de Chiclayo, para un periodo de retorno de 43 años (S/.69’541,906.81), para 72 años (S/.90’428,499.28) y para 475 años (S/.236’466,602.02). Comparando con los resultados de la presente tesis, se concluye que si bien es cierto se han evaluado más edificaciones, los niveles de vulnerabilidad resultan cercanos. En lo que respecta a estimación de pérdidas económicas, teniendo en cuenta también las funciones de vulnerabilidad de Chiclayo, resulta que para un periodo de retorno de 43 años (S/.17’435,805.07), para 72 años (S/.25’518,176.15) y para 475 años (S/.49’627,261.35), variando considerablemente.

Rodríguez y Zulueta (2019), en su tesis de pregrado: “*Evaluación de la vulnerabilidad sísmica aplicando índices de vulnerabilidad (Benedetti - Petrini) de la ciudad de Jayanca, distrito de Jayanca, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque*”, en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. En esta tesis se evaluó un total de 1983 viviendas de las cuales 1,176 son de albañilería y 807 de adobe. Resultando del total, 461 (23.35%) baja vulnerabilidad, 641 (32.32%) vulnerabilidad media y 881 (44.43%) alta vulnerabilidad. Además, se realizó los escenarios de daño para un sismo raro en el cual se determinó 36.51% del total de viviendas sufrirían daño moderado, un 22.29% del total de viviendas sufrirían daño severo y el 31.16% del total de viviendas sufrirían daño total. Comparando con nuestros resultados 3,054 viviendas, el (15.62%) posee una vulnerabilidad baja, un mayor porcentaje (62.25%) posee un nivel de vulnerabilidad media y un (22.13%) posee una vulnerabilidad alta. Y con respecto a los niveles de daño para un sismo raro, 49.25% daño moderado, 43.88% daño severo y 4.94% daño total.

V. CONCLUSIONES

- De acuerdo al Estudio de Mecánica de Suelos realizado en el área de la zona sur-este del distrito de Lambayeque, los suelos presentan en su mayoría arcillas de mediana plasticidad (CL), arenas limosas de nula plasticidad (SM-SP), con concentraciones de sales moderada como se muestra en la Tabla 14, y con unos valores de capacidad portante de entre 0.64 kg/cm² y 1.00 kg/cm².
- Respecto a la evaluación de la vulnerabilidad sísmica los resultados indican que, de las 3,054 edificaciones evaluadas, el (15.62%) posee una vulnerabilidad baja, un mayor porcentaje (62.25%) posee un nivel de vulnerabilidad media y un (22.13%) posee una vulnerabilidad alta. Sin embargo, si se analiza por tipologías, albañilería no confinada (61.92%), albañilería confinada (61.54%), poseen vulnerabilidad media. Edificaciones de concreto armado tienden a una vulnerabilidad baja (50.00%) y para el caso de las edificaciones de adobe (64.28%) tienen vulnerabilidad media y (35.51%) vulnerabilidad alta.
- Conforme a los resultados del nivel de daño esperado para 3 sismos, de las 3,054 edificaciones existentes, se estima que para un sismo frecuente (0.20g) se espera un nivel de daño moderado al 78.95% de viviendas, para un sismo ocasional (0.25g) un daño moderado con 86.08% de viviendas y para un sismo raro (0.42g) se espera un nivel de daño moderado con 49.25% de viviendas.
- Considerando un periodo de retorno de 475 años (sismo de 0.42g), se estima un nivel de daño severo del 43.88% del total de las edificaciones.
- Respecto a la estimación de pérdidas económicas, se detalla que, para un sismo raro con 475 años de retorno, se pueden generar pérdidas de S/. 49,627,261.35 como se muestra en la Tabla 42.

