



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Evaluación de fallas estructurales en viviendas de albañilería confinada ante evento
sísmico en el Balneario de Buenos Aires Sur, Trujillo”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Chávez Salinas, Mario Antonio (0000-0001-5833-874X)

Reátegui Cárdenas, Renzo Benjamín (0000-0003-4939-1316)

ASESOR:

Ing. Valdivieso Velarde, Alan Yordan (0000-0002-8179-2809)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

TRUJILLO-PERÚ

2019

PAGINA DEL JURADO

Mg. Hilbe Santos Rojas Salazar
PRESIDENTE

Ing. Marlon Gastón Farfán Córdova
SECRETARIO

Dr. Alan Yordan Valdivieso Velarde
VOCAL

DEDICATORIA

Dedico esta investigación al único Dios, Rey, Señor, Soberano, Santo, Salvador y Autor de la vida, Jesucristo, el cual está lleno de gracia y de verdad. El me dio la capacidad para lograr este objetivo académico. No merezco su gracia, pero él se glorifica en lo vil de este mundo, para mostrar la excelencia y la calidad de su Poder. Sin su voluntad, francamente nada hubiera podido hacer. Soli Deo Gloria.

El que cree en el Hijo tiene vida eterna; pero el que no obedece al Hijo, no verá la vida, sino que la ira de Dios permanece sobre él. (San Juan 3:36).

Primeramente doy gracias a Dios, por iluminar mi camino y permitirme ir formándome como buen ser humano y profesional.

A mis padres y familiares, por ser la fuente de inspiración para poder superarme y apoyarme a salir adelante en la carrera profesional e incentivar me a seguir el camino correcto.

A todos los docentes e ingenieros, que con sus enseñanzas y consejos, permitieron que sea posible todo lo logrado hasta ahora.

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios, por las oportunidades que me ha brindado a lo largo de la vida y por permitirme realizar esta investigación.

Agradecer a mi padre por el apoyo incondicional, que con mucho esfuerzo me pudo sacar adelante, así como a mi madre y a Elmirita por su gran ayuda brindada en todo momento. También a mis hermanos, demás familiares y amigos cercanos por su aliento y consejo de no desistir de la carrera profesional.

Por último a la universidad por el compromiso de la buena formación académica y a los docentes por su enseñanza y orientación.

Agradecido para con mi Dios por la realización de este trabajo, pues por y para Cristo se dio. También, agradecer a mi amada madrecita, la cual con esfuerzo, sacrificio y lágrimas, me empujó hasta alcanzar esta meta; sin duda alguna este es el logro de ella. Además, agradecer a mi papá, mi tía Blanca, mis hermanos y demás familiares, por sus palabras y apoyo.

Si el Señor no edificada la casa, en vano trabajan los que la edifican; (Salmos 127:1a).

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Renzo Benjamín Reátegui Cárdenas y Mario Antonio Chávez Salinas, estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la facultad de la Universidad César Vallejo, identificados con DNI N°72751034 y N° 75852896 respectivamente; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, declaro bajo juramento que la tesis es de nuestra autoría y que toda la documentación, datos e información que en ella se presenta es veraz y auténtica.

En tal sentido, asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto del contenido de la presente tesis como de información adicional aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 09 de julio del 2019.

Renzo Benjamin Reategui Cardenas
DNI 72751034

Mario Antonio Chávez Salinas
DNI 75852896

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| PAGINA DEL JURADO | ii |
| DEDICATORIA..... | iii |
| AGRADECIMIENTO | iv |
| DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD..... | v |
| RESUMEN | xiii |
| ABSTRACT | xiv |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Realidad Problemática | 1 |
| 1.2 Trabajos Previos..... | 4 |
| 1.3 Teorías relacionadas al tema | 8 |
| 1.4. Formulación del problema | 30 |
| 1.5. Justificación..... | 30 |
| 1.6. Hipótesis..... | 31 |
| 1.7. Objetivos | 31 |
| 1.7.1. Objetivo General..... | 31 |
| 1.7.2. Objetivos Específicos | 31 |
| II. MÉTODO | 32 |
| 2.1 Diseño y tipo de la investigación | 32 |
| 2.2 Paralización de variables..... | 33 |
| 2.3 Población, muestra y muestreo | 34 |
| 2.3.1 Población | 34 |
| 2.3.2 Muestreo y muestra..... | 35 |
| 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad | 35 |
| 2.4.1 Técnicas: | 35 |
| 2.4.2 Instrumento | 36 |

| | |
|--|-----------|
| 2.4.3 Validez y confiabilidad | 36 |
| 2.5 Métodos de análisis de datos..... | 37 |
| 2.6 Aspectos éticos..... | 37 |
| III. RESULTADOS | 38 |
| 3.1 Resultados de los defectos estructurales | 39 |
| 3.2 Resultados de fallas estructurales..... | 46 |
| 3.3 Prototipo de vivienda de albañilería confinada | 53 |
| 3.4 Resultados de impacto ambiental | 73 |
| IV. DISCUSIONES | 77 |
| V. CONCLUSIONES | 80 |
| VI. RECOMENDACIONES..... | 81 |
| REFERENCIAS | 82 |
| ANEXOS | 89 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Edad de las viviendas..... | 39 |
| Cuadro 2. Viviendas que cuentan con planos..... | 39 |
| Cuadro 3. Proceso constructivo de las edificaciones de albañilería confinada..... | 40 |
| Cuadro 4. Materiales usados para la construcción de las viviendas..... | 41 |
| Cuadro 5. Calidad de ladrillo empleado para la construcción de los muros de las viviendas..... | 42 |
| Cuadro 6. Tipo de ladrillo usado para el asentado de los muros en el interior de las viviendas..... | 43 |
| Cuadro 7. Tipo de ladrillo usado en el perímetro de las viviendas..... | 44 |
| Cuadro 8. Fisuras o grietas existentes en los elementos estructurales de las viviendas..... | 45 |
| Cuadro 9. Falla por inadecuada resistencia del muro portante confinado a las fuerzas cortantes del sismo..... | 46 |
| Cuadro 10. Falla por golpeteo entre edificios..... | 50 |
| Cuadro 11. Falla de los tabiques en voladizos de fachadas..... | 51 |
| Cuadro 12. Falla por variación brusca de rigideces de la vivienda..... | 52 |
| Cuadro 13. Densidad de muros reforzados..... | 59 |
| Cuadro 14. Verificación del esfuerzo axial por carga de gravedad (eje “Y”)..... | 60 |
| Cuadro 15. Verificación del esfuerzo axial por carga de gravedad (eje “X”)..... | 60 |
| Cuadro 16. Distribución de las fuerzas de inercia..... | 65 |
| Cuadro 17. Periodos de participación en ambas direcciones..... | 66 |
| Cuadro 18. Periodos fundamentales..... | 66 |
| Cuadro 19. Valores de T vs. Sa del espectro de diseño..... | 67 |
| Cuadro 20. Cortante estático vs Cortante dinámico..... | 68 |
| Cuadro 21. Control de distorsiones..... | 69 |
| Cuadro 22. Cortantes y momentos de diseño en dirección “X”..... | 70 |
| Cuadro 23. Cortantes y momentos de diseño en dirección “Y”..... | 70 |
| Cuadro 24. Verificación de resistencia global y fisuración de muros en dirección “X”..... | 71 |
| Cuadro 25. Verificación de resistencia global y fisuración de muros en dirección “Y”..... | 71 |
| Cuadro 26. Resistencia al corte en dirección “X”..... | 72 |
| Cuadro 27. Resistencia al corte en dirección “Y”..... | 72 |
| Cuadro 28. Inadecuada protección del acero en las viviendas..... | 73 |

| | |
|--|----|
| Cuadro 29. Corrosión en el acero..... | 74 |
| Cuadro 30. Presencia de eflorescencia en los elementos estructurales de las viviendas..... | 74 |
| Cuadro 31. Deterioro del tarrajeo de las viviendas..... | 75 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Estructura de la tierra..... | 10 |
| Figura 2. Placas tectónicas en todo el mundo..... | 11 |
| Figura 3. Deriva continental a lo largo del tiempo..... | 12 |
| Figura 4. Tipo de bordes de placas..... | 13 |
| Figura 5. Tipos de fallas geológicas..... | 14 |
| Figura 6. Viviendas con primer piso colapsado, Pisco 2007..... | 16 |
| Figura 7. Edificio de tres pisos con muros bordeados por una columna. Nótese la falla por corte-fricción en la conexión viga-columna y cómo la grieta diagonal en el muro se vuelve incontrolable ante la ausencia del confinamiento..... | 17 |
| Figura 8. Distancia máxima de columna a columna de confinamiento..... | 17 |
| Figura 9. Muro dividido en dos partes..... | 18 |
| Figura 10. Tubería embutida en el interior de la falsa columna, rodeado por un alambre N°16 y, para integrar las dos mitades del muro, se recomienda el uso de mechas de 6mm de diámetro en cada hilada del muro..... | 19 |
| Figura 11. Dos formas que debilitar a un muro por la conexión del mismo con el alfeizar... 11 | 11 |
| Figura 12. Adecuada e inadecuada distribución de muros y vanos..... | 20 |
| Figura 13. Forma correcta e incorrecta de ubicar la base de un tanque elevado..... | 20 |
| Figura 14. Edificios adyacentes, capaz de fallar por golpeteo entre ellos, debido a que no tienen una zona de libre deformación..... | 21 |
| Figura 15. Tabiques sobre voladizos en Chincha y Pisco..... | 22 |
| Figura 16. Albañilería Confinada..... | 23 |
| Figura 17. Cargas que debe soportar el muro portante..... | 23 |
| Figura 18. Aporte que proporciona la columna al estar unido con el muro portante..... | 24 |
| Figura 19. Aporte que proporciona la viga al estar unido con el muro portante..... | 25 |
| Figura 20. Configuración estructural de las edificaciones de Albañilería Confinada..... | 28 |
| Figura 21. Plano del Balneario de Buenos Aires – Sector B1..... | 38 |
| Figura 22. Edad de las viviendas de albañilería confinada que están ubicadas en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1..... | 39 |

| | |
|--|----|
| Figura 23. Cantidad de viviendas de albañilería confinada que cuentan con planos en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1..... | 40 |
| Figura 24. Proceso constructivo de las viviendas de albañilería confinada ubicadas en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1..... | 40 |
| Figura 25. Materiales usados para la construcción de las viviendas de albañilería confinada situadas en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1..... | 41 |
| Figura 26. Calidad del ladrillo empleado para la construcción de los muros en las viviendas de albañilería confinada ubicadas en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1..... | 42 |
| Figura 27. Tipo de ladrillo usado para la construcción de los muros en el interior de las viviendas de albañilería confinada ubicadas en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1..... | 43 |
| Figura 28. Tipo de ladrillo usado para la construcción de los muros en el perímetro de las viviendas de albañilería confinada ubicadas en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1..... | 44 |
| Figura 29. Fisuras o grietas presentes en algunos elementos estructurales de las viviendas de albañilería confinada en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1..... | 45 |
| Figura 30. El área correspondiente a los muros portantes reforzados no se ajusta a lo indicado en la Norma Técnica E.070 en las viviendas de albañilería confinada del Balneario de Buenos Aires Sur, sector b1..... | 47 |
| Figura 31. Muros debilitados y resanados para colocación de tuberías en las viviendas de albañilería confinada del Balneario de Buenos Aires Sur, sector b1..... | 47 |
| Figura 32. Columnas muy espaciadas entre sí en las viviendas de albañilería confinada del Balneario de Buenos Aires Sur, sector b1..... | 48 |
| Figura 33. Algunos muros portantes no han sido confinados en las viviendas de albañilería confinada del Balneario de Buenos Aires Sur, sector b1..... | 48 |
| Figura 34. Cangrejeras y segregación de las columnas en las viviendas de albañilería confinada del Balneario de Buenos Aires Sur, sector b1..... | 49 |
| Figura 35. Juntas que adhieren a los ladrillos de los muros portantes con espesores mayores a 1.5 cm en las viviendas de albañilería confinada del Balneario de Buenos Aires Sur, sector b1..... | 49 |
| Figura 36. Cambios en la sección del muro debido a los vanos de las ventanas en las viviendas de albañilería confinada del Balneario de Buenos Aires Sur, sector b1..... | 50 |

| | |
|---|----|
| Figura 37. Viviendas que presentaron juntas de dilatación con la edificación colindante en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector b1 | 50 |
| Figura 38. Cantidad de viviendas que arriostaron los tabiques de sus fachadas ubicadas en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector b1 | 51 |
| Figura 39. Asimetría en la distribución de los muros en los diferentes niveles del edificio del Balneario de Buenos Aires Sur, sector b1 | 52 |
| Figura 40. El tanque elevado se apoya sobre columnas flexibles en contraste con el último piso de las viviendas de albañilería confinada del Balneario de Buenos Aires Sur, sector b1 | 53 |
| Figura 41. Distribución arquitectónica del primer nivel | 54 |
| Figura 42. Distribución arquitectónica del segundo nivel | 55 |
| Figura 43. Distribución arquitectónica de la azotea | 55 |
| Figura 44. Corte A-A y B-B de la vivienda | 56 |
| Figura 45. Corte C-C y elevación principal de la vivienda | 56 |
| Figura 46. Vista en 3D de modelamiento estructural | 65 |
| Figura 47. Curva de los valores del espectro de diseño | 68 |
| Figura 48. Inadecuada protección en el acero de las viviendas de albañilería confinada situadas en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1 | 73 |
| Figura 49. Corrosión en el acero de las viviendas de albañilería confinada situadas en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1 | 74 |
| Figura 50. Presencia de eflorescencia en algunos elementos estructurales de las viviendas de albañilería confinada en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1 | 75 |
| Figura 51. Deterioro del tarrajeo de las viviendas de albañilería confinada en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1 | 76 |

RESUMEN

La siguiente investigación tiene como propósito evaluar las fallas estructurales en las viviendas de albañilería confinada ante evento sísmico en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1, según sus defectos estructurales y su estructuración; siendo contrastadas conforme a la Norma Técnica E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

El tipo de estudio es descriptiva y el diseño es no experimental transversal, descriptivo simple.

Para su evaluación aplicamos la encuesta, observación y la ficha técnica a los ciudadanos de este sector, constituido por 43 manzanas y 377 lotes; de la cual obtuvimos que más de todas las viviendas de este Balneario serán afectadas por la inadecuada resistencia de los muros confinados a las fuerzas cortantes del sismo; el 73% por la falta de una junta de dilatación con la vivienda colindante; el 77% debido a que los tabiques situados en los voladizos de las fachadas no están arriostrados; y de acuerdo a la falla por variación brusca de rigideces, el 28% por la asimetría de los muros en elevación, y el 49% debido a la flexibilidad del apoyo de sus tanques elevados en contraste con el último entrepiso de la estructura. Por consiguiente, se pudo comprobar que las fallas estructurales que presentan las viviendas de esta zona ante evento sísmico son, falla por inadecuada resistencia del muro confinado a las fuerzas cortantes del sismo, falla por golpeteo entre edificios, tabiques en voladizos de fachadas y falla por variación brusca de rigideces.

Palabras claves: Falla estructural, albañilería confinada, defecto estructural y estructuración.

ABSTRACT

This research has as purpose to evaluate the structural failures in the households of masonry confined before seismic event in the health resort of Buenos Aires South, sector B1, according to its structural defects and its structuring; being contrasted according to Technical Standard E.070 of the National Building Regulation.

The type of study is descriptive and the design is non-experimental transversal, simple descriptive.

For its evaluation we apply the inquiry, observation and the technical sheet to the citizens of this sector, consisting of 43 blocks and 377 lots; from which we obtained that more all the households of this health resort will be affected by the inadequate resistance of the walls confined to the cutting forces of the earthquake; 73% for the lack of an expansion joint with the adjoining house; 77% because the partitions located in the corbels of the facades are not braced; and according to the failure due to abrupt variation of rigidities, 28% due to the asymmetry of the walls in elevation, and 49% due to the flexibility of the support of their elevated tanks in contrast with the last mezzanine of the structure. Therefore, it could be verified that the structural failures presented by the households in this area in the event of a seismic event are due to inadequate resistance of the wall confined to the earthquake's shear forces, failure due to knocking between buildings, facades wall partitions and failure due to abrupt variation of rigidities.

Keywords: Structural failure, confined masonry, structural defect and structuring.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

A largo de los años, la población peruana ha ido en constante aumento, por consiguiente también la demanda de viviendas. Estas han sido construidas de distintas maneras, y en la zona costera, el sistema predominante es la albañilería confinada. El incremento anual de la población peruana es de 1.01% según IPSOS (2018) lo que genera un crecimiento en la construcción de nuevas edificaciones. Agregando a todo ello, nuestro país forma parte del cinturón de fuego del pacífico, zona donde se produce la mayoría de los sismos que afectan a nuestro planeta, esta ha sido sacudida constantemente por terremotos de gran intensidad, confirmándose las deficiencias de nuestras construcciones, las cuales han sufrido daños durante estos eventos sísmicos.

Técnicamente es afirmado que construir una vivienda sin la aprobación profesional, mano de obra no calificada y materiales de mala calidad, es decir viviendas informales, están propensas a sufrir fácilmente diversas fallas estructurales, aunque es una forma de construcción que la mayoría de los habitantes en la costa peruana han empleado en las últimas décadas. Así como hay algunas familias que están creciendo económicamente e invierten para una excelente calidad de vivienda, todavía las viviendas informales prevalecen. Esta situación se empeora cada vez más cuando se tratan de centros educativos, postas médicas, comisarías, iglesias y viviendas de 5 a más pisos, pues su importancia y consideraciones son aún mayores.

Teniendo en cuenta que la improvisación en la ejecución de una edificación es una realidad en nuestro país, se decidió analizar las estructuras que están situadas en las zonas de mayor riesgo sísmico (zona sísmica 4). Se eligieron las edificaciones más representativas de la zona, de las cuales evaluamos las fallas estructurales que garantizan su presencia frente a un evento sísmico severo. Se eligió el Balneario de Buenos Aires Sur como lugar representativo, porque la mayoría de las estructuras han sido construidas sin criterio profesional y por estar frente a la "Erosión Costera", fenómeno que ha generado mayor humedad en el ambiente, afectando gravemente a las viviendas, dejándolas en un mal estado de conservación (Anexo 6).

Actualmente, en esta zona la albañilería confinada predomina por tres motivos fundamentales; es una alternativa de construcción en edificaciones de pequeña altura, por la facilidad de ser empleada sin criterio técnico y por el costo no tan alto del ladrillo de

producción informal (Anexo 7). Esto sucedió debido al bajo nivel económico que contaban los habitantes de esta zona.

En consecuencia, muchas estructuras están siendo afectadas, principalmente los muros de albañilería (anexo 8), siendo gravísimo su comportamiento frente a un sismo, además de obviar las consideraciones de la norma E-030 y E-070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

1.1.1 Aspectos generales:

Ubicación Política

Departamento: La Libertad

Provincia : Trujillo

Distrito : Víctor Larco Herrera

Sector : Buenos Aires Sur

Ubicación Geográfica

El Balneario de Buenos Aires Sur es una de las tres zonas perteneciente a la localidad de Buenos Aires ubicado en el distrito de Víctor Larco Herrera. Esta zona colinda con el distrito de Moche y sobre una planicie del Océano Pacífico a 8°08'40" de latitud sur, 79°03'19" de longitud oeste y a 3 metros de altitud; aproximadamente se extiende a una área de 563316.53 m².

Limites

Sur : Océano Pacífico y Moche (7 km)

Norte : Huanchaco, Trujillo (12 km, 4 km).

Oeste : Océano Pacífico y Huanchaco (12 km).

Este : Trujillo (4 km).

Clima

El distrito de Víctor Larco Herrera presenta un clima benigno y fresco, con una temperatura media anual de 19.5°C. El mes más abrasador es febrero bajo una temperatura máxima media de 28°C, y la más baja temperatura surge en el mes de agosto con una temperatura de 13°C.

Vías de acceso

Este Balneario cuenta con las siguientes avenidas principales:

- Avenida Manuel Seoane: se prolonga desde la avenida Huamán hasta el balneario de Buenos Aires.
- Avenida Dos de Mayo: se denomina así a la vía de evitamiento, también conocida como carretera industrial, es la frontera hacia el este con la localidad de Vista Alegre.
- Avenida Colon: esta vía en los últimos años ha sufrido devastaciones por causa de la erosión costera y la cercanía al mar.

1.1.2 Aspecto socio económico:

Actividades económicas

Las principales actividades económicas del distrito de Víctor Larco Herrera son, el turismo y el comercio.

- Turismo:

Los más importantes atractivos turísticos son, el paseo de las aguas, la Asociación de Criadores y Propietarios de Caballos de paso de la Libertad, la Plaza de armas de Víctor Larco, el Mural de caballos de paso y el Arco del golf.

- Comercio:

De acuerdo al INEI, el distrito de Víctor Larco Herrera tenía en el año 2009, 146 empresas del área de manufactura lo que equivalió en aquel año el 2,9 del total de la provincia de Trujillo.

Salud

Los más importantes centros de salud del distrito de Víctor Larco Herrera son:

La Unidad Básica de Atención Primaria de ESSALUD y El Hospital básico de atenciones primarias (MINSA), ambas igualmente situadas en el sector de Vista Alegre.

Educación

En este distrito podemos cuantificar 61 instituciones para edades tempranas, 28 colegios para primaria y 15 centros secundarios. La Universidad Cesar Vallejo es el centro de estudio más importante y concurrido con una cantidad de más de 4000 estudiantes. También cuenta con centros de instrucción técnica, como lo es el centro técnico de textilería - SENATI, localizado en la urbanización San Andrés V etapa y el instituto

TECSUP al sur del distrito. En Buenos Aires Sur presenta distintos colegios estatales y privados, de los cuales el más destacado es: José Antonio Encinas.

Servicios

El distrito de Víctor Larco Herrera alberga un sistema de agua potable favorable para todo este lugar, contando con un sistema de recolección y eliminación de aguas residuales. El responsable de este servicio es SEDALIB, ubicado en el sector de vista alegre.

Vivienda

Conforme al INEI (2007), En el distrito de Víctor Larco Herrera, cuenta con 13181 viviendas, en las que 13162 viviendas corresponden al sector urbano y 19 a la zona rural. En el sector urbano, 410866 son viviendas independientes, 1848 edificios, 334 viviendas en quinta, 102 vecindades y 10 son casas improvisadas.

1.2 Trabajos Previos

Campodonico (2017), en su investigación acerca de los problemas de ubicación y configuración estructural en viviendas autoconstruidas en la comunidad urbana autogestionaria de Huaycán, Ate, Lima, 2017; evaluó el esquema estructural y el sitio donde están ubicados las viviendas en la comunidad Autogestionaria de Huaycán. Se estudiaron a 36 viviendas, de las cuales se aplicó una encuesta. Conforme a los resultados que obtuvo, el 86% de viviendas fueron autoconstruidas y el 89% de los propietarios suponen que sus casas están lo suficientemente fortalecidas para resistir un sismo, realidad que dirige al dueño a seguir desarrollando verticalmente su edificación, con desconocimiento de análisis y diseño estructural. Por lo tanto, se concluyó que las viviendas presentaban configuraciones estructurales de asimetría, esquinas entrantes y discontinuidad en altura.

García (2017), en su estudio titulado “Determinación de las causas que producen fallas estructurales en las viviendas del Pueblo Joven La Libertad, propuesta de solución, Chimbote – Ancash, 2017”; tuvo como objetivo precisar las razones de causa que inducen a la presencia de fallas en algunas viviendas del pueblo joven La Libertad, Chimbote – Ancash. Se evaluaron setecientos trece viviendas de albañilería confinada de la zona y como muestra se trabajó con doscientas cincuenta viviendas de albañilería confinada,

seleccionándose mediante el muestreo probabilístico, seleccionadas al azar, donde se utilizó una ficha técnica aprobada por tres especialistas, y el otro instrumento fue el protocolo, brindados por el laboratorio de mecánica de suelos GEOMG S.A.C. Las causas que conllevaron a la presencia las fallas en estas estructuras fueron, el efecto de sulfatos y sales, la humedad por ascensión capilar, los asentamientos diferenciales y tracción diagonal. Por lo cual, se concluyó que los tipos de fallas y patologías que mostraron las viviendas de aquel sector fueron, la eflorescencia en un porcentaje de 90.40%, cripto eflorescencia con un porcentaje de 4.80%, desagregación en un porcentaje de 3.20%, corrosión del acero en un 24.41%, fisuras por asentamiento diferencial con un porcentaje de 3.20%, fisuras por tracción diagonal con un 9.20% y grietas en los muros por tracción diagonal (0.40%) y asentamientos diferenciales (0.40%).

Alva (2016), en su tesis sobre la evaluación de la relación de los factores estructurales en la vulnerabilidad sísmica de viviendas en laderas de la urbanización Tahuantinsuyo del distrito de Independencia, Lima; teniendo como finalidad evaluar la relación entre los factores estructurales de las edificaciones y el nivel de vulnerabilidad sísmica en las viviendas de las laderas de la urbanización Tahuantinsuyo. Siendo el lugar de evaluación la urbanización antes mencionada del distrito de Independencia situado en Lima, donde se estudiaron a 40 viviendas de la zona, de los cuales se aplicó una encuesta recopilando las características de la vivienda con respecto a su ubicación, configuración estructural y proceso constructivo, además de aspectos que pretenden evaluar su vulnerabilidad y los daños que podrían suscitar frente a un evento sísmico. Al efectuar lo mencionado, encontraron que más del 50 % de las edificaciones analizadas necesitan algún tipo de mejora estructural, obteniéndose una Vulnerabilidad media de 82.5 %. Por consiguiente, si existe una relación directa entre los factores estructurales y el nivel de vulnerabilidad sísmica que presentaron las viviendas evaluadas.

Rodríguez et al (2015), estudiaron el riesgo sísmico en el Balneario de Buenos Aires, estableciendo como meta evaluar y estudiar dicha zona para hallar el riesgo sísmico en este sector. Se analizaron las viviendas asentadas de esta localidad, obteniendo un muestreo de 653 viviendas, donde se empleó la técnica de encuesta. Según sus resultados, el 30% de viviendas tienen un riesgo sísmico alto, el 70% de viviendas un riesgo sísmico medio, por lo que ninguna vivienda está considerada dentro de un riesgo sísmico bajo.

Finalmente, los resultados obtenidos indicaron que las cualidades inestables de los suelos, hacen que los mismos tengan influencia, acreditando el incremento de la vulnerabilidad de las edificaciones ante un terremoto de grandes magnitudes, como lo hace también el nivel de vulnerabilidad estructural, influyendo en las probabilidades del colapso de las mismas cuando nos visite este tipo de sacudimientos en el suelo.

En la investigación de Guarnizo (2015), cuyo nombre es identificar las fallas estructurales más notables en las viviendas empleadas en los barrios periféricos situados en Loja, deterioradas por causa del invierno del 2012; identificó las fallas estructurales en las viviendas que ubicadas en Loja. Se evaluaron las viviendas situadas en estos barrios periféricos, siendo el escenario ideal para realizar una investigación científica de fallas estructurales y /o patologías más comunes. Se obtuvo que, el 18,03 % de los casos de patologías constructivas son por errores en el diseño; el 70,49% de los casos se debe a patologías constructivas por daños en la cimentación, que se manifestaron durante y/o luego de la incidencia de las lluvias suscitadas en el invierno del 2012 siendo una fuerza o agente externo a la edificación. Por lo cual, se concluyó que, los daños más frecuentes en 61 de estas edificaciones, fueron producto por los asentamientos diferenciales llegando a ser 70,49%; los que fueron ocasionados por deficiencias en sus diseños manifestado en su emplazamiento anti técnico, 18,03%; lo que por fuego o incendio se dieron, 1,64%; y, por el desgaste de estas edificaciones y el menester de conservación, 9,84%.