- El Sistema de Información Geográfica (SIG) muestra mediante el mapa de vulnerabilidad sísmica, la visualización de los niveles de vulnerabilidad de cada edificación, estando así al alcance y comprensión de la población.
- Para el caso de reforzamiento de muros de adobe, del análisis de flexión se deriva que se debe utilizar un refuerzo que soporte los momentos que genera el sismo, puesto que el adobe es un material frágil, para esto se utilizó geomalla comprobando que los momentos actuantes sean menores que el momento resistente de 3.02 KN-m/m o 308.29 kg-m/m; esto no se dio en todos los muros como se muestra en Tabla 50, concluyendo que se deberían adicionar contrafuertes para reducir los momentos, generando así que el sistema contrafuerte-geomalla soporte las tracciones, corte y flexión que generaría un sismo como se aprecia en Tabla 51.
- En el caso de reforzamiento de muros de albañilería confinada, utilizando una malla electrosoldada como reforzamiento se concluye que, para una edificación de 2° niveles, evita el agrietamiento que generaría un sismo moderado en los muros portantes X1 y X10 (Tabla 71) del 2° nivel, y en el 1° nivel los muros X1, X6, X10 y X11 (Tabla 70), esto debido a que la resistencia al agrietamiento diagonal de los muros portantes con refuerzo resulta mayor que de los muros sin reforzamiento.
- Respecto a si se evalúan edificaciones de 1° a 5° niveles de albañilería confinada, la respuesta de la malla electrosoldada es buena y responde para el caso de 1° a 3° niveles, controlando agrietamientos en la dirección X (Tabla 79,80). Siendo la respuesta negativa en los niveles de 4° a 5°, en donde se agrietan muros en ambas direcciones y donde la malla ya no satisface los requerimientos en la totalidad de muros (Tabla 97,98).
- Respecto al reforzamiento de la institución educativa, se utilizaron dos técnicas de reforzamiento para aumentar la rigidez y disminuir derivas en la dirección X, como es el caso de los muros de albañilería de espesor 25cm (Figura 48, 50); y para controlar la interacción columna-alféizar que podría generar columnas cortas, se optó por aislar el alféizar dejando espacio para una junta blanda (Figura 49).

VI. RECOMENDACIONES

- Los resultados obtenidos se pueden tener en cuenta para una mejor planificación en la gestión de riesgos de desastres del distrito de Lambayeque.
- Supervisar que las futuras construcciones cumplan los requisitos para obtener la licencia de construcción.
- Se deben proponer funciones de vulnerabilidad específicas para el distrito de Lambayeque para evaluar el nivel de daño, esto iría de la mano del riesgo sísmico. Para así obtener datos de daños más ajustados a la realidad.
- Se debe tener las consideraciones necesarias para el uso del adobe como material de construcción en viviendas, debido a su fragilidad, aunque si se le da un reforzamiento con geomalla u otro tipo de reforzamiento cumpliéndose con la normativa E.080 y se tiene en cuenta los Manuales de Construcción elaborados por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Sencico y la Pontificia Universidad Católica del Perú, el material puede mejorar y ser menos vulnerable.
- Mejorar los procesos constructivos de las edificaciones, de la mano de una asesoría profesional y ceñirse a las normas técnicas peruanas actuales.
- Para las edificaciones aporticadas se debe dejar una junta blanda con un espaciamiento suficiente para evitar la interacción columna-alféizar.
- Para evaluar a detalle las edificaciones esenciales existentes, se debe optar por un análisis más avanzado que el método del índice de vulnerabilidad sísmica, debido a la importancia de estas edificaciones.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CNN, «CNN Español,» 18 Junio 2019. [En línea]. Available: <https://cnnespanol.cnn.com/2019/06/18/asi-fue-el-mortifero-terremoto-y-tsunami-que-azoto-a-japon-en-2011-el-mas-mortifero-en-la-historia-del-pais/>. [Último acceso: 28 Mayo 2022].
- [2] CNN, «CNN Español,» 19 Septiembre 2019. [En línea]. Available: <https://cnnespanol.cnn.com/2019/09/19/cientos-de-muertos-miles-de-damnificados-y-millones-de-dolares-en-perdidas-asi-fue-el-terremoto-del-19s-en-mexico/>. [Último acceso: 28 Mayo 2022].
- [3] A. Sarria, «Ingeniería Sísmica,» Santa Fe de Bogotá, ECOE Ediciones, 1995.
- [4] MINEDUC, «Unidad de Reducción de Riesgo de Desastres,» [En línea]. Available: <https://emergenciaydesastres.mineduc.cl/terremoto-maule/>. [Último acceso: 28 Mayo 2022].
- [5] G. Damián, «CNN Español,» CNN, 7 Septiembre 2018. [En línea]. Available: <https://cnnespanol.cnn.com/video/terremotos-cinturon-fuego-oceano-pacifico-pkg-digital-original/>.
- [6] Plataforma digital Única del Estado Peruano, «GOB.PE,» 18 Agosto 2020. [En línea]. Available: <https://www.gob.pe/institucion/igp/noticias/294466-pisco-2007-13-anos-de-un-sismo-devastador>. [Último acceso: 28 Mayo 2022].
- [7] USGS-CSN, «BBC NEWS,» BBC News Mundo, 22 Mayo 2020. [En línea]. Available: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-52695811>.
- [8] A. Basauri, «Microzonificación de la Ciudad de Chiclayo y Zonas de Expansión para la Reducción de Desastres,» Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2001.
- [9] Instituto Geofísico del Perú, «CENSIS - Instituto Geofísico del Perú,» 2021. [En línea]. Available: <https://ultimosismo.igp.gob.pe/mapas-sismicos>. [Último acceso: 20 Mayo 2022].
- [1] J. Kuroiwa, «Manual para la Reducción del Riesgo Sísmico de Viviendas en el Perú,» 0) Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Lima, 2016.
- [1] INEI, Perú: Características de las viviendas particulares y los hogares. Acceso a servicios básicos, Lima: INEI, 2018.
- [1] J. Villegas-Lanza, M. Chlieh, O. Cavalié, H. Tavera, P. Baby, J. Chire-Chira y J.-M. Nocquet, 2) «Active tectonics of Peru: Heterogeneous interseismic coupling along the Nazca megathrust,