Chocce et al (2015), realizaron el estudio de peligro sísmico, vulnerabilidad y riesgo sísmico de las viviendas a base de albañilería confinada ubicado en Huayllay Grande-Angaraes-Huancavelica, siendo su objetivo el determinar las fallas estructurales, peligro, riesgo sísmico y el grado de vulnerabilidad de aquellas edificaciones. Se evaluaron 42 viviendas, a base de una ficha técnica, en las cuales se identificaron las características primordiales de ubicación, estructurales, arquitectónicas y constructivas. Con los datos adquiridos, prosiguieron a procesar las hojas de cálculo para hallar el riesgo sísmico de las estructuras, aplicando una base de datos para clasificar los daños de las edificaciones mencionadas. Como resultado obtuvieron que el 2%, 88% y 10% de las viviendas diagnosticadas tienen vulnerabilidad sísmica alta, media y baja respectivamente; el 100% tuvieron peligro sísmico medio; y el 2% y el 98% de las viviendas diagnosticadas manifestaron un riesgo sísmico alto y medio respectivamente. Al contrastar los datos, el

98% de estas viviendas podrían sufrir daños en sus muros ante un evento telúrico, debido a los problemas de ubicación de suelos no consolidados y la ausencia de junta sísmica, mostrando además que más del 80 % de las viviendas tuvieron problemas en su elaboración, por un mal encofrado y presencia de cangrejas.

Sánchez y Benavides (2015), realizaron una investigación cuyo nombre es “Caracterización de las condiciones estructurales en algunas viviendas residenciales del barrio San Antonio en Bogotá según nsr-10”, el cual consiste en caracterizar las condiciones estructurales de algunas edificaciones residenciales del barrio San Antonio en Bogotá, calle número tres, Colombia, siendo la población de estudio 5 edificaciones. La metodología que aplicaron fue el ATC-21 de observancia rápida de edificaciones con riesgo sísmico llamado RSP, dando como fruto que en la mayoría de las edificaciones estudiadas, las fallas que predominan con mayor puntaje son el de irregularidad en planta, piso blando y torsión. Por último, con los resultados adquiridos, se comprobó que las edificaciones supervisadas tienen que ser evaluadas detalladamente, porque fueron construidas antes de la publicación de la norma NSR-10; por consiguiente, no es menester que estas viviendas disipen el cumplimiento de los parámetros de la norma para asegurar un correcto comportamiento en cara al sismo.

Rodríguez y Castro (2015), en su estudio “Caracterización de las condiciones estructurales en viviendas residenciales del barrio ciudad jardín sur en Bogotá según nsr-10”, tuvieron como objeto encontrar la probabilidad de daños y características estructurales en las viviendas residenciales del lugar de estudio mencionado. El muestreo fue de 5 viviendas, por medio del método FEMA 154 rápida detección visual de las edificaciones de peligro de sismo potencial (RVS), obteniendo como resultados puntajes dentro del valor mínimo, o sea 2, debido a que todas las edificaciones presentaron irregularidades producto de un mal seguimiento estructural. En pocas palabras, para la evaluación, este método permitió que las edificaciones elegidas pertenecen al sistema de albañilería no reforzada URM, proporcionando el un puntaje por debajo el mínimo que es aceptado, consecuentemente esto precisa que estas viviendas no tendrán un adecuado comportamiento ante un terremoto.

Mosqueira (2013), en su tesis sobre la evaluación de las fallas estructurales en viviendas situadas en el Rio Mashcon - Cajamarca, evaluaron las fallas principales de estas edificaciones de albañilería en la zona de estudio mencionada. Se eligieron gran cantidad de viviendas autoconstruidas, obteniendo datos acerca de sus características por medio de fichas técnicas, recopilando información como, presencia de fallas de las estructuras mencionadas y los errores de su elaboración. Se detalló las faltas que hay en la zona donde asientan relacionándolos con el tipo de suelo, el esquema estructural conforme al prescrito en un diseño sismo resistente y las deficiencias constructivas. Con el método desarrollado para la ejecución de viviendas se comprobó que las patologías en cimientos, columnas, vigas, losas y la de mano de obra ejercida para la construcción no fueron al nivel de la demanda del sistema estructural. En otras palabras, más del 50% de viviendas resultaron ser de calidad y resistencia inferior a la estándar, por la deficiente dosificación del concreto, los muros portantes no estuvieron adecuadamente confinados, el espesor de la juntas y el mortero fueron inaudito, y por la ausencia de una guía técnica y mano de obra no calificada.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Sismología

Definición de sismo:

Son vibraciones de la corteza terrestre, causadas por ondas sísmicas que se generan por liberación de energía elástica acumulada en la misma corteza y el manto terrestre. Por tanto se llama temblor a un pequeño sismo, mientras que a un sismo grande se le da el nombre de terremoto, también llamado macro sismo (Gómez, 2007, p.11).

Origen de sismo:

Como efecto de la interacción de las placas tectónicas, la zona entre la corteza terrestre y la astenósfera, está sometida a grandes fuerzas que la van deformando a medida que pasa el tiempo. Mientras los esfuerzos que acompañan las deformaciones, pueden ser soportados por el material, la corteza incrementa sus deformaciones y va almacenando energía de deformación elástica; a este proceso se conoce como refuerzo lento de energía. Cuando los esfuerzos en el interior alcanzan valores elevados, se produce un rompimiento repentino, rompiendo parte de corteza terrestre y librando energía en forma de choques y ondas sísmicas, por breve tiempo.

Durante un terremoto, el rompimiento del material empieza en una pequeña zona, de menor resistencia o de esfuerzos elevados; La zona fallada va propagándose en todas direcciones dentro de un plano, denominado plano de falla (Bozzo y Barbat, 2000, 7-8).

Manifestación de efecto de sismos:

Están los movimientos directos que se producen en la estructura, provocado por su fijación en el suelo; las fallas superficiales del suelo, que lo pueden constituir en grietas, desplazamientos verticales, asentamiento y derrumbes; además los maremotos, los mismos movimientos del suelo suelen levantar grandes olas en la superficie, que pueden provocar daños graves en la zona costera; por último las inundaciones, incendios y explosiones de gas, donde las fallas o movimiento del suelo pueden provocar daños en presas, embalses y riberas de río (Ambrose y Vergun, 1999, p. 28-29).

Conformación de la tierra:

Esta de manera inicial el núcleo, el generador de gradientes de alta temperatura y cuya conformación básicamente es de Hierro y Níquel. En parte intermedia lo constituye el Manto, que está dividido por la astenósfera y la mesosfera, formado por silicatos. Y por último la corteza o litosfera: que descansa sobre la astenósfera, cuya superficie exterior corresponde al fondo marino y a los continentes. Como ejemplo se describe en la figura 1 (Gutiérrez, 2008, p. 21-23).

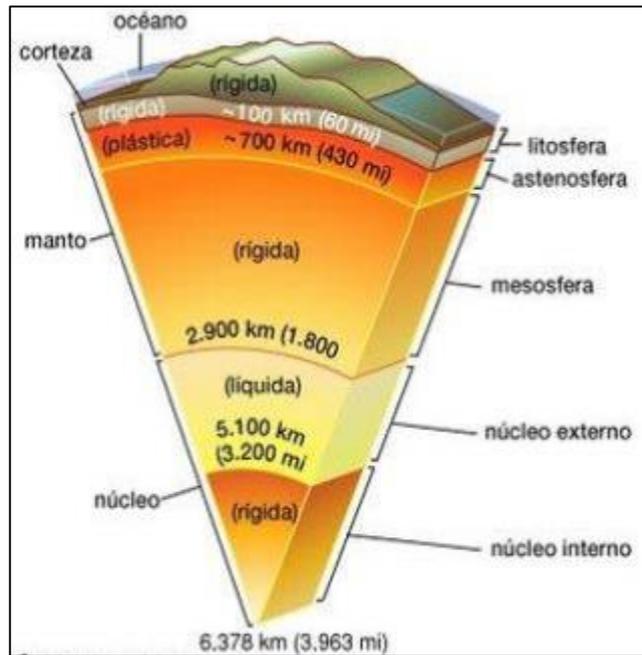


Figura 1. Estructura de la tierra.

Fuente: Miguel Herráiz (1997).

Placas Tectónicas

La litósfera está formada por una serie de placas que conforman la superficie terrestre. El espesor de estas placas es del orden de 70 km (bajo océanos) y el doble (bajo los continentes). Estas placas se encuentran flotando y en constante movimiento por la deriva continental, debido a que estas placas descansan en la astenósfera, la cual es un material semi fundido donde se presentan corrientes de convección, debido a los altos gradientes de temperatura que se generan en el núcleo. En la figura 2 veremos la división de placas en el mundo (Gutiérrez, 2008, p. 23).

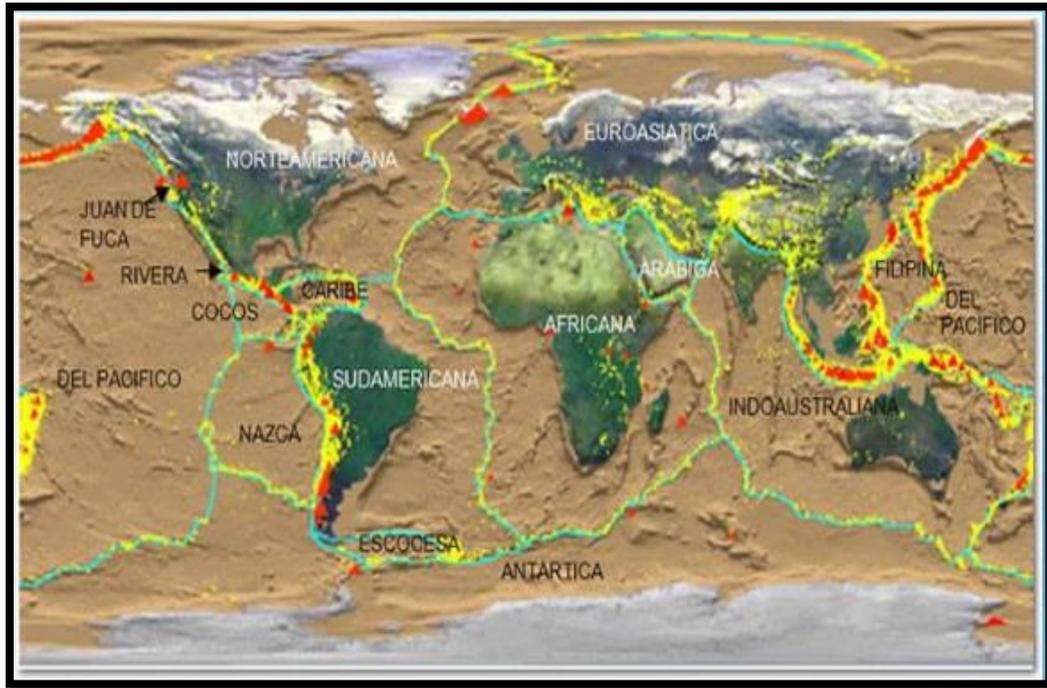


Figura 2. Placas tectónicas en todo el mundo.

Fuente: Ecoexploratorio.

Origen:

La producción de movimientos que se generan a nivel de placas es más intenso en sus bordes. Hace más de 200 millones de años solo se tenía un continente que se le llamó Pangea y un mar llamado Panthalasa. Después hace más de 150 millones de años, se tuvieron dos continentes Gondwanalandia y Laurasia. Es así que, actualmente, se identifican las siguientes placas la del Pacífico, Sudamérica, Norteamérica, Nazca, Caribe, Juan de Fuca y Rivera, pertenecientes al continente de América. Así también las placas de Eurasia, África, India, Antártica, Somalia, Filipina, Árabe, Cocos, China, Persa, Turquía, Tonga, Egea, Nuevas Hébridas y Adriática de los demás continentes. En la siguiente imagen veremos la deriva continental a través del tiempo. Como ejemplo se describe en la figura 3 (Gutiérrez, 2008, p. 24-25).

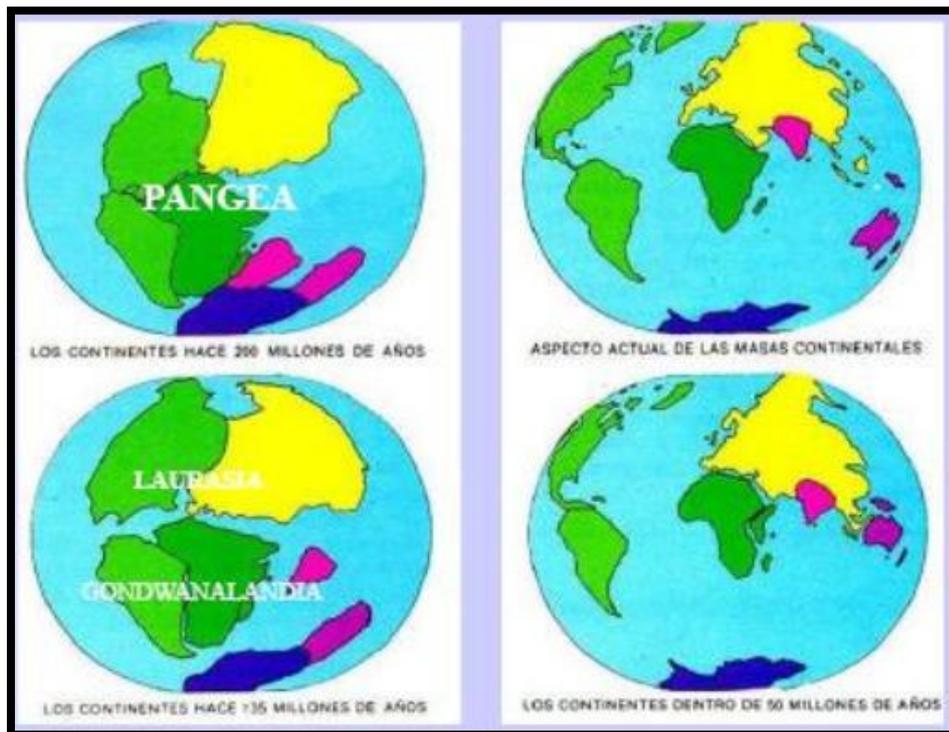


Figura 3. Deriva continental a lo largo del tiempo.

Fuente: Biblioteca de investigaciones. Terremotos, tsunamis y fallas geológicas.

Bordes de placas tectónicas:

Según el tipo de la convergencia de las corrientes de convección y el efecto entre placas, se generan tres tipos de bordes entre placas, que son:

Los convergentes, en la cual se generan dos tipos de bordes: Borde de Subducción y Borde de Colisión. Los divergentes, la cual permite la regeneración de la corteza terrestre, se dan en el fondo marino y genera las Dorsales Oceánicas (Borde de extensión) cuya características principales son su longitud, su paralelismo a los continentes y su inestabilidad. Por ultimo las transformantes, cuando las placas se deslizan paralelas al borde y en sentido contrario; este tipo de límite también se considera dentro del límite de colisión. En la figura 4 veremos los distintos tipos de bordes de las placas (Gutiérrez, 2008, p. 27-30).

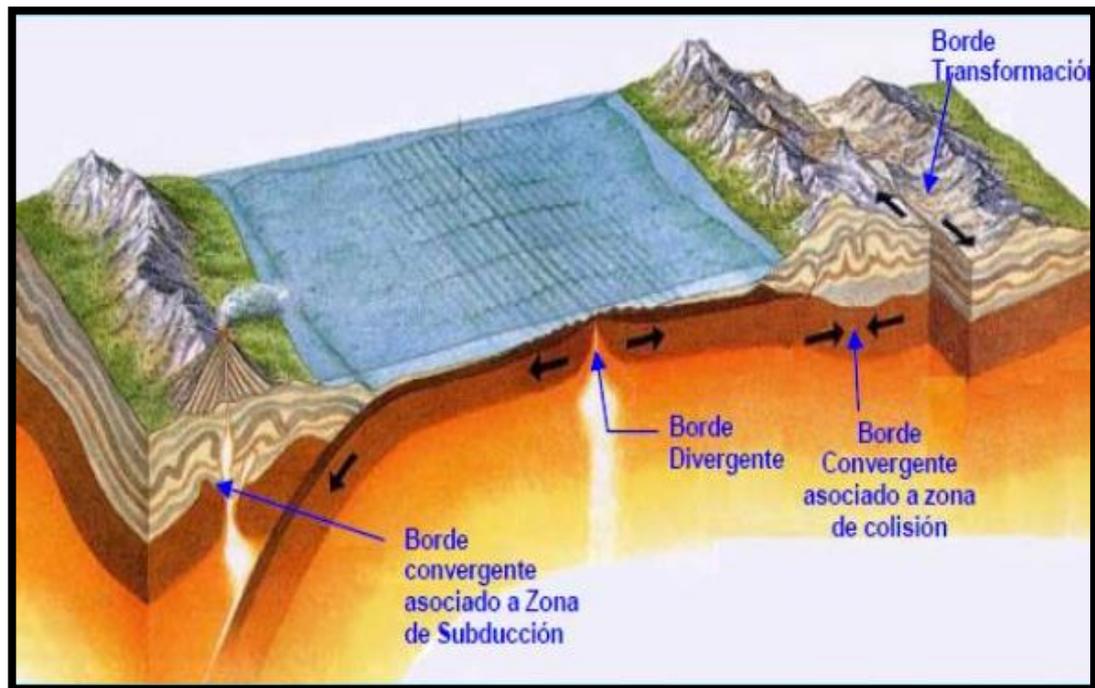


Figura 4. Tipo de bordes de placas.

Fuente: Biblioteca de investigaciones. Terremotos, tsunamis y fallas geológicas.

Fallas geológicas

Son las producciones de una ruptura y movimiento lateral de los materiales adyacentes en la estructura tectónica. Donde el interés se centra en las fallas activas y capaces. Una falla es sísmicamente activa, se produce cuando hay constancia de que en cierto tiempo va ser causante de al menos un terremoto. En cambio las fallas son capaces, son las que se mantienen inactivas en el tiempo (Gutiérrez, 2008, p. 32).

Tipos de fallas:

Se encuentran las de desgarro, que generan un desplazamiento ascendente, como también desplazamientos de bloques horizontalmente. Un claro ejemplo de este tipo de fallas son las transformadoras que se trasladan a las dorsales oceánicas. Esta también la falla normal que se producen de tensiones, la pendiente que se genera en el plano de falla coincide con la dirección de la zona hundida, resultando un alargamiento o estiramiento de los materiales, al moverse la zona hundida por acción de la fuerza de la gravedad. Y por último esta la falla inversa que se genera mediante esfuerzos que someten a compresión la corteza terrestre, la zona hundida en la falla

de producto de tensiones, sube sobre el plano de falla y, es así que, la materia de los estratos de mayor antigüedad aparecen uno por encima de otra, de los niveles de capa de suelos más modernos, dando a originarse los llamados cabalgamientos. A continuación en la Fig.5 se presenta los tipos de fallas (Gutiérrez, 2008, p. 33).

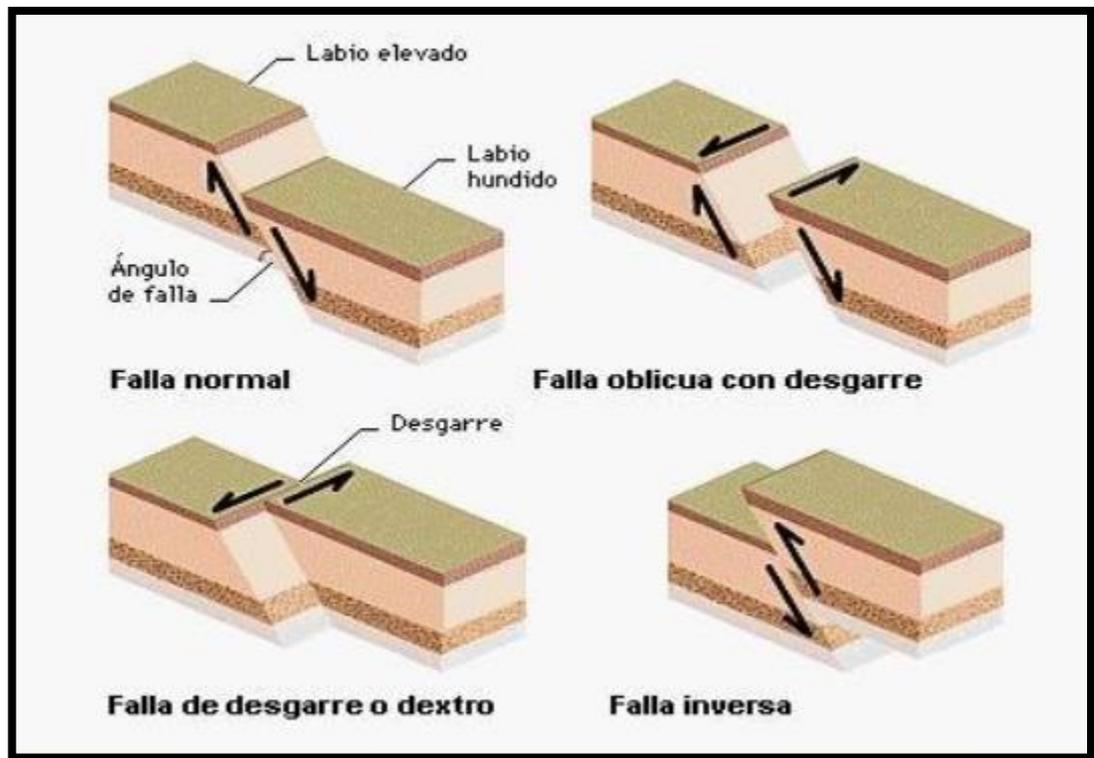


Figura 5. Tipos de fallas geológicas.

Fuente: Biblioteca de investigaciones. Terremotos, tsunamis y fallas geológicas.

1.3.2. Fallas estructurales

Definición

Generalmente relacionamos una falla estructural con el colapso de la edificación, sin embargo no siempre es así. Específicamente es cuando un elemento estructural queda incapacitado para desempeñarse satisfactoriamente la función que fue determinada, o también, son las llamadas deformaciones irreversibles de los distintos elementos estructurales que componen el sistema estructural (ASCE, pp.49). Por tanto, un ingeniero civil debe considerar en el diseño estructural la filosofía de la Norma Técnica de Edificaciones E.030 de Diseño Sismorresistente:

- Evitar pérdida de vidas humanas.

- Asegurar la continuidad de los servicios básicos.
- Minimizar los daños a la propiedad.

Causas

Las principales son: La antigüedad de las edificaciones, el cual disminuye la resistencia de los materiales, los materiales no cuentan con la calidad requerida, la construcción no fue ejecutada con mano de obra calificada y la irregularidad estructural y con un dimensionamiento que no tiene la proporción conveniente en las edificaciones (Arreaza, 2004, p.107). Así mismo, la Norma Técnica de Edificaciones E.070 de Albañilería, prescribe también, la falta de diseño estructural, supervisión técnica y consideraciones pertinentes del lugar para el diseño estructural.

Tipos

- Falla por inadecuada resistencia del muro confinado a las fuerzas cortantes del sismo.

El colapso de las edificaciones frecuentemente es por la carencia de resistencia a carga lateral de este elemento estructural. Las fuerzas de inercia varían crecientemente desde su base hasta la cúspide del sistema estructural, generando esfuerzos cortantes que decrecen progresivamente de la misma forma, las mismas que deben ser soportadas en cada uno de los niveles por los muros portantes, debiendo actuar ante lo mencionado de forma monolítica (Serrano,2001, p.50).

La norma técnica E.070 también especifica que deberá haber una densidad similar en las direcciones predominantes de la edificación. Así mismo, una vivienda es sacudida, por una fuerza externa como si fuese empujada lateralmente en las direcciones “X” y “Y”, por consiguiente, este sistema deberá contar con muros portantes dispuestos a lo largo en ambas direcciones, proporcionándole una adecuada fortaleza. Estos muros ejercen su función principalmente en dirección longitudinal, o sea, a lo largo. Esto denota que en una edificación, los muros que estén dispuestos en la dirección “Y”, son los que resistirán los esfuerzos producidos en esa dirección; y lo mismo será para el eje “X”. Lo difícil sucede cuando hay menester de estos elementos estructurales en cierta dirección, o si estos son de una longitud corta. Siendo objetivo lo anterior, las fuerzas del sismo probablemente ocasionarían grietas

o rajaduras, incluso hasta el colapso, pues los muros son los que predominan en este sistema (Medica y Blanco, 2010, p.12-13).

Además, nuevamente con nuestra norma técnica E.070, proporciona la forma de obtener la densidad mínima de albañilería confinada en cada dirección de la edificación, efectuándose de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Área de Cortes de los Muros Reforzados}}{\text{Área de la Planta Típica}} = \frac{\sum L_i}{A_p} \geq \frac{Z.U.S.N}{56}$$

Deduciendo lo que hemos venido mostrando, esta falla estructural sería una de las opciones que se vivificarían en una edificación informal, generando consecuencias sociales y económicas como lo vemos en la siguiente imagen (Zavala et al, 2004, p.5).



Figura 6. Viviendas con primer piso colapsado, Pisco 2007.

Fuente: XXXIV Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural.

Por otro lado, también debemos considerar lo siguiente para que la edificación logre un comportamiento eficaz frente a un terremoto:

- No se debe usar ladrillos de muy mala calidad ni juntas con espesores mayores a 1.5 cm, ya que se estaría asentando un muro de muy baja.

- No es suficiente confinar al muro en un solo lado de su perímetro lateral (no estando permitido por la norma E.070), ya que un sismo es de carácter cíclico. Generalmente este defecto estructural sucede en muros con vanos de ventanas. En la siguiente imagen analicemos este defecto estructural.

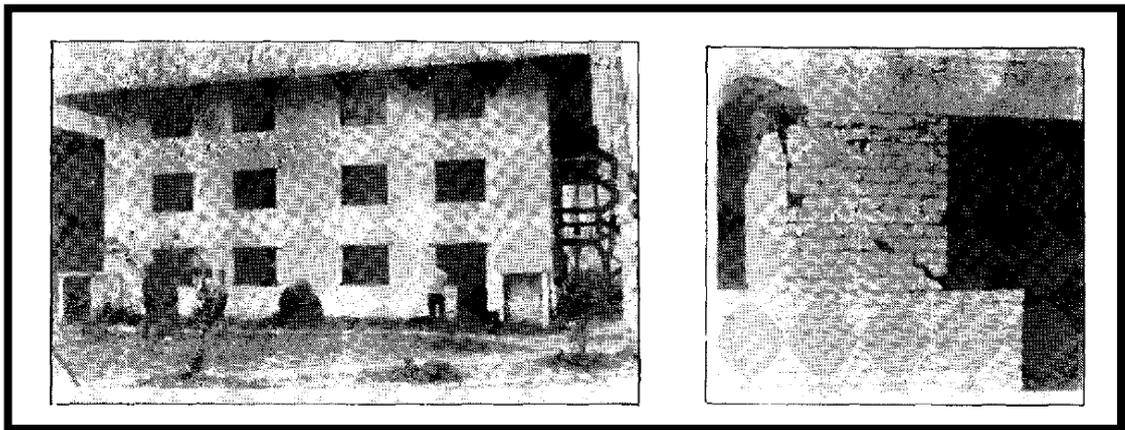


Figura 7. Edificio de tres pisos con muros bordeados por una columna. Nótese la falla por corte-fricción en la conexión viga-columna y cómo la grieta diagonal en el muro se vuelve incontrolable ante la ausencia del confinamiento.

Fuente: San Bartolomé. (1996).

- Las columnas no deben estar muy separadas entre sí, pues se disipa el efecto de confinamiento en la zona central de la albañilería y la longitud de las grietas diagonales se vuelve incontrolable, deteriorándose el muro. En la figura 8 veremos el máximo espaciamiento entre columna de confinamiento a columna de confinamiento.

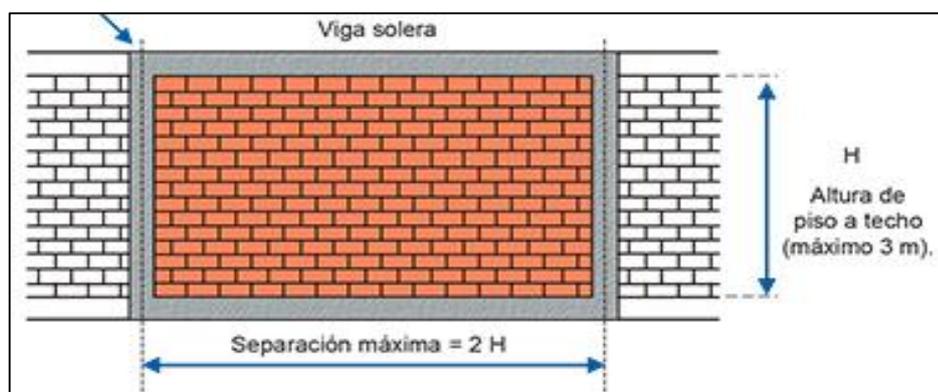


Figura 8. Distancia máxima de columna a columna de confinamiento.

Fuente: Aceros Arequipa.

- La presencia de cangrejas en las columnas disminuyen su resistencia a la compresión, tracción y corte, por lo que genera un decaimiento en su efecto de confinar al muro, no desempeñándose en la plenitud de su fuerza. Las cangrejas suceden por las siguiente razones: 1) el concreto está muy seco al instante de vaciarlo; 2) el tamaño del agregado grueso del concreto es muy grande en columnas de poca dimensión; 3) cuando los ganchos de los estribos son de gran longitud, estorban el paso del concreto; 4) en la interface columna-albañilería tiene dientes largos o más de 5 cm; 5) mala o nula vibración o chuceo del concreto (San Bartolomé, 1996, p.46).
- En nuestro país, es una costumbre picar los muros portantes confinados y luego resanarlos después de haber colocado una montante o una tubería de ventilación (ver figura 9). Lo mencionado genera un comportamiento como si fuesen dos muros distintos, presentando 2 grietas en forma de “V”, desplazándose una parte verticalmente hacia arriba a lo largo de la tubería mientras que la otra parte del muro se desplaza en sentido contrario. De ninguna manera la norma E.070 consiente este acto. La solución para este problema es la elaboración de una falsa columna, la cual albergue el tubo mencionado, considerando algunas técnicas presentadas en la figura 10. (San Bartolomé, Chuquín y Paredes, 2007, p. 8).



Figura 9. Muro dividido en dos partes

Fuente: San Bartolomé, Chuquín y Paredes. (2007).

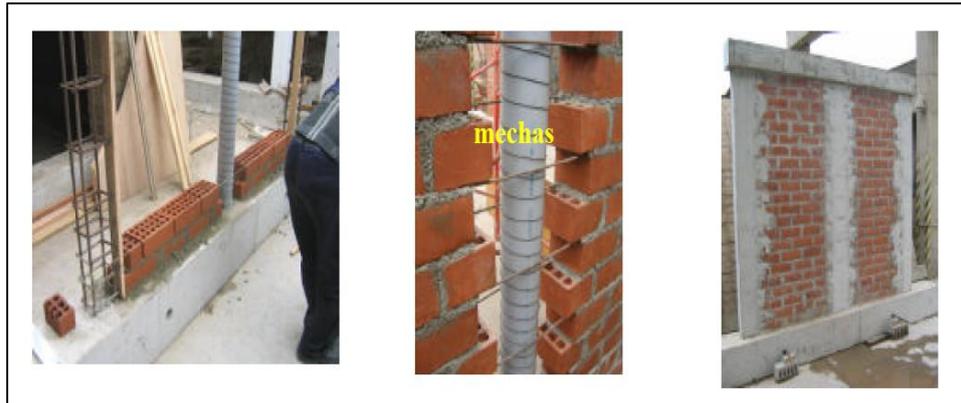


Figura 10. Tubería embutida en el interior de la falsa columna, rodeado por un alambre N°16 y, para integrar las dos mitades del muro, se recomienda el uso de mechas de 6mm de diámetro en cada hilada del muro.

Fuente: San Bartolomé, Chuquín y Paredes. (2007).

- Por último, cuando los alfeizares de ventana no están aislados de los muros portantes, generarían o bien una grieta vertical en la zona de unión o, al incrementar la rigidez lateral del muro, absorbería una mayor cantidad de fuerza sísmica, siendo perjudicial para la estabilidad de esta. Un claro ejemplo se observa en la figura 11 (San Bartolomé, 2005, p.72).

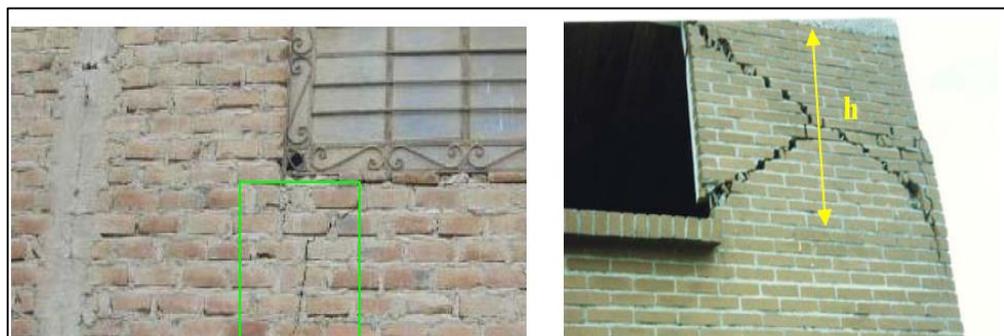


Figura 11. Dos formas que debilitar a un muro por la conexión del mismo con el alfeizar.

Fuente: San Bartolomé. (2005).

- Falla por variación brusca de rigideces de la vivienda.

La falta de simetría en la distribución de los muros en ambas direcciones, generara un desbalance, o sea una concentración en un sector de la edificación, separando considerablemente el centro de rigidez con el centro de masas, ocasionando un giro

en planta estructural, que es torsión (Abanto, 2012, p. 92). En la figura 12, vemos al lado izquierdo que hay una distancia mínima entre el centro de rigidez y el de masas, debido a una adecuada distribución de muros y vanos; en cambio al lado derecho, el centro de rigidez se separa del centro de masas por una inadecuada distribución de muros y vanos. Este tipo de falla también se origina cuando los tanques de agua se apoyan sobre 4 columnas muy flexibles en contraste con el último piso de albañilería. Este cambio exabrupto de rigidez, origina un aumento considerable de las fuerzas horizontales en el tanque que podría generar su colapso. Para evitar lo mencionado, se debe taponar los paños libres con muros de albañilería como se muestra en la figura 13 (San Bartolomé, 2005, p. 5).

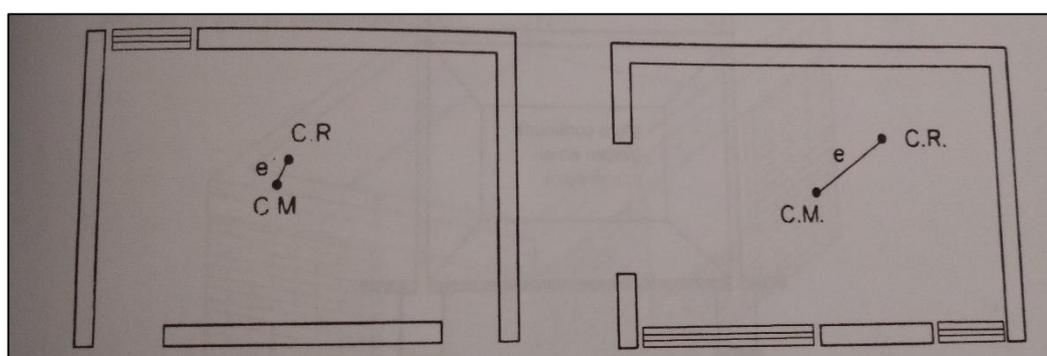


Figura 12. Adecuada e inadecuada distribución de muros y vanos.

Fuente: Abanto (2012).



Figura 13. Forma correcta e incorrecta de ubicar la base de un tanque elevado.

Fuente: San Bartolomé (2005).

- Falla por golpeteo entre edificios:

Si no hay un adecuado distanciamiento suficiente entre edificaciones adyacentes, su forma diferente de vibrar inducidos por el sismo, dirige al golpeteo entre estos generándoles severos daños.

Este tipo difiere de los demás, en el sentido que una edificación depende de otra para su estabilidad. En otras palabras, esta clase de falla estructural puede ser aún más perjudicial, cuando una estructura es más grande que la otra, las losas de una pueden golpear y empujar la zona central de las columnas del otro sistema, y así ser perjudicial para la salud de la edificación. Veamos la figura 14 para analizarla de forma gráfica (Serrano, 2001, p.71).



Figura 14. Edificios adyacentes, capaz de fallar por golpeteo entre ellos, debido a que no tienen una zona de libre deformación.

Fuente: Nancy Arévalo (2007).

- Tabiques en Voladizos de Fachadas:

Mucha gente piensa en “aprovechar” el espacio en los niveles que continúan al primer piso, construyen voladizos, constituyendo su perímetro con tabiques de ladrillo pandereta (ver figura 15). La unión endentada que se dan entre los tabiques transversales no es lo suficiente para resistir las sollicitaciones telúricas perpendiculares a su plano, por lo cual acaban generalmente destruidas. Estos elementos no estructurales si o si deberían arriostrarse, por ejemplo, aplicando mallas de alambre electro soldadas o columnetas (Quiun y San Bartolomé, 2010, p. 13).



Figura 15. Tabiques sobre voladizos en Chincha y Pisco

Fuente: XXXIV Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural. (2010).

1.3.3. Albañilería Confinada

Definición

La Albañilería confinada, es el sistema más empleado para la construcción de edificaciones en el Perú. La NTE E.070 de Albañilería, lo prescribe como: “Albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción del muro de albañilería. La cimentación de concreto se le atribuye como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel”.

Los elementos de concreto armado que se utiliza como confinamiento para el muro portante, elemento estructural que predomina en este sistema, son: Los horizontales, conocidos como “viga de amarre, soleras o collar” y los verticales llamados “columnas”. Estos elementos se unen firme y sólidamente para formar un conjunto completamente monolítico como se observa en la siguiente imagen (Abanto, 2012, p.19).

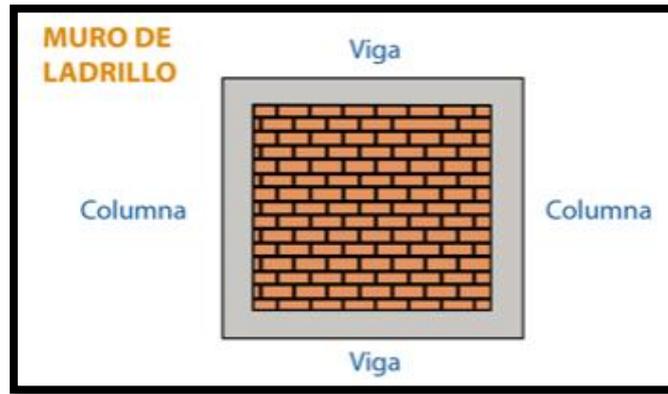


Figura 16. Albañilería Confinada.

Fuente: Aceros Arequipa.

Función de cada uno de sus componentes.

- Muro portante:

Este es el elemento estructural predominante en el sistema, allí su nombre: Albañilería confinada, siempre y cuando la exactitud de su definición se refleje en la realidad. Este objeto limita espacios, soporta cargas de gravedad (carga muerta y carga viva) y las que son producidas por efecto del sismo, empero no es altamente resistente ante esta sollicitación, fallando generalmente por corte. Para este menester, se le refuerza, como antes ya se ha dicho, con elementos de concreto armado (Medina, 2010, p.2). También la NTE E.070 de Albañilería, indica que el muro portante, también deberá transmitir cargas verticales y horizontales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos elementos conforman la estructura de una edificación de albañilería, el cual deberá contener una continuidad vertical (Ver figura 17).



Figura 17. Cargas que debe soportar el muro portante.

Fuente: Aceros Arequipa.

- Columnas:

La NTE E.070 de Albañilería prescribe que deberá ser construido y diseñado con el objetivo de transferir cargas verticales y horizontales a los cimientos y, es capaz de desarrollarse de manera simultánea como confinamiento (proveyendo ductilidad al muro portante) o arriostre (proveyéndole de resistencia y estabilidad al muro portante). En otras palabras, deberán tener la disposición de aumentar la capacidad de deformación o flexión del muro frente a un evento telúrico, como se muestra a continuación (Medina, 2010, p.2).



Figura 18. Aporte que proporciona la columna al estar unido con el muro portante.

Fuente: Aceros Arequipa.

- Vigas:

En una edificación, generalmente se emplean vigas soleras. Estas son aquellas donde reposan las viguetas del techo, las cuales se ubican entre las columnas y encima de los muros. Su objetivo principal es transferir uniformemente las cargas del techo (carga muerta) sobre los muros; además de ser un elemento de confinamiento y arriostre para estos (Medina y Blanco, 2010, p.43). De igual forma, las vigas evitan rajaduras del muro, evitando que este vibre u oscile libremente en caso que suceda un sismo. Un claro ejemplo se describe en la figura 19 (Medina, 2010, p.2).

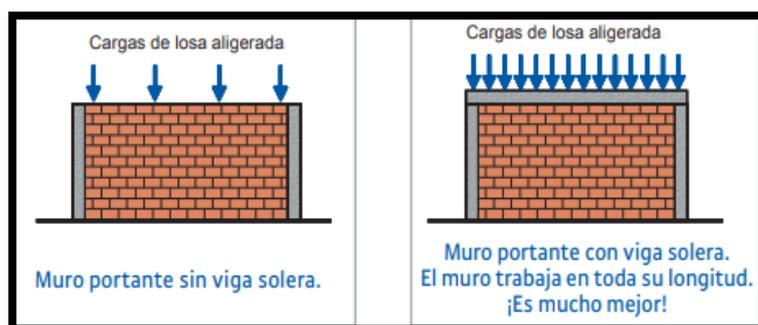


Figura 19. Aporte que proporciona la viga al estar unido con el muro portante.

Fuente: Aceros Arequipa.

Especificaciones según la Norma Técnica E.070 de Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones.

- Componentes de la Albañilería

Unidad de Albañilería:

La norma señala que deberá contar con una dimensión y peso que permita ser manejada con una sola mano. Para su elaboración, también se pueden utilizar unidades en donde su fabricación se utiliza concreto o sílice-cal, arcilla, como materia prima. Estos bloques deben ser huecas, solidas, tubulares y podrán ser elaboradas de manera industrial o artesanal.

Mortero:

El mortero deberá estar conformado por una mezcla de agregado fino y aglomerantes, adicionándole agua para que genere una mezcla trabajable (estado plástico), adhesiva y sin segregación del agregado.

Concreto:

Es definido como uno de los elementos que forma parte del confinamiento. Deberán contar con una resistencia a la compresión mayor o igual a 17,15 MPa (175kg/cm) y tendrá que verificarse con las especificaciones prescritas en la NTE.060 de Concreto Armado. Su objetivo es integrar el refuerzo con la albañilería formando un conjunto monolítico.

- Estructuración

Estructura con diafragma rígido:

Esta norma determino que, las edificaciones deberán contar con diafragma rígido y continuo, en otras palabras, la cimentación, las losas de piso y el techo, tienen que compatibilizar sus desplazamientos laterales e integrar a los muros portantes. Del mismo modo, deberán constituir una conexión firme y permanente con todos los muros para aseverar el cumplimiento de la función de distribuir uniformemente las fuerzas laterales en proporción a la rigidez de los muros y de serles útil como arriostres horizontales. Igualmente, los diafragmas deberán ser capaces de distribuir la carga de gravedad a los diferentes muros que consolidan la edificación, cuya finalidad es de aumentarles su resistencia al corte y su ductilidad, por consiguiente, es recomendable el uso aligeradas armadas en dos direcciones o de losas macizas. Por último, la cimentación deberá ser el primer diafragma rígido en el fundamento de los muros, teniendo una adecuada rigidez obligatoria para impedir que los asentamientos diferenciales en el terreno generen daños en los muros.

Configuración del edificio:

Deberá estar conformado por muros dúctiles distribuidos en las dos direcciones principales de la edificación, integrados por los diafragmas y arriostrados por los elementos de concreto armado. También debe lograr que las plantas sean regulares y simples. Las plantas que tienden a tener la forma de L, T, etc., si o si tendrán que ser evitadas o, deberán ser divididas en formas simples. Además, la simetría en la ordenación de masas y en la disposición de los muros portantes en planta, para lograr una adecuada regularidad en la rigidez lateral de cada uno de los pisos y se satisfaga las limitaciones por torsión determinadas en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.

Respecto a la regularidad en elevación y en planta, tendrá que evitarse cambios significativos de masas y rigidices en la transferencia de las fuerzas laterales y de gravedad por medio de los muros hasta la cimentación. Así mismo, como ya se ha mencionado, una adecuada densidad de muros es importante en las dos direcciones principales de la edificación para evitar la falta de resistencia a los esfuerzos cortantes, siendo peligroso este asunto. Es necesario resaltar que en el diseño, se acepta la falla por corte en los muros. Por último, los alfeizares de ventanas y los

cercos contarán con aislamientos de la estructura principal, diseñados frente a acciones contrarias a la dirección de su plano.

Muros portantes:

Estos elementos estructurales tendrán una forma transversal esencialmente simétrica, y regularidad vertical hasta la cimentación, también una longitud no menor a 1,20 m siendo atribuidos como contribuyentes en la resistencia a las fuerzas perpendiculares a su plano. De igual forma, su longitud deberá ser uniforme en las dos direcciones principales y las juntas de control para impedir que los movimientos relativos producto de las dilataciones, contracciones y asentamientos diferenciales en donde se encuentren juntas de control en la cimentación, en las losas y techos y, en alféizar en variaciones de sección en un mismo nivel.

Arriostres:

Los muros predominantes y no portantes, tendrán que ser arriostrados por elementos horizontales y verticales, los cuales son los muros transversales, soleras, columnas y el diafragma rígido del piso. Un muro será considerado arriostrado siempre y cuando la conexión con los elementos de arriostres le otorgue una eficaz transferencia de esfuerzos, tengan una estabilidad y resistencia que permita transferir las fuerzas actuantes al suelo o a los elementos estructurales adyacentes. Del mismo modo, al contener techos para su estabilidad lateral, se consideren las precauciones necesarias y suficientes para que las fuerzas laterales que actúan en estos sean transmitidas al terreno. A continuación veremos el sistema de albañilería confinada completo.

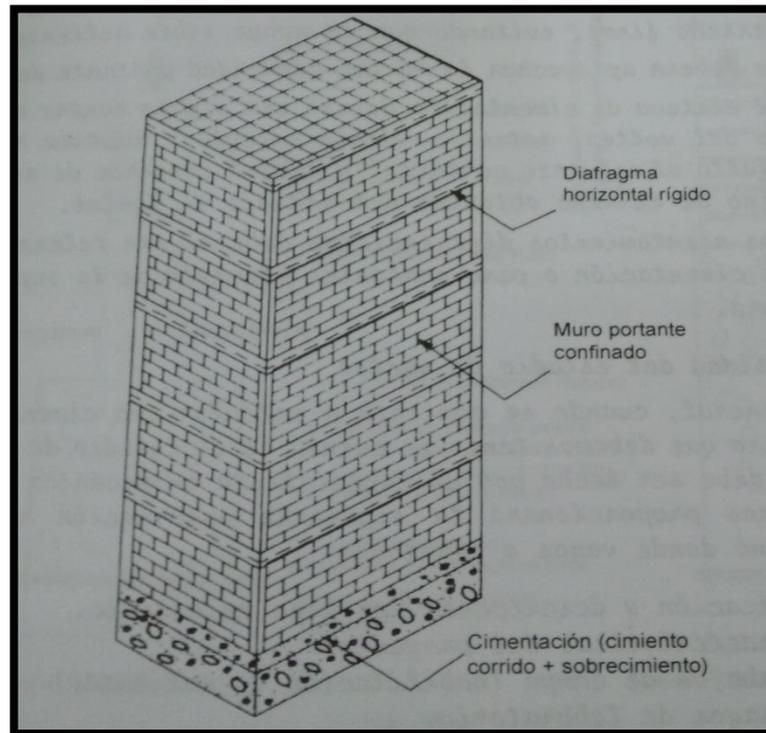


Figura 20. Configuración estructural de las edificaciones de Albañilería Confinada.

Fuente: Flavio Abanto. (2012).

- Consideraciones para el Diseño y Análisis Estructural

En los muros, su diseño cubrirá con el nivel de reacción esperado, tanto en su rango elástica hasta su la posibilidad de incursión en la zona inelástica, dotándolo de suficiente control en desgaste de su energía, ductilidad y rigidez. El método de diseño es de resistencia, con criterios de desempeño. El diseño está dirigido a moderar a la estructura contra daños frente a un sismo moderado y a proporcionarle de la necesaria resistencia para resistir el sismo severo, direccionando el tipo de falla y limitando la deposición de rigidez y resistencia con el objetivo de limitar el nivel de daños en los muros, por consiguiente éstos sean económicos en su reparación en base a métodos sencillos.

Esta norma ofrece los siguientes propósitos:

- El “sismo moderado” no debe generar la figuración de ningún muro portante.
- Los elementos de acoplamiento entre muros deberán funcionar como una primera línea de resistencia sísmica, disipando energía antes de que fallen los muros de

albañilería, por lo que esos elementos deberán conducirse hacia una falla dúctil por flexión.

- Los muros tendrán que ser diseñados por capacidad de manera que soporten la carga asociada a su rango inelástico, proporcionándole a la edificación una resistencia no menor que la carga producida por el “sismo severo”.
- Se asume, de manera firme y segura, que la forma que fallaran los muros confinados ante lo que llamamos “sismo severo” será por corte, independientemente de su esbeltez.

Respecto al análisis estructural, se debe por lo menos considerar lo siguiente:

- Se desarrollara por métodos elásticos considerando los efectos efectuados por las cargas de gravedad y sísmicas. La carga gravitacional que soporta cada muro podrá ser conseguir por cualquier método racional.
- Se obtendrá el cortante basal y su asignación a cada nivel, con relación a lo prescrito en la norma E.030.
- Su evaluación tendrá en consideración las características del diafragma que está compuesto por las losas del techo; se deberá tener en cuenta la consecuencia que sobre la rigidez del diafragma se generan por las discontinuidades en la losa y por las aberturas.
- El análisis contemplara la participación de los muros que no son portantes y que no están aislados del esquema principal. Uno de ellos es el alféizar, su efecto se tendrá que ser tomado en cuenta en el análisis.

- Interacción tabique de albañilería-estructura porticada

Al no ser aislado un pórtico al tabique que lo rodea, frente a una sollicitación sísmica se efectuara la relación de ambos sistemas. Lo dicho incrementa considerablemente la rigidez lateral del primer elemento y es capaz de producir las siguientes consecuencias:

- Torsión en el edificio.
- Almacenamiento de esfuerzos en las esquinas del pórtico.
- Fractura del tabique.
- "Piso blando", es consecuencia cuando un nivel está libre de tabiques, mientras que los demás están rigidizados por los tabiques.

- "Columnas cortas", es cuando el parapeto o alféizar alto rehúsa el desplazamiento lateral de las columnas.
- Incremento de las fuerzas sísmicas en el edificio.

1.4. Formulación del problema

¿Cuáles son fallas estructurales que presentan las viviendas de albañilería confinada ante evento sísmico en el balneario de Buenos Aires Sur, Trujillo?

1.5. Justificación

La motivación del siguiente proyecto de investigación es evaluar el estado estructural de las edificaciones en el Balneario de Buenos Aires Sur, los cuales se encuentran en un estado de conservación regular y su probabilidad de presentar fallas estructurales es notable y grave. Esto es debido al ubicarse en una zona altamente sísmica (zona 4), por el deterioro, producto de la erosión costera, y por los defectos estructurales que presentan por un mal proceso constructivo. Todo esto es un armamento letal en contra de estas edificaciones.

Metodológicamente, evaluaremos los defectos y la estructuración de las viviendas construidas empíricamente mediante la observación, la encuesta y la ficha técnica, para especificar los tipos de fallas estructurales de estas viviendas ante un evento sísmico. La informalidad es una realidad en esta zona, por consiguiente no se obtiene el fortalecimiento eficaz de la construcción. Lo mencionado se demostrará en contraste con las normas técnicas E.030 y E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Además plantearemos un prototipo de vivienda de 2 pisos con azotea que será analizado en el software ETABS, de modo que su comportamiento sea óptimo ante las fuerzas telúricas y gravitacionales.

Por último, los resultados de esta investigación ha de aportar información importante sobre la presencia de fallas estructurales en las edificaciones construidas empíricamente ante un terremoto en el Balneario de Buenos Aires Sur, motivando a los habitantes a considerar el riesgo a los cuales están sometidos y el menester de asesoría profesional y aplicación técnica, expresado en la normas técnicas peruanas.

1.6. Hipótesis

Las fallas estructurales que presentan las viviendas de albañilería confinada ante evento sísmico son, falla por inadecuada resistencia del muro confinado a las fuerzas cortantes del sismo, falla por golpeteo entre edificios, tabiques en voladizos de fachadas y falla por variación brusca de rigideces.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

Evaluar las fallas estructurales en viviendas de albañilería confinada ante evento sísmico en el Balneario de Buenos Aires Sur, Trujillo.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Describir los defectos estructurales de las viviendas de albañilería confinada en el Balneario de Buenos Aires Sur.

- Identificar las fallas estructurales en las viviendas de albañilería confinada ante evento sísmico en el Balneario de Buenos Aires Sur.

- Realizar el análisis y diseño sísmico para un prototipo de vivienda de albañilería confinada de 2 pisos con azotea en el Balneario de Buenos Aires Sur.

- Caracterizar el efecto del impacto ambiental en las viviendas de albañilería confinada en el Balneario de Buenos Aires Sur.

II. MÉTODO

2.1 Diseño y tipo de la investigación

La investigación es cuantitativa, porque está centrada en el desarrollo lógico empírica y, junto a la observación del objeto de estudio y su análisis estadístico, es la base de nuestra investigación.

El tipo de estudio de la investigación es descriptiva, pues estamos especificando las fallas estructurales que presentaran las viviendas situadas en esta zona.

El diseño de investigación es no experimental transeccional o transversal, porque se recogieron los datos para luego ser procesados. Nuestro diseño está conformado por un tipo descriptivo simple. A continuación se muestra el esquema del diseño de la investigación.

Esquema:



Donde:

M: Edificaciones del Balneario de Buenos Aires Sur.

O: Fallas estructurales en las edificaciones del Balneario de Buenos Aires Sur.

2.2 Paralización de variables

V1: Fallas estructurales.

| Variable | Definición Conceptual | Definición operacional | Dimensión | Indicadores | Escala de medición |
|----------------------|---|---|--|--|--------------------|
| Fallas estructurales | Deformación irre recuperable del elemento estructural, quedando incapaz de cumplir la función para lo cual fue establecida (ASCE, pp.49). | Es el efecto que produce un sismo, la cual será medida previamente a este fenómeno por observación, mediante los defectos estructurales presentes en las distintas edificaciones. | Falla por inadecuada resistencia del muro confinado a las fuerzas cortantes del sismo. | Incumplimiento con la expresión dada por la Norma Técnica E.070 de albañilería para la cantidad mínima de muros portantes reforzados | Nominal |
| | | | | Muros debilitados y resanados para colocación de tuberías. | |
| | | | | Columnas muy espaciadas entre sí. | |
| | | | | Algunos muros portantes no han sido confinados. | |
| | | | | Cangrejas y segregación en las columnas. | |
| | | | | Juntas que adhieren a los ladrillos de los muros portantes con espesores mayores a 1.5 cm. | |

| | | | | | |
|--|--|--|---|--|---------|
| | | | | Cambios en la sección del muro debido a los vanos de las ventanas. | Nominal |
| | | | Falla por golpeo entre edificios. | No presenta junta de dilatación con la edificación colindante. | |
| | | | Tabiques en voladizos de fachadas. | Los tabiques no cuentan con elementos de arriostres. | |
| | | | Falla por variación brusca de rigideces de la vivienda. | Mala distribución de los muros en los diferentes niveles del edificio. | |
| | | | | Los tanques de agua se apoyan sobre columnas muy flexibles en contraste con el último piso de albañilería. | |

2.3 Población, muestra y muestreo

2.3.1 Población

La población de esta presente investigación está constituida por las edificaciones de albañilería confinada del Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1, distrito de Víctor Larco Herrera; la cual cuenta con 43 manzanas y 377 lotes.

2.3.2 Muestreo y muestra

La cantidad de la muestra se determinó mediante el método de proporciones, en base al muestreo probabilístico, para ello se aplicó la fórmula de Krejcie & Morgan (1970).

$$n = \frac{N \times z^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q}$$

Donde:

N= Tamaño de la población = 377 edificaciones de albañilería confinada

Z= Desviación normal para un grado de confianza de 90% = 1.64

p= Probabilidad de éxito. Se asume p = 0.10 (donde 1 de cada 10 viviendas fallaría al borde del colapso ante un evento sísmico).

q= Probabilidad de fracaso. Se asume q = 0.90 (donde 9 de cada 10 viviendas no fallarían al borde del colapso ante un evento sísmico).

d= Error de muestreo máximo permitido de p = 0.05.