rigid motion of the Peruvian Sliver, and Subandean shortening accommodation,» *JGR Solid Earth*, pp. 7371-7394, 24 Setiembre 2016.

- 53 [1] C. Fortich y L. Levis, «Determinación de la Vulnerabilidad en las estructuras ubicadas en
3] casas coloniales en el Barrio Getsemaní de la ciudad de Cartagena,» 2016.
- 46 [1] C. Cueva, «Vulnerabilidad sísmica del edificio de la Facultad de Filosofía, Comercio y
4] Administración de la UCE con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC SE-RE 20115),» Quito - UCE, Quito , 2017.
- 26 [1] G. Marcillo, «Evaluación de vulnerabilidad sísmica basada en los métodos Benedetti y Petrini;
5] FEMA 154 del edificio carrera de Ingeniería Agropecuaria – UNESUM,» Universidad Estatal del sur de Manabí, Manabí, 2019.
- 18 [1] J. Echeverría y M. Monroy, «Aplicación del método de Índice de Vulnerabilidad (Benedetti
6] & Petrini) para evaluación de edificaciones de mampostería no reforzada en el barrio Surinama,» Universidad Santo Tomás, Tunja, 2021.
- 4 [1] A. Albarracín, «Aplicación de metodologías simplificadas pre-evento sísmico, para la
7] determinación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática de la UCE,» Universidad Central del Ecuador, Quito, 2019.
- 4 [1] J. Tucto, «Evaluación del riesgo sísmico utilizando el índice de vulnerabilidad de Benedetti -
8] Petrini en las viviendas de adobe existentes en la zona urbana del distrito de Llacanora, Cajamarca,» 2018.
- 4 [1] T. Tinoco, J. Cotos y R. Bayona, «Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones
9] de la zona urbana del distrito de Chiquián, utilizando el model builder del ArcGIS,» *Aporte Santiaguino* , vol. 11, n° 2, pp. 263-274, 2016.
- 35 [2] R. Torres, «Las fibras naturales como refuerzo sísmico en la edificación de viviendas de adobe
0] en la costa del departamento de Ica,» Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, 2016.
- 24 [2] K. Farje y H. Yabuta, «Propuesta de reforzamiento en viviendas de albañilería confinada en
1] el distrito de Villa María del Triunfo,» Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2020.
- 4 [2] P. Cueto y R. Vilca, «Reforzamiento de la albañilería confinada más utilizada en Arequipa
2] con malla electrosoldada,» Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Arequipa, 2018.
- 1 [2] D. Gastelo y Á. Reque, «Vulnerabilidad sísmica del distrito de José Leonardo Ortiz – zona
3] oeste, aplicando los índices de Benedetti y Petrini,» Lambayeque, 2018.

- [2] J. Guerrero, «Evaluación de la vulnerabilidad sísmica aplicando Índices de Vulnerabilidad 4) (Benedetti – Petrini) en el pueblo joven San Martín de Porres, distrito de Lambayeque, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque.» Lambayeque, 2020.
- [2] J. Rodríguez y H. Zulueta, «Evaluación de la vulnerabilidad sísmica aplicando índices de 5) vulnerabilidad (Benedetti - Petrini) de la ciudad de Jayanca, distrito de Jayanca, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque.» Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2019.
- [2] J. García y G. Rumiche, «Vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Mochumí y líneas vitales 6) aplicando índices de vulnerabilidad Benedetti - Petrini.» Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2018.
- [2] C. Quesquén y M. Silva, «Estudio de riesgo sísmico, en la ciudad de Chiclayo, zona este (av. 7) Sáenz Peña, av. Castañeda Iparraguirre, av. Nicolás de Piérola, av. Jorge Chávez, y av. Bolognesi),» Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2020.
- [2] Organización Panamericana de la Salud, Fundamentos para la Mitigación de desastres en 8) establecimientos de salud, Washington, D.C, 1999.
- [2] O. Cardona, Vulnerabilidad Sísmica de hospitales. Fundamentos para Ingenieros y 9) Arquitectos, Barcelona: A.H Barbat, 1999.
- [3] C. Ramos, «Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones comunes en la ciudad 0) de Pimentel,» USMP, Chiclayo, 2014.
- [3] D. Chavarria y D. Gomez, «Estudio piloto de Vulnerabilidad Sísmica en viviendas de 1 y 2 1) pisos del Barrio Cuarto de Legua en el Cono Cañaveralejo,» Santiago de Cali, 2001.
- [3] D. Benedetti y V. Petrini, «Sulla vulnerabilità sismica di edifici in muratura: Proposte di un 2) metodo di valutazione,» *L'industria delle Costruzioni*, vol. 149, pp. 66-74, 1984.
- [3] GNDT (Gruppo Nazionale per la Difesa dai terremoti), «PROTEZIONE CIVILE,» Junio 3) 2007. [En línea]. Available: https://protezionecivile.regione.abruzzo.it/files/rischio%20sismico/verificheSism/Manuale_e_scheda_GNDT_I_livello.pdf.
- [3] D. Benedetti, G. Benzoni y M. Parisi, «Seismic vulnerability and risk evaluation for old urban 4) nuclei,» *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, vol. 16, n° 2, pp. 183-201, 1988.
- [3] CNR, «Determinazione del Rischio Sismico a Fini Urbanistici in Lombardia – Comune di 5) Toscolano,» Istituto di Ricerca Sul Rischio Sismico, Lombardia, 1993.

- [3] ³³ Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Reglamento Nacional de Edificaciones, 6] Lima: Megabyte, 2019.
- [3] ²⁷ H. Nanfuñay y E. Santisteban, «Vulnerabilidad sísmica en el distrito de Ciudad Éten aplicando 7] índices de vulnerabilidad (Benedetti-Petrini),» UNPRG, Lambayeque, 2015.
- [3] ¹⁴ O. Cardona y J. Hurtado, «Propuesta metodológica para los análisis de vulnerabilidad. Informe 8] de consultoría Proyecto UNDRO/ACD/ONAD. Para la mitigación de riesgos en Colombia,» Santiago de Cali, 1990.
- [3] ¹ U. Mena, «Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas,» Universitat Politècnica de 9] Catalunya, Barcelona, 2002.
- [4] ³² N. Quispe, «Evaluación del riesgo sísmico en la ciudad de Ayacucho,» Lima, 2004.
0]
- [4] ⁸⁶ Earthquake Engineering Research Institute, «Post-Earthquake Investigation Field guide. 1] Learning from Earthquakes,» Oakland , 1996.
- [4] ¹ P. Angeletti, A. Bellina, E. Guagenti, A. Moretti y V. Petrini, «Comparison between 2] vulnerability assessment and damage index, some results,» Proceedings of Ninth World Conference on Earthquake Engineering, Tokio, 1988.
- [4] ³² J. Julca y E. Orbegozo, «Evaluación del riesgo sísmico del centro histórico de Chiclayo,» 3] UNPRG, Lambayeque, 2008.
- [4] ³² J. Castillo y J. Alva, «Peligro Sísmico en el Perú,» de *VII Congreso Nacional de Mecánica de 4] Suelos e Ingeniería de Cimentaciones*, Lima, 1993.
- [4] ²⁰ A. Carrasco y R. Zapata, «Vulnerabilidad sísmica en el distrito de Chiclayo - Este aplicando 5] índices de vulnerabilidad (Benedetti-Petrini),» Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2012.
- [4] ²⁰ A. Bolaños y O. Monroy, «Espectros de peligro sísmico uniforme,» Pontificia Universidad 6] Católica del Perú, Lima, 2004.
- [4] ⁷⁰ L. Casaverde y J. Vargas, «Zonificación Sísmica del Perú,» II Seminario Latinoamericano de 7] Ingeniería Sismo-Resistente, OEA-PUCP, Lima, 1980.
- [4] ³ Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, «Reglamento Nacional de Tasaciones 8] del Perú,» Lima, 2016.