Demostración:

$$n = \frac{377 \times 1.64^2 \times 0.1 \times 0.9}{0.05^2 (377 - 1) + 1.64^2 \times 0.1 \times 0.9}$$

$$n = 78 \text{ Edificaciones}$$

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1 Técnicas:

- Observación:

El Pequeño Larousse Ilustrado (2005), indica que es la capacidad, indicación y anotación que se realiza sobre algo o alguien. En el Nuevo Espasa Ilustrado (2005), significa: examinar atentamente.

De acuerdo con Sierra y Bravo (1984), es expresado como, el estudio e inspección obrado por el investigador, por medio del uso de sus propios sentidos, con o sin ayuda de elementos técnicos, de sucesos o cosas de importancia social, teniendo un lugar espontáneamente. Van Dalen y Meyer (1981) denotan que la observación tiene un

rol muy importante en toda investigación, pues le facilita uno de sus elementos imprescindibles: los hechos.

Más luego; esta técnica se muestra como un registro visual de los hechos objetivos del mundo real, en la evidencia empírica. Así toda observación, necesita la definición del objetivo central que persigue su investigación, determinando su unidad de análisis, las condiciones en que será asumida y los patrones que deberá registrar.

- Encuesta descriptiva:

Robert Johnson & Patricia Kuby (2005), expresan que una encuesta descriptiva es almacenar o documentar la información presente. Esto indica que intentan describir el estado o situación que vive una determinada población en el momento en que se realiza la encuesta. En el anexo 1, encontramos la encuesta a realizar con el nombre: Encuesta a los propietarios del Balneario de Buenos Aires Sur.

2.4.2 Instrumento

Aplicamos como instrumento documental en esta investigación, la ficha técnica (anexo 2), para la evaluación de fallas estructurales en viviendas de albañilería confinada ante evento sísmico.

2.4.3 Validez y confiabilidad

En cuanto a la validez, Hernández, Fernández y Baptista, (2010), recalcan que es necesario analizar cómo ha sido medida la variable por diferentes investigadores. Y basándonos en dicho análisis, desarrollamos diversas preguntas para poder medir, estudiar la variable y sus dimensiones. En la etapa de la validación de la encuesta y ficha técnica se desarrolló la evaluación de los datos generales, defectos y estructuración que tuvo la vivienda; y para la recolección de los datos se recurrió a la colaboración de personas que habitan en el Balneario de Buenos Aires Sur - Sector B1. Estos recursos, fueron sido observados y evaluados por tres ingenieros civiles debidamente colegiados, los cuales aportaron y corrigieron para la validez de lo mencionado (Anexo 3, 4 y 5).

Este Balneario es una zona muy amplia de recorrer. Nosotros encuestamos y aplicamos la ficha técnica a los distintos propietarios de cada vivienda cuantificada

en nuestra muestra. Para nuestra encuesta, netamente elegimos las respuestas dadas por los vecinos, en cambio en la ficha técnica no siempre fue así, ya que por observación se aclaraba la contestación.

2.5 Métodos de análisis de datos

El método de análisis de datos que se empleó fue descriptivo, ya que se describió mediante la observación directa de los hechos reales en la zona de estudio. En tanto al procesamiento de los datos extraídos de las fichas técnicas obtenidos en campo, fueron en una base de datos en el programa Microsoft Excel para la generación de tablas y figuras, las cuales fueron empleadas para el análisis e interpretación de la información obtenida en campo. Finalmente se utilizaron los software “Autocad” y “ETABS”, para la elaboración de los planos, y la realización del análisis y diseño sismorresistente de un prototipo de vivienda de 2 pisos con azotea como parte ultima del proyecto de investigación.

2.6 Aspectos éticos

Haremos uso de las siguientes normas:

- Reglamento Nacional de Edificaciones - E.030: Diseño Sismorresistente.
- Reglamento Nacional de Edificaciones - E.060: Concreto Armado.
- Reglamento Nacional de Edificaciones - E.070: Albañilería.

Los datos adquiridos de las edificaciones fueron analizados y cuestionados objetivamente basándonos en las normas técnicas mencionadas. Nuestros resultados tuvieron una conformidad con las normas preestablecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

III. RESULTADOS

Características de la zona de estudio

La localidad de Buenos Aires se encuentra dividido en 3 zonas consolidadas: Buenos Aires Norte, Buenos Aires Centro y Buenos Aires Sur. Para esta investigación se enfocó en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1.



Figura 21. Plano del Balneario de Buenos Aires – Sector B1

Fuente: Municipalidad Distrital de Víctor Larco Herrera. (2018).

Aspectos Generales de la Zona de Estudio

En este estudio se aplicó una encuesta (Anexo 1) y ficha técnica (Anexo 2) a los propietarios de distintas viviendas de albañilería confinada, siendo un total de 78 vecinos en dicho Balneario. Como resultado hallamos que el 78% de las viviendas han sido ejecutadas sin supervisión profesional o técnica, siendo el principal responsable un maestro albañil, del cual no tenemos nada en contra, sin embargo para tales construcciones no solo se necesita de experiencia, sino también de capacitación. La cantidad restante, es decir el 22%, si han contado con una guía o asesoramiento profesional (Cuadro 3).

Por otro lado, la ausencia de planos arquitectónicos y estructurales, la utilización de materiales con falta de la calidad requerida y otras consideraciones fundamentales, conllevaron a una serie de deficiencias estructurales que podrían generar fallas estructurales ante un evento sismo.

3.1 Resultados de los defectos estructurales

Los siguientes datos a mostrar fueron recopilados en nuestra encuesta (Anexo1):

Cuadro 1. Edad de las viviendas

| EDAD | CANTIDAD DE VIVIENDAS | % |
|-------------------|-----------------------|-------------|
| [1 a 10] AÑOS | 16 | 21% |
| [11 a 30] AÑOS | 27 | 35% |
| [31- A MAS] AÑOS | 35 | 45% |
| TOTAL | 78 | 100% |

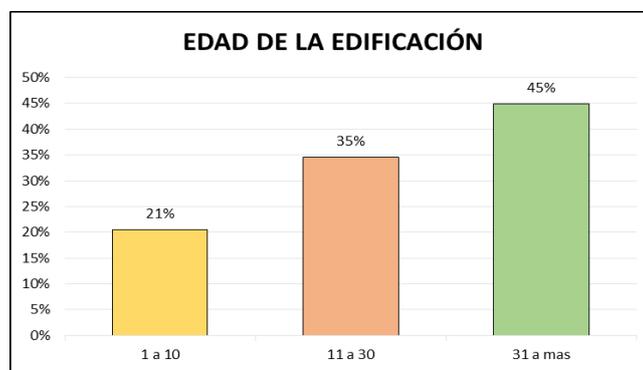


Figura 22. Edad de las viviendas de albañilería confinada que están ubicadas en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1.

Según el cuadro 1, se observó que los propietarios de 16 viviendas del total de nuestra muestra (78 en total), dijeron que sus casas variaron entre [1-10] años, representando el 21%; 27 casas varían entre [11-30] años, representando el 35%; mientras que el 35 de ellas son de entre [31- a más] años, el cual significa el 45%; tal cual se evidencian también estos porcentajes en la Figura 22.

La mayoría de viviendas excedieron al año de vida útil (20 años), y debido a la falta de reforzamiento y restauración de las mismas, no podrán efectuar un comportamiento eficaz ante un sismo.

Cuadro 2. Viviendas que cuentan con planos

| VIVIENDA CON PLANOS | CANTIDAD DE VIVIENDAS | % |
|---------------------|-----------------------|-------------|
| SI TIENE | 32 | 41% |
| NO TIENE | 46 | 59% |
| TOTAL | 78 | 100% |

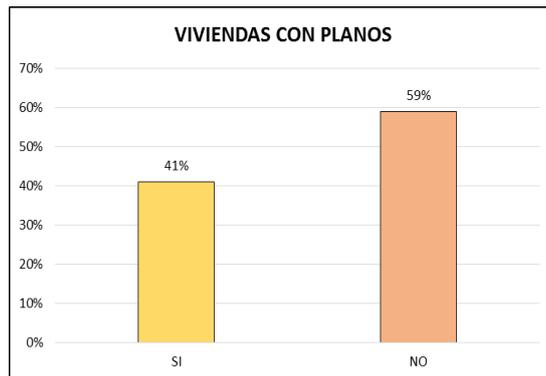


Figura 23. Cantidad de viviendas de albañilería confinada que cuentan con planos en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1.

Las evidencias obtenidas y detalladas conforme al cuadro 2, nos mostró a 32 viviendas que si contaron con planos, caracterizando el 41% del total de la muestra, mientras que 46 de ellas no, representando el 59% restante. Por consiguiente, es seguro que el proceso constructivo fue improvisado e informal, tanto en la arquitectura, estructuras, instalaciones eléctricas y sanitarias; además de no contar con las especificaciones técnicas necesarias.

Cuadro 3. Proceso constructivo de las edificaciones de albañilería confinada.

| PROCESO CONSTRUCTIVO | CANTIDAD DE VIVIENDAS | % |
|----------------------|-----------------------|-------------|
| AUTOCONSTRUIDA | 61 | 78% |
| TECNICA | 17 | 22% |
| TOTAL | 78 | 100% |

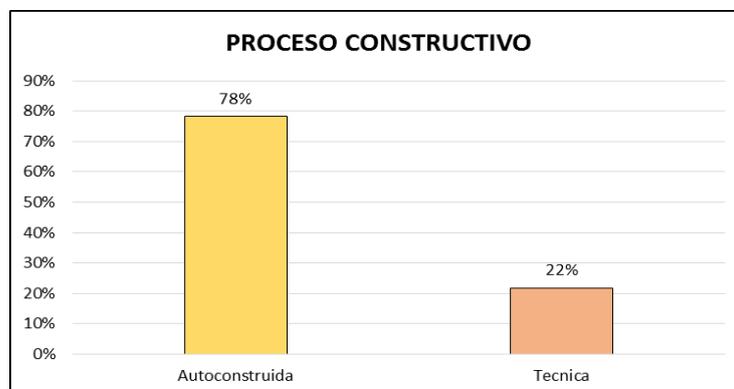


Figura 24. Proceso constructivo de las viviendas de albañilería confinada ubicadas en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1.

En tanto el cuadro 3 y en la figura 24, se obtuvo que 61 edificaciones de albañilería confinada fueron ejecutadas de forma autoconstruida, indicando el 78% de las viviendas evaluadas; mientras que 17 de ellas (22%) fueron ejecutadas con el conocimiento técnico que se requiere.

Con esto nos da a entender que la mayoría de las viviendas fueron ejecutadas empíricamente, debido a la poca economía de las familias, la falta de conocimiento y/o desinterés por contratar a un profesional. La falta de una asesoría, aumenta las probabilidades de la informalidad, generando una vivienda vulnerable frente a un sismo moderado según la Norma Técnica E.070.

Cuadro 4. Materiales usados para la construcción de las viviendas.

| MATERIALES USADOS | CANTIDAD DE VIVIENDAS | % |
|-----------------------|-----------------------|-------------|
| CALIFICADOS | 33 | 42% |
| NO CALIFICADOS | 45 | 58% |
| TOTAL | 78 | 100% |

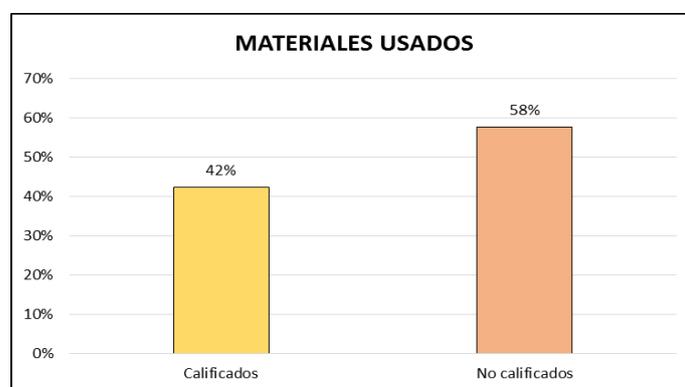


Figura 25. Materiales usados para la construcción de las viviendas de albañilería confinada situadas en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1.

Respecto al cuadro 4, se evidenció que 33 casas (42%) usaron materiales calificados, en cambio 45 de las mismas no, siendo el 58% de la muestra.

La principal causa del uso de materiales con la calidad no requerida, es el bajo costo, de esta manera las familias pueden adquirir otros elementos o ahorros. Es necesario enseñar a la población que estos materiales solo pueden ser empleados para la elaboración de

viviendas de hasta 2 pisos, sin embargo son piezas de baja calidad ante la humedad, por lo cual no es recomendable.

Cuadro 5. Calidad de ladrillo empleado para la construcción de los muros de las viviendas.

| LADRILLO EMPLEADO | CANTIDAD DE VIVIENDAS | % |
|-------------------|-----------------------|-------------|
| MAQUINADO | 32 | 41% |
| ARTESANAL | 46 | 59% |
| TOTAL | 78 | 100% |

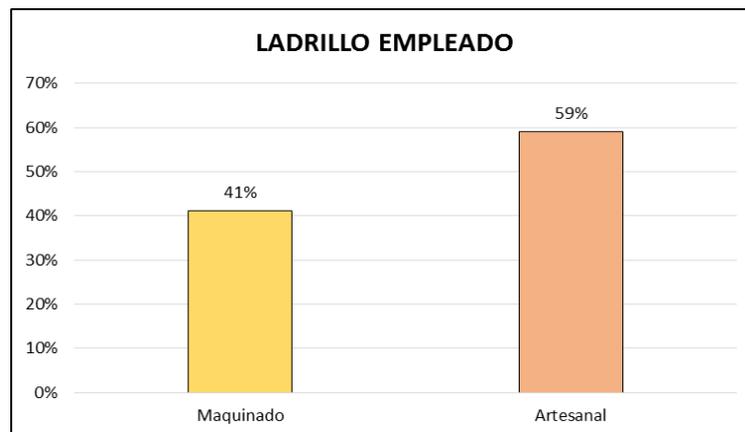


Figura 26. Calidad del ladrillo empleado para la construcción de los muros en las viviendas de albañilería confinada ubicadas en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1.

Continuando con el cuadro 5 y la figura 26, denotó que 32 de aquellas casas fueron construidas con ladrillo maquinado, siendo el 41% de la muestra. En tanto a las 46 viviendas restantes (59%), se conformaron con el ladrillo artesanal.

El mayor porcentaje de viviendas que emplearon el ladrillo artesanal, fue por el fácil acceso y el bajo costo, además de ser de muy baja calidad.

Cuadro 6. Tipo de ladrillo usado para el asentado de los muros en el interior de las viviendas.

| TIPO DE LADRILLO USADO EN EL INTERIOR | | CANTIDAD DE VIVIENDAS | % |
|---------------------------------------|----------------------|-----------------------|-------------|
| UN TIPO | CEMENTO | 3 | 4% |
| | PANDERETA | 23 | 29% |
| | KING KONG | 32 | 41% |
| | SUB TOTAL | 58 | 74% |
| DOS TIPOS | CEMENTO Y PANDERETA | 3 | 4% |
| | CEMENTO Y KING KONG | 4 | 5% |
| | PANDERETA Y KIN KONG | 13 | 17% |
| | SUB TOTAL | 20 | 26% |
| TOTAL | | 78 | 100% |

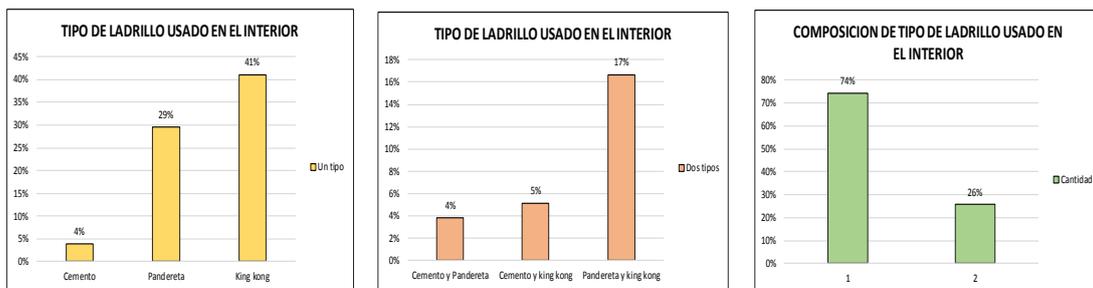


Figura 27. Tipo de ladrillo usado para la construcción de los muros en el interior de las viviendas de albañilería confinada ubicadas en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1.

Según el cuadro 6, entendemos ahora que del total de viviendas evaluadas, 58 de ellas mostraron estar compuestas por un tipo de ladrillo en su interior, de las cuales 3 emplearon ladrillo de cemento, formando un 4%, 23 usaron ladrillo pandereta, convirtiéndose en un 29% y, 32 aplicaron ladrillo King Kong, llegando a ser el 41% de la muestra. En tanto a las 20 casas restantes, denotando el 26% del total, 3 fueron compuestas a base de ladrillo de cemento y pandereta a su vez, alcanzando un 4%, 4 fueron de ladrillo de cemento y King Kong, representando el 5%, y por último, 13 viviendas (17%) fueron hechas a base de ladrillo pandereta y King Kong.

No es recomendable usar dos tipos de ladrillo para la formación de un solo muro o para todo el sistema, pues el objetivo es el monolitismo de esta.

Cuadro 7. Tipo de ladrillo usado en el perímetro de las viviendas.

| TIPO DE LADRILLO USADO EN EL PERIMETRO | | CANTIDAD DE VIVIENDAS | % |
|--|----------------------|-----------------------|-------------|
| UN ELEMENTO | CEMENTO | 5 | 6% |
| | PANDERETA | 8 | 10% |
| | KING KONG | 61 | 78% |
| | SUB TOTAL | 74 | 95% |
| DOS ELEMENTOS | CEMENTO Y KING KONG | 1 | 1% |
| | PANDERETA Y KIN KONG | 3 | 4% |
| | SUB TOTAL | 4 | 5% |
| TOTAL | | 78 | 100% |

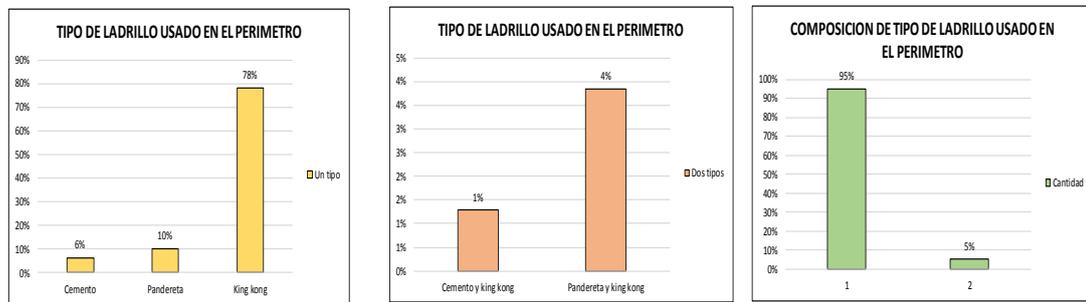


Figura 28. Tipo de ladrillo usado para la construcción de los muros en el perímetro de las viviendas de albañilería confinada ubicadas en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1.

De acuerdo al cuadro 7 expone que 74 viviendas (95% de la muestra) emplearon un tipo de ladrillo para la construcción de los muros perimetrales, de las cuales 5 aplicaron ladrillo de cemento representando el 6%, 8 aplicaron ladrillo pandereta representando el 10% y, el 78% de las casas (61 en total), se conformaron al ladrillo King Kong. Respecto al resto de viviendas, 4 de ellas (5%), estuvieron conformadas por dos tipos de ladrillo, de las cuales 1 concentro tanto ladrillo de cemento como del ladrillo King Kong comprendiendo el 1%, y 3 viviendas usaron ladrillo pandereta y ladrillo King Kong, obteniendo el 4% de la muestra.

Cuadro 8. Fisuras o grietas existentes en los elementos estructurales de las viviendas.

| FISURAS O GRIETAS | | CANTIDAD DE VIVIENDAS | % |
|-------------------|---------|-----------------------|------|
| SI | | 56 | 72% |
| UN ELEMENTO | COLUMNA | 8 | 10% |
| | VIGA | 1 | 1% |
| | LOSA | 4 | 5% |
| | MURO | 18 | 23% |
| DOS ELEMENTOS | | 21 | 27% |
| TRES ELEMENTOS | | 3 | 4% |
| CUATRO ELEMENTOS | | 1 | 1% |
| NO | | 22 | 28% |
| TOTAL | | 78 | 100% |

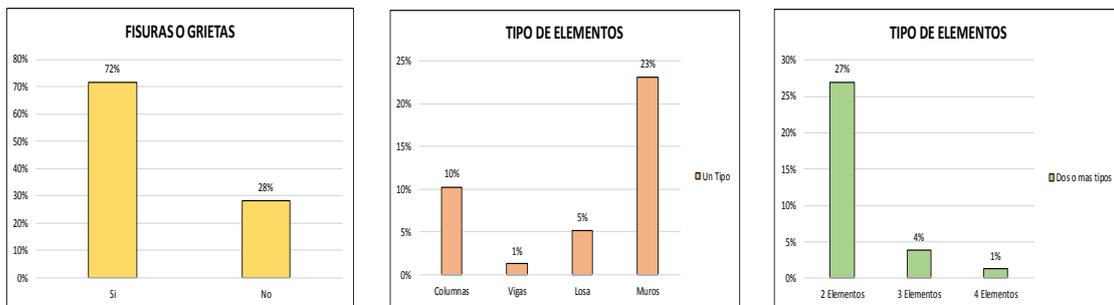


Figura 29. Fisuras o grietas presentes en algunos elementos estructurales de las viviendas de albañilería confinada en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1.

Finalmente, el cuadro 8 especifica que 56 viviendas presentaron fisuras o grietas en algunos de sus elementos estructurales, correspondiendo el 72% del total de viviendas evaluadas y 22 de ellas (28%) no presentaron este tipo de patología. Conforme al 72% de viviendas que presentaron grietas, 32 de ellas (39%) mostraron fisuras en un elemento estructural; 21 casas manifestaron en dos tipos de elementos estructurales, significando el 27%; 3 estructuras (4%) en tres tipos de elementos y, en tanto a los cuatro componentes estructurales, se evidencio en solo 1 casa (1%).

Todo esto fue producto de las lluvias durante los últimos años, dilatando el concreto de distintos elementos estructurales; por otro lado, también jugó un rol muy importante la edad de las viviendas y el tipo de ladrillo usado, ya que en su mayoría contaron con más de 31 años (ver cuadro 1) y con ladrillos de baja calidad (ver cuadro 5).

3.2 Resultados de fallas estructurales

Los siguientes datos a mostrar fueron obtenidos en nuestra ficha técnica (Anexo 2):

- **Falla por inadecuada resistencia del muro portante confinado a las fuerzas cortantes del sismo.**

Cuadro 9. Falla por inadecuada resistencia del muro portante confinado a las fuerzas cortantes del sismo.

| FALLA POR INADECUADA RESISTENCIA DEL MURO PORTANTE CONFINADO A LAS FUERZAS CORTANTES DEL SISMO | INDICADORES | | % | |
|--|-------------|----|------|-----|
| | SI | NO | SI | NO |
| El área correspondiente a los muros portantes reforzados no se ajustan a lo indicado en la Norma Técnica E.070 | 50 | 28 | 64% | 36% |
| Muros debilitados y resanados para colocación de tuberías | 32 | 46 | 41% | 59% |
| Columnas muy espaciadas entre sí | 15 | 63 | 19% | 81% |
| Algunos muros portantes no han sido confinados | 35 | 43 | 45% | 55% |
| Cangrejeras y segregación en las columnas | 20 | 58 | 26% | 74% |
| Juntas que adhieren a los ladrillos de los muros portantes con espesores mayores a 1.5 cm | 64 | 14 | 82% | 18% |
| Cambios en la sección del muro debido a los vanos de las ventanas | 78 | 0 | 100% | 0% |

Como ya se ha mencionado nuestra muestra está compuesta por 78 viviendas, las cuales también fueron evaluadas según la ficha técnica (Anexo 2), para conocer las fallas estructurales que presentarían ante un evento telúrico. La tabla 9 evidencia la estadística según cada indicador de la primera falla estructural evaluada en las viviendas de albañilería confinada en el Balneario Buenos Aires sur, Sector B1.

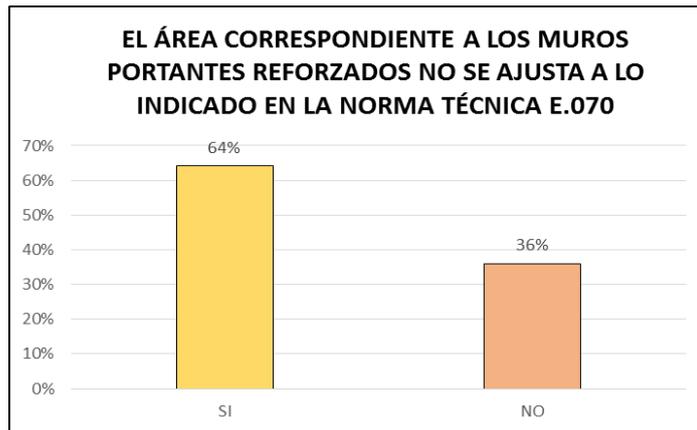


Figura 30. El área correspondiente a los muros portantes reforzados no se ajusta a lo indicado en la Norma Técnica E.070 en las viviendas de albañilería confinada del Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1.

La figura 30 describe el primer indicador de la primera falla, la cual informa que 50 viviendas no se ajustaron a lo indicado en la Norma Técnica E.070 según el reforzamiento de los muros de albañilería, simbolizando el 64% de la muestra; y las 28 viviendas restantes (36%) si cumplieron con lo estipulado en la norma citada.

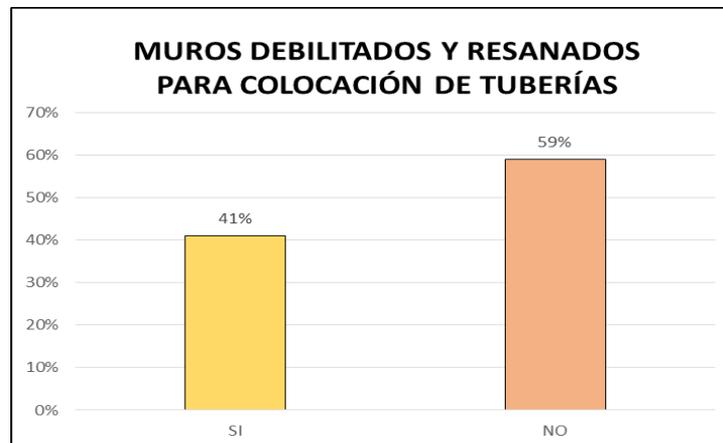


Figura 31. Muros debilitados y resanados para colocación de tuberías en las viviendas de albañilería confinada del Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1.

Conforme a la figura 31, 32 propietarios (41% de la muestra) consintieron en debilitar y resanar algunas paredes de sus casas para la colocación de tuberías, mientras que 46 viviendas (59%) no comunicaron este tipo de error estructural.

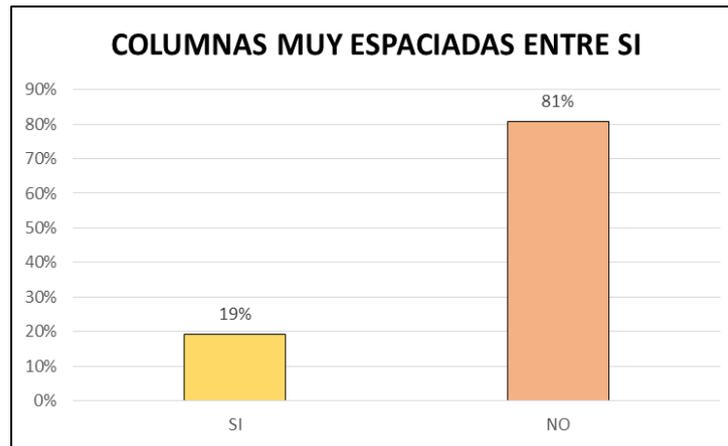


Figura 32. Columnas muy espaciadas entre sí en las viviendas de albañilería confinada del Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1.

En tanto a la figura 32, 15 viviendas contaron con columnas muy espaciadas ente sí, siendo el 19% de las viviendas evaluadas, empero 63 de las mismas (81%) no manifestaron este defecto estructural.

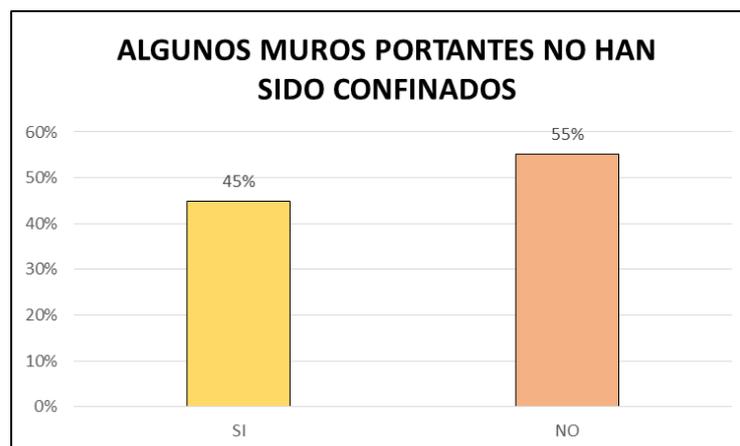


Figura 33. Algunos muros portantes no han sido confinados en las viviendas de albañilería confinada del Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1.

Acorde a la figura 33 menciona que 35 viviendas si contaron con algunos muros portantes que no han sido confinados, indicando el 45% de la muestra; no obstante 43 viviendas de albañilería confinada tienen todos sus muros portantes confinados, señalando el 55% de la muestra.

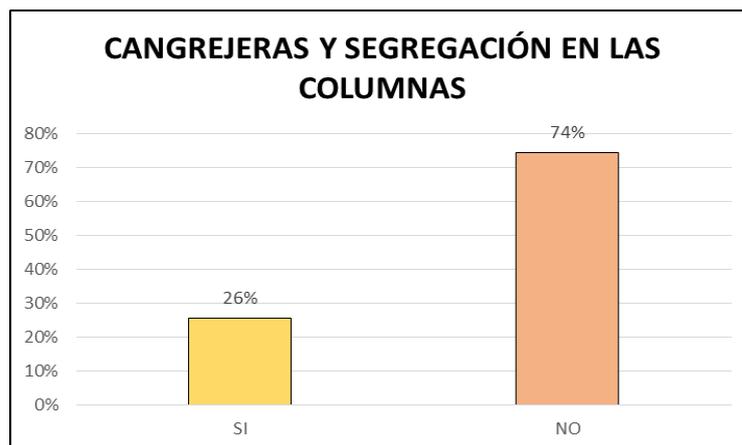


Figura 34. Cangrejas y segregación de las columnas en las viviendas de albañilería confinada del Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1.

La figura 34 muestra a 20 casas que presentaron cangrejas y segregación en sus columnas, representando el 26% del total de viviendas evaluadas. Además, se obtuvo que 58 viviendas (74%) no presentaron este debilitamiento en aquel elemento estructural.

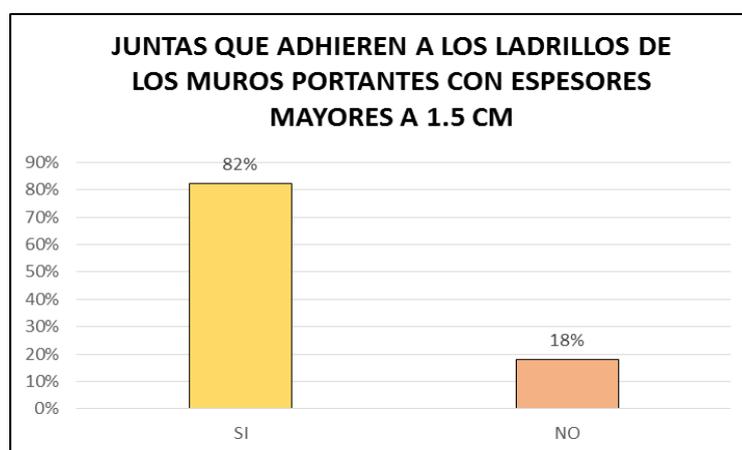


Figura 35. Juntas que adhieren a los ladrillos de los muros portantes con espesores mayores a 1.5 cm en las viviendas de albañilería confinada del Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1.

Ahora, la figura 35 nos comunica que, 64 propietarios dijeron que las juntas que adhieren a los ladrillos de sus muros portantes fueron con espesores mayores a 1.5 cm, lo que significa el 82% de las casas evaluadas; sin embargo 14 de las mismas no presentaron este defecto estructural, expresando el 18% de la muestra.



Figura 36. Cambios en la sección del muro debido a los vanos de las ventanas en las viviendas de albañilería confinada del Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1.

En cuanto a los cambios en la sección de los muros debido a los vanos de las ventanas sin presentar junta de dilatación, la figura 36 expresa notablemente que todas las estructuras presentaron este indicador.

- Falla por golpeteo entre edificios

Cuadro 10. Falla por golpeteo entre edificios

| FALLA POR GOLPETEO ENTRE EDIFICIOS | INDICADORES | | % | |
|---|-------------|----|-----|-----|
| | SI | NO | SI | NO |
| No presenta junta de dilatación con la edificación colindante | 57 | 21 | 73% | 27% |

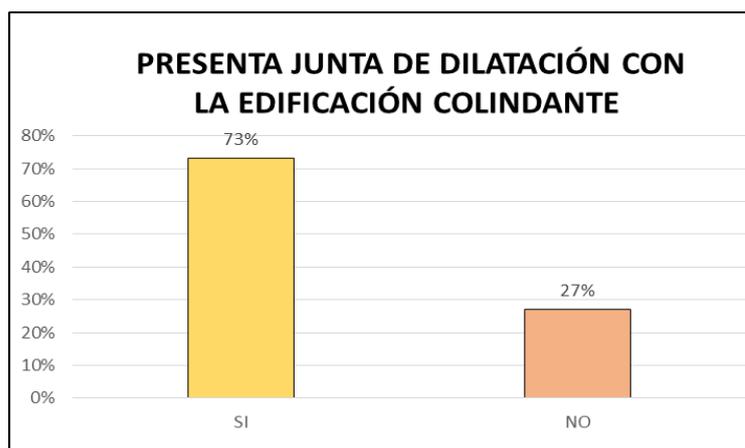


Figura 37. Viviendas que presentaron juntas de dilatación con la edificación colindante en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1.

El cuadro 10 informa la estadística de la segunda falla estructural evaluada en las viviendas de albañilería confinada en aquel Balneario, mostrando a 57 de ellas (73%) sin juntas de dilatación con la edificación colindante, pero 21 de ellas (27%) si presentaron.

- Falla de tabiques en voladizos de fachadas

Cuadro 11. Falla de los tabiques en voladizos de fachadas

| FALLA DE TABIQUES EN VOLADIZOS DE FACHADAS | INDICADORES | | % | |
|--|-------------|----|-----|----|
| | SI | NO | SI | NO |
| Los tabiques no cuentan con elementos de arriostres. | 60 | 2 | 77% | 3% |
| | Ninguno: | 16 | 20% | |

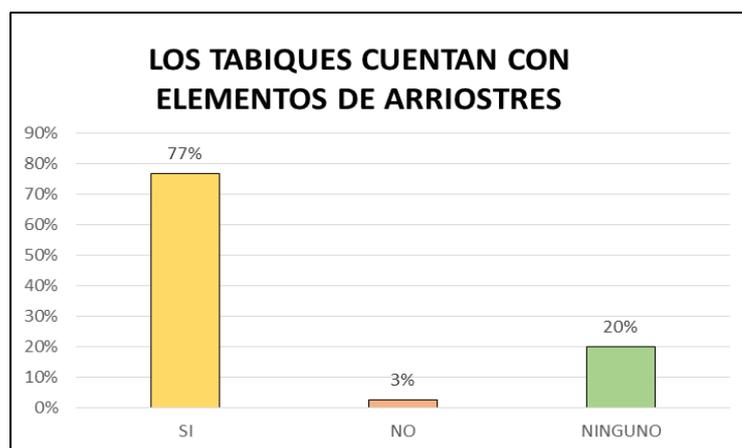


Figura 38. Cantidad de viviendas que arriostaron los tabiques de sus fachadas ubicadas en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1.

Prosiguiendo con los resultados, la tabla 11 nos muestra la tercera falla estructural evaluada en aquellas viviendas, de las cuales 60 de ellas (77%) no presentaron un adecuado arriostre en los tabiques ubicados en los voladizos, mientras que 2 viviendas (3%) manifestaron todo lo contrario.

Luego, las 16 viviendas restantes (21%) no mostraron este defecto estructural ya que eran de solamente de un piso.

- Falla por variación brusca de rigideces de la vivienda.

Cuadro 12. Falla por variación brusca de rigideces de la vivienda.

| FALLA POR VARIACIÓN BRUSCA DE RIGIDECES DE LA VIVIENDA | INDICADORES | | % | |
|--|-------------|----|-----|-----|
| | SI | NO | SI | NO |
| Asimetría de distribución de los muros en los diferentes niveles del edificio. | 22 | 56 | 28% | 72% |
| El tanque elevado se apoya sobre columnas flexibles en contraste con el último piso de la albañilería. | 38 | 14 | 49% | 18% |
| Ninguno: | 26 | | 33% | |

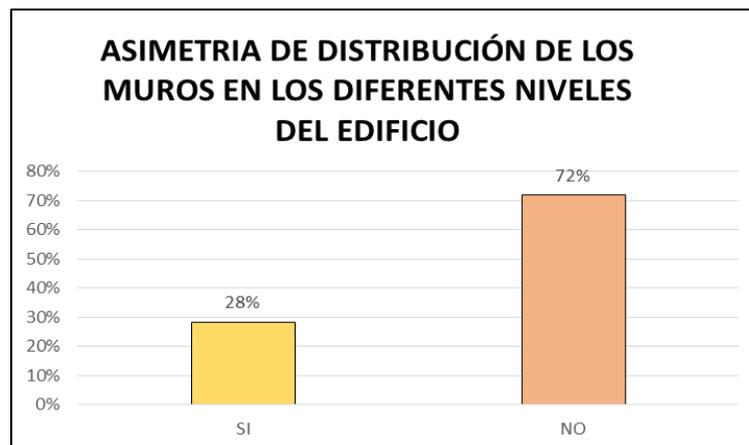


Figura 39. Asimetría en la distribución de los muros en los diferentes niveles del edificio del Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1.

Ya casi terminando con la evaluación de las fallas estructurales en estas viviendas, la tabla 12 nos enseña la estadística de la cuarta y última falla estructural.

La figura 39 evidencia a 22 viviendas (28%) con una asimetría de los muros en elevación de los diferentes niveles del edificio, empero en las 56 restantes (72%) no presentó lo dicho.

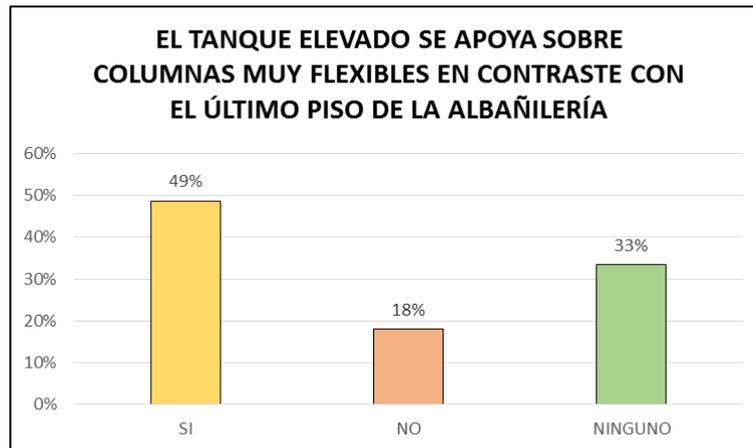


Figura 40. El tanque elevado se apoya sobre columnas flexibles en contraste con el último piso de las viviendas de albañilería confinada del Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1.

Por último, la figura 40 expresa que en 38 casas sus tanques elevados estuvieron apoyados solamente en columnas muy flexibles en contraste con el último piso de la estructura de albañilería confinada, la cual indica el 49%; 14 viviendas manifestaron todo lo contrario, representando el 18% y, 26 viviendas (33%) no contaron con tanque elevado.

3.3 Prototipo de vivienda de albañilería confinada

Descripción:

La presente propuesta es una vivienda unifamiliar de dos pisos con azotea para el sector Buenos Aires Sur B1, el cual es una de las zonas más afectadas por la erosión costera. Realizando el debido diseño y análisis estructural de esta vivienda, los vecinos podrán aplicarla para la construcción de sus casas, ahorrando el costo de este proceso, y a su vez tendrán una vivienda sismorresistente.

El suelo del sector de Buenos Aires Sur B1 está ubicado sobre un suelo de densidad media, de acuerdo al plano de zonificación sísmica de la Municipalidad distrital de Víctor Laco Herrera. Siendo así, la Norma E 0.30 Diseño Sismorresistente expresa que el valor de la capacidad portante para suelos intermedios (Perfil Tipo S3) es de 0.5 kg/cm², valor referencial para el diseño de nuestra cimentación.

El área del terreno es de 150 m² y, en cuanto al área techada, es de 92.63 m² en ambos pisos.

El diseño sísmico se basó en lo establecido por la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente E 0.30. Se efectuó el análisis dinámico bajo el espectro dado por la Norma, además del análisis estático conforme a las prescripciones de la misma.

3.3.1 Diseño Arquitectónico

Esta vivienda unifamiliar consta con 2 niveles y una azotea, además de contar con zona libre, tanto en su entrada como al final, siendo este último un patio.

En el primer piso encontramos el ingreso principal a esta edificación, para luego dirigirse a cualquiera de los ambientes pres establecidos. La escalera está ubicada en el eje de la fachada; además, la vivienda cuenta con una lavandería ubicada en el patio.

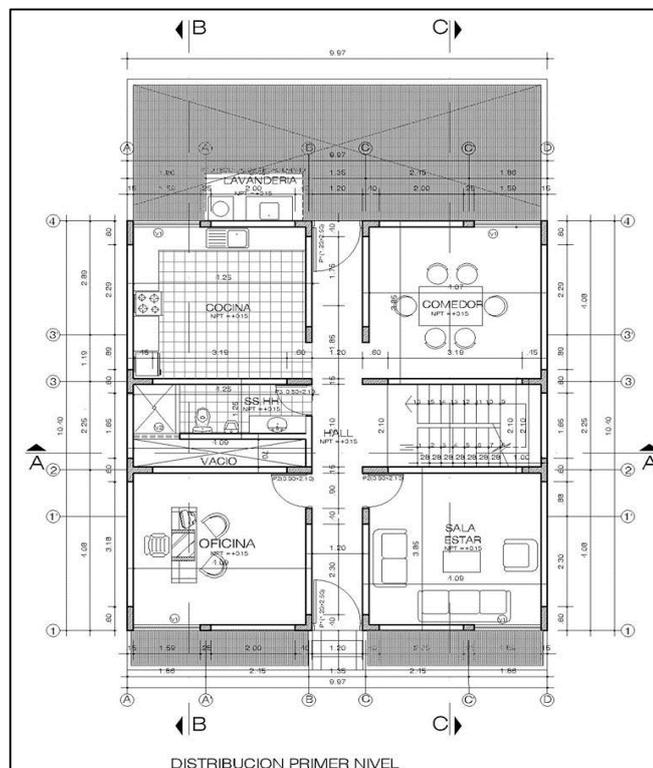


Figura 41. Distribución arquitectónica del primer nivel.

Para el segundo piso, contabilizamos un total de cuatro dormitorios más dos servicios higiénicos, teniendo uno más que el primer piso. Luego, el área techada, es tal cual al nivel inferior.

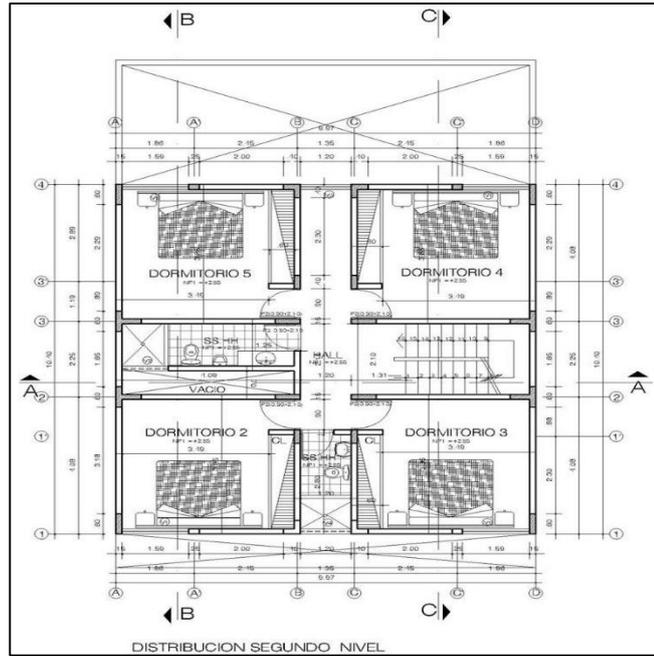


Figura 42. Distribución arquitectónica del segundo nivel.

En tanto al último piso, ha sido destinado para azotea bordeado con parapetos para prevenir cualquier accidente de los habitantes de esta vivienda. También, esta cuenta con un techo metálico como se puede observar en la figura 44 cubriendo el área de la escalera.

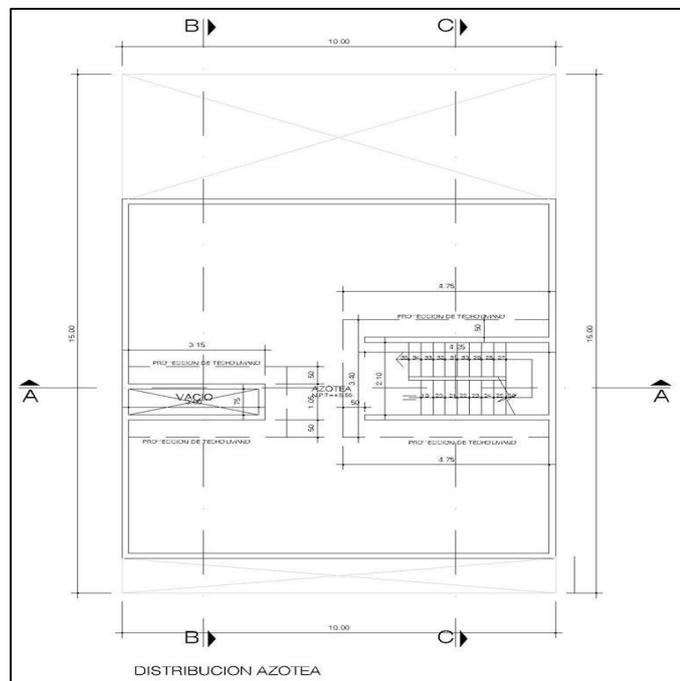


Figura 43. Distribución arquitectónica de la azotea.

La altura de piso a piso es de 2.67 m, sobrepasando los 2.10 m como mínimo de piso terminado a fondo de viga. A continuación podemos observar a más detalle esta edificación en los cortes y la elevación:

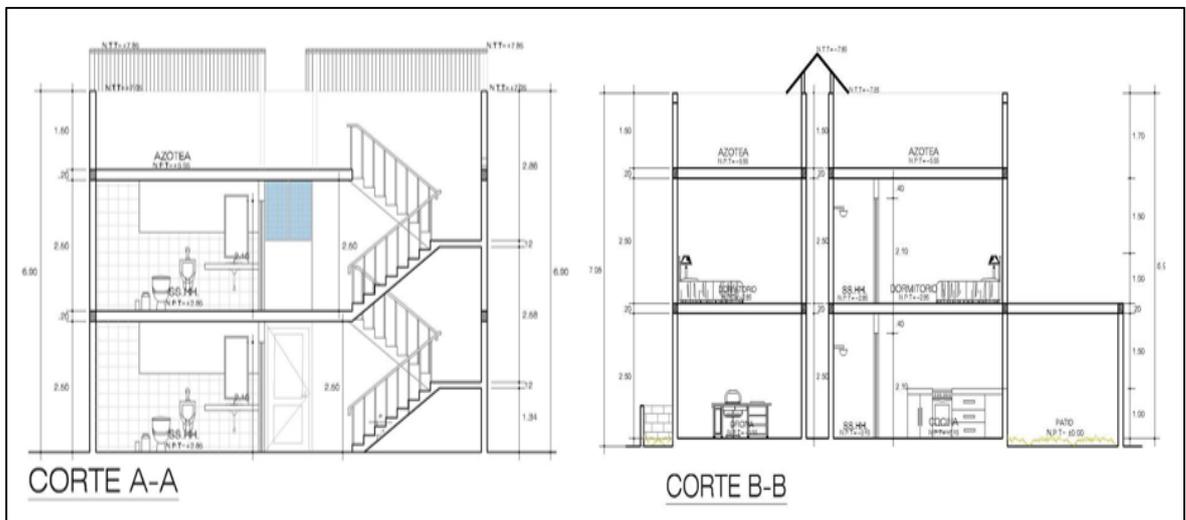


Figura 44. Corte A-A y B-B de la vivienda



Figura 45. Corte C-C y elevación principal de la vivienda.

Criterios arquitectónicos:

Los criterios aplicados para este diseño arquitectónico satisfacen con los requerimientos mínimos en los ambientes, prescritas en la Norma Técnica Peruana A.010 Condiciones generales de diseño y en la A.020 Vivienda.

3.3.2. Análisis Sismorresistente

Generalidades:

Para el análisis sísmico de nuestra edificación se consideró los distintos puntos prescritos en las normas E.020 y E.030, utilizando el programa ETABS 2016. Respecto a la configuración estructural nos basamos en la norma E.070 de Albañilería Confinada.

Pre dimensionamiento y Estructuración.

- Pre dimensionamiento de la losa aligerada:

La losa aligerada será de una sola dirección y armada en el (eje Y). En tanto a su pre dimensionamiento aplicamos la siguiente expresión:

$$h \geq ln/25$$

Donde, h es el espesor del elemento y ln es la menor luz libre, resolviendo conseguiremos lo siguiente:

$$h \geq 3.85/25 = 0.154m$$

Trabajaremos con $h = 17$ cm.

- Pre dimensionamiento de losa maciza:

Colocaremos una losa maciza en la zona central para rigidizarla debido a la discontinuidad que presenta por el ducto y la escalera; además nos servirá para una mejor distribución de las tuberías de desagüe de los servicios higiénicos. El peralte de esta losa será de 17 cm para que el diafragma rígido sea de un mismo espesor y estará orientado en dos sentidos.

- Pre dimensionamiento de muros portantes.

Espesor de muro:

De acuerdo a la norma E.070, el pre dimensionamiento de muros portantes localizados en la zona sísmica 4, se calculará de la siguiente manera:

$$t = h/20$$

Donde, t es el espesor efectivo del muro y h es la altura efectiva del muro.

Desarrollando esa expresión tenemos lo siguiente:

$$t = 2.50/20 = 0.125 \text{ m}$$

Por lo tanto, nuestros muros un espesor de 0.13 m, por lo que el asentado de la unidad de albañilería será de sogá.

Densidad mínima de muros reforzados:

La norma E.070, expone la densidad mínima de muros portantes que una edificación debe de tener en las dos direcciones principales:

$$\boxed{\frac{\sum L \cdot t}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56}}$$

$$\frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56} = \frac{(0.45)(1)(1.1)(2)}{56} = 0.0177$$

Donde:

L = longitud total del muro considerando sus columnas (sólo intervienen muros con $L > 1.2 \text{ m}$).

t = espesor efectivo = 0.13 m.

A_p = área de la planta típica = $10 \times 10.40 = 104.00 \text{ m}^2$.

Z = 0.45... La vivienda se encuentra en la zona sísmica 4 (Norma E.030).

U = 1... La vivienda es de uso común, destinado a vivienda (Norma E.030).

S = 1.1... La vivienda está ubicado sobre suelo blando (Norma E.030).

N = 2 = número de pisos de la edificación.

En la Tabla 13 denota la longitud de los muros, su respectiva área llamada área de corte ($A_c = L_t$), el número de números de iguales características (Nm), además de comprueba que la densidad de muros que tiene la vivienda en las dos direcciones principales sea mayor al valor mínimo reglamentario (0.0177).

Cuadro 13. Densidad de Muros Reforzados.

| Direccion X-X | | | | | Direccion Y-Y | | | | |
|---|-------|-------|------|---------|---|-------|-------|------|---------|
| Muro | L (m) | t (m) | Nm | Ac (m2) | Muro | L (m) | t (m) | Nm | Ac (m2) |
| 1X | 2.65 | 0.13 | 1.00 | 0.34 | 1Y | 4.15 | 0.13 | 1.00 | 0.54 |
| 2X | 2.65 | 0.13 | 1.00 | 0.34 | 2Y | 2.40 | 0.13 | 1.00 | 0.31 |
| 3X | 4.40 | 0.13 | 1.00 | 0.57 | 3Y | 4.15 | 0.13 | 1.00 | 0.54 |
| 4X | 4.40 | 0.13 | 1.00 | 0.57 | 4Y | 3.10 | 0.13 | 1.00 | 0.40 |
| 5X | 4.40 | 0.13 | 1.00 | 0.57 | 5Y | 1.45 | 0.13 | 1.00 | 0.19 |
| 6X | 4.40 | 0.13 | 1.00 | 0.57 | 6Y | 3.10 | 0.13 | 1.00 | 0.40 |
| 7X | 2.65 | 0.13 | 1.00 | 0.34 | 7Y | 3.10 | 0.13 | 1.00 | 0.40 |
| 8X | 2.65 | 0.13 | 1.00 | 0.34 | 8Y | 3.10 | 0.13 | 1.00 | 0.40 |
| | | | | | 9Y | 4.15 | 0.13 | 1.00 | 0.54 |
| | | | | | 10Y | 4.15 | 0.13 | 1.00 | 0.54 |
| $\sum Ac/Ap = 3.666/104 = 0.03525 \geq 0.0177$ CUMPLE | | | | | $\sum Ac/Ap = 4.2705/104 = 0.0411 \geq 0.0177$ CUMPLE | | | | |

Al cumplir la densidad mínima en la dirección X-X y Y-Y, indica que la vivienda evitaría el colapso ante un sismo por déficit de resistencia a cargas sísmicas, lo cual es esencial (San Bartolome y Quiun, 2010, p.16).

Verificación del esfuerzo axial por cargas de gravedad:

El esfuerzo axial admisible (σ_a) a compresión en la albañilería confinada está determinado de la siguiente manera:

$$\sigma_a = 0.2f'm \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right] = 0.2 * 650 \left[1 - \left(\frac{2.50}{35(0.13)} \right)^2 \right] = 90.75 \leq 0.15f'm$$

Valor que no debe exceder a:

$$0.15 f'm = 97.50 \text{ Tn/m}^2 \rightarrow \text{lidera } \sigma_a = 90.75 \text{ Tn/m}^2$$

Luego hallaremos el esfuerzo axial actuante ($\sigma = \frac{Pg}{L.t}$) en cada muro confinado, producido por la carga axial máxima acumulada (100% de la carga viva), para comprobar y asegurarnos que este valor no exceda al esfuerzo admisible, de lo contrario ha de aumentar el espesor del muro, mejorar la calidad de la albañilería, colocar una placa de concreto armado o ubicar nuestra losa en dos direcciones.

Cuadro 14. Verificación del esfuerzo axial por carga de gravedad (eje "Y")

| Muro | t (m) | Area Trib (m2) | PP muros (Kg) | P Losa e=17 cm (Kg) | P Acab Losa (Kg) | CM total "Pd" (Kg) | CV total "Pl" (Kg) | "Pd + Pl" (Kg) | Esf Axial Act. (Kg/cm2) | Esf Axial Adm. (Kg/cm2) | Esf Axial Max. (Kg/cm2) | 0.05 f'm. (Kg/cm2) | CUMPLIMIENTO |
|------|-------|----------------|---------------|---------------------|------------------|--------------------|--------------------|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|--------------|
| 1Y | 0.13 | 2.16 | 2427.75 | 603.57 | 215.56 | 3246.878 | 431.12 | 3677.998 | 13.63 | 90.75 | 97.50 | 32.50 | CUMPLE |
| 2Y | 0.13 | 0.51 | 1404.00 | 208.45 | 51.09 | 1663.5372 | 102.18 | 1765.72 | 11.32 | 90.75 | 97.50 | 32.50 | CUMPLE |
| 3Y | 0.13 | 2.16 | 2427.75 | 603.57 | 215.56 | 3246.878 | 431.12 | 3677.998 | 13.63 | 90.75 | 97.50 | 32.50 | CUMPLE |
| 4Y | 0.13 | 4.36 | 1813.50 | 1221.30 | 436.18 | 3470.984 | 872.36 | 4343.344 | 21.56 | 90.75 | 97.50 | 32.50 | CUMPLE |
| 5Y | 0.13 | 1.54 | 848.25 | 654.50 | 154.00 | 1656.75 | 308.00 | 1964.75 | 20.85 | 90.75 | 97.50 | 32.50 | CUMPLE |
| 6Y | 0.13 | 4.39 | 1813.50 | 1228.75 | 438.84 | 3481.092 | 877.68 | 4358.772 | 21.63 | 90.75 | 97.50 | 32.50 | CUMPLE |
| 7Y | 0.13 | 4.36 | 1813.50 | 1221.30 | 436.18 | 3470.984 | 872.36 | 4343.344 | 21.56 | 90.75 | 97.50 | 32.50 | CUMPLE |
| 8Y | 0.13 | 4.39 | 1813.50 | 1228.75 | 438.84 | 3481.092 | 877.68 | 4358.772 | 21.63 | 90.75 | 97.50 | 32.50 | CUMPLE |
| 9Y | 0.13 | 2.16 | 2427.75 | 603.57 | 215.56 | 3246.878 | 431.12 | 3677.998 | 13.63 | 90.75 | 97.50 | 32.50 | CUMPLE |
| 10Y | 0.13 | 2.16 | 2427.75 | 603.57 | 215.56 | 3246.878 | 431.12 | 3678.00 | 13.63 | 90.75 | 97.50 | 32.50 | CUMPLE |

Cuadro 15. Verificación del esfuerzo axial por carga de gravedad (eje "X")

| Muro | t (m) | Area Trib (m2) | PP muros (Kg) | P Losa e=17 cm (Kg) | P Acab Losa (Kg) | CM total "Pd" (Kg) | CV total "Pl" (Kg) | "Pd + Pl" (Kg) | Esf Axial Act. (Tn/m2) | Esf Axial Adm. (Kg/cm2) | Lim. Max. Esfuerzo Axial Adm. (Kg/cm2) | 0.05 f'm. (Kg/cm2) | CUMPLIMIENTO |
|------|-------|----------------|---------------|---------------------|------------------|--------------------|--------------------|----------------|------------------------|-------------------------|--|--------------------|--------------|
| 1X | 0.13 | 5.74 | 1550.25 | 1606.33 | 573.69 | 3730.27 | 1147.38 | 4877.65 | 28.32 | 90.75 | 97.50 | 32.50 | CUMPLE |
| 2X | 0.13 | 5.74 | 1550.25 | 1606.33 | 573.69 | 3730.27 | 1147.38 | 4877.65 | 28.32 | 90.75 | 97.50 | 32.50 | CUMPLE |
| 3X | 0.13 | 5.87 | 2574.00 | 1644.13 | 587.19 | 4805.32 | 1174.38 | 5979.70 | 20.91 | 90.75 | 97.50 | 32.50 | CUMPLE |
| 4X | 0.13 | 6.02 | 2574.00 | 1684.31 | 601.54 | 4859.85 | 1203.08 | 6062.93 | 21.20 | 90.75 | 97.50 | 32.50 | CUMPLE |
| 5X | 0.13 | 8.02 | 2574.00 | 2524.14 | 801.82 | 5899.96 | 1603.64 | 7503.60 | 26.24 | 90.75 | 97.50 | 32.50 | CUMPLE |
| 6X | 0.13 | 6.00 | 2574.00 | 1679.38 | 599.78 | 4853.16 | 1199.56 | 6052.72 | 21.16 | 90.75 | 97.50 | 32.50 | CUMPLE |
| 7X | 0.13 | 5.74 | 1550.25 | 1606.33 | 573.69 | 3730.27 | 1147.38 | 4877.65 | 28.32 | 90.75 | 97.50 | 32.50 | CUMPLE |
| 8X | 0.13 | 5.74 | 1550.25 | 1608.40 | 574.43 | 3733.08 | 1148.86 | 4881.94 | 28.34 | 90.75 | 97.50 | 32.50 | CUMPLE |

Todas los esfuerzos axiales actuantes en cada uno de nuestros muros son menores al valor del esfuerzo axial admisible de acuerdo al cuadro 14; esto evitaria fallas por pandeo, por cuanto es un elemento esbelto y sujeto a cargas de gravedad excesivas. Además, al ser menor al límite máximo del esfuerzo axial admisible, previene la reducción de la ductilidad del muro ante cargas sísmicas severas (San Bartolome, 2005, p.77).

Por otro lado, al final del cuadro 15 hicimos una última verificación, la cual el esfuerzo axial actuante en un muro en análisis deberá ser menor a 0.05 f'm, de lo contrario deberemos añadirle una cuantía nominal de refuerzo horizontal (0.001), de varillas en toda su longitud de ¼" y ancladas al confinamiento horizontal. Sin embargo, para esta vivienda no necesitaremos hacer tal reforzamiento (San Bartolome y Quiun, 2010, p. 17).

- Pre dimensionamiento de los elementos de confinamiento.

Columnas:

Guiados por la norma E.070, el área mínima para una columna de confinamiento es de $15t$, siendo “t” el espesor efectivo del muro portante; no obstante utilizaremos diferentes peraltes según su ubicación y para un mejor anclaje del acero con la viga solera.

Conociendo esta indicación utilizaremos un $t = 13\text{cm}$.

Vigas Soleras:

Las indicaciones de la norma E 070, menciona que una viga solera puede ser chata, es decir, tener el mismo peralte de la losa y una base igual al espesor efectivo del muro. Por consiguiente tendrán un peralte de 17 cm, y su base será de 13 cm.

Es necesario aclarar que una viga solera no es necesario que tenga un peralte mayor al de la losa debido a que no cumple un fin sismorresistente y reducen muy poco los esfuerzos axiales que se producen en los muros, debido a las cargas gravitacionales. Además de ello, este elemento no es diseñado por fuerza cortante sísmica, ya que encima de ella existen muros superiores que elevan el área de corte vertical.

Estas son las razones por la cual las soleras no necesitan tener un peralte mayor al de la losa (San Bartolomé, 2005, p.81).

Vigas Principales:

Nuestra edificación contara con dos vigas principales (VP-01 y VP-02) ubicadas entre los muros 4x y 6x como apoyo de la escalera, y uno entre 2y y 5y (VP-03). El peralte puede ser determinado entre $1/10$ y $1/12$ de la luz libre, y el ancho de esta como la mitad del peralte determinado (Blanco, 1994, p.39).

Así que, para VP-01 Y VP-02:

$$h = \frac{2.10}{10} \text{ o } \frac{2.10}{12} = 0.21\text{m o } 0.175\text{m}$$

Se considerara un peralte de 0.25m. Respecto al ancho de esta viga deberá ser la mita del peralte, sin embargo, ya que es un elemento sismorresistente deberá tener un ancho mínimo de 0.25 m. Por lo tanto las dimensiones serán de 0.25m x 0.25m.

De la misma forma para VP-03:

$$h = \frac{4.10}{10} \text{ o } \frac{4.10}{12} = 4.10m \text{ o } 0.34m$$

Optaremos por una dimensión de 0.25m x 0.35m.

- Escalera:

Este elemento estructural será dimensionado de la siguiente manera:

$$t \geq \frac{h}{25} \geq \frac{2.67}{25} \geq 0.11$$

Nosotros consideraremos un espesor de garganta de 12 cm para una mejor distribución del acero.

En nuestros planos de arquitectura, tenemos pasos de 0.28 m de longitud. También, este elemento tiene 16 contra pasos, teniendo una altura de:

$$CP = \frac{2.67}{16} = 0.17m$$

El cual debe cumplir con la siguiente mención:

$$0.60 \leq 2xCP + P \leq 0.64m$$

$$0.60 \leq 2x0.17 + 0.28 \leq 0.64m$$

$$0.60 \leq 0.62 \leq 0.64m$$

Lo mencionado cumple la condición dada, por lo tanto estas serán las dimensiones de nuestra escalera.

3.3.3. Diseño Sismorresistente (Análisis Estático)

- Factor de zona:

La estructura está ubicado en Trujillo, y según la Norma E.030, se encuentra en la zona 4, por lo tanto, su factor de zona es $Z_4=0.45$.

-Condiciones geotectónicas:

Para el suelo de la vivienda en Trujillo consideramos una arena mal graduada, que corresponde al Perfil Tipo S3 (suelos blandos) según la Norma E.030.

-Parámetros de sitio:

Según la tabla N° 3 de la Norma E.030, y acorde con nuestro Z_4 y S_3 , los valores de nuestros parámetros de sitio serán:

$$S_3 = 1.10$$

$$T_P = 1$$

$$T_L = 1.6$$

-Periodo fundamental de vibración (T):

Según la Norma E.030, $T = h_n / C_T$, donde $h_n = 5.34$ m (altura del edificio) y $C_T = 60$ (edificio de albañilería). Operando tendremos que $T = 0.09$.

-Factor de amplificación sísmica (C):

Según la Norma E.030, nuestro $C = 2.5$ ya que la única expresión que cumple es la expresión $T < T_P$.

-Factor de uso o importancia (U):

Según la tabla N° 5 de la Norma E.030, nuestra categoría de edificación es "C" (edificación común de uso vivienda), entonces $U = 1$.

-Coeficiente básico de reducción:

Nuestro sistema estructural es albañilería confinada y según la tabla N° 7 de la norma E.030, nuestro coeficiente básico de reducción es $R_0 = 3$ tanto para los ejes "X" e "Y".

-Factores de regularidad:

Como la configuración resistente a cargas laterales no presentan irregularidades, de acuerdo a las tablas N° 8 y 9 de la Norma E.030. Por lo tanto los factores I_a o I_p serán igual a 1,0.

-Coeficiente de reducción de la fuerza sísmica:

Según la Norma E.030, $R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$, operando tendremos que $R = 3$ (el valor de R_x y R_y son iguales ya que presentan las mismas regularidades en ambos ejes).

-Peso de la edificación:

Para el metrado de cargas verticales, se consideró todos los elementos estructurales menos las escaleras (estas últimas estarán apoyadas en las vigas, por lo que consideramos despreciarlas). De acuerdo a la norma E.030 sumamos el 25% de la carga viva por ser edificación tipo C. El programa Etabs nos dio el peso total de la edificación de $P= 199.25$ tn.

-Fuerza cortante en la base:

Según la Norma E.030, la fuerza cortante total en la base se calcula de la siguiente expresión:

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

De donde sabemos que $P=199.25$ tn y el $R_X=R_Y=3$

$$V = \frac{0.45 * 1 * 2.5 * 1.10}{3} * 199.25$$

$$V = 82.19 \text{ Tn}$$

Entonces tendremos que las cortantes:

$$V_X = 82.19 \text{ Tn.}$$

$$V_Y = 82.19 \text{ Tn.}$$

-Distribución de las fuerzas de inercia:

Según la norma E.030, las determinaciones de los valores de las fuerzas sísmicas en altura se harán con la siguiente expresión:

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

Donde $n=2$ (número de pisos de la vivienda) y $k=1$ (ya que $T<0.5$); y las distribuciones de fuerzas tanto en el eje X como el Y serán:

Cuadro 16. Distribución de las fuerzas de inercia

| NIVEL | P. TOTAL | hi | Pi*hi | Factor | Fx | Fy |
|----------|----------|------|--------|--------|-------|-------|
| 2 | 99.63 | 5.34 | 532.00 | 0.67 | 55.07 | 55.07 |
| 1 | 99.63 | 2.67 | 266.00 | 0.33 | 27.12 | 27.12 |
| Σ | 199.25 | | 798.00 | 1 | 82.19 | 82.19 |

-Análisis Modal

Antes de realizar el análisis sísmico de una vivienda es necesario conocer sus modos de vibración y periodos fundamentales, ya que de estos parámetros dependerá su respuesta durante un evento telúrico. Cabe resaltar que el análisis modal es independiente de las cargas que actúan sobre la vivienda, y depende, entre otras, de la ubicación y rigidez de los elementos que forman el sistema estructural.

-Modelo de Análisis

Para analizar la vivienda se usó el programa ETABS, el cual sirvió para realizar el análisis, estático y dinámico: cabe resaltar que para el modelo:

- Se consideró un solo diafragma para cada piso, asignando 3 grados de libertad a cada piso. Se tendrán 2 diafragmas y 6 modos en total.
- En la base del primer piso se restringió el movimiento lateral.
- Se empotraron todos los muros y columnas en sus bases debido a que el suelo tiene baja capacidad portante.
- La carga muerta se asigna secuencialmente para simular el proceso constructivo de la vivienda. El programa tiene una opción para este fin.

A continuación, se presenta la vista del modelo:

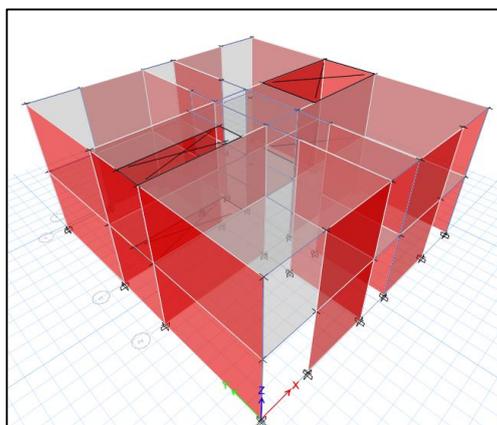


Figura 46. Vista en 3D de modelamiento estructural

-Análisis de Resultados

Se obtuvo los siguientes resultados del análisis modal.

Cuadro 17. Periodos de participación en ambas direcciones

| MODO | PERIODO (S) | PARTICIPACIÓN X-X | PARTICIPACIÓN Y-Y |
|------|--------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0.083 | 0.8562 | 0.0026 |
| 2 | 0.073 | 0.0195 | 0.736 |
| 3 | 0.068 | 0.0293 | 0.1842 |
| 4 | 0.031 | 0.086 | 0.0007 |
| 5 | 0.028 | 0.0038 | 0.0656 |
| 6 | 0.026 | 0.0053 | 0.011 |

Los periodos fundamentales son aquellos que presentan mayor porcentaje de participación en cada dirección de la estructura. Se observa que para X-X el periodo 0.083 s. presenta un porcentaje de 86%, y para Y-Y el periodo 0.073 s. presenta un porcentaje de 74%, siendo los más importantes.

Cuadro 18. Periodos fundamentales

| DIRECCIÓN | PERIODO T (s) |
|-----------|---------------|
| X-X | 0.083 |
| Y-Y | 0.073 |

3.3.4. Diseño Sismorresistente (Análisis Dinámico)

Como nuestro edificio de acuerdo a su uso es una edificación común, en este caso para la vivienda realizaremos un análisis de combinación espectral.

-Aceleración espectral:

La Norma E.030 indica que se utilizará un espectro inelástico de pseudoaceleraciones definido por:

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

Cuadro 19. Valores de T vs. Sa del espectro de diseño.

| T (s) | C | C/R | Sa (%g) | Sa (m/s ²) |
|-------|-------|-------|---------|------------------------|
| 0 | 2.500 | 0.833 | 0.375 | 3.677 |
| 0.05 | 2.500 | 0.833 | 0.375 | 3.677 |
| 0.10 | 2.500 | 0.833 | 0.375 | 3.677 |
| 0.15 | 2.500 | 0.833 | 0.375 | 3.677 |
| 0.20 | 2.500 | 0.833 | 0.375 | 3.677 |
| 0.25 | 2.500 | 0.833 | 0.375 | 3.677 |
| 0.30 | 2.500 | 0.833 | 0.375 | 3.677 |
| 0.35 | 2.500 | 0.833 | 0.375 | 3.677 |
| 0.40 | 2.500 | 0.833 | 0.375 | 3.677 |
| 0.45 | 2.500 | 0.833 | 0.375 | 3.677 |
| 0.50 | 2.500 | 0.833 | 0.375 | 3.677 |
| 0.55 | 2.500 | 0.833 | 0.375 | 3.677 |
| 0.60 | 2.500 | 0.833 | 0.375 | 3.677 |
| 0.65 | 2.308 | 0.769 | 0.346 | 3.395 |
| 0.70 | 2.143 | 0.714 | 0.321 | 3.152 |
| 0.75 | 2.000 | 0.667 | 0.300 | 2.942 |
| 0.80 | 1.875 | 0.625 | 0.281 | 2.758 |
| 0.85 | 1.765 | 0.588 | 0.265 | 2.596 |
| 0.90 | 1.667 | 0.556 | 0.250 | 2.452 |
| 0.95 | 1.579 | 0.526 | 0.237 | 2.323 |
| 1.00 | 1.500 | 0.500 | 0.225 | 2.206 |
| 1.10 | 1.364 | 0.455 | 0.205 | 2.006 |
| 1.20 | 1.250 | 0.417 | 0.188 | 1.839 |
| 1.30 | 1.154 | 0.385 | 0.173 | 1.697 |
| 1.40 | 1.071 | 0.357 | 0.161 | 1.576 |
| 1.50 | 1.000 | 0.333 | 0.150 | 1.471 |
| 1.60 | 0.938 | 0.313 | 0.141 | 1.379 |
| 1.70 | 0.882 | 0.294 | 0.132 | 1.298 |
| 1.80 | 0.833 | 0.278 | 0.125 | 1.226 |
| 1.90 | 0.789 | 0.263 | 0.118 | 1.161 |
| 2.00 | 0.750 | 0.250 | 0.113 | 1.103 |
| 2.25 | 0.667 | 0.222 | 0.100 | 0.981 |
| 2.50 | 0.600 | 0.200 | 0.090 | 0.883 |
| 2.75 | 0.496 | 0.165 | 0.074 | 0.729 |
| 3.00 | 0.417 | 0.139 | 0.063 | 0.613 |
| 3.25 | 0.355 | 0.125 | 0.056 | 0.552 |
| 3.50 | 0.306 | 0.125 | 0.056 | 0.552 |
| 3.75 | 0.267 | 0.125 | 0.056 | 0.552 |
| 4.00 | 0.234 | 0.125 | 0.056 | 0.552 |

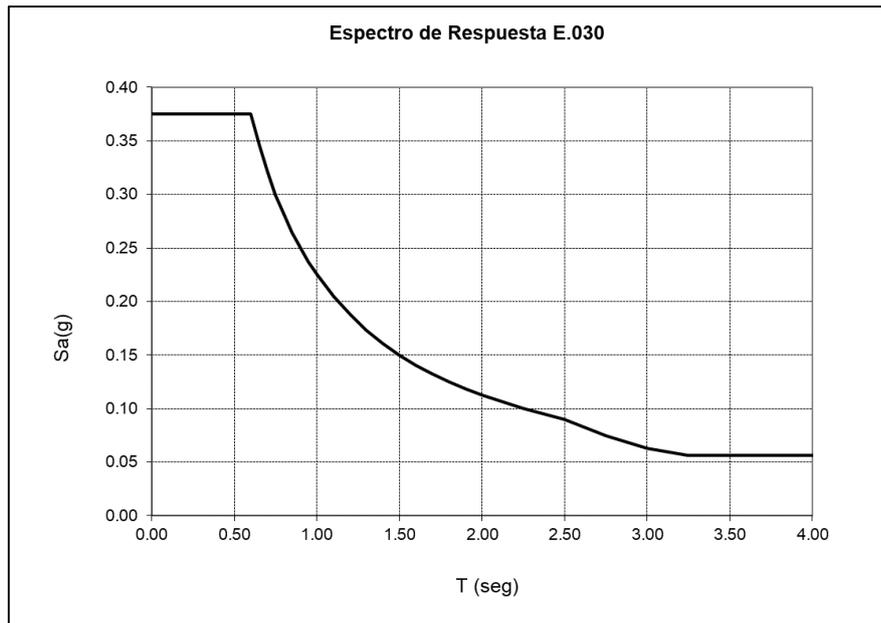


Figura 47. Curva de los valores del espectro de diseño.

-Fuerza cortante en la base:

La Norma E.030 señala que la fuerza cortante en la base del edificio no podrá ser menor que el 80% del valor calculado en el análisis estático para estructurales regulares. De no cumplir con esta condición será necesario escalar todas fuerzas obtenidas para obtener las fuerzas de diseño. Nuestra estructura irregular cumple este requisito, y se tiene:

Cuadro 20. Cortante estático vs Cortante dinámico

| SISMO X-X | |
|------------------|-------|
| | VX |
| V estática | 82.19 |
| V dinámica | 184.5 |
| FA= | 1 |
| SISMO Y-Y | |
| | VY |
| V estática | 82.19 |
| V dinámica | 182.8 |
| FA= | 1 |

-Control de desplazamientos laterales (drift):

Según la Norma E.030, se multiplican por 0.75R los desplazamientos obtenidos como respuesta máxima elástica del análisis dinámico. Esto se hace para evaluar los efectos de la incursión en el rango inelástico de la estructura durante un sismo severo.

Cuadro 21. Control de distorsiones

| NIVEL | DERIVA DE ENTREPISO X-X | DERIVA DE ENTREPISO Y-Y | DERIVA LIMITE | CUMPLIMIENTO |
|--------|-------------------------|-------------------------|---------------|--------------|
| PISO 1 | 0.001104 | 0.000863 | 0.005 | OK |
| PISO 2 | 0.002088 | 0.001526 | 0.005 | OK |

-Junta de separación:

Para evitar el contacto entre estructuras vecinas durante el movimiento sísmico, la norma especifica una distancia mínima (s) que:

Donde h es la altura medida desde el nivel del terreno natural hasta el nivel considerado para evaluar S. Al no conocer los desplazamientos de las edificaciones adyacentes, podemos hallar el S de la siguiente manera:

- ✓ $S=3+0.004(534-500) \leq 3$ cm.
- ✓ S=3 cm

Entonces la junta de separación de nuestro edificio será de 3 cm. Nosotros en este caso consideraremos junta de 1”.

3.3.5 Diseño de Muro de Albañilería

-Fuerzas internas de diseño:

En los cuadros 22 y 23, muestran los cálculos de las cortantes y momentos de diseño de los muros en dirección “X” y “Y” para el primer piso.

Cuadro 22. Cortantes y momentos de diseño en dirección “X”

| MURO | SISMO SEVERO R=3 | | SISMO MODERADO R=6 | |
|------|------------------|---------|--------------------|----------|
| | Vs | Ms | Ve | Me |
| 1X | 11.994 | 16.8562 | 5.997 | 8.4281 |
| 2X | 11.9947 | 16.8542 | 5.99735 | 8.4271 |
| 3X | 32.0085 | 25.9445 | 16.00425 | 12.97225 |
| 4X | 32.0081 | 25.9138 | 16.00405 | 12.9569 |
| 5X | 34.1301 | 27.3796 | 17.06505 | 13.6898 |
| 6X | 34.1009 | 27.3597 | 17.05045 | 13.67985 |
| 7X | 19.7457 | 15.8482 | 9.87285 | 7.9241 |
| 8X | 15.871 | 22.1101 | 7.9355 | 11.05505 |

Cuadro 23. Cortantes y momentos de diseño en dirección “Y”

| MURO | SISMO SEVERO R=3 | | SISMO MODERADO R=6 | |
|------|------------------|---------|--------------------|---------|
| | Vs | Ms | Ve | Me |
| 1Y | 18.3459 | 11.7961 | 9.17295 | 5.89805 |
| 2Y | 10.3226 | 3.4943 | 5.1613 | 1.74715 |
| 3Y | 18.3369 | 11.8271 | 9.16845 | 5.91355 |
| 4Y | 10.8954 | 8.3964 | 5.4477 | 4.1982 |
| 5Y | 10.8974 | 8.4102 | 5.4487 | 4.2051 |
| 6Y | 11.0395 | 8.8352 | 5.51975 | 4.4176 |
| 7Y | 11.0756 | 8.779 | 5.5378 | 4.3895 |
| 8Y | 21.5624 | 14.3433 | 10.7812 | 7.17165 |
| 9Y | 12.2865 | 4.003 | 6.14325 | 2.0015 |
| 10Y | 21.6399 | 14.1573 | 10.81995 | 7.07865 |

-Verificaciones para el diseño:

Se debe verificar que se cumplan estos requisitos:

- ✓ La resistencia global a la fuerza cortante debe ser mayor o igual que la fuerza producida por el sismo severo ($\Sigma V'm = VE$), y en el caso que la sumatoria de cortantes resistentes sean mucho mayor al cortante debido al sismo severo ($\Sigma V'm = 3*VE$), se puede dar por concluido el análisis y diseñar con refuerzo mínimo, pues esto indica que los muros se comportarían de manera elástica ante un sismo severo.

- ✓ Ningún muro debe agrietarse ante sismo moderado, es decir, $V_e < 0.55V'm$, se puede tener un 5% de tolerancia respecto al valor establecido.

La verificación de resistencia global y agrietamiento de muros se presenta a continuación.

Cuadro 24. Verificación de resistencia global y fisuración de muros en dirección “X”

| MURO | L(m) | L(cm) | t(cm) | Ve(ton) | Mfe(ton/m) | V'm(ton/m ²) | α | α final | Pg=PD+0.25PL | Vm | Vc≤0.55*Vm | VERIFICACIÓN |
|------|------|-------|-------|----------|------------|--------------------------|------------|----------------|--------------|-----------|-------------|--------------|
| 1X | 2.4 | 240 | 13 | 5.997 | 8.4281 | 81 | 1.70771586 | 1 | 19.5645 | 17.135835 | 9.42470925 | SI CUMPLE |
| 2X | 2.4 | 240 | 13 | 5.99735 | 8.4271 | 81 | 1.70801818 | 1 | 19.5612 | 17.135076 | 9.4242918 | SI CUMPLE |
| 3X | 3.65 | 365 | 13 | 16.00425 | 12.97225 | 81 | 4.50311338 | 1 | 5.1455 | 35.183215 | 19.35076825 | SI CUMPLE |
| 4X | 3.65 | 365 | 13 | 16.00405 | 12.9569 | 81 | 4.50839186 | 1 | 5.1585 | 35.186205 | 19.35241275 | SI CUMPLE |
| 5X | 3.65 | 365 | 13 | 17.06505 | 13.6898 | 81 | 4.54991545 | 1 | 5.6753 | 35.305069 | 19.41778795 | SI CUMPLE |
| 6X | 3.65 | 365 | 13 | 17.05045 | 13.67985 | 81 | 4.54932931 | 1 | 5.5489 | 35.275997 | 19.40179835 | SI CUMPLE |
| 7X | 2.4 | 240 | 13 | 9.87285 | 7.9241 | 81 | 2.99022476 | 1 | 23.452 | 18.02996 | 9.916478 | SI CUMPLE |
| 8X | 2.4 | 240 | 13 | 7.9355 | 11.05505 | 81 | 1.72276019 | 1 | 25.1441 | 18.419143 | 10.13052865 | SI CUMPLE |

Ningún muro se agrieta es dirección “X”, el cortante actuante es menor que el 55% del cortante resistente.

Suma de cortantes resistentes ($\Sigma V_m \geq V_e$), 211.67 ton \geq 191.85 ton

Cuadro 25. Verificación de resistencia global y fisuración de muros en dirección “Y”

| MURO | L(m) | L(cm) | t(cm) | Ve(ton) | Mfe(ton/m) | V'm(ton/m ²) | α | α final | Pg=PD+0.25PL | Vm | Vc≤0.55*Vm | VERIFICACIÓN |
|------|------|-------|-------|----------|------------|--------------------------|------------|----------------|--------------|-----------|-------------|--------------|
| 1Y | 3.4 | 340 | 13 | 9.17295 | 5.89805 | 81 | 5.28785446 | 1 | 7.327 | 19.58621 | 10.7724155 | SI CUMPLE |
| 2Y | 1.7 | 170 | 13 | 5.1613 | 1.74715 | 81 | 5.02201299 | 1 | 0.3043 | 15.905489 | 8.74801895 | SI CUMPLE |
| 3Y | 3.4 | 340 | 13 | 9.16845 | 5.91355 | 81 | 5.27140719 | 1 | 7.2057 | 19.558311 | 10.75707105 | SI CUMPLE |
| 4Y | 2.3 | 230 | 13 | 5.4477 | 4.1982 | 81 | 2.98454338 | 1 | 2.7655 | 12.745565 | 7.01006075 | SI CUMPLE |
| 5Y | 2.3 | 230 | 13 | 5.4487 | 4.2051 | 81 | 2.9801931 | 1 | 2.8105 | 12.755915 | 7.01575325 | SI CUMPLE |
| 6Y | 2.3 | 230 | 13 | 5.51975 | 4.4176 | 81 | 2.87382855 | 1 | 2.2307 | 12.622561 | 6.94240855 | SI CUMPLE |
| 7Y | 2.3 | 230 | 13 | 5.5378 | 4.3895 | 81 | 2.90168356 | 1 | 2.3069 | 12.640087 | 6.95204785 | SI CUMPLE |
| 8Y | 3.4 | 340 | 13 | 10.7812 | 7.17165 | 81 | 5.11124776 | 1 | 8.1392 | 19.773016 | 10.8751588 | SI CUMPLE |
| 9Y | 1.7 | 170 | 13 | 6.14325 | 2.0015 | 81 | 5.21784911 | 1 | 0.3021 | 15.904983 | 8.74774065 | SI CUMPLE |
| 10Y | 3.4 | 340 | 13 | 10.81995 | 7.07865 | 81 | 5.19701214 | 1 | 8.4835 | 19.852205 | 10.91871275 | SI CUMPLE |

Ningún muro se agrieta es dirección “Y”, el cortante actuante es menor que el 55% del cortante resistente.

Suma de cortantes resistentes ($\Sigma V_m \geq V_e$), 161.34 ton \geq 146.40 ton.

La resistencia al agrietamiento diagonal se realizará teniendo en cuenta la resistencia al corte (V_m) de los muros de albañilería se calculará en cada entrepiso mediante la siguiente expresión para unidades de arcilla y de concreto:

Cuadro 26. Resistencia al corte en dirección “X”

| | MURO | Vm |
|------------------------|------|--|
| | | $0.55 \cdot V' m \cdot a \cdot t \cdot L + 0.25 P_g$ |
| DIRECCION X | 1X | 17.135835 |
| | 2X | 17.135076 |
| | 3X | 35.183215 |
| | 4X | 35.186205 |
| | 5X | 35.305069 |
| | 6X | 35.275997 |
| | 7X | 18.02996 |
| | 8X | 18.419143 |

Cuadro 27. Resistencia al corte en dirección “Y”

| | MURO | Vm |
|------------------------|------|--|
| | | $0.55 \cdot V' m \cdot a \cdot t \cdot L + 0.25 P_g$ |
| DIRECCION Y | 1Y | 19.58621 |
| | 2Y | 15.905489 |
| | 3Y | 19.558311 |
| | 4Y | 12.745565 |
| | 5Y | 12.755915 |
| | 6Y | 12.622561 |
| | 7Y | 12.640087 |
| | 8Y | 19.773016 |
| | 9Y | 15.904983 |
| | 10Y | 19.852205 |

3.4 Resultados de impacto ambiental

Los siguientes datos a mostrar fueron adquiridos en nuestra encuesta (Anexo1):

Cuadro 28. Inadecuada protección del acero en las viviendas.

| INADECUADA PROTECCION AL ACERO | | CANTIDAD DE VIVIENDAS | % |
|--------------------------------|----------------|-----------------------|------|
| SI | | 30 | 38% |
| UN ELEMENTO | COLUMNA | 18 | 23% |
| | VIGA | 5 | 6% |
| DOS ELEMENTOS | COLUMNA Y VIGA | 7 | 9% |
| NO | | 48 | 62% |
| TOTAL | | 78 | 100% |

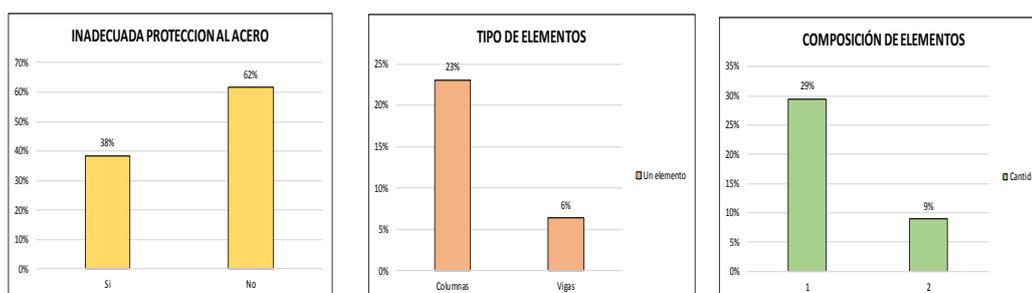


Figura 48. Inadecuada protección en el acero de las viviendas de albañilería confinada situadas en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1.

En tanto al cuadro 28, 30 viviendas si presentaron inadecuada protección al acero, expresando el 38% de la muestra evaluada; de las cuales 23 fueron evidenciados en un solo elemento, 18 de ellas en columnas (23%) y 5 en vigas (6%), además el 9% (7 viviendas) presentaron este deterioro en ambos elementos estructurales.

Sin embargo en las 48 viviendas restantes no presentaron este malestar, es decir, el 62% de las viviendas evaluadas.

Las viviendas que presentaron inadecuada protección al acero fue producido por el mal recubrimiento realizado en columnas y vigas, y la humedad del ambiente

Cuadro 29. Corrosión en el acero

| CORROSIÓN EN EL ACERO | CANTIDAD DE VIVIENDAS | % |
|-----------------------|-----------------------|-------------|
| SI PRESENTA | 29 | 37% |
| NO PRESENTA | 49 | 63% |
| TOTAL | 78 | 100% |

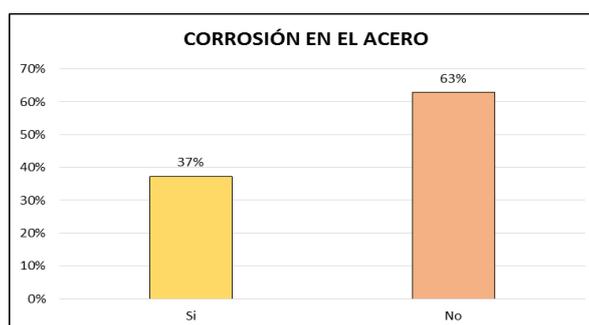


Figura 49. Corrosión en el acero de las viviendas de albañilería confinada situadas en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1.

El cuadro 29 expresa que, 29 casas fueron afectadas por la corrosión en el acero expuesto, lo que representó el 37% de la muestra, en cambio 49 viviendas no presentaron corrosión en el acero la cual manifestó el 63% restante.

Este mal fue producido por la alta humedad del ambiente. Además, es necesario recalcar que esta zona es una zona marítima, afectada por la erosión costera, la cual ha incrementado la humedad.

Cuadro 30. Presencia de eflorescencia en los elementos estructurales de las viviendas.

| EFLORESCENCIA | | CANTIDAD DE VIVIENDAS | % |
|------------------|---------|-----------------------|-------------|
| SI | | 46 | 59% |
| UN ELEMENTO | COLUMNA | 2 | 3% |
| | VIGA | 1 | 1% |
| | LOS A | 1 | 1% |
| | MURO | 32 | 41% |
| DOS ELEMENTOS | | 7 | 9% |
| TRES ELEMENTOS | | 1 | 1% |
| CUATRO ELEMENTOS | | 2 | 3% |
| NO | | 32 | 41% |
| TOTAL | | 78 | 100% |

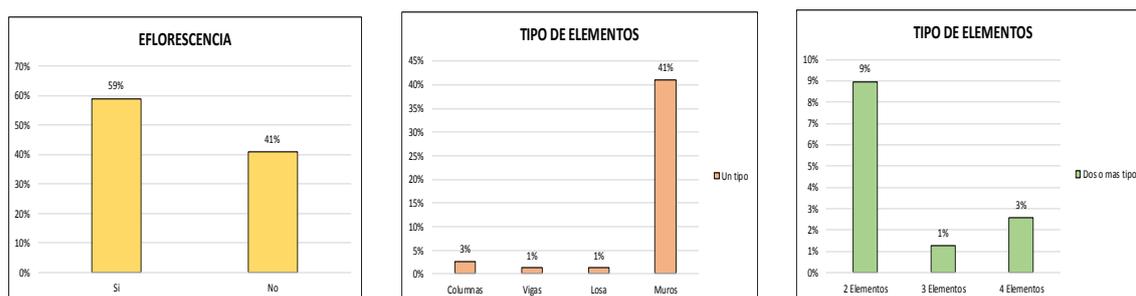


Figura 50. Presencia de eflorescencia en algunos elementos estructurales de las viviendas de albañilería confinada en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1.

Del cuadro 30 extraemos que 46 edificaciones de albañilería confinada manifestaron eflorescencia representando el 59% de las 78 viviendas evaluadas. Dentro de este porcentaje, el 46% (36 viviendas) presentaron en solo un tipo de elemento estructural, el 9% (7 viviendas) manifestaron en dos elementos estructurales, el 1% (1 vivienda) mostro en 3 tipos de elementos y el 3% (2 viviendas) manifestaron en cuatro elementos estructurales. Por ultimo, 32 viviendas no presentaron eflorescencia, la cual expresa el 41% restante de las viviendas evaluadas. El mayor porcentaje de eflorescencia fue en los muros, porque tanto el suelo como el ambiente son húmedos.

Cuadro 31. Deterioro del tarrajeo de las viviendas.

| DETERIORO EN EL TARRAJEO | | CANTIDAD DE VIVIENDAS | % |
|--------------------------|---------|-----------------------|------|
| SI | | 47 | 60% |
| UN ELEMENTO | COLUMNA | 7 | 9% |
| | VIGA | 28 | 36% |
| DOS ELEMENTOS | | 10 | 13% |
| TRES ELEMENTOS | | 2 | 3% |
| NO | | 31 | 40% |
| TOTAL | | 78 | 100% |

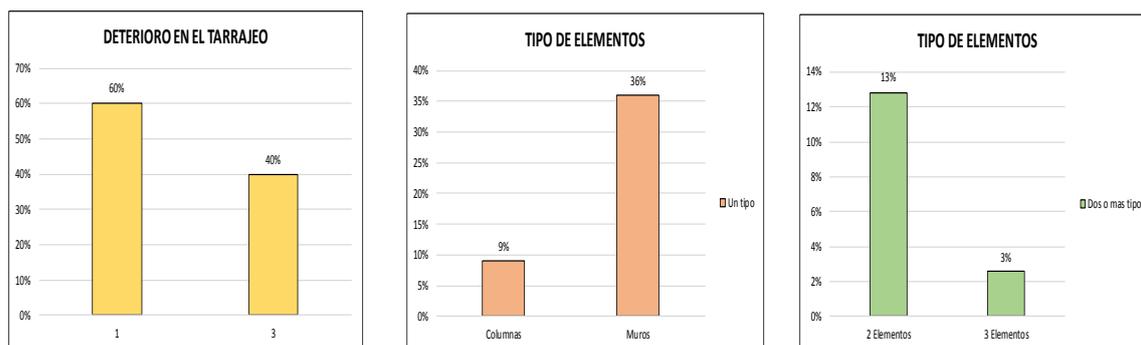


Figura 51. Deterioro del tarrajeo de las viviendas de albañilería confinada en el Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1.

Por último, en el cuadro 31, 47 viviendas de albañilería confinada (60% de la muestra) presentaron deterioro en el tarrajeo, siendo 35 de ellas en un tipo de elemento estructural que representa el 45%, 7 casas manifestaron en columnas representando el 9%, y 28 viviendas mostraron en vigas representando el 36%.

Respecto al deterioro en dos tipos de elementos estructurales a su vez, 10 viviendas fueron las totales representando el 13% y, en tres tipos, 2 edificaciones fueron la que mostraron expresando el 3% de la muestra. Las 31 viviendas restantes no presentaron lo dicho denotando el 40% del total de viviendas evaluadas. Una vez más, la causa principal de este deterioro fue, la alta humedad del ambiente.

IV. DISCUSIONES

Según los datos obtenidos, los porcentajes más altos se inclinaron por la presencia de defectos estructurales en las 78 viviendas evaluadas, de los cuales tenemos que, el 59% no contaron con planos, el 61% fueron autoconstruidas, el 58% fueron construidas con materiales no calificados, el 59% usaron ladrillo artesanal y el 72% de estructuras presentaron grietas o fisuras. En la investigación hecha por Campodonico (2017), sobre la evaluación de los problemas de ubicación y configuración estructural en viviendas autoconstruidas en la comunidad urbana autogestionaria de Huaycán, Ate, Lima, encontró que el 97% de viviendas fueron construidas de forma espontánea, es decir sin sugerencia técnica. Así mismo, San Bartolomé (2007), estudió los defectos que incidieron en el comportamiento de las construcciones de albañilería en el sismo de Pisco del 15-08-2007, señaló que en Chincha, Pisco e Ica, utilizaron ladrillos artesanales de arcilla, pandereta y bloques de concreto para la elaboración de los muros portantes en estructuras de hasta 5 niveles; sin embargo la Norma Técnica E.070 menciona que estas unidades de albañilería están prohibidas de emplear, porque se trituran, reduciendo notablemente la resistencia y rigidez de los muros. Además, Abanto (2017), recalcó que muchos en el Perú han mal interpretado la forma de diseño y construcción de las viviendas de albañilería confinada, resultando en la empleabilidad de materiales defectuosos, demasiada mano de obra no calificada y ejecuciones sin asesoramiento técnico.

Por otra parte, en cuanto a fallas estructurales, el 41% debilitó sus paredes y los resano para colocar tuberías, el 19% tienen sus columnas muy espaciadas entre sí, el 45% tienen algunos muros sin confinar, el 26% contaron con cangrejas y segregación en las columnas, el 82% indicaron que las juntas que adhirieron a los ladrillos tienen espesores mayores a 1.5 cm, el 100% presentaron cambios en la sección de los muros debido a los vanos de las ventanas y el 64% de estructuras no contaron con la densidad mínima de muros a reforzar.

En el estudio ya mencionado hecho por San Bartolomé (2007), manifestó que en algunas viviendas que fueron afectadas en el terremoto de Pisco del año 2007, fueron por la insuficiente densidad de muros en una determinada dirección, afectando a todo el

sistema; y según la investigación elaborado por Quiun y San Bartolomé (2010), indicaron que una vivienda de albañilería confinada fallara por corte en el primer piso ante un sismo a menos que tenga una excesiva densidad de muros reforzados.

Respecto a la Norma E.070, prescribió que la técnica de debilitar los muros para colocar tuberías y luego resanarlos, está totalmente prohibido; además, la máxima distancia entre eje a eje de las columnas de confinamiento será el doble de la distancia entre vigas y no mayor a 5 m; todos los muros deberán estar enmarcados en sus cuatro bordes por elementos de concreto armado (columnas y vigas soleras); el espesor de las juntas de mortero será como mínimo 10 cm y como máximo será 15 cm; y los alféizares de ventanas tendrán que estar aislados del sistema estructural, para evitar el famoso “muro corto” y todas las viviendas de albañilería confinada, deberán de contar con una densidad mínima de muros reforzados en las dos direcciones principales para evitar el colapso. Así que, se deduce fácilmente que todos los muros de las viviendas ubicadas en este Balneario, inevitablemente sufrirán este tipo de falla, añadiendo a ello su informalidad, y las demás técnicas desaprobadas por la norma antes mencionada.

En tanto a la siguiente falla estructural, el 73% de casas serían afectadas por falta de junta de dilatación con la vivienda colindante. En la investigación realizada por Campodonico (2017), el 94% de las casas que evaluó presentaron este mismo problema, además de no contar con un alineamiento entre las losas. Abanto (2017), afirmó que es fundamental contar con una separación entre viviendas (junta de separación sísmica), de lo contrario, las viviendas más afectadas serían las de menor altura.

Acerca de los tabiques situados en los voladizos de las fachadas sin arriostres, el 77% de estructuras de albañilería confinada notaría este efecto. Una vez más, San Bartolomé (2007), expresó que los propietarios quisieron ganar espacio en los pisos superiores construyendo voladizos en las fachadas de sus casas, y tan solo cercándolos con tabiques a base de ladrillo pandereta. La conexión dentada fue muy débil como para resistir los ataques sísmicos perpendiculares al plano, volcándose con la posibilidad de afectar a las personas que huían por el primer piso.

De acuerdo a la última falla estructural, el 28% sería severamente dañado por la variación brusca de rigideces entre los distintos pisos de las viviendas debido a la

asimetría de los muros en elevación, y el 49% colapsaría el apoyo del tanque elevado debido a su flexibilidad en contraste con el último entrepiso de la edificación. Conforme a lo primero, Rodríguez et al (2015), mencionaron que en Buenos Aires el 37% fallarían por excentricidad por la falta de coincidencia entre el centro de masas y rigidez. De igual manera, Campodonico (2017), en su investigación ya mencionada, encontró que todas las viviendas analizadas presentaron discontinuidad en altura, debido a que los elementos verticales resistentes no terminan en una cimentación. Igualmente, la Norma E.070 especifica que los muros portantes deberán tener una continuidad vertical hasta la cimentación (simetría en elevación). Acorde a lo segundo, San Bartolomé (2007) denotó que los tanques de agua que se apoyan solamente en columnas, están destinadas a un posible colapso, por el cambio brusco de rigideces entre estos apoyos y el último piso de la estructura, produciendo un efecto de látigo sobre el tanque durante un evento sísmico.

Por último, los datos obtenidos sobre los efectos del impacto ambiental en estas viviendas, fueron que el 38% de ellas presentaron una inadecuada protección al acero de parte de los elementos estructurales de concreto armado, el 37% mostraron corrosión en el acero, el 59% indicaron que cuentan con eflorescencia y el 60% presentaron deterioro en el tarrajeo. También, Rodríguez et al (2015), manifestaron que el 28% de casas de Buenos Aires presentaron deterioro por salitre, humedad y óxido, siendo un porcentaje menor al que obtuvimos nosotros. De igual importancia, García (2017), determinó las causas que producen fallas estructurales en las viviendas del Pueblo Joven La Libertad, Chimbote – Ancash son, eflorescencias en un porcentaje de 90.40% y corrosión del acero en un 24.41%. Una vez más, Abanto (2017), expuso que el peligro de la eflorescencia aumenta en los ladrillos de arcilla, sobre todo en los de baja calidad, de resistencia reducida y un alto grado de succión. Esta es la razón por la cual el 59% de viviendas que usaron ladrillo artesanal presentaron a su vez eflorescencia. Por otro lado, el Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos –Venezuela (2009), expuso que la exposición de un elemento estructural a través del tiempo al agua, sol, intemperie y al aire, puede generar consecuencias diversas, como corrosión del acero al estar expuesto al aire libre, filtraciones y humedades en losas, techos, paredes, etc. Allí se explica la presencia de corrosión en el acero que está expuestos a la intemperie.

V. CONCLUSIONES

- Se pudo constatar que las fallas estructurales que presentaron las viviendas del Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1, ante evento sísmico son, falla por inadecuada resistencia del muro confinado a las fuerzas cortantes del sismo, falla por golpeteo entre edificios, tabiques en voladizos de fachadas y falla por variación brusca de rigideces.
- Los resultados evidenciaron que, todas las viviendas mostraron defectos estructurales, de los cuales tenemos que, el 59% no contaron con planos arquitectónicos y estructurales, el 61% fueron autoconstruidas, el 58% fueron construidas con materiales no calificados, el 59% usaron ladrillo artesanal y el 72% de estructuras presentaron grietas o fisuras.
- Conforme a los datos obtenidos, en todas las viviendas manifestaron una inadecuada resistencia de los muros confinados a las fuerzas cortantes del sismo; el 73% , falta de una junta de dilatación con la vivienda colindante; el 77%, falta de arriostre en los tabiques situados en los voladizos de las fachadas; y de acuerdo a la falla por variación brusca de rigideces, el 28%, asimetría de los muros en elevación y, el 49%, flexibilidad del apoyo de sus tanques elevados en contraste con el ultimo entrepiso de la estructura.
- Se realizó el análisis y diseño estructural del prototipo de vivienda de albañilería confinada de dos pisos con azotea para este sector, el cual fue satisfactorio, pues las derivas obtenidas en el análisis sísmico fueron menores a lo estipulado por la Norma técnica E.070, es decir 0.005; para la dirección X-X se registró 0.002088, y para la dirección Y-Y un 0.001526.
- Los principales efectos que presentaron las viviendas producto del impacto ambiental fueron, la inadecuada protección al acero de parte de los elementos estructurales de concreto armado, corrosión en el acero, presencia de eflorescencia en los elementos estructurales y deterioro en el tarrajeo.

VI. RECOMENDACIONES

- Se debe tener en cuenta cuán importante es la asesoría de un profesional durante la construcción de una vivienda, además de contar con planos (arquitectónicos, estructurales, sanitarios y eléctricos), materiales de calidad y mano de obra de calidad; pues de esta manera, contrarrestará la presencia de defectos estructurales, los cuales degradan sustancialmente la resistencia, rigidez lateral y el área de corte del muro frente a un sismo.
- Para arriostrar adecuadamente los tabiques ubicados en los voladizos de las fallas, es recomendable hacerlo con mallas electro soldadas, lo cual puede soportar sismos muy severos; o utilizar un tarrajeo con un espesor mayor y adecuada dosificación en cemento (de 4cm de grosor para ambas caras y una proporción de 1:4).
- Para rigidizar el apoyo del tanque elevado de las viviendas, se sugiere taponarlo con muros de albañilería, para evitar una variación brusca de rigideces entre este y el último piso de la vivienda.
- Para obtener la información en el interior de las viviendas, por medio de encuestas y fichas técnicas, debería de realizarse con el permiso respectivo de los propietarios, ya que ante la negativa de los mismos, limitaría la obtención de los datos.

REFERENCIAS

- ABANTO, Tomás. Análisis y diseño de edificaciones de albañilería. 6a Ed. Lima: Anibal Paredes, 2007. 500 p. ISBN: 978-9972-38-260-4.
- ACI-318S-14. (2014), Building Code Requirements for Structural Concrete: American Concrete Institute.
- AGHABABAEI, Mohammad y MAHSULI, Mojtaba. “Detailed seismic risk analysis of buildings using structural reliability methods”. Probabilistic Engineering Mechanics [En línea]. June 2018, Volume 53. [Fecha de consulta: 14 de junio de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.probengmech.2018.04.001>.
- AGUIAR, Roberto. “Análisis sísmico de edificios”. [En línea] Ecuador. Escuela Politécnica del Ejército. Abril, 2008. 705 pp. [Fecha de consulta: 29 de abril de 2018]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/279188057_Analisis_Sismico_de_Edificios. ISBN: 978-9978-30-104-3.
- AHMAD, Bashir y ALAM, Akhtar. “Seismic risk reduction through indigenous architecture in Kashmir Valley”. International Journal of Disaster Risk Reduction [En línea]. March 2017, Volume 21. [Fecha de consulta: 23 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.11.005>.
- ASTORGA, Ariana y RIVERO, Pedro. “Patologías en edificaciones” [En línea]. 2ª Ed. Merida, Venezuela: CIGIR, 2009. [fecha de consulta: 18 setiembre 2018]. Disponible en: http://www.chacao.gob.ve/eduriesgo/vulnerabilidad_archivos/04_patologias_en_las_edificaciones.pdf.
- ASTROZA, Maximiliano y SCHMIDT, Andrés. “Capacidad de deformación de muros de albañilería confinada para distintos niveles de desempeño”. Revista de

Ingeniería Sísmica [En línea]. July 2004, No. 70. [Fecha de consulta: 30 de marzo de 2019]. Disponible en: <http://smis.mx/index.php/RIS/article/view/RIS-70-3/58>

- BEAUPERTHUY, José. “El efecto de columna corta estudio de casos” [En línea]. 3ª Ed. Caracas, Venezuela: B.R.S. Ingenieros, C.A, 2009. [fecha de consulta: 26 setiembre 2018]. Disponible en: http://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/u11/ci27_el_efecto_de_columna_corta_casos_de_estudios.pdf.
- BENAVIDES, Maicol y SÁNCHEZ, Natalia. “Caracterización de las condiciones estructurales en algunas viviendas residenciales del Barrio San Antonio en Bogotá según NSR-10”. Director: Ing. Richard Moreno Barreto. [Tesis para título profesional de Ingeniero Civil] Universidad Católica de Colombia en Bogotá. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/2390>.
- BARTOLI, Gianni y BETTI, Michele. “Numerical insights on the seismic risk of confined masonry towers”. Engineering Structures [En línea]. February 2019, Volume 180. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.10.001>.
- BOZZO, Luis y Alex Barbat. Diseño sismorresistente de edificios. 3ª Ed. Madrid: Edit. Reverté, 2000. 250p. ISBN: 84-291-2011-4.
- CAMPODONICO, Thalia Misabel. “Evaluación de los Problemas de Ubicación y Configuración Estructural en Viviendas Autoconstruidas en la Comunidad Urbana Autogestionaria de Huaycán, Ate, Lima, 2017”. Asesor: Mg. Raúl Heredia Benavides. [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil]. Universidad Cesar Vallejo de Lima, 2017. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/11890>.
- CASTAÑEDA, Angel y BRAVO, Yordi. “Overview of the structural behavior of columns, beams, floor slabs and buildings during the earthquake of 2016 in

- Ecuador.”. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo. [En línea]. December 2017, Vol.32, n.º 3. [Fecha de consulta: 22 de marzo de 2019]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732017000300157>.ISSN: 0718-5073.
- CHOOCE, Williams y HUACHO, Aubert. “Establecer las fallas el grado de vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmicos de las viviendas de albañilería confinada en el distrito de Huayllay Grande-Angaraes-Huancavelica”. Asesor: Arq. Hugo Salas Tocasca. . [Tesis para título profesional de Ingeniero Civil] Universidad Nacional de Huancavelica. Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/270>.
 - ESPINACE, Raúl y SANHUEZA, Carola. Texto guía para la Cátedra de Mecánica de suelos. [En línea]. Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile. 2004. 295 pp. [fecha consultada: 2 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/130932487/Libro-Mecanica-de-Suelo>.
 - ESPINOSA, Eric y TERÁN, Amador. “Consideraciones para el diseño sísmico de edificios altos de mampostería confinada ubicados en zonas sísmicas”. Revista de Ingeniería Sísmica [En línea]. Abril 2014, No. 70. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2019]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61832245004>. ISSN: 0185-092X
 - GARCÍA, Sharon Ethel. “Determinación de las causas que generan fallas en las viviendas del Pueblo Joven La Libertad, propuesta de solución, Chimbote – Ancash, 2017”. Asesor: Mg. Ricardo Fernando Figueroa Salazar. [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil]. Universidad Cesar Vallejo de Nuevo Chimbote, 2017. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/12197>.
 - GENG Zhi y WANG Hanqing. “Predicting seismic-based risk of lost circulation using machine learning”. Journal of Petroleum Science and Engineering [En línea]. May 2019, Volume 176. [Fecha de consulta: 2 de junio de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2019.01.089>.

- GOMEZ, Salvador. Análisis sísmico moderno: ética aplicada. 2a Ed. Ciudad de México: Trillas, 2007. 1982p. ISBN: 978-968-24-7379-1.

- GUARNIZO, Ramiro. “Identificación de fallas estructurales más comunes en viviendas de interés social empleadas en los barrios periféricos de la ciudad de Loja afectadas por el invierno del 2012 para su estudio y evaluación”. Director: Mg. Jorge Gahona Pacheco. [Tesis de maestría en construcción en desarrollo sustentable] Universidad Nacional de Loja. Disponible en: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/13606>.

- GUTIÉRREZ, Mateo. Geomorfología. 1a Ed. Madrid: Miguel Martin Romo, 2008. 920p. ISBN: 978-84-8322-389-5.

- INDECI, riesgo sísmico y medido de reducción del Riesgo en el centro histórico de, abril 2011. Lima-Perú. Disponible en: <http://www.indeci.gob.pe/proyecto58530/objetos/archivos/20110606102841.pdf>.

- IBRAHIM Yasser E. “Seismic risk analysis of multistory reinforced concrete structures in Saudi Arabia”. Case Studies in Construction Materials [En línea]. December 2018, Volume 9. [Fecha de consulta: 12 de abril de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.09.012>

- IŞIK, Ercan y KUTANIS, Mustafa. Determination of local site-specific spectra using probabilistic seismic hazard analysis for Bitlis province, Turkey. Bitlis Eren University[En línea]. July-December 2015, Volume 19, N°2. [Fecha de consulta: 10 de febrero de 2019]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15446/esrj.v19n2.50101>. ISSN: 1794-6190

- KALMAN Tanja y HADZIMA-NYARKO Marijana. “Rapid seismic risk assessment”. International Journal of Disaster Risk Reduction [En línea]. September 2019, Volume 24. [Fecha de consulta: 10 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.06.025>

- KUROIWA, Julio. “Manual para el desarrollo de viviendas sismorresistente” [En línea]. 1ª Ed. Lima, Perú: PNUD, 2008. [fecha de consulta: 23 setiembre 2018]. Disponible en: <http://www3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/2.PUBLICACIONES/MANUALES/MANUAL%20PARA%20EL%20DESARROLLO%20DE%20VIVIENDAS%20SI SMORESISTENTES%20-%20PNUD.pdf>.

- LI Wei y LEI Jiang. “Seismic performance of composite reinforced concrete and steel moment frame structures-state-of-the-art”. *Composites Part B: Engineering* [En línea]. March 2011, Volume 42, 42(2), 190-206. Volumen 79, n.º 175. [Fecha consultada: 22 de abril de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2010.10.008>. ISSN: 4526-1235

- MARTINEZ, Joel y MARTINEZ, Job. “Fallas estructurales comunes en las edificaciones de Mexicali B.C., debido al sismo del 4 de abril del 2010” [En línea]. Noviembre 2010. [Fecha consultada: 30 de mayo de 2019]. Disponible en: http://www.smie.org.mx/SMIE_Articulos/co/co_16/te_03/ar_01.pdf. ISSN: 4583-3874.

- MILHEIRO, Javier y RODRIGUEZ Henry. Evaluation of the contribution of masonry infill panels on the seismic behaviour of two existing reinforced concrete buildings. *KSCE Journal of Civil Engineering* [En línea]. August 2015, March 2018, Volume 33. [Fecha consultada: 18 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12205-015-0112-y>. ISSN: 1365-1374

- MOLINA, Carlos y ROSSETTO, Tiziana. “Comparative risk-based seismic assessment of 1970s vs modern tall steel moment frames”. *Journal of Constructional Steel Research* [En línea]. August 2018, Volume 159. [Fecha de consulta: 15 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2019.05.012>

- MORENO, Carmen. “Análisis de daños estructurales causados por sismos en escuelas Públicas de Republica Dominicana”. Asesor: Dr. Josep María González. [Tesis para master en Tecnología de la Arquitectura] Universidad Politécnica de

Cataluña en Barcelona. Disponible en:
<https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/24633>.

- MOSQUEIRA, Doris. “Evaluación de fallas estructurales en viviendas ubicadas al margen del Rio Mashcon-Cajamarca”. Asesor: Ing. Roberto Mosqueira. [Tesis para master en Tecnología de la Arquitectura] Universidad Nacional de Cajamarca. Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/373>.
- NORMAS Legales (Perú). Reglamento Nacional de Edificaciones E.070. Albañilería. Lima: RNE, 2006. 28-41 pp.
- NORMAS Legales (Perú). Reglamento Nacional de Edificaciones E.060. Concreto Armado. Lima: RNE, 2006.
- OCHOA, Jacqueline y ULCUANGO, Vanessa, Franklin. “Estudio de la Seguridad Sísmica y Diseño del Reforzamiento Estructural de una vivienda de tres pisos”. Tesis [Titulo de Ingeniera Civil]. Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2014. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7152/1/CD-5348.pdf>
- PAULAY, Tom y PRIESTLEY, Nigel. Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings [En línea]. March 1992, Volume 118. [Fecha consultada: 18 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470172841>. ISBN: 9780470172841.
- RASOUL, Seyed, BAKHSHAYESH, Nasrin y MEHDI, Mohammad. Moment-connection between continuous steel beams and reinforced concrete column under cyclic loading. Journal of Constructional Steel Research [En línea]. March 2016, Volume 118. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2015.11.002>. ISSN: 4021-1245

- RODRIGUEZ, Edward y CASTRO, Jonathan. “Caracterización de las condiciones estructurales en viviendas residenciales del barrio ciudad jardín sur en Bogotá según nsr-10”. Director: Ing. Richard Moreno. [Tesis para título profesional de Ingeniero Civil] Universidad Católica de Colombia en Bogotá. Disponible en: <https://biblioteca.ucatolica.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=9026>.

- RODRÍGUEZ, Edwin. Estudio de riesgo sísmico en la localidad de Buenos Aires, Trujillo. Artículo de Tecnología y Desarrollo [En línea]. Diciembre 2015, Volumen 13, n°1. [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2018]. Disponible en: <http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/RTD/article/view/756>.

- SAN BARTOLOMÉ, Ángel. Comentarios a la norma técnica de edificación E.070 albañilería informe final. Lima, Perú, 2005. 72 pp.

- SAN BARTOLOMÉ, Ángel y ARATA, Aldo. “Arriostramiento de tabiques de albañilería existentes en fachadas de edificios con voladizos”. Revista Técnica del Capítulo de Ingeniería Civil del Colegio de Ingenieros [En línea]. Noviembre 2006, Volumen 11. [Fecha de consulta: 14 de marzo de 2019]. Disponible en: <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/82/2007/04/Arriostramiento-de-tabiques-existent.pdf>

- SERRANO, Raúl. “Comportamiento Estructural en Obra Civil” [En línea]. 1ª ed. Ciudad de México, 2001. [fecha de consulta: 16 setiembre 2018]. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/murillo_j_cg/capitulo4.pdf.

- ZANINI, Mariano y HOFER, Lorenzo. “A framework for assessing the seismic risk map of Italy and developing a sustainable risk reduction program”. International Journal of Disaster Risk Reduction [En línea]. February 2019, Volume 33. [Fecha de consulta: 8 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.09.012>

ANEXOS

ANEXO 1

ENCUESTA APLICADA PARA LA EVALUACION DE LAS VIVIENDAS.

I. Datos generales de la vivienda:

1.1 Número de vivienda: ____

1.2 Propietario u ocupante: _____

1.3 Cantidad de personas que habitan en la vivienda: ____ N° de pisos: ____

1.4 Dirección: _____

1.5 Área construida: _____

A continuación marcar con una (X) los siguientes ítems:

1.6 La edad de la edificación varía entre:

1-10 años 11-30 años 31 a más años

1.7 La edificación cuenta con planos:

Sí No

1.8 La edificación durante el proceso constructivo fue:

Autoconstruida Técnica

1.9 La edificación presenta materiales :

Calificados No calificados

1.10 El ladrillo usado en la vivienda es:

Maquinado Artesanal

1.11 Tipo de ladrillo usado en el interior de la vivienda:

Cemento Ladrillo pandereta Ladrillo King Kong

1.12 Tipo de ladrillo usado en el perímetro de la vivienda:

Cemento Ladrillo pandereta Ladrillo King Kong

1.13 La vivienda presenta inadecuada protección al acero en el exterior: a) Si b) No

Si su respuesta fuera si, indica en que elementos existe una exposición del acero.

Columna

Viga

1.14 Si la vivienda presenta inadecuada protección al acero en el exterior, entonces ¿Existe corrosión en el acero?

a) Si

b) No

1.15 La vivienda presenta fisuras o grietas: a) Si b) No

Si su respuesta fuera si, indica en que elementos existen fisuras o agrietamientos:

Columna

Viga

Losa

Muro

1.16 La vivienda presenta eflorescencia: a) Si b) No

Si su respuesta fuera si, indica en que elementos existe eflorescencia:

Columna

Viga

Losa

Muro

1.17 ¿El tarrajeo de la vivienda está deteriorado producto del salitre?: a) Si b) No

Si respuesta fuera si, indica en que elementos existe recubrimiento deficiente:

Columna

Viga

Muro

Figura 52. Encuesta aplicada a los propietarios para la evaluación de sus viviendas, pertenecientes al Balneario de Buenos Aires Sur, sector B1.

ANEXO 2 C 31 F 51

FICHA TECNICA APLICADA PARA LA EVALUACION DE LAS VIVIENDAS.

Cuadro 32. Ficha técnica: Evaluación de las fallas estructurales en las viviendas de albañilería confinada ante evento sísmico.

| FICHA TECNICA N°1 | | |
|--|---|-------|
| Numero de vivienda: Dirección: Antigüedad de la vivienda: N° de pisos: | <i>Imagen de la vivienda</i> | |
| FALLAS | INDICADORES | Si/No |
| 1. Falla por inadecuada resistencia del muro portante confinado a las fuerzas cortantes del sismo. | - El área correspondiente a los muros portantes reforzados no se ajustan a lo indicado en la Norma Técnica E.070. | |
| | - Muros debilitados y resanados para colocación de tuberías. | |
| | - Columnas muy espaciadas ente sí. | |
| | - Algunos muros portantes no han sido confinados. | |
| | - Cangrejas y segregación en las columnas. | |
| | - Juntas que adhieren a los ladrillos de los muros portantes con espesores mayores a 1.5 cm. | |
| | - Cambios en la sección del muro debido a los vanos de las ventanas. | |
| 2. Falla por golpeteo entre edificios | - No presenta junta de dilatación con la edificación colindante. | |

| | | |
|--|--|--|
| | | |
| 3. Tabiques en voladizos de fachadas | - Los tabiques no cuentan con elementos de arriostres. | |
| 4. Falla por vibración torsional efectuada por la falta de coincidencia en planta del centro de masas con el centro de rigidez | - Mala distribución de los muros en los diferentes niveles del edificio. | |
| | - El tanque elevado se apoya sobre columnas muy flexibles en contraste con el último piso de la albañilería. | |
| Observaciones: | | |

ANEXO 3

CONSTANCIA DE VALIDACION DE LA ENCUESTA Y FICHA TECNICA.

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, ALAN YORDAN VALDIVIESO VELARDE, titular del DNI n° 80636906, de profesión INGENIERO CIVIL, con CIP n° 94733, ejerciendo actualmente como DIRECTOR DE ESCUELA en la institución UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO.

Por medio del presente hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento (Ficha Técnica), a los efectos de su aplicación al alumno que estudia en la UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO.

Luego de hacer las observaciones pertenecientes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

| | MALO | REGULAR | BUENO | EXCELENTE |
|---------------------------|------|---------|-------|-----------|
| Coherencia de ítems | | | | ✓ |
| Extensión de conocimiento | | | | ✓ |
| Redacción de ítems | | | ✓ | |
| Claridad y precisión | | | | ✓ |
| Autoría | | | | ✓ |

Trujillo, 21 de NOVIEMBRE del 2018.


Alan Y. Valdivieso Velarde
ING. CIVIL
R. CIP. 94733

FIRMA

Figura 53. Constancia validacion de la encuesta y ficha tecnica realizada por el ingeniero civil Alan Yordan Valdivieso Velarde.

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, ALEX ARQUIMIDES HERRERA VILOCHE, titular del DNI n° 18210638, de profesión INGENIERO CIVIL, con CIP n° 63256, ejerciendo actualmente como SUPERVISOR - CONSULTOR DE OBRAS en la institución HERVIL.

Por medio del presente hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento (Ficha Técnica), a los efectos de su aplicación al alumno que estudia en la UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO.

Luego de hacer las observaciones pertenecientes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

| | MALO | REGULAR | BUENO | EXCELENTE |
|---------------------------|------|---------|-------|-----------|
| Coherencia de ítems | | | | X |
| Extensión de conocimiento | | | X | |
| Redacción de ítems | | | X | |
| Claridad y precisión | | | X | |
| Autoría | | | | X |

Trujillo, 28 de NOVIEMBRE del 2018.


Alex A. Herrera Viloche
INGENIERO CIVIL
CIP 63256
Reg. Consultor C13726

Figura 54. Constancia validacion de la encuesta y ficha tecnica realizada por el ingeniero civil Alex Arquimides Herrera Viloche.

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, EDUAR JOSE RODRIGUEZ BELTRAN, titular del DNI n° 18213588, de profesión Ing. Civil, con CIP n° 213722, ejerciendo actualmente como DOCENTE en la institución UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO.

Por medio del presente hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento (Ficha Técnica), a los efectos de su aplicación al alumno que estudia en la UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

| | MALO | REGULAR | BUENO | EXCELENTE |
|---------------------------|------|---------|-------|-----------|
| Coherencia de ítems | | | ✓ | |
| Extensión de conocimiento | | | | ✓ |
| Redacción de ítems | | | | ✓ |
| Claridad y precisión | | | ✓ | |
| Autoría | | | | ✓ |

Trujillo, 21 de Noviembre del 2018.


Eduar José Rodríguez Beltrán
ING. CIVIL
R. CIP. N° 213722

FIRMA

Figura 55. Constancia validación de la encuesta y ficha técnica realizada por el ingeniero civil Eduar Jose Rodriguez Beltran.

ANEXO 6
PANEL FOTOGRAFICO.



Figura 56. Vivienda en mal estado de conservacion con tabiques con insuficiente arriostre.



Figura 57. Viviendas tipicas del Balneario de Buenos Aires Sur.



Figura 58. Deterioro del muro de albañilería de la vivienda producido por la humedad del ambiente.

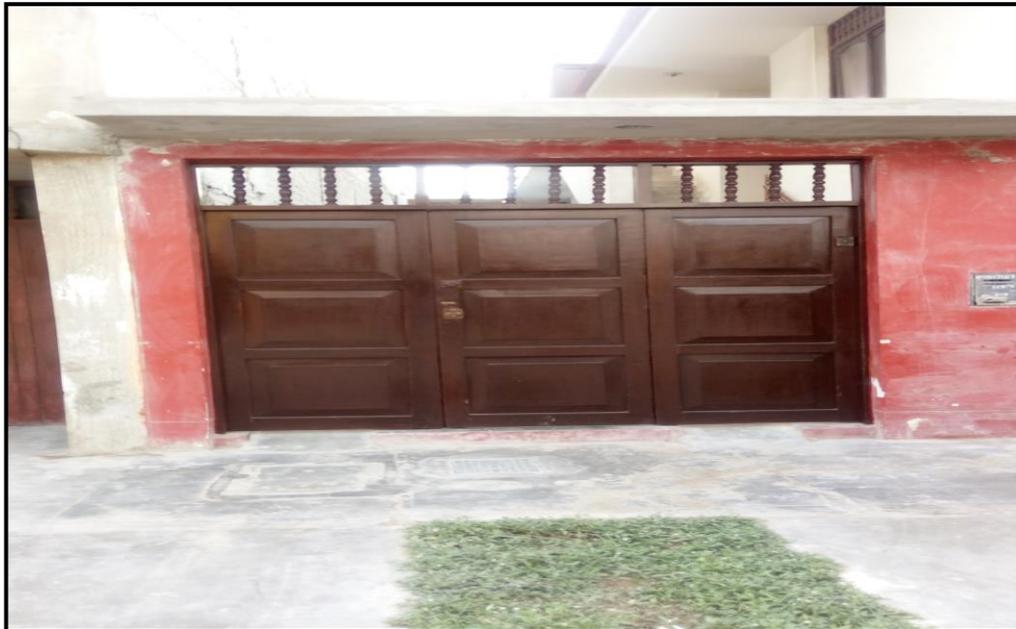


Figura 59. Vivienda multifamiliar encuestada.



Figura 60. Vivienda encuestada.



Figura 61. Propietario encuestado.



Figura 62. Propietario encuestado.



Figura 63. Encuestando a los pobladores.

ANEXO 7
PROTOTIPO DE VIVIENDA



Figura 64. Isometría frontal arquitectónica.

Fuente: Revit Architecture.

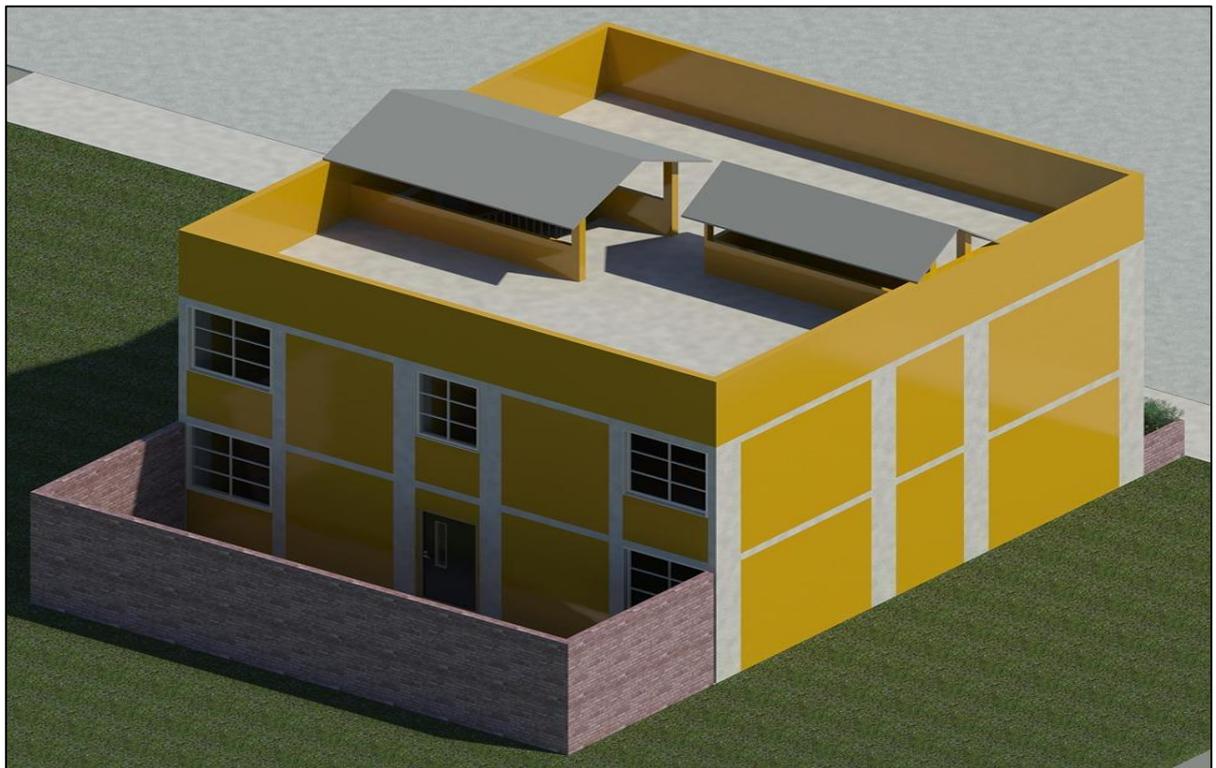


Figura 65. Isometría posterior arquitectónica

Fuente: Revit Architecture.

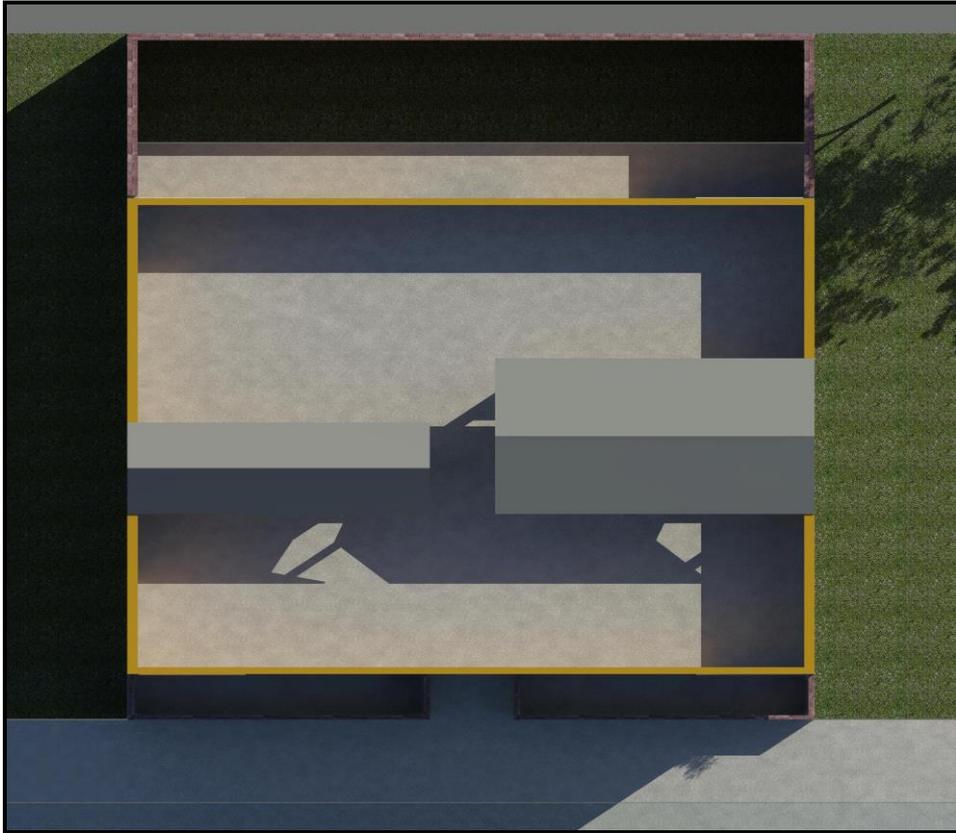


Figura 66. Isometría de vista en planta de la vivienda.

Fuente: Revit Architecture.

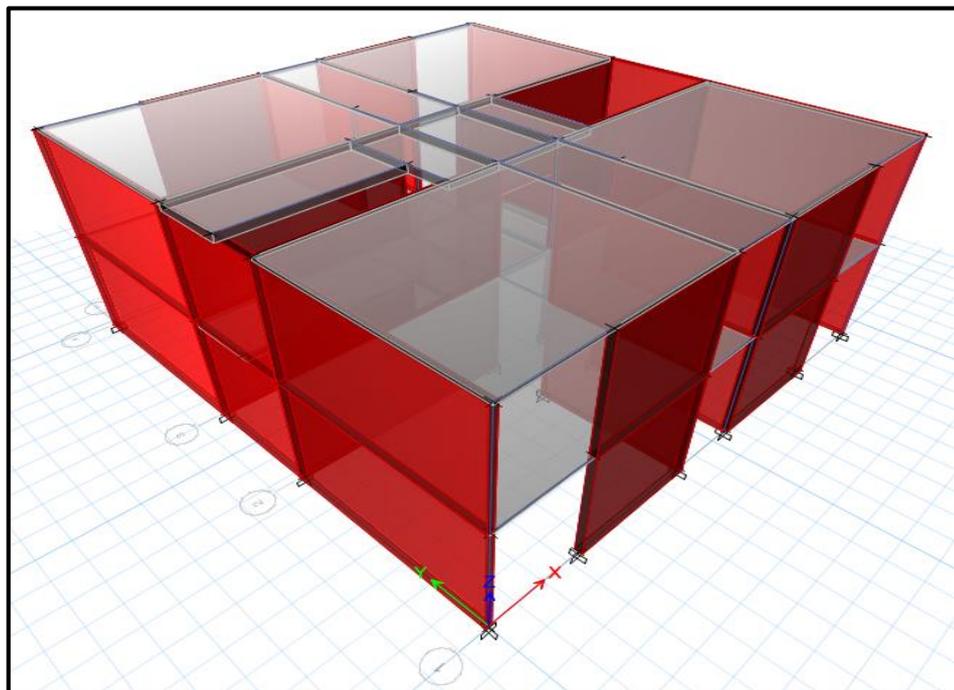


Figura 67. Vista en 3D del modelamiento de prototipo de vivienda.

Fuente: Etabs 2016.

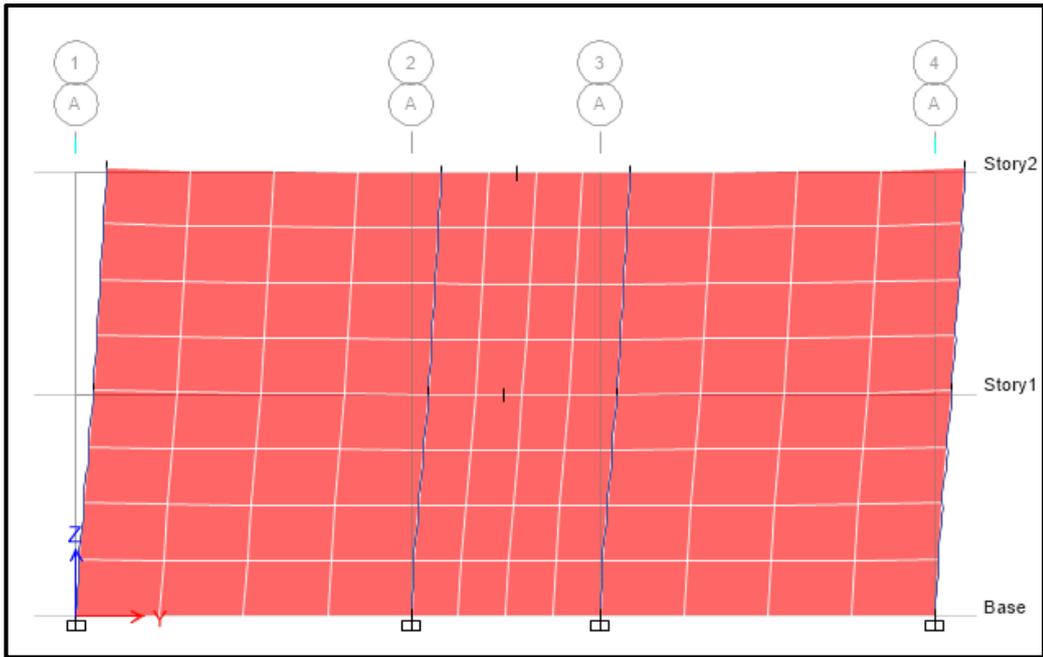


Figura 68. Representación de desplazamiento de muros portantes en el eje “Y” del prototipo de vivienda.

Fuente: Etabs 2016.

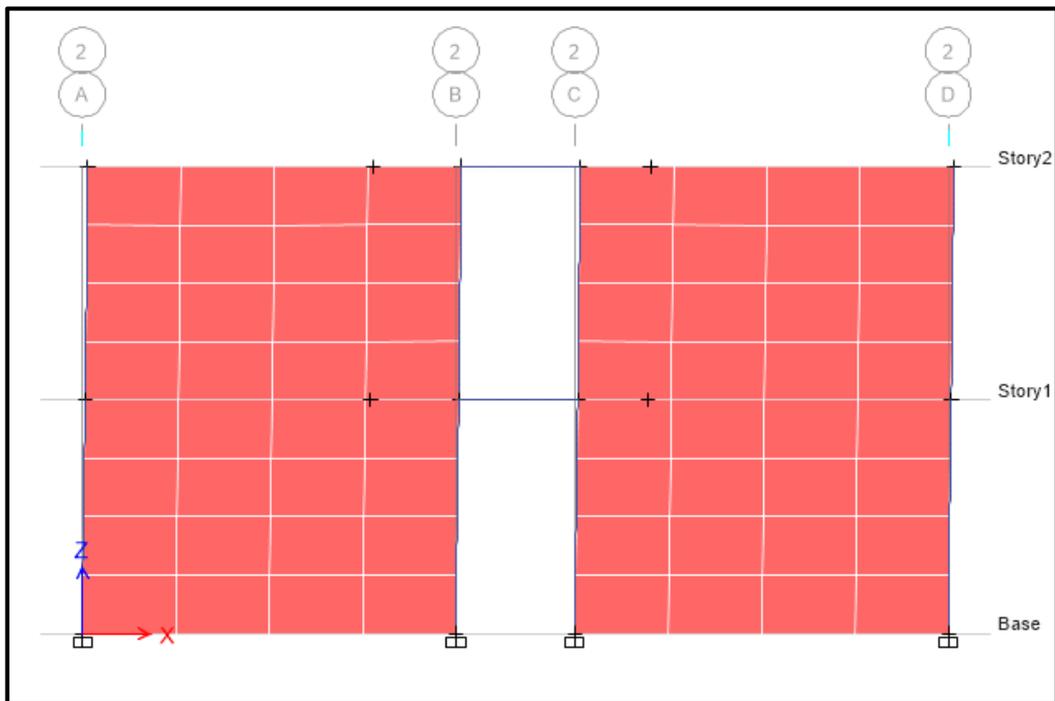


Figura 69. Representación de desplazamiento de muros portantes en el eje “X” del prototipo de vivienda.

Fuente: Etabs 2016.

ANEXO 8

PLANOS