- [4] ³⁵ Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), «Manual para el Desarrollo de
9] Viviendas Sismorresistentes,» Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Lima, 2008.
- [5] ¹ GTZ, COPASA, PUCP, «Técnicas para el reforzamiento sísmico de viviendas de adobe,»
0] Arequipa, 2001.
- [5] ⁵⁶ J. Vargas, D. Torrealva y M. Blondet, «Construcción de casas saludables y sismorresistentes
1] de adobe reforzado con geomallas,» Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2007.
- [5] ⁷⁹ D. Torrealva, «Diseño sísmico de muros de adobe reforzados con geomallas,» PUCP, Lima,
2] 2009.
- [5] ²⁷ J. Quispe y S. Rondón, «Propuesta integral de reforzamiento para edificaciones de adobe.
3] Aplicación al caso de un local escolar de adobe en la provincia de Yauyos,» Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2012.
- [5] ¹ Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, «Fichas para reparación de viviendas
4] de albañilería,» Lima, 2014.
- [5] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, «MANUAL DE CONSTRUCCIÓN -
5] Edificaciones Antisísmicas de adobe,» Lima, 2010.
- [5] ^{Á.} San Bartolomé, «Blog PUCP,» 2008. [En línea]. Available:
6] <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/82/2008/01/C09-Carga-perpendicular.pdf>. [Último acceso: 30 Mayo 2022].
- [5] W. Silva Berríos, ² «Criterios Técnicos para la Construcción de Edificaciones
7] Sismorresistentes,» de *Seminario de promoción de la normatividad para el diseño y la construcción de edificaciones seguras*, Apurímac, 2012.
- [5] ⁸⁵ Á. San Bartolomé, C. Rivera, M. Durán, A. Muñoz y D. Quiun, «Blog PUCP,» 2007. [En
8] línea]. Available: <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/109/2007/05/Columna-Corta.pdf>. [Último acceso: 3 Junio 2022].
- [5] ⁶ Diario Oficial El Peruano, «Diario Oficial El Peruano,» 29 Octubre 2021. [En línea].
9] Available: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-los-valores-unitarios-oficiales-de-edificacion-para-resolucion-ministerial-n-350-2021-vivienda-2006614-1/>. [Último acceso: 15 Mayo 2022].

VIII. ANEXOS

Turnitin final - CERVERA

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

6%

2

repositorio.unsa.edu.pe

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.usmp.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

1library.co

Fuente de Internet

1%

6

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

1%

7

Submitted to Universidad Continental

Trabajo del estudiante

1%

8

vsip.info

Fuente de Internet

1%

9

www.grafiati.com

Fuente de Internet

1%

10	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
15	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

22	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.unesum.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
24	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
25	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
26	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
27	Submitted to Universidad Catolica De Cuenca Trabajo del estudiante	<1 %
28	Submitted to Universidad de Huanuco Trabajo del estudiante	<1 %
29	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
30	repository.usta.edu.co Fuente de Internet	<1 %
31	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
32	revistas.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
33	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	

<1 %

34

www.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

35

Submitted to Universidad Ricardo Palma

Trabajo del estudiante

<1 %

36

repositorio.unprg.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

37

repositorio.ulatina.ac.cr

Fuente de Internet

<1 %

38

Carlos Costa, Alexandra Alvarado, Franck Audemard, Laurence Audin et al. "Hazardous faults of South America; compilation and overview", Journal of South American Earth Sciences, 2020

Publicación

<1 %

39

repositorio.uandina.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

40

Submitted to unjbg

Trabajo del estudiante

<1 %

41

Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru

Trabajo del estudiante

<1 %

42

Submitted to Universidad Andina del Cusco

Trabajo del estudiante

<1 %

43	Submitted to Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo	<1 %
Trabajo del estudiante		

44	Submitted to Universidad Católica de Santa María	<1 %
Trabajo del estudiante		

45	cnnespanol.cnn.com	<1 %
Fuente de Internet		

46	repositorio.upse.edu.ec	<1 %
Fuente de Internet		

47	Raúl González Herrera. "Estimación de las pérdidas económicas en las estructuras asociadas a peligro sísmico en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas", Universidad Nacional Autonoma de Mexico, 2013	<1 %
Publicación		

48	sij.unam.mx	<1 %
Fuente de Internet		

49	www.cimne.com	<1 %
Fuente de Internet		

50	upcommons.upc.edu	<1 %
Fuente de Internet		

51	ftposso.univalle.edu.co	<1 %
Fuente de Internet		

52	repository.unilibre.edu.co	
Fuente de Internet		

<1 %

53

www.gjesr.com

Fuente de Internet

<1 %

54

fr.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

55

repositorio.urp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

56

www.marcialblondet.pe

Fuente de Internet

<1 %

57

Submitted to Universidad Católica San Pablo

Trabajo del estudiante

<1 %

58

docplayer.es

Fuente de Internet

<1 %

59

repositorio.upeu.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

60

tdx.cat

Fuente de Internet

<1 %

61

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1 %

62

repositorio.unal.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

63

www.ptolomeo.unam.mx:8080

Fuente de Internet

<1 %

64	Submitted to Alianza para la Promoción de la Educacion	<1 %
Trabajo del estudiante		

65	repositorio.ug.edu.ec	<1 %
Fuente de Internet		

66	upc.aws.openrepository.com	<1 %
Fuente de Internet		

67	www.slideshare.net	<1 %
Fuente de Internet		

68	www.tandfonline.com	<1 %
Fuente de Internet		

69	Submitted to Barcelona School of Management	<1 %
Trabajo del estudiante		

70	Submitted to University of Bristol	<1 %
Trabajo del estudiante		

71	repositorio.udh.edu.pe	<1 %
Fuente de Internet		

72	Submitted to Universidad de San Martin de Porres	<1 %
Trabajo del estudiante		

73	Submitted to Instituto Tecnologico de Costa Rica	<1 %
Trabajo del estudiante		

74	Submitted to University of Melbourne	
----	--------------------------------------	--

<1 %

75

www.munilambayeque.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

76

"Structural Analysis of Historical Constructions", Springer Science and Business Media LLC, 2019

Publicación

<1 %

77

Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador

Trabajo del estudiante

<1 %

78

Submitted to Universidad Tecnologica del Peru

Trabajo del estudiante

<1 %

79

creativecommons.org

Fuente de Internet

<1 %

80

issuu.com

Fuente de Internet

<1 %

81

UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ. "VI CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍAS: "INGENIERÍA PARA FORMAR UNA SOCIEDAD SOSTENIBLE"", Editorial Internacional Runaiki, 2019

Publicación

<1 %

82

biblioteca.icap.ac.cr

Fuente de Internet

<1 %

83	redalyc.uaemex.mx Fuente de Internet	<1 %
84	Adriana Rocío Rodríguez González, Omar Guiovanni Quijano. "El mercadeo de lugares como herramienta estratégica para el municipio de Viotá (Cundinamarca, Colombia)", Revista EAN, 2017 Publicación	<1 %
85	Hector Aroquipa, Alvaro I. Hurtado. "Incremental seismic retrofitting for essential facilities using performance objectives: A case study of the 780-PRE school buildings in Peru", Journal of Building Engineering, 2022 Publicación	<1 %
86	ci.nii.ac.jp Fuente de Internet	<1 %
87	doczz.es Fuente de Internet	<1 %
88	es.unionpedia.org Fuente de Internet	<1 %
89	renatiqa.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
90	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
91	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

92	repositorio.unapiquitos.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
93	www.col.ops-oms.org Fuente de Internet	<1 %
94	api.philpapers.org Fuente de Internet	<1 %
95	cenepred.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
96	dokumen.pub Fuente de Internet	<1 %
97	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
98	journals.uran.ua Fuente de Internet	<1 %
99	repositorio.autonoma.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
100	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
101	repositorio.ucsg.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
102	repositorio.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
103	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

104

ri.ues.edu.sv

Fuente de Internet

<1 %

105

tc.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado