



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Análisis de la vulnerabilidad sísmica de viviendas de dos  
pisos construidas en tapial en la periferia de la ciudad de  
Tarma – Junín.**

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

**TESISTA:**

**Bach. TIMOTEO HUANCAYO, Hino Jhonatan**

**ASESOR:**

**Ing. LAURENCIO LUNA, Manuel Ismael**

**LIMA – PERÚ**

**2018**

## **Dedicatoria**

A mis padres **Wilder** y **Gladys** por el apoyo incondicional que me ha brindado durante toda mi carrera y desarrollo de esta Tesis, por sus consejos y comprensión. Y por ser un buen padre y una maravillosa madre.

## **Agradecimientos**

Agradezco en primer lugar, al ser Supremo, creador de lo visible e invisible, portador del verdadero saber y justicia.

Los esfuerzos mayores, por más individuales que parezcan, siempre están acompañados de apoyos imprescindibles para lograr concretarlos.

- En esta oportunidad el reconocimiento y agradecimiento al asesor Ing. Manuel Ismael Laurencio Luna por sus oportunas, precisas e instruidas orientaciones para el logro del presente trabajo.
- A la Universidad Católica Sedes Sapientiae, Facultad de Ingeniería, Carrera Ingeniería Civil; a todos los docentes por transmitir sus conocimientos.
- A mis hermanas, abuelito Saul, tíos y tías que me apoyaron y me siguen apoyando en todo momento de manera incondicional.
- A mis compañeros, grandes amigos y amigas con quienes compartí mucho esfuerzo y tiempo a lo largo de 5 años de estudio.
- A todos aquellos que en su momento dieron su aporte para realizar con éxito este trabajo.

## Resumen

Con el paso de los años la población de Tarma ha ido creciendo, formándose agrupaciones de viviendas en las faldas de los cerros que rodean el casco urbano de la ciudad, siendo estas en su mayoría construcciones en tapial, por lo cual el presente proyecto “Análisis de la vulnerabilidad sísmica de viviendas de dos pisos construidas en tapial en la periferia de la ciudad de Tarma en el departamento de Junín”, busca determinar el grado de vulnerabilidad de las viviendas y reducir el riesgo sísmico.

Se ha desarrollado cada uno de los objetivos específicos planteados para su ejecución, como son: determinar la tipología de las viviendas existentes, evaluar la vulnerabilidad sísmica e índice de daño de las viviendas, conocer la respuesta estructural de las viviendas con mediana y alta vulnerabilidad sometidas a sismos reales y enunciar lineamientos para la estabilización y reforzamiento estructural de las viviendas. Los cuales constan de un trabajo en campo y evaluación en gabinete bajo dos metodologías para el análisis de vulnerabilidad sísmica tales como el “índice de vulnerabilidad” y análisis “tiempo – historia”, a nivel cuantitativo.

Se han encuestado a 30 viviendas de seis barrios periféricos de la ciudad de Tarma los cuales son agrupados por su tipología en viviendas rectangulares y en forma de L. El nivel de vulnerabilidad es alto, superando el 40% de  $I_v$  normalizado para ambas tipologías, así mismo con fines prácticos, se estimó de manera rápida las pérdidas directas en las edificaciones mediante el producto del índice de daño estimado con el costo de la edificación. Una vez determinada el  $I_v$  normalizado se aplican los sismos de Ica 2007, Lima 1974 y Moquegua 2001 en el análisis Tiempo-Historia a cuatro modelos de mediana y máxima vulnerabilidad, resultando que los esfuerzos y desplazamientos son mayores a los límites admisibles por las NTP E.080 y E.030. Por ello de acuerdo a los avances tecnológicos de construcción en tierra se proponen algunas alternativas de solución para mejorar la seguridad estructural de las viviendas, resultados de aplicación inmediata a la protección civil y a la planificación y gestión de planes de emergencia sísmica.

*Palabras clave:* Vulnerabilidad sísmica, riesgo sísmico, índice de daño, viviendas en tapial y estabilización estructural del tapial.

## Abstract

Over the years the population of Tarma has been growing, forming groupings of houses in the foothills of the hills that surround the urban helmet of the city, being these in their majority constructions in tapial, for which the present project "Analysis of the seismic vulnerability of two-story houses built in tapial in the periphery of the city of Tarma in the department of Junín ", seeks to determine the degree of vulnerability of homes and reduce seismic risk.

Each one of the specific objectives set for its execution has been developed, such as: determining the typology of existing dwellings, assessing seismic vulnerability and damage index of dwellings, knowing the structural response of dwellings with medium and high vulnerability submitted to real earthquakes and enunciate guidelines for the stabilization and structural reinforcement of housing. These consist of a field work and cabinet evaluation under two methodologies for the analysis of seismic vulnerability such as the "vulnerability index" and "time - history" analysis, at a quantitative level.

We have surveyed 30 homes in six suburbs of the city of Tarma which are grouped by their type in rectangular homes and L-shaped. The level of vulnerability is high, exceeding 40% of Iv. standardized for both types, as well as for practical purposes, direct losses were directly estimated in the buildings through the product of the damage index estimated with the cost of the building. Once the Iv is determined. Normalized the earthquakes of Ica 2007, Lima 1974 and Moquegua 2001 in the Time-History analysis are applied to four models of medium and maximum vulnerability, resulting that the efforts and displacements are greater than the admissible limits by NTP E.080 and E. 030 Therefore, according to the technological progress of construction on land, some alternative solutions are proposed to improve the structural safety of homes, results of immediate application to civil protection and to the planning and management of seismic emergency plans.

*Key words:* Seismic vulnerability, seismic risk, damage index, mud housing and structural stabilization of the mud wall.

# Índice general

Dedicatoria.....	i
Agradecimientos.....	ii
Resumen .....	iii
Abstract.....	iv
Índice general .....	v
Índice de tablas .....	viii
Índice de figuras .....	x
Lista de símbolos y siglas .....	xiv
Introducción.....	xv
Capítulo I.....	1
Planteamiento del problema .....	1
1.1.    Formulación del problema .....	1
1.1.1.    Problema principal.....	1
1.1.2.    Problemas secundarios .....	1
1.2.    Objetivos de la investigación .....	2
1.2.1.    Objetivo principal.....	2
1.2.2.    Objetivos secundarios.....	2
1.3.    Justificación e importancia de la investigación .....	2
1.4.    Delimitación del área de investigación .....	3
1.5.    Limitaciones de la investigación.....	4
Capítulo II.....	5
Marco teórico.....	5
2.1.    Antecedentes nacionales e internacionales. ....	5
2.1.1.    A nivel nacional.....	5
2.1.2.    A nivel internacional .....	8
2.2.    Bases Teóricas .....	11
2.2.1.    Tapia pisada.....	11
2.2.2.    Vulnerabilidad Sísmica.....	16
2.2.3.    Metodologías para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica .....	17
2.2.4.    Daño en las edificaciones .....	19
2.3.    Definición de términos básicos .....	21
Capítulo III .....	24
Hipótesis y variables de la investigación.....	24
3.1.    Hipótesis principal .....	24
3.2.    Hipótesis secundarias.....	24
3.3.    Variables e indicadores .....	25
3.3.1.    Variables dependientes.....	25
3.3.2.    Variables independientes.....	25

3.4.	Operacionalización de las variables.....	26
Capítulo IV .....		28
Diseño de la investigación.....		28
4.1.	Diseño de ingeniería .....	28
4.2.	Métodos y técnicas del proyecto.....	30
4.2.1.	Determinación de Tipología .....	30
4.2.2.	Análisis de vulnerabilidad .....	31
4.2.3.	Lineamientos de solución e intervención .....	33
4.3.	Diseño estadístico .....	33
4.3.1.	Población y muestra.....	33
4.4.	Técnicas y herramientas estadísticas .....	34
4.4.1.	Instrumentos para recolectar datos .....	34
Capítulo V.....		36
Descripción de la zona de estudio .....		36
5.1.	Análisis del medio físico.....	36
5.1.1.	Ubicación, superficie y altitud.....	36
5.1.2.	Topografía .....	38
5.1.3.	Suelo .....	39
5.1.4.	Clima .....	39
5.1.1.	Mapa base.....	40
5.2.	Peligro sísmico.....	41
5.2.1.	Reseña histórica de los sismos en Tarma .....	41
5.2.2.	Peligro sísmico y máximas aceleraciones esperadas.....	43
5.3.	Características físico-geográficas .....	47
5.3.1.	Características geológicas.....	47
5.3.2.	Geomorfología.....	48
5.3.3.	Geología.....	48
5.4.	Edificaciones a analizar .....	48
5.4.1.	Viviendas en pendiente.....	49
Capítulo VI.....		51
Desarrollo de la investigación .....		51
6.1.	Descripción de la tipología de vivienda.....	51
6.1.1.	Características arquitectónicas .....	52
6.1.2.	Características estructurales .....	57
6.2.	Calculo del índice de vulnerabilidad.....	64
6.2.1.	Resultados de los 11 parámetros por clase y tipología .....	65
6.3.	Calculo del índice de daño.....	76
6.3.1.	Funciones de vulnerabilidad.....	77
6.3.2.	Cálculo del daño .....	78
6.3.3.	Análisis de pérdidas económicas.....	80

6.4.	Análisis estructural.....	82
6.4.1.	Descripción y modelamiento de la estructura analizada .....	82
6.4.2.	Modelado de edificaciones en el programa SAP2000.....	84
6.4.3.	Elaboración de espectro de respuesta .....	86
6.4.4.	Análisis Tiempo-historia .....	89
Capítulo VII.....		91
Resultados, conclusiones y recomendaciones .....		91
7.1.	Resultados .....	91
7.1.1.	Resultados del índice de vulnerabilidad. ....	91
7.1.2.	Resultados del índice de daño. ....	94
7.1.3.	Resultados del análisis de pérdidas económicas.....	97
7.1.4.	Resultados del análisis tiempo-historia .....	98
7.1.5.	Alternativas de solución .....	112
7.2.	Conclusiones .....	122
7.3.	Recomendaciones .....	123
Referencias bibliográficas .....		125
Anexos.....		128
Anexo 1. Ficha de encuesta .....		129
Anexo 2. Ficha de observación.....		133
Anexo 3. Guía de entrevista .....		137
Anexo 4. Tabla de ficha de encuesta - Datos generales .....		138
Anexo 5. Tabla de ficha de observación.....		141
Anexo 6. Descripción de los parámetros del método del índice de vulnerabilidad para edificaciones de tapial (adaptación del Índice de vulnerabilidad para mampostería) .....		142
Anexo 7. Tabla de cálculo de parámetro 3 del índice de vulnerabilidad.....		148
Anexo 8. Tabla de cálculo de parámetro 6,7 y 8 del índice de vulnerabilidad.....		149
Anexo 9. Tabla de cálculo de índice de vulnerabilidad.....		150
Anexo 10. Tabla de cálculo de índice de daño .....		152
Anexo 11. Cuadro de valores unitarios oficiales de edificaciones para la sierra .....		153
Anexo 12. Tabla de cálculo de pérdidas económicas.....		154
Anexo 13. Estudio de mecánica de suelos.....		155
Anexo 14. Tabla de análisis modal.....		164
Anexo 15. Acelerogramas escalados .....		166
Anexo 16. Desplazamientos máximos de viviendas .....		172
Anexo 17. Esfuerzos máximos de viviendas .....		175
Anexo 18. Planos de viviendas seleccionas para análisis Tiempo-Historia .....		177
Anexo 19. Plano de vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Tarma .....		181



## Índice de tablas

Tabla 1. Granulometría de suelos para tapiales .....	11
Tabla 2. Tipo de fallas y agrietamientos asociados con fuerzas sísmicas. ....	15
Tabla 3. Tipo de fallas y agrietamientos asociados con fuerzas sísmicas (continuación)...	16
Tabla 4. Variables dependientes .....	26
Tabla 5. Variables independientes.....	27
Tabla 6. Comparación entre el Reglamento Nacional de Edificaciones y los parámetros propuestos por el método del Índice de Vulnerabilidad. ....	32
Tabla 7. Distrito de Tarma, superficie y altitud.....	36
Tabla 8. Sismos de mayor magnitud e intensidad ocurridos en Junín.....	42
Tabla 9. Valores representativos de criterios empleados en la selección de movimientos sísmicos de diseño. ....	44
Tabla 10. Clasificación de las edificaciones de tapial de dos niveles en la periferia de la ciudad de Tarma, según su tipología. ....	51
Tabla 11. Dimensiones típicas de las viviendas rectangulares.....	52
Tabla 12. Dimensiones típicas de las viviendas en L. ....	52
Tabla 13. Cuadro de ventanas y puertas de viviendas en forma rectangular promedio .....	54
Tabla 14. Cuadro de ventanas y puertas de viviendas en forma de L promedio .....	56
Tabla 15. Medidas de puertas y ventanas. ....	60
Tabla 16. Características mecánicas del tapial I.....	63
Tabla 17. Características mecánicas del tapial II. ....	63
Tabla 18. Valores de la Norma E.080 – SENCICO 2017. ....	64
Tabla 19. Escala de vulnerabilidad de Benedetti-Petrini para edificaciones de mampostería (tapial).....	65
Tabla 20. Resultados del parámetro 1. ....	66
Tabla 21. Resultados del parámetro 2. ....	67
Tabla 22. Resultados del parámetro 3. ....	68
Tabla 23. Resultados del parámetro 4. ....	69
Tabla 24. Resultados del parámetro 5. ....	70
Tabla 25. Resultados del parámetro 6. ....	71
Tabla 26. Resultados del parámetro 7. ....	72
Tabla 27. Resultados del parámetro 8. ....	72
Tabla 28. Resultados del parámetro 9. ....	73
Tabla 29. Resultados del parámetro 10. ....	74
Tabla 30. Resultados del parámetro 11. ....	75
Tabla 31. Sismos recomendados por el comité visión 2000 del SEAOC.....	76
Tabla 32. Sismos propuestos por el ATC-40.....	76
Tabla 33. Aceleraciones máximas esperadas para distintos sismos en Tarma. Alva-Castillo (1993), Visión 2000 (1995) y ATC-40 (1996). ....	77
Tabla 34. Niveles de daño propuesto.....	79
Tabla 35. Ecuaciones de las rectas que definen el índice de daño para diferentes índices de vulnerabilidad. ....	80

Tabla 36. Valores de costo de construcción promedio.....	81
Tabla 37. Valores de costo de construcción promedio.....	89
Tabla 38. Rangos de índice de vulnerabilidad normalizado.....	91
Tabla 39. Resultados del Índice de vulnerabilidad normalizado de las edificaciones de la periferia de la ciudad de Tarma .....	92
Tabla 40. Resultados del Índice de vulnerabilidad normalizado de las edificaciones en forma rectangular.....	92
Tabla 41. Resultados del Índice de vulnerabilidad normalizado de las edificaciones en forma de L. ....	93
Tabla 42. Daño obtenido en edificación de tapial de dos niveles de la periferia de la ciudad de Tarma.....	94
Tabla 43. Daño obtenido en edificación de tapial en forma rectangular. ....	95
Tabla 44. Daño obtenido en edificación de tapial en forma de L.....	96
Tabla 45. Porcentajes de daño medio para cada aceleración y tipología de viviendas de dos niveles en la periferia de la ciudad de Tarma. ....	97
Tabla 46. Porcentaje de pérdidas económicas totales de las edificaciones de la periferia de la ciudad de Tarma. ....	97
Tabla 47. Resultados de desplazamientos máximos para vivienda R mediana.....	99
Tabla 48. Resultados de desplazamientos máximos para vivienda R desfavorable.....	103
Tabla 49. Resultados de desplazamientos máximos para vivienda L mediana. ....	106
Tabla 50. Resultados de desplazamientos máximos para vivienda L desfavorable. ....	109

## Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Encofrado para tapial.....	12
<i>Figura 2.</i> Proceso constructivo de la cimentación de viviendas de tapial.....	12
<i>Figura 3.</i> Esquema de cimentación con sus partes.....	13
<i>Figura 4.</i> Herramientas de compactación.....	14
<i>Figura 5.</i> Construcción de muros de tapial. ....	14
<i>Figura 6.</i> Ubicación geográfica de la provincia de Tarma y del distrito de Tarma. ....	37
<i>Figura 7.</i> Zonas de estudio, periferia de la ciudad de Tarma. ....	37
<i>Figura 8.</i> Mapa base de la Ciudad de Tarma. ....	38
<i>Figura 9.</i> (a) suelo del barrio San Bartolomé, (b) calicata en el barrio San Cristóbal y (c) calicata en el barrio Peña Dorada. ....	39
<i>Figura 10.</i> Mapa base de la Ciudad de Tarma. ....	40
<i>Figura 11.</i> Líneas isosistas del terremoto de Satipo, 01 de noviembre de 1947.....	42
<i>Figura 12.</i> Mapa sísmico de Junín 1960-2016.....	43
<i>Figura 13.</i> Distribución de isoaceleraciones para 10% de excedencia en 50 años. ....	45
<i>Figura 14.</i> Distribución de isoaceleraciones (cm/s <sup>2</sup> ) en Junín para 50% de excedencia en 50 años (T=75 años). ....	46
<i>Figura 15.</i> Distribución de isoaceleraciones (cm/s <sup>2</sup> ) en Junín para 10% de excedencia en 50 años (T=475 años). ....	46
<i>Figura 16.</i> Distribución de isoaceleraciones (cm/s <sup>2</sup> ) en Junín para 10% de excedencia en 100 años (T=950 años). ....	47
<i>Figura 17.</i> Vivienda en forma rectangular y L.....	49
<i>Figura 18.</i> Viviendas en pendiente, barrio Dos de Mayo. ....	49
<i>Figura 19.</i> Vivienda en pendiente y soportando empujes del terreno.....	50
<i>Figura 20.</i> Vivienda en forma de L y rectangular. ....	52
<i>Figura 21.</i> Vista en planta de viviendas en forma rectangular promedio. ....	53
<i>Figura 22.</i> Vista en elevación de viviendas en forma rectangular promedio.....	54
<i>Figura 23.</i> Vista en planta de viviendas en forma de L promedio. ....	55
<i>Figura 24.</i> Vista en elevación de viviendas en forma de L promedio.....	56
<i>Figura 25.</i> Cimentaciones típicas de viviendas de tapial. ....	57
<i>Figura 26.</i> Zócalos y veredas en viviendas de tapial. ....	58
<i>Figura 27.</i> Dimensiones promedio del encofrado del tapial. ....	58
<i>Figura 28.</i> Asentado típico de muros de tapial. ....	59

<i>Figura 29.</i> Asentado típico de muros de tapial en esquina. ....	59
<i>Figura 30.</i> Vano de puerta.....	60
<i>Figura 31.</i> Vigas de entrepiso, terrados. ....	61
<i>Figura 32.</i> Cubierta de viviendas en tapial.....	62
<i>Figura 33.</i> Distribución de tipos de edificación. ....	66
<i>Figura 34.</i> Edificación de tapial sin arriostramiento horizontal.....	67
<i>Figura 35.</i> Buena calidad de sistema resistente, adecuado trabazón.....	68
<i>Figura 36.</i> Edificación de adobe sin una adecuada cantidad de muros ortogonales. ....	68
<i>Figura 37.</i> Edificación de tapial con presencia de humedad en el sobrecimiento y muros.	69
<i>Figura 38.</i> Edificación de tapial con entrepiso de viga y entablado. ....	70
<i>Figura 39.</i> Edificación de tapial con una adecuada distribución de masas. ....	71
<i>Figura 40.</i> Edificación de tapial de tres niveles. ....	72
<i>Figura 41.</i> Edificación de tapial con excesiva separación de muros.....	73
<i>Figura 42.</i> Edificación de tapial con techo de vigas de madera y calamina en mal estado.	74
<i>Figura 43.</i> Edificación de tapial con balcón y gradas típicas.....	75
<i>Figura 44.</i> Edificación de tapial en mal estado de conservación. ....	75
<i>Figura 45.</i> Funciones de vulnerabilidad-daño-aceleración para estructuras de mampostería sin refuerzo, adobe y tapial.....	77
<i>Figura 46.</i> Relaciones promedio de daño para diferentes tipos de construcción del proyecto SISRA. ....	78
<i>Figura 47.</i> Distribución en planta de la vivienda rectangular mediana.....	82
<i>Figura 48.</i> Distribución en planta de la vivienda rectangular desfavorable.....	82
<i>Figura 49.</i> Distribución en planta de la vivienda en L mediana. ....	83
<i>Figura 50.</i> Modelo tridimensional de la vivienda en L desfavorable. ....	83
<i>Figura 51.</i> Modelo tridimensional de la vivienda rectangular media. ....	84
<i>Figura 52.</i> Modelo tridimensional de la vivienda rectangular desfavorable.....	84
<i>Figura 53.</i> Modelo tridimensional de la vivienda en L media. ....	85
<i>Figura 54.</i> Modelo tridimensional de la vivienda en L desfavorable. ....	85
<i>Figura 55.</i> Análisis modal. ....	86
<i>Figura 56.</i> Espectro de diseño para (a) viviendas rectangulares y (b) viviendas en L. ....	87
<i>Figura 57.</i> Acelerograma del sismo Ica (2007) para vivienda R mediana en el eje “X”. ...	88
<i>Figura 58.</i> Acelerograma del sismo Lima (1974) para vivienda R mediana en el eje “X”.	88
<i>Figura 59.</i> Acelerograma del sismo Moquegua (2001) para vivienda R mediana en el eje “X” .....	88

<i>Figura 60.</i> Análisis Tiempo – Historia para el sismo la Ica 2007.....	90
<i>Figura 61.</i> Resultados de los niveles de vulnerabilidad normalizada. ....	92
<i>Figura 62.</i> Porcentaje de edificaciones en forma rectangular según índice de vulnerabilidad. ....	93
<i>Figura 63.</i> Porcentaje de edificaciones en forma de L según índice de vulnerabilidad.....	93
<i>Figura 64.</i> Daño obtenido en edificación de tapial de dos niveles de la periferia de la ciudad de Tarma. ....	94
<i>Figura 65.</i> Niveles de daño en edificaciones de tapial en forma rectangular. ....	95
<i>Figura 66.</i> Niveles de daño en edificaciones de tapial en forma de L. ....	96
<i>Figura 67.</i> Porcentaje de pérdidas económicas en la periferia de la ciudad de Tarma. ....	97
<i>Figura 68.</i> Distorsiones en vivienda R mediana (cm).....	98
<i>Figura 69.</i> Distorsiones por piso en vivienda R mediana en la dirección “y”. ....	99
<i>Figura 70.</i> Desplazamientos máximos en vivienda R mediana en la dirección “y”. ....	100
<i>Figura 71.</i> Esfuerzo en la vivienda rectangular mediana (Kg/cm <sup>2</sup> ). ....	100
<i>Figura 72.</i> Esfuerzos máximos en la vivienda rectangular mediana (Kg/cm <sup>2</sup> ). ....	101
<i>Figura 73.</i> Esfuerzos máximos en vivienda R mediana en la dirección “y”.....	101
<i>Figura 74.</i> Distorsiones en vivienda R desfavorable (cm).....	102
<i>Figura 75.</i> Distorsiones por piso en vivienda R desfavorable en la dirección “x”. ....	102
<i>Figura 76.</i> Desplazamientos máximos en vivienda R desfavorable en la dirección “x”. ..	103
<i>Figura 77.</i> Esfuerzo en la vivienda rectangular mediana (Kg/cm <sup>2</sup> ). ....	104
<i>Figura 78.</i> Esfuerzos máximos en la vivienda rectangular desfavorable (Kg/cm <sup>2</sup> ). ....	104
<i>Figura 79.</i> Esfuerzos máximos en vivienda R desfavorable en la dirección “x”.....	105
<i>Figura 80.</i> Distorsiones en vivienda L mediana (cm).....	105
<i>Figura 81.</i> Distorsiones por piso en vivienda L mediana en la dirección “x”. ....	106
<i>Figura 82.</i> Desplazamientos máximos en vivienda L mediana en la dirección “x”. ....	106
<i>Figura 83.</i> Esfuerzo en la vivienda rectangular mediana (Kg/cm <sup>2</sup> ). ....	107
<i>Figura 84.</i> Esfuerzos máximos en la vivienda L mediana (Kg/cm <sup>2</sup> ).....	107
<i>Figura 85.</i> Esfuerzos máximos en vivienda L mediana en la dirección “x”.....	108
<i>Figura 86.</i> Distorsiones en vivienda L desfavorable (cm).....	108
<i>Figura 87.</i> Distorsiones por piso en vivienda L desfavorable en la dirección “x”.....	109
<i>Figura 88.</i> Desplazamientos máximos en vivienda L desfavorable en la dirección “x”...	110
<i>Figura 89.</i> Esfuerzo en la vivienda L desfavorable (Kg/cm <sup>2</sup> ).....	110
<i>Figura 90.</i> Esfuerzos máximos en la vivienda L desfavorable (Kg/cm <sup>2</sup> ).....	111
<i>Figura 91.</i> Esfuerzos máximos en vivienda L desfavorable en la dirección “x”.....	111

<i>Figura 92.</i> Excavación de zanjas de acceso a los cimientos. ....	113
<i>Figura 93.</i> Relleno con piedra canteada de cimientos.....	114
<i>Figura 94.</i> Colocación de malla de driza sintética de sobrecimiento.....	114
<i>Figura 95.</i> Relleno de sobrecimiento. ....	115
<i>Figura 96.</i> Distribución del refuerzo exterior. ....	115
<i>Figura 97.</i> Distribución del refuerzo exterior y unión con vigas solera.....	116
<i>Figura 98.</i> Colocación de vigas soleras en forma de escalerilla sobre muro. ....	116
<i>Figura 99.</i> Distribución del refuerzo exterior. ....	117
<i>Figura 100.</i> Esquema de colocación de refuerzo con geomalla, (a) colocación y (b) Traslape. ....	118
<i>Figura 101.</i> Muro reforzado con geomalla después de ensayo sísmico.....	118
<i>Figura 102.</i> Colocación de injerto nuevo de madera. ....	119
<i>Figura 103.</i> Plaqueta de concreto.....	120
<i>Figura 104.</i> En tablado complementario.....	120
<i>Figura 105.</i> Enlucido de barro con paja. ....	121

## Lista de símbolos y siglas

ATC.	Concejo de Tecnología Aplicada
CISMID	Centro Peruano Japonés de Investigación y Mitigación de desastres.
CONCYTEC.	Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica.
CONATA.	Consejo Nacional de Tasaciones
EERI.	Investigación de Ingeniería Sísmica Instituto de California
FEMA.	Agencia Federal para el Manejo de Emergencias
ID.	Índice de Daño
INDECI.	Instituto Nacional de Defensa Civil
INEI.	Instituto Nacional de Estadística e Informática
INGEMMET.	Instituto Geológico Minero Metalúrgico del Perú
ININVI.	Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda
IGP.	Instituto Geofísico del Perú
lv.	Índice de Vulnerabilidad
lvn.	Índice de Vulnerabilidad Normalizado
MCS.	Escala-de Intensidad Mercalli-Cancani-Sieberg
MMI.	Intensidad de Mercalli Modificada
MSK.	Escala de Intensidad usada en Europa (Medvedev, Spoonheuer y Karnik)
MVCS.	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
NTP.	Norma Técnica Peruana
ONU.	Organización de las Naciones Unidas
PGA.	Aceleración Máxima del Suelo
PMLsocial.	Pérdida Máxima Probable Social
RNE.	Reglamento Nacional de Edificaciones
SEAOC	Structural Engineers Association of California o Asociación de Ingenieros Estructurales de California.
SENCICO.	Servicio Nacional de capacitación Para la Industria de la Construcción

## **Introducción**

El Perú se ubica en un área geográfica potencialmente sísmica como consecuencia del fenómeno de subducción entre las placas Nazca y sudamericana. La ciudad de Tarma está ubicada en la zona 3 del mapa de zonificación sísmica (NTP E.030, 2016), rodeada por tres fallas geológicas activas, una en el nevado Huaytapallana, que guarda un silencio sísmico de 48 años, la segunda en la zona de Ricrán en la provincia de Jauja y la tercera en la provincia de Satipo.

En el Perú, el material más usado para la construcción de viviendas es la tierra cruda. Al año 2010, el Instituto Nacional de Estadística e Informática registró que más del 34% de las viviendas existentes en el Perú eran de adobe y tapial, siendo habitadas por más de 10 millones de peruanos. En la ciudad de Tarma el 58% de viviendas son de material predominante en tierra, con 24 389 habitantes que representa el 58% de la población del área urbana (INEI, 2007).

Es necesario conocer el grado de vulnerabilidad sísmica de las viviendas construidas en tapial de la ciudad de Tarma, especialmente las de mayor riesgo como son las viviendas de dos pisos ubicadas en la ladera de los cerros. Con los resultados se busca plantear mejoras en su estructuración, con el propósito de procurar disminuir la vulnerabilidad sísmica de este tipo de viviendas en el futuro.

El primer capítulo presenta el planteamiento del problema, identificando el problema principal y planteando los objetivos de la investigación, justificando su importancia, así como delimitando el área de estudio e identificando limitaciones de la investigación.

El segundo capítulo trata los diversos conceptos fundamentales en el marco teórico, antecedentes de la investigación y bases teóricas para entender la el uso del tapial y la vulnerabilidad sísmica de edificaciones, así como definir términos usados a lo largo del desarrollo del informe.

El tercer capítulo presenta la hipótesis y las variables de la investigación, donde se identifican las variables dependientes e independiente con sus respectivos indicadores y luego se hace la operacionalización de las mismas.



El capítulo cuarto trata sobre el diseño de la investigación y se presentan el diseño de ingeniería, los métodos del proyecto, asimismo se describe las técnicas y herramientas estadísticas para la recolección y procesamiento de datos.

El capítulo quinto describe los aspectos generales de la zona de estudio, como el medio físico y características geográficas, así mismo es necesario conocer las características sísmicas de la zona para poder tener una idea del peligro y riesgo sísmico existente. De igual modo conocer las edificaciones a analizar, evolución urbana, situación actual y uso de suelos.

El capítulo sexto presenta el desarrollo del proyecto, se define la tipología de vivienda basados en los datos de la encuesta de campo, se seleccionan cuatro viviendas con mediana y alta vulnerabilidad obtenidos del cálculo de índice de vulnerabilidad. Luego se realizó los análisis Tiempo – Historia aplicando el sismo de Lima 1974, Moquegua 2001 e Ica 2007 escalado con el software SeismoMatch mediante parámetros de la NTP E.030 de diseño sismorresistente. También se hacen cálculo de índice de daño y análisis de pérdidas económicas.

En el capítulo séptimo se dan a conocer los resultados de cada uno de los cálculos, seguidamente emitiendo un diagnóstico general de las viviendas. Después de identificarse las fallas y vulnerabilidad, se presentan algunos avances tecnológicos en el tapial para su refuerzo, a fin de estabilizar su estructura y que ésta sea resistente a sismos de gran magnitud. Finalmente se emiten las conclusiones y recomendaciones de acuerdo a los objetivos planteados en el presente estudio.

## **Capítulo I**

### **Planteamiento del problema**

#### **1.1. Formulación del problema**

##### **1.1.1. Problema principal**

¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica de viviendas de dos pisos construidas en tapial en la periferia de la ciudad de Tarma en el departamento de Junín?

##### **1.1.2. Problemas secundarios**

- ¿Cuál es la tipología de las viviendas existentes de dos pisos construidas en tapial en la periferia de la ciudad de Tarma?
- ¿Cuál es el índice de vulnerabilidad e índice de daño de las viviendas de dos pisos construidas en tapial en la periferia de la ciudad de Tarma?
- ¿Cuál es la respuesta estructural de las viviendas de dos pisos construidas en tapial sometidas a sismos reales en la periferia de la ciudad de Tarma?

- ¿Cuáles son los lineamientos para la estabilización y reforzamiento estructural de las viviendas de dos pisos construidas en tapial?

## **1.2. Objetivos de la investigación**

### **1.2.1. Objetivo principal**

Analizar la vulnerabilidad sísmica de viviendas de dos pisos construidas en tapial en la periferia de la ciudad de Tarma en el departamento de Junín.

### **1.2.2. Objetivos secundarios**

- Determinar la tipología de las viviendas existentes de dos pisos construidas en tapial en la periferia de la ciudad de Tarma.
- Determinar la vulnerabilidad sísmica e índice de daño de las viviendas de dos pisos construidas en tapial en la periferia de la ciudad de Tarma.
- Conocer la respuesta estructural de las viviendas de dos pisos construidas en tapial con mediana y alta vulnerabilidad sometidas a sismos reales en la periferia de la ciudad de Tarma.
- Enunciar lineamientos para la estabilización y reforzamiento estructural de las viviendas de dos pisos construidas en tapial.

## **1.3. Justificación e importancia de la investigación**

La ciudad de Tarma se ubica en la zona 3 según la NTP E.030 Diseño Sismorresistente, considerado una zona de peligro sísmico medio. Por otro lado, la provincia de Tarma está rodeada por tres fallas geológicas activas, una en el nevado Huaytapallana (que guarda un silencio sísmico de 48 años), la segunda en la zona de Ricrán en la provincia de Jauja y la tercera en la provincia de Satipo, que ya provocó un terremoto con intensidad VI en la escala de Mercalli, produciendo daños considerables a la ciudad de Tarma y otros en el año 1938 y 1947.

En la actualidad el 58% de viviendas en la ciudad de Tarma son construcciones con material predominante de tierra (INEI, 2007). Siendo Tarma una ciudad que posee

un gran valor económico, histórico y cultural, además de ser nexo de conexión entre la selva central y la capital del país, el interés de esta investigación está en analizar la vulnerabilidad sísmica de viviendas construidas en tapial de dos pisos ubicadas en las faldas de los cerros (zona periférica), por tratarse de zonas olvidadas, en especial barrios, los cuales se encuentran en estado de deterioro y en algunos casos inclusive, en condiciones deplorables en cuanto a instalaciones, equipamiento y vivienda.

La ejecución de este proyecto permitirá determinar niveles de vulnerabilidad sísmica, estimar los posibles daños en las edificaciones, obteniendo un diagnóstico del estado actual de las viviendas y proporcionando alternativas de estabilización y reforzamiento estructural a fin de soportar los movimientos sísmicos esperados en la zona. Además, servirá como una alerta para advertir a sus usuarios de tomar medidas de prevención ante la probabilidad de un sismo, servir como referencia para que autoridades incluyan en los planes de mitigación la supervisión y capacitación de la autoconstrucción de sus ciudadanos, reduciendo el riesgo sísmico. Medidas que salvarían vidas y reducirían gastos de reconstrucción.

Es importante desde el punto de vista ambiental, ya que, al no usarse elementos como el cemento, acero, agregados, etc. se reduce la emisión de CO<sub>2</sub> al medio ambiente. Las construcciones de tierra son consideradas sostenibles, debido a la utilización de materiales localmente disponibles, reduciendo el uso de energía y combustibles, además estas pueden ser recicladas o desechadas sin necesidad de tratamientos especiales. De otro lado las viviendas de tapial mantienen la expresión cultural típica de la sierra peruana, integrándose con su contexto mediato e inmediato.

#### **1.4. Delimitación del área de investigación**

Se analiza la vulnerabilidad sísmica de 30 viviendas de dos pisos construidas en tapial de cinco barrios ubicados en la periferia de la ciudad de Tarma, distrito y provincia homónima en el departamento de Junín en el año 2018. El tema va dirigido al área de construcción de edificaciones, específicamente en estructuras de tapial.

### **1.5. Limitaciones de la investigación**

No existen estudios realizados en cuanto a vulnerabilidad sísmica de viviendas construidas en tapial en la ciudad de Tarma. La municipalidad provincial de Tarma no cuenta con un registro de viviendas construidas en tapial, ubicadas en la periferia de la ciudad, por motivo que en su mayoría son informales y pertenecen a comunidades campesinas.

Muchos de los pobladores de la periferia de la ciudad de Tarma presentaban un rechazo a que se puedan analizar sus viviendas por miedo a que se les cobre algún impuesto o cuota municipal e incluso por miedo a ser víctimas de robo. Los dueños nos negaron la autorización de ingresar a sus viviendas para tomar medidas y fotografías, obligando a tomar solo medidas externas y confiar en la descripción brindada por el encuestado.

## **Capítulo II**

### **Marco teórico**

#### **2.1. Antecedentes nacionales e internacionales.**

##### **2.1.1. A nivel nacional**

- Castro, D. (2015) en su tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, en la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima Perú, titulado “Vulnerabilidad sísmica del centro histórico de la ciudad de Jauja – Junín”. tuvo por objeto contribuir a la reducción de la vulnerabilidad sísmica en la ciudad de Jauja aportando herramientas para la toma de decisión sobre los criterios de intervención.

Determina que, el método del índice de vulnerabilidad es el adecuado para ser implementado y adaptado en grandes ciudades (aplicación a centros urbanos), debido a que permite evaluar aspectos técnicos de una manera rápida, bastante aproximada y de bajo costo en su aplicación.

Además, concluye que los parámetros más importantes y de mayor incidencia en la evaluación de las edificaciones, tanto en el cálculo del índice de vulnerabilidad como en la estimación de pérdidas económicas directas son: tipo y organización del sistema resistente, calidad del sistema resistente y resistencia convencional.

- Gálvez, V. (2011) en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil, en la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima Perú, titulado “Evaluación del desempeño sismorresistente usando análisis no lineal en el tiempo”, tuvo por objeto el estudio de un procedimiento para evaluar el desempeño de edificaciones usando técnicas No Lineales Tiempo Historia con solicitaciones sísmicas incrementales. Como parte del trabajo se evaluará el desempeño de un edificio escolar peruano, típico, ubicado en la zona costera.

Gálvez (2011) concluye que el análisis tiempo historia no lineal y la verificación basada en desempeño aún deben recorrer un camino largo antes de volverse una práctica común. El uso de diversos registros sísmicos en análisis tiempo-historia demuestran que una estructura responde de manera distinta a cada uno de ellos, siendo esto conocido como la variabilidad de registro a registro en la respuesta estructural.

- Gómez, W. y Loayza, A. (2014) en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil, en la Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica Perú, titulado “Evaluación de vulnerabilidad sísmica de centros de salud del distrito de Ayacucho”, tuvo por objeto hacer una evaluación de los Centros de Salud del Distrito de Ayacucho, se inspecciono cada uno de ellos y se utilizó una ficha de inspección tipo encuesta, se tomó fotografías y se realizó mediciones.

Se calculó el índice de daño para todos los centros de salud evaluados tomando como referencia tres aceleraciones y se observa que para la aceleración de 0.10g todos los centros de salud no sufren daños, mientras que para la aceleración de 0.32g los centro de salud de Conchopata y Santa Elena sufren daños considerables requiriendo reparaciones y el centro de salud de Belén los daños son fuertes por lo que se recomienda el desalojo y demolición por ultimo para la aceleración de 0.37g todos los centros sufren fuertes daños cuyo costo de

reparación es grande, porque también se recomienda el desalojo y demolición posterior.

- Quispe, N. (2004) en su tesis para optar el grado de Maestro en ciencias con mención en ingeniería estructural, en la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima Perú, titulado “Evaluación del riesgo sísmico en la ciudad de Ayacucho”. Tuvo por objetos, elaborar un mapa de riesgo sísmico tomando como base el sistema de información geográfica (GIS), así mismo estableció niveles de vulnerabilidad sísmica aplicando métodos simplificados, que permiten obtener resultados de posibles escenarios de daños y pérdidas materiales, evitando pérdida de dinero y tiempo en estudios refinados en zonas de baja peligrosidad sísmica, como la ciudad Ayacucho.

En el estudio el 35.03% de lotes evaluados se encuentran con un índice de vulnerabilidad entre 0 a 20, el 36.87% se encuentra entre 20 a 40; restando el 28.1% de las edificaciones con una vulnerabilidad alta. Así mismo se calcula que el 11.72% correspondiente a una aceleración de 0.1g sufrirán daños importantes en los elementos estructurales, el 38.77% de edificaciones sufrirán daños considerables, en el cual la edificación requiere grandes reparaciones, el 8.58% sufrirán daños muy severos en donde el daño de los elementos estructurales será muy grande, necesitando demoler el edificio si antes no colapso.

Los resultados obtenidos son de aplicación inmediata a la protección civil y a la planificación y gestión de planes de emergencia sísmica.

- Velarde, G. (2014) en su tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, en la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima Perú, titulado “Análisis de vulnerabilidad sísmica de viviendas de dos pisos de adobe existente en Lima”, tuvo por objeto el estudio de la estabilidad estructural de las viviendas existentes típicas de adobe de dos pisos en Canta, zona rural con peligro sísmico alto, con la finalidad de diagnosticar su estado actual y plantear lineamientos para su estabilización sísmica.

El desarrollo de la investigación consto de un trabajo de evaluación en campo para determinar la tipología arquitectónica y características estructurales de las



viviendas existentes, así como un levantamiento de daños comunes. Luego del trabajo de campo se realizó una evaluación numérica para definir los elementos vulnerables y plantear alternativas de refuerzo que les permitan resistir sismos severos.

Se concluyó que la falla por volteo en segundos pisos es una falla potencial debido a que con un mínimo agrietamiento los muros se encuentran en vibración independiente y al no estar unidos entre ellos presentan grandes posibilidades de caer y destruir la vivienda en un sismo severo.

Velarde (2014) recomienda, para mejorar el comportamiento de estos muros longitudinales de segundo nivel se debe mejorar la estabilidad de estos mediante la reducción del desplazamiento lateral y la unión de ellos, de esta forma se mejorará notablemente su comportamiento en un sismo severo. Un refuerzo de unión en el techo para generar unión en la parte superior de los muros es una solución económica y factible en la zona rural de Canta.

### **2.1.2. A nivel internacional**

- Artega, P. (2016) en su Proyecto de graduación previo a obtener el grado de Especialista en el análisis y diseño de estructuras de acero y hormigón armado, en la Universidad de Cuenca, Cuenca Ecuador, titulado “Estudio de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y evaluación del índice de daño de una edificación perteneciente al patrimonio central edificado en la ciudad de Cuenca – Ecuador”.

Analiza de manera particular la vulnerabilidad sísmica de una edificación patrimonial ubicada en el centro histórico de la Ciudad de Cuenca - Ecuador, valora el índice de daño ante la presencia de un sismo de diseño tal cual lo establece la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2015) y propone una alternativa de reforzamiento estructural para sus muros y paredes portantes de adobe, sin que este método o sus materiales se contraponga con su valor patrimonial o su valor de origen.

El adobe como material de construcción ante un evento sísmico producirá una falla frágil debido a su nula ductilidad, para aumentar esta propiedad se adiciona

los siguientes elementos: refuerzo de mallas y refuerzo con maderas de confinamiento.

- Bonett R. (2003) en su Tesis de post grado para optar el grado de Doctor en Ingeniería, en la Universidad politécnica de Cataluña, Barcelona España, titulado “Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Ampliación a entornos urbanos en Zonas de amenaza alta y moderada”.

Realiza un análisis conceptual y metodológico relacionado con la evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo sísmico de edificios en entornos urbanos, analiza detalladamente, el comportamiento sísmico esperado de los edificios a porticados de concreto armado, situados en la ciudad de Manizales (Colombia), caracterizada por la amenaza sísmica alta, analiza el riesgo sísmico en la ciudad de Barcelona (España), que por hallarse situada en un entorno de amenaza sísmica entre moderada y baja, no ha incorporado en sus costumbres y hábitos constructivos, ninguna conciencia ni precaución sísmica, lo que ha resultado en una elevada vulnerabilidad y fragilidad de los edificios y, por lo tanto en un considerable riesgo.

Se concluyo que la adopción de unas medidas sencillas de protección sísmica, pueden llegar a disminuir hasta en un grado el daño esperado, mientras que la ausencia de memoria sísmica, la despreocupación y abandono de unas precauciones mínimas, lo puede incrementar en un grado.

- Cerón L. y Silva M. (2014) en su Tesis de pre grado para optar el grado de Ingeniero Civil, en la Pontificia Universidad Javeriana Bogotá Colombia, titulado “Desempeño sísmico de casas consistoriales en tapia pisada con y sin refuerzo en maderas de confinamiento”, tuvo por objeto evaluar el desempeño sísmico de una casa consistorial de 2 pisos rehabilitada con madera de confinamiento.

Al comparar los modelos con y sin refuerzo, observo un mejor desempeño sísmico en el modelo con refuerzo de maderas de confinamiento, mientras que el modelo sin refuerzo presentó varios colapsos, debidos a los esfuerzos de tensión, flexión y cortante a los que está sometida la estructura; confirmando una vez más la vulnerabilidad sísmica de las construcciones en tapia pisada, de

acuerdo al deterioro que éstas presentan en sus propiedades mecánicas, las cuales disminuyen la capacidad de soportar fuerzas externas.

Concluyen que el uso de las maderas de confinamiento incrementa la capacidad de disipación de energía en la estructura, haciendo que exista un desplazamiento controlado en ella sin colapso, en el rango no lineal, incrementando de esta manera su capacidad para resistir terremotos. En términos de desplazamientos máximos relativos, las maderas de confinamiento redujeron desde un 69% hasta un 55% los desplazamientos de los muros en el sismo de Tauramena. Éstas pueden ser usadas como alternativa de rehabilitación en las casas consistoriales construidas en tapia pisada, con el fin de preservar el patrimonio histórico y cultural.

- Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas (2011) en su informe presentado a Institución Universitaria, Tecnológico de Antioquia, Medellín, Colombia, titulado “Estudio de vulnerabilidad sísmica y patológico de la institución universitaria, tecnológico de Antioquia”. Tuvo por objeto elaborar y presentar el “Estudio de Vulnerabilidad Sísmica y Patológico de la Sede Central del Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria (T. de A.–IU), ubicada en la Calle 78B # 72A – 220”. (UNC, 2011)

Menciona que para comprender como va interactuar y responder una estructura que estará sometida a diferentes eventos durante su vida útil, es necesario estudiar principalmente los aspectos geológicos o naturales que pueden afectarla, como pueden ser: ubicación cercana o lejana de fallas geológicas y la profundidad en las que se encuentren, la ubicación del terreno respecto a fuentes hídricas que puedan producir inundaciones o altos niveles freáticos, el empuje de corrientes de viento y la amplificación de las aceleraciones del terreno respecto a la aceleración en roca. (UNC, 2011, p.2)

Además de estos aspectos naturales, son de vital importancia los aspectos estructurales, entre los cuales se destacan: el uso que se le dé al edificio, su configuración estructural, el tipo y calidad de los materiales, calidad de los diseños y el cuidado que se haya seguido durante la construcción e instalación de la edificación. (UNC, 2011, p.2)

## 2.2. Bases Teóricas

### 2.2.1. Tapia pisada

#### 2.2.1.1. Selección del suelo

De acuerdo a la NTP E.080 el suelo adecuado debe contener principalmente entre sus componentes, cantidades suficientes de arcilla y de arena. El porcentaje de arcilla suministra cohesión, uniendo las partículas de arena, conformando una mezcla estructuralmente resistente. Sin embargo, el exceso de arcilla puede producir grietas al secarse el tapial, por lo que, en general se considera que no debe exceder el 20%.

Por lo general, las construcciones de tapial suelen ser realizadas empleando los suelos localmente disponibles y para verificar la idoneidad de su uso, son de mayor utilidad las pruebas de campo, que siempre serán de menor costo y pueden ser aplicadas fácilmente por los constructores.

Tabla 1

*Granulometría de suelos para tapiales*

<b>Diámetro de los granos en mm.</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Porcentajes CRATERRE</b>	<b>Porcentajes CEET y DeS</b>
$2 \leq d \leq 20$	Grava	0 - 15	5 - 20
$0,06 \leq d < 2$	Arena	40 - 50	40 - 65
$0,002 \leq d < 0,06$	Limo	35 - 20	15 - 25
$d < 0,002$	Arcilla	15 - 25	10 - 30

Fuente: SENCICO (2015).

#### 2.2.1.2. Encofrados

Lo que caracteriza la construcción de tapiales es el empleo de moldes o encofrados, dentro de los cuales se vierte el suelo ya preparado para ser compactado. En el Perú los moldes tradicionalmente utilizados son de madera, poseen dimensiones no uniformes, varían según las localidades donde son utilizados.

Según la NTP E.080, las dimensiones de los tapiales deberán tener un de largo máximo de 1,50 m., ancho mayor a 40 cm y altura máxima de 60 cm. El espesor mínimo de los encofrados debe ser de 20 mm.



*Figura 1.* Encofrado para tapial.

Fuente: Propia, fotografía de construcción de vivienda en tapial en el barrio Huanuquillo – Fecha: 22/11/2017.

### **2.2.1.3. Proceso constructivo del tapial**

#### **2.2.1.3.1. Cimientos**

La cimentación se construye como cimientos corridos en pirca de rocas, concreto ciclópeo o piedra con mortero, conformando un entramado bajo los muros principales de la edificación. Las rocas que componen el material principal de la cimentación pueden ser de tipo anguloso, redondeado o una mezcla de ambas, asentadas con barro, concreto simple o con mortero de cemento o cal y arena gruesa.



*Figura 2.* Proceso constructivo de la cimentación de viviendas de tapial.

Fuente: Propia, fotografía de construcción de vivienda en tapial en el barrio Huanuquillo – Fecha: 11/06/2015.

Las dimensiones mínimas de ancho y profundidad de los cimientos deben ser de 60 cm (NTP E.080, MVCS 2017).

### 2.2.1.3.2. Sobrecimientos

Los sobrecimientos pueden ser pircas de piedras grandes con concreto simple o cal y arena gruesa.

El ancho mínimo de los sobrecimientos es de 40 cm. y la altura mínima sobre terreno debe ser de 30 cm. para proteger a los tapiales de la erosión. Además, la norma E.080 recomienda el uso de lajas de piedra como protección en las partes laterales del sobrecimiento.

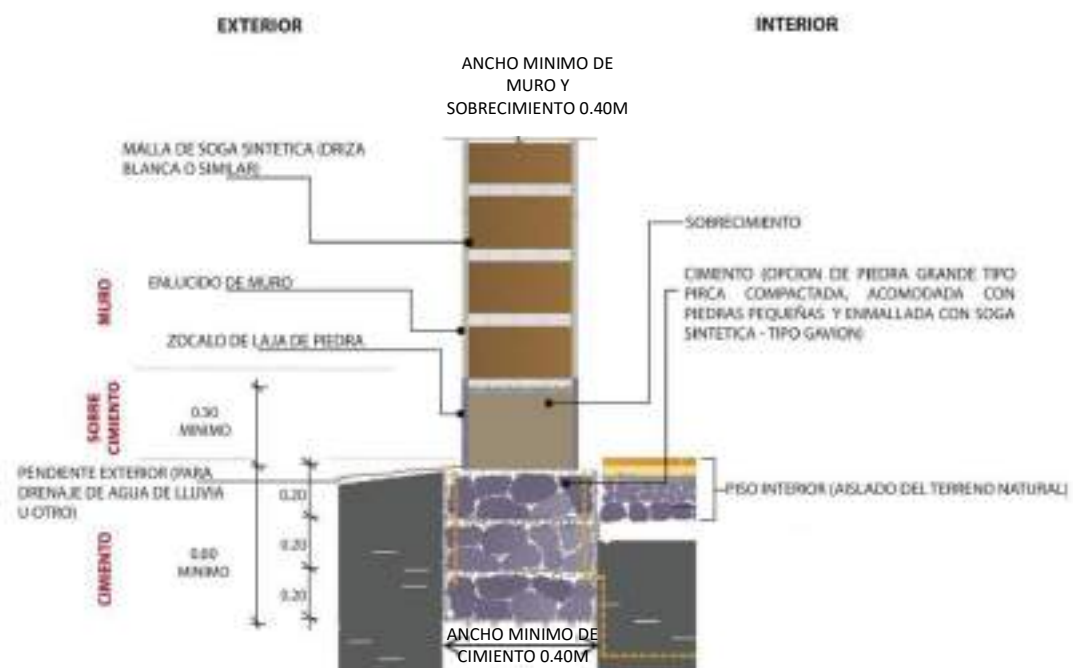


Figura 3. Esquema de cimentación con sus partes.

Fuente: Norma E.080 (RNE, 2017).

### 2.2.1.3.3. Muros

Siguiendo las recomendaciones de la NTP E.080, se verterá el suelo “dormido” con el contenido de humedad adecuado, en capas de 15 cm; se procederá a la compactación hasta llegar a los 10 cm aproximadamente. La compactación se realiza con un mazo de madera de unos 10 Kg aproximadamente.



*Figura 4.* Herramientas de compactación.

Fuente: SENCICO (2015).

La cantidad de golpes para el apisonado de cada capa quedará definida por la persona encargada de este trabajo, cuando sienta que se produce un rebote. La capa superior de cada tapial será nivelada con una paleta de madera.



*Figura 5.* Construcción de muros de tapial.

Fuente: Propia, fotografía de construcción de vivienda en tapial en el barrio Huanuquillo – Fecha: 22/11/2017.

Terminada la primera hilada, compuesta por un determinado número de capas que depende de la altura del encofrado, éste se retirará y se desplazará lateralmente para trabajar en el tapial contiguo. Para colocar una segunda hilada sobre la primera, se esperará un mínimo de 3 días para asegurarse que esta última esté seca. Además, se realizará el picado de 1 cm según la NTP E.080 en la cara superior endurecida de la primera hilada, y se procederá a regarla con agua a razón de 1 litro/m, para favorecer la adherencia entre las hiladas y reducir el agrietamiento. La segunda hilada se

colocará alternando la posición de la primera hilada, para evitar la continuidad de las juntas verticales.

#### 2.2.1.4. Comportamiento estructural del tapial



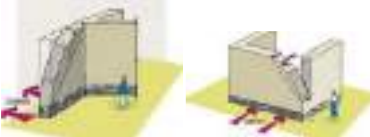
El comportamiento estructura de muros de tapial se da en forma similar a muros de adobe, proporcionan una adecuada resistencia a la comprensión, lo que les permite soportar cargas de gravedad sin problemas. Cuando se presentan fuerzas horizontales de sismos los muros experimentan dificultades, su resistencia depende de su capacidad de tracción por flexión que, definitivamente, es muy baja. Por lo tanto, existe consenso en considerar que, para reducir la vulnerabilidad de las edificaciones de tierra, éstas deben llevar refuerzos que suplan sus limitaciones mecánicas.

De otro lado, las construcciones con tierra, deben de disponer de diseños adecuados que utilicen densidades de muros similares en sus direcciones ortogonales, para minimizar esfuerzos debidos a torsión, y cuyas esbelteces no produzcan pandeos; que utilicen vanos pequeños y alejados de las esquinas, para no debilitarlas.

Las fallas observadas en muros de tapial debido a la acción de sismos, guarda cierta similitud con las que se observa en los muros de adobe, sobre todo en las que se presentan en las esquinas y las de volcamiento (SENCICO, 2015).

Tabla 2

*Tipo de fallas y agrietamientos asociados con fuerzas sísmicas*

Tipo de falla	Esquema
Flexión perpendicular al plano del muro: agrietamiento horizontal en la base o a una altura intermedia y agrietamientos verticales adicionales, generalmente ocurre en muros largos.	
Flexión por flexión perpendicular al plano del muro por agrietamiento vertical en la zona central: agrietamiento diagonal que constituye el mecanismo de falla y fisuración en la parte superior.	
Falla por flexión perpendicular al plano en las esquinas no confinadas de muros sueltos, o en esquinas no conectadas efectivamente con los muros transversales.	

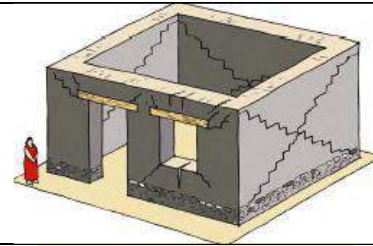
*Continúa...*



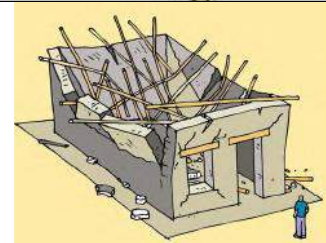
Tabla 3

*Tipo de fallas y agrietamientos asociados con fuerzas sísmicas (continuación)*

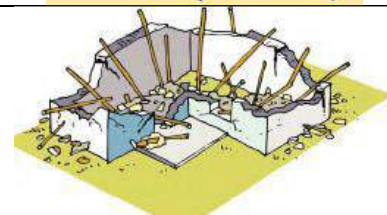
Falla por cortante en el plano del muro asociada a altos empujes horizontales: en muchos casos estos agrietamientos están asociados a entrepisos o cubiertas muy pesadas y se ven magnificados con las aberturas correspondientes a las puertas y ventanas en los muros.



Caída de la cubierta hacia el interior de la vivienda por encontrarse mal apoyada sobre los muros, esto genera una falla en la zona superior de los muros.



Falla generalizada de la cubierta por ausencia de un apoyo adecuado o por mala estructuración de ella: esta falla es frecuente en edificaciones muy pesadas, mal concebidas estructuralmente o con alto grado de deterioro.



Falla que se presenta por mala conexión de los muros del primer piso con los del segundo: el entrepiso rompe los muros principales en forma casi horizontal, generando inestabilidad del segundo piso.



Fuente: Yamín et al. (2007)

### 2.2.2. Vulnerabilidad Sísmica

La vulnerabilidad sísmica es la medida de la susceptibilidad o la predisposición intrínseca de las estructuras ante un terremoto a sufrir daños (Barbat, Oller & Vielma, 2005, p.4). Además, es una característica que depende de aspectos como la configuración en planta, variación en altura, densidad mínima de muros en ambos sentidos, sistema resistente a cargas, proceso constructivo, estado de conservación de la estructura.

Los estudios de vulnerabilidad sísmica se pueden aplicar a cualquier obra de ingeniería civil como son edificaciones, presas, carreteras, puentes, taludes, depósitos, centrales nucleares y en general a toda obra en la que se requiera conocer su comportamiento ante un posible terremoto y las consecuencias que puedan producir. La manera más directa de determinar la vulnerabilidad de edificaciones es

experimentar una escala natural en laboratorios, aplicando fuerzas conocidas hasta que los modelos se destruyan. En general estos tipos de ensayos han sido escasos en América Latina por lo costoso y sofisticado de los experimentos; sin embargo, se han realizado algunas pruebas simples y de bajo costo que ayudan a determinar la vulnerabilidad de los diferentes elementos de las construcciones propias de la región, como las viviendas de adobe y tapial.

En primera instancia hay que definir el alcance que tendrá la evaluación de la vulnerabilidad sísmica debido a que ésta se puede evaluar de una manera muy específica y de manera exhaustiva las estructuras o de manera general en el estudio a nivel urbano, que es el caso del presente proyecto, para el cual se utilizan metodologías simplificadas y justificadas.

Sin embargo, la realización de estudios a nivel urbano se puede reducir al conocimiento de algunos parámetros básicos para poder clasificar la estructura, en otras palabras, al conocimiento de su calidad estructural mediante la aplicación de metodologías simplificadas, las cuales evalúan los parámetros que controlan el daño en las estructuras ante la acción sísmica. Normalmente al plantear la realización de una evaluación de vulnerabilidad sísmica lleva implícito la realización del estudio de grandes áreas para lo cual los estudios a nivel urbano son lo más factible. Por lo tanto, es oportuno aclarar que estos estudios generalmente están englobados dentro de un enfoque estadístico, por lo que casi todas las estimaciones de la vulnerabilidad tienen niveles significativos de incertidumbres asociados. Gran parte de esto se debe a que las evaluaciones se realizan sin considerar estudios detallados en la construcción, condición y comportamiento de la estructura. A menudo, la evaluación de las edificaciones se realiza mediante una visita técnica para llenar una ficha de evaluación, la cual contiene los parámetros que se tendrán en cuenta en dicha evaluación, basada en observaciones visuales sin referencia en cálculos de comportamiento estructural.

### **2.2.3. Metodologías para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica**

Esta clasificación fue propuesta por Corsanegro y Petrini (1990) y es una de las más reconocidas y completas que se han hecho hasta el momento. Las técnicas para evaluación sísmica se agrupan en cuatro grandes grupos, a continuación, se explican cada una de ellas.

### **2.2.3.1. Técnicas directas**

Estas técnicas predicen directamente el daño causado por un terremoto en la estructura y se dividen en dos principales, las técnicas estadísticas y los métodos mecánicos. Las técnicas estadísticas se basan en la observación y cuantificación del daño causado por un terremoto, denominándolos métodos de vulnerabilidad observada, por lo mismo son empíricas debido a que requieren simples investigaciones de campo y estudios post-terremoto, y subjetivas cuando se emplea el conocimiento y la experiencia de expertos en la evaluación de daño (Capos et al, 1995); estas técnicas son aplicables a edificios a gran escala, donde la aplicación de otros métodos puede resultar costoso. Por otro lado, los métodos mecánicos se basan en la modelación matemática o mecánica de los comportamientos estructurales, denominándolos métodos de vulnerabilidad teórica o calculada (Singhal y Kiremidjian, 1996; Powell y Allahabadi, 1998; Petrovski, et al 1992; Miranda, 1996).

### **2.2.3.2. Técnicas Indirectas**

Estas técnicas no proporcionan directamente el daño de los edificios, evaluando previamente un índice de vulnerabilidad de la estructura, es decir, se evalúa primero la calidad estructural del edificio ante cargas sísmicas, para relacionarlas posteriormente con los daños, mediante estudios post-terremoto y estudios estadísticos. Estas técnicas permiten distinguir las diferencias existentes en estructuras de una misma tipología, además que se pueden usarse en evaluaciones sísmicas a gran escala (Asan y Sosen, 1997 Gülkan, et al 1996; Benectetti y Pretini 1984).

### **2.2.3.3. Técnicas convencionales**

Son esencialmente heurísticas y aplicables exclusivamente a estudios de vulnerabilidad a gran escala. Introducen un índice de calidad independiente de la predicción de daño, el cual se utiliza para comparar diferentes edificios en la misma área de estudio (King et al, 1996; Rad y McCormack, 1996). Los estudios dan una medida relativa de la vulnerabilidad de un área determinada, sin embargo, son difíciles de comparar cuando se evalúan para edificios de diferentes tipologías estructurales, debido a la diferencia en los factores que se consideran en la evaluación.

#### **2.2.3.4. Técnicas híbridas**

Estas técnicas combinan características de las descritas anteriormente de acuerdo al problema que se esté resolviendo. En este trabajo se usará esta técnica, ya que se usará la combinación de las técnicas directas e indirectas mediante el índice de vulnerabilidad (Capos et al, 1995; Yépez, 1996).

#### **2.2.3.5. Metodología elegida para evaluar la vulnerabilidad sísmica**

Para la evaluación de la vulnerabilidad de las edificaciones de la periferia de la ciudad de Tarma se decidió aplicar la técnica híbrida, ya que se hace una combinación del “índice de vulnerabilidad” y “análisis dinámico Tiempo-Historia” de la NTP E.030, en este caso se utilizan tanto los cálculos estructurales como la experiencia de los datos para estimar la vulnerabilidad obteniendo menos incertidumbre y permitiendo la calibración de los cálculos estructurales con el comportamiento observado de los edificios.

Algunas de las razones que se tomaron en cuenta para elegir esta metodología fueron:

- Está fundamentada en datos reales, producto del levantamiento de daños.
- Se puede aplicar en estudios a nivel urbano.
- En el Perú, se ha aplicado estas metodologías de forma individual en las ciudades de Ayacucho, Lima, Trujillo, Chiclayo, Huánuco, Jauja, etc. y con motivo de la realización de la presente tesis, se aplicó una técnica híbrida en la ciudad de Tarma, contribuyendo a obtener los escenarios de vulnerabilidad sísmica, objetivo general de la tesis.

#### **2.2.4. Daño en las edificaciones**

El daño en términos generales es un concepto complejo en su interpretación y en su evaluación, de acuerdo a la literatura el daño estructural es un fenómeno que es muy difícil de modelar analíticamente o reproducir en laboratorios. Estos pueden ser estructurales, no estructurales y económicos.

#### **2.2.4.1. Daño estructural**

Es evidente que el daño estructural es el de mayor importancia ya que este puede ocasionar que una estructura colapse o en el mejor de los casos que su reparación pueda ser muy costosa. El daño estructural depende del comportamiento de los elementos resistentes de una estructura como son las vigas, columnas, muros de carga, sistema de piso y esto se tiene que ver con la calidad de los materiales que componen dichos elementos, así como su configuración y tipo de sistema y obviamente de las características de las cargas actuantes. La evaluación de daño se puede realizar de diferentes maneras, una de ellas es en forma cualitativa en la cual se establecen diferentes niveles de daño o a través de la definición de localización probable de un daño específico de una estructura.

#### **2.2.4.2. Daño no estructural**

Este tipo de daño está asociado principalmente a elementos arquitectónicos que no forman parte del mismo sistema resistente, como puede ser muros divisorios, ventanales, revestimientos y los sistemas sanitarios y electrónicos, sin embargo, a pesar de que este tipo de daño no pone en peligro el comportamiento de la estructura si es causa de un incremento considerable en las pérdidas económicas, como se ha podido comprobar en los últimos sismos de Nazca y Arequipa.

#### **2.2.4.3. Daño económico**

Se define como la relación entre los costos de reparación y los costos de reposición e incluyen tanto los daños físicos como los costos de daños indirectos.

Intenta representar el daño en términos económicos o costos financieros tomando en cuenta la afectación de los diferentes componentes estructurales y generalmente se hace de métodos empíricos, teóricos y subjetivos. Usualmente se correlaciona con el daño estructural, sin embargo, su evaluación es realmente difícil y su utilización interesa fundamentalmente a las agencias Gubernamentales.

### 2.3. Definición de términos básicos

- a) **Análisis dinámico tiempo – historia:** según la NTP es un procedimiento complementario a los análisis Estático y Dinámico Modal Espectral. En este tipo de análisis deberá utilizarse un modelo matemático de la estructura que considere directamente el comportamiento histerético de los elementos, determinándose la respuesta frente a un conjunto de aceleraciones (provenientes de un sismo real, o una función matemática definida por el usuario) del terreno mediante integración directa de las ecuaciones de equilibrio u otro método aproximado.
- a) **Arriostre:** elemento de refuerzo (horizontal o vertical) o muro transversal que cumple la función de proveer estabilidad y resistencia a los muros portantes y no portantes sujetos a cargas perpendiculares a su plano.
- b) **Desempeño Sísmico:** es el comportamiento esperado de una estructura ante diferentes niveles de sismo. El desempeño se puede cuantificar a partir de los diferentes niveles de daño que pueden ocurrir en la estructura.
- c) **Escala de Mercalli:** evalúa efectos y daños producido por un terremoto en una localización concreta. La intensidad de un terremoto no está totalmente determinada por su magnitud, sino que se basa en sus consecuencias, empíricamente observadas. Debe su nombre al físico italiano Giuseppe Mercalli.
- d) **Escala de Richter:** también conocida como escala de magnitud local (ML), es una escala logarítmica arbitraria que asigna un número para cuantificar la energía que libera un terremoto, denominado así en honor del sismólogo estadounidense Charles Francis Richter (1900-1985).
- e) **Estudio de mecánica de suelos (EMS):** conjunto de exploraciones e investigaciones de campo, ensayos de laboratorio y análisis de gabinete que tienen por objeto estudiar el comportamiento de los suelos y sus respuestas ante las sollicitaciones estáticas y dinámicas de una edificación.
- f) **Índice de Vulnerabilidad:** el índice de vulnerabilidad se puede entender como un valor que ayuda a evaluar la falta de seguridad en los edificios ante cargas sísmicas. Además, forma parte de la definición de las funciones de vulnerabilidad,

las cuales relacionan el índice de vulnerabilidad “Iv” con el índice de daño global de las estructuras.

- g) **Peligro sísmico:** es la probabilidad que se presente un sismo potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado. Representa el peligro latente natural asociado al fenómeno sísmico capaz de producir daños sobre las personas, bienes y el medio ambiente.
- h) **Riesgo Sísmico:** es el grado de pérdida, destrucción o daño esperado tras la ocurrencia de un determinado sismo y se puede estimar a partir del grado de exposición de la estructura y su predisposición a ser afectada por el evento sísmico.
- i) **SAP2000:** es un programa de elementos finitos, con interfaz gráfico 3D orientado a objetos, preparado para realizar, de forma totalmente integrada, la modelación, análisis y dimensionamiento de lo más amplio conjunto de problemas de ingeniería de estructuras. La versatilidad en modelar estructuras, permite su utilización en el dimensionamiento de puentes, edificios, estadios, presas, estructuras industriales, estructuras marítimas y todo tipo de infraestructura que necesite ser analizada y dimensionada.
- j) **SeismoMatch:** es una aplicación capaz de ajustar los registros de terremotos, a través de la adición de wavelets, para que coincida con un espectro de respuesta objetivo específico, utilizando el algoritmo de las ondículas propuesto por Abrahamson (1992) y Hancock et al. (2006). Los usuarios tienen la oportunidad de unir simultáneamente una cantidad de acelerogramas, y luego obtener un espectro de concordancia media cuyo desajuste máximo respeta una tolerancia predefinida. Este software se puede utilizar en combinación con herramientas de selección de registros para definir conjuntos adecuados de registros para el análisis dinámico no lineal de estructuras.
- k) **Sismo:** se considera sismos a los temblores o terremotos que se presentan con movimientos vibratorios, rápidos y violentos de la superficie terrestre, provocados por perturbaciones en el interior de la Tierra (choque de placas tectónicas).

- l) **Tapial:** en el Perú se denomina Tapial a un sistema que consiste en edificar muros de tierra cruda previamente humedecida, amasada, compactada o apisonada por mazos o pisonos dentro de encofrados reutilizables (tableros).
  
- a) **Terremoto:** es un fenómeno de sacudida brusca y pasajera de la corteza terrestre producida por la liberación de energía acumulada en forma de ondas sísmicas. Los más comunes se producen por la actividad de fallas geológicas. También pueden ocurrir por otras causas como, por ejemplo, fricción en el borde de placas tectónicas, procesos volcánicos o incluso pueden ser producidas por el hombre al realizar pruebas de detonaciones nucleares subterráneas.
  
- b) **Vivienda:** según la NTP, Edificación independiente o parte de una de una edificación multifamiliar, compuesta por ambientes para el uso de una o varias personas, capaz de satisfacer sus necesidades de estar, dormir, comer, cocinar e higiene.
  
- c) **Vulnerabilidad sísmica:** es una magnitud que permite cuantificar el tipo de daño estructural, el modo de fallo y la capacidad resistente de una estructura bajo unas condiciones probables de sismo.



## **Capítulo III**

### **Hipótesis y variables de la investigación**

#### **3.1. Hipótesis principal**

Se estima que la vulnerabilidad sísmica de viviendas de dos pisos construidas en tapial en la periferia de la ciudad de Tarma en el departamento de Junín es alta y en caso de sismos fuertes sufrirían daños irreparables, por ello sería necesario conocer las características de las viviendas, evaluar la vulnerabilidad sísmica para finalmente proporcionar soluciones para reducir el riesgo sísmico de las viviendas.

#### **3.2. Hipótesis secundarias**

- La tipología de las viviendas existentes de dos pisos construidas en tapial de la periferia de la ciudad de Tarma, guardan características arquitectónicas y estructurales similares. Caracterizándose por ser edificaciones con configuración en planta de forma rectangular, en C y L.
- El índice de vulnerabilidad de las viviendas de dos pisos construidas en tapial es (alta, media o baja), debido a su riesgo sísmico, tipo de suelo, topografía, calidad de

materiales y técnicas de construcción. El índice de daño es (moderado, severo o total) provocando pérdidas económicas significativas.

- Las viviendas de dos pisos construidas en tapial han soportado sismos leves ocurridos en las últimas décadas, sin embargo, se estima que de ocurrir un sismo de gran magnitud no resistirían sin dañarse e incluso tendrían la posibilidad de desplomarse.
- Es necesario formular sistemas de estabilización y reforzamiento que permitan mejorar el comportamiento de las viviendas ante eventuales sismos de mayor intensidad, a fin de contribuir a la reducción de la vulnerabilidad sísmica en la ciudad de Tarma.

### **3.3. Variables e indicadores**

#### **3.3.1. Variables dependientes**

- Y1=Vulnerabilidad sísmica.

Indicadores: Aspectos estructurales, aspectos geométricos, aspectos constructivos, suelos, cimentación, aspectos no estructurales y conservación.

Esta fórmula se va aplicar para cada componente del sistema y el resultado va ser: si hay vulnerabilidad y en qué nivel.

#### **3.3.2. Variables independientes**

- X1= Tipología de las viviendas.

Indicadores: Dimensión de los elementos, distribución arquitectónica, materiales, cimientos, muros, techos, refuerzos y propiedades mecánicas.

- X2= Respuesta estructural.

Indicadores: Espectro de respuesta, acelerogramas escalados, esfuerzos y distorsiones (derivadas).

### 3.4. Operacionalización de las variables

Tabla 4

*Variables dependientes*

Variable	Dimensión	Indicadores	Medición	Instrumentos
Y1 Vulnerabilidad sísmica	Aspectos estructurales.	Organización del sistema resistente.	Arriostre horizontales y verticales. Distribución de muros.	Fichas de encuesta. Fichas de observación. Guía de entrevistas. Estudios de mecánica de suelos. Norma técnica de Diseño y construcción con tierra reforzada E.080 Software Excel
		Diafragmas horizontales.	Losa aligerada. Vigas y entablado de madera. Sin diafragma.	
		Tipo de cubierta.	Calamina. Teja andina.	
	Aspectos geométricos.	Configuración en planta.	Rectangular. Forma de C. Forma de L.	
		Configuración en elevación.	Altura $\leq 6$ veces espesor de muro.	
		Distancia entre muros.	Longitud $\leq 10$ veces espesor de muro.	
	Aspectos constructivos.	Calidad del sistema resistente.	Piezas homogéneas y de dimensiones constantes. Adecuada trabazón (amarre). Uso de paja, viruta, etc.	
	Suelos.	Resistencia convencional	Resistencia a esfuerzos horizontales.	
	Cimentación.	Posición del edificio y cimentación.	Cimentada según NTP E.080. Pendiente pronunciada. Presencia de humedad y sales.	
	Aspectos no estructurales.	Elementos no estructurales.	Balcones. Parapetos. Tanques de agua.	
Conservación.	Estado de conservación.	Presencia de agrietamientos. Buenas condiciones.		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5

*Variables independientes*

Variable	Dimensión	Indicadores	Medición	Instrumentos	
X1 Tipología de las viviendas.	Características arquitectónicas	Dimensión de elementos.	Metros: m.	Fichas de encuesta.	
		Distribución arquitectónica.	Rectangular. Forma de C. Forma de L.		
	Características estructurales.	Materiales.	Tierra. Grava. Paja. Cemento. Agua.	Fichas de encuesta. Guía de entrevistas. Software para análisis estadístico, Software Excel. Software para representación arquitectónica, AutoCAD.	
		Cimientos.	Cimiento de pirca. Cimiento de concreto ciclópeo. Cimiento de albañilería de piedra.		
		Muros.	Tapial. Adobe.		
		Techos.	Calamina. Teja andina.		
		Refuerzos	Posee. No posee.		
		Propiedades mecánicas	Densidad: kg/m <sup>3</sup> Compresión: MPa Tracción: MPa Cortante: MPa		
	X2 Respuesta estructural	Análisis tiempo- historia	Espectro de respuesta.	Factor de zona. Factor de uso. Factor de suelo. Regularidad estructural. Factor de amplificación sísmica. Cargas.	Software Excel. Norma técnica de Edificaciones E.030 y E.080. SeismoMatch. Software para análisis estructural SAP2000.
			Acelerogramas escalados	PGA=cm/s PGA≤50 cm/s	
Esfuerzos			Momentos de flexión. Compresión Torsión		
Distorsiones			Desplazamientos		

Fuente: Elaboración propia.

## **Capítulo IV**

### **Diseño de la investigación**

#### **4.1. Diseño de ingeniería**

La investigación se desarrolla según el enfoque cuantitativo haciendo uso metodologías aplicadas en estudios realizados en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), instituciones con más de 40 años en el estudio de construcciones de tierra en el Perú. Es así que se decide emplear el “índice de vulnerabilidad” y análisis “tiempo – historia”.

El análisis de la vulnerabilidad de edificios existentes consiste en seleccionar datos, el método empleado y los resultados obtenidos para probar la hipótesis con base en la medición numérica.

Corsanego y Petrini (1990), Dolce et al. (1995) reportan 5 clases de datos de entrada involucrados en un análisis de vulnerabilidad.

1. Daños registrados después de un sismo u obtenidos a través de ensayos de laboratorio en elementos simples o compuestos (información empírica).

2. Características geométricas y cualitativas: para estructuras, suelen utilizarse la altura, la configuración en planta y elevación, la edad, el tipo de sistema resistente de cargas horizontales y verticales, el tipo de cimentación y cubierta, etc. En sistemas de líneas vitales se considera la longitud de las líneas, el gráfico de la red, los materiales adoptados para líneas y estaciones, entre otros.
3. Características mecánicas tales como: la masa, la rigidez, la resistencia comparada con los esfuerzos sísmicos, la ductilidad intrínseca, el estado de esfuerzos, los desplazamientos sísmicos y los parámetros del comportamiento no lineal.
4. Caracterización sísmica de la zona como, por ejemplo, la intensidad sísmica, la aceleración o la velocidad máxima del terreno, el desplazamiento espectral, entre otros.
5. Características geológicas, y geotécnicas de la zona, tales como el tipo y las características mecánicas del suelo de cimentación, el comportamiento sísmico del perfil geológico, etc.

La literatura disponible para la evaluación estructuras existentes por los métodos mencionados se concentra primordialmente en la observación y la modelización de edificios en softwares estructurales, se diferencian entre sí por:

- Método del índice de vulnerabilidad: es una técnica indirecta, que consiste en realizar un estudio de vulnerabilidad de un conjunto de edificios, cuyas características corresponden a los datos de entrada tipo 1 y 2 (eventualmente consideran los datos tipo 4 y 5). La vulnerabilidad se define por la calificación de diversos aspectos de una estructura que controlan el daño causado por un terremoto. La evaluación de la distribución de daño se obtiene de observación y cuantificación de los daños ocasionados por sismos pasados.
- Métodos mecánicos o analíticos: son técnicas directas que, utilizan modelos mecánicos para predecir daño en la estructura por medio de algún parámetro que represente el comportamiento de la construcción frente a un sismo, como puede ser la deriva máxima entre piso, la ductilidad, o un índice de daño. Estos métodos solo se utilizan para estructuras que puedan ser representadas por

modelos mecánicos. Entre los métodos más usados está el ATC-14, FEMA-178 y FEMA-273 en los cuales se basa el Análisis Tiempo Historia.

Cada uno de los puntos descritos anteriormente convergen en un resultado de vulnerabilidad con ayuda de una escala predefinida (índice de vulnerabilidad) y la NTP E.030 (análisis tiempo-historia). El primero para determinar la vulnerabilidad sísmica y el segundo para determinar las concentraciones de esfuerzo y desplazamientos, tomado la aceleración de un sismo conocido.

## **4.2. Métodos y técnicas del proyecto**

Para la consecución de los objetivos planeados de esta investigación se utilizó una técnica híbrida, ya que se hace una combinación de métodos como el “índice de vulnerabilidad” y “análisis dinámico “Tiempo-Historia”.

Se eligieron las viviendas de seis barrios ubicados en la periferia de la ciudad de Tarma. De estas viviendas se recopiló las características respecto a su ubicación, configuración estructural y proceso constructivo. Además, otros aspectos relevantes si se pretende evaluar su vulnerabilidad y los daños que se podrían suscitar frente a un sismo de gran magnitud.

### **4.2.1. Determinación de Tipología**

Se ha determinado la tipología representativa de la construcción de viviendas de las zonas periféricas de la ciudad de Tarma, dado que las construcciones en tapial en los lugares estudiados guardan cierta similitud en cuanto a sus características arquitectónicas y estructurales, así como el proceso constructivo.

Para ello se realizan los siguientes pasos:

#### **4.2.1.1. Selección de zonas de estudio**

Para la selección de las zonas de estudio se recurrió al plano de desarrollo urbano de la municipalidad provincial de Tarma, donde se intentó ubicar zonas de diferente naturaleza, tipologías del suelo y topografía. Se decide analizar las viviendas ubicadas en zonas periféricas de la ciudad de Tarma, con un gran número de construcciones de dos pisos en tapial con las mayores pendientes.

Se seleccionaron viviendas que podían considerarse como típicas de la zona. Sin embargo, en muchos casos fue determinante la voluntad de los propietarios. Se realizó 30 encuestas, 5 por cada barrio.

#### **4.2.1.2. Recopilación de información**

El trabajo de campo consistió de una visita a cada uno de los seis barrios de la periferia de la ciudad de Tarma. Se aplicaron encuestas para conocer su ubicación, pendiente, sus vicios perceptibles y principales características del sistema estructural. Además de datos estructurales se registraron diversos datos constructivos y arquitectónicos que podrían tener efectos perjudiciales ante un futuro sismo.

También se contactó con un maestro de obra que construye actualmente con tapial en estos poblados y conoce a exactitud cuál es el proceso constructivo que ellos utilizan. Tras el recorrido se observó que en los barrios más alejados la tipología coincidía con lo propuesto, asimismo se observó la existencia de un edificio de tapial de 4 pisos y otros con pisos de albañilería sobre pisos de tapial.

#### **4.2.1.3. Formulación de tipología representativa**

Culminado el trabajo de campo, se procedió a la transcripción de los datos obtenidos a hojas de cálculo en la computadora. El software empleado fue Ms Excel. Además, a partir de los bocetos realizados en campo, se dibujaron los planos de planta en el software AutoCAD.

### **4.2.2. Análisis de vulnerabilidad**

Se evaluó la calidad estructural de la tipología mediante los once parámetros que plantea el método del índice de vulnerabilidad (Tabla 6), y se obtuvieron las viviendas con vulnerabilidad mediana y máxima. Posteriormente se analizaron los modelos bajo sísmicos reales, con el fin de observar las concentraciones de esfuerzos obteniendo un diagnóstico general del estado actual de las viviendas.

#### **4.2.2.1. Cálculo del índice de vulnerabilidad**

El método del índice de vulnerabilidad ( $I_v$ ) plantea once parámetros para evaluar la calidad estructural de las edificaciones de la periferia de la ciudad de Tarma. Con el



objetivo de establecer si éstos 11 parámetros eran suficientes para realizar dicha evaluación en las edificaciones, se comparó con lo que propone el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Se pudo observar que casi en su totalidad, el método del Índice de Vulnerabilidad satisface las exigencias del RNE.

Las edificaciones de la periferia de la ciudad de Tarma son en su gran mayoría construcciones de tapial, que ya por sí presenta una gran masa y rigidez, que sumado a su ubicación en laderas y la presencia de humedad, hace que su vulnerabilidad se incremente a niveles más altos.

Tabla 6

*Comparación entre el Reglamento Nacional de Edificaciones y los parámetros propuestos por el método del Índice de Vulnerabilidad*

<b>i</b>	<b>Parámetro del Iv.</b>	<b>RNE</b>
1	Organización del sistema resistente.	Aspectos estructurales.
2	Calidad del sistema resistente.	Aspectos constructivos.
3	Resistencia convencional.	Suelos.
4	Posición del edificio y cimentación.	Cimentación.
5	Diafragmas horizontales.	Aspectos estructurales.
6	Configuración en planta.	Aspectos geométricos.
7	Configuración en elevación.	Aspectos geométricos.
8	Distancia entre columnas.	Aspectos geométricos
9	Tipo de cubierta.	Aspectos estructurales.
10	Elementos no estructurales.	-
11	Estado de conservación.	-

Fuente: Marín F. (2012).

#### **4.2.2.2. Análisis estructural**

De acuerdo a su tipología, se hace la clasificación de viviendas rectangulares y en forma de L, de los cuales se han seleccionado cuatro viviendas con un índice de vulnerabilidad mediano y alto. Se toman las dimensiones y distribución real de las viviendas para su modelado y análisis en SAP2000. Para el análisis sísmico se aplicaron sismos de Ica 2007, Lima 1974 y Moquegua 2001, los cuales fueron escalados con ayuda de software SeismoMatch. Se escalan sismos en dirección “X” y “Y” para cada vivienda a analizar.

Con ayuda del software SAP2000 se analiza las viviendas seleccionadas según la NTP E.030 análisis “tiempo - historia” para determinar las zonas de las estructuras

en donde hay mayores concentraciones de esfuerzos y, por lo tanto, posibilidad de falla. El análisis se muestra el estado actual de la vivienda (demanda sísmica Norma E.080) obteniéndose un diagnóstico general de las viviendas.

#### **4.2.3. Lineamientos de solución e intervención**

De acuerdo a los requerimientos sismorresistentes del país y avance tecnológico en el tapial. Se plantean alternativas de estabilización y reforzamiento simples de emplear, económicos y efectivos. Se dan alcances para la estabilización estructural que usuario común y corriente de la zona pueda aplicar, tomando en cuenta que son sectores con bajos ingresos económicos.

### **4.3. Diseño estadístico**

La investigación abarca un diseño a nivel “cuasiexperimental” donde se determina el índice de vulnerabilidad de viviendas de dos pisos construidas en tapial de la periferia de la ciudad de Tarma, cuantificando en valores numéricos el índice de daño y pérdidas económicas. Posteriormente se analiza la vulnerabilidad sísmica de la tipología, donde se compara la capacidad estructural con la demanda sísmica.

#### **4.3.1. Población y muestra**

##### **4.3.1.1. Población**

La población está conformada por la totalidad de viviendas de dos pisos en tapial de zonas periféricas de la ciudad de Tarma. El área de estudio abarca los barrios periféricos de El Progreso, Dos de Mayo, Vista Hermosa, Peña Dorada, San Bartolomé, y San Cristóbal.

##### **4.3.1.2. Tipo de muestreo**

El tipo de muestreo que se empleó en la presente investigación es el “no probabilístico” del tipo arbitrario. Se seleccionaron los puntos de muestreo basados en la ubicación, topografía, suelos y construcciones de dos pisos en tapial. Además, un factor determinante fue de la disposición de los propietarios en responder a las encuestas y permitirnos tomar fotografías y medidas de sus viviendas.

#### **4.3.1.3. Tamaño de la muestra**

En la práctica se obtiene por su ubicación, topografía y construcción de dos pisos en tapial de las zonas periféricas de la ciudad de Tarma, que nos permita determinar la tipología de viviendas y analizar su vulnerabilidad sísmica.

El tamaño de la muestra por barrios periféricos es:

- El Progreso: cinco viviendas
- Dos de Mayo: cinco viviendas
- Vista Hermosa: cinco viviendas
- Peña Dorada: cinco viviendas
- San Bartolomé: cinco viviendas
- San Cristóbal: cinco viviendas

#### **4.4. Técnicas y herramientas estadísticas**

##### **4.4.1. Instrumentos para recolectar datos**

###### **4.4.1.1. Entrevistas con funcionarios para recabar información**

Se entrevistó a los funcionarios de las instituciones involucradas en la presente investigación, así se recabo información de la oficina de Defensa Civil, la Municipalidad Provincial de Tarma, el Instituto Geofísico del Perú y el INEI. Para poder determinar el número de viviendas en tapial en la ciudad de Tarma, conocer el historial sísmico, planos topográficos y plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Tarma.

###### **4.4.1.2. En la recolección de Muestras y Análisis**

Para la recolección de datos, muestras y análisis se emplearon fichas de encuestas o de campo y fichas de observación.

Se tomaron muestras de suelo para el estudio mecánico de suelos, a fin de conocer el perfil estratigráfico y la capacidad portante del terreno donde se ubican las

viviendas. El análisis de estudio de mecánica de suelos fue desarrollado por el Laboratorio GEOCONSEDIS Laboratorio geotécnico de la ciudad de Huancayo, registrada en INDECOPI.

Los procesos de cálculo de índice de vulnerabilidad, índice de daño, pérdidas económicas, escalamiento de sismo y análisis sísmico se realizaron con ayuda de los softwares Excel, SeismoMatch y SAP2000. Cuyos resultados ayudan a determinar la vulnerabilidad de las viviendas de la periferia de la ciudad de Tarma.

## Capítulo V

### Descripción de la zona de estudio

#### 5.1. Análisis del medio físico

##### 5.1.1. Ubicación, superficie y altitud

Tarma es una ciudad del centro del Perú, capital de la provincia homónima en el departamento de Junín. La provincia de Tarma se encuentra ubicada en la sierra central del Perú, en la Región Junín; entre las coordenadas 11° 25' 14'' de Latitud Sur y 75° 41' 27'' de Latitud Oeste respecto al meridiano de Greenwich.

Tabla 7

*Distrito de Tarma, superficie y altitud*

<b>Provincia y distrito</b>	<b>Capital</b>	<b>Superficie (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Altitud</b>
Provincia de Tarma	Tarma	2 749.16	3053
Distrito de Tarma	Tarma	459.95	3053
Ciudad de Tarma	Tarma	226.90	3050

Fuente: Compendio estadístico INEI (2007).

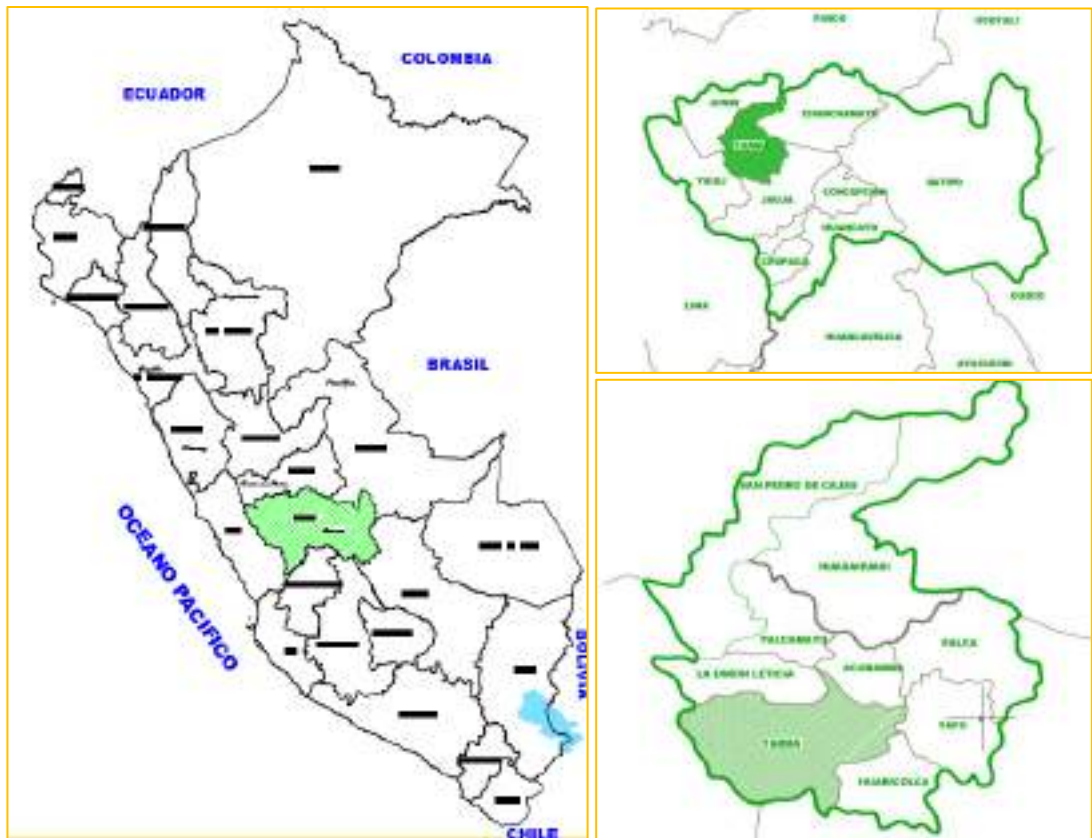


Figura 6. Ubicación geográfica de la provincia de Tarma y del distrito de Tarma.

Fuente: Sub Gerencia Infraestructura de la Municipalidad Provincial de Tarma (2007).



Figura 7. Zonas de estudio, periferia de la ciudad de Tarma.

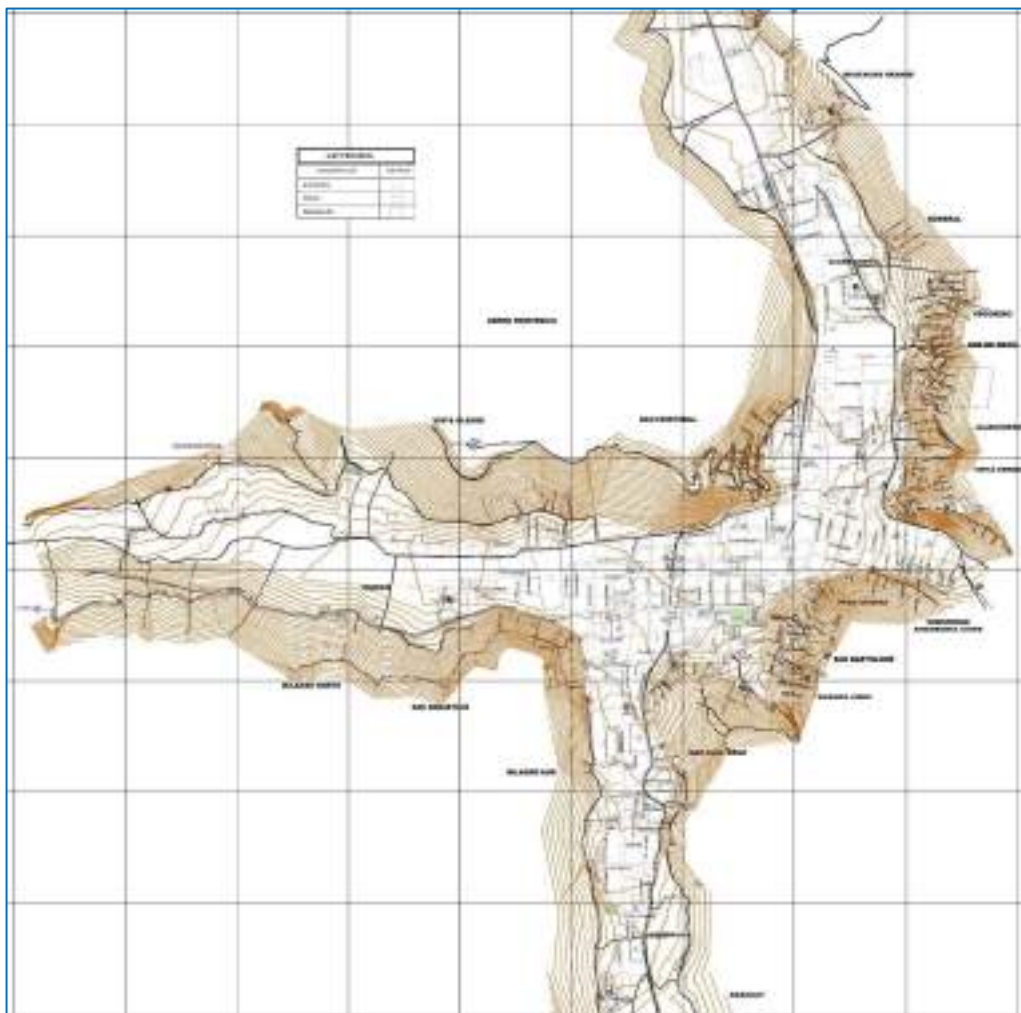
Fuente: Google Earth (2017).

El distrito de Tarma según el INEI, presenta una superficie territorial aproximada de 459.95 Km<sup>2</sup> que equivale al 16.73% de la superficie total de la provincia presentando una altitud promedio de 3,053 m.s.n.m.

La ubicación estratégica de Tarma la consolida como el nexo entre la costa central (departamentos de Lima e Ica, las provincias andinas del centro (departamentos de Junín y Pasco) y la Selva central (provincias de Chanchamayo y Satipo). El geógrafo italiano Antonio Raimondi la llamó “Perla de los Andes”.

### 5.1.2. Topografía

La topografía del lugar es accidentada con pendientes pronunciadas, paralelo a los afluentes del río Huantay, el Río Collana y al Río Tarma. Debido a su característica de ser un valle enclavado entre cerros se tiene laderas hacia el este y oeste.



*Figura 8.* Mapa base de la Ciudad de Tarma.

Fuente: Plan de Desarrollo Urbano 2014-2024 de la Municipalidad Provincial de Tarma (2017).



Las pendientes en las laderas están entre 25 y 75%, y en el centro de la ciudad es plana con pendientes menores a 5%.

### 5.1.3. Suelo

El material sobre el cual han construido las viviendas en su mayoría es rocoso y el suelo que predomina es limo arcilloso con abundancia de material suelto, según lo observado en campo. Existen suelos de gran potencia estimada mayor a 10 m, que pueden producir ampliación de ondas sísmicas en las rocas y suelos en casos de sismo mayor a 7 M.M. (ver anexo 13).



*Figura 9.* (a) suelo del barrio San Bartolomé, (b) calicata en el barrio San Cristóbal y (c) calicata en el barrio Peña Dorada.

Fuente: Propia, fotografías de calicatas en barrios periféricos de la ciudad de Tarma – Fecha: setiembre y octubre del 2017.

### 5.1.4. Clima

En la localidad durante el año se le atribuyen dos estaciones, el “verano lluvioso” y el “invierno seco”. El “verano lluvioso” marca el inicio del ciclo agrícola, empiezan a caer las primeras lluvias en los meses de octubre a noviembre, aumentando su intensidad en enero y marzo. En mayo se van secando los suelos hasta



septiembre, pero los meses realmente más secos son de junio a agosto. Todo el año durante el día el clima es templado un poco frío, la temperatura media anual es de 14.5 °C.

### 5.1.1. Mapa base



Figura 10. Mapa base de la Ciudad de Tarma.

Fuente: Gerencia de Desarrollo Urbano e Infraestructura de la Municipalidad Provincial de Tarma, (2017).

Es una zona de expansión urbana limitada, pues se encuentra rodeada por la ladera de los cerros, que detienen el crecimiento de la ciudad. Sin embargo, en las últimas décadas se han formado agrupaciones de viviendas en las faldas de los cerros y que posteriormente han constituido los diferentes barrios periféricos que rodean el casco urbano de la ciudad de Tarma.

## **5.2. Peligro sísmico**

### **5.2.1. Reseña histórica de los sismos en Tarma**

Del análisis de la información existente se deduce que para el área de influencia existe poca información histórica. Desde el siglo XVI hasta el siglo XIX se reportan los sismos ocurridos en las ciudades principales y entre ellas se menciona a la ciudad de Tarma, narra Silgado:

- 1938, Julio 02, la ciudad de Tarma y poblaciones situadas en los valles del Mantaro y Chanchamayo fueron sacudidos por dos violentos sismos que ocurrieron a las 06:06 y 06:57 horas. En Tarma, el segundo movimiento causó el derrumbe de varios cerros. Alarma en Jauja, Huancayo, La Merced y San Juan de Shuaro. En Oxapampa originó ligeros daños. Intensidad grado VI MM. Distancia epicentral para el segundo temblor 89 Km. (Observatorio de Huancayo).
- El sismo del 01 de noviembre de 1947 en Satipo (Junín) de magnitud 7.5 Ms, el cual se percibió en la ciudad de Tarma con una intensidad de VI a VII - MM, el epicentro fue ubicado a 30 kilómetros de Pangoa.
- El sismo del 01 de octubre del 1969 en Pariahuanca (Junín) de magnitud 6.2 Ms, el cual se sintió en la ciudad de Tarma con una intensidad de III - MM, el epicentro fue ubicado a 50 km al Noreste de Huancayo.
- El sismo de Pisco (Ica) del 15 de agosto del 2007 magnitud 7.9 Mw, se sintió en la ciudad de Tarma con una intensidad de IV - MM.
- Si bien Tarma no ha sido el epicentro de muchos de los sismos ocurridos, estos han ocurrido en provincias de la misma región, como Chanchamayo, Huancayo, Satipo, Jauja etc. Superando incluso la escala VIII MM.

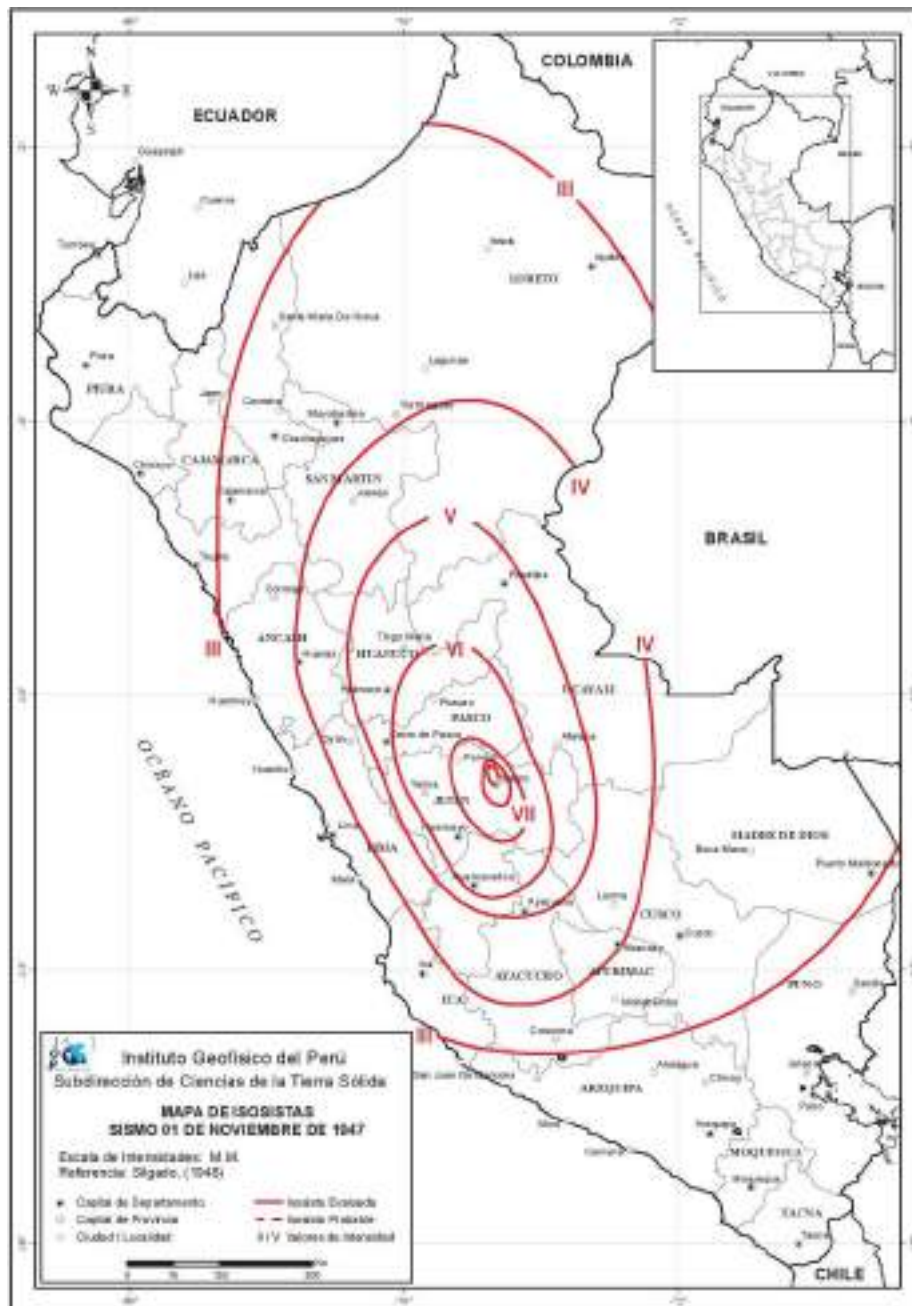


Figura 11. Líneas isosistas del terremoto de Satipo, 01 de noviembre de 1947.

Fuente: Tavera H. et al. (IGP, 2016).

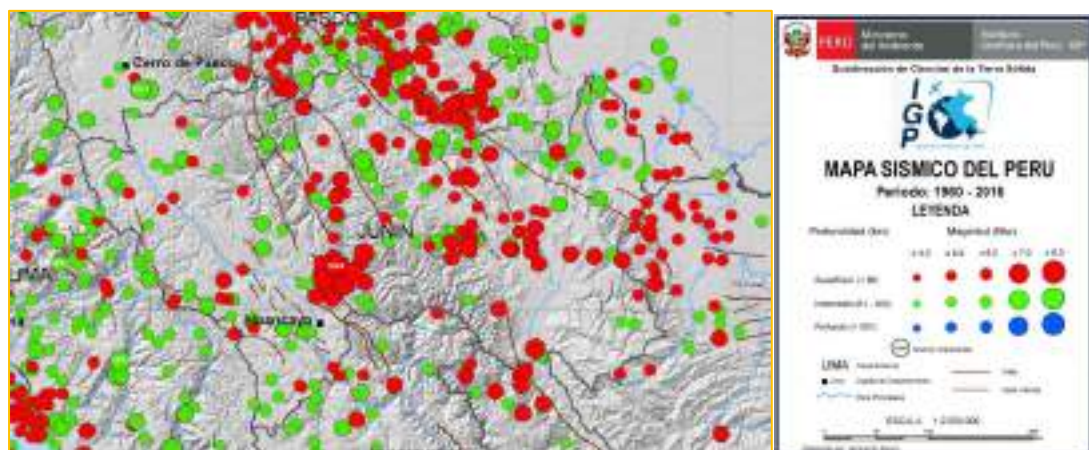
Tabla 8

*Sismos de mayor magnitud e intensidad ocurridos en Junín*

Fecha	Localidad	Magnitud	Intensidad Máxima
01-11-1947	Satipo (Junín)	7,5	VIII-IX
24-07-1969	Pariahuanca (Junín)	5,6	V
01-10-1969	Pariahuanca (Junín)	6,2	VI

Fuente: Martín F. (INDECI, 2012)

- Los sismos en el área de influencia presentan el mismo patrón general de distribución espacial que el resto del territorio peruano, es decir, la mayor actividad sísmica se concentra en el mar, paralelo a la costa. Se aprecia la subducción de la Placa de Nazca, ya que hacia el continente la profundidad focal de los sismos aumenta. También se producen sismos en el continente que son superficiales e intermedios, y que estarían relacionados a posibles fallas existentes.



*Figura 12.* Mapa sísmico de Junín 1960-2016.

Fuente: Tavera H. et al. (IGP, 2016).

Nota: El mapa sísmico del Perú presenta la distribución espacial de los eventos con magnitudes igual o mayores a 4.0 en la escala de “magnitud momento” ( $M_w$ ) ocurridos durante el periodo 1960-2016. La información utilizada corresponde a los catálogos del Instituto Geofísico del Perú y de Endanh & Villaseñor (2002). Los sismos fueron clasificados en función de la profundidad de sus focos en superficiales, intermedios y profundos. En el mapa el tamaño de los símbolos indica la magnitud del sismo y representa la cantidad de energía liberada y que puede ser expresada en la escala de Richter (ML), ondas de volumen (mb), ondas superficiales ( $M_s$ ) y recientemente a partir del momento sísmico ( $M_w$ ).

### **5.2.2. Peligro sísmico y máximas aceleraciones esperadas.**

El cálculo del peligro sísmico se realiza con el fin de predecir probabilísticamente las posibles aceleraciones que podrían ocurrir en un determinado lugar. El análisis de peligro sísmico se realiza aplicando la metodología desarrollada por Cornell (1968) en términos probabilísticos, metodología que fue modificada e implementada en el programa de cómputo RISK por McGuire (1976). Esta metodología integra información sismo-tectónica, parámetros sismológicos y leyes

de atenuación regionales para los diferentes mecanismos de ruptura. El resultado es una curva de peligro sísmico, donde se relaciona la aceleración y su probabilidad anual de excedencia.

Castillo J. & Alva J. (1993) en su trabajo “Peligo sísmico en el Perú” y Tavera H. et al. (2014) en su trabajo “Re-evaluación del peligro sísmico probabilístico para el Perú” elaboraron mapas de igual intensidad de movimientos máximos de terreno (isoaceleraciones) para tiempos de vida útil de 50 y 100 años con una excedencia del 10%. Por lo tanto, el análisis del riesgo sísmico se evaluará para tres escenarios sísmicos:

- Sismo para un tiempo de exposición de 50 años con una probabilidad de excedencia del 50% (periodo de retorno de 75 años, PGA = 0.20g).
- Sismo para un tiempo de exposición de 50 años con una probabilidad de excedencia del 10% (periodo de retorno de 475 años, PGA = 0.26g).
- Sismo para un tiempo de exposición de 100 años con una probabilidad de excedencia del 10% (periodo de retorno de 950 años, PGA = 0.33g).

Tabla 9

*Valores representativos de criterios empleados en la selección de movimientos sísmicos de diseño*

<b>Tipo de obra</b>	<b>Vida útil (t años)</b>	<b>Probabilidad de Excedencia</b>	<b>Tiempo de Retorno (años)</b>
Instalaciones esenciales con capacidad muy limitada para resistir deformaciones inelásticas y peligro de contaminación (contenedor de reactores nucleares).	50 a 100	0.01	>5,000
Equipos de S/E eléctricas de alto voltaje.	50	0.03	1,600
Puentes o viaductos de arterias principales.	100	0.10	950
Tanques de almacenamiento de combustible.	30	0.05	590
Edificaciones para viviendas.	50	0.10-0.20	225/500
Construcciones temporales que no amenacen obras de importancia mayor.	15	0.30	40

Fuente: Grases F. (1989).

Sin embargo, es preciso señalar que la selección del sismo escenario de diseño depende del tipo de obra en estudio tal como lo manifiesta Grases en 1989 (Tabla 9), es decir, estructuras de gran importancia como centrales nucleares, centrales hidroeléctricas entre otras, suponen un menor valor de probabilidad de excedencia en un mayor período de exposición o vida útil y por consiguiente períodos de retornos mayores.

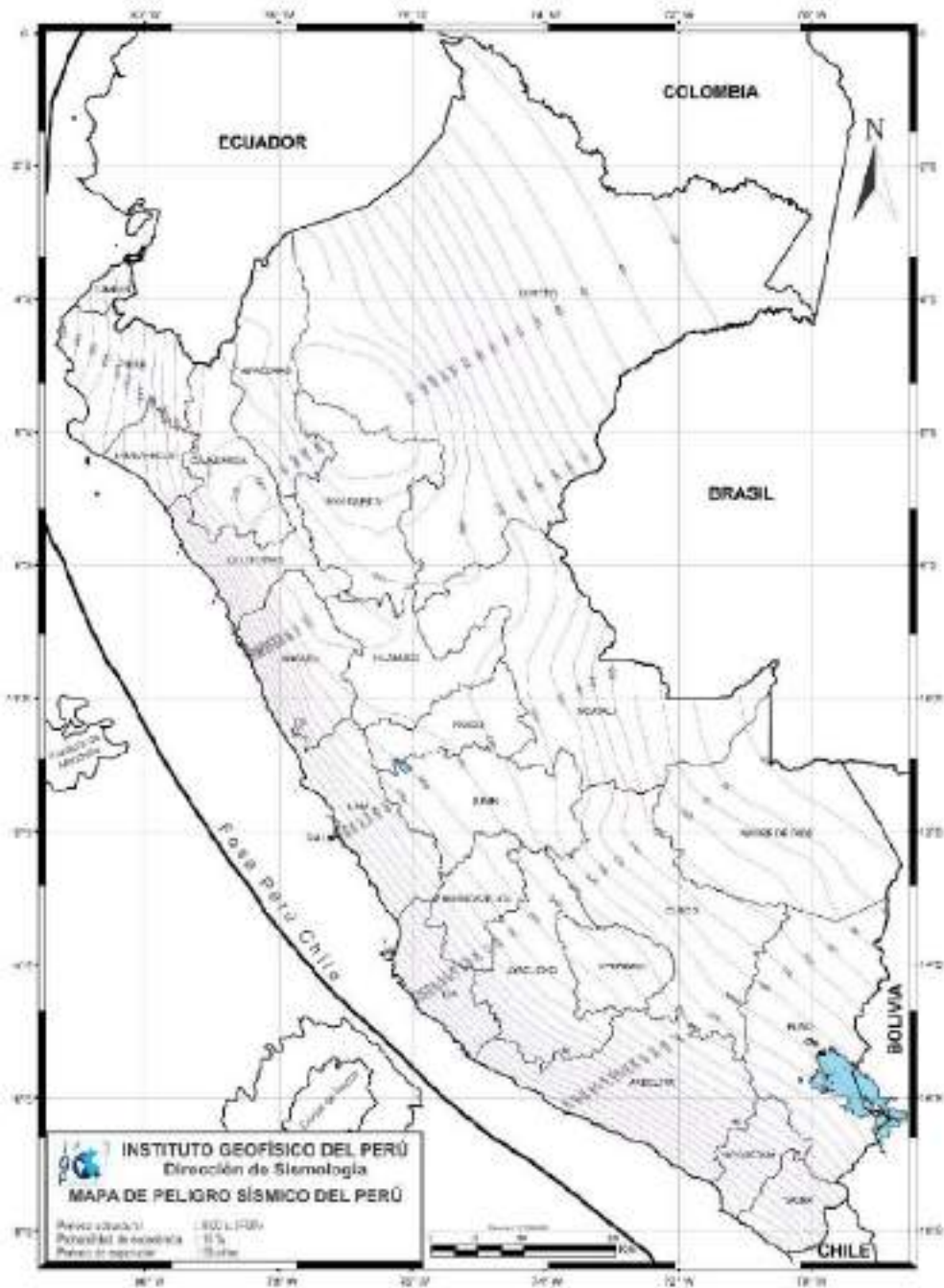


Figura 13. Distribución de isoaceleraciones para 10% de excedencia en 50 años.

Fuente: Tavera H. (IGP, 2017).



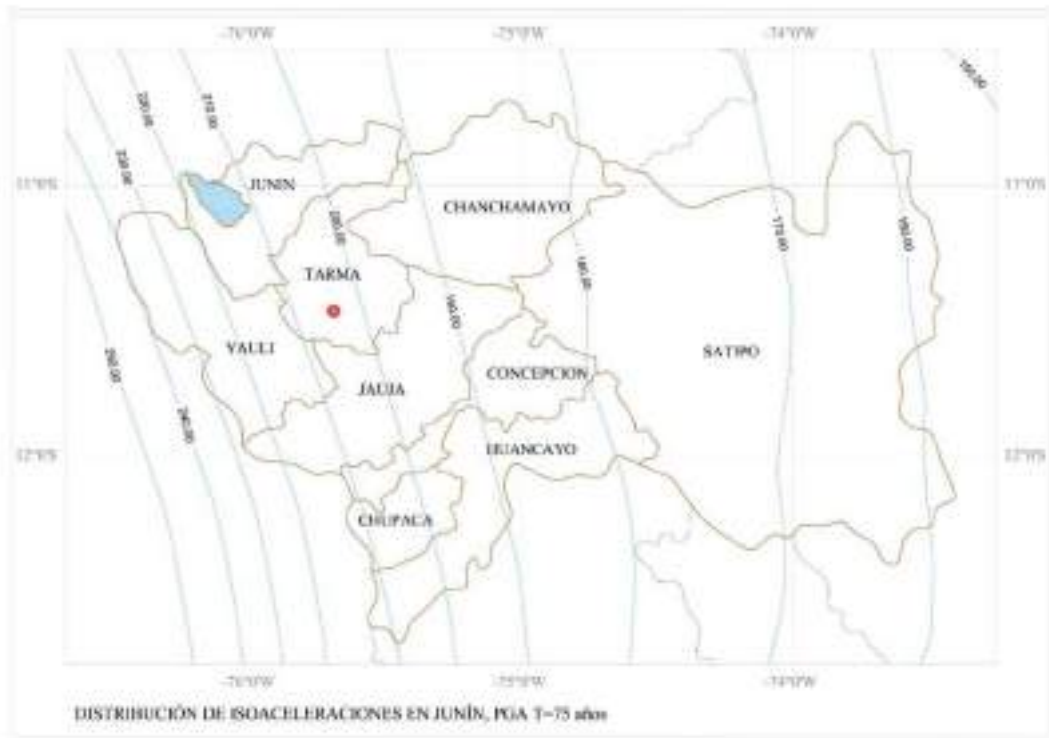


Figura 14. Distribución de isoaceleraciones ( $\text{cm/s}^2$ ) en Junín para 50% de excedencia en 50 años ( $T=75$  años).

Fuente: Tavera H. et al. (IGP, 2017).

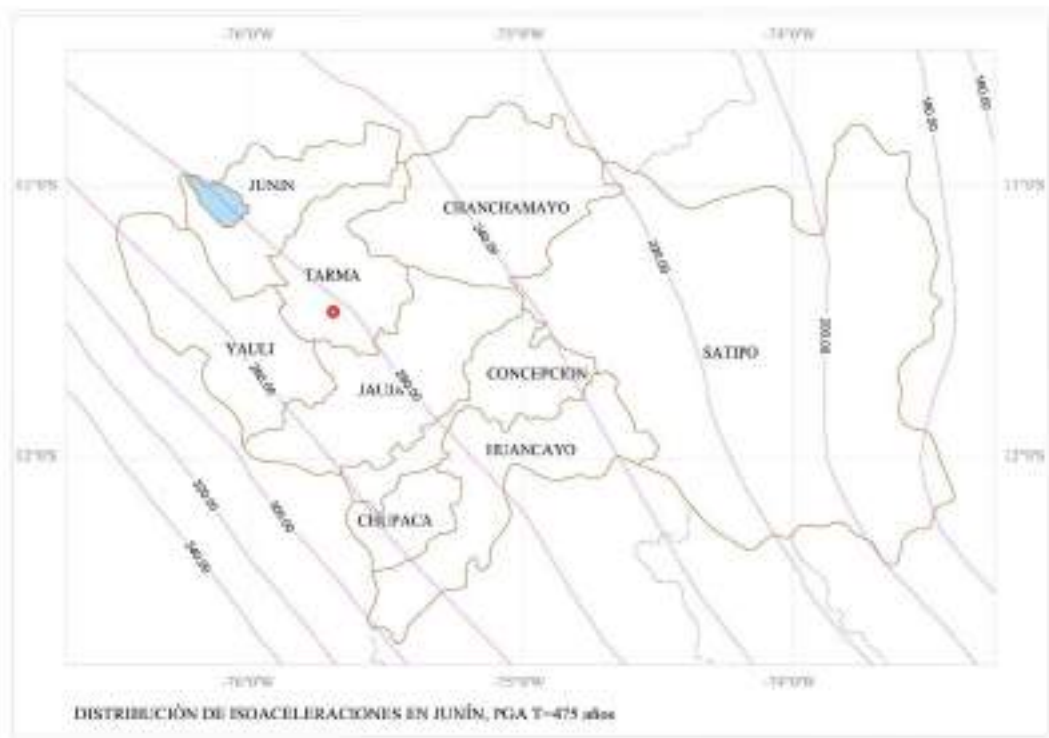


Figura 15. Distribución de isoaceleraciones ( $\text{cm/s}^2$ ) en Junín para 10% de excedencia en 50 años ( $T=475$  años).

Fuente: Tavera H. et al. (IGP, 2017).

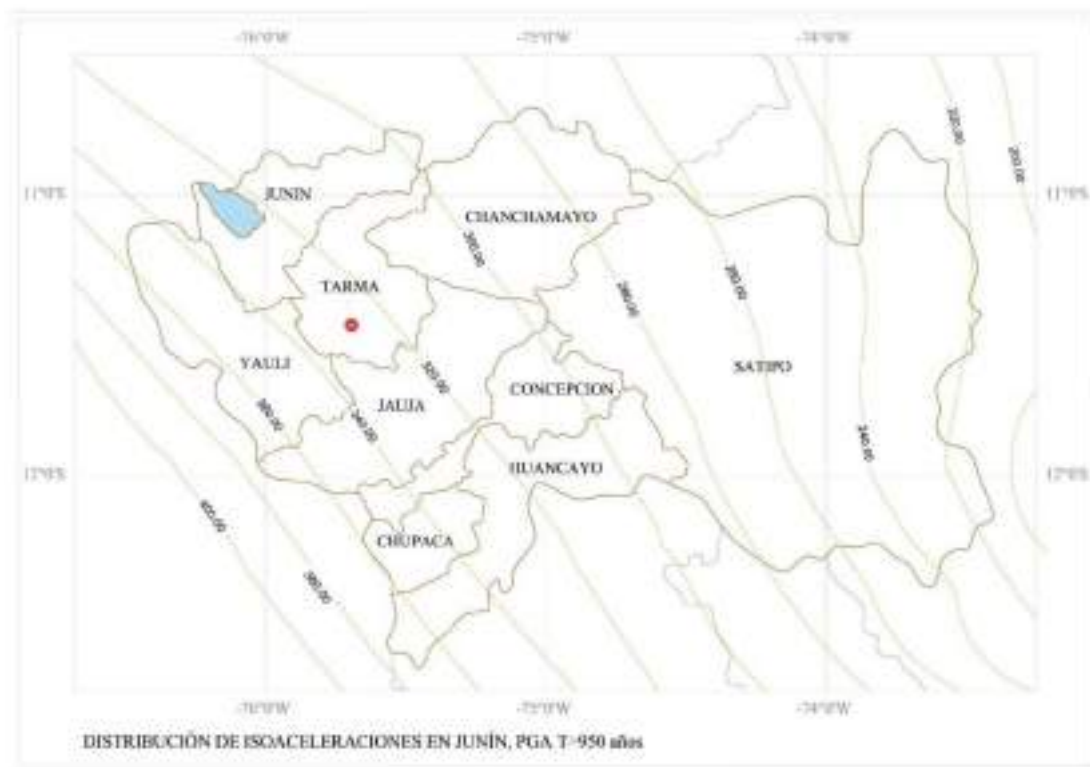


Figura 16. Distribución de isoaceleraciones ( $\text{cm/s}^2$ ) en Junín para 10% de excedencia en 100 años ( $T=950$  años).

Fuente: Tavera H. et al. (IGP, 2017).

### 5.3. Características físico-geográficas

#### 5.3.1. Características geológicas

Del análisis de la documentación estudiada se comprueba que esta es suficiente y completa en el caso de Huancayo, parcial en Jauja e incompleta en Tarma, todas ellas orientadas a información netamente geológica sin vinculación ni enfoque geotécnico.

La cartografía geológica contenida en el Boletín N°16 del INGEMMET: Geología de los cuadrángulos de Tarma describe, las formaciones geológicas emplazadas dentro del ámbito de interés del presente estudio, es decir, abarcando la localidad de Tarma y su entorno inmediato, así como la caracterización geomorfológica y geológica estructural.



### **5.3.2. Geomorfología**

El Valle de Tarma presenta una geomorfológica abrupta, donde sus ríos se han encañonado en sus Valles estrechos, lo que da una geoforma reducida de posibilidades de planicies, aquí se aprovecha por ingenio del campesino al máximo los terrenos de agricultura y la poca disponibilidad de agua, el sistema incaico de terracerías es la respuesta en estas comunidades al poco y escaso recurso, sin embargo, el índice productivo y sus pequeñas parcelaciones han respondido a la naturaleza geomorfológica y sus suelos de alteración de rocas preozoicos de esquistos cloritosos y otras son excelentes suelos de agricultura donde los cultivos de papa sobresalen como en Huasahuasi, Comas y Tarmatambo, otro factor que conjuntamente con la protección a la erosión de los suelos por las terrazas y parcelaciones, es que las lluvias no son tan rigurosas.

### **5.3.3. Geología**

La condición geológica del Valle de Tarma se destaca, que a pesar de la monotonía de sus formaciones geológicas, existen condiciones de inestabilidad de sus vertientes como el factor más negativo para el Valle. Estas son más críticas por la alta sismicidad de la zona que históricamente se dan casos de derrumbes y deslizamientos de cerros, se considera que el Valle de Tarma debe estudiarse más sus condiciones geológicas y geotécnicas dado a que la información existente es incompleta.

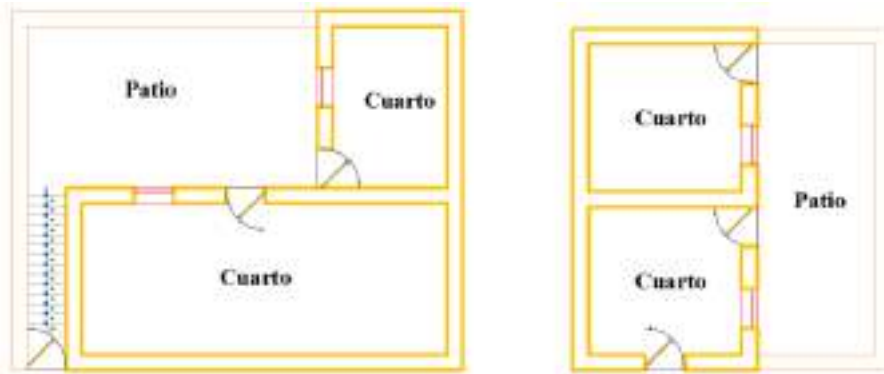
## **5.4. Edificaciones a analizar**

De acuerdo al censo de 2007 (INEI), de las viviendas existentes en la ciudad de Tarma, por material predominante en las paredes el 40% son de ladrillo o bloque de cemento, el 58% son de adobe o tapial, el 1% son de piedra con barro y el 1% de otro material. El número de ocupantes presentes es de 42,500 habitantes con una tasa de crecimiento de 0.7 %.

Según el plano básico de la ciudad de Tarma (Figura 10), se hace un cálculo aproximado de 1500 viviendas de tapial en la periferia de la ciudad de Tarma, a razón de 3 viviendas por 1000 m<sup>2</sup>.

Las viviendas de las zonas visitada son de 2 pisos en general. La planta puede ser rectangular o en forma de L, albergando una pequeña plazoleta como se observa

en la figura 17. Éstas tienen configuraciones sencillas, conformadas por ambientes cuadrados que se repiten en dimensiones en sus dos plantas. Estos ambientes están separados por muros de tabiquería (40 cm), pero que, en su mayoría, siguen estando unidos a la estructura principal.



*Figura 17.* Vivienda en forma rectangular y L.

Fuente: Elaboración propia.

#### **5.4.1. Viviendas en pendiente**

Como se mencionó anteriormente, la topografía del lugar es accidentada, estos barrios ofrecen terrenos de fácil acceso económico, generando que la gente construya sus casas en pendiente.



*Figura 18.* Viviendas en pendiente, barrio Dos de Mayo.

Fuente: Propia, fotografía del barrio Dos de Mayo – Fecha: 04/10/2017.

Los muros de las viviendas ubicadas en la pendiente del cerro están enterrados soportando el empuje lateral del terreno. En las visitas realizadas se observa que todos los muros que soportan empuje lateral no han sido diseñados para actuar bajo este efecto. Asimismo, en una orografía accidentada, las aguas pluviales por medio de la infiltración de las zonas altas, desfogon en la parte baja; humedeciendo las cimentaciones y debilitándolas.

Las áreas de vulnerabilidad alta corresponden a los Barrios de Buenos Aires, Peña Dorada Milagro Norte, Vista Alegre, San Cristóbal, Vista Hermosa, San Juan Cruz las que están más expuestas y presentan índices ligeramente superiores de densidad de población (Plan de Desarrollo Urbano 2014-2024, 2017).



*Figura 19.* Vivienda en pendiente y soportando empujes del terreno.

Fuente: Propia, fotografía del barrio Vista Hermosa – Fecha: 05/10/2017

## Capítulo VI

### Desarrollo de la investigación

#### 6.1. Descripción de la tipología de vivienda

Las edificaciones de dos niveles construidos en tapial de la periferia de la ciudad de Tarma en la región Junín, se clasifican según su tipología en:

Tabla 10

*Clasificación de las edificaciones de tapial de dos niveles en la periferia de la ciudad de Tarma, según su tipología*

<b>Tipología</b>	<b>Nº de lotes</b>	<b>%</b>
Planta rectangular	23	77
Planta en forma de C	0	0
Planta en forma de L	7	23
Planta en forma de T	0	0
Planta en forma de +	0	0
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Elaboración propia.

Las edificaciones seleccionadas para la investigación se basan en criterios desarrollados en el Capítulo 4 y 5. A continuación, se describen las características arquitectónicas y estructurales de las viviendas.

## 6.1.1. Características arquitectónicas

### 6.1.1.1. Dimensiones de la vivienda típica

Las dimensiones típicas de las viviendas ubicadas en la periferia de la ciudad de Tarma son como se describen a continuación:

Tabla 11

*Dimensiones típicas de las viviendas rectangulares*

	Dimensiones de Vivienda (m)				
	Altura 1er Nivel	Altura 2do Nivel	Longitud Frontal	Longitud Lateral	Área de planta
<b>Mínima</b>	2.20	1.80	5.00	3.80	20.00
<b>Mayor</b>	2.70	2.40	14.00	7.00	70.00
<b>Media</b>	2.40	2.10	8.70	4.70	40.80

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12

*Dimensiones típicas de las viviendas en L*

	Dimensiones de Vivienda (m)				
	Altura 1er Nivel	Altura 2do Nivel	Longitud Frontal	Longitud Lateral	Área de planta
<b>Mínima</b>	2.20	1.80	7.00	4.00	40.00
<b>Mayor</b>	2.70	2.40	17.00	5.00	100.00
<b>Media</b>	2.40	2.10	10.10	4.60	64.60

Fuente: Elaboración propia.

Los muros poseen un espesor de 0.40m, con una esbeltez de 4.5 a 6.75. Se presentan medidas mínimas, máximas y medias, esto con el fin de elaborar un esquema promedio que represente a las tipologías de viviendas en tapial de la zona de estudio.



Figura 20. Vivienda en forma de L y rectangular.

Fuente: Propia, fotografía del barrio Dos de Mayo – Fecha: 04/10/2017

### 6.1.1.2. Esquema arquitectónico de la vivienda típica

El esquema de las viviendas presenta los planos de planta y elevación de fachada de las viviendas típicas. Además de la distribución de los ambientes, se incluyen las medidas de los elementos estructurales. El área de terreno y cuadros de vanos.

#### 6.1.1.2.1. Vivienda en forma Rectangular Promedio

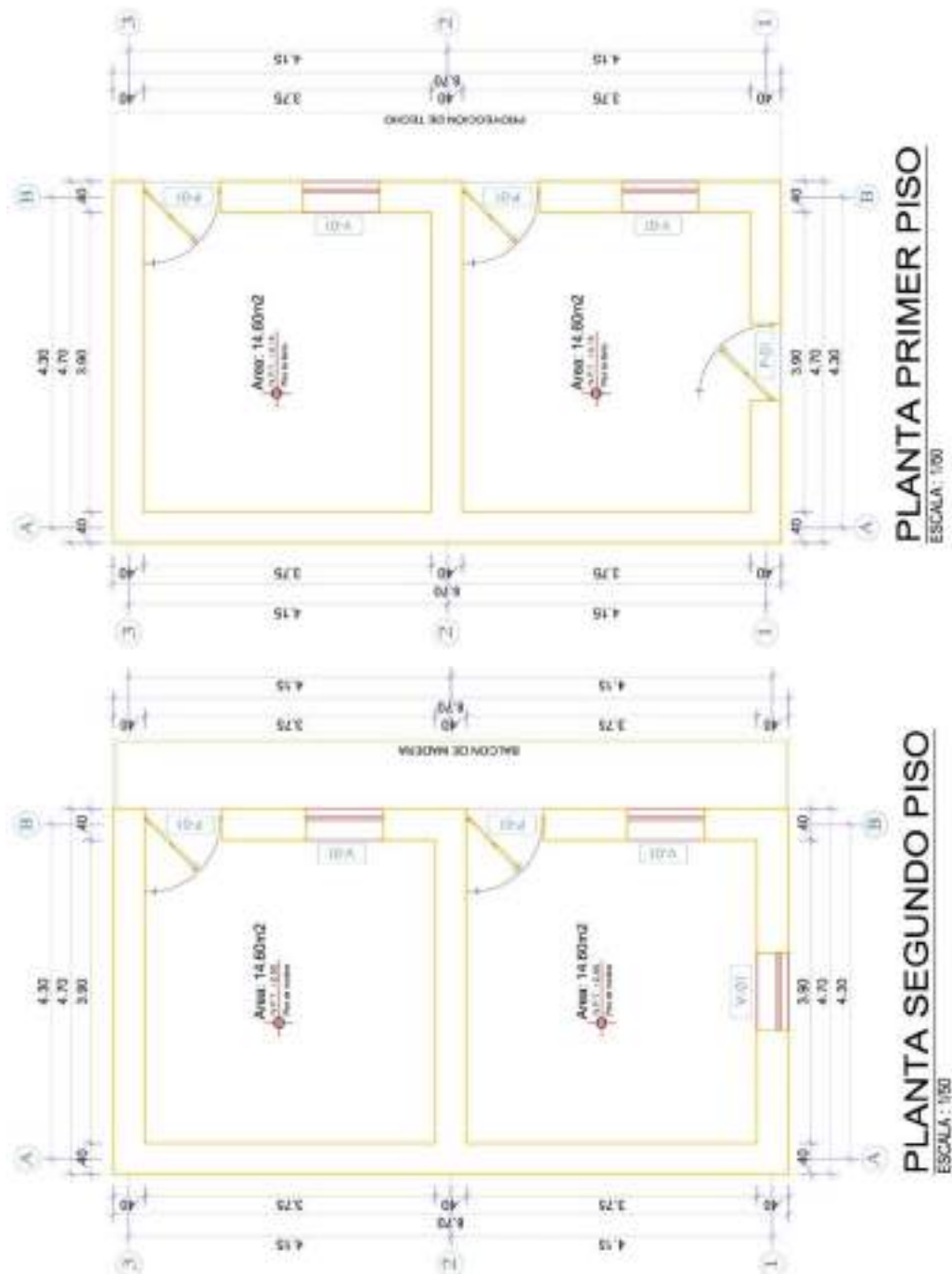


Figura 21. Vista en planta de viviendas en forma rectangular promedio.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13

*Cuadro de ventanas y puertas de viviendas en forma rectangular promedio*

CUADRO DE VENTANAS					CUADRO DE PUERTAS				
TIPO	ANCHO	ALTO	ALFEIZER	CANTIDAD	TIPO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	MATERIAL
V1	1.00	0.80	0.95	05	P1	1.00	1.75	05	METAL

Fuente: Elaboración propia.

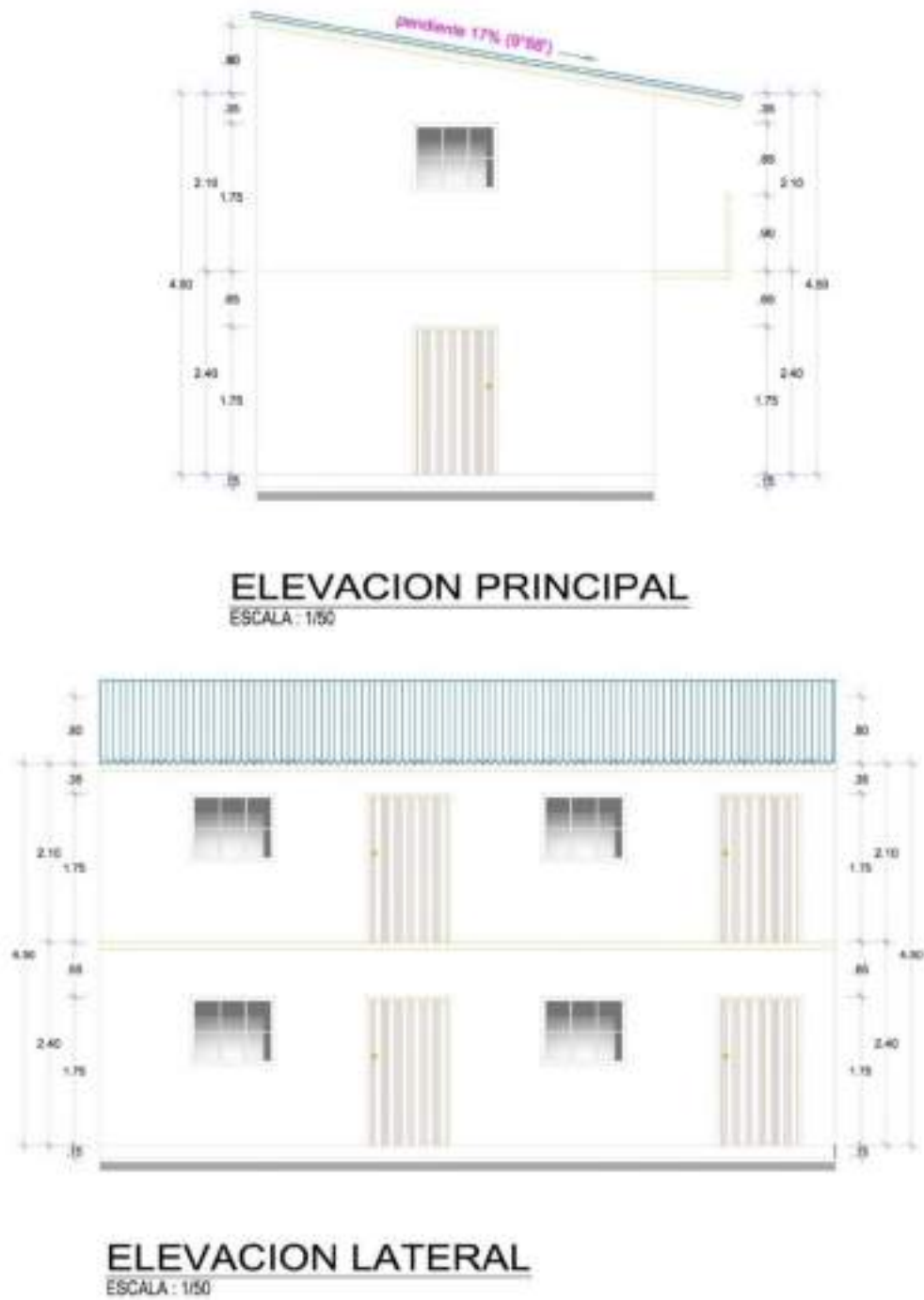


Figura 22. Vista en elevación de viviendas en forma rectangular promedio.

Fuente: Elaboración propia.



6.1.1.2.2. Vivienda en forma de L Promedio

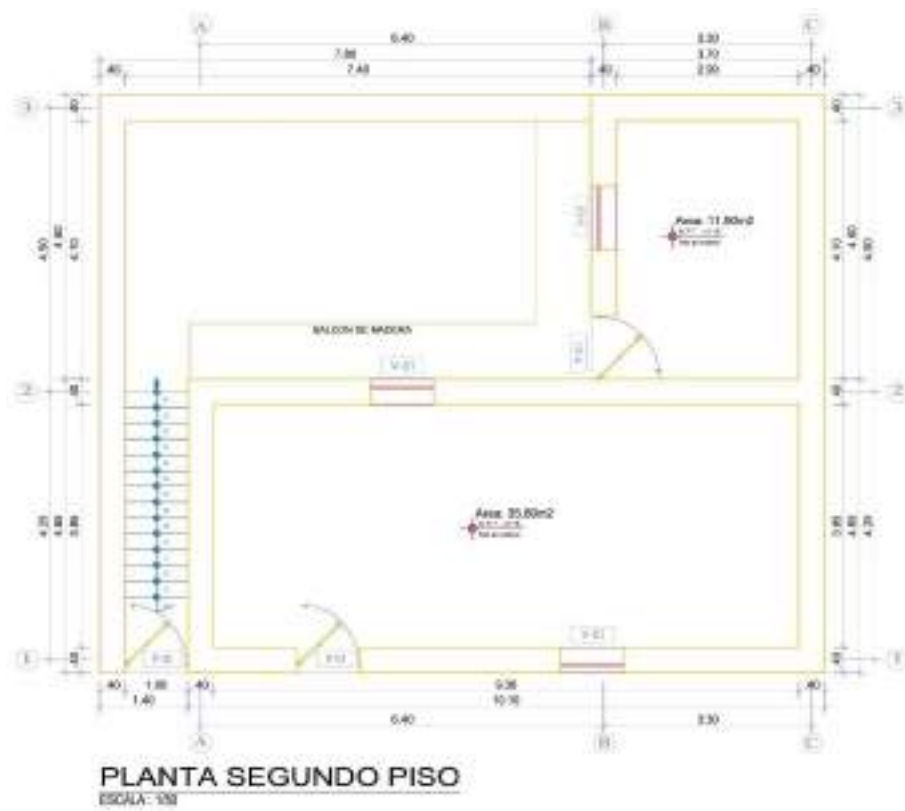
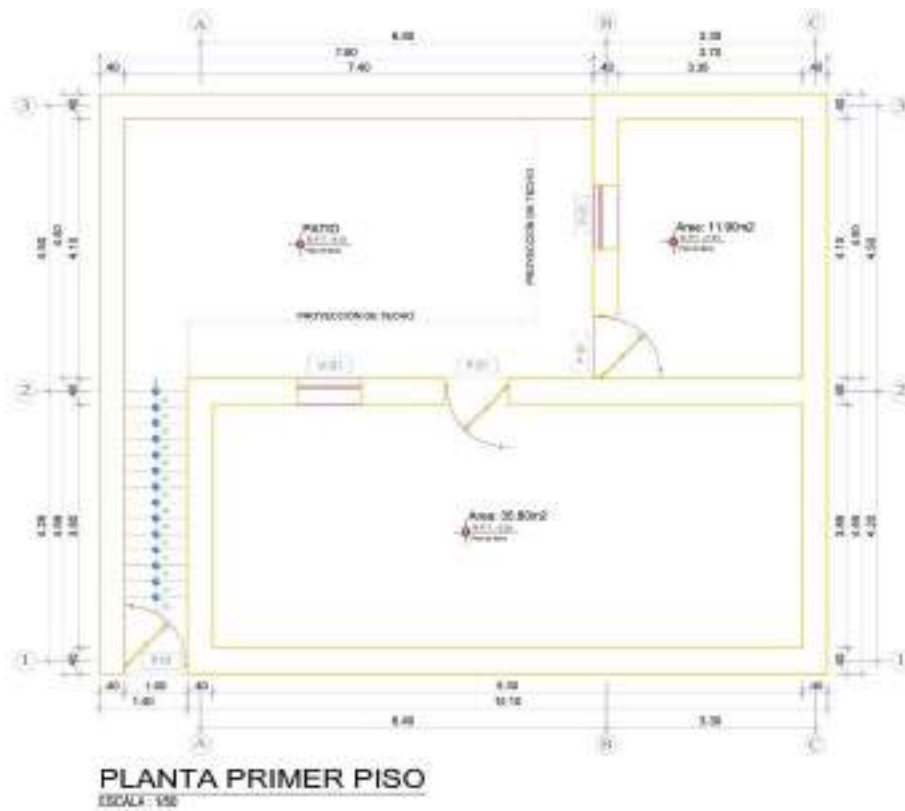


Figura 23. Vista en planta de viviendas en forma de L promedio.

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 14

*Cuadro de ventanas y puertas de viviendas en forma de L promedio*

CUADRO DE VENTANAS					CUADRO DE PUERTAS				
TIPO	ANCHO	ALTO	ALFEIZER	CANTIDAD	TIPO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	MATERIAL
V1	1.00	0.60	0.95	05	P1	1.00	1.75	05	METAL

Fuente: Elaboración propia.

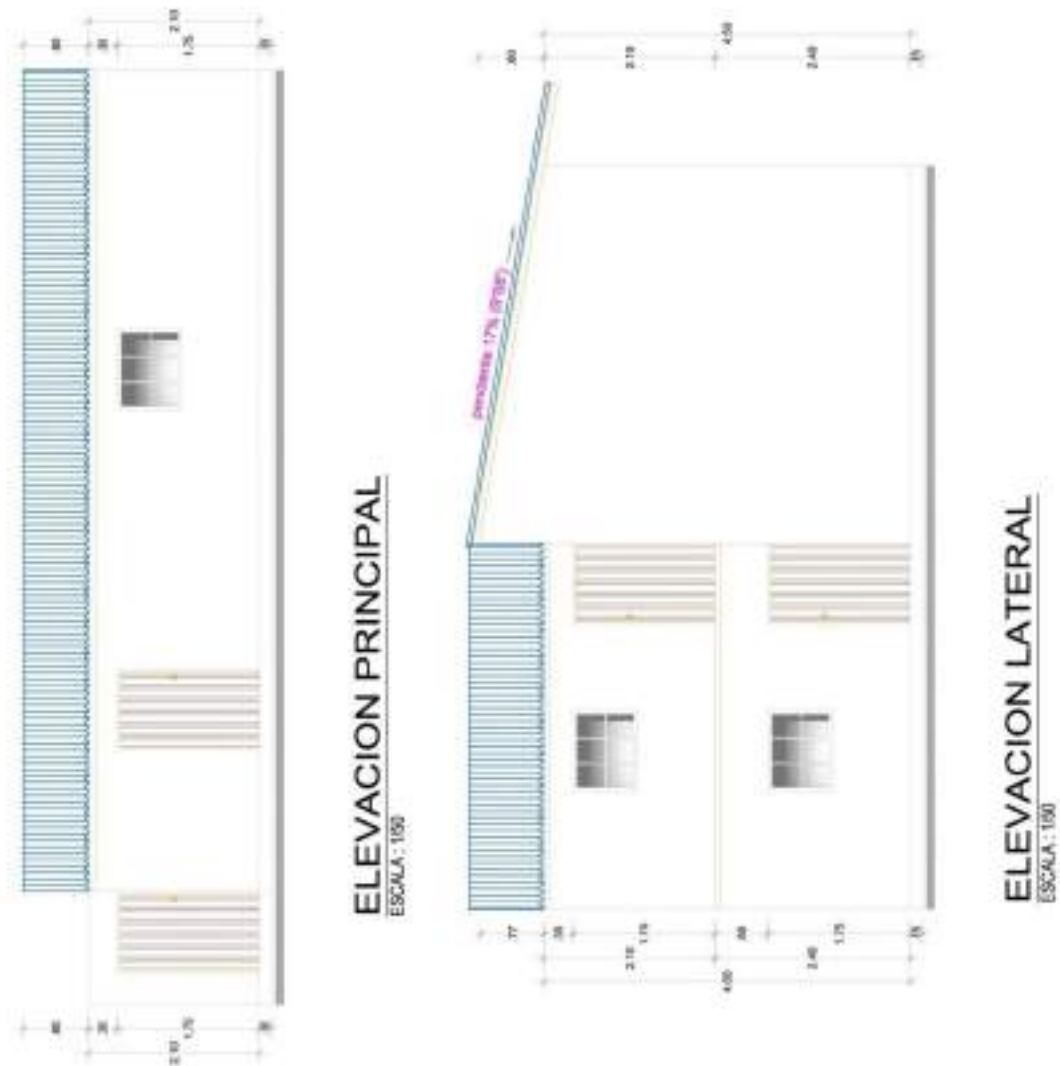


Figura 24. Vista en elevación de viviendas en forma de L promedio.

Fuente: Elaboración propia.

## 6.1.2. Características estructurales

### 6.1.2.1. Materiales usados para la construcción

#### 6.1.2.1.1. Cimientos

La profundidad de la cimentación en la zona de estudio se realiza según el criterio de los maestros de obra del lugar “hasta alcanzar el suelo duro”. En estas inspecciones de estos barrios, el concepto de profundidad de cimentación depende del tipo de suelo, si éste es rocoso o no. La profundidad mínima que ellos aplican es de 0.20 m a 1m y esto depende de la dureza del suelo al excavarlo.

En la cimentación se utilizan piedras redondeadas y/o angulosas. El mortero de este cemento es generalmente barro con material arenoso.

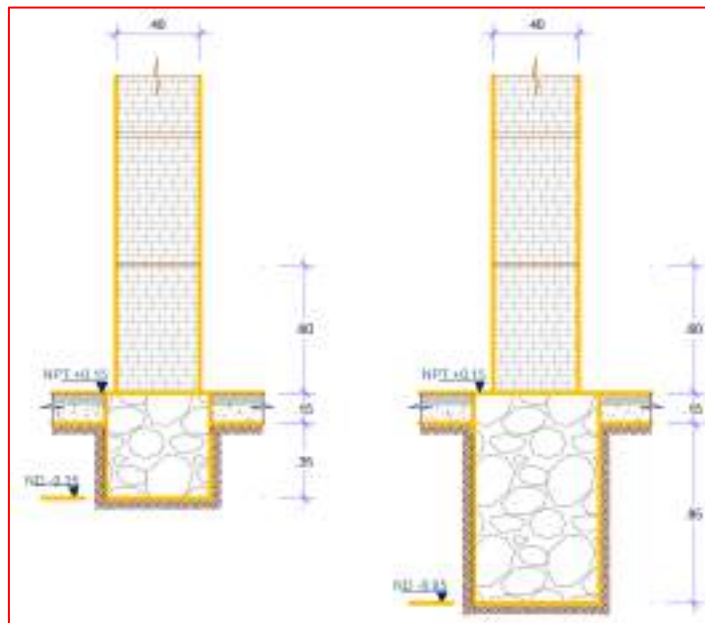


Figura 25. Cimentaciones típicas de viviendas de tapial.

Fuente: Elaboración propia.

#### 6.1.2.1.2. Sobrecimiento

Después de tabular la información de campo, se encontró que solo 3 viviendas de las 30 en estudio poseían sobrecimientos. Los sobrecimientos ascienden sobre el terreno generalmente de 0.10 m a 0.20 m y son del mismo ancho del muro de tapial. Generalmente se suelen colocar zócalos con un pañeteo o enlucido más grueso que el resto del muro y se pintan para generar una mayor protección. Este pañeteo es una

mezcla con mortero de cemento, también se colocan veredas de concreto, caso que solo se da en viviendas de la parte baja de los barrios.



Figura 26. Zócalos y veredas en viviendas de tapial.

Fuente: Propia, fotografías de viviendas en los barrios Dos de mayo y San Cristóbal – Fecha: 04 y 06/10/2017

#### 6.1.2.1.3. *Encofrados*

Las dimensiones del encofrado del tapial en la zona estudiada fueron siempre las misma en cuanto a ancho y alto. Las dimensiones promedio están en el orden de 1.55 m de largo x 0.45 m de ancho x 0.60 m de alto.

Largo: de 1.20m a 1.90 m.

Ancho: 0.45 m.

Alto: 0.60 m.

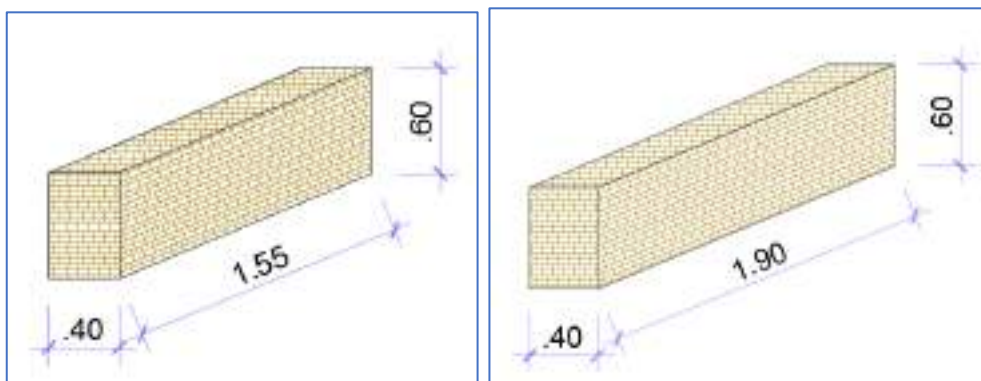


Figura 27. Dimensiones promedio del encofrado del tapial.

Fuente: Elaboración propia.

#### 6.1.2.1.4. Muros

Las figuras a continuación muestran la forma de asentado más representativa para los muros portantes (aquellos que soportan la carga vertical de entrepiso y los muros superiores).

Cada hilada está compuesta por tapias asentados en sogas, colocadas alternando la posición por cada hilada.



*Figura 28.* Asentado típico de muros de tapial.

Fuente: Propia, fotografía de vivienda en el barrio El Progreso – Fecha: 03/10/2017.



*Figura 29.* Asentado típico de muros de tapial en esquina.

Fuente: Propia, fotografía de vivienda en el barrio El Progreso – Fecha: 03/10/2017.

### 6.1.2.1.5. Vanos de puertas y ventanas

Los vanos de las puertas y ventanas presentan dinteles constituidos por dos o más vigas de madera, cuya sección aproximada es de 0.15 m x 0.10 m, las cuales se empotran en el muro al menos 0.40 m a cada lado del vano.



Figura 30. Vano de puerta.

Fuente: Propio, fotografía de vivienda en el barrio el Progreso – Fecha: 03/10/2017.

En los barrios encuestados, los vanos de las viviendas de dos pisos han guardado similitud en la dimensión de puertas y ventanas que a su vez han guardado continuidad en altura, se encuentran centrados y conservan la rigidez de la vivienda.

Tabla 15

Medidas de puertas y ventanas

	Puertas		Ventanas	
	Mín. (m)	Max. (m)	Mín. (m)	Max. (m)
<b>Ancho</b>	0.80	1.20	0.60	1.20
<b>Alto</b>	1.65	1.90	0.60	1.00
<b>Alféizar</b>	-	-	0.90	0.95

Fuente: Elaboración propia.

#### 6.1.2.1.6. Entrepisos

Las vigas de entrepiso de madera van apoyadas en dos muros de tapial en la dirección más corta y son llamadas por los pobladores “terrados”, estas vigas cumplen la función de transmitir las cargas verticales del entrepiso hacia los muros. Las dimensiones usuales en la zona son de 4”x 6” o madera rolliza de Ø 6” y su espaciamiento es de 0.80 m. aproximadamente. Estas vigas también cumplen la función de conectar a estos muros, aunque no se hicieron con esa función ayudan a un mejor comportamiento sísmico. La conexión de estas vigas con los muros es simplemente apoyada en el muro, por lo que no es tan eficiente como si estuviera clavada a una solera o al muro.



Figura 31. Vigas de entrepiso, terrados.

Fuente: Propia, fotografía de vivienda en el barrio Peña Dorada – Fecha: 07/10/2017

#### 6.1.2.1.7. Techos

Las viviendas en tapial presentan gran variedad de tipos de estructura de cubierta. En general se presentan vigas principales llamadas “palizadas”, de dimensiones 3”x 4” o madera rolliza de Ø 4” espaciadas a 1.00 m y viguetas secundarias de madera colocadas en el sentido transversal, estos cubiertos con calamina o teja. Estas pequeñas viguetas de madera son llamadas “listones” y sus dimensiones son de 2”x 1”.



Las palizadas y las Listones se apoyan en los muros perimétricos de manera muy simple.

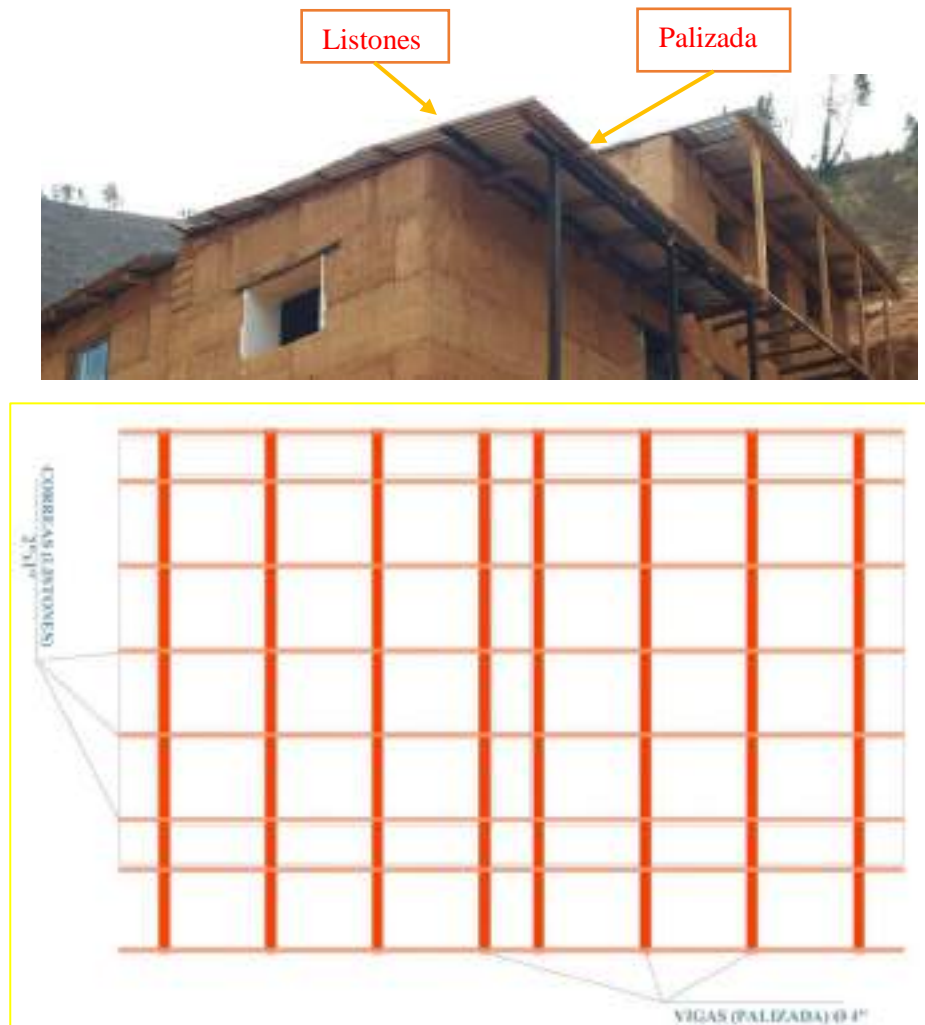


Figura 32. Cubierta de viviendas en tapial.

Fuente: Propia, fotografía de vivienda en el barrio el Progreso – Fecha: 03/10/2017.

### 6.1.2.2. Propiedades mecánicas de los materiales

A nivel nacional e internacional se han venido realizando ensayos de laboratorio para determinar las propiedades de peso específico, compresión axial, esfuerzos cortantes, coeficiente de Poisson, etc. Valores que se asemejan mucho entre sí, como el caso de Perú, Ecuador y Colombia, como lo menciona SENCICO.

Arto (2014), elabora las siguientes tablas a partir de los datos recogidos por doce autores diferentes. En ella se puede apreciar una uniformidad importante en algunas de las características y a la vez una importante desviación respecto de otros.

Tabla 16

*Características mecánicas del tapial I*

<b>Autor</b>	<b>Densidad kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Compresión MPa</b>	<b>Tracción MPa</b>	<b>Cortante MPa</b>	<b>Probeta cm</b>
Hall	2.020 - 2.160	0,75 - 1,46	-	-	cubo de 10
Lilley	1.870 - 2.170	1,80 - 2,00	-	-	cubo de 15
Maniatidis	1.850	3,88	-	-	cilindro d=10 h=20
Jaquin	-	0,60 - 0,70	-	-	probeta l=10 a=10 =30
Gonzalez	2.250	2,45	0,29	-	cilindro d=15 h=30
Novamooz	2.000	-	-	-	cilindro d=7 h=2
Aymat	2.000	1,50	0,29	-	vv.aa.
Tao	-	1,60	-	0,20	probeta l=30 a=16=8
Bui	2.000	-	-	-	probeta l=40 a=40 h=65
Xu	1.485	-	-	0,18	cilindro d=15 h=30
Gomes	1.900	0,67	0,13	0,08	datos de NZ4297
Angúlo	2.000	-	-	0,03	vv.aa.

Fuente: Arto I. (2014)

Tabla 17

*Características mecánicas del tapial II*

<b>Autor</b>	<b>Modulo elástico E MPa</b>	<b>Coef. Poisson <math>\nu</math></b>	<b>Modulo elasticidad transversal G MPa</b>	<b>Angulo de fricción interno <math>\theta</math></b>
Hall	-	-	-	-
Lilley	-	-	-	-
Maniatidis	250	-	-	-
Jaquin	60	-	-	-
Gonzalez	922	0,30	355	-
Novamooz	-	0,33	-	-
Aymat	-	-	-	-
Tao	-	-	-	-
Bui	100 - 500	0,22 - 0,40	41 - 180	-
Xu	125	0,35	46	14
Gomes	200	0,35	74	-
Angúlo	500	0,20	208	-

Fuente: Arto I. (2014)

Por otro lado, en la investigación realizada por el ININVI en convenio con el Laboratorio de Estructuras del Departamento de Ingeniería (LEDI) de la PUCP, establecen los valores de la NTP E.080, se indica el procedimiento de ensayo que se ha seguido, el mismo que deberá ser utilizado en sucesivos ensayos para que éstos sean comparables. El Comité de la NTP E.080, propuso para la tierra como material de construcción, sea de adobe o tapial, los siguientes valores:



Tabla 18

Valores de la Norma E.080 – SENCICO 2017.

<b>Esfuerzos de rotura mínimos</b>	<b>MPa</b>	<b>Kgf/cm<sup>2</sup></b>
Resistencia Última del Material Tierra a Compresión.	1,0	10,2
Resistencia Última del Material Tierra a la Tracción.	0,08	0,81
Resistencia Última del Mortero a la Tracción.	0,012	0,12
Resistencia Última del Murete de Tierra a la Compresión.	0,6	6,12
Resistencia Última del Murete a Tracción Indirecta.	0,025	0,25
Resistencia última de Muros a Tracción por Flexión.	0,14	1,42
Módulo de Elasticidad de los Muros de Tierra	200	2040

Fuente: NTP E.080 (SENCICO, 2015).

De acuerdo a la Norma los esfuerzos admisibles se deben calcular tomando un coeficiente de seguridad de 2,5 por variación de calidad en material, calidad de ejecución y evaluación de las cargas. En caso de no realizar los ensayos de laboratorio se considerará un coeficiente de seguridad de 3.

### **6.1.2.3. Normas y cargas de diseño**

Para el análisis de la tipología de vivienda de 2 pisos construida en tapial se emplea los siguientes códigos y normas del Reglamento Nacional de Edificaciones:

- Norma E.020 de Cargas.
- Norma E.030 de Diseño sismorresistente.
- Norma E.050 de Suelos y cimentaciones.
- Norma E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada.

## **6.2. Cálculo del índice de vulnerabilidad**

Se calcularon los índices de vulnerabilidad para las edificaciones de dos niveles construidas en tapial de la periferia de la ciudad de Tarma. Este cálculo se realiza conforme a los parámetros descritos anteriormente e implementados en el entorno Excel; en este proceso se agrega nuevos campos a la base de datos entre los cuales se encuentra los 11 parámetros del índice de vulnerabilidad y el valor correspondiente al índice de daño para las diferentes intensidades.

Para el cálculo del índice de vulnerabilidad se utilizaron las siguientes expresiones:

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i * W_i \quad \text{Ecuación 1}$$

Tabla 19

*Escala de vulnerabilidad de Benedetti-Petrini para edificaciones de mampostería (tapial)*

	<b>Parámetro</b>	<b>Ki(A)</b>	<b>Ki(B)</b>	<b>Ki(C)</b>	<b>Ki(D)</b>	<b>Wi</b>
1	Organización del sistema resistente.	0	5	20	45	1,00
2	Calidad del sistema resistente.	0	5	25	45	0,25
3	Resistencia convencional.	0	5	25	45	1,5
4	Posición del edificio y cimentación.	0	5	25	45	0,75
5	Diafragmas horizontales.	0	5	15	45	1,0
6	Configuración en planta.	0	5	25	45	0,5
7	Configuración en elevación.	0	5	25	45	1,0
8	Distancia entre columnas.	0	5	25	45	0,25
9	Tipo de cubierta.	0	15	25	45	1,0
10	Elementos no estructurales.	0	0	25	45	0,25
11	Estado de conservación.	0	5	25	45	1,0

Fuente: Benedetti-Petrini (1985)

Al analizar la ecuación se puede deducir que el índice de vulnerabilidad define una escala continua de valores desde 0 hasta 382,5 que es el máximo valor posible. Como puede verse en la Tabla 19, los parámetros 1, 2, 4, 5, 9, 10 y 11 son de naturaleza descriptiva y quedan definidos completamente por los alcances que se presentan más adelante. Por el contrario, los parámetros 3, 6, 7 y 8 son de naturaleza cuantitativa y requieren de ciertas operaciones matemáticas (Castro, 2015).

La ecuación 1 y la Tabla 19 son complementadas con el Anexo 6 utilizada para edificaciones de mampostería (adobe, tapial y albañilería):

A continuación, se detalla los resultados obtenidos calificando la clase a la cual pertenecen las edificaciones en cada uno de los 11 parámetros, de acuerdo a la base de datos procesada en el área de estudio.

### **6.2.1. Resultados de los 11 parámetros por clase y tipología**

Para obtener los índices de vulnerabilidad de cada una de las edificaciones de la periferia de la ciudad de Tarma, se realizaron visitas de campo periódicas a la zona en

estudio; De esta forma se pudo analizar cada parámetro de la metodología del índice de vulnerabilidad, para luego asignar las correspondientes calificaciones, obteniendo mediante la aplicación de la fórmula que caracteriza al método, el respectivo índice de vulnerabilidad para cada edificación de acuerdo a la tipología estructural.

Se estudiaron un total de 30 edificaciones, las cuales se han clasificado en tres (02) grupos y se detallan en la siguiente imagen:

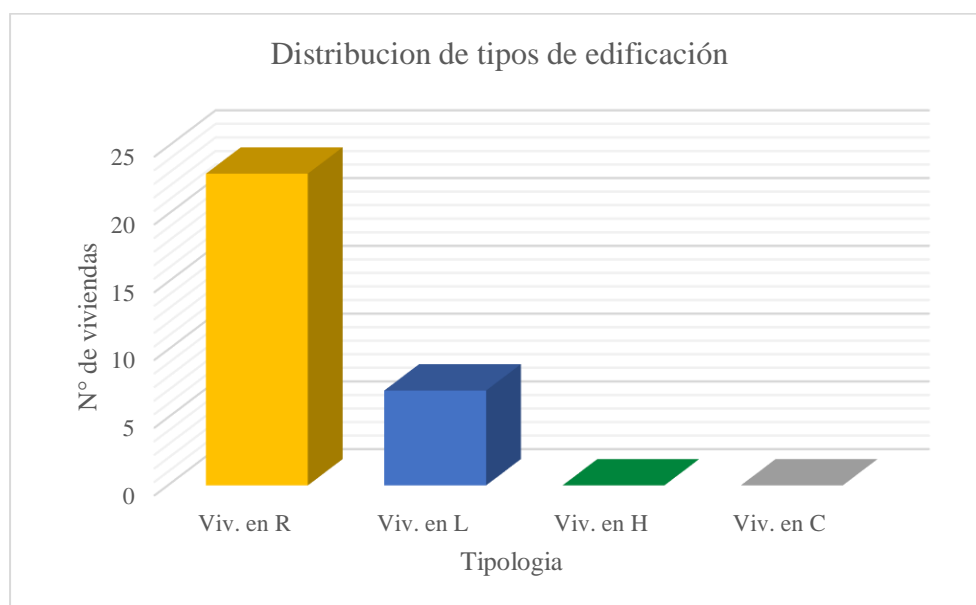


Figura 33. Distribución de tipos de edificación.

Fuente: Elaboración propia.

Para la evaluación de las edificaciones se utilizaron una ficha de evaluación correspondiente a cada tipología (ver Anexo 6), en donde se describen cada uno de los 11 parámetros evaluados, cuyos resultados se detallan a continuación:

### 6.2.1.1. Parámetro 1: Tipo y organización del sistema resistente.

Tabla 20

Resultados del parámetro 1

Clases	Viviendas rectangulares		Viviendas en L	
	Nº lotes	%	Nº lotes	%
<b>A</b>	0	0.0	0	0.0
<b>B</b>	0	0.0	0	0.0
<b>C</b>	23	100.0	0	0.0
<b>D</b>	0	0.0	7	100.0
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>100</b>	<b>7</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

El total de propietarios de las viviendas encuestadas manifestaron no haber contratado algún tipo de servicio de asesoría técnica y en su mayoría fueron construidos sin tomar en cuenta criterios técnicos; como consecuencia de ello se presentan los resultados para cada tipología.



*Figura 34.* Edificación de tapial sin arriostramiento horizontal.

Propia, fotografía de vivienda en el barrio el San Bartolomé – Fecha: 26/09/2017.

#### **6.2.1.2. Parámetro 2: Calidad del sistema resistente**

Tabla 21

*Resultados del parámetro 2*

Clases	Viviendas rectangulares		Viviendas en L	
	Nº lotes	%	Nº lotes	%
<b>A</b>	0	0.0	0	0.0
<b>B</b>	6	26.1	2	28.6
<b>C</b>	17	73.9	5	71.4
<b>D</b>	0	0.0	0	0.0
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>100</b>	<b>7</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

Las edificaciones de tapial en la periferia de la ciudad de Tarma tienen en promedio una antigüedad de 22 años, por lo que la calidad actual de éstos es mala. Por tal motivo el resultado de la evaluación de este parámetro para viviendas en R es del 26.1% para la clase B y 73.9% para la clase C siendo esta la calificación más crítica.



Figura 35. Buena calidad de sistema resistente, adecuado trabazón.

Propia, fotografía de vivienda en el barrio el San Cristóbal – Fecha: 06/10/2017.

### 6.2.1.3. Parámetro 3: Resistencia convencional.

Tabla 22

Resultados del parámetro 3

Clases	Viviendas rectangulares		Viviendas en L	
	Nº lotes	%	Nº lotes	%
A	0	0.0	0	0.0
B	0	0.0	0	0.0
C	16	69.6	5	71.4
D	7	30.4	2	28.6
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>100</b>	<b>7</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del tapial, el 100% de las edificaciones fueron asignadas a las clases C y D, ya que estas edificaciones tienen una densidad de muros en una dirección (la más corta) la cual es insuficiente ya que por su gran peso la fuerza sísmica también será considerable y el adobe no será capaz de resistir tales fuerzas.



Figura 36. Edificación de adobe sin una adecuada cantidad de muros ortogonales.

Propia, fotografía de vivienda en el barrio el Progreso – Fecha: 03/10/2017.

#### 6.2.1.4. Parámetro 4: Posición del edificio y cimentación.

Tabla 23

*Resultados del parámetro 4*

Clases	Viviendas rectangulares		Viviendas en L	
	Nº lotes	%	Nº lotes	%
<b>A</b>	0	0.0	0	0.0
<b>B</b>	3	13.0	1	14.3
<b>C</b>	19	82.6	6	85.7
<b>D</b>	1	4.3	0	0.0
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>100</b>	<b>7</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

El 100% de las viviendas encuestadas se ubican sobre pendientes pronunciadas, por lo cual los pobladores han tenido que realizar cortes del terreno de hasta 10 metros de profundidad. Por otro lado, al ser urbanizaciones nuevas las carreteras carecen de un adecuado asfalto y drenaje pluvial, por lo que muchas viviendas sufren filtraciones y presencia de humedad en temporadas de lluvia.



*Figura 37.* Edificación de tapial con presencia de humedad en el sobrecimiento y muros.

Propia, fotografía de vivienda en el barrio Dos de Mayo – Fecha: 04/10/2017.

### 6.2.1.5. Parámetro 5: Diafragma horizontal.

Tabla 24

*Resultados del parámetro 5*

Clases	Viviendas rectangulares		Viviendas en L	
	Nº lotes	%	Nº lotes	%
A	0	0.0	0	0.0
B	13	56.5	6	85.7
C	9	39.1	1	14.3
D	1	4.3	0	0.0
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>100</b>	<b>7</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

Las edificaciones de tapial con techo compuesto de caña, barro y tejas comprenden la minoría con 13% mientras el uso de calaminas galvanizadas es extendido la periferia de la ciudad, se da en un 87% siendo su instalación más rápida y liviana en peso.

En el caso de viviendas rectangulares y en L, el 100% fueron asignadas a la clase B y C, debido a que estas edificaciones contienen diafragmas conformados por viguetas y listones de madera en buen estado con ciertas deficiencias y en estado deflactado respectivamente.



*Figura 38.* Edificación de tapial con entrepiso de viga y entablado.

Propia, fotografía de viviendas en el barrio Peña Dorada – Fecha: 07/10/2017.



### 6.2.1.6. Parámetro 6: Configuración en planta.

Tabla 25

Resultados del parámetro 6.

Clases	Viviendas rectangulares		Viviendas en L	
	Nº lotes	%	Nº lotes	%
A	3	13.0	0	0.0
B	5	21.7	0	0.0
C	14	60.9	1	14.3
D	1	4.3	6	85.7
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>100</b>	<b>7</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que la mayoría de edificaciones no presentan una aceptable simetría en planta, por lo que se encuentran inmersas en la clase “C”, donde se presentan irregularidades en planta, cabe resaltar que todas las viviendas en L son irregulares.



Figura 39. Edificación de tapial con una adecuada distribución de masas.

Propia, fotografía de viviendas en el barrio El Progreso – Fecha: 03/10/2017.

### 6.2.1.7. Parámetro 7: Configuración en elevación.

La inadecuada configuración en elevación conlleva a problemas como son el de piso blando, el cual se produce cuando se presenta un cambio muy brusco de rigidez entre pisos consecutivos.

En la mayoría de edificaciones se observó que no presentan irregularidad en altura, por lo tanto, no poseen variación de masas.



Tabla 26

Resultados del parámetro 7.

Clases	Viviendas rectangulares		Viviendas en L	
	Nº lotes	%	Nº lotes	%
A	0	0.0	0	0.0
B	23	100.0	7	100.0
C	0	0.0	0	0.0
D	0	0.0	0	0.0
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>100</b>	<b>7</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.



Figura 40. Edificación de tapial de tres niveles.

Propia, fotografía de viviendas en la periferia de la ciudad de Tarma (2017).

Durante el desarrollo de las encuestas, fue común observar, aunque en minoría, viviendas de tres niveles. Muchas de ellas combinan el tapial con albañilería además de losas aligeras o macizas. En el presente estudio no se analizaron, puesto que se delimito solo viviendas de dos niveles, quedando pendiente su estudio a futuro.

#### 6.2.1.8. Parámetro 8: Distancia máxima entre muros o columnas.

En el caso de las viviendas de la periferia de la ciudad de Tarma, la calificación se realizó en base a que los elementos resistentes no pueden estar muy distanciados, evaluándose la distancia máxima entre muros transversales, esta distancia no debe superar 10 veces el espesor de los muros.

Tabla 27

Resultados del parámetro 8.

Clases	Viviendas rectangulares		Viviendas en L	
	N° lotes	%	N° lotes	%
<b>A</b>	0	0.0	0	0.0
<b>B</b>	0	0.0	0	0.0
<b>C</b>	0	0.0	0	0.0
<b>D</b>	23	100.0	7	100.0
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>100</b>	<b>7</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.



Figura 41. Edificación de tapial con excesiva separación de muros.

Propia, fotografía de vivienda en el barrio San Bartolomé – Fecha: 26/09/2017.

#### 6.2.1.9. Parámetro 9: Tipo de cubierta.

Tabla 28

Resultados del parámetro 9.

Clases	Viviendas rectangulares		Viviendas en L	
	N° lotes	%	N° lotes	%
<b>A</b>	5	21.7	0	0.0
<b>B</b>	7	30.4	6	85.7
<b>C</b>	10	43.5	0	0.0
<b>D</b>	1	4.3	1	14.3
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>100</b>	<b>7</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

Las edificaciones de tapial existentes en la zona de estudio presentan cubiertas inestables de material liviano en malas condiciones; siendo estos calificados con la clase "C", pues la falta de una longitud de apoyo adecuado de los elementos principales

de la cubierta, facilita que se presente la pérdida del apoyo y el consecuente colapso de la estructura por los desplazamientos inducidos en los muros portantes.



*Figura 42.* Edificación de tapial con techo de vigas de madera y calamina en mal estado.

Propia, fotografía de vivienda en el barrio El Progreso – Fecha: 03/10/2017.

#### **6.2.1.10. Parámetro 10: Elementos no estructurales.**

Tabla 29

*Resultados del parámetro 10.*

Clases	Viviendas rectangulares		Viviendas en L	
	Nº lotes	%	Nº lotes	%
<b>A</b>	1	4.3	1	14.3
<b>B</b>	12	52.2	5	71.4
<b>C</b>	0	0.0	1	14.3
<b>D</b>	0	0.0	0	0.0
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>56.5217391</b>	<b>7</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

Las construcciones de tapial presentan balcones simples, que son la continuación de las vigas de entepiso, que a su vez sirven de apoyo a las gradas (escaleras) sin ningún tipo de anclaje, cuyo desplome en el caso de un sismo representan un peligro. Parte de la tipología también es la colocación de barandas de madera o metálicas en los balcones, los cuales son anclados a las vigas de entepiso.



Figura 43. Edificación de tapial con balcón y gradas típicas.

Propia, fotografía de vivienda en el barrio El Progreso – Fecha: 03/10/2017.

#### 6.2.1.11. Parámetro 11: Estado de conservación.

Tabla 30

Resultados del parámetro 11.

Clases	Viviendas rectangulares		Viviendas en L	
	Nº lotes	%	Nº lotes	%
<b>A</b>	5	21.7	1	14.3
<b>B</b>	8	34.8	4	57.1
<b>C</b>	9	39.1	2	28.6
<b>D</b>	1	4.3	0	0.0
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>100</b>	<b>7</b>	<b>100</b>

Fuente: Propia, elaboración en base a datos estadísticos (2017).



Figura 44. Edificación de tapial en mal estado de conservación.

Propia, fotografía de vivienda en el barrio San Bartolomé – Fecha: 26/09/2017.

De las edificaciones de tapial existentes en la zona de estudio se encuentran en mal estado de conservación, siendo estos calificados con las clases “B”, “C” y “D”, pues la falta de un adecuado mantenimiento facilita que se presente el deterioro en dichas edificaciones. En su mayoría el mayor agente de deterioro es la humedad y lluvias, debido a la ausencia de sobrecimientos son estas las áreas más dañadas.

### 6.3. Cálculo del índice de daño

Las edificaciones en la periferia de la ciudad de Tarma, son predominantemente: viviendas, tiendas y restaurantes, por lo que se han usado sismos con un periodo de retorno influyente en la vida útil de estas edificaciones. Según el comité VISION2000 (SEAOC, 1995), estos sismos se detallan en la Tabla 31.

Tabla 31

Sismos recomendados por el comité visión 2000 del SEAOC

ismo	Vida útil	Probabilidad de excedencia	Periodo de retorno
Frecuente	30 años	50%	45 años
Ocasional	50 años	50%	75 años
Raro	50 años	10%	475 años
Muy raro	100 años	10%	950 años

Fuente: VISION 2000 – SEAOC (1995).

Así mismo el ATC-40 (1996), propone tres niveles de amenaza correspondiente a movimientos sísmicos, los cuales se muestran en la Tabla 32; siendo SD el sismo de diseño, al cual le corresponde una aceleración esperada que usualmente se propone en los códigos para edificaciones convencionales y se espera que ocurra al menos una vez en la vida útil de la edificación.

Tabla 32

Sismos propuestos por el ATC-40

Sismo	Vida útil	Probabilidad de excedencia	Periodo de retorno	Aceleración esperada	Probabilidad de ocurrencia
Servicio	50 años	50%	75 años	(0.5) SD	Frecuente
Diseño	50 años	10%	475 años	SD	Raro
Máximo	50 años	5%	950 años	(1.25-1.5) SD	Muy raro

Fuente: ATC-40 (1996).



Haciendo uso de las aceleraciones halladas en el capítulo V, de las propuestas por Alva - Castillo, Aguilar - Gamarra y de las Tablas 31 y 32, se hallaron los siguientes sismos de diseño para diferentes períodos de retorno:

Tabla 33

*Aceleraciones máximas esperadas para distintos sismos en Tarma. Alva-Castillo (1993), Visión 2000 (1995) y ATC-40 (1996).*

Sismo	Vida útil	Probabilidad de excedencia	Período de retorno	Aceleración máxima esperada en roca
Frecuente	50 años	50%	75 años	0,20 g
Raro	50 años	10%	475 años	0,26 g
Muy raro	100 años	10%	950 años	0,33 g

Fuente: Propia (2017).

### 6.3.1. Funciones de vulnerabilidad

La función de vulnerabilidad de una estructura es aquella que describe gráfica o matemáticamente su vulnerabilidad para varias intensidades del movimiento del terreno, siendo estas intensidades utilizadas preferiblemente por valores tales como la aceleración máxima del terreno o grados en escalas macrosísmicas.

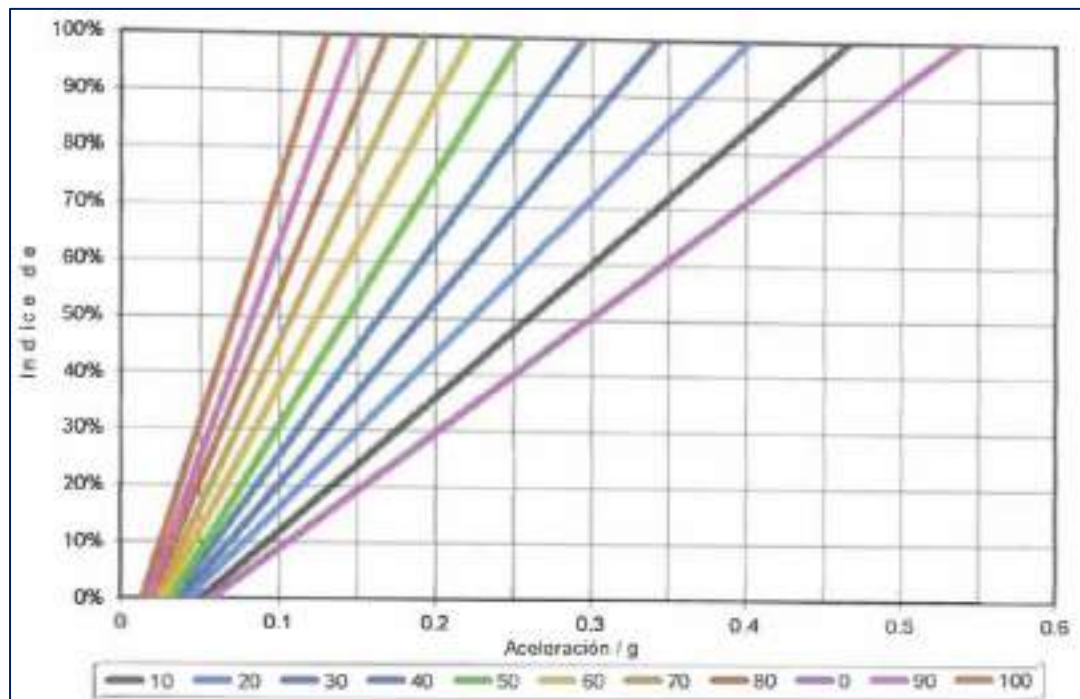


Figura 45. Funciones de vulnerabilidad-daño-aceleración para estructuras de mampostería sin refuerzo, adobe y tapial.

Fuente: Quispe A. (2004)

Para estimar el daño estructural se aplicó funciones de vulnerabilidad calibradas para edificaciones de mampostería, adobe y tapial, que relacionan el Índice de vulnerabilidad ( $I_v$ ) con el índice de daño (ID), condicionado sobre las aceleraciones horizontales del suelo debido a un sismo propuesto. Se utilizó las funciones de vulnerabilidad empleadas por Quispe (Figura 46) basado en las relaciones promedio de daño para diferentes tipos de construcción del proyecto SISRA (Figura 47).

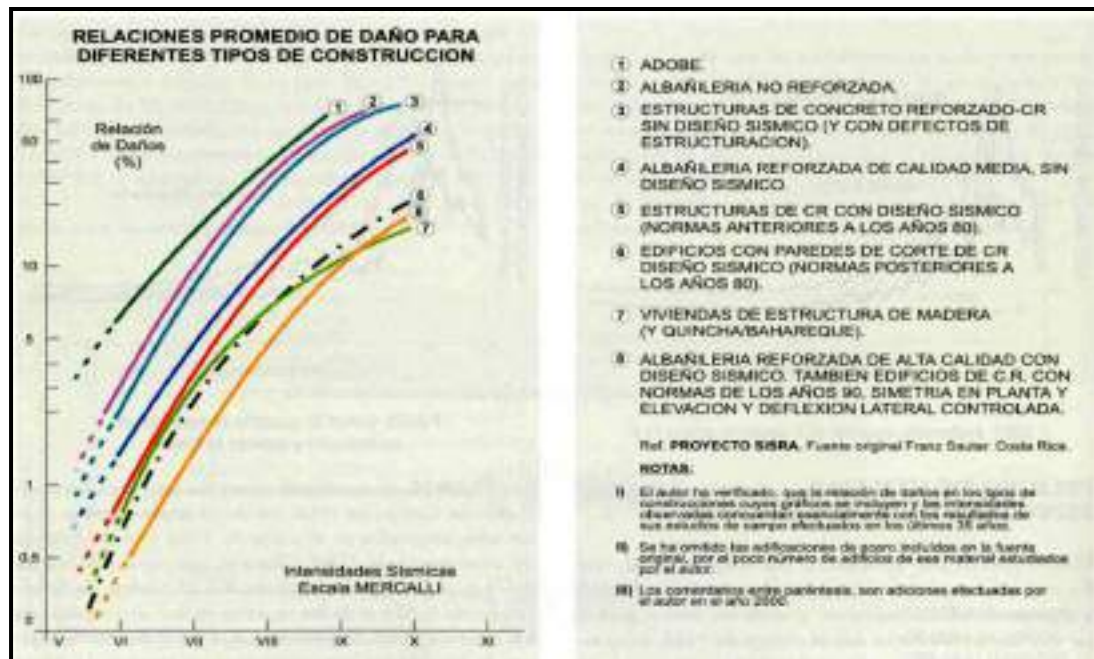


Figura 46. Relaciones promedio de daño para diferentes tipos de construcción del proyecto SISRA.

Fuente: Kuroiwa (2000)

### 6.3.2. Cálculo del daño

El riesgo sísmico depende de la vulnerabilidad sísmica de los edificios, el peligro sísmico y los efectos locales del lugar, por lo que a pesar de observar una vulnerabilidad sísmica mediana y alta en algunos edificios, esto no es preocupante mientras no ocurra un terremoto.

El rango de variación de los índices de vulnerabilidad calculados está comprendido entre 0 - 382.5 y 0 - 94.12; Estos valores se dividieron por 3.825 y 0.9412 para obtener una gama normalizada de variación  $0 < I_v < 100$ . El índice de vulnerabilidad se usó como un paso intermedio para estimar el daño en las

edificaciones bajo una acción sísmica especificada y para cada índice existe una recta, tal y como se muestra en la Figura 45 con diferentes colores para diferentes índices.

Tabla 34.

*Niveles de daño propuesto*

<b>Nivel de daño</b>	<b>Rango de daño (%)</b>	<b>Definición</b>
Ninguno	0 - 2.5	El daño en los elementos estructurales es despreciable, con pequeñas grietas en elementos no estructurales. No se requieren costos de reparación, el efecto en el comportamiento de la estructura es despreciable.
Ligero	2.5 – 7.5	El daño en los elementos no estructurales es generalizado, provocando inclusive desprendimiento de baldosas. Posible presencia de grietas en elementos estructurales como muros de carga, vigas o columnas, cuya reparación requiere la inversión de un pequeño porcentaje de la estructura, el efecto en el comportamiento de la estructura es mínimo.
Moderado	7.5 – 15	El daño en los elementos no estructurales es muy importante, se incrementa el costo de reparación. El daño en los elementos estructurales puede ser importante, afectando el comportamiento de la estructura en menor medida, sin embargo, no corre peligro la estabilidad de la estructura.
Considerable	15 - 30	El daño en los elementos estructurales es importante, requiriendo grandes reparaciones, aunque no es necesario el desalojo del edificio. El costo de las reparaciones puede ser un porcentaje importante del costo la estructura.
Fuerte	30 - 60	El daño en los elementos estructurales es muy importante, poniendo en riesgo la estabilidad de la estructura. En la mayoría de los casos el costo de reparación puede ser un porcentaje muy importante del costo la estructura, se requiere el desalojo del edificio por seguridad de las personas.
Severo	60 - 90	El daño en los elementos estructurales es muy grande, la estabilidad de la estructura es precaria. El costo de reparación es igual o mayor al costo del edificio, se recomienda la demolición. En todo el tiempo se requiere el desalojo del edificio.
Colapso	90 - 100	Edificación declarada en ruina, colapso total.

Fuente: Martin F. (2012).

El daño se expresa en una escala normalizada ( $0 < D < 100$ ) y representa el costo necesario para recuperar la condición inicial referido al valor real del edificio. Valores altos de  $D$  ( $90 - 100$ ) se consideraron equivalentes al colapso del edificio.



Por simplicidad, las curvas de daño han adquirido una forma tri-lineal definido por dos puntos: la aceleración en la cual el daño comienza ( $D > 0$ ) y la aceleración en la que el edificio colapsa completamente ( $D = 100$ ). Las ecuaciones que describen las rectas mostradas en la figura 45 se muestran en la tabla 35.

Tabla 35

*Ecuaciones de las rectas que definen el índice de daño para diferentes índices de vulnerabilidad.*

<b>Índice de vulnerabilidad normalizado</b>	<b>Ecuación de la recta</b>
100	Índice de Daño = $8.6154*(a/g) - 0.1231$
90	Índice de Daño = $7.6712*(a/g) - 0.1371$
80	Índice de Daño = $6.7470*(a/g) - 0.1325$
70	Índice de Daño = $5.8947*(a/g) - 0.1368$
60	Índice de Daño = $5.1376*(a/g) - 0.1376$
50	Índice de Daño = $4.5161*(a/g) - 0.1452$
40	Índice de Daño = $3.8356*(a/g) - 0.1301$
30	Índice de Daño = $3.2845*(a/g) - 0.1261$
20	Índice de Daño = $2.7861*(a/g) - 0.1194$
10	Índice de Daño = $2.4086*(a/g) - 0.1226$
0	Índice de Daño = $2.0786*(a/g) - 0.1188$

Fuente: Martin F. (2012).

### 6.3.3. Análisis de pérdidas económicas

Las pérdidas económicas ocasionadas por un terremoto son mayormente debido a las siguientes causas:

- Efectos directos, debido al daño estructural, como por ejemplo la falla de vigas, losas de entrepiso, columnas, muros de adobe, etc.
- Efectos indirectos, debido a elementos no estructurales o pérdidas debido al no funcionamiento del servicio (lo que en las compañías de seguro se denomina pérdidas por contenido y lucro cesante respectivamente).

Con fines prácticos, podemos estimar de manera rápida las pérdidas directas en las edificaciones mediante la siguiente expresión:

$$\text{Pérdida} = (\text{Índice de daño estimado}) * (\text{costo de la edificación}) \quad \text{Ecuación 2}$$

El costo de las edificaciones es típicamente calculado por el producto del área en planta, el número de pisos y el costo de la edificación por unidad de área. El costo varía generalmente dependiendo del tipo de material predominante, tipo de acabado, uso y de la zona geográfica de la edificación. Teniendo en cuenta estos parámetros, en esta evaluación se utilizó los valores unitarios oficiales para la sierra emitidos por el Consejo Nacional de Tasaciones (CONATA). La información necesaria para aplicar esta metodología incluye datos sobre tipo de: muros, techos, pisos, puertas y ventanas, revestimientos, baños, instalaciones eléctricas y sanitarias, uso de la edificación, material predominante y estado de conservación. Todas estas características están codificadas de acuerdo al cuadro de valores unitarios emitido por CONATA cada año (ver anexo 11).

Para la periferia de la ciudad de Tarma el costo de construcción por metro cuadrado en tapial esta valorizada en doscientos treinta y ocho con treinta un centavo de sol (S/. 238.31).

Tabla 36

*Valores de costo de construcción promedio*

Valor por m <sup>2</sup>	Valor de la Construcción del Lote	valores de encuesta	Perdidas económicas		
			0.20g	0.26g	0.33g
S/238.31	S/22,094.51	S/15,900	S/14,491.42	S/19,382.74	S/21,990.69

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 36 se muestra las pérdidas económicas promedio por vivienda para las aceleraciones sísmicas para 0.20g, 0.26g y 0.33g. Cabe resaltar que en las encuestas se preguntó a los propietarios por precios aproximados que ellos valorizaban sus viviendas, el resultado varía mucho de la valorización realizada por CONATA, llegando incluso a superar en un 100% el costo real.

## 6.4. Análisis estructural

### 6.4.1. Descripción y modelamiento de la estructura analizada

#### 6.4.1.1. Distribución en planta

Para el análisis sísmico han seleccionado dos (02) viviendas por tipología, aquellas con un grado de vulnerabilidad mediana y alta o desfavorable, de acuerdo a los cálculos de índice de vulnerabilidad (ver Anexo 9). Estas son las viviendas rectangulares 9 y 13 y las viviendas en L 14 y 8, respectivamente (ver planos en Anexo 18).

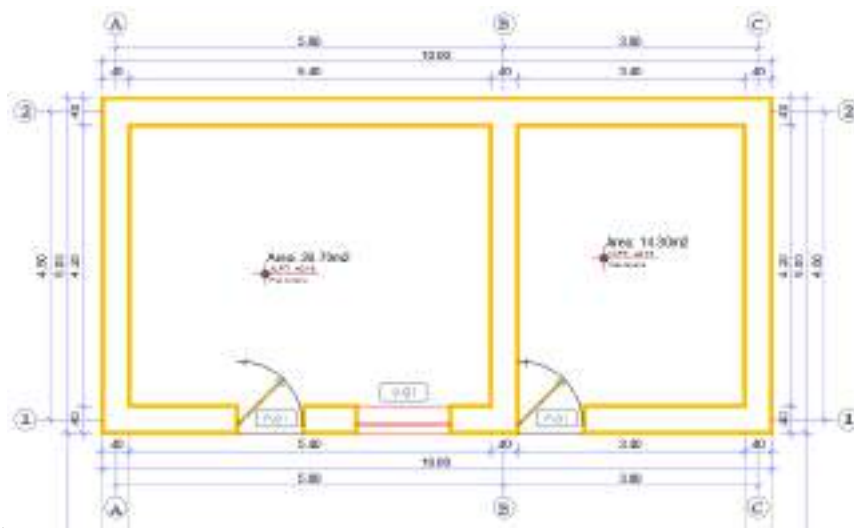


Figura 47. Distribución en planta de la vivienda rectangular mediana.

Fuente: Elaboración propia.

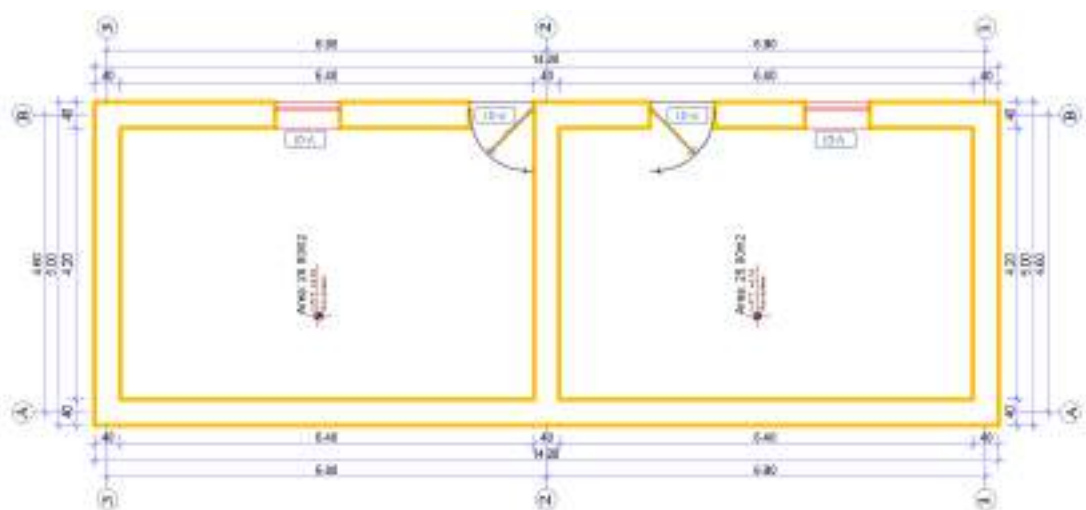


Figura 48. Distribución en planta de la vivienda rectangular desfavorable.

Fuente: Elaboración propia.

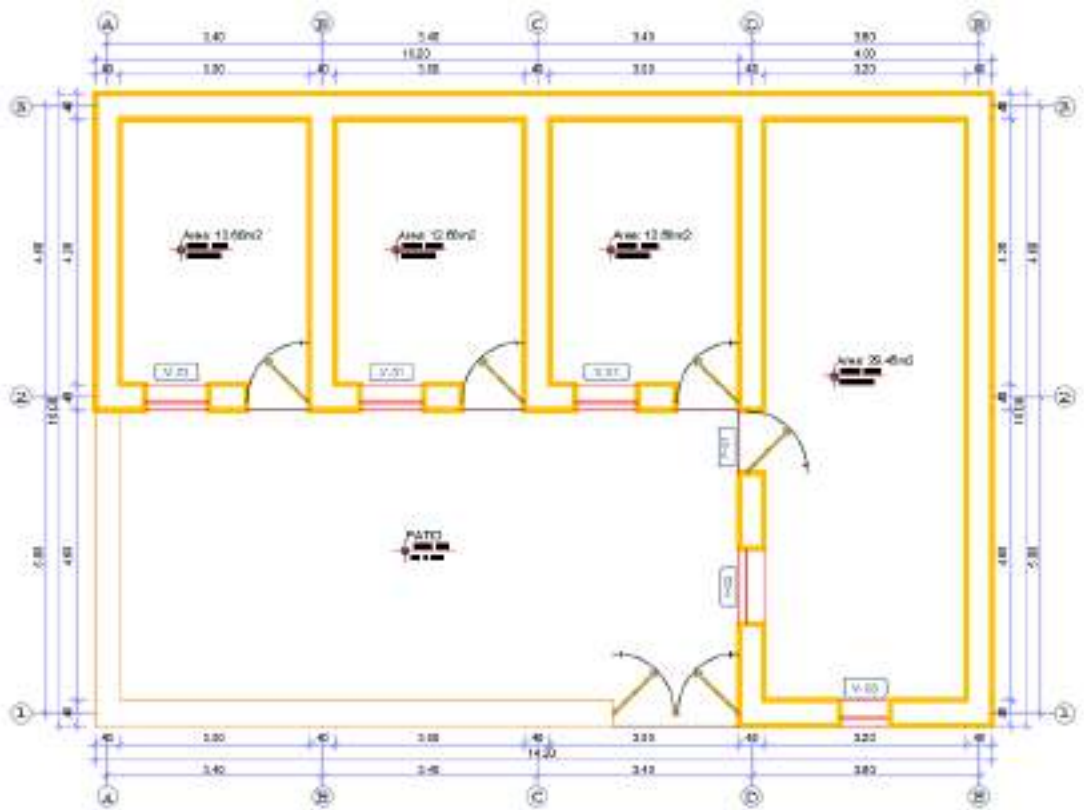


Figura 49. Distribución en planta de la vivienda en L mediana.

Fuente: Elaboración propia.

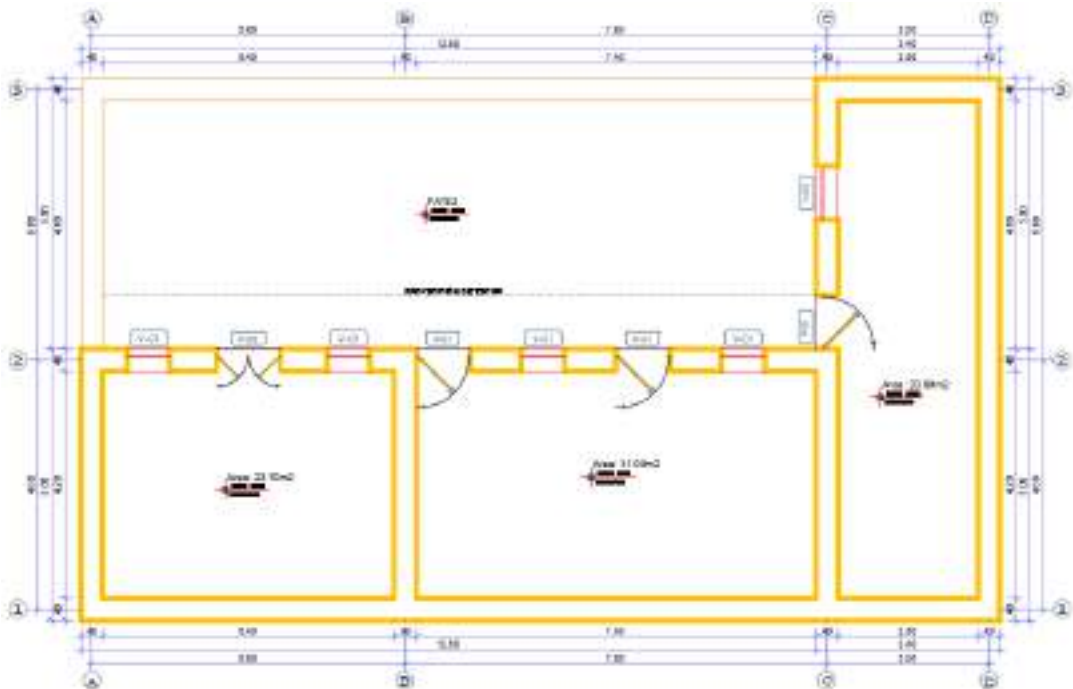
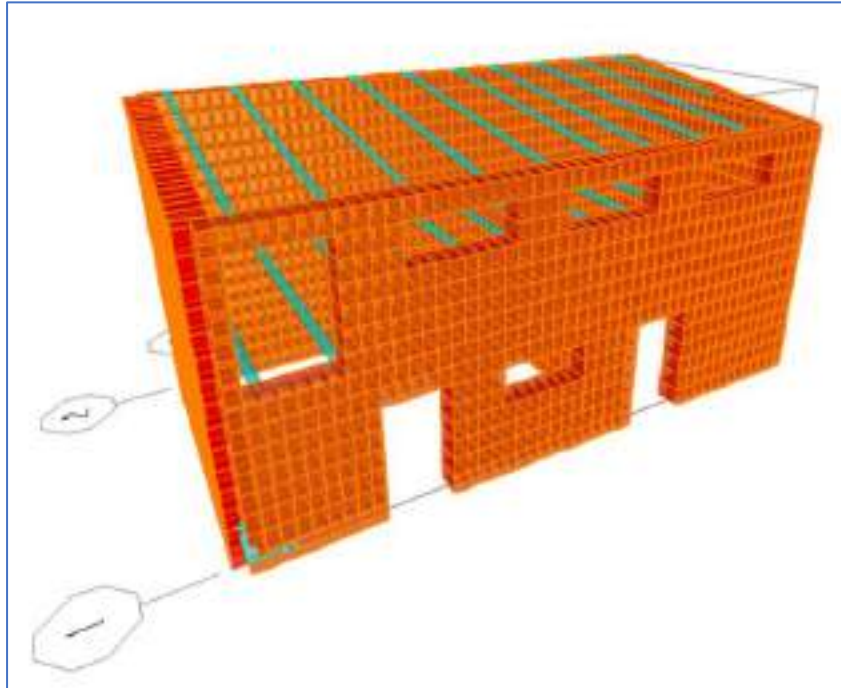


Figura 50. Modelo tridimensional de la vivienda en L desfavorable.

Fuente: Elaboración propia.

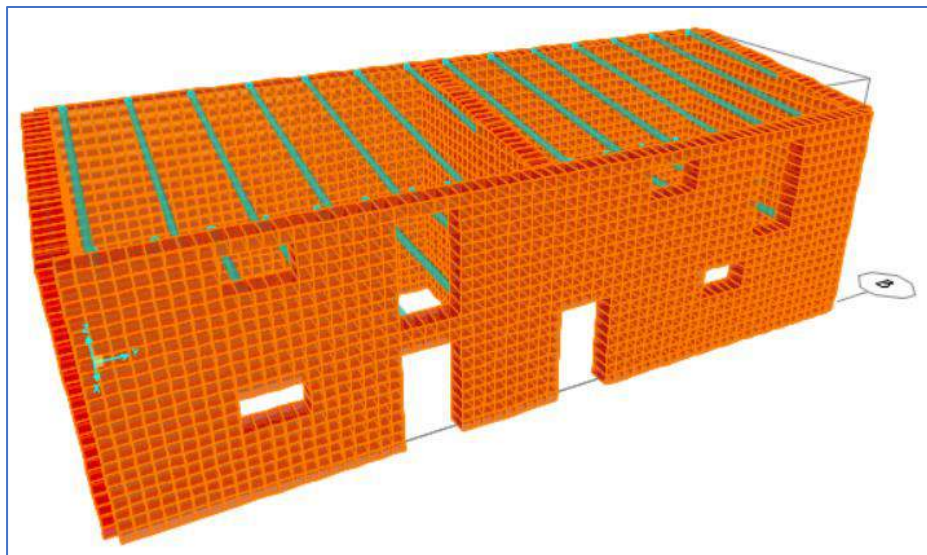
#### 6.4.2. Modelado de edificaciones en el programa SAP2000

De acuerdo a los datos de entrada y la modelación de la edificación, en las figuras 51 al 54 se muestran los modelos espaciales de cálculo para el edificio.



*Figura 51.* Modelo tridimensional de la vivienda rectangular media.

Fuente: Propia, modelado en SAP2000.



*Figura 52.* Modelo tridimensional de la vivienda rectangular desfavorable.

Fuente: Propia, modelado en SAP2000.

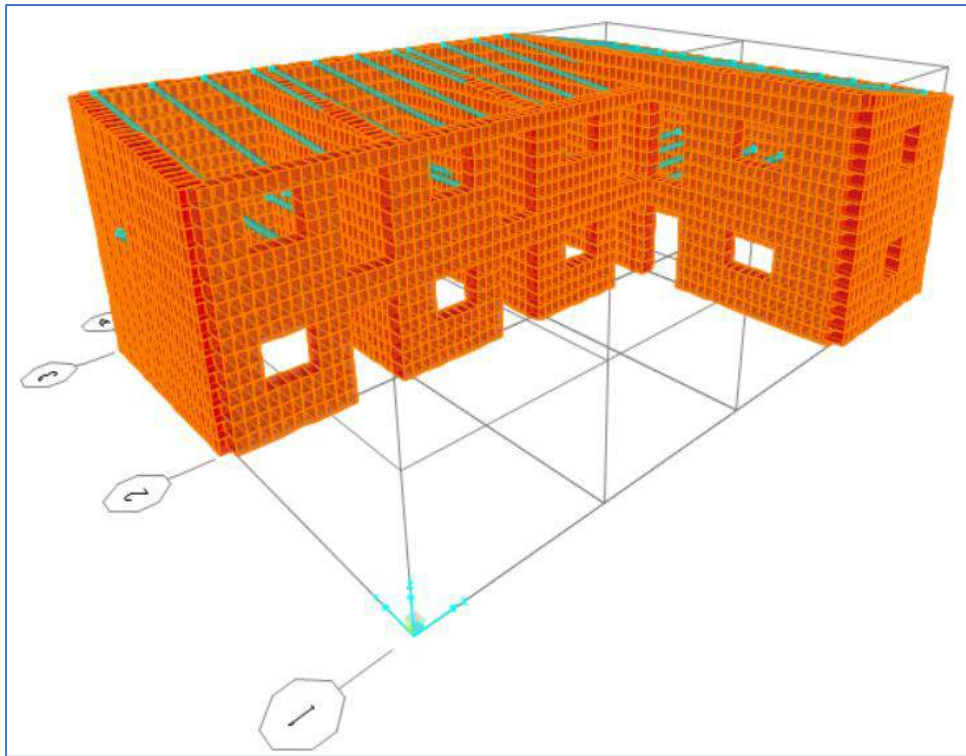


Figura 53. Modelo tridimensional de la vivienda en L media.

Fuente: Propia, modelado en SAP2000.

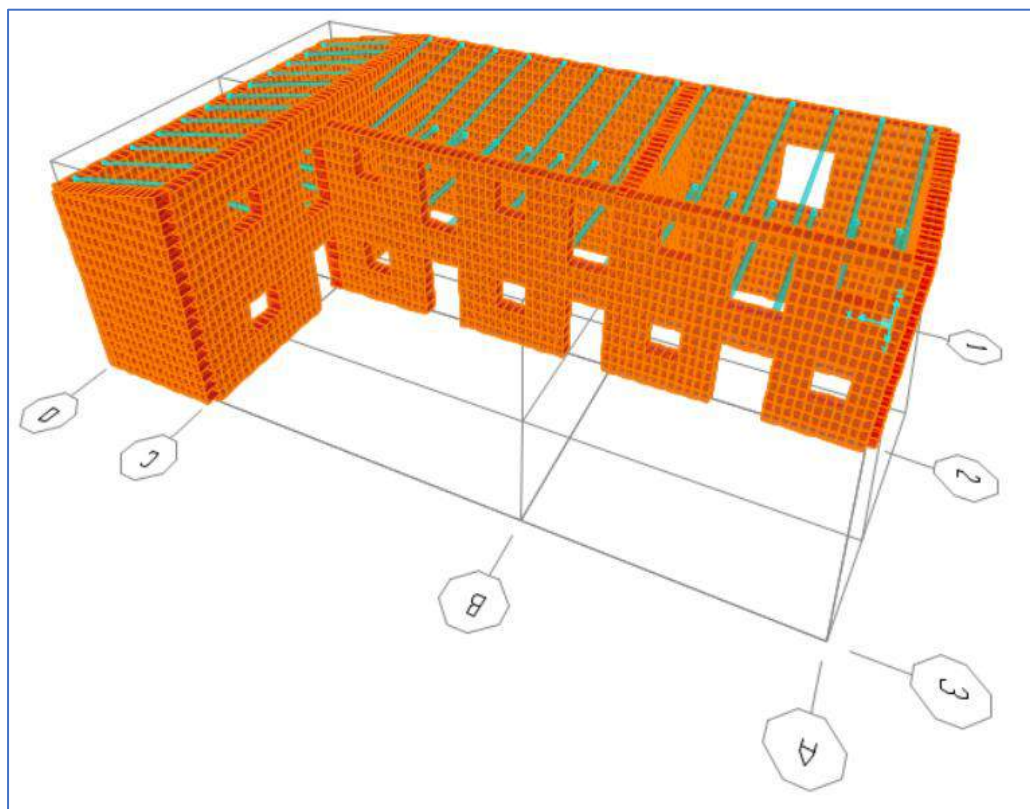


Figura 54. Modelo tridimensional de la vivienda en L desfavorable.

Fuente: Propia, modelado en SAP2000.



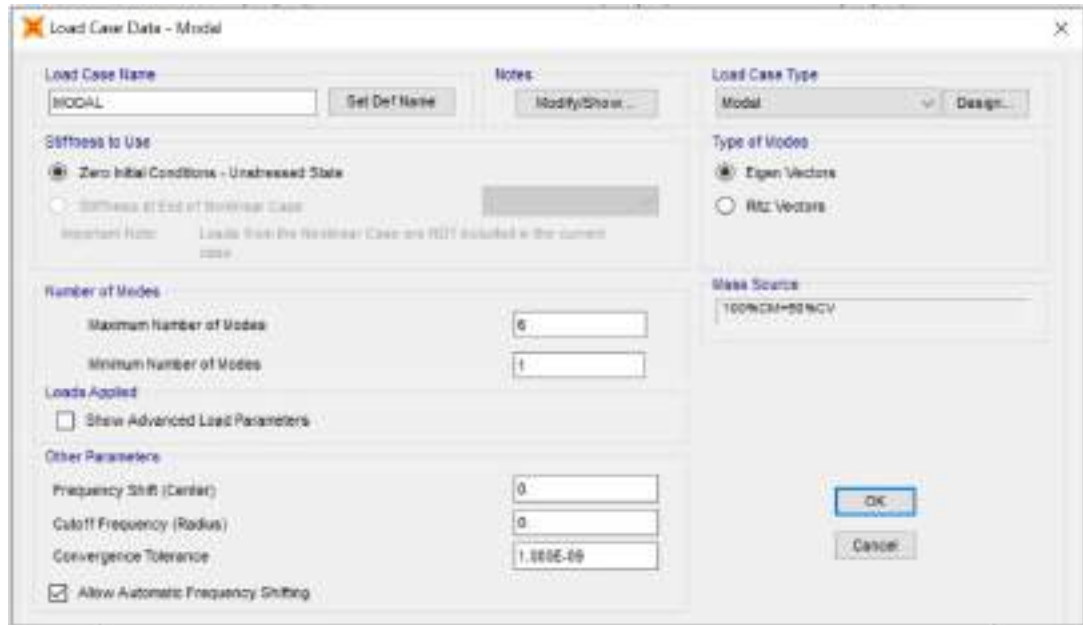


Figura 55. Análisis modal.

Fuente: Propia, modelado en SAP2000.

Para el análisis común se consideró a los cimientos simplemente apoyados en el terreno, dado que los cimientos de las viviendas en son menores a 0.50 m y en algunos casos no llevan cimientos.

### 6.4.3. Elaboración de espectro de respuesta

La norma específica valores de los parámetros indicados, de acuerdo a las condiciones de la vivienda. Dado que se busca comparar la vulnerabilidad sísmica de la periferia de la ciudad de Tarma, se considera que las viviendas se encuentran bajo iguales condiciones geográficas y geológicas. De esta manera, en el análisis realizado se utilizaron los siguientes valores de la NTP E.030:

- $S = 1.2$  para suelo intermedio o blando (ver Anexo 13 Estudio de suelos),  $T_p=1.00$  y  $T_l=1.60$ .
- $U = 1,0$  (vivienda)
- $C = 2,5$  por tratarse de estructuras rígidas, los períodos fundamentales recaen sobre la plataforma del espectro de aceleraciones.
- $Z =$  aceleración sísmica de Tarma (Zona 3), de acuerdo con El nivel de sismicidad estudiado.

- $R = 1,0$  la sollicitación sísmica será aplicada sin ser reducida, pues se quiere determinar para fines de análisis la fuerza cortante basal que impondría un sismo.

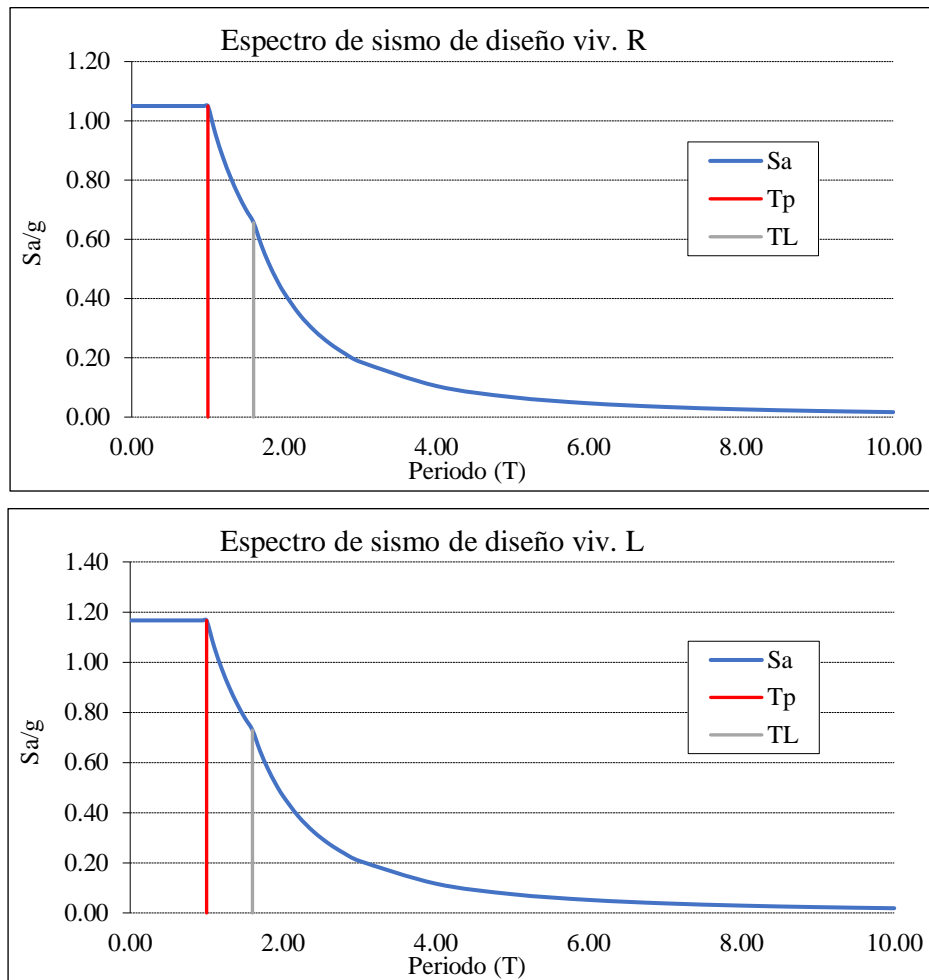


Figura 56. Espectro de diseño para (a) viviendas rectangulares y (b) viviendas en L.

Fuente: Elaboración propia.

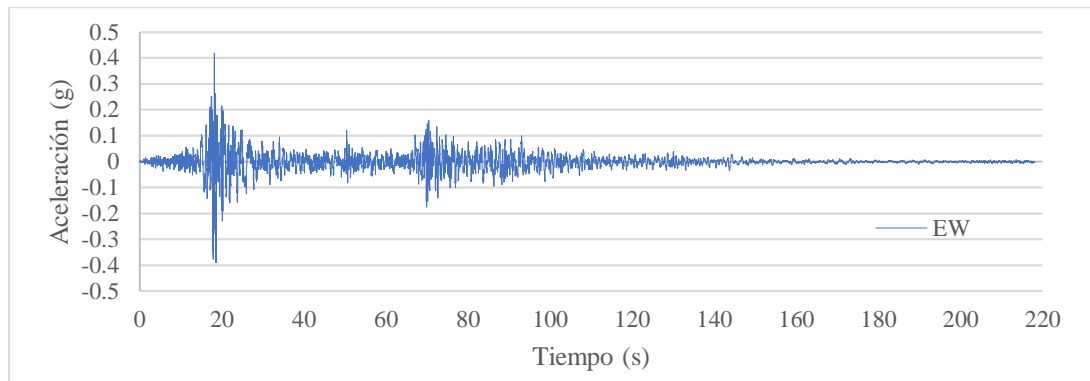
#### 6.4.3.1. Escalamiento de registros sísmicos

El escalamiento tiene por objeto exponer a la estructura a diversos niveles de peligro sísmico. El peligro lo representamos por la aceleración pico en el registro de aceleraciones o por la aceleración espectral correspondiente al periodo fundamental de la estructura.

Consiste en aplicar factores de escala sobre los máximos niveles de aceleración para los sismos de Ica (2007), Lima (1974) y Moquegua (2001), proporcionados por

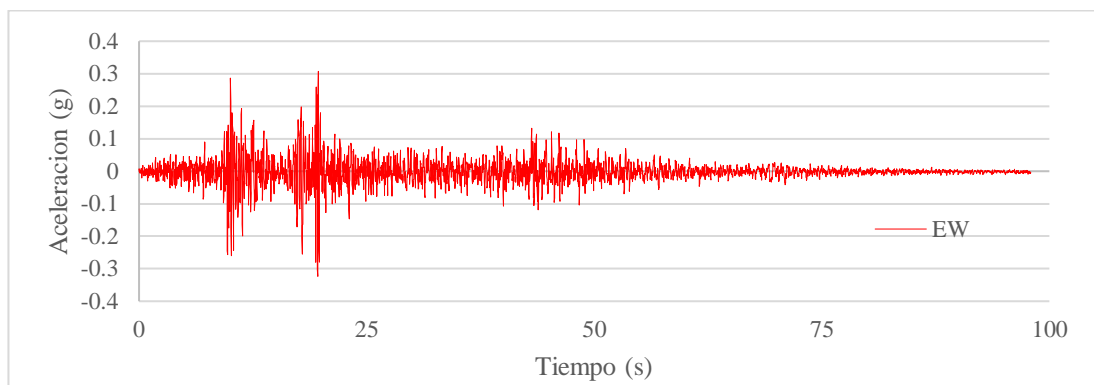


el Instituto Geofísico del Perú, ingresando los valores del tiempo y sus aceleraciones en un intervalo de tiempo 0.01s, 0.02s y 0.01s respectivamente.



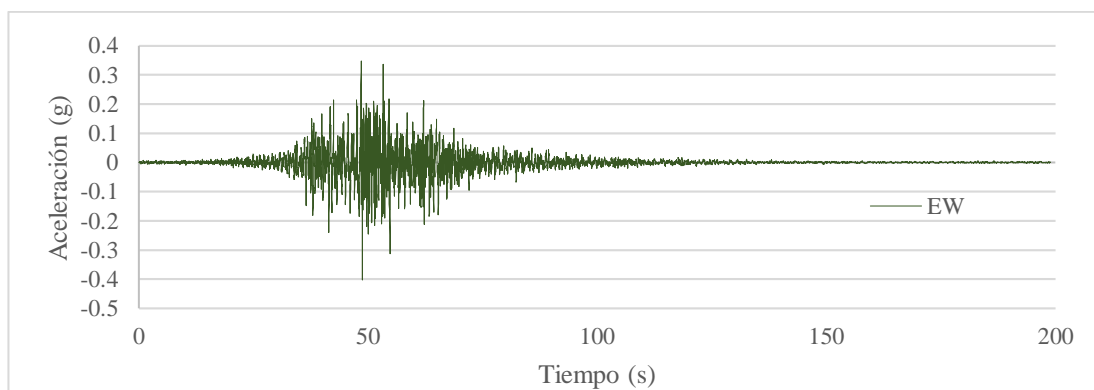
*Figura 57.* Acelerograma del sismo Ica (2007) para vivienda R mediana en el eje "X".

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 58.* Acelerograma del sismo Lima (1974) para vivienda R mediana en el eje "X".

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 59.* Acelerograma del sismo Moquegua (2001) para vivienda R mediana en el eje "X".

Fuente: Elaboración propia.

En las figuras del 57 al 59 se muestran los acelerogramas escalados en la dirección “X” para la vivienda R mediana, construidos a partir de la información proporcionada por el CISMID con ayuda del software SeismoMatch 2016. De igual forma se construyen los acelerogramas para cada vivienda a analizar (ver Anexo 16).

Para cada par de componentes horizontales de movimiento del suelo, se construirá un espectro de pseudo aceleraciones tomando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS) de los valores espectrales calculados para cada componente por separado, con 5 % de amortiguamiento. Ambas componentes se escalarán por un mismo factor, de modo que en el rango de períodos entre 0,2 T y 1,5 T (siendo T el período fundamental). La Tabla 37 muestra los periodos de vibración por participación de masas para las cuatro viviendas a analizar (ver Anexo 14)

Tabla 37

*Valores de costo de construcción promedio.*

<b>Vivienda</b>	<b>Periodo (Tx)</b>	<b>Periodo (Ty)</b>	<b>Periodo (Tz)</b>
Rectangular mediana	0.208s	0.480s	0.133
Rectangular desfavorable	0.397s	0.239s	0.443
L mediana	0.325s	0.291s	0.291
L desfavorable	0.695s	0.347s	0.347

Fuente: Elaboración propia.

Los nuevos acelerogramas son introducidos en el software SAP2000 el dispone de 2 ejes coordenados mutuamente perpendiculares entre sí, denominados 1, 2. La orientación de los ejes 1 y 2 se da por medio de un ángulo a positivo según la regla de la mano derecha.

#### **6.4.4. Análisis Tiempo-historia**

Este tipo de procedimiento se basa en usar una demanda en la estructura por medio de un registro sísmico. Este análisis puede ser modal si recurrimos a los espectros de aceleración o de integración directa, si usamos un registro de aceleraciones. También puede ser lineal si la excitación no genera disipación de energía o no lineal si la energía se disipa, generalmente representada por la respuesta histerética, vía lazos abiertos, de la estructura.

Al usar un registro sísmico la estructura va a seguir una historia de disipación de energía dependiendo de los contenidos de frecuencias y amplitudes de aceleración del

sismo. Al usar varios registros sísmicos podemos ver como la estructura se comporta distinta ante cada sismo, es por ello que el análisis tiempo-historia es tan importante, nos da una respuesta estructural que depende del desarrollo del sismo, esto es conocido como variabilidad de registro a registro. Nosotros usaremos análisis lineales integrados paso a paso, en forma directa.

Como programa informático de soporte se utilizó el SAP2000 v.19.2.1. Analizándose la estructura por el análisis dinámico tiempo – historia a través de acelerogramas reales proporcionados por el Instituto Geofísico del Perú (IGP) y CISMID-UNI, que corresponden a los sismos de Ica (2007), Lima (1974) y Moquegua (2001).

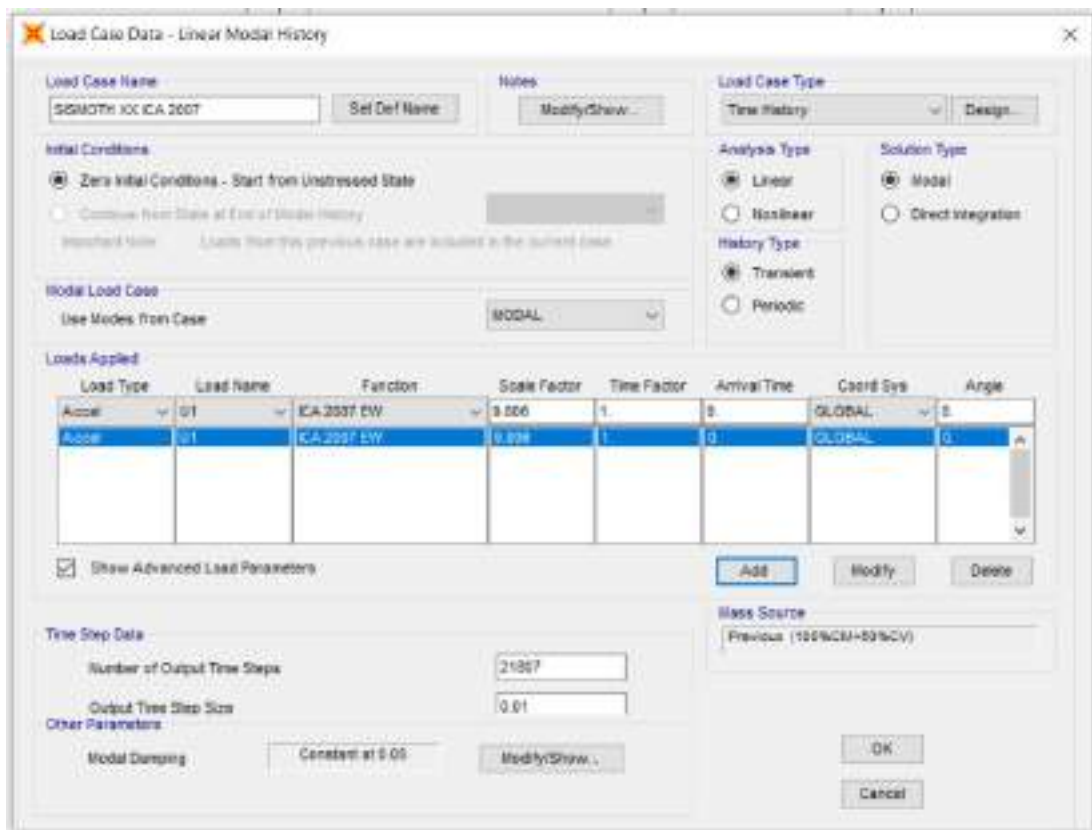


Figura 60. Análisis Tiempo – Historia para el sismo la Ica 2007.

Fuente: Propia, modelado en SAP2000.

Por medio de ANALYSIS CASE DATA - LINEAR MODAL HISTORY ingresamos el número de valores tiempo-aceleración, el intervalo de tiempo, la orientación del sismo, el factor de escala y el tipo de análisis para cada vivienda. El análisis tiempo-historia será lineal.

## Capítulo VII

### Resultados, conclusiones y recomendaciones

#### 7.1. Resultados

##### 7.1.1. Resultados del índice de vulnerabilidad.

Una vez evaluado el índice de vulnerabilidad (Iv) para cada edificación, el cual varía de 0 a 382,5 para tapial, se procede a normalizar el índice de vulnerabilidad (Ivn), en un rango de 0 a 100. Para poder interpretar mejor los resultados obtenidos se definieron los rangos de vulnerabilidad (Tabla 38).

Tabla 38

*Rangos de índice de vulnerabilidad normalizado*

<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Rangos de Iv</b>
Baja	$0 < Iv \text{ norm.} < 20$
Media	$20 \leq Iv \text{ norm.} < 40$
Alta	$Iv \text{ norm.} \geq 40$

Fuente: Quispe Norbertt (2004).

Los rangos de vulnerabilidad se tomaron como referencia de Quispe (2004), los cuales pueden variar dependiendo del detalle que se pretende en el estudio.

Los resultados en detalle de la vulnerabilidad de la totalidad de las edificaciones de la periferia de la ciudad se muestran en la siguiente tabla y gráfico:

Tabla 39

*Resultados del Índice de vulnerabilidad normalizado de las edificaciones de la periferia de la ciudad de Tarma*

Niveles de Vulnerabilidad	Índice de Vulnerabilidad Normalizado (%)	N° de Lotes		
		Rectangular	En L	Porcentaje
Baja	0-20	0.00	0.00	0.00%
Media	20-40	12.00	0.00	40.00%
Alta	40-100	11.00	7.00	60.00%
<b>Total</b>		<b>23</b>	<b>7</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración propia.

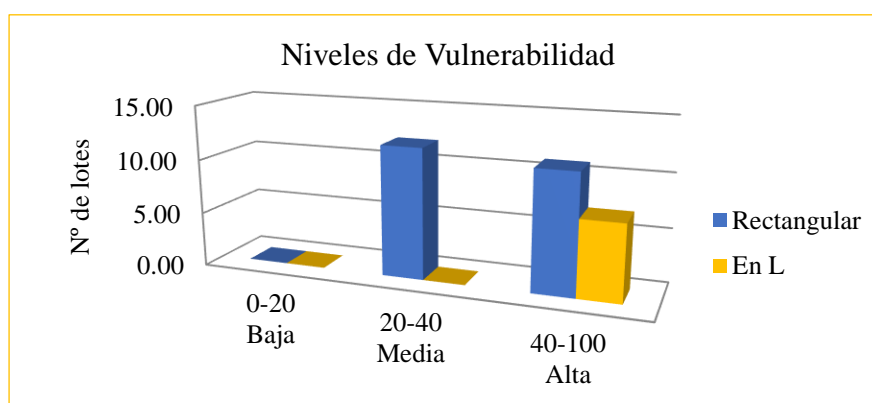


Figura 61. Resultados de los niveles de vulnerabilidad normalizada.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados en detalle de la vulnerabilidad de cada tipología se muestran en las siguientes tablas y gráficos:

Tabla 40

*Resultados del Índice de vulnerabilidad normalizado de las edificaciones en forma rectangular*

Niveles de Vulnerabilidad	Índice de Vulnerabilidad (%)	Rectangular	
		N° de Lotes	Porcentaje
Baja	0-20	0.00	0.0%
Media	20-40	12.00	52.2%
Alta	40-100	11.00	47.8%
<b>Total</b>		<b>23</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: Elaboración propia.

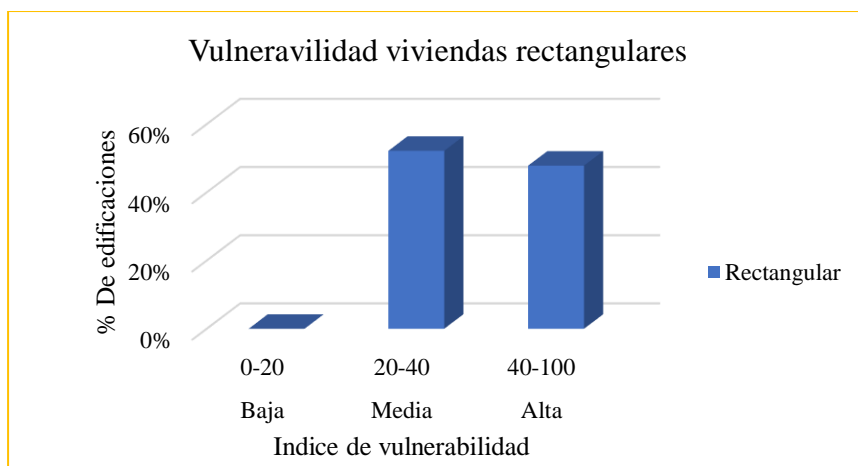


Figura 62. Porcentaje de edificaciones en forma rectangular según índice de vulnerabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41

Resultados del Índice de vulnerabilidad normalizado de las edificaciones en forma de L

Niveles de Vulnerabilidad	Índice de Vulnerabilidad (%)	En L	
		Nº de Lotes	Porcentaje
Baja	0-20	0	0.0%
Media	20-40	0	0.00%
Alta	40-100	7	100.00%
<b>Total</b>		<b>7</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: Elaboración propia.

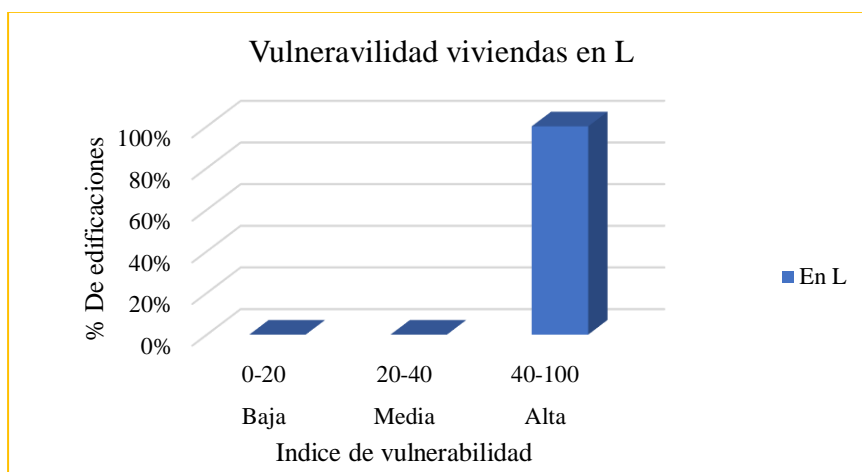


Figura 63. Porcentaje de edificaciones en forma de L según índice de vulnerabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que las edificaciones presentan una vulnerabilidad media con tendencia a alta, debido a que la calidad estructural del tapial en la zona en estudio es

regular, además su gran peso atrae una considerable fuerza sísmica, comportándose frágilmente ante movimientos horizontales.

### 7.1.2. Resultados del índice de daño.

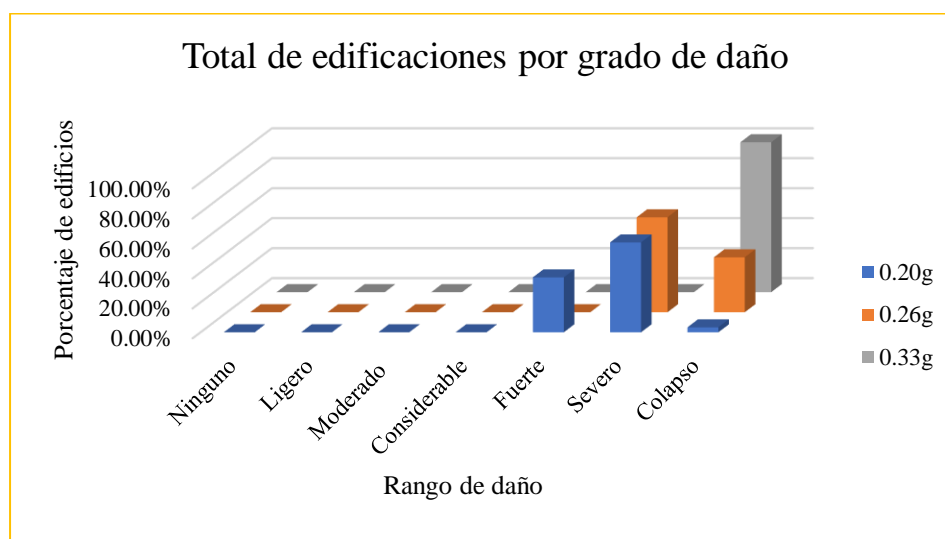
Los resultados que se detallan a continuación corresponden a las edificaciones de la periferia de la ciudad de Tarma, los cuales se obtuvieron en función a la Tabla 34 propuesta; se muestran los porcentajes de edificaciones que sufren un cierto nivel de daño dependiendo de la aceleración máxima del sismo considerado.

Tabla 42

*Daño obtenido en edificación de tapial de dos niveles de la periferia de la ciudad de Tarma*

Daño obtenido para aceleración en roca							
Nivel de daño	Daño (%)	0.20g		0.26g		0.33g	
		N° lotes	%	N° lotes	%	N° lotes	%
Ninguno	0.0 - 2.5	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
Ligero	2.5 - 7.5	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
Moderado	7.5 - 15	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
Considerable	15 - 30	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
Fuerte	30 - 60	11	36.67%	0	0.00%	0	0.00%
Severo	60 - 90	18	60.00%	19	63.33%	0	0.00%
Colapso	90 - 100	1	3.33%	11	36.67%	30	100.00%
<b>Total</b>		<b>30</b>	<b>100%</b>	<b>30</b>	<b>100%</b>	<b>30</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 64. Daño obtenido en edificación de tapial de dos niveles de la periferia de la ciudad de Tarma.*

Fuente: Elaboración propia.

Para el escenario de daño correspondiente a una aceleración máxima de 0,20 g (sismo frecuente) en el basamento rocoso, predominan los niveles de daño fuerte en menor intensidad y severo en mayor intensidad.

Para el escenario de daño correspondiente a una aceleración de 0,26 g (sismo raro) en el basamento rocoso, predominan los niveles de daño colapso en menor intensidad, severo en mayor intensidad.

Por último, para el escenario de daño correspondiente a una aceleración de 0,33 g (sismo muy raro) en el basamento rocoso, predominan los niveles de daño colapso en mayor intensidad 100%.

Tabla 43

*Daño obtenido en edificación de tapial en forma rectangular*

Daño obtenido para aceleración en roca - Viv. rectangulares							
Nivel de daño	Daño (%)	0.20g		0.26g		0.33g	
		N° lotes	%	N° lotes	%	N° lotes	%
Ninguno	0.0 - 2.5	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
Ligero	2.5 - 7.5	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
Moderado	7.5 - 15	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
Considerable	15 - 30	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
Fuerte	30 - 60	11	36.67%	0	0.00%	0	0.00%
Severo	60 - 90	12	40.00%	15	50.00%	0	0.00%
Colapso	90 - 100	0	0.00%	8	26.67%	23	76.67%
<b>Total</b>		<b>23</b>	<b>76.67%</b>	<b>23</b>	<b>76.67%</b>	<b>23</b>	<b>76.67%</b>

Fuente: Elaboración propia.

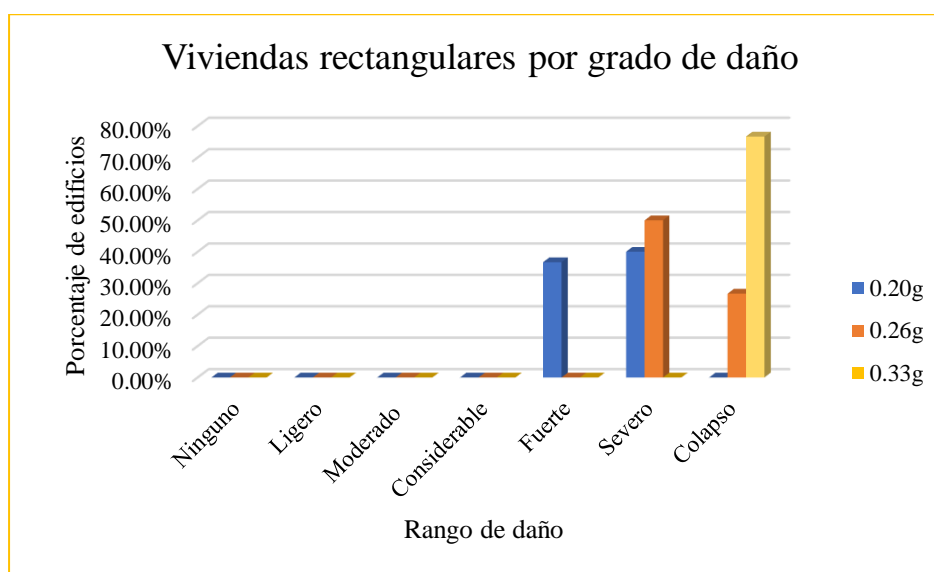


Figura 65. Niveles de daño en edificaciones de tapial en forma rectangular.

Fuente: Elaboración propia.



Para las edificaciones en forma rectangular según la tabla 45 se observa que para el sismo frecuente (0,20 g) predomina el nivel de daño fuerte y severo, para el sismo raro (0,26 g) predominan los niveles de daño severo y de colapso, y para el sismo muy raro (0,33 g) predomina el nivel de daño de colapso.

Tabla 44

*Daño obtenido en edificación de tapial en forma de L*

Daño obtenido para aceleración en roca - Viv. en forma de L							
Nivel de daño	Daño (%)	0.20g		0.26g		0.33g	
		N° lotes	%	N° lotes	%	N° lotes	%
Ninguno	0.0 - 2.5	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
Ligero	2.5 - 7.5	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
Moderado	7.5 - 15	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
Considerable	15 - 30	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
Fuerte	30 - 60	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
Severo	60 - 90	6	20.00%	4	13.33%	0	0.00%
Colapso	90 - 100	1	3.33%	3	10.00%	7	23.33%
<b>Total</b>		<b>7</b>	<b>23.33%</b>	<b>7</b>	<b>23.33%</b>	<b>7</b>	<b>23.33%</b>

Fuente: Elaboración propia.

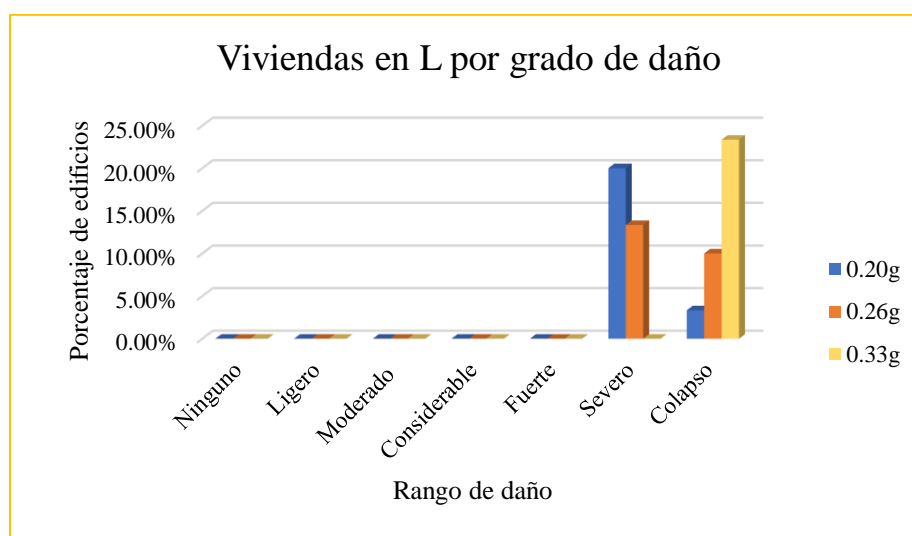


Figura 66. Niveles de daño en edificaciones de tapial en forma de L.

Fuente: Elaboración propia.

Para las edificaciones de tapial según la tabla 46 se observa que para el sismo frecuente (0,20 g) predomina el nivel de daño severo y colapso, para el sismo raro (0,26 g) predominan los niveles de daño severo y de colapso, y para el sismo muy raro (0,33 g) predomina el nivel de daño de colapso.

### 7.1.3. Resultados del análisis de pérdidas económicas

El índice de daño estimado en las edificaciones es un promedio para cada tipología respectiva y de igual manera para cada aceleración en roca, es decir se consideran todos los daños obtenidos de los tres diferentes escenarios de daño. Los resultados se muestran en la Tabla 46.

Tabla 45

*Porcentajes de daño medio para cada aceleración y tipología de viviendas de dos niveles en la periferia de la ciudad de Tarma*

Aceleraciones	Daño Medio (%)	
	Viv. rectangular	Viv. en L
<b>0.20 g</b>	63.025%	70.90%
<b>0.26 g</b>	85.33%	92.69%
<b>0.33 g</b>	99.30%	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

El valor estimado total de las 30 edificaciones de muestra de la periferia de la ciudad de Tarma, tanto viviendas en forma rectangular como en forma de L, sin considerar el mobiliario ni lucro cesante es seiscientos sesenta y seis mil ochocientos treinta y cinco con cuarenta y tres céntimos de sol (S/. 662,835.43).

Tabla 46

*Porcentaje de pérdidas económicas totales de las edificaciones de la periferia de la ciudad de Tarma*

Tr	Aceleraciones	PML (%)	Perdidas económicas totales
75	0.20 g	65.59%	S/434,742.68
475	0.26 g	87.73%	S/581,482.14
950	0.33 g	99.53%	S/659,720.80

Fuente: Elaboración propia.

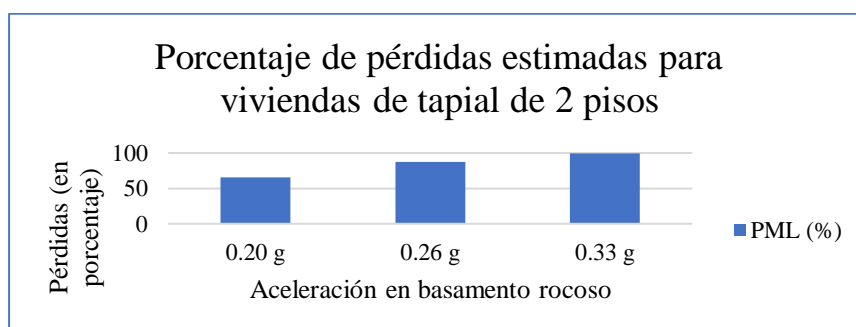


Figura 67. Porcentaje de pérdidas económicas en la periferia de la ciudad de Tarma.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la Tabla 47 y en el gráfico 79, el escenario de daño para una aceleración en roca de sismo frecuente (0,20 g) ocasionaría pérdidas de aproximadamente 65.69% equivalente a S/. 434,742.68; para el sismo raro (0,26 g) se espera una pérdida del 87.73% equivalente a S/. 581,482.14 y para el sismo muy raro (0,33 g), se estiman las pérdidas en 99.53% equivalente a S/. 659,720.80. Es necesario enfatizar que los cálculos se hacen para 30 viviendas encuestadas, estimando un total de 1500 viviendas en la periferia de la ciudad de Tarma, para lo cual las pérdidas se hayan por interpolación.

#### 7.1.4. Resultados del análisis tiempo-historia

Para la evaluación de desplazamientos laterales se considera como material predominante albañilería con un límite de distorsión (derivadas=0.005) establecido por la NTP E.030, así mismo para la evaluación de esfuerzos en los muros se aplicarán los esfuerzos mínimos de rotura para muros de tapial de la Tabla 18 (resistencia ultima a tracción por flexión =1.42Kg/cm<sup>2</sup>), según la NTP E.080.

##### 7.1.4.1. Vivienda Rectangular mediana.

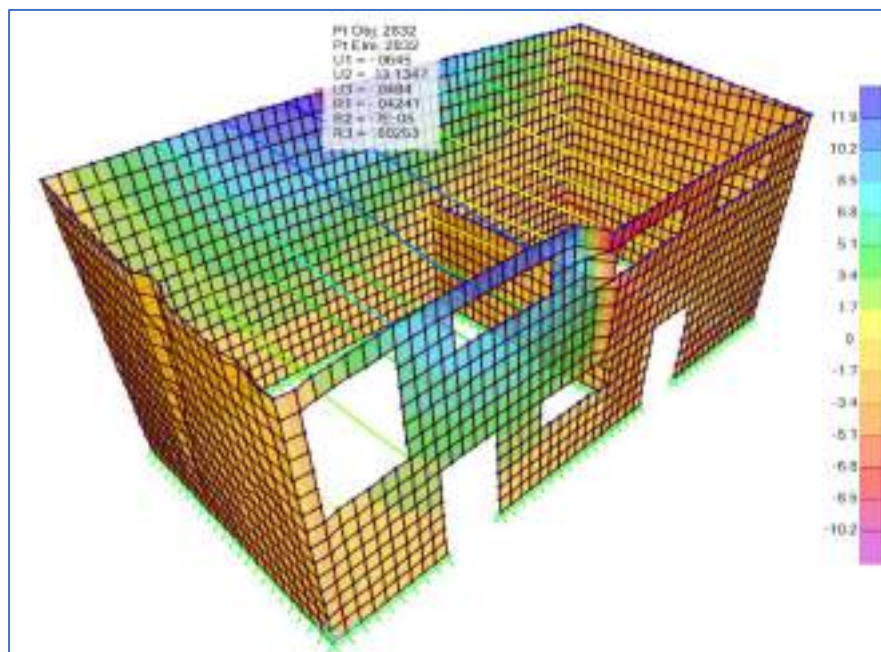


Figura 68. Distorsiones en vivienda R mediana (cm).

Fuente: Propia, modelado en SAP2000.

Para la vivienda R mediana el mayor desplazamiento se da con los sismos en la dirección “y”, cabe indicar que la deriva máxima ocurre en la parte central superior en

el segundo piso del muro en el eje 2-2, el cual recibe el impacto del sismo en forma perpendicular al plano del muro como se ve en la Figura 68.

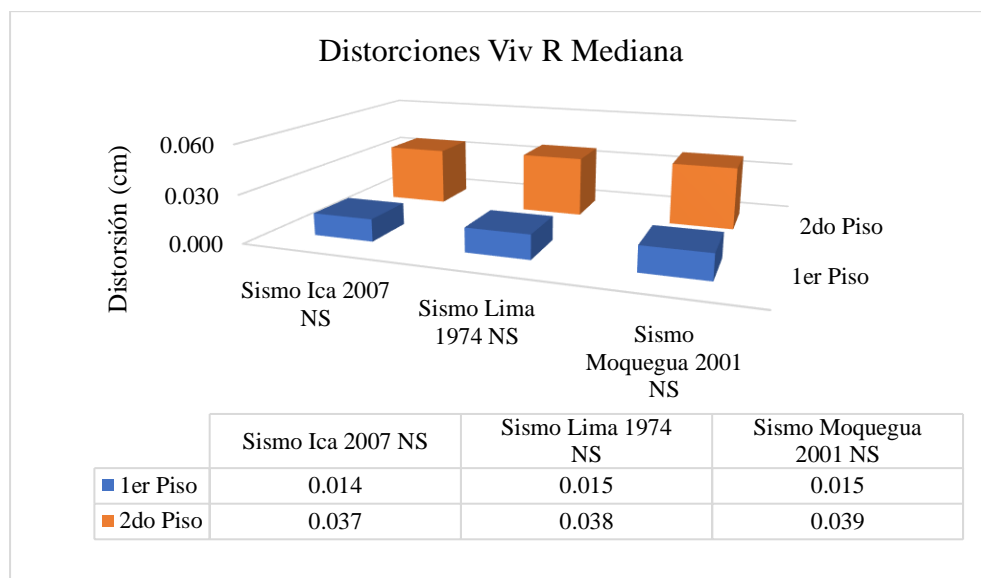


Figura 69. Distorsiones por piso en vivienda R mediana en la dirección “y”.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 69 se muestran un comparativo de los desplazamientos máximos, calculados a través de SAP2000 para los distintos sismos de análisis en la dirección “y”. Se observa que el sismo Moquegua 2001 permite obtener mayores valores de desplazamientos.

Tabla 47

*Resultados de desplazamientos máximos para vivienda R mediana*

<b>Distorsión</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>
Máximo desplazamiento (cm)	3.707	9.428
Máxima distorsión (deriva)	0.015	0.039
Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	200.000	648.000
Total de segundos en el que se exceden la distorsión admisible	2.000	6.480

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 47 y Figura 70 se puede observar de forma más detallada la deriva de cada piso, así como el número de veces y periodo de tiempo en que la demanda sísmica supera a la capacidad de la vivienda de acuerdo a los límites de desplazamiento admisibles.

Como era de esperarse, la flexibilidad de la base de fundación, la ausencia de arriostres como vigas collar y contrafuertes que restrinjan el desplazamiento, incrementa las

máximas distorsiones de los muros, cuyo comportamiento es como que estuviera en volado desde la parte inferior como un solo elemento de 4.80m de altura.

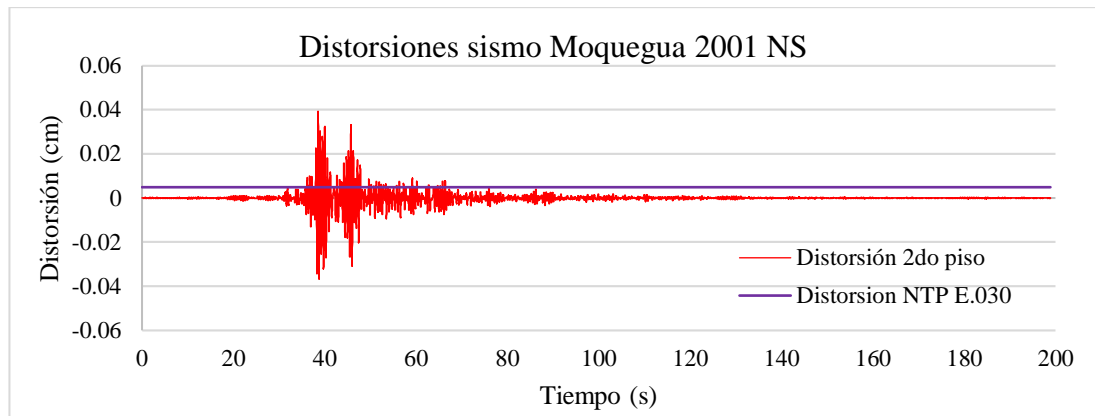


Figura 70. Desplazamientos máximos en vivienda R mediana en la dirección “y”.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 71 se puede apreciar la concentración de esfuerzo de momentos en la parte central en medio del muro en el eje 2-2, del mismo modo se aprecia una mayor concentración de esfuerzos en la esquina del segundo piso de la vivienda, sobre el dintel de la puerta ubicada a una distancia igual al espesor del muro, cuyos esfuerzos superan el 1.42 Kg/cm<sup>2</sup> de resistencia última a tracción por flexión hasta en un 924% para el sismo Moquegua 2001 según la Figura 72.

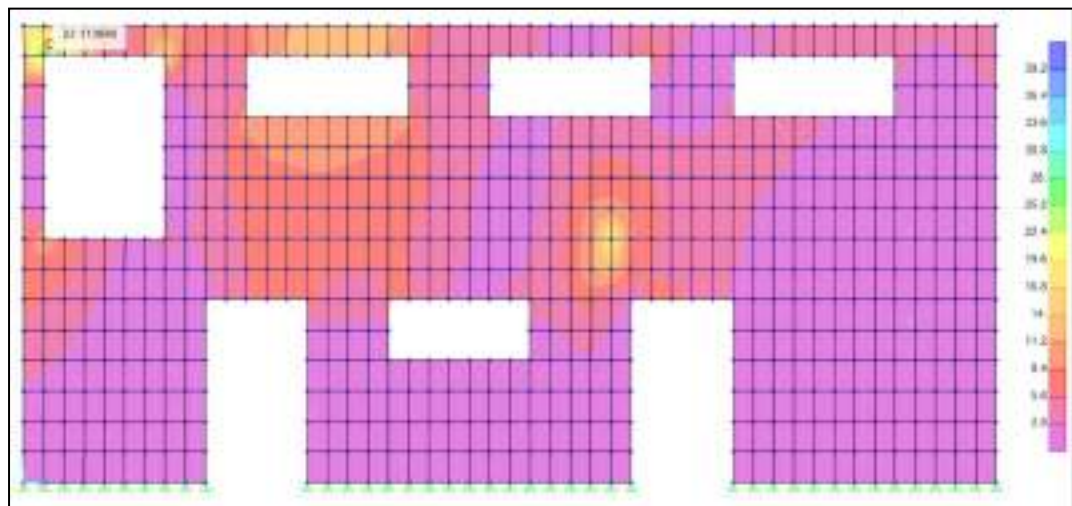


Figura 71. Esfuerzo en la vivienda rectangular mediana (Kg/cm<sup>2</sup>).

Fuente: Propia, modelado en SAP2000.

Los daños que se pueden generar serian fallas por cortante en el plano del muro asociado al peso del techo sobre la abertura de la puerta en una esquina, además en la

zona central se generaría agrietamiento horizontal por falla por flexión a una altura intermedia, acompañado de grietas y fracturas verticales que convierten al muro en un mecanismo sin sustentación.

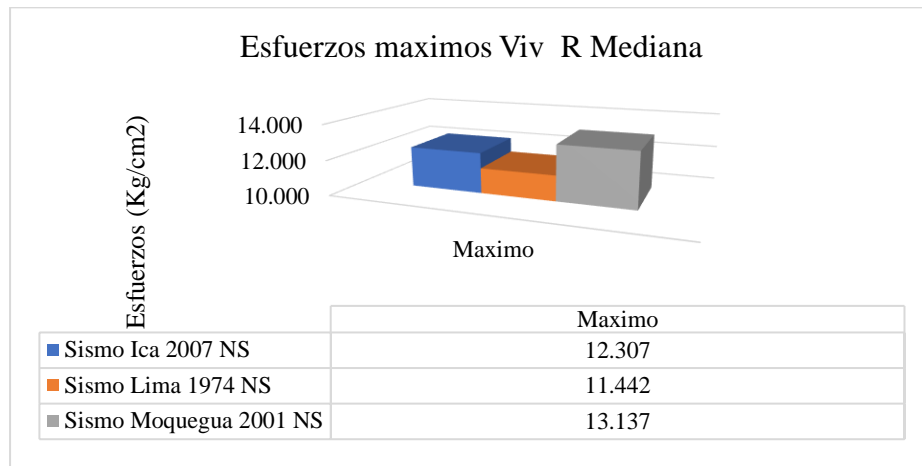


Figura 72. Esfuerzos máximos en la vivienda rectangular mediana (Kg/cm<sup>2</sup>).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 73 se muestran los esfuerzos que sobrepasan los límites en función del tiempo para el sismo de Moquegua en la dirección “y”. Se observa que el máximo esfuerzo supera en 11.71 Kg/cm<sup>2</sup> a la resistencia ultima admisible según la NTP E.080.

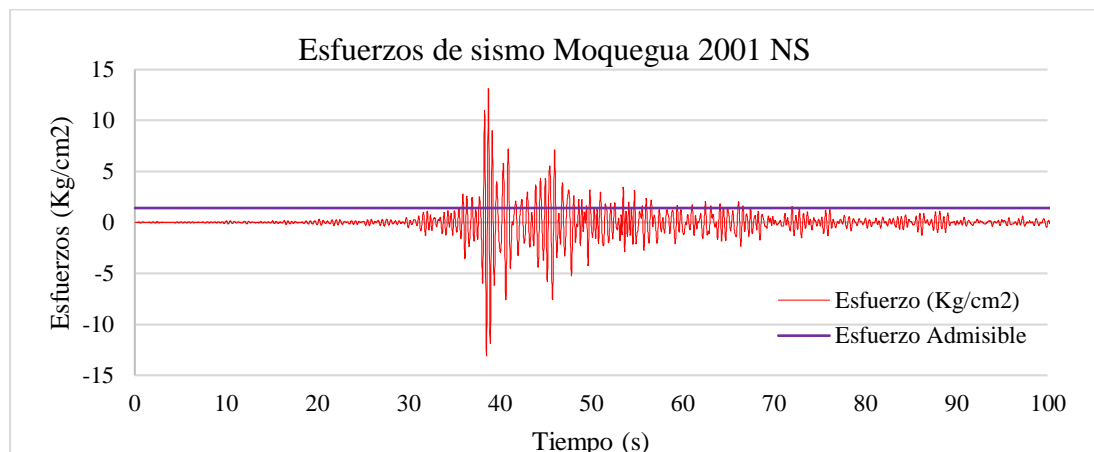


Figura 73. Esfuerzos máximos en vivienda R mediana en la dirección “y”.

Fuente: Elaboración propia.

#### 7.1.4.1. Vivienda Rectangular desfavorable.

Para la vivienda R desfavorable el mayor desplazamiento se da con los sismos en la dirección “x”, cabe indicar que las derivas máximas ocurren en el segundo piso



en la parte media superior del muro en el eje A-A, el cual recibe el impacto del sismo en forma perpendicular al plano del muro como se aprecia en la Figura 74.

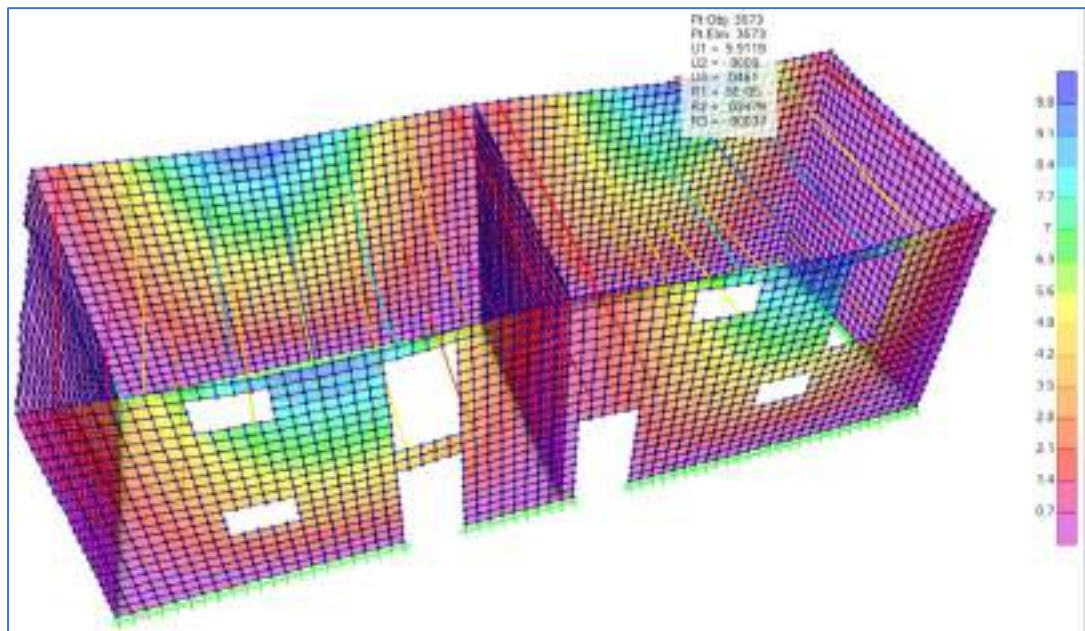


Figura 74. Distorsiones en vivienda R desfavorable (cm).

Fuente: Propia, modelado en SAP2000.

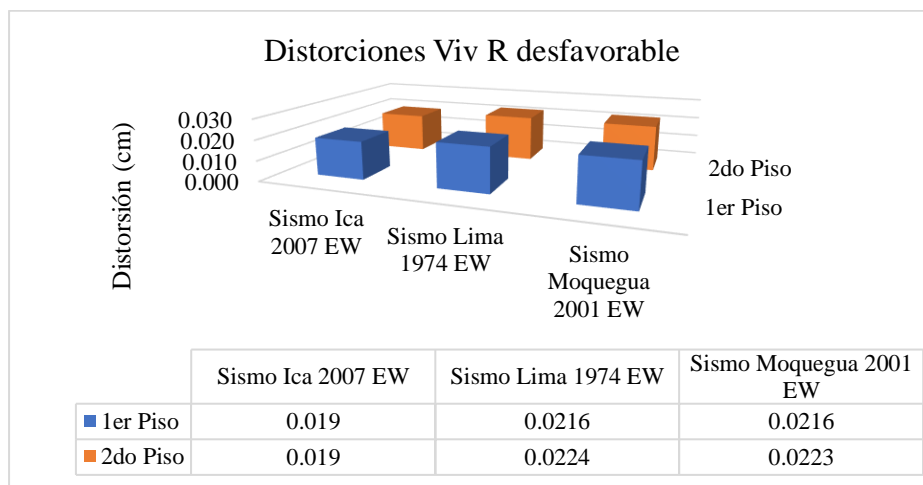


Figura 75. Distorsiones por piso en vivienda R desfavorable en la dirección “x”.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 75 se muestran los desplazamientos máximos, calculados a través de SAP2000 para los distintos sismos de análisis en la dirección “x”, también se muestra que los desplazamientos máximos se dan para el sismo de Lima 1974.

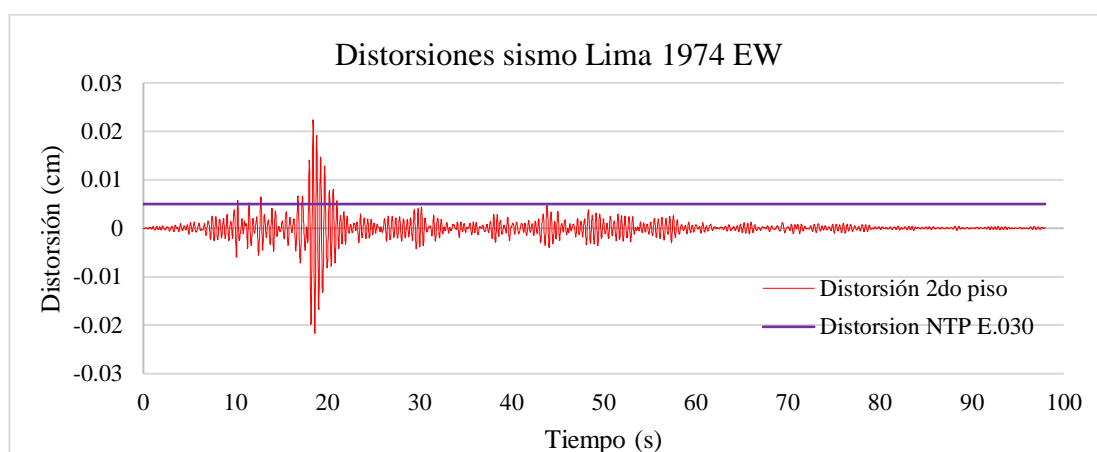
Tabla 48

*Resultados de desplazamientos máximos para vivienda R desfavorable*

<b>Distorsión</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>
Máximo desplazamiento (cm)	4.763	5.149
Máxima distorsión (deriva)	0.0216	0.0224
Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	72.000	77.000
Total de segundos en el que se exceden la distorsión admisible	1.440	1.540

Fuente: Elaboración propia.

Em la Tabla 48 y Figura 76 se puede observar de forma más detallada la deriva de cada piso, así como el número de veces y periodo de tiempo en que la demanda sísmica supera a la capacidad de la vivienda de acuerdo a los límites de desplazamiento admisibles.



*Figura 76. Desplazamientos máximos en vivienda R desfavorable en la dirección “X”.*

Fuente: Elaboración propia.

Como era de esperarse, la flexibilidad de la base de fundación incrementa los máximos desplazamientos de los muros, cuyo comportamiento es como que estuviera en volado desde la parte inferior como un solo elemento en vibración de 4.30m de alto. La ausencia de rigidez por la falta de refuerzos horizontales que trabajen como amarre en las esquinas y controlen el desplazamiento longitudinal de los muros, además de cimientos poco profundos, se ven reflejados en un desplazamiento extremo.

En la Figura 77 se puede apreciar la concentración de esfuerzo de momentos en la parte central superior del segundo piso en el eje A-A, justo en la intersección con el muro de división (tabiquería e=40cm) de la vivienda, del mismo modo se aprecia más concentración de esfuerzos en medio de muros longitudinales, cuyos esfuerzos



superan el 1.42 Kg/cm<sup>2</sup> de resistencia ultima a tracción por flexión hasta en un 1436% para el sismo Moquegua 2001 según la Figura 78.

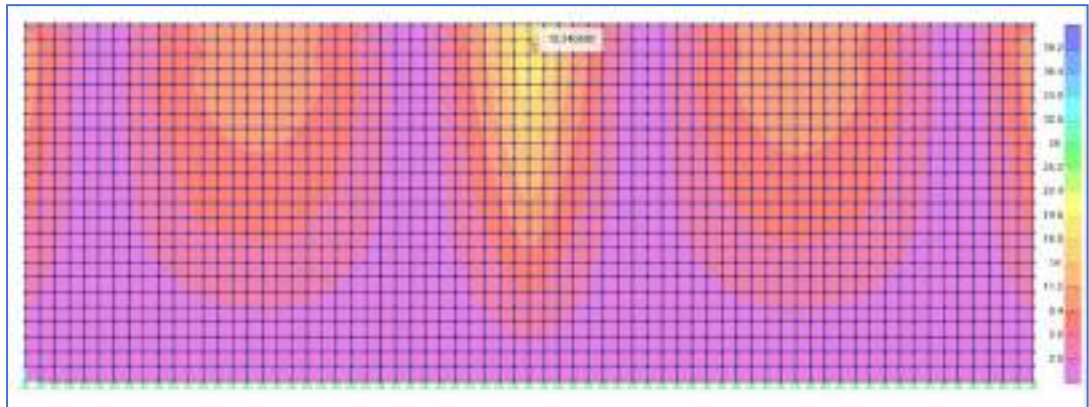


Figura 77. Esfuerzo en la vivienda rectangular mediana (Kg/cm<sup>2</sup>).

Fuente: Propia, modelado en SAP200.

Los daños que se pueden generar serian fallas por flexión perpendicular al plano del muro con agrietamiento horizontal en la base del segundo piso acompañado de grietas y fracturas verticales que convierten al muro en un mecanismo sin sustentación. El fallo seria generado principalmente por la longitud del muro en relación con su espesor por no contar con arriostres perpendiculares.

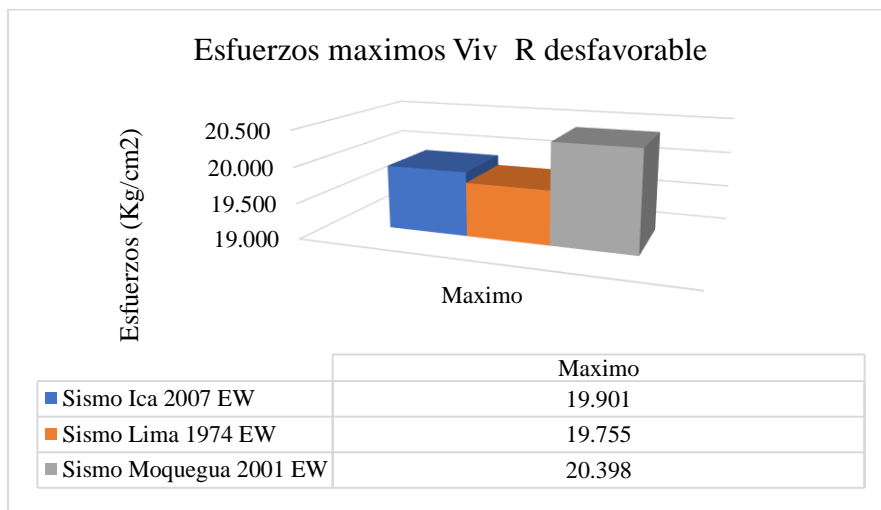


Figura 78. Esfuerzos máximos en la vivienda rectangular desfavorable (Kg/cm<sup>2</sup>).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 79 se muestran los esfuerzos que sobrepasan los límites en función del tiempo para el sismo de Moquegua en la dirección "y". Se observa que el máximo esfuerzo supera en 18.92 Kg/cm<sup>2</sup> a la resistencia ultima de 1.42kg/cm<sup>2</sup>.

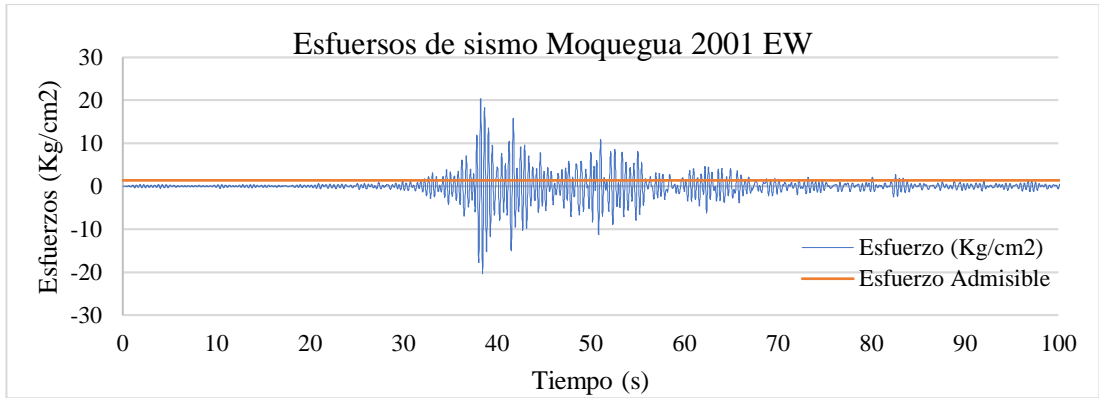


Figura 79. Esfuerzos máximos en vivienda R desfavorable en la dirección “x”.

Fuente: Elaboración propia.

**7.1.4.2. Vivienda en L mediana.**

Para la vivienda L mediana el mayor desplazamiento se da con los sismos en la dirección “x”, cabe indicar que la deriva máxima ocurre en el segundo piso en el parte central superior del muro en el eje E-E, el cual recibe el impacto del sismo en forma perpendicular al plano del muro como se aprecia en la Figura 80.

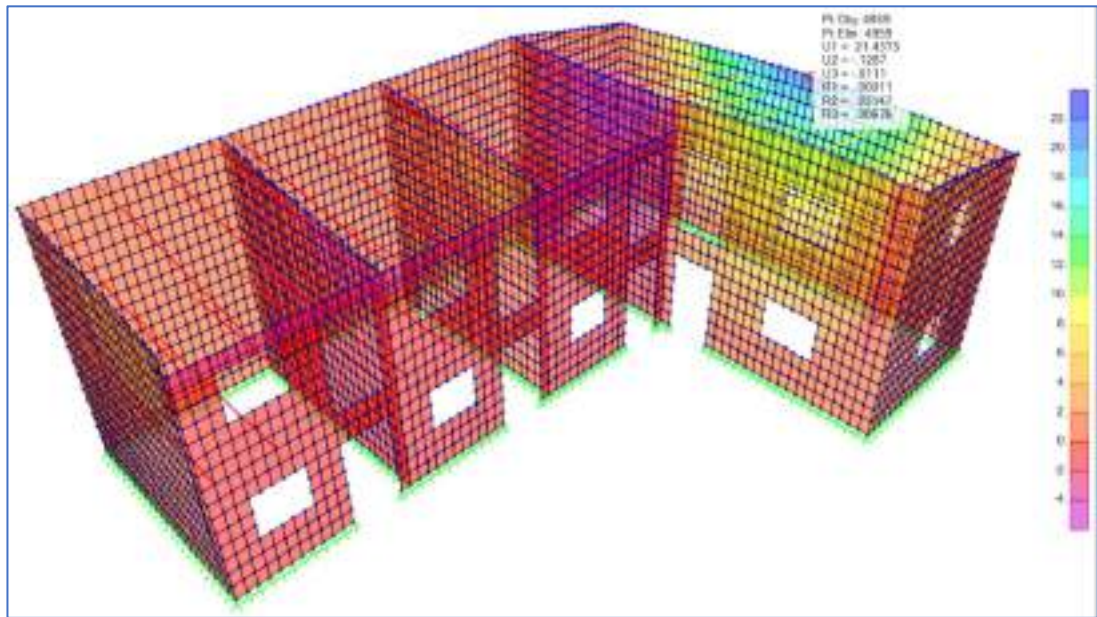
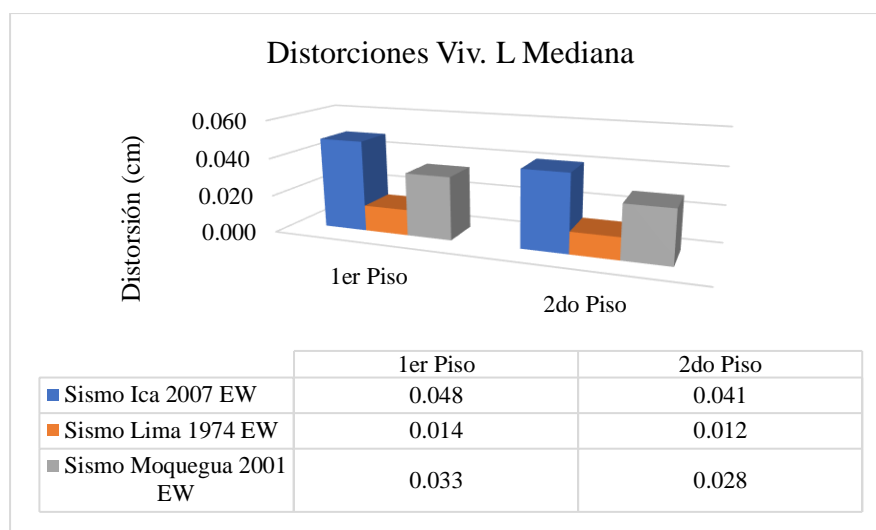


Figura 80. Distorsiones en vivienda L mediana (cm).

Fuente: Propia, modelado en SAP2000.

En la Figura 81 se muestran los desplazamientos máximos, calculados a través de SAP2000 para los distintos sismos de análisis en la dirección “x”, se muestra que los desplazamientos máximos se dan para el sismo de Ica 2007.



*Figura 81.* Distorciones por piso en vivienda L mediana en la dirección “x”.

Fuente: Elaboración propia.

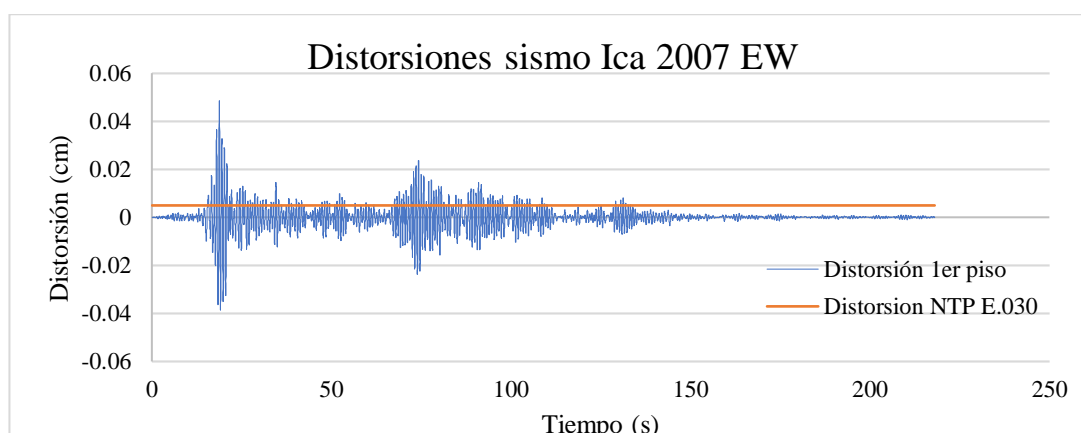
En la Tabla 49 y Figura 82 se puede observar de forma más detallada la deriva de cada piso, así como el número de veces y periodo de tiempo en que la demanda sísmica supera a la capacidad de la vivienda de acuerdo a los límites de desplazamiento admisibles.

Tabla 49

*Resultados de desplazamientos máximos para vivienda L mediana*

<b>Distorción</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>
Máximo desplazamiento (cm)	11.630	9.807
Máxima distorsión (deriva)	0.048	0.041
Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	2096	1665
Total de segundos en el que se exceden la distorsión admisible	20.96	16.65

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 82.* Desplazamientos máximos en vivienda L mediana en la dirección “x”.

Fuente: Elaboración propia.

Como era de esperarse, la flexibilidad de la base de fundación incrementa los máximos desplazamientos de los muros, cuyo comportamiento es como que estuviera en volado desde la parte inferior como un solo elemento en vibración de 4.80m de alto. La ausencia de rigidez por la falta de refuerzos horizontales que trabajen como amarre en las esquinas y controlen el desplazamiento longitudinal de los muros, además de cimientos poco profundos, se ven reflejados en un desplazamiento extremo.

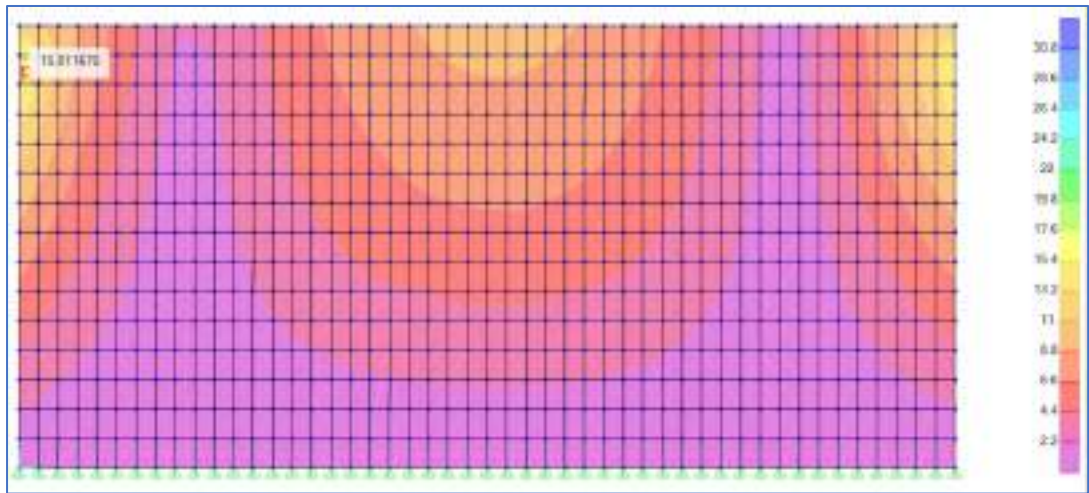


Figura 83. Esfuerzo en la vivienda rectangular mediana (Kg/cm<sup>2</sup>).

Fuente: Propia, modelado en SAP200.

En la Figura 83 se puede apreciar la concentración de esfuerzo de momentos en la parte media superior del segundo piso, del mismo modo se aprecia una mayor concentración de esfuerzos en la esquina de la vivienda, cuyos esfuerzos superan el 1.42 Kg/cm<sup>2</sup> de resistencia ultima a tracción por flexión hasta en un 1186% para el sismo Moquegua 2001 según la Figura 84.

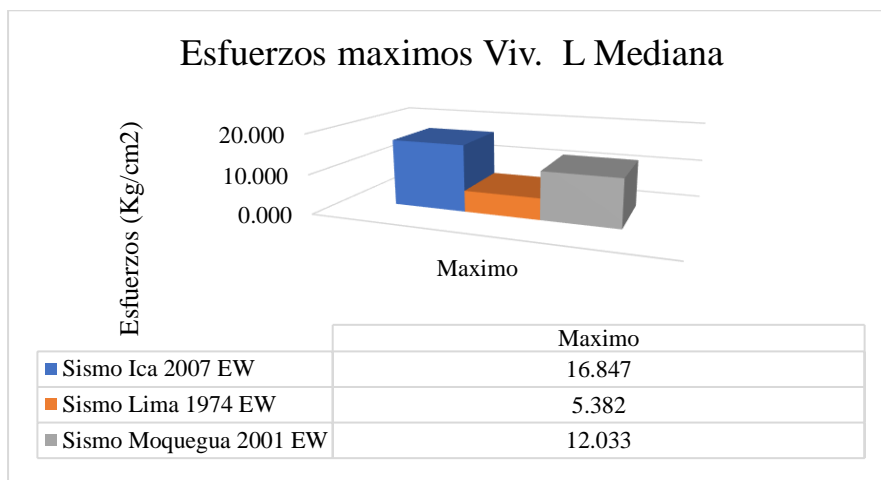


Figura 84. Esfuerzos máximos en la vivienda L mediana (Kg/cm<sup>2</sup>).

Fuente: Elaboración propia.

Los daños que se pueden generar serían fallas por flexión perpendicular al plano del muro con agrietamiento horizontal en la base del segundo piso acompañado de grietas y fracturas verticales que convierten al muro en un mecanismo sin sustentación. El fallo sería generado principalmente por la longitud del muro en relación con su espesor por no contar con arriostres perpendiculares. Además, se observa mayores fallas en las esquinas por falta de arrioste horizontal, falta de anclajes y trabas en el encuentro de los muros que producen grietas y caídas de las esquinas.

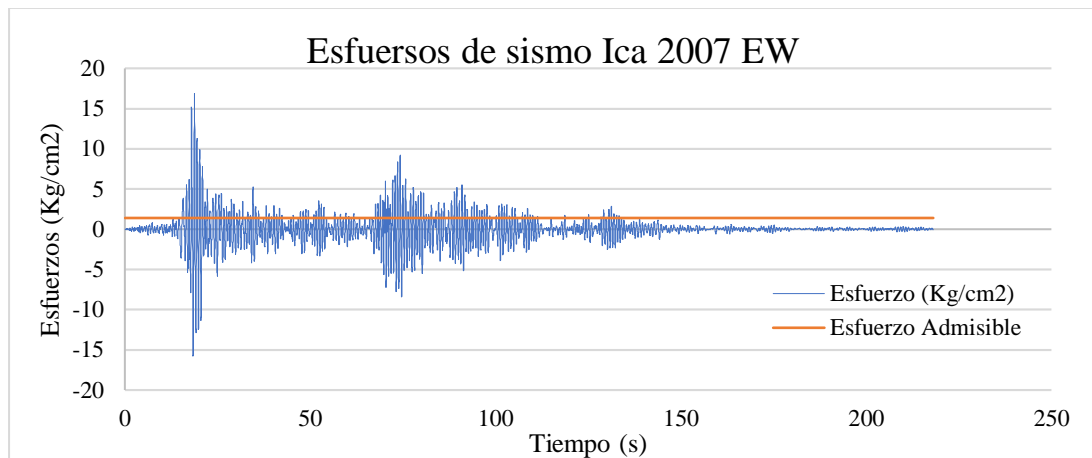


Figura 85. Esfuerzos máximos en vivienda L mediana en la dirección "x".

Fuente: Elaboración propia.

#### 7.1.4.3. Vivienda L desfavorable.

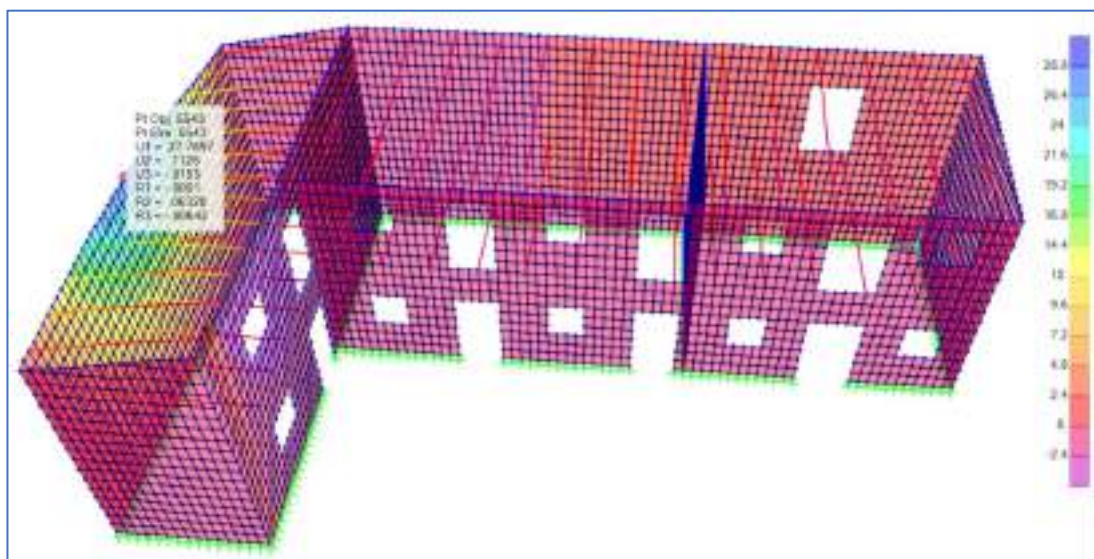


Figura 86. Distorsiones en vivienda L desfavorable (cm).



Fuente: Propia, modelado en SAP2000.

Para la vivienda L desfavorable el mayor desplazamiento se da con los sismos en la dirección “x”, cabe indicar que la deriva máxima ocurre en el segundo piso en la parte central superior del muro en el eje 2-2, el cual recibe el impacto del sismo en forma perpendicular al plano del muro como se aprecia en la Figura 80.

En la Figura 87 se muestran los desplazamientos máximos, calculados a través de SAP2000 para los distintos sismos de análisis en la dirección “x”, Se observa que el sismo Lima 1974 permite obtener mayores valores de desplazamientos.

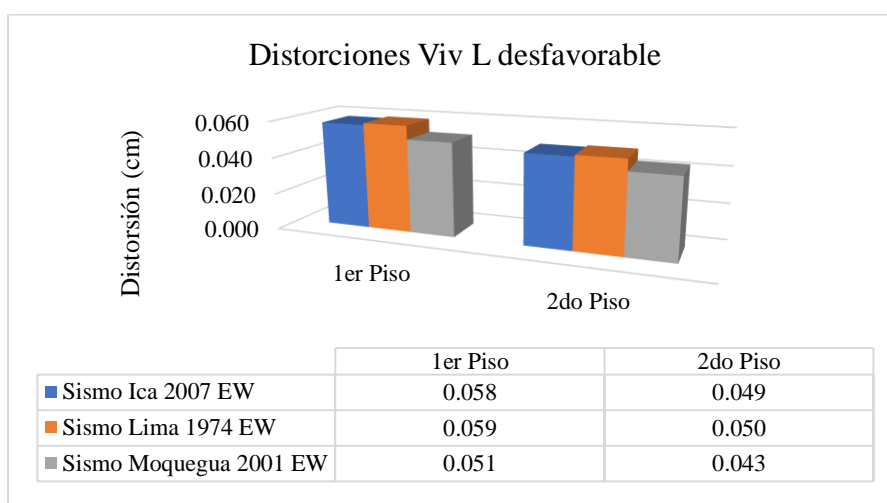


Figura 87. Distorsiones por piso en vivienda L desfavorable en la dirección “x”.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50

*Resultados de desplazamientos máximos para vivienda L desfavorable.*

<b>Distorsión</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>
Máximo desplazamiento (cm)	15.854	11.916
Máxima distorsión (deriva)	0.059	0.050
Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	342.000	264.000
Total de segundos en el que se exceden la distorsión admisible	6.840	5.280

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 50 y Figura 88 se puede observar de forma más detallada la deriva de cada piso, así como el número de veces y periodo de tiempo en que la demanda sísmica supera a la capacidad de la vivienda de acuerdo a los límites de desplazamiento admisibles.

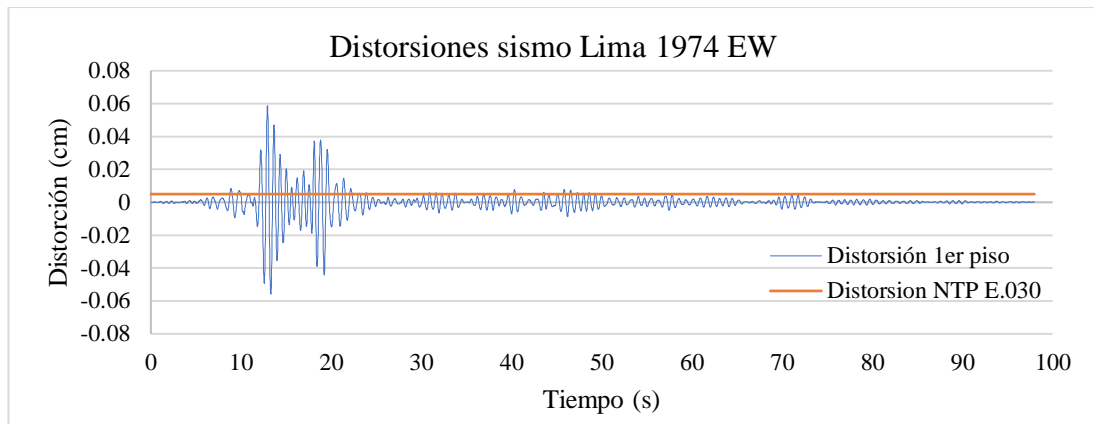


Figura 88. Desplazamientos máximos en vivienda L desfavorable en la dirección “X”.

Fuente: Elaboración propia.

Como era de esperarse, la flexibilidad de la base de fundación incrementa los máximos desplazamientos de los muros, cuyo comportamiento es como que estuviera en volado desde la parte inferior como un solo elemento en vibración de 5.10m de alto.

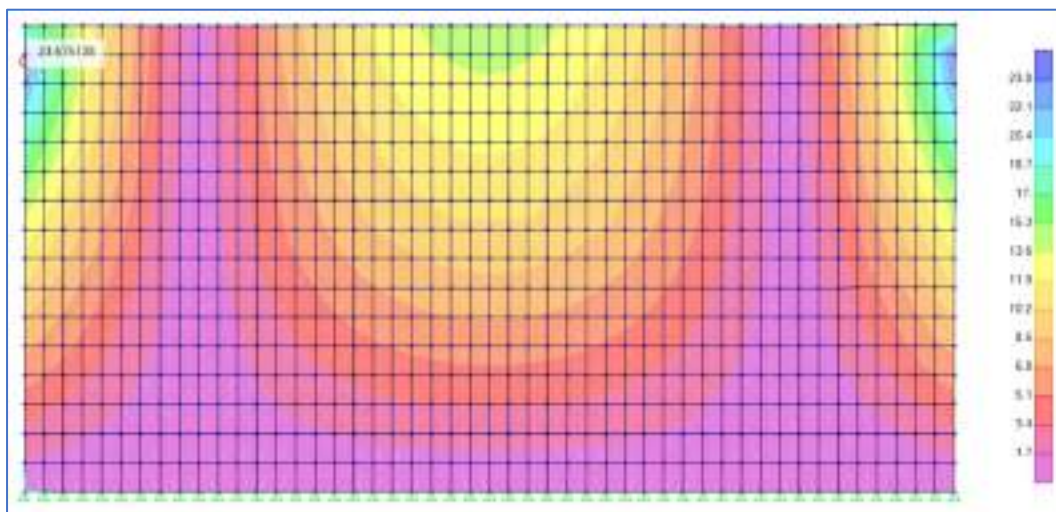


Figura 89. Esfuerzo en la vivienda L desfavorable (Kg/cm<sup>2</sup>).

Fuente: Propia, modelado en SAP200.

En la Figura 89 se puede apreciar la concentración de esfuerzo de momentos en la parte media superior del segundo piso, del mismo modo se aprecia una mayor concentración de esfuerzos en la esquina de la vivienda, cuyos esfuerzos superan el 1.42 Kg/cm<sup>2</sup> de resistencia última a tracción por flexión hasta en un 1691% para el sismo de Lima 1974 según la Figura 90.

Los daños que se pueden generar serían fallas por flexión perpendicular al plano del muro con agrietamiento horizontal en la base del segundo piso acompañado de grietas y fracturas verticales que convierten al muro en un mecanismo sin sustentación. El fallo sería generado principalmente por la longitud del muro en relación con su espesor por no contar con arriostres perpendiculares. Además, se observa mayores fallas en las esquinas por falta de arriostre horizontal, falta de anclajes y trabas en el encuentro de los muros que producen grietas y caídas de las esquinas.

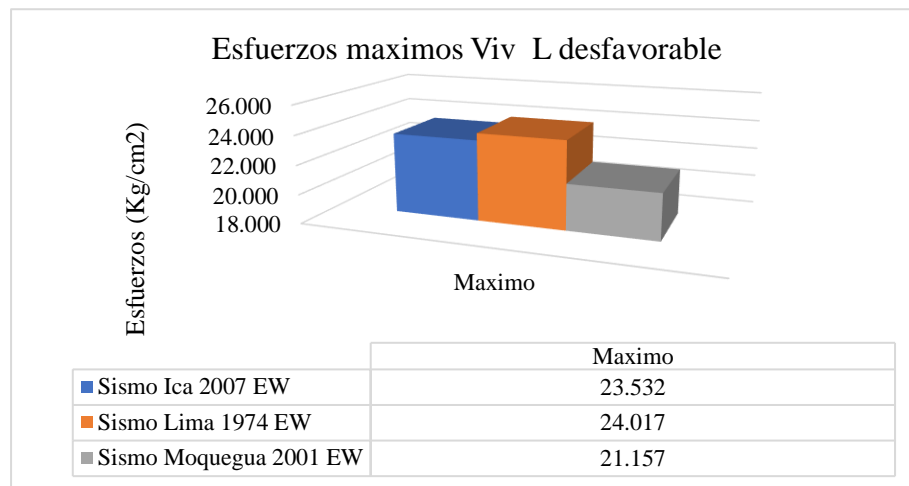


Figura 90. Esfuerzos máximos en la vivienda L desfavorable (Kg/cm<sup>2</sup>).

Fuente: Elaboración propia.

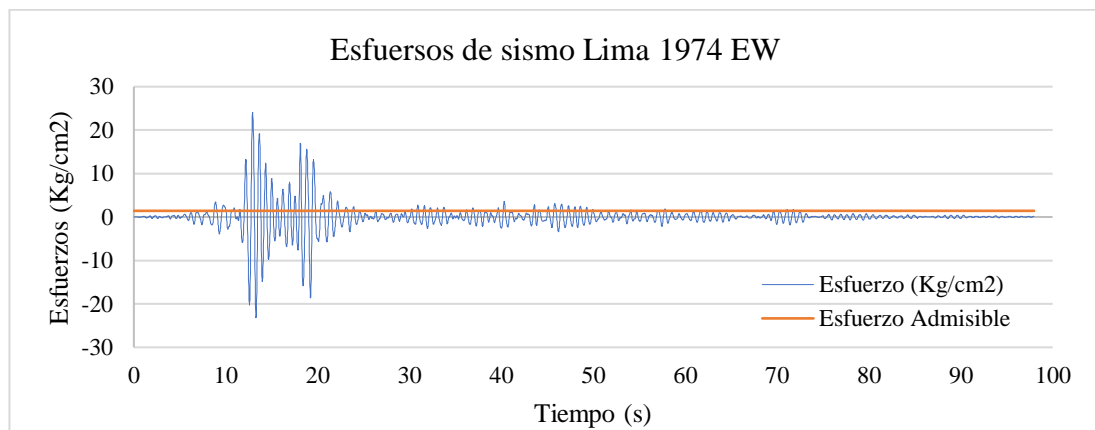


Figura 91. Esfuerzos máximos en vivienda L desfavorable en la dirección “x”.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 91 se muestran los esfuerzos que sobrepasan los límites en función del tiempo para el sismo de Lima 1974 en la dirección “x”. Se observa que el máximo esfuerzo se da en el segundo



En general en todas las viviendas analizadas el techo no tiene el peso suficiente ni el amarre necesario a los muros en donde se apoya para al menos conectarlos entre sí, por lo tanto, las aceleraciones horizontales generan una vibración independiente en cada muro del segundo nivel respecto a los restantes (ver Anexo 16 y17).

Las viviendas de la periferia de la ciudad de Tarma en promedio en la actualidad según clasificación SEAOC se encuentran en desempeño entre resguardo de vida y cerca del colapso, debido a los movimientos de sismo ocasional anteriores, ahora después de estos análisis, una vivienda con las restricciones de desplazamiento que se proponen, en sollicitación de un sismo raro de 10% de excedencia y tiempo de retorno de 50 años, se logrará que la vivienda no colapse.

#### **7.1.5. Alternativas de solución**

A continuación, se explican brevemente las alternativas de rehabilitación y reforzamiento que han demostrado ser las más eficientes y se incluyen en la actualización de la norma técnica peruana de diseño y construcción con tierra reforzada E.080.

Se busca reducir la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de tapial y permitir a los habitantes evacuarlas antes de que se produzca el derrumbe de las viviendas. El objetivo de estas medidas de rehabilitación no está centrado en la protección de la propiedad ni en la minimización de los daños, ya que, debido a las características mismas de estos materiales y técnicas constructivas, esto requeriría mayores niveles de intervención que los propuestos. Por otro lado, también debe advertirse que las medidas propuestas están dirigidas únicamente a la rehabilitación de viviendas existentes y no a la construcción de nuevas viviendas.

##### **7.1.5.1. Asentamiento y deformación**

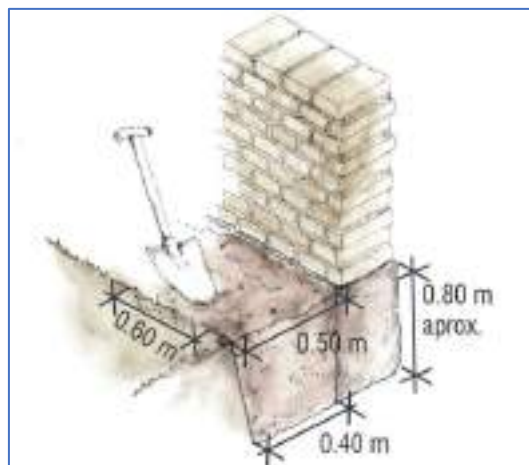
En situaciones donde el suelo es suelto, blando y de resistencia no uniforme. Por acción del peso de la casa se producen asentamientos no uniformes y grietas en los muros, por falta o deficiencias en el cimiento.

Realizar un hueco en el suelo de 0.80 m. de longitud x 2.5 m. de profundidad, para observar la calidad (dureza, soltura, humedad) del suelo y conocer la causa del asentamiento.

Si la causa es la humedad, debe calzarse los muros con cimientos tipo dren, cortando así la fuente del agua. La calzadura se hará con piedras canteadas sin mortero, tipo pirca, hasta alcanzar suelo más firme (La excavación para la calzadura bajo los muros existentes, será hecha por tramos alternados de 0.60 m de ancho, ver dibujo de calzadura).

Si la causa es la calidad del suelo solo se efectuará la calzadura del cemento, eliminando el material suelto.

- Paso 1: Apuntalar muros y techos
- Paso 2: Para tener acceso a la parte inferior de los muros debe excavar zanjales longitudinales de manera alternada a lo largo del muro cada 0.60 m. hasta una profundidad suficiente para alcanzar suelo más firme (ver Figura 89).



*Figura 92.* Excavación de zanjales de acceso a los cimientos.

Fuente: Fichas para la reparación de viviendas de adobe (MVCS, 2014).

- Paso 3: Esquema de alternancia de la obra: Se efectúan excavaciones cada 0.60 m de manera alternada para no afectar la estabilidad de la estructura.
- Paso 4: Una vez terminados los agujeros alternados, rellenar con piedra canteada sin mortero (de 0.15m a 0.25m), tipo Pirca para los cimientos.

- Paso 5: Cuando se ha llegado al nivel del sobrecimiento debe colocarse una malla de driza sintética, para luego envolver las piedras de 2" a 3" del sobrecimiento y anudar para formar bolsas. Completar el vacío entre el sobrecimiento y el muro con mortero embutiéndolo por ambos lados con tablillas de triplay que lo empujan hacia el interior.

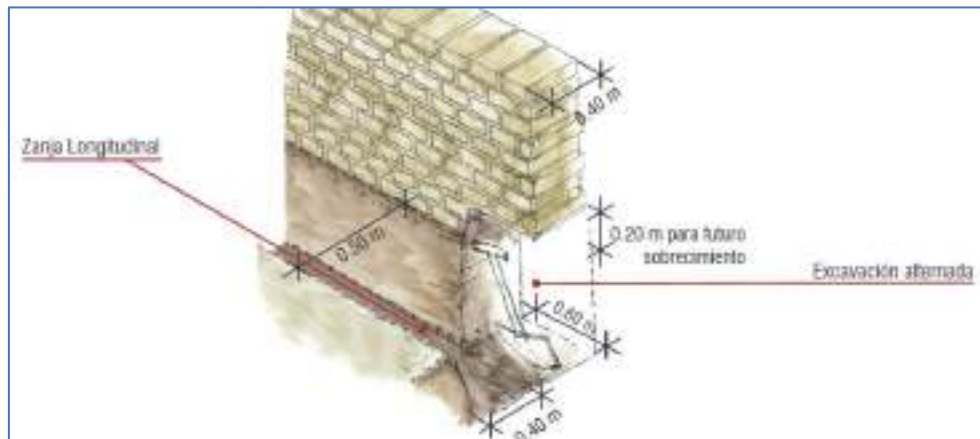


Figura 93. Relleno con piedra canteada de cimientos.

Fuente: Fichas para la reparación de viviendas de adobe (MVCS, 2014).

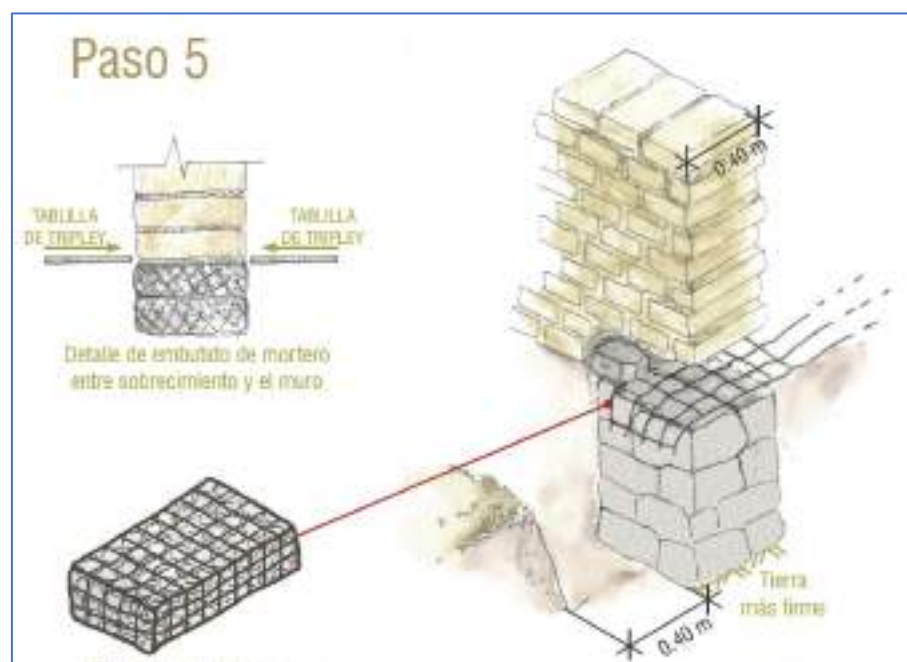
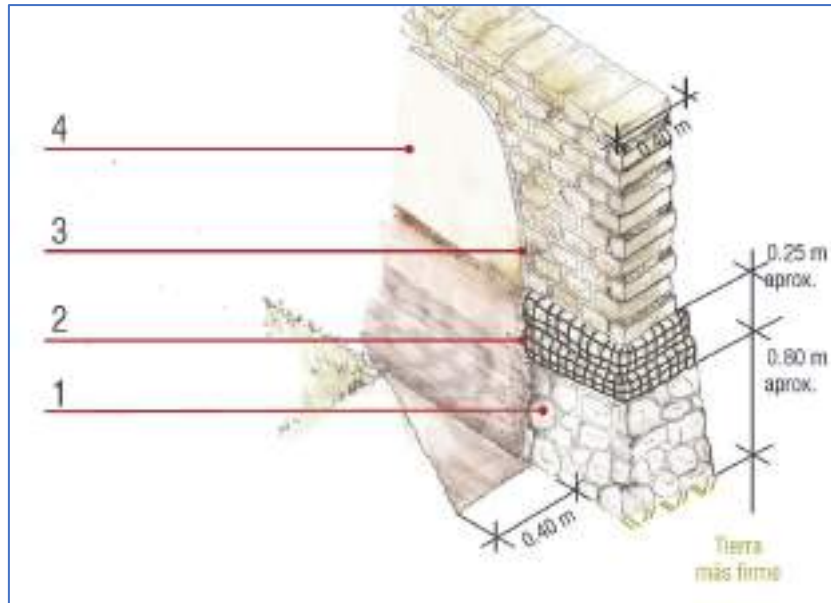


Figura 94. Colocación de malla de driza sintética de sobrecimiento.

Fuente: Fichas para la reparación de viviendas de adobe (MVCS, 2014).

- Paso 6: Rellenar el hueco perimetral con grava de 1" a 2". Reparar las grietas formadas por el asentamiento

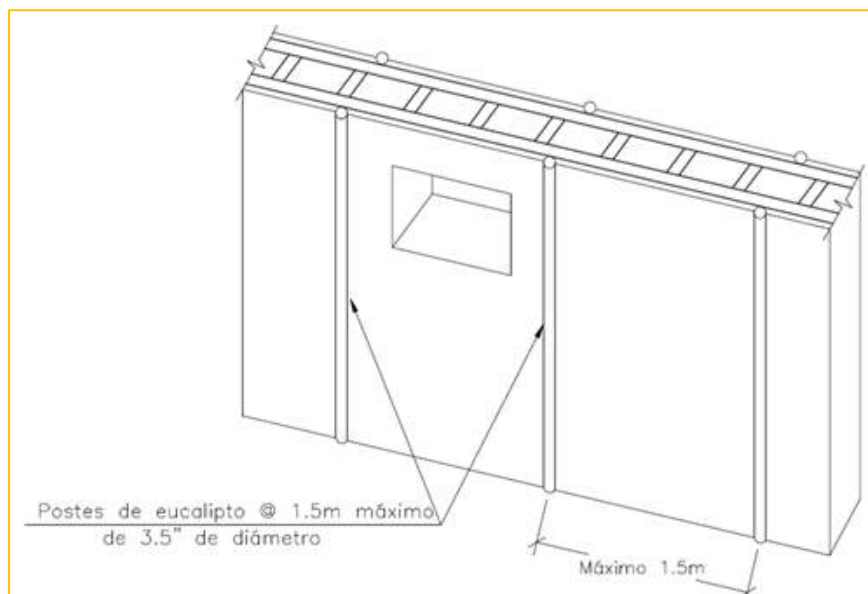


*Figura 95.* Relleno de sobrecimiento.

Fuente: Fichas para la reparación de viviendas de adobe (MVCS, 2014).

### 7.1.5.2. Reforzamiento con cañas verticales y viga solera

De acuerdo a las especificaciones técnicas constructivas del sistema constructivo de tapial mejorado propuesto por SENCICO (2015), el refuerzo de los muros consiste en cañas o troncos de eucalipto, cuya distribución dependerá de las longitudes de los muros y la ubicación de los vanos de puertas y ventanas.



*Figura 96.* Distribución del refuerzo exterior.

Fuente: SENCICO (2015).

Se usan como refuerzo la caña madura y seca o el eucalipto de 4" de diámetro o madera acerrada de 3" x 4" u otro material similar en tiras rectas, colocadas horizontalmente cada cierto número de juntas (máximo cada 4 hiladas) en todos los muros unidos entre sí mediante amarres en los encuentros y esquinas. También se colocan refuerzos verticales que se conectan entre si a través del muro en cada junta seca del muro de tapial con cuerdas de nylon o similar.



*Figura 97.* Distribución del refuerzo exterior y unión con vigas solera.

Fuente: SENCICO (2015).

Es recomendable no usar el refuerzo horizontal en exceso (es suficiente colocarlo cada 2 hiladas), ya que una congestión de refuerzo produce dificultad en la compactación y disminuye la resistencia del tapial.



*Figura 98.* Colocación de vigas soleras en forma de escalerilla sobre muro.

Fuente: SENCICO (2015).

Las vigas soleras (viga collar) serán escalerillas conformadas por troncos de eucalipto de 3,5" unidos por transversales de la misma sección cada 50 cm.

Se observa en campo que las masas de tierra mantienen pendientes de  $90^\circ$  naturalmente, pero al ser un suelo arcilloso, en temporadas de lluvia, estos tienden a sufrir desplomes. Los muros trabajan como muros de contención anclados, de manera similar a muros de sótanos.

Para aquellas viviendas, cuyos muros también trabajan como muro de contención, se propone la construcción de pequeñas zapatas de concreto simple de resistencia  $175\text{Kg/cm}^2$  como se ve en la Figura 96, es un proceso que complementa lo descrito por SENCICO anteriormente. Por otro lado, es necesario la realización de ensayos experimentales para determinar la efectividad de la propuesta y su ejecución en las viviendas de Tarma.

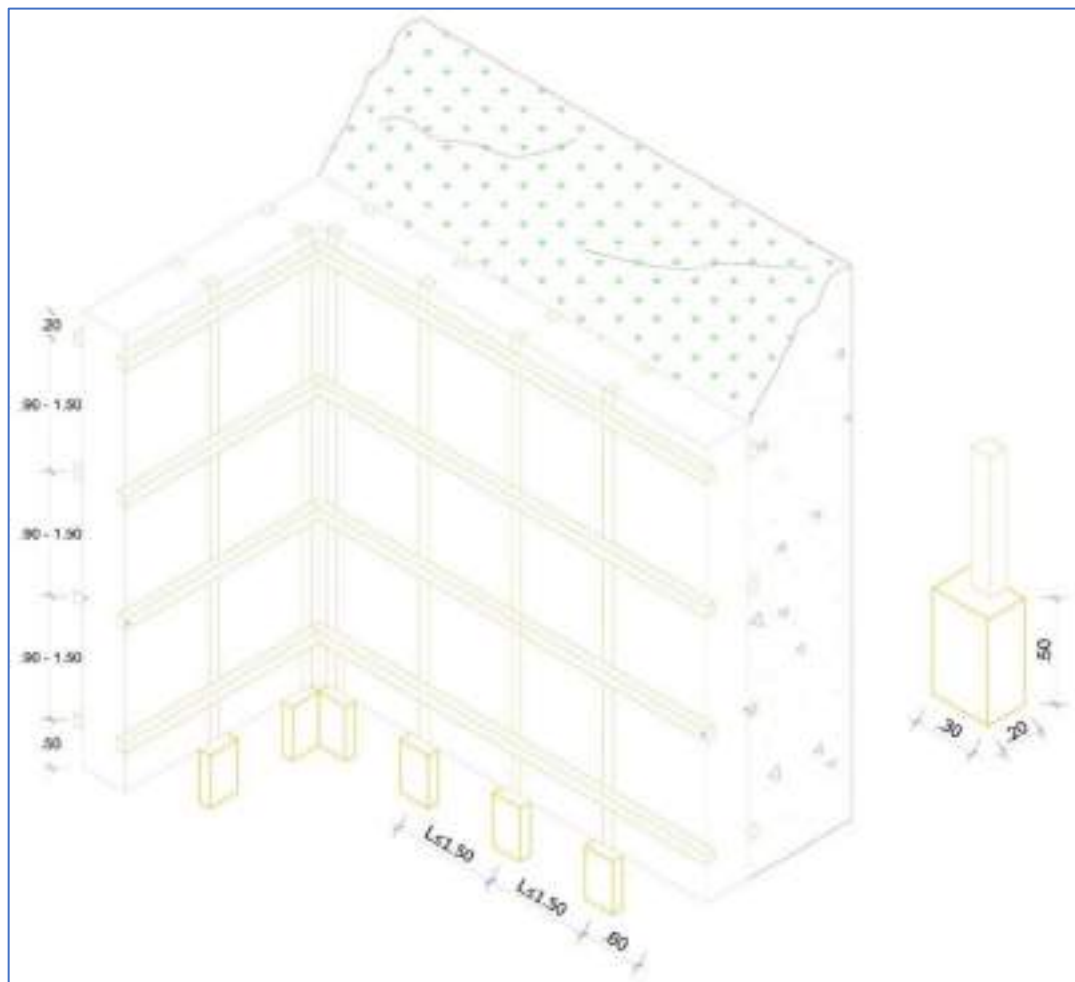


Figura 99. Distribución del refuerzo exterior.

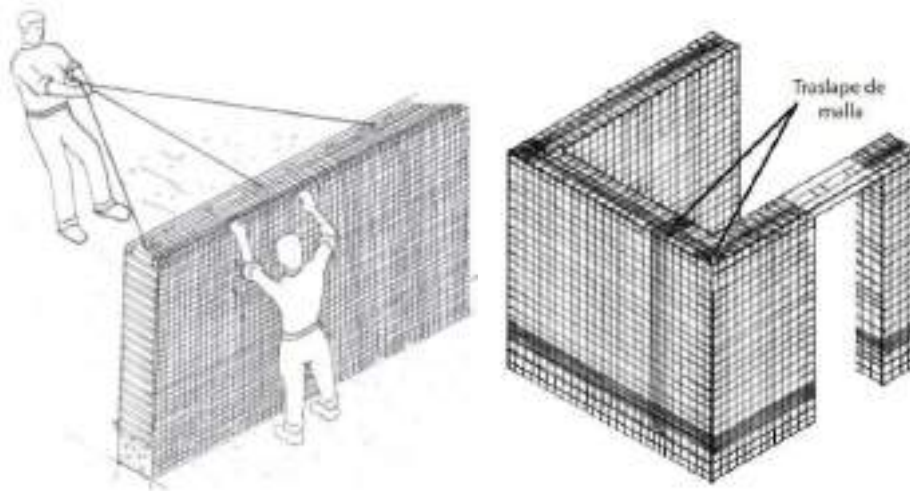
Fuente: Elaboración propia.



### 7.1.5.3. Reforzamiento con geomalla

Las geomallas como refuerzo de estructuras de tierra para obras de ingeniería son muy usadas por tener propiedades estándar de rigidez y resistencia, fácil de implementar y con diversas características mecánicas (Torrealva, 2009).

De acuerdo a la investigación de Torrealva (2009), el reforzamiento de construcciones de tierra con geomalla consiste en incorporar la geomalla a lo largo de todos los muros amarradas con cintas plásticas.



*Figura 100.* Esquema de colocación de refuerzo con geomalla, (a) colocación y (b) Traslape.

Fuente: Norma E.080 (RNE, 2017).



*Figura 101.* Muro reforzado con geomalla después de ensayo sísmico.

Fuente: Madueño (2005).

La geomalla debe tratar de cubrir en forma continua la mayor cantidad de área del muro de forma horizontal. Se realizan perforaciones cada 30 cm que atraviesan la pared, por el cual se introduce rafia o nylon para amarrar la geomalla en ambas caras del muro. La malla debe ser continua en esquinas y bordes exteriores e interiores. Además, debe estar convenientemente anclada a la base del sobrecimiento y a la viga collar superior.

La alta resistencia a la tracción de la Geomalla es suficiente para las sollicitaciones en ese punto en las viviendas, de este modo estas viviendas pueden agrietarse, pero no se separarán en esos puntos críticos.

El uso de otro tipo de mallas sólo es permitido si acredita su capacidad sismorresistente en ensayos cíclicos a escala natural. Es así que también se recomienda el uso de mallas electrosoldadas y mallas de sogas sintéticas.

#### 7.1.5.4. Diafragma rígido

La falta de un diafragma rígido –y adecuadas conexiones de éste con los muros de soporte– en el plano de los entrepisos y de la cubierta, el cual, de existir, podría garantizar que las cargas horizontales sean absorbidas por los elementos más rígidos en cada plano de la edificación.

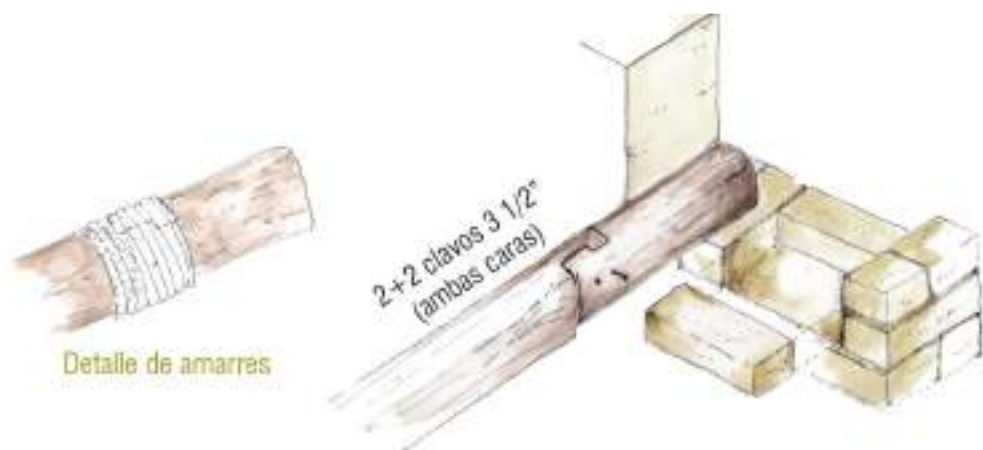


Figura 102. Colocación de injerto nuevo de madera.

Fuente: Fichas para la reparación de viviendas de adobe (MVCS, 2014).

Ante la pérdida de capacidad resistente de la viga y deformación excesiva, debido al podrido de los extremos (humedad) o exceso de carga. Se deberá hacer un



injerto de la madera, desmontando la viga afectada, se reparar los extremos dañados con injertos de madera, fijados con clavos y amarres de drizas.

La rigidez del diafragma en su plano se puede lograr de diferentes maneras, aunque se debe tener en cuenta que se debe garantizar una adecuada unión de éste con los muros de la edificación. Se han analizado dos alternativas: la primera consiste en una plaqueta de concreto y la segunda en un entablado complementario tal como se presenta en las figuras 108 y 109.

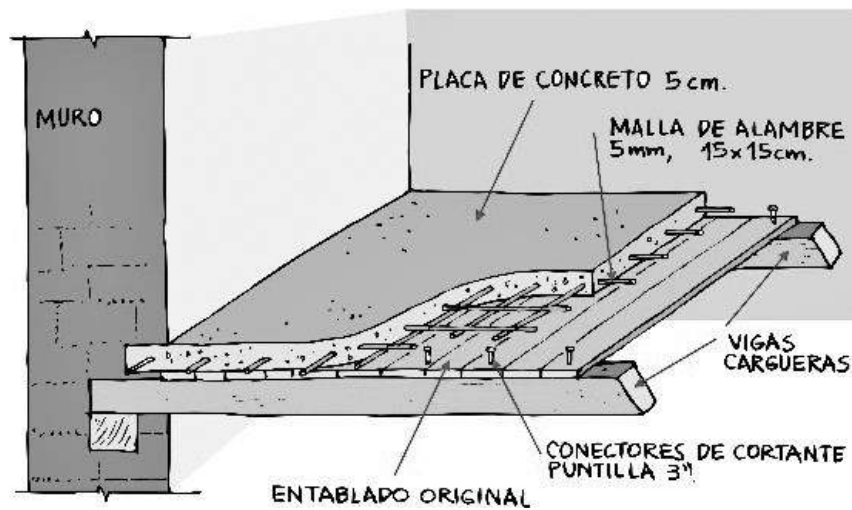


Figura 103. Plaqueta de concreto.

Fuente: Yamín (2007).

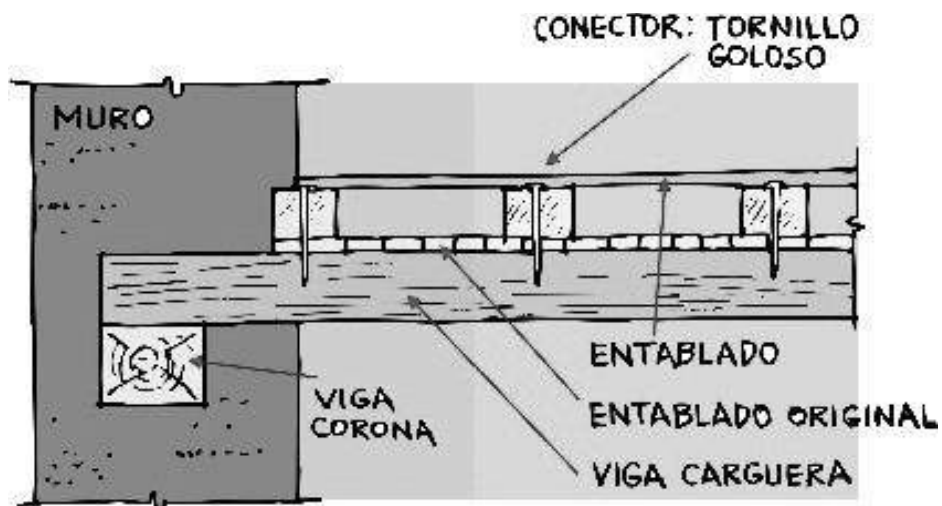


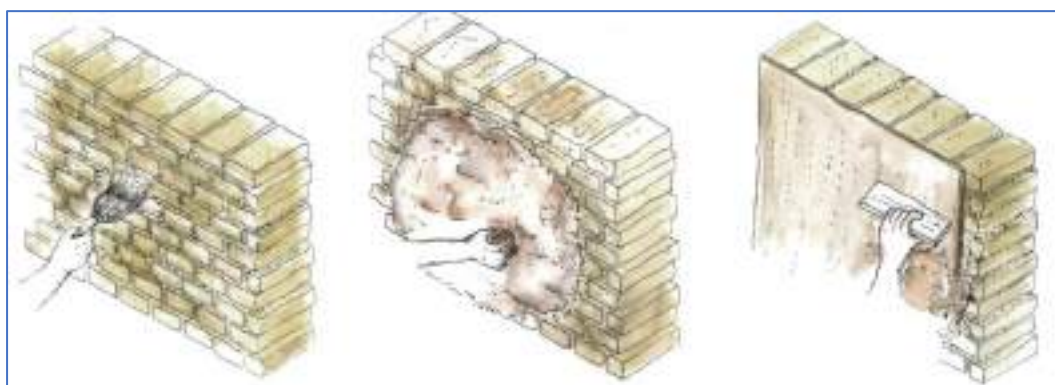
Figura 104. Entablado complementario.

Fuente: Yamín (2007).

### 7.1.5.5. Humedad generalizada en los muros exteriores

El deterioro es producido por la exposición directa al viento, humedad o ambas, debido a la falta de enlucido o a enlucidos sin mantenimiento.

- Revisar y reparar los techos para evitar los goteos o chorreos por las lluvias.
- Picar el enlucido o revestimiento tratando de uniformizar el deterioro.
- Reparar pérdidas de adobe y mortero.
- Hacer un enlucido de barro con mucha paja en tres capas:
  - La primera capa de enlucido de 2.5cm de espesor y mucha paja (1 volumen de paja de 5 a 10 cm de longitud, contra 1 volumen de tierra), dejar secar por una semana.
  - La segunda capa de 1cm de espesor e igual proporción con paja de máximo 3cm de longitud, dejar secar.
  - La tercera capa de barro con mucílago de cactus o similar con 3 a 4mm de espesor. Esta capa es más impermeable y permite la transferencia de vapor a través del muro, dejar secar.
- Finalmente, cuando esta última capa esté muy seca, se frota con dos tipos de piedras de canto rodado, una lisa y al final una más lisa.



*Figura 105.* Enlucido de barro con paja.

Fuente: Fichas para la reparación de viviendas de adobe (MVCS, 2014).

## 7.2. Conclusiones

De las viviendas observadas y analizadas en la periferia de la ciudad de Tarma en la región Junín, se concluye que, frente a sollicitaciones sísmicas establecidas, se comprueba que las viviendas de dos pisos construidas en tapial presentan una vulnerabilidad alta, principalmente por desconocimiento por parte de los constructores y propietarios, de los diferentes problemas de estructuración y configuración sísmica.

- Las viviendas de tapial seleccionadas pueden considerarse como representativas, guardando características arquitectónicas y estructurales similares, estas se han agrupado en viviendas rectangulares y en forma de “L” siendo por su distribución en planta las más comunes de la zona. Las viviendas de la periferia de la ciudad de Tarma tienen una tipología que tratan de adecuarse a la zona sísmica a pesar de ser de dos niveles y ubicarse sobre pendientes de hasta 75%.
- De las dos tipologías analizadas, las viviendas en forma de “L” tienen una vulnerabilidad alta en un 100%, mientras las viviendas rectangulares tienen vulnerabilidad media de 52.2% y 47.8% de vulnerabilidad alta. El índice de daño tomando como referencia tres aceleraciones (0.20g, 0.26 y 0.33g) se observa que para la aceleración de 0.20g las viviendas en “L” sufren daños severos presentando costos de reparación mayor al costo del edificio mientras que para la aceleración de 33g, la vivienda entra en un estado de colapso total. En viviendas rectangulares el índice de daño para 0.20g es fuerte, requiriéndose el desalojo del edificio por seguridad, y para 0.30g la vivienda debe ser declarada en ruinas.
- Los resultados muestran el comportamiento sísmico de las viviendas seleccionadas, que sometidas a un sismo real (Ica 2007, Lima 1974 y Moquegua 2001) presentan las mismas tendencias y comportamiento. Es de esperarse que durante un sismo de 0.35g colapsen muchas viviendas, debido a que los muros del segundo nivel sufren mayores aceleraciones y no están preparados para recibir esfuerzos y desplazamientos, la debilidad de las conexiones entre muros se da por que el techo no funciona como diafragma además que las uniones se encuentran agrietadas y la falta de arriostres. La falla por volteo en segundos pisos es una falla potencial debido a que con un mínimo agrietamiento los muros se encuentran en vibración independiente y al no estar unidos entre ellos presentan grandes posibilidades de caer y destruir la vivienda en un sismo

severo. Las viviendas en L son las viviendas más vulnerables ya que presentan mayores desplazamientos y esfuerzos, generando fallas por flexión perpendicular al plano del muro por agrietamiento horizontal y vertical.

- Para mejorar el comportamiento de estos muros longitudinales de segundo nivel se debe mejorar la estabilidad de estos mediante la reducción del desplazamiento lateral y la unión de ellos, de esta forma se mejorará notablemente su comportamiento en un sismo severo. Un refuerzo de unión en el techo para generar unión en la parte superior de los muros es una solución económica y factible en periferia de la ciudad de Tarma.

### **7.3. Recomendaciones**

- Los resultados hacen referencia a tipologías típicas y mayoritarias en la zona de trabajo, siendo conveniente continuar el estudio que permita el análisis de otras tipologías de construcción ubicadas en la periferia de la ciudad de Tarma.
- Los resultados muestran parámetros que evalúan tendencias y el comportamiento general de las estructuras analizadas. Cálculos más refinados permitirían evaluar mejor su comportamiento como un análisis no lineal Tiempo-Historia. Asimismo, la evaluación de un mayor número de viviendas complementaría esta investigación.
- Aplicar otras metodologías de análisis de vulnerabilidad sísmica para comparar los resultados obtenidos, que incorporen parámetros básicos de la acción sísmica en las estructuras, como son la aceleración del suelo, desplazamientos, velocidades espectrales, dependiendo del tipo de edificación.
- Se recomienda que en un siguiente paso del proyecto se realicen ensayos de las tecnologías tradicionales de tierra, con lo cual se podría realizar un análisis más detallado de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas.
- Se recomienda realizar el ensayo de microtrepidaciones para toda el área de la ciudad de Tarma, para poder conocer y caracterizar el comportamiento dinámico del suelo en toda la ciudad.
- Conocer las características mecánicas del material de forma más precisa y poder acotar las leyes constitutivas y el valor de los parámetros en el cálculo estructura. Aplicación de ensayos de corte directo, ensayo a tracción, ensayos de rotura de muretes de tapial

de la periferia de la ciudad de Tarma, antes y después del reforzamiento, a fin de conocer las propiedades físico mecánicas y el comportamiento de los elementos estructurales que constituyen una construcción en tapia pisada.

- Realizar un trabajo de capacitación para explicar a la población del peligro potencial con el cual están viviendo y las acciones que deberían aplicarse antes, durante y después de un terremoto. Las entidades que llevarían a cabo esta capacitación serían la Municipalidad Provincial de Tarma, Gobierno Regional de Junín e INDECI.
- La Municipalidad Provincial de Tarma, mediante el órgano correspondiente y de acuerdo a sus facultades y capacidades, debería asumir la función de inspeccionar las numerosas construcciones que a diario se realizan en la ciudad, pues muchas de éstas no son supervisadas durante su ejecución, cometiéndose irregularidades en el proceso constructivo, lo que conlleva que la edificación sea muy vulnerable.
- Se recomienda desarrollar un estudio comparativo de costos de reforzamiento y rehabilitación de viviendas de tapial. Para demostrar que tan eficiente y económico son cada uno de las tecnologías desarrolladas en distintas investigaciones nacionales e internacionales y así determinar la técnica más factible.

## Referencias bibliográficas

- Artega, P. (2016). *Estudio de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y evaluación del índice de daño de una edificación perteneciente al patrimonio central edificado en la ciudad de Cuenca – Ecuador*. (Proyecto de graduación previo a obtener el grado de Especialista en el análisis y diseño de estructuras de acero y hormigón armado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2007). *Manual de rehabilitación de viviendas construidas con adobe y tapia pisada*. Colombia: AIS.
- Barbat, A., Oller, S. & Vielma, J. (2005). *Cálculo y diseño sismorresistente de edificios. Aplicación de la norma NCSE-02*. Barcelona, España: A. H. Barbat.
- Bonett R. (2003). *Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Ampliación a entornos urbanos en Zonas de amenaza alta y moderada*. (tesis para optar el grado de Doctor en Ingeniería). Universidad politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- Bossio, S. (2010). *Evaluación del comportamiento sísmico e influencia de la dirección del movimiento en módulos de adobe reforzado con geomalla*. (Tesis para optar el título de ingeniero Civil). PUCP, Lima, Perú
- Caicedo C., Barbat A., Canas J. & Aguilar R. (1994). *Vulnerabilidad sísmica de edificios*. Monografía CIMNE IS-6 1994. Barcelona, España: A. H. Barbat.
- Cerón L. & Silva M. (2014). *Desempeño sísmico de casas consistoriales en tapia pisada con y sin refuerzo en maderas de confinamiento*. (Tesis para optar el título de ingeniero Civil). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Castro, D. (2015). *Vulnerabilidad sísmica del centro histórico de la ciudad de Jauja – Junín*. (Tesis para optar el título de ingeniero Civil). UNI, Lima, Perú.
- Claver, L. & Manco M. (2006). *Características sísmicas de las construcciones de tierra en el Perú. contribución a la enciclopedia mundial de vivienda*. (Tesis para optar el título de ingeniero Civil). PUCP, Lima, Perú.
- Concha, O. (1977). *Diseño Sismo Resistente de muros de Adobe*. (Tesis para optar el título de ingeniero Civil). UNI, Lima, Perú.

- Delgado, E. (2006). *Comportamiento Sísmico de un Módulo de Adobe de Dos Pisos con Refuerzo Horizontal y Confinamientos de Concreto Armado*. (Tesis para optar el título de ingeniero Civil). PUCP, Lima, Perú.
- Flores, R. (2002). *Diagnóstico preliminar de la vulnerabilidad sísmica de las autoconstrucciones en Lima*. (Tesis para optar el título de ingeniero Civil). PUCP, Lima, Perú.
- Gálvez, V. (2011). *Evaluación del desempeño sismorresistente usando análisis no lineal en el tiempo*. (Tesis para optar el título de ingeniero civil). PUCP, Lima, Perú.
- Gómez, W. & Loayza, A. (2014). *Evaluación de vulnerabilidad sísmica de centros de salud del distrito de Ayacucho*. (Tesis para optar el título de ingeniero Civil). Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2016). *Reglamento Nacional de Edificaciones Norma Técnica de Edificaciones E.030 Diseño Sismorresistente*. Lima, Perú: SENCICO.
- Quispe N. (2004). *Evaluación del riesgo sísmico en la ciudad de Ayacucho*. (Tesis para optar el grado de maestro en ciencias con mención en ingeniería estructural). UNI, Lima, Perú.
- Silgado, E. (1978). *Historia de los sismos más notables ocurridos en Perú 1513 – 1974*. Boletín N° 3. Instituto de geología y Minería. Lima, Perú.
- Tejada, U., Mendoza, A. & Torrealva, D. (2012). *Uso del tapial en la construcción*. Lima, Perú: SENCICO.
- Tolles, E. (2002). *Guías de planeamiento e ingeniería para la estabilización sismo resistente de estructuras históricas de adobe*. California, Los Ángeles: Getty Publications.
- Valdiviezo, C. (2005). *Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales de Ica*. (Tesis para optar el título de ingeniero Civil). PUCP, Lima, Perú.

Velarde G. (2014). *Análisis de vulnerabilidad sísmica de viviendas de dos pisos de adobe existente en Lima*. (Tesis para optar el título de ingeniero Civil). PUCP, Lima, Perú.

Yamín, L., Phillips C., reyes J. & Ruiz D. (2007). *Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada*. Apuntes. Ed 2. Vol 20. pp 286 – 377. Madrid, España.



# **Anexos.**

## **Anexo 1. Ficha de encuesta**

### **1.1. Alcances de ficha de encuesta**

La ficha de encuesta se desarrolló para recopilar información necesaria en la evaluación de las viviendas seleccionadas construidas en tapial, de dos pisos. Se considera el uso de otros materiales complementarios como: madera, concreto, acero, etc. Además, incluye el plano de la vivienda en planta de cada piso, así como la vista frontal y donde corresponda una vista lateral.

### **1.2. Descripción detallada de la ficha de encuesta**

La ficha de encuesta comprende: datos generales, datos técnicos, esquemas de la vivienda y fotos que ayudarán a observar detalles de la vivienda.

#### **1.2.1. Datos Generales**

**a. Fecha de encuesta**

El día, mes y año en que se realizó la encuesta.

**b. Hora**

La hora en que se realizó la encuesta.

**c. Número de vivienda**

El número correlativo de la vivienda encuestada.

**d. Familia**

Los apellidos de la familia que reside en la vivienda encuestada.

**e. Número de habitantes**

Número de personas que residen en la vivienda encuestada.

**f. Ubicación de la vivienda**

La dirección de la vivienda incluye el distrito, provincia, departamento, la dirección en que se ubica: peri urbana, barrio; el tipo y nombre de vía: avenida, calle, pasaje, jirón, carretera.

**g. ¿Recibió asesoría técnica para la construcción de su vivienda y por qué?**

Si algún profesional de la rama dirigió la asesoría de la construcción de la vivienda. Adicionalmente las personas que participaron en su construcción.

**h. Fecha de inicio y término de la construcción**

Período de construcción de la vivienda encuestada.

**i. Pisos existentes**

Para tener presente la evaluación de viviendas de dos pisos construidas en tapial.

**j. Costo de inversión**

Para tener como dato promedio el costo de construcción de viviendas en tapial de dos pisos y hacer una comparativa con otros tipos de construcción.

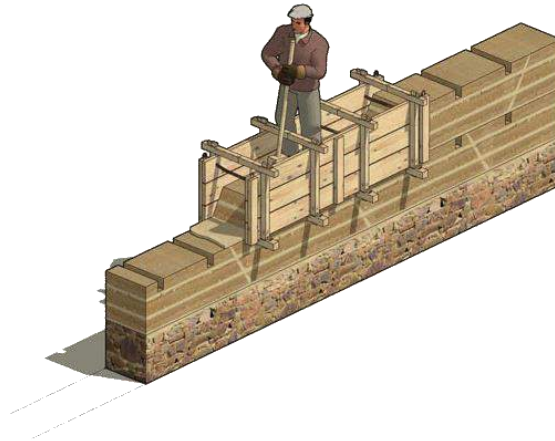
### 1.2.2. Datos Técnicos

#### a. Tipo de suelo

El tipo de suelo clasificado, sobre el cual se encuentra la vivienda. Los tipos de suelo son: roca dura, rígidos, intermedios y flexibles.

#### b. Características de los principales elementos de las viviendas

- **Tapial:** Las dimensiones de la unidad de tapial empleada.



- **Cimentación:** Las dimensiones y profundidad aproximadas de la cimentación que el propietario pueda proporcionar. La información de los materiales empleados en su construcción como: piedra y barro, concreto u otros.
- **Muros:** Se tomarán las medidas del espesor de los muros, altura de muros, longitud de muros y unión en esquinas. Además de la presencia de contrafuertes, arriostres horizontales, densidad de muros y refuerzos.
- **Vanos:** Describe las características de vanos como dimensiones y materiales.
- **Techo o Entrepiso:** Se especifica los materiales empleados, vigas, corres y vigas soleras. En caso de coberturas, se indica el tipo y sus dimensiones, aleros y pendientes de techo.

### 1.2.3. Esquema de la Vivienda

El esquema de la vivienda presenta los planos de planta y elevación de fachada de las viviendas encuestadas. Estos son elaborados a partir de bosquejos efectuados durante la visita, para ello se utiliza el software AutoCAD. Además de la distribución de los ambientes, se incluyen las medidas de los elementos estructurales. La existencia o no de la junta sísmica con las viviendas vecinas se indica. El área de terreno, cuadros de vanos y otras descripciones que se consideraron importantes se incluyen.



**VULNERABILIDAD SISMICA DE VIVIENDAS CONSTRUIDAS EN TAPIAL EN LA PERIFERIA DE LA CIUDAD DE TARMA**

**FICHA DE ENCUESTA**

**1. Datos Generales**

Fecha:  /  /  Hora:  N° de Vivienda:

Familia:  N° de habitantes/vivienda:

Ubicación geográfica		
Dirección:		
Distrito	Provincia	Departamento

¿Recibió asesoría técnica para construir su vivienda, por qué? Sí  No

Fecha de inicio de construcción:  Fecha de término:

N° de pisos actual:  Costo de inversión:

**2. Datos Técnicos**

Parámetros del suelo				
Roca Dura ( )	Rígidos ( )	Intermedios ( )	Flexibles ( )	Excepcional ( )

Características de unidad de Tapial				Observaciones
Largo:	Ancho:	Altura:		
Materiales:				

Fundación	Piedra y barro	Concreto	Otros	Norma E - 080
Cimiento				60x40 cm min
Sobre cimiento				20 cm min NTN

Muros			Otros	Norma E - 080
Espesor de muros				
Altura de muros	H>3m ( )	H<3m ( )		H<3m
Longitud de muro	L>4m ( )	L<4m ( )		L<10xem
Unión de esquinas	No existe ( )	Existe ( )		Debe existir
Contrafuertes	No Posee ( )	Posee ( )		Poseer
Arriostre horizontal	No Posee ( )	Posee ( )		Poseer
Densidad de muros	Mayor en X o Y ( )	Similar en X o Y ( )		Similar
Muros reforzados	No Posee ( )	Posee ( )		Debe existir

Vanos			Norma E - 080	
Dinteles en ventanas	No Posee ( )	Posee ( )	Poseer	
Dinteles en puertas	No Posee ( )	Posee ( )	Poseer	
Longitud de empotramiento		L<4m	L≥4m ( )	40cm mín.
Ventanas	No centrada ( )	Centrada ( )		Centrada
Puertas	No centrada ( )	Centrada ( )		Centrada
Distancia de esquina a vano		dv<90cm ( )	dv>90cm ( )	≥ 3xem o min 0.90m
Suma de longitud de vanos		∑ >1/3 L ( )	∑ <1/3 L ( )	Max. <1/3 L
Ancho de vano		AV>1.20m ( )	AV<1.20m ( )	Max. ≤1.20m

Techo	Materiales			Norma E - 080
	Madera	Caña bambú	Otros	
Vigas				Materiales Livianos
Correas				Materiales Livianos
Viga collar	No posee ( )	Posee ( )		Poseer
Cubierta	P. Calamina ( )	Teja andina ( )		Materiales Livianos
Aleros	L < 40cm ( )	L≥4cm ( )		Poseer 40 cm mín.
Pendiente de techo	Ø<15%	15%<Ø<30%		15% - 30%

**3. Esquema de la vivienda:**

**Planta:**

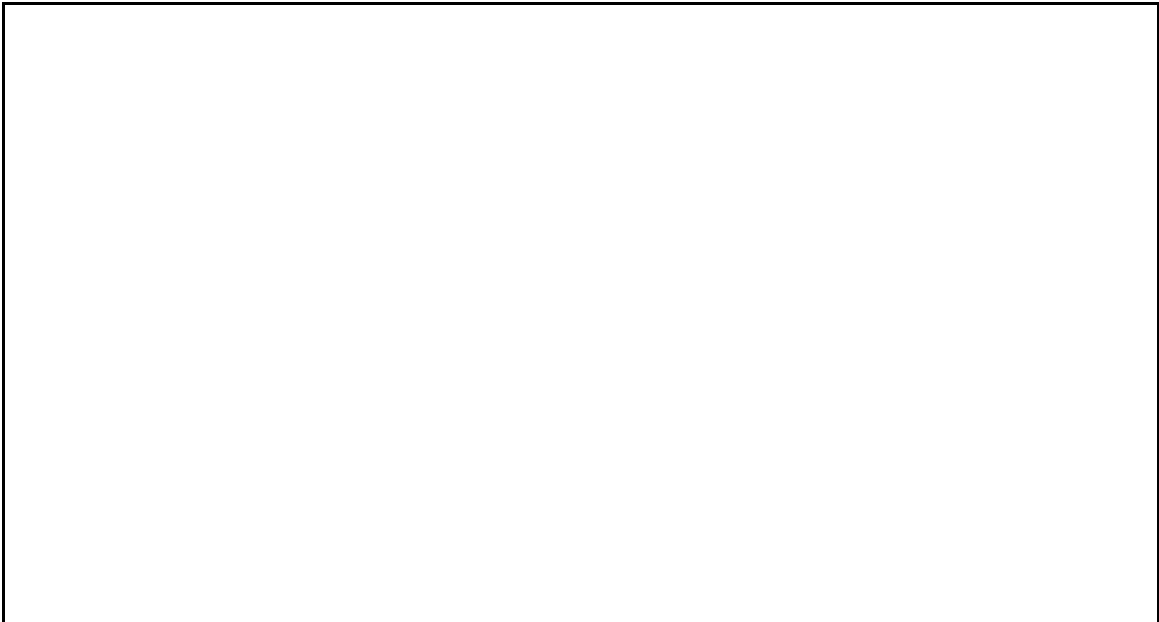
Planta 1er Piso

Planta 2do Piso



**Elevación:**

Frontal



Juntas sísmicas	
Izquierda	Derecha

**Observaciones y comentarios:**


## **Anexo 2. Ficha de observación**

Se identifica y clasifican los problemas o aspectos resaltantes observados durante la visita de la vivienda. Los aspectos estructurales involucran: estado de los elementos estructurales, muros con grietas o fisuras producidas por sismos o continuidad en los muros de un piso a otro. En los aspectos constructivos y de material se tiene la presencia de eflorescencia, variedad en las dimensiones de las unidades de tapial. O cualquier característica no considerada en la ficha de encuesta que pueda influir en la vulnerabilidad de la vivienda. De esta manera, también se evalúa otros factores que puedan afectar negativamente el comportamiento sísmico de la vivienda.

### **1. Problemas de ubicación**

Son propios de la zona donde se sitúa la vivienda, tales como estar sobre quebradas, rellenos sanitarios, viviendas con asentamiento, viviendas en pendiente pronunciadas, nivel freático visible o suelo no consolidado.

### **2. Suelo de Cimentación**

Agregar información acerca de algunos componentes característicos observados, como gravas, arcillas, limos, etc.

### **3. Problemas de estructuración**

Son los principales errores estructurales encontrados, fuera de la inadecuada densidad de muros. Los problemas de configuración como: desnivel con vecino, insuficiencia de junta sísmica y falta de arriostramiento.

Los problemas en los muros abarcan: unión muro y techo, muros sin viga solera, muros resistentes a sismo sin confinar o muros inadecuados para soportar empuje lateral. U otros problemas estructurales como: cercos no aislados de la estructura y viviendas junto a taludes. Todos estos problemas incrementan de manera significativa la vulnerabilidad de la vivienda.

### **4. Factores degradantes**

Son los principales factores degradantes en las viviendas. Estos son: los elementos de madera expuestos y corroídas por insectos, la humedad en muros, la eflorescencia en muros y los muros agrietados. Estos problemas pueden generar la degradación de la resistencia estructural de las viviendas con el paso del tiempo.

### **5. Daños en muros**

Son los daños observados en muros.

### **6. Daños en techos**

Son los daños observados en pisos o techos

### **7. Mano de obra**

El encuestador, de acuerdo con la calidad de construcción de muros, califica la mano de obra como buena, regular o de mala calidad, considerando lo siguiente:

- Mala calidad, corresponde a presencia de elementos desaplomados, grietas de separación entre bloques de tapial, grietas en los muros.
- Regular calidad, son viviendas con presencia de elementos más o menos desaplomados y unas pocas grietas de separación entre bloques de tapial.
- Buena calidad. No existen grietas en los muros.

## **8. Materiales deficientes**

Se califica la calidad de los materiales de construcción empleados en la vivienda, en especial la calidad del cemento y la tapia. Se verificará la técnica de apisonado y la fibra aplicada. Generalmente las construcciones de unidad de tapial son de mala calidad, tienen mucha variabilidad dimensional, además al momento del secado, tienden a generar grietas en la unión de dos bloques de tapial.

## **9. Otros**

De existir otro problema en la vivienda no descrito anteriormente que influya en el buen comportamiento sísmico, se procede a anotar y describir adecuadamente.

## **10. Fotos**

Panel fotográfico que ayudarán a observar el estado de la vivienda.



**VULNERABILIDAD SISMICA DE VIVIENDAS CONSTRUIDAS EN TAPIAL EN LA PERIFERIA DE LA CIUDAD DE TARMA**

**FICHA DE OBSERVACIÓN**

**1. Datos Generales**

Fecha:  /  /  Hora:  N° de Vivienda:

Familia:  N° de habitantes/vivienda:

Ubicación geográfica		
Distrito	Provincia	Departamento
Dirección:		

**2. Información complementaria**

**Problemas de Ubicación**

- Vivienda sobre relleno natural
- Vivienda en quebrada
- Vivienda con pendiente pronunciada
- Vivienda con nivel freático superficial
- Vivienda sobre terreno árido
- Vivienda sobre terreno plano

Otros:

**Suelo de cimentación**

- Limo
- Arcillo
- Relleno
- Arena
- Arena arcillosa
- Grava

Otros:

**Estructuración**

- Insuficiencia de junta sísmica
- Falta de arriostramiento
- Desnivel de pisos con vecino
- Cercos no aislados de la estructura
- Unión muro y techo

Otros:

**Factores Degradantes**

- Insectos
- Eforescencia
- Humedad
- Precipitaciones
- Muros agrietados

Otros:

**Daños en Muros**

- Humedecimiento
- Disgregación en unidades
- Fisuras
- Desplome

Otros:

**Daños en Techos**

- Fisuras en vigas
- Apolillamiento
- Hundimiento
- Mala distribución de cargas
- Sin viga solera

Otros:

**Mano de Obra**

- Muy mala
- Mala
- Regular
- Buena

Otro:

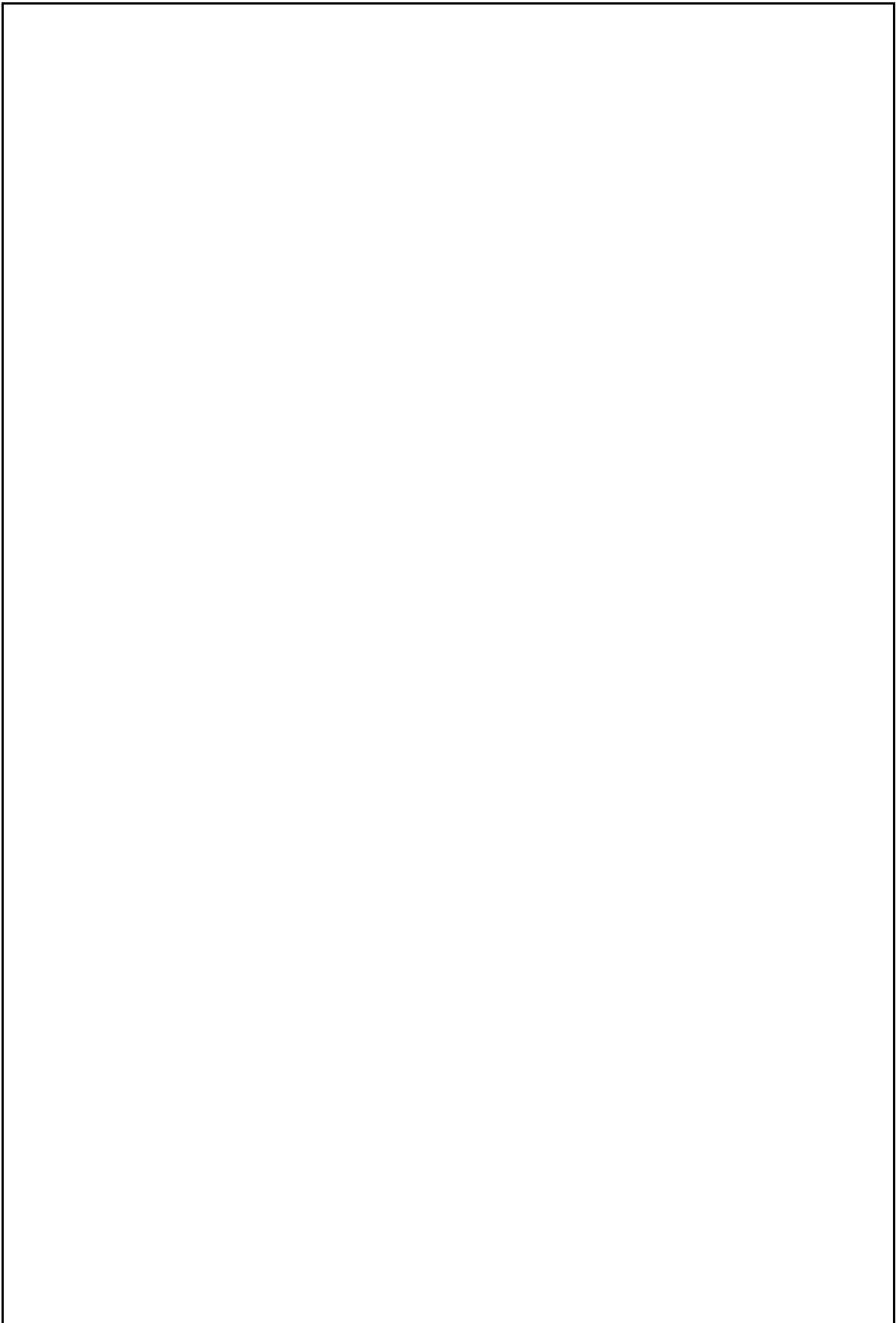
**Materiales Deficientes**

- Piedras de canto rodado
- Falta de Ichu o Fibras
- Madera apolillada
- Teja artesanal

Otros:



### 3. Panel fotográfico



### Anexo 3. Guía de entrevista

Se programa entrevistas con los funcionarios de las instituciones involucradas en la presente investigación. Para poder determinar el número de viviendas en tapial en la ciudad de Tarma, conocer el historial sísmico, planos topográficos y plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Tarma.



**VULNERABILIDAD SISMICA DE VIVIENDAS CONSTRUIDAS EN TAPIAL EN LA PERIFERIA DE LA CIUDAD DE TARMA**  
**GUÍA DE ENTREVISTA**

Fecha: .....

Hora: .....

Lugar: .....

Nombre del entrevistado: .....

Cargo del entrevistado: .....

- 
1. La ciudad de Tarma ¿Guarda un registro del historial sísmico? ¿Cuál fue el último sismo de mayor intensidad?  
.....
  2. ¿Existe estudios de vulnerabilidad sísmica en la ciudad de Tarma?  
.....
  3. ¿Cuáles son los sectores con mayor vulnerabilidad ante eventuales sismos?  
.....
  4. ¿Cuáles son los planes de contingencia en los sectores considerados vulnerables?  
.....
  5. ¿Existen estudios geotécnicos que determinen el perfil de suelo en los distintos sectores de la ciudad?  
.....
  6. ¿Cuáles son los requisitos para construir viviendas de tapial y/o adobe en la ciudad de Tarma?  
.....
  7. ¿Por qué, se permite la construcción de viviendas en la ladera de los cerros, quebradas y fajas marginales? ¿Cuáles son las sanciones por construir en las zonas mencionadas?  
.....
  8. Solicitar información: planos, planes, fotografías, registros, etc.

### Anexo 4. Tabla de ficha de encuesta - Datos generales

Fecha	Hora	N° Viv.	Familia	N° Hab.	Barrio	Ubicación	Asesoría Tec.		Construcción		Pisos	Costo inversión
							Si	No	Inicio	Fin		
26/09/2017	09:00:00	1	Pucuhuaranga Espinoza	4	Barrio san Bartolomé	Psje. Las praderas	-	1	1996	1996	2	S/.18,000.00
26/09/2017	10:00:00	2	Rosales Espinoza	6		Psje. Las praderas	-	1	2002	2017	2	S/.25,000.00
26/09/2017	11:00:00	3	Ramírez Canchihuaman	5		Psje. Las praderas	-	1	1993	1994	2	S/.20,000.00
26/09/2017	12:00:00	4	Amaya	4		Av. Las praderas	-	1	2000	2001	2	S/.19,000.00
26/09/2017	13:00:00	5	Pando Martínez	5		Psje. Ayacucho	-	1	1979	2017	2	S/.20,000.00
03/10/2017	08:00:00	6	Julcarima Hurtado	4	Barrio El Progreso	Av. Las praderas	-	1	2016	2017	2	S/.17,000.00
03/10/2017	09:00:00	7	Cajacuri Cahuana	4		Carretera Bellavista	-	1	2014	2014	2	S/.8,000.00
03/10/2017	10:00:00	8	Callupe Borja	15		Carretera Bellavista	-	1	2001	2001	2	S/.20,000.00
03/10/2017	11:00:00	9	García Espinoza	1		Pasaje Unión SN	-	1	1982	1982	2	S/.20,000.00
03/10/2017	12:00:00	10	Espinoza Contreras	5		Carretera Bellavista	-	1	1989	1990	2	S/.17,000.00
04/10/2017	08:00:00	11	Huata Condor	6	Barrio Dos de Mayo	Carretera a Vista Hermosa	-	1	1998	1998	2	S/.20,000.00
04/10/2017	09:00:00	12	Ulloa Mayta	3		Jr. Mariano Melgar	-	1	1985	1985	2	S/.9,000.00
04/10/2017	10:00:00	13	Ávila Fretel	7		Psje. Paracas	-	1	2001	2002	2	S/.8,000.00
04/10/2017	11:00:00	14	Borja Elescano	6		Carretera a Vista Hermosa	-	1	1985	1986	2	S/.17,000.00
04/10/2017	12:00:00	15	Peña León	6		Psje. Alan García	-	1	1999	1999	2	S/.22,000.00
05/10/2017	08:00:00	16	Huachhuaco	7	Barrio Vista Hermosa	Jr. Las Flores	-	1	1985	1986	2	S/.30,000.00
05/10/2017	09:00:00	17	Raqui Calzado	5		Jr. Las Flores	-	1	1998	1999	2	S/.12,000.00
05/10/2017	10:00:00	18	Jorge Raqui	5		Jr. Las Flores	-	1	2008	2008	3	S/.13,000.00
05/10/2017	11:00:00	19	Cajacuri	5		Jr. Las Flores	-	1	2002	2004	2	S/.15,000.00
05/10/2017	12:00:00	20	Parían Simeón	5		Jr. Las Flores	-	1	2009	2009	2	S/.15,000.00
06/10/2017	08:00:00	21	Rojas Timoteo	5	Barrio San Cristóbal	Jr. Progreso SN	-	1	2009	2010	2	S/.7,000.00
06/10/2017	09:00:00	22	Arellano Rivera	1		Jr. Progreso SN	-	1	1977	1980	2	S/.17,000.00
06/10/2017	10:00:00	23	Julcarima Chuco	6		Jr. Progreso SN	-	1	1990	1991	2	S/.10,000.00
06/10/2017	11:00:00	24	Arellano Sinche	2		Jr. Progreso SN	-	1	1992	1992	2	S/.12,000.00
06/10/2017	12:00:00	25	Ore Santos	6		Jr. Progreso SN	-	1	2011	2012	2	S/.12,000.00
07/10/2017	08:00:00	26	Torrejón López	5	Barrio Peña Dorada	Jr. Cecilio Limaymanta	-	1	1999	2000	2	S/.11,000.00
07/10/2017	09:00:00	27	Arellano López	6		Jr. Cecilio Limaymanta	-	1	1990	1991	2	S/.10,000.00
07/10/2017	10:00:00	28	Tejada Mayllma	7		Psje. Carrión	-	1	1985	1985	2	S/.25,000.00
07/10/2017	11:00:00	29	Arellano Baldivieso	4		Psje. Carrión	-	1	1985	1985	2	S/.20,000.00
07/10/2017	12:00:00	30	Olleros Anglas	2		Psje. Carrión	-	1	2002	2002	2	S/.8,000.00

N° Viv.	Unidad de Tapial			Fundación		Sobrecimiento		Dimensiones de Vivienda						Puertas		Ventanas	
	Largo	Ancho	Alto	Ancho	Alto	Ancho	Alto	A. 1er Niv.	A. 2do Niv.	L. Frontal	L. Lateral	L1	L2	Ancho	Alto	Ancho	Alto
1	1.50	0.40	0.60	0.50	0.50	-	-	2.40	1.80	5.70	4.00			1.00	1.80	1.00	1.00
2	1.50	0.40	0.60	0.50	0.50	-	-	2.40	2.00	9.80	5.00			1.10	1.70	1.20	0.80
3	1.50	0.40	0.60	0.50	0.60	-	-	2.40	1.80	10.10	5.00			0.90	1.80	0.80	0.60
4	1.50	0.40	0.60	0.50	0.50	-	-	2.20	2.20	9.00	5.00	4.00	3.50	1.20	1.80	0.80	0.60
5	1.50	0.40	0.60	0.60	0.50	-	-	2.70	2.10	10.00	4.00			1.00	1.70	1.20	1.00
6	1.90	0.40	0.60	0.50	0.50	0.40	0.20	2.60	2.10	10.00	4.00			0.90	1.90	1.00	0.60
7	1.50	0.45	0.60	0.50	0.30	-	-	2.60	2.10	10.00	5.00			0.90	1.70	0.80	0.80
8	1.60	0.40	0.60	0.50	0.50	0.40	0.20	2.60	2.10	17.00	5.00	5.00	3.00	1.20	1.70	0.90	0.80
9	1.60	0.40	0.60	0.50	0.40	-	-	2.40	2.00	10.00	5.00			1.20	1.70	1.60	0.60
10	1.40	0.40	0.60	0.50	0.50	-	-	2.40	2.10	8.00	5.00	5.00	5.00	0.90	1.70	1.20	0.80
11	1.70	0.40	0.60	0.50	0.50	-	-	2.40	2.00	8.00	7.00			1.50	1.70	0.80	0.60
12	1.80	0.40	0.60	0.50	0.20	0.40	0.10	2.40	2.00	10.00	4.00			0.80	1.65	0.60	0.60
13	1.50	0.40	0.60	0.50	0.30	-	-	2.20	2.00	14.00	5.00			1.00	1.70	1.20	0.60
14	1.50	0.40	0.60	0.50	0.40	-	-	2.40	2.20	14.50	5.00	5.00	4.00	1.00	1.70	1.20	1.00
15	1.50	0.40	0.60	0.50	0.30	-	-	2.40	2.20	8.00	4.00			1.00	1.70	0.80	0.60
16	1.50	0.40	0.60	0.60	0.50	-	-	2.40	2.40	5.00	5.00			1.00	1.75	0.80	0.80
17	1.70	0.40	0.60	0.50	0.50	-	-	2.40	2.00	7.00	4.00	4.00	3.50	0.90	1.75	0.80	0.80
18	1.50	0.40	0.60	0.50	1.00	-	-	2.40	2.40	6.00	4.00			1.20	1.80	1.00	0.80
19	1.50	0.40	0.60	0.50	0.30	0.40	0.20	2.40	2.20	12.00	5.00			0.80	1.80	0.80	0.60
20	1.80	0.40	0.60	0.50	1.00	-	-	2.40	2.00	9.00	4.50			0.90	1.65	0.90	0.80
21	1.30	0.40	0.60	0.50	0.40	-	-	2.40	2.20	8.00	5.00			1.00	1.80	1.20	1.00
22	1.50	0.40	0.60	0.50	0.80	-	-	2.40	2.20	8.00	4.50	4.50	4.00	1.00	1.70	1.00	0.80
23	1.50	0.40	0.60	0.50	0.50	-	-	2.40	2.20	7.00	4.00			0.90	1.75	1.00	0.80
24	1.90	0.40	0.60	0.50	0.50	-	-	2.40	2.00	8.00	3.80			1.20	1.80	1.20	0.80
25	1.20	0.40	0.60	0.50	0.50	-	-	2.40	2.20	7.00	4.00	4.00	3.00	0.80	1.70	0.80	0.80
26	1.50	0.40	0.60	0.40	0.30	-	-	2.20	2.40	7.00	5.00			0.90	1.80	1.20	0.80
27	1.40	0.40	0.60	0.50	0.40	-	-	2.40	2.20	7.00	5.00			0.90	1.90	1.20	1.00
28	1.30	0.45	0.60	0.50	0.50	-	-	2.40	2.20	10.00	5.00			0.90	1.80	0.90	0.80
29	1.40	0.40	0.60	0.50	0.50	-	-	2.40	2.40	10.00	5.00			1.20	1.80	1.00	0.80
30	1.80	0.40	0.60	0.50	0.50	-	-	2.60	2.10	5.00	4.00			0.80	1.70	0.80	0.60

N° de Vivienda	Fundación		Muros								Vanos							Techos				
	Piedra y Barro	Concreto	Altura de muros	Longitud de muro	Unión de esquinas	Contrafuertes	Arriostre horizontal	Densidad de muros Mayor en X o Y	Densidad de muros Similar en X o Y	Muros reforzados	Dinteles en ventanas	Dinteles en puertas	Longitud de empotramiento	Vanos centrados	Vanos no centrados	Distancia menor de esquina a vano	Suma de longitud de vanos	Ancho mayor de vano	Cubierta Calamina	Cubierta teja andina	Aleros	Pendiente
1	1	-	4.20	5.70	1	-	-	-	1	1	1	1	0.40	1	-	0.80	2.00	1.00	1	-	1.00	15%
2	1	-	4.40	9.80	1	-	-	1	-	-	1	1	0.40	1	-	1.65	2.40	1.10	1	-	0.70	12%
3	1	-	4.20	10.10	1	-	-	1	-	-	1	1	0.40	1	1	0.40	2.10	1.20	-	1	0.70	24%
4	1	-	4.40	9.00	1	-	-	-	1	-	1	1	0.40	-	1	0.40	2.20	1.20	1	1	0.70	24%
5	1	-	4.80	10.00	1	-	-	1	-	-	1	1	0.60	1	-	1.00	3.00	1.00	1	-	1.00	15%
6	1	-	4.70	10.00	1	-	-	1	-	-	1	1	0.60	-	1	0.40	2.70	1.00	1	-	0.90	25%
7	1	-	4.70	10.00	1	-	-	1	-	-	1	1	0.40	-	1	0.40	3.50	0.90	1	-	1.20	13%
8	1	-	4.70	17.00	1	-	-	1	-	-	1	1	0.60	1	-	0.80	6.00	1.20	1	-	1.00	24%
9	1	-	4.40	10.00	1	-	-	1	-	-	1	1	0.40	1	-	0.40	6.00	1.20	-	1	0.50	15%
10	1	-	4.50	8.00	1	-	-	1	-	-	1	1	0.60	1	-	1.65	2.10	1.20	-	1	0.40	15%
11	1	-	4.40	8.00	1	-	-	1	-	-	1	1	0.80	1	-	1.25	2.30	1.50	1	-	0.60	11%
12	1	-	4.40	10.00	1	-	-	-	1	-	1	1	0.70	1	-	0.40	2.60	0.90	1	-	0.60	15%
13	1	-	4.20	14.00	1	-	-	-	1	-	1	1	0.70	1	-	2.40	4.00	1.20	1	-	1.00	12%
14	1	-	4.60	14.50	1	-	-	1	-	-	1	1	0.70	1	-	0.65	6.60	1.20	1	-	1.00	12%
15	1	-	4.60	8.00	1	-	-	1	-	-	1	1	0.60	1	-	1.35	2.60	1.00	1	-	0.90	15%
16	1	-	4.80	5.00	1	-	-	-	1	-	1	1	0.60	1	-	1.05	1.80	1.00	1	-	0.50	12%
17	1	-	4.40	7.00	1	-	-	1	-	-	1	1	0.80	1	-	1.20	1.60	0.90	1	-	0.80	15%
18	1	-	4.80	6.00	1	-	-	-	1	-	1	1	0.80	1	-	0.95	2.20	1.20	1	-	0.40	15%
19	1	-	4.60	12.00	1	-	-	1	-	-	1	1	0.70	1	-	1.40	4.60	1.00	1	-	0.80	15%
20	1	-	4.40	9.00	1	-	-	1	-	-	1	1	0.70	1	-	0.40	3.60	1.00	1	-	0.90	26%
21	1	-	4.60	8.00	1	-	-	-	1	-	1	1	0.75	1	-	1.10	3.40	1.20	1	-	1.00	14%
22	1	-	4.60	8.00	1	-	-	1	-	-	1	1	0.60	1	-	1.00	2.00	1.00	1	-	0.80	14%
23	1	-	4.60	7.00	1	-	-	1	-	-	1	1	0.80	1	-	0.55	1.90	1.00	1	-	0.70	15%
24	1	-	4.40	8.00	1	-	-	1	-	-	1	1	0.65	1	-	1.70	2.40	1.20	1	-	0.90	16%
25	1	-	4.60	7.00	1	-	-	-	1	-	1	1	0.70	1	-	1.60	1.60	0.80	1	-	0.80	15%
26	1	-	4.60	7.00	1	-	-	1	-	-	1	1	0.60	1	-	0.80	2.40	1.20	1	-	0.70	24%
27	-	1	4.60	7.00	1	-	-	1	-	-	1	1	0.80	1	-	1.10	2.10	1.20	1	-	0.60	13%
28	1	-	4.60	10.00	1	-	-	1	-	-	1	1	0.40	-	1	0.40	3.60	0.90	1	-	0.60	24%
29	1	-	4.80	10.00	1	-	-	1	-	-	1	1	0.40	0	1	0.40	1.00	1.20	1	-	0.50	16%
30	1	-	4.70	5.00	1	-	-	-	1	-	1	1	0.70	1	-	0.65	1.60	0.80	1	-	1.00	15%

### Anexo 5. Tabla de ficha de observación

N° de Vivienda	Problemas de Ubicación						Suelo de cimentación					Estructuración				Factores Degradantes				Daños en Muros			Daños en Techos				Mano de Obra				Materiales Deficientes												
	Vivienda sobre relleno natural	Vivienda en quebrada	Vivienda con pendiente	Vivienda con nivel freático	Vivienda sobre terreno árido	Vivienda sobre terreno plano	Limo	Arcillo	Relleno	Arena	Arena arcillosa	Grava	Rocoso	Insuficiencia de junta sísmica	Falta de arriostramiento	Desnivel de pisos con vecino	Cercos no aislados de la	Unión muro y techo	Insectos	Eforescencia	Humedad	Precipitaciones	Muros agrietados	Humedecimiento	Disgregación en unidades	Fisuras	Desplome	Fisuras en vigas	Apolillamiento	Hundimiento	Mala distribución de Sin viga solera	Muy mala	Mala	Regular	Buena	Piedras de canto rodado	Falta de Ichu o Fibras	Madera apollillada	Teja artesanal				
1			1							1	1			1	1			1		1				1			1	1										1					
2			1							1	1			1	1			1		1				1			1																
3			1							1	1			1	1			1		1				1					1														
4			1							1	1			1	1					1							1																
5			1							1	1			1	1					1						1																	
6			1							1	1			1	1					1						1																	
7			1							1				1	1					1						1																	
8			1							1	1			1			1								1																		
9			1							1				1	1				1	1		1	1		1				1														
10			1							1				1	1					1					1	1																	
11			1							1	1				1			1							1																		
12			1							1	1			1	1				1						1	1																	
13			1							1	1			1	1		1			1			1	1	1																		
14			1							1	1			1					1						1																		
15			1							1	1	1		1					1						1																		
16			1							1	1	1		1	1				1						1																		
17			1							1		1		1	1				1						1																		
18			1							1	1	1		1					1						1																		
19			1									1		1	1				1						1																		
20			1									1		1					1																								
21			1							1	1			1					1																								
22			1							1	1	1		1	1				1																								
23			1							1	1			1					1							1																	
24			1							1	1	1		1	1					1					1																		
25			1							1	1			1					1																								
26			1							1	1	1		1	1				1																								
27			1							1	1	1		1	1		1								1																		
28			1								1	1		1	1				1						1																		
29			1								1	1		1	1		1									1																	
30			1								1	1		1	1		1								1																		
Σ=	0	0	30	0	0	0	0	0	0	25	24	13	0	29	22	0	5	22	1	11	0	1	2	4	22	1	5	6	3	1	30	0	1	26	3	0	23	3	5				

## **Anexo 6. Descripción de los parámetros del método del índice de vulnerabilidad para edificaciones de tapial (adaptación del Índice de vulnerabilidad para mampostería)**

### **Descripción de parámetros y de las clases A, B, C y D que representan la condición de calidad**

Para asignar las clases A, B, C, D a cada uno de los parámetros de la metodología, se tuvo en cuenta lo expuesto en la metodología original, las recomendaciones presentadas en el R.N.E., estudios anteriores y visitas de campo.

#### **Parámetro 1.- Tipo y organización del sistema resistente.**

Se evalúa el grado de organización de los elementos verticales prescindiendo del tipo de material. El elemento significativo es la presencia y la eficiencia de la conexión entre las paredes ortogonales con tal de asegurar el comportamiento en "cajón" de la estructura.

Además, se hace un especial énfasis en el uso de la norma de diseño sismorresistente para la construcción de la edificación, así como la intervención de un profesional con experiencia.

Por lo tanto, el parámetro 1, se asignará de acuerdo a los puntos descritos a continuación:

- A) Edificaciones de tapial según la Norma E.080.
- B) Edificaciones de tapial con elementos de arriostre horizontales y verticales; pero sin asesoramiento técnico.
- C) Edificaciones de tapial sin elementos de arriostres en sus 4 lados, sin asesoría técnica, pero con adecuada distribución de muros y regularidad.
- D) Edificaciones de tapial sin elementos de arriostres en sus 4 lados, sin asesoría técnica y sin adecuada distribución de muros.

#### **Parámetro 2.- Calidad del sistema resistente.**

Con este parámetro se determina el tipo de mampostería más frecuentemente utilizada, diferenciando de modo cualitativo su característica de resistencia con el fin de asegurar la eficiencia del comportamiento en "cajón" de la estructura. La atribución de una edificación a una de las cuatro clases se efectúa en función de dos factores: Primero, el tipo de material y la forma de los elementos que constituyen la mampostería.

Segundo, la homogeneidad del material y de las piezas (bloques de tapia) por toda el área del muro.

- A) El sistema resistente presenta las siguientes tres (03) características:
  - Muros de piezas homogéneas y de dimensiones constantes.
  - Adecuada trabazón (amarre) entre las unidades de tapia.
  - Suelo de construcción con presencia de adherentes como: paja, viruta, etc.
- B) El sistema resistente no presenta 1 de las características de la clase A.
- C) El sistema resistente no presenta 2 de las características de la clase A.
- D) El sistema resistente no presenta ninguna de las características de la clase A.

### Parámetro 3.- Resistencia convencional.

Se requieren cálculos sencillos, pero conceptualmente importantes. Utilizando la hipótesis del comportamiento de estructura ortogonal y cerrada (tipo cajón), se puede evaluar con bastante fiabilidad la resistencia que puede presentar un edificio frente a cargas horizontales.

- A)  $y \geq 1$
- B)  $0.70 \leq y < 1$
- C)  $0.40 \leq y < 0.70$
- D)  $y \leq 0.40$

#### Calculo requerido:

- Área de planta típica:  $A_p$
- Número de pisos:  $N$
- Peso promedio de la planta:  $W$
- Peso total del edificio:  $P = W * A_p * N$
- Esfuerzo cortante promedio en muros:  $\sigma_K = \frac{V}{A_m}$

$$\sigma_K * A_m = V$$

$$\sigma_K * A_m = (S * U * C) * W * A_p * N$$

$$\frac{\sigma_K * A_m}{W * A_p * N} \geq (S * U * C) \quad (4.6)$$

El lado izquierdo de la ecuación (4.6) representa las características estructurales resistentes de la edificación y el lado derecho representa los parámetros exigidos por la norma de diseño sismorresistente, dependiendo de las condiciones en las que se encuentre la estructura. En realidad, es una comparación entre el cortante resistente y el de diseño. Esto quiere decir que las características estructurales deben de ser iguales o sobrepasar los requerimientos exigidos por la norma.

La calificación se hace por medio del factor:  $y = \alpha/\beta$ ; en donde " $\alpha$ " y " $\beta$ " quedan definidos de la siguiente manera:

$$\alpha = \frac{\sigma_K * A_m}{W * A_p * N}$$

$$\beta = (S * U * C)$$

El área de muros ( $A_m$ ) en las edificaciones de adobe se determina para un espesor promedio de 0,40 m., en función de las dimensiones en planta del edificio, tanto para el eje "X" como para el eje "Y".



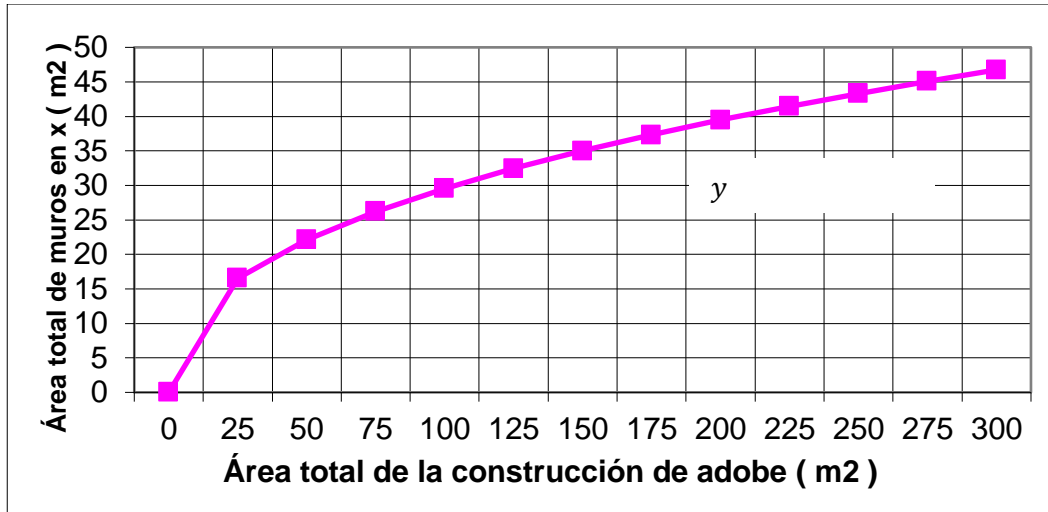


Figura 1. Área de muros de tapial en función de la dimensión en planta del edificio para el eje "X"

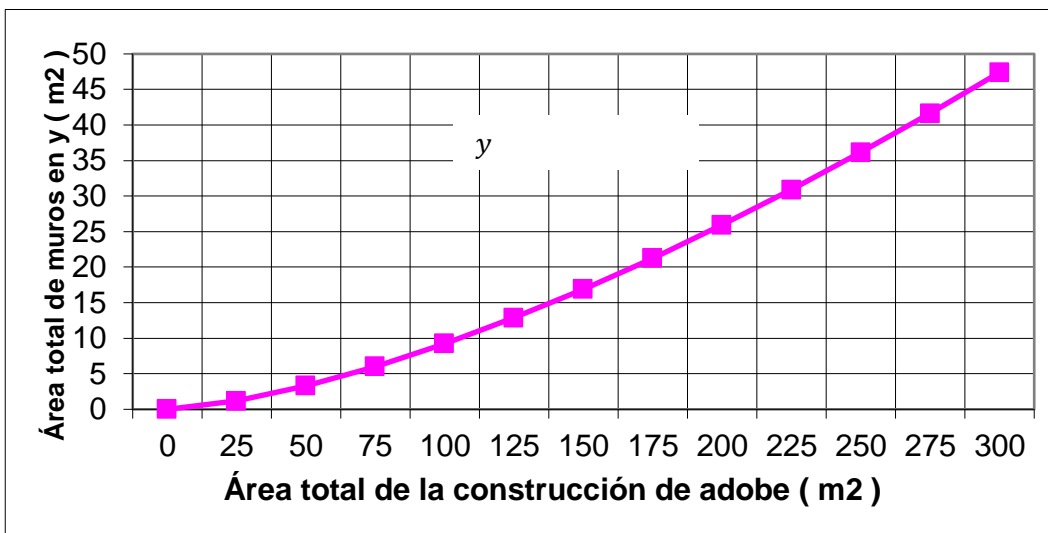


Figura 2. Área de muros de tapial en función de la dimensión en planta del edificio para el eje "Y"

**Parámetro 4.- Posición del edificio y cimentación.**

Con este parámetro se evalúa hasta donde es posible por medio de una simple inspección visual, la influencia del terreno y de la cimentación en el comportamiento sísmico del edificio. Para ello se tiene en cuenta algunos aspectos, tales como: la consistencia y la pendiente del terreno, la eventual ubicación de la cimentación a diferente cota, la presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén, presencia de humedad, sales, etc.

- A) Edificación cimentada según la norma de tierra reforzada E.080, no presenta pendiente pronunciada, sin presencia de humedad ni sales.
- B) Edificación cimentada según la norma de tierra reforzada E.080, no presenta pendiente pronunciada, con presencia de humedad y sales.
- C) Edificación cimentada sin proyecto aprobado ni asesoría técnica, además presencia de sales, humedad y pendiente pronunciada.
- D) D: Edificación cimentada sin proyecto aprobado ni asesoría técnica, y presencia de sales, humedad y pendiente pronunciada. Estado de conservación deteriorado.

### Parámetro 5.- Diafragma horizontal.

La calidad de los diafragmas tanto en edificaciones de tapial, albañilería y concreto armado tienen una notable importancia para garantizar el correcto funcionamiento de los elementos resistentes verticales. Qué el diafragma funcione como tal, permitirá que la fuerza sísmica se distribuya en cada nivel proporcional a los elementos resistentes.

- A) Edificación con diafragma compuesto de una losa aligerada apoyada sobre vigas de concreto armado.
- B) Edificación con techo compuesto de vigas y entablado de madera en buen estado.
- C) Edificación con techo compuesto de vigas y entablado de madera en estado deflactado.
- D) Edificación sin diafragma. Vigas y entablado de madera deteriorados.

### Parámetro 6.- Configuración en planta.

El comportamiento sísmico de un edificio depende en parte de la forma en planta del mismo. En el caso de edificios rectangulares es significativa la razón  $\beta_1 = a/L$  entre las dimensiones en planta del lado menor y mayor. También es necesario tener en cuenta las irregularidades del cuerpo principal mediante la relación  $\beta_2 = b/L$ . En la figura 4.12 se explica el significado de los dos valores que se deben reportar, para lo cual se evalúa siempre el caso más desfavorable.

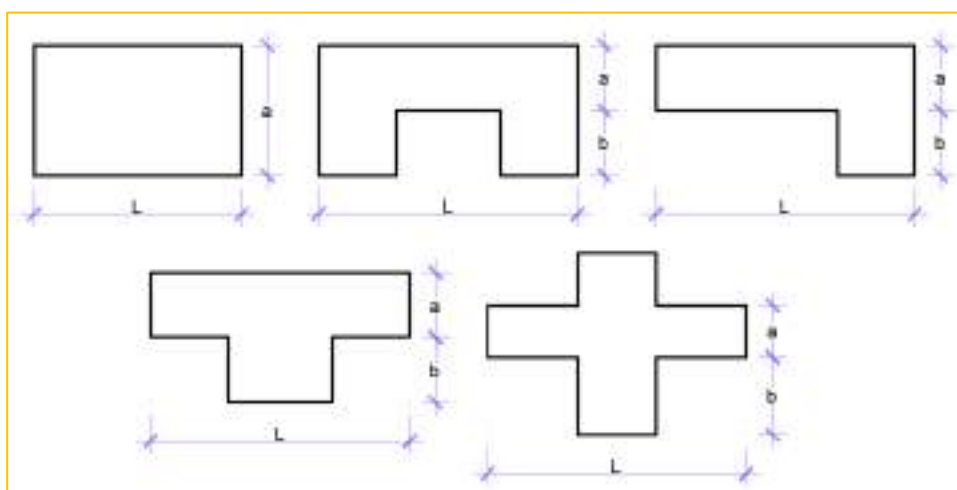


Figura 3. Formas originales en planta consideradas en la metodología del índice de vulnerabilidad.

- A) Edificio con  $\beta_1 \geq 0.8$  ó  $\beta_2 \leq 0.1$
- B) Edificio con  $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$  ó  $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$
- C) Edificio con  $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$  ó  $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$
- D) Edificio con  $0.4 > \beta_1$  ó  $0.3 < \beta_2$

### Parámetro 7.- Configuración en elevación.

Se reporta la variación de masa en porcentaje  $\pm \frac{\Delta M}{M}$  entre dos pisos sucesivos, siendo M la masa del piso más bajo y utilizando el signo (+) si se trata de aumento o el (-) si se trata de disminución de masa hacia lo alto del edificio. La anterior relación puede ser sustituida

por la variación de áreas respectivas  $\pm \frac{\Delta A}{A}$ , evaluando en cualquiera de los dos casos el más desfavorable.

- A) Edificio con:  $\pm \Delta A/A \leq 10\%$
- B) Edificio con:  $10\% < \pm \Delta A/A < 20\%$
- C) Edificio con:  $20\% < \pm \Delta A/A < 50\%$ . Presenta discontinuidad en los sistemas resistentes.
- E) Edificio con:  $\pm \Delta A/A \geq 50\%$ . Presenta irregularidades de piso blando.

Por lo tanto, la evaluación de este parámetro se realiza utilizando la variación de la altura en el edificio, es decir los valores de la altura mínima (obtenido de H-T) y máxima del edificio (H).

El valor del parámetro se obtiene de acuerdo a la figura 3.14 en donde RL es la relación entre las dos alturas o altura promedio del edificio.

$$RL = \frac{H - T}{H}$$

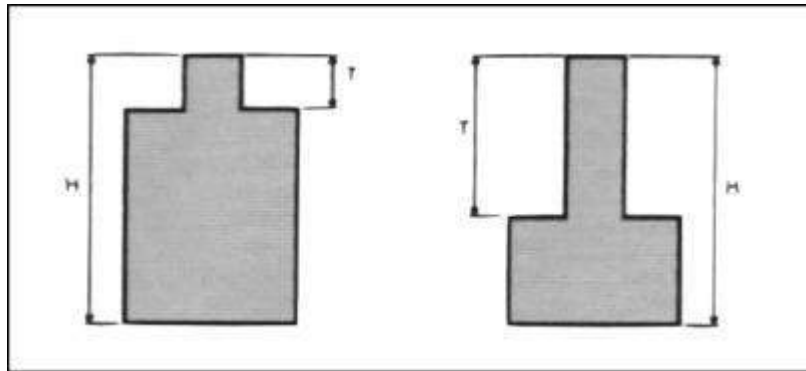


Figura 4. configuración en elevación de la estructura.

- A) Si  $RL > 0.66$
- B) Si  $0.33 < RL \leq 0.66$
- C) Si  $RL \leq 0.33$ . Presenta irregularidades en el sistema resistente vertical.

#### Parámetro 8.- Distancia máxima entre muros o columnas.

Con este parámetro se tiene en cuenta la presencia de muros maestros interceptados por muros transversales ubicados a distancias excesivas entre ellos. Se reporta el factor L/S, donde "L" es el espaciamiento de los muros transversales y "S" el espesor del muro maestro, evaluando siempre el caso más desfavorable. Este parámetro indica que al aumentar el espaciamiento máximo, producto de la eliminación de muros internos secundarios, se altera la vulnerabilidad sísmica del edificio. Este es un típico efecto de las ampliaciones y remodelaciones arquitectónicas que se realizan en las construcciones existentes, generalmente como consecuencia del cambio de uso de ciertos pisos en las edificaciones. Debido a que no se cuenta con la información suficiente para calcular este parámetro, se recurre a datos estadísticos obtenidos, en donde se utiliza una relación entre el área construida en planta y el factor L/S.

- A) Edificio con  $L/S < 4.7$
- B) Edificio con  $4.7 \leq L/S < 5.6$

- C) Edificio con  $5.6 \leq L/S < 7.8$
- D) Edificio con  $L/S \geq 7.8$

#### **Parámetro 9.- Tipo de cubierta.**

Para las edificaciones de adobe, albañilería y concreto armado se tiene en cuenta la capacidad de la cubierta para resistir fuerzas sísmicas.

- A) Cubierta estable debidamente amarrada a los muros con conexiones adecuadas y de material liviano.
- B) Cubierta inestable con material liviano y en buenas condiciones.
- C) Cubierta inestable de material liviano en malas condiciones.
- D) Cubierta inestable en malas condiciones. Edificación con cubierta plana.

#### **Parámetro 10.- Elementos no estructurales.**

Se tiene en cuenta con este parámetro la presencia de cornisas, parapetos o cualquier otro elemento no estructural que pueda causar daño. Se trata de un parámetro secundario para fines de evaluación de la vulnerabilidad, por lo cual no se hace ninguna distinción entre las dos primeras clases, tanto para adobe como albañilería.

- A) Edificación que no contenga elementos no estructurales mal conectados al sistema resistente.
- B) Edificación con balcones y parapetos bien conectadas al sistema resistente.
- C) Edificación con balcones y parapetos mal conectadas al sistema resistente. Elementos deteriorados debido a su antigüedad.
- D) Edificación que presenta tanques de agua o cualquier otro tipo de elemento en el techo, mal conectado a la estructura. Parapetos u otros elementos de peso significativo, mal contruidos, que se pueden desplomar en caso de un evento sísmico. Edificio con balcones contruidos posteriormente a la estructura principal y conectada a ésta de modo deficiente y en mal estado.

#### **Parámetro 11.- Estado de conservación.**

En este parámetro, se califica de manera visual la presencia de desperfectos internos de la estructura, así como posibles irregularidades debido a fallas en el proceso constructivo, así como también la antigüedad de las edificaciones, el detalle para cada tipología se presenta a continuación:

- A) Edificación en buenas condiciones, sin fisura alguna.
- B) Edificación sin fisuras, pero cuyos componentes están levemente deteriorados.
- C) Edificación con fisuras y además cuyos componentes estructurales están deteriorados.
- D) Muros con fuerte deterioro de sus componentes, hay presencia de agrietamientos producto de fallas por flexión, por momento y corte.

### Anexo 7. Tabla de cálculo de parámetro 3 del índice de vulnerabilidad

Nº Viv.	Conf. Planta	Ap (m2)	Am (m2)	h (m)	N (pisos)	Pm (T/m3)	Pe (T/m2)	Pt (T/m2)	Ae (m2)	Ac (m2)	S	C	U	Peso (Tn)	$\sigma_K$ (Tn/m)	Factor $\alpha$	Factor $\beta$	$\alpha/\beta$	Parámetro 3
1	Rectangular	22.8	7.12	2.25	2.00	1.80	0.04	0.00	15.68	26.22	1.40	0.20	1.00	58.31	1.00	0.12	0.28	0.44	C
2	Rectangular	49.0	11.20	2.35	2.00	1.80	0.04	0.00	37.80	56.35	1.40	0.20	1.00	96.27	1.00	0.12	0.28	0.42	C
3	Rectangular	50.5	11.44	2.25	2.00	1.80	0.04	0.00	39.06	58.08	1.40	0.20	1.00	94.23	1.00	0.12	0.28	0.43	C
4	L	59.0	14.84	2.35	2.00	1.80	0.04	0.00	44.16	67.85	1.40	0.20	1.00	127.33	1.00	0.12	0.28	0.42	C
5	Rectangular	40.0	10.56	2.55	2.00	1.80	0.04	0.00	29.44	46.00	1.40	0.20	1.00	98.13	1.00	0.11	0.28	0.38	D
6	Rectangular	40.0	10.56	2.50	2.00	1.80	0.04	0.00	29.44	46.00	1.40	0.20	1.00	96.23	1.00	0.11	0.28	0.39	D
7	Rectangular	50.0	11.36	2.50	2.00	1.80	0.04	0.00	38.64	57.50	1.40	0.20	1.00	103.79	1.00	0.11	0.28	0.39	D
8	L	100.0	21.84	2.50	2.00	1.80	0.04	0.00	68.04	115.00	1.40	0.20	1.00	199.34	1.00	0.11	0.28	0.39	D
9	Rectangular	50.0	11.36	2.35	2.00	1.80	0.04	0.00	38.64	57.50	1.40	0.20	1.00	97.66	1.00	0.12	0.28	0.42	C
10	L	65.0	15.44	2.40	2.00	1.80	0.04	0.00	30.24	74.75	1.40	0.20	1.00	134.72	1.00	0.11	0.28	0.41	C
11	Rectangular	56.0	11.36	2.35	2.00	1.80	0.04	0.00	44.64	64.40	1.40	0.20	1.00	97.89	1.00	0.12	0.28	0.41	C
12	Rectangular	40.0	10.56	2.35	2.00	1.80	0.04	0.00	29.44	46.00	1.40	0.20	1.00	90.53	1.00	0.12	0.28	0.42	C
13	Rectangular	70.0	14.56	2.25	2.00	1.80	0.04	0.00	55.44	80.50	1.40	0.20	1.00	120.16	1.00	0.12	0.28	0.43	C
14	L	92.5	20.24	2.45	2.00	1.80	0.04	0.00	57.54	106.38	1.40	0.20	1.00	180.90	1.00	0.11	0.28	0.40	C
15	Rectangular	32.0	8.96	2.45	2.00	1.80	0.04	0.00	23.04	36.80	1.00	0.20	1.00	79.96	1.00	0.11	0.20	0.56	C
16	Rectangular	25.0	7.36	2.55	2.00	1.80	0.04	0.00	17.64	28.75	1.00	0.20	1.00	68.28	1.00	0.11	0.20	0.54	D
17	L	42.0	12.44	2.35	2.00	1.80	0.04	0.00	19.84	48.30	1.00	0.20	1.00	106.11	1.00	0.12	0.20	0.59	C
18	Rectangular	24.0	7.36	2.55	3.00	1.80	0.04	0.00	16.64	27.60	1.00	0.20	1.00	102.03	1.00	0.07	0.20	0.36	D
19	Rectangular	60.0	12.96	2.45	2.00	1.80	0.04	0.00	47.04	69.00	1.00	0.20	1.00	116.20	1.00	0.11	0.20	0.56	C
20	Rectangular	40.5	10.16	2.35	2.00	1.80	0.04	0.00	30.34	46.58	1.00	0.20	1.00	87.18	1.00	0.12	0.20	0.58	C
21	Rectangular	40.0	9.76	2.45	2.00	1.80	0.04	0.00	30.24	46.00	1.40	0.20	1.00	87.30	1.00	0.11	0.28	0.40	D
22	L	54.0	14.24	2.45	2.00	1.80	0.04	0.00	26.64	62.10	1.00	0.20	1.00	126.75	1.00	0.11	0.20	0.56	C
23	Rectangular	28.0	8.16	2.45	2.00	1.80	0.04	0.00	19.84	32.20	1.40	0.20	1.00	72.78	1.00	0.11	0.28	0.40	D
24	Rectangular	30.4	8.80	2.35	2.00	1.80	0.04	0.00	21.60	34.96	1.00	0.20	1.00	75.33	1.00	0.12	0.20	0.58	C
25	L	40.0	12.24	2.45	2.00	1.80	0.04	0.00	19.84	46.00	1.40	0.20	1.00	108.81	1.00	0.11	0.28	0.40	D
26	Rectangular	35.0	8.96	2.45	2.00	1.80	0.04	0.00	26.04	40.25	1.00	0.20	1.00	80.08	1.00	0.11	0.20	0.56	C
27	Rectangular	35.0	8.96	2.45	2.00	1.80	0.04	0.00	26.04	40.25	1.00	0.20	1.00	80.08	1.00	0.11	0.20	0.56	C
28	Rectangular	50.0	11.36	2.45	2.00	1.80	0.04	0.00	38.64	57.50	1.00	0.20	1.00	101.75	1.00	0.11	0.20	0.56	C
29	Rectangular	50.0	11.36	2.55	2.00	1.80	0.04	0.00	38.64	57.50	1.00	0.20	1.00	105.84	1.00	0.11	0.20	0.54	C

30	Rectangular	20.0	6.56	2.50	2.00	1.80	0.04	0.00	13.44	23.00	1.00	0.20	1.00	59.59	1.00	0.11	0.20	0.55	C
----	-------------	------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	------	------	------	-------	------	------	------	------	---

### Anexo 8. Tabla de cálculo de parámetro 6,7 y 8 del índice de vulnerabilidad

N° Viv.	Conf. Planta	Parámetro 6						Parámetro 7				Parámetro 8			
		a (m)	b (m)	L (m)	$\beta 1$	$\beta 2$	6	H	T	RL	7	L	S	L/S	8
1	Rectangular	4.00	-	5.70	0.70	-	B	4.80	2.10	0.56	B	5.30	0.40	13.25	D
2	Rectangular	5.00	-	9.80	0.51	-	C	5.00	2.30	0.54	B	9.40	0.40	23.50	D
3	Rectangular	5.00	-	10.10	0.50	-	C	4.80	2.10	0.56	B	9.70	0.40	24.25	D
4	L	5.00	4.00	9.00	0.56	0.44	D	5.00	2.50	0.50	B	8.60	0.40	21.50	D
5	Rectangular	4.00	-	10.00	0.40	-	C	5.40	2.40	0.56	B	9.60	0.40	24.00	D
6	Rectangular	4.00	-	10.00	0.40	-	C	5.30	2.40	0.55	B	4.80	0.40	12.00	D
7	Rectangular	5.00	-	10.00	0.50	-	C	5.30	2.40	0.55	B	4.80	0.40	12.00	D
8	L	5.00	5.00	17.00	0.29	0.29	C	5.30	2.40	0.55	B	7.80	0.40	19.50	D
9	Rectangular	5.00	-	10.00	0.50	-	C	5.00	2.30	0.54	B	5.80	0.40	14.50	D
10	L	5.00	5.00	8.00	0.63	0.63	D	5.10	2.40	0.53	B	7.60	0.40	19.00	D
11	Rectangular	7.00	-	8.00	0.88	-	A	5.00	2.30	0.54	B	7.60	0.40	19.00	D
12	Rectangular	4.00	-	10.00	0.40	-	C	5.00	2.30	0.54	B	4.80	0.40	12.00	D
13	Rectangular	5.00	-	14.00	0.36	-	D	4.80	2.30	0.52	B	6.80	0.40	17.00	D
14	L	5.00	5.00	14.50	0.34	0.34	D	5.20	2.50	0.52	B	3.80	0.40	9.50	D
15	Rectangular	4.00	-	8.00	0.50	-	C	5.20	2.50	0.52	B	7.60	0.40	19.00	D
16	Rectangular	5.00	-	5.00	1.00	-	A	5.40	2.70	0.50	B	4.60	0.40	11.50	D
17	L	4.00	4.00	7.00	0.57	0.57	D	5.00	2.30	0.54	B	6.60	0.40	16.50	D
18	Rectangular	4.00	-	6.00	0.67	-	B	5.40	2.70	0.50	B	5.60	0.40	14.00	D
19	Rectangular	5.00	-	12.00	0.42	-	C	5.20	2.50	0.52	B	8.80	0.40	22.00	D
20	Rectangular	4.50	-	9.00	0.50	-	C	5.00	2.30	0.54	B	4.30	0.40	10.75	D
21	Rectangular	5.00	-	8.00	0.63	-	B	5.20	2.50	0.52	B	7.60	0.40	19.00	D
22	L	4.50	4.50	8.00	0.56	0.56	D	5.20	2.50	0.52	B	7.60	0.40	19.00	D
23	Rectangular	4.00	-	7.00	0.57	-	C	5.20	2.50	0.52	B	6.60	0.40	16.50	D
24	Rectangular	3.80	-	8.00	0.48	-	C	5.00	2.30	0.54	B	7.60	0.40	19.00	D
25	L	4.00	4.00	7.00	0.57	0.57	D	5.20	2.50	0.52	B	6.60	0.40	16.50	D
26	Rectangular	5.00	-	7.00	0.71	-	B	5.20	2.70	0.48	B	6.60	0.40	16.50	D
27	Rectangular	5.00	-	7.00	0.71	-	B	5.20	2.50	0.52	B	6.60	0.40	16.50	D
28	Rectangular	5.00	-	10.00	0.50	-	C	5.20	2.50	0.52	B	9.60	0.40	24.00	D
29	Rectangular	5.00	-	10.00	0.50	-	C	5.40	2.70	0.50	B	9.60	0.40	24.00	D

30	Rectangular	4.00	-	5.00	0.80	-	A	5.30	2.40	0.55	B	4.60	0.40	11.50	D
----	-------------	------	---	------	------	---	---	------	------	------	---	------	------	-------	---

### Anexo 9. Tabla de cálculo de índice de vulnerabilidad

Barrio	N° Viv.	Dirección	Configuración en Planta	Área de planta	Altura promedio	Parámetros											Iv	Iv normalizado
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Barrio san Bartolomé	1	Psje. Las praderas	Rectangular	22.80	2.25	C	C	C	C	C	B	B	D	C	B	C	166.25	43.46
	2	Psje. Las praderas	Rectangular	49.00	2.35	C	B	C	C	B	C	B	D	C	B	B	141.25	36.93
	3	Psje. Las praderas	Rectangular	50.50	2.25	C	B	C	B	B	C	B	D	C	B	B	126.25	33.01
	4	Av. Las praderas	L	59.00	2.35	D	B	C	C	B	D	B	D	B	C	A	167.50	43.79
	5	Psje. Ayacucho	Rectangular	40.00	2.55	C	C	D	B	B	C	B	D	A	B	A	131.25	34.31
Barrio El Progreso	6	Av. Las praderas	Rectangular	40.00	2.50	C	C	D	C	D	C	B	D	A	B	A	186.25	48.69
	7	Carretera Bellavista	Rectangular	50.00	2.50	C	C	D	C	B	C	B	D	B	B	C	186.25	48.69
	8	Carretera Bellavista	L	100.00	2.50	D	B	D	C	C	C	B	D	D	B	C	246.25	64.38
	9	Pasaje Unión SN	Rectangular	50.00	2.35	C	B	C	C	C	C	B	D	C	B	B	151.25	39.54
	10	Carretera Bellavista	L	65.00	2.40	D	C	C	C	B	D	B	D	B	A	B	171.25	44.77
Barrio Dos de Mayo	11	Carretera a Vista Hermosa	Rectangular	56.00	2.35	C	C	C	C	C	A	B	D	C	C	C	170.00	44.44
	12	Jr. Mariano Melgar	Rectangular	40.00	2.35	C	B	C	C	C	C	B	D	C	C	C	177.50	46.41
	13	Psje. Paracas	Rectangular	70.00	2.25	C	C	C	C	C	D	B	D	D	C	D	232.50	60.78
	14	Carretera a Vista Hermosa	L	92.50	2.45	D	C	C	C	B	D	B	D	B	B	B	171.25	44.77
	15	Psje. Alan García	Rectangular	32.00	2.45	C	C	C	C	B	C	B	D	A	B	A	116.25	30.39
Barrio Vista Hermosa	16	Jr. Las Flores	Rectangular	25.00	2.55	C	C	D	C	C	A	B	D	C	C	C	200.00	52.29
	17	Jr. Las Flores	L	42.00	2.35	D	C	C	C	B	D	B	D	B	B	C	191.25	50.00
	18	Jr. Las Flores	Rectangular	24.00	2.55	C	C	D	C	B	B	B	D	B	C	C	182.50	47.71
	19	Jr. Las Flores	Rectangular	60.00	2.45	C	B	C	C	B	C	B	D	B	B	B	131.25	34.31
	20	Jr. Las Flores	Rectangular	40.50	2.35	C	C	C	D	B	C	B	D	A	B	B	136.25	35.62
Barrio San Cristóbal	21	Jr. Progreso SN	Rectangular	40.00	2.45	C	B	D	B	B	B	B	D	B	B	A	131.25	34.31
	22	Jr. Progreso SN	L	54.00	2.45	D	C	C	C	B	D	B	D	B	B	B	171.25	44.77
	23	Jr. Progreso SN	Rectangular	28.00	2.45	C	C	D	C	C	C	B	D	C	C	C	212.50	55.56
	24	Jr. Progreso SN	Rectangular	30.40	2.35	C	C	C	C	B	C	B	D	B	B	B	136.25	35.62
	25	Jr. Progreso SN	L	40.00	2.45	D	C	D	B	B	D	B	D	B	B	B	186.25	48.69
Barrio Peña Dorada	26	Jr. Cecilio Limaymanta	Rectangular	35.00	2.45	C	C	C	C	B	B	B	D	B	C	B	132.50	34.64
	27	Jr. Cecilio Limaymanta	Rectangular	35.00	2.45	C	C	C	C	C	B	B	D	C	C	C	172.50	45.10
	28	Psje. Carrión	Rectangular	50.00	2.45	C	C	C	C	B	C	B	D	A	A	A	116.25	30.39
	29	Psje. Carrión	Rectangular	50.00	2.55	C	C	C	C	B	C	B	D	B	C	B	142.50	37.25

	30	Psje. Carrión	Rectangular	20.00	2.50	C	C	C	C	C	A	B	D	C	C	C	170.00	44.44
--	----	---------------	-------------	-------	------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--------	-------



## Anexo 10. Tabla de cálculo de índice de daño

Barrio	N° Viv.	Dirección	Configuración en Planta	Índice de vulnerabilidad	Índice de daño (ID)		
					0.20g	0.26g	0.33g
Barrio san Bartolome	1	Psje. Las praderas	Rectangular	43.46	63.82	87.13	100.00
	2	Psje. Las praderas	Rectangular	36.93	58.56	80.78	100.00
	3	Psje. Las praderas	Rectangular	33.01	53.39	74.15	98.37
	4	Av. Las praderas	L	43.79	64.32	87.78	100.00
	5	Psje. Ayacucho	Rectangular	34.31	55.11	76.36	100.00
Barrio El Progreso	6	Av. Las praderas	Rectangular	48.69	71.78	97.47	100.00
	7	Carretera Bellavista	Rectangular	48.69	71.78	97.47	100.00
	8	Carretera Bellavista	L	64.38	93.53	100.00	100.00
	9	Pasaje Unión SN	Rectangular	39.54	62.01	85.21	100.00
	10	Carretera Bellavista	L	44.77	65.81	89.72	100.00
Barrio Dos de Mayo	11	Carretera a Vista Hermosa	Rectangular	44.44	65.31	89.07	100.00
	12	Jr. Mariano Melgar	Rectangular	46.41	68.30	92.95	100.00
	13	Psje. Paracas	Rectangular	60.78	87.06	100.00	100.00
	14	Carretera a Vista Hermosa	L	44.77	65.81	89.72	100.00
	15	Psje. Alan García	Rectangular	30.39	49.94	69.72	92.81
Barrio Vista Hermosa	16	Jr. Las Flores	Rectangular	52.29	73.26	99.57	100.00
	17	Jr. Las Flores	L	50.00	69.26	94.40	100.00
	18	Jr. Las Flores	Rectangular	47.71	70.29	95.53	100.00
	19	Jr. Las Flores	Rectangular	34.31	55.11	76.36	100.00
	20	Jr. Las Flores	Rectangular	35.62	56.84	78.57	100.00
Barrio San Cristóbal	21	Jr. Progreso SN	Rectangular	34.31	55.11	76.36	100.00
	22	Jr. Progreso SN	L	44.77	65.81	89.72	100.00
	23	Jr. Progreso SN	Rectangular	55.56	78.97	100.00	100.00
	24	Jr. Progreso SN	Rectangular	35.62	56.84	78.57	100.00
	25	Jr. Progreso SN	L	48.69	71.78	97.47	100.00
Barrio Peña Dorada	26	Jr. Cecilio Limaymanta	Rectangular	34.64	55.54	76.91	100.00
	27	Jr. Cecilio Limaymanta	Rectangular	45.10	66.31	90.36	100.00
	28	Psje. Carrión	Rectangular	30.39	49.94	69.72	92.81
	29	Psje. Carrión	Rectangular	37.25	58.99	81.34	100.00
	30	Psje. Carrión	Rectangular	44.44	65.31	89.07	100.00

### Anexo 11. Cuadro de valores unitarios oficiales de edificaciones para la sierra

	ESTRUCTURAS		ACABADOS				INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y SANITARIAS (7)
	MUROS Y COLUMNAS (1)	TECHOS (2)	PISOS (3)	PUERTAS Y VENTANAS (4)	REVESTIMIENTOS (5)	BAÑOS (6)	
A	ESTRUCTURAS LAMINA- RES CURVADAS DE CONCRETO ARMADO QUE INCLUYEN EN UNA SOLA ARMADURA LA CIMENTACIÓN Y EL TECHO, PARA ESTE CASO NO SE CONSIDERA LOS VALORES DE LA COLUMNA N°2	LOSA O ALIGERADO DE CONCRETO ARMADO CON LUCES MAYORES DE 6 M. CON SOBRE- CARGA MAYOR A 300 KG/M2	MÁRMOL IMPORTADO, PIEDRAS NATURALES IMPORTADAS, PORCELANATO.	ALUMINIO PESADO CON PERFILES ESPECIALES MADERA FINA ORNA- MENTAL (CAOBA, CEDRO O PINO SELECTO) VIDRIO INSULADO. (1)	MÁRMOL IMPORTADO, MADERA FINA (CAOBA O SIMILAR) ENCHAPE FINO (MÁRMOL O SIMILAR).	BAÑOS COMPLETOS (7) DE LUJO IMPORTADO CON ENCHAPE FINO (MÁRMOL O SIMILAR)	AIRE ACONDICIONADO, ILUMINACIÓN ESPECIAL, VENTILACIÓN FORZADA, SIST. HIDRONEUMÁTICO, AGUA CALIENTE Y FRÍA, INTERCOMUNICADOR, ALARMAS, ASCENSOR, SISTEMA BOMBEO DE AGUA Y DESAGÜE. (5) TELÉFONO.
	519.62	270.19	191.71	205.08	258.79	91.78	327.07
B	COLUMNAS, VIGAS Y/O PLACAS DE CONCRETO ARMADO Y/O METÁLICAS.	ALIGERADOS O LOSAS DE CONCRETO ARMADO INCLINADAS	MÁRMOL NACIONAL O RECONSTITUIDO, PARQUET FINO (OLIVO, CHONTA O SIMILAR), CERÁMICA IMPORTADA MADERA FINA.	ALUMINIO O MADERA FINA (CAOBA O SIMILAR) DE DISEÑO ESPECIAL, VIDRIO TRA- TADO POLARIZADO (2) Y CURVADO, LAMINADO O TEMPLADO	MÁRMOL NACIONAL, MADERA FINA (CAOBA O SIMILAR) ENCHAPES EN TECHOS.	BAÑOS COMPLETOS (7) IMPORTADOS CON MAYÓLICA O CERÁMICO DECORATIVO IMPORTADO.	SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA POTABLE, ASCENSOR TELÉFONO, AGUA CALIENTE Y FRÍA.
	309.14	185.75	159.86	181.48	206.7	65.57	192.37
C	PLACAS DE CONCRETO E= 10 A 15 CM. ALBAÑILERÍA ARMADA, LADRILLO O SIMILAR CON COLUMNAS Y VIGAS DE AMARRE DE CONCRETO ARMADO	ALIGERADO O LOSAS DE CONCRETO ARMADO HORIZONTALES.	MADERA FINA MACHIHEMBRADA TERRAZO.	ALUMINIO O MADERA FINA (CAOBA O SIMILAR) VIDRIO TRATADO POLARIZADO. (2) LAMINADO O TEMPLADO	SUPERFICIE CARAVISTA OBTENIDA MEDIANTE ENCOFRADO ESPECIAL, ENCHAPE EN TECHOS.	BAÑOS COMPLETOS (7) NACIONALES CON MAYÓLICA O CERÁMICO NACIONAL DE COLOR.	IGUAL AL PUNTO "B" SIN ASCENSOR.
	224.29	129.99	103.44	132.41	171.07	42.81	143.14
D	LADRILLO, SILLAR O SIMILAR. SIN ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO, DRYWALL O SIMILAR IN- CLUYE TECHO (6)	CALAMINA METÁLICA FIBROCEMENTO SOBRE VIGUERÍA METÁLICA.	PARQUET DE 1era. , LAJAS, CERÁMICA NACIONAL, LOSETA VENECIANA 40x40, PISO LAMINADO.	VENTANAS DE ALUMINIO PUERTAS DE MADERA SELECTA, VIDRIO TRATADO TRANSPARENTE (3)	ENCHAPE DE MADERA O LAMINADOS, PIEDRA O MATERIAL VITRIFICADO.	BAÑOS COMPLETOS (7) NACIONALES BLANCOS CON MAYÓLICA BLANCA.	AGUA FRÍA, AGUA CALIENTE, CORRIENTE TRIFÁSICA, TELÉFONO.
	207.17	88	84.82	77.66	130.85	26.19	81.11
E	ADOBE, TAPIAL O QUINCHA	MADERA CON MATERIAL IMPERMEABILIZANTE.	PARQUET DE 2da. LOSETA VENECIANA 30x30 LAJAS DE CEMENTO CON CANTO RODADO.	VENTANAS DE FIERRO PUERTAS DE MADERA SELECTA (CAOBA O SIMILAR) VIDRIO SIMPLE TRANSPARENTE (4)	SUPERFICIE DE LADRILLO CARAVISTA.	BAÑOS CON MAYÓLICA BLANCA PARCIAL.	AGUA FRÍA, AGUA CALIENTE, CORRIENTE MONOFÁSICA, TELÉFONO.
	162.64	40.4	70.15	59.33	108.86	12.84	45.14
F	MADERA (ESTORAQUE, PUMAQUIRO, HUAYRURO, MACHINGA, CATAHUA AMARILLA, COPAIBA, DIABLO FUERTE, TORNILLO O SIMILARES) DRY WALL O SIMILAR (SIN TECHO)	CALAMINA METÁLICA FIBROCEMENTO O TEJA SOBRE VIGUERÍA DE MADERA CORRIENTE.	LOSETA CORRIENTE, CANTO RODADO. ALFOMBRA	VENTANAS DE FIERRO O ALUMINIO INDUSTRIAL, PUERTAS CONTRAPLACADAS DE MADERA (CEDRO O SIMILAR), PUER- TAS MATERIAL MDF o HDF. VIDRIO SIMPLE TRANS- PARENTE (4)	TARRAJEO FROTACHADO Y/O YESO MOLDURADO, PINTURA LAVABLE.	BAÑOS BLANCOS SIN MAYÓLICA.	AGUA FRÍA, CORRIENTE MONOFÁSICA, TELÉFONO
	101.42	32.28	57.29	45.88	64.91	10.91	29.34
G	PIRCADO CON MEZCLA DE BARRO.	SIN TECHO	LOSETA VINÍLICA, CEMENTO BRUÑADO COLOREADO. TAPIZÓN.	MADERA CORRIENTE CON MARCOS EN PUERTAS Y VENTANAS DE PVC O MADERA CORRIENTE	ESTUCADO DE YESO Y/O BARRO, PINTURA AL TEMPLE O AGUA.	SANITARIOS BÁSICOS DE LOSA DE 2da, FIERRO FUNDIDO O GRANITO.	AGUA FRÍA, CORRIENTE MONOFÁSICA SIN EMPOTRAR.
	59.75	0	42.85	27.03	48.22	7.5	17.29
H			CEMENTO PULIDO, LADRILLO CORRIENTE, ENTABLADO CORRIENTE.	MADERA RÚSTICA.	PINTADO EN LADRILLO RÚSTICO, PLACA DE CONCRETO O SIMILAR.	SIN APARATOS SANITARIOS.	SIN INSTALACIÓN ELÉCTRICA NI SANITARIA.
	.....	.....	23.15	13.51	19.29	0	0
I			TIERRA COMPACTADA	SIN PUERTAS NI VENTANAS.	SIN REVESTIMIENTOS EN LADRILLO, ADOBE O SIMILAR.		
	.....	.....	5.09	0	0	.....	.....

## Anexo 12. Tabla de cálculo de pérdidas económicas

Barrio	N° Viv.	Dirección	Configuración en Planta	Área de planta	Valor por m2	Valor de la Construcción del Lote	valores de encuesta	Perdidas económicas		
								0.20g	0.26g	0.33g
Barrio san Bartolome	1	Psje. Las praderas	Rectangular	22.80	238.31	S/10,866.94	S/.18,000.00	S/7,127.44	S/9,533.18	S/10,815.87
	2	Psje. Las praderas	Rectangular	49.00	238.31	S/23,354.38	S/.25,000.00	S/15,317.75	S/20,487.97	S/23,244.64
	3	Psje. Las praderas	Rectangular	50.50	238.31	S/24,069.31	S/.20,000.00	S/15,786.66	S/21,115.16	S/23,956.21
	4	Av. Las praderas	L	59.00	238.31	S/28,120.58	S/.19,000.00	S/18,443.82	S/24,669.19	S/27,988.44
	5	Psje. Ayacucho	Rectangular	40.00	238.31	S/19,064.80	S/.20,000.00	S/12,504.28	S/16,724.88	S/18,975.22
Barrio El Progreso	6	Av. Las praderas	Rectangular	40.00	238.31	S/19,064.80	S/.17,000.00	S/12,504.28	S/16,724.88	S/18,975.22
	7	Carretera Bellavista	Rectangular	50.00	238.31	S/23,831.00	S/.8,000.00	S/15,630.35	S/20,906.10	S/23,719.02
	8	Carretera Bellavista	L	100.00	238.31	S/47,662.00	S/.20,000.00	S/31,260.71	S/41,812.19	S/47,438.04
	9	Pasaje Unión SN	Rectangular	50.00	238.31	S/23,831.00	S/.20,000.00	S/15,630.35	S/20,906.10	S/23,719.02
Barrio Dos de Mayo	10	Carretera Bellavista	L	65.00	238.31	S/30,980.30	S/.17,000.00	S/20,319.46	S/27,177.92	S/30,834.73
	11	Carretera a Vista Hermosa	Rectangular	56.00	238.31	S/26,690.72	S/.20,000.00	S/17,506.00	S/23,414.83	S/26,565.30
	12	Jr. Mariano Melgar	Rectangular	40.00	238.31	S/19,064.80	S/.9,000.00	S/12,504.28	S/16,724.88	S/18,975.22
	13	Psje. Paracas	Rectangular	70.00	238.31	S/33,363.40	S/.8,000.00	S/21,882.50	S/29,268.53	S/33,206.63
	14	Carretera a Vista Hermosa	L	92.50	238.31	S/44,087.35	S/.17,000.00	S/28,916.16	S/38,676.28	S/43,880.19
Barrio Vista Hermosa	15	Psje. Alan García	Rectangular	32.00	238.31	S/15,251.84	S/.22,000.00	S/10,003.43	S/13,379.90	S/15,180.17
	16	Jr. Las Flores	Rectangular	25.00	238.31	S/11,915.50	S/.30,000.00	S/7,815.18	S/10,453.05	S/11,859.51
	17	Jr. Las Flores	L	42.00	238.31	S/20,018.04	S/.12,000.00	S/13,129.50	S/17,561.12	S/19,923.98
	18	Jr. Las Flores	Rectangular	24.00	238.31	S/11,438.88	S/.13,000.00	S/7,502.57	S/10,034.93	S/11,385.13
	19	Jr. Las Flores	Rectangular	60.00	238.31	S/28,597.20	S/.15,000.00	S/18,756.43	S/25,087.31	S/28,462.82
Barrio San Cristóbal	20	Jr. Las Flores	Rectangular	40.50	238.31	S/19,303.11	S/.15,000.00	S/12,660.59	S/16,933.94	S/19,212.41
	21	Jr. Progreso SN	Rectangular	40.00	238.31	S/19,064.80	S/.7,000.00	S/12,504.28	S/16,724.88	S/18,975.22
	22	Jr. Progreso SN	L	54.00	238.31	S/25,737.48	S/.17,000.00	S/16,880.78	S/22,578.58	S/25,616.54
	23	Jr. Progreso SN	Rectangular	28.00	238.31	S/13,345.36	S/.10,000.00	S/8,753.00	S/11,707.41	S/13,282.65
	24	Jr. Progreso SN	Rectangular	30.40	238.31	S/14,489.25	S/.12,000.00	S/9,503.26	S/12,710.91	S/14,421.16
Barrio Peña Dorada	25	Jr. Progreso SN	L	40.00	238.31	S/19,064.80	S/.12,000.00	S/12,504.28	S/16,724.88	S/18,975.22
	26	Jr. Cecilio Limaymanta	Rectangular	35.00	238.31	S/16,681.70	S/.11,000.00	S/10,941.25	S/14,634.27	S/16,603.31
	27	Jr. Cecilio Limaymanta	Rectangular	35.00	238.31	S/16,681.70	S/.10,000.00	S/10,941.25	S/14,634.27	S/16,603.31
	28	Psje. Carrión	Rectangular	50.00	238.31	S/23,831.00	S/.25,000.00	S/15,630.35	S/20,906.10	S/23,719.02
	29	Psje. Carrión	Rectangular	50.00	238.31	S/23,831.00	S/.20,000.00	S/15,630.35	S/20,906.10	S/23,719.02
	30	Psje. Carrión	Rectangular	20.00	238.31	S/9,532.40	S/.8,000.00	S/6,252.14	S/8,362.44	S/9,487.61

## Anexo 13. Estudio de mecánica de suelos

### PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROYECTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA TESIS DE PREGRADO PARA OPTAR TITULO DE INGENIERO CIVIL EN LA UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
ANALISIS DE VULNERABILIDAD SISMICA DE VIVIENDA DE DOS PISOS CONSTRUIDAS EN TAPIAL EN LA PERIFERIA DE LA CIUDAD DE TARMA

SOLICITA : HINO JHONATAN TIMOTEJ HUANCAYO  
UBICACIÓN : CALLE LAS PRADERAS - BARRIO SAN BARTOLOME - DISTRITO DE TARMA PREDIO DE LA SRA. VILMA CASABONA MONTALVO

TIPO EXCM. : A cielo abierto  
CERTIFICADO : N° 260/FEBRERO 2018  
N.F. : No  
CALICATA : C - 1

FECHA : 19/02/2018

MTS	GPO	DESCRIPCION	SIMBOLO	SUCS
0.25		Material orgánico, con presencia de raíces.		
		Relleno natural, mezclas de arcillas y gravas, con raíces.		
0.85		Roca fracturada de tamaño de 1".		
1.00		Material de limos y arcilla de color marrón, en estado semi húmedo y semi compacto.		
1.40		Arcillas de alta plasticidad, de color amarillo.		
1.45		Material de limos y arcillas inorgánicos de baja plasticidad, polvo de roca, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, mezclas de limos arenosos y arcillosos ligeramente plásticos, de color marrón, en estado semi húmedo y semi compacto.		
2.85		Material de limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos, ligeramente plásticos, de color marrón, en estado semi húmedo y semi compacto.		
4.35		Material de arcillas inorgánicas ligeramente plásticas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas gravosas, arcillas pobres, de color marrón claro, en estado semi húmedo y semi		
4.85	A-7-B			CL

Muestra proporcionada por el interesado.



Prohibida la copia total o parcial de este documento | derecho de propiedad intelectual y Marca @registrada en U Indecopi  
RESOLUCIÓN N° 015082 - 2014 /DSO



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D-3080**

GRAVA 6.00 Proyecto: ESTUDIO DE SUELOS PARA TESIS DE GRADUADO PARA OPTAR TITULO DE INGENIERO CIVIL EN LA  
AREMA 38.00 UNIVERSIDAD CATOLICA DE BUENOS AIRES  
FINOS 58.00 Análisis de Vulnerabilidad Sísmica de Vivienda de Dos Pisos Construida en Tapal en la Pórtica de Tama  
L.L. 41.89 Sólida HNO JHONATAN EMOTED ILIANDAYO Área de Contacto: 38.9300  
I.F. 15.55 Concreto Dál de carga 0.451

Mostrador: C-1 B-6 Post: 4.38 - 4.38 m.  $\gamma_d = 1.80$   
Tipo de suelo: CL Densidad de remoldeo

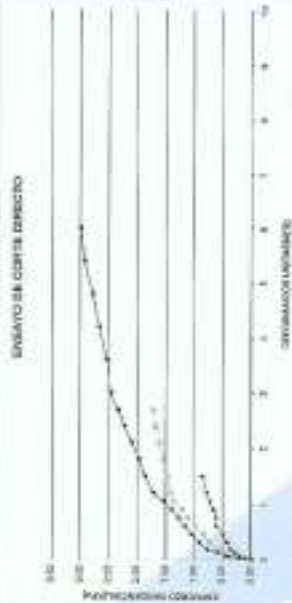
(a)	(b)	(c)	FECHA: 18/02/2018						
			MARCHA DE LABORATORIO			CALCULO			
Distorsión Tangencial %	Dist. de Corte	Fuerza Corte kg	Esfuerzo Corte kg/cm <sup>2</sup>	Dist. de Corte	Fuerza Corte kg	Esfuerzo Corte kg/cm <sup>2</sup>	Dist. de Corte	Fuerza Corte kg	Esfuerzo Corte kg/cm <sup>2</sup>
0	5.00	8.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	8.38	9.85	0.11	13.30	3.85	0.35	17.80	7.85	0.37
0.50	15.38	7.87	0.21	22.30	9.15	0.29	34.00	19.35	0.48
0.75	26.00	13.15	0.38	28.80	17.85	0.49	48.00	27.85	0.58
1.00	36.00	12.85	0.58	47.80	21.42	0.60	62.00	32.87	0.61
1.25	35.00	14.88	0.41	87.80	29.30	0.52	75.00	35.87	0.61
1.50	38.00	17.59	0.49	88.80	26.98	0.69	84.00	37.85	0.65
1.75	38.00	24.57	0.61	70.80	25.46	0.68	89.00	42.17	0.71
2.00	40.00	22.13	0.68	87.80	33.46	1.33	100.00	46.29	1.38
2.25	35.00	23.90	0.68	87.80	43.75	1.33	112.00	50.91	1.40
2.50	37.00	25.93	0.72	106.80	48.71	1.33	125.00	55.70	1.35
2.75	32.00	27.95	0.78	117.80	55.57	1.43	137.00	60.91	1.72
3.00	33.00	30.89	0.86	117.80	62.88	1.47	148.00	67.20	1.67
3.25				125.80	65.67	1.68	160.00	71.28	1.85
3.50				129.80	68.14	1.67	167.50	76.64	2.10
3.75				133.50	68.20	1.67	178.00	80.28	2.35
4.00				137.50	62.08	1.70	187.00	84.31	2.34
4.25							197.00	88.89	2.47
4.50							208.00	91.59	2.54
4.75							213.50	86.29	2.67
5.00							222.00	100.26	2.70
5.25							234.00	105.13	2.85
5.50							239.50	106.81	3.00

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**



Prohibida la copia total o parcial de este documento | derecho de propiedad intelectual y Marca registrada en U Indecopi  
RESOLUCIÓN N° 015082 - 2014 /DSD

UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
Análisis de Vulnerabilidad Sísmica de Vivienda de Dos Pisos Construidas en Tapal



*[Signature]*  
Susana Ortiz Castro  
CP N° 80660

*[Signature]*  
Osvaldo Abrahám Ortiz Jara  
CP N° 80660

Prohibida la copia total o parcial de este documento | derecho de propiedad intelectual y Marca Registrada en Indecopi  
RESOLUCIÓN N° 015082 - 2014 /DSD

MF.250/FEBRERO 2018

**ANÁLISIS MATERIAL DE TERRENO NATURAL**

PROYECTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA TESIS DE PREGRAO PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO CIVIL EN LA UNIVERSIDAD CÁTOLICA SEDES SAPIENTIAE  
ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SISMICA DE VIVIENDAS DE DOS PISOS CONSTRUÍDAS EN TAPPA EN LA PERIFERIA DE LA CIUDAD DE TARRUA

SOLICITA : NIÑO JHONATAN TIMOTEO HUANGAYO

UBICACIÓN : CALLE LAS PARRAS - BARRIO SANBARTOLOME - DISTRITO DE TARRUA - PROV. DE LA SRA. VALERIA CASHA (MORAYLLA)

LUGAR : TARRUA - TARRUA - JUNIN

TECNICO : OMAR ORTEGA MORA  
FICHA : 16030543  
MUESTRA : M-8

ATERRIZO	VALORES	TIPO DE
LIMITE LIQUIDO	41.89	CLASIFICACION
LIMITE PLASTICO	25.30	SLICCS
INDICE PLASTICIDAD	16.59	CL

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

DIÁMETRO (mm)	RETENCIÓN (%)	PAASA (%)	EMBRAGADOS (Porcentaje)
3"	76.250		
2.12"	65.589	100	
2"	64.863	0	100
1.18"	35.100	0	100
1"	28.499	0	100
0.84"	18.830	0	100
0.75"	12.709	1	99
0.60"	9.555	1	98
0.425"	6.261	2	96
0.375"	4.788	1	95
0.300"	3.283	2	93
0.250"	2.299	3	90
0.180"	1.899	4	86
0.150"	1.180	2	84
0.125"	0.840	2	82
0.106"	0.426	5	77
0.075"	0.201	2	75
0.060"	0.107	4	72
0.048"	0.148	5	63
0.030"	0.014	4	58
0.025"		59	



Muestra proporcionada por el interesado.



Prohibida la copia total o parcial de este documento | derecho de propiedad intelectual y Marca registrada en Indecopi  
RESOLUCIÓN Nº 015082 - 2014 / DSD

Calle Santo Toribio Nº 174 Urb. San Antonio - Hyc. (064) 636643 - 964 672 241 - 964 725 319 | consedis@hotmail.com



**LÍMITE DE CONSISTENCIA**  
LABORATORIO CONTROL DE MATERIALES

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PARA TESIS DE PREGRADO PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO CIVIL EN LA UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE  
ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS DE DOS PISOS CONSTRUIDAS EN TAPIAL, EN LA PERIFERIA DE LA CIUDAD DE Tarma

BOQUITA: HIND JHONATAN TIVOTE HUANCAYO

UBICACIÓN: CALLE LAS PRADERAS - BARRIO SAN ANTONIO DE - DISTRITO DE Tarma - PUEBLO DE LA SRA. VEMA CASERIO MONTALVO

LUGAR: Tarma - Tarma - JUNÍN

CALICATA: C-1, R-4

FECHA: 10/02/2018

EFFECTUADO POR: Ofc. Jhán Cesar

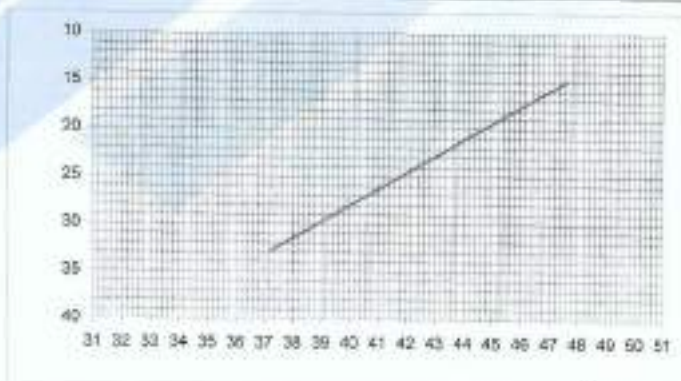
CERTIFICADO N.º: 100201800000018

**LÍMITE LÍQUIDO**

Nº de Letas	9	18	25
VP en Casaca	16	22	34
Piso de Lata + Suelo Humedo	46.91	47.58	47.51
Piso de Lata + Suelo Seco	40.01	40.41	41.45
Piso de Agua	0.90	0.87	0.06
Piso de Lata	25.52	24.63	25.18
Piso de Suelo Seco	14.40	15.78	18.27
% de Humedad	47.65	42.26	37.26

**LÍMITE PLÁSTICO**

Nº de Letas	12
Piso de Lata + Suelo Humedo	35.74
Piso de Lata + Suelo Seco	34.56
Piso de Agua	2.18
Piso de Lata	25.25
Piso de Suelo Seco	0.81
Porcentaje de Humedad	25.36



OBSERVACIONES:

Muestra proporcionada por el interesado

*[Signature]*  
SILVANO OPTIZ CORRAL  
ING. CIVIL  
CIP N.º 62260

LL 41.89 L.P. 26.26 P.L. 16.53

*[Signature]*  
Jhán Cesar  
INGENIERO CIVIL  
CIP N.º 62260

Prohibida la copia total o parcial de este documento | derecho de propiedad intelectual y Marca @registrada en U Indecopi  
RESOLUCIÓN Nº 015082 - 2014 /DSO





  
Susana Ortiz Couso  
ING. EN INGENIERÍA CIVIL  
CAP N° 85289

  
Oscar Alejandro Ortiz Jofre  
INGENIERO MECÁNICO DE SUELOS  
CAP N° 85289

Prohibida la copia total o parcial de este documento | derecho de propiedad intelectual y Marca ® registrada en U Indecopi  
RESOLUCIÓN N° 015082 - 2014 /DSD

Calle Santo Toribio N° 174 Urb. San Antonio - Hvy. ☎ (064) 636643 - 964 672 241 - 964 725 319 ✉ [consedis@hotmail.com](mailto:consedis@hotmail.com)



  
Sociedad Peruana de Ingeniería Geotécnica  
Sociedad Peruana de Ingeniería Geotécnica  
C.P. N° 05284

  
Oscar Alvarado en Carlos Jara  
Sociedad Peruana de Ingeniería Geotécnica  
y Construcción

Prohibida la copia total o parcial de este documento | derecho de propiedad intelectual y Marca @registrada en U Indecopi  
RESOLUCIÓN Nº 015082 - 2014 /DSO

Calle Santo Toribio Nº 174 Urb. San Antonio - Hya. ☎ (054) 636643 - 964 672 241 - 964 725 335 ✉ [consedis@hotmail.com](mailto:consedis@hotmail.com)

En el estudio de suelos se hizo investigaciones de campo a lo largo de los barrios ubicados en la periferia de la ciudad de Tarma, luego se procedió a la ejecución de los ensayos de laboratorio de las muestras obtenidas en el campo y finalmente se realizaron las labores de gabinete para consignar en forma gráfica y escrita los resultados.



Figure 1. Calicata barrio San Cristóbal.



Figure 2. Calicata barrio Dos de Mayo y El Progreso.





Figure 3. Calicata barrio Vista Hermosa y Peña Dorada.



Figure 4. Calicata barrio Dos de Mayo y El Progreso.

### Anexo 14. Tabla de análisis modal

Factor de masa participativa vivienda rectangular media														
Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
Modal	<b>TY</b>	<b>0.479546</b>	0.001264	<b>0.16</b>	6.49E-06	0.001264	0.16	6.49E-06	0.054	9.50E-05	0.006748	0.054	9.50E-05	0.006748
Modal	2	0.422911	0.001532	0.151	5.75E-06	0.002796	0.311	1.22E-05	0.022	0.0001737	0.018	0.076	0.0002687	0.025
Modal	3	0.304912	0.061	0.0005956	9.21E-06	0.064	0.311	2.15E-05	0.002281	0.003926	0.032	0.078	0.004195	0.057
Modal	<b>TZ</b>	<b>0.267502</b>	0.007451	0.018	4.95E-06	0.071	0.329	2.64E-05	0.019	0.0008297	<b>0.133</b>	0.097	0.005025	0.19
Modal	5	0.230362	0.048	6.96E-05	4.80E-05	0.12	0.329	7.44E-05	6.99E-06	0.002626	0.008346	0.097	0.007651	0.198
Modal	<b>TX</b>	<b>0.208163</b>	<b>0.264</b>	0.002886	1.48E-08	0.384	0.332	7.44E-05	4.25E-05	0.016	0.006262	0.097	0.024	0.205

Factor de masa participativa vivienda rectangular desfavorable														
Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
Modal	1	0.50268	2.93E-05	0.001092	4.57E-09	2.93E-05	0.001092	4.57E-09	1.67E-05	1.82E-06	0.002296	1.67E-05	1.82E-06	0.002296
Modal	<b>TZ</b>	<b>0.443189</b>	5.68E-05	1.09E-05	1.22E-08	8.61E-05	0.001103	1.68E-08	6.11E-08	9.12E-07	<b>0.223</b>	1.68E-05	2.73E-06	0.226
Modal	3	0.407835	0.01	3.64E-06	2.17E-06	0.01	0.001106	2.19E-06	8.81E-08	0.007438	3.61E-05	1.69E-05	0.007441	0.226
Modal	<b>TX</b>	<b>0.396986</b>	<b>0.491</b>	1.21E-07	1.50E-07	0.501	0.001106	2.34E-06	1.47E-08	0.037	3.50E-05	1.69E-05	0.045	0.226
Modal	<b>TY</b>	<b>0.23905</b>	2.93E-05	<b>0.23</b>	1.32E-06	0.501	0.231	3.66E-06	0.006449	1.20E-05	0.002725	0.006466	0.045	0.228
Modal	6	0.211277	0.001198	0.001307	8.06E-05	0.502	0.232	8.43E-05	1.32E-05	0.001207	1.28E-05	0.006479	0.046	0.229

### Factor de masa participativa vivienda en L media

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
		sec												
Modal	1	0.701514	0.107	1.63E-05	1.83E-08	0.107	1.63E-05	1.83E-08	2.36E-06	0.001441	0.011	2.36E-06	0.001441	0.011
Modal	<b>TX</b>	<b>0.325123</b>	<b>0.197</b>	0.0004063	5.97E-06	0.304	0.0004227	5.99E-06	2.27E-06	0.006104	0.021	4.63E-06	0.007544	0.032
Modal	<b>TY-TZ</b>	<b>0.291153</b>	0.007544	<b>0.008031</b>	2.04E-06	0.312	0.008453	8.03E-06	0.0005274	0.0002405	<b>0.053</b>	0.000532	0.007785	0.086
Modal	4	0.277367	0.168	0.003053	3.74E-05	0.48	0.012	4.55E-05	7.80E-05	0.004942	0.013	0.00061	0.013	0.099
Modal	5	0.245003	0.005316	0.0005862	1.77E-06	0.486	0.012	4.72E-05	0.0001092	6.05E-05	0.003095	0.0007192	0.013	0.102
Modal	6	0.217195	0.019	0.0005493	4.25E-06	0.505	0.013	5.15E-05	2.64E-05	0.0001141	0.003001	0.0007456	0.013	0.105

### Factor de masa participativa vivienda en L desfavorable

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
		sec												
Modal	<b>TX</b>	<b>0.694629</b>	<b>0.103</b>	0.0003358	2.94E-08	0.103	0.0003358	2.94E-08	4.05E-05	0.001139	0.008751	4.05E-05	0.001139	0.008751
Modal	2	0.583574	5.47E-06	0.04	4.40E-08	0.103	0.04	7.34E-08	0.000835	1.08E-07	1.45E-05	0.0008754	0.001139	0.008765
Modal	3	0.530654	0.0009192	0.108	3.00E-09	0.104	0.149	7.64E-08	0.007431	1.35E-05	0.0009266	0.008306	0.001153	0.009692
Modal	4	0.381053	0.001231	0.002799	8.35E-07	0.105	0.151	9.11E-07	0.001246	1.55E-05	1.47E-06	0.009552	0.001168	0.009693
Modal	<b>TY-TZ</b>	<b>0.347171</b>	9.51E-05	<b>0.19</b>	2.98E-09	0.105	0.342	9.14E-07	0.011	3.76E-07	<b>0.173</b>	0.02	0.001169	0.182
Modal	6	0.305071	0.062	2.46E-06	5.58E-06	0.168	0.342	6.50E-06	1.98E-08	0.001752	0.039	0.02	0.00292	0.222

## Anexo 15. Acelerogramas escalados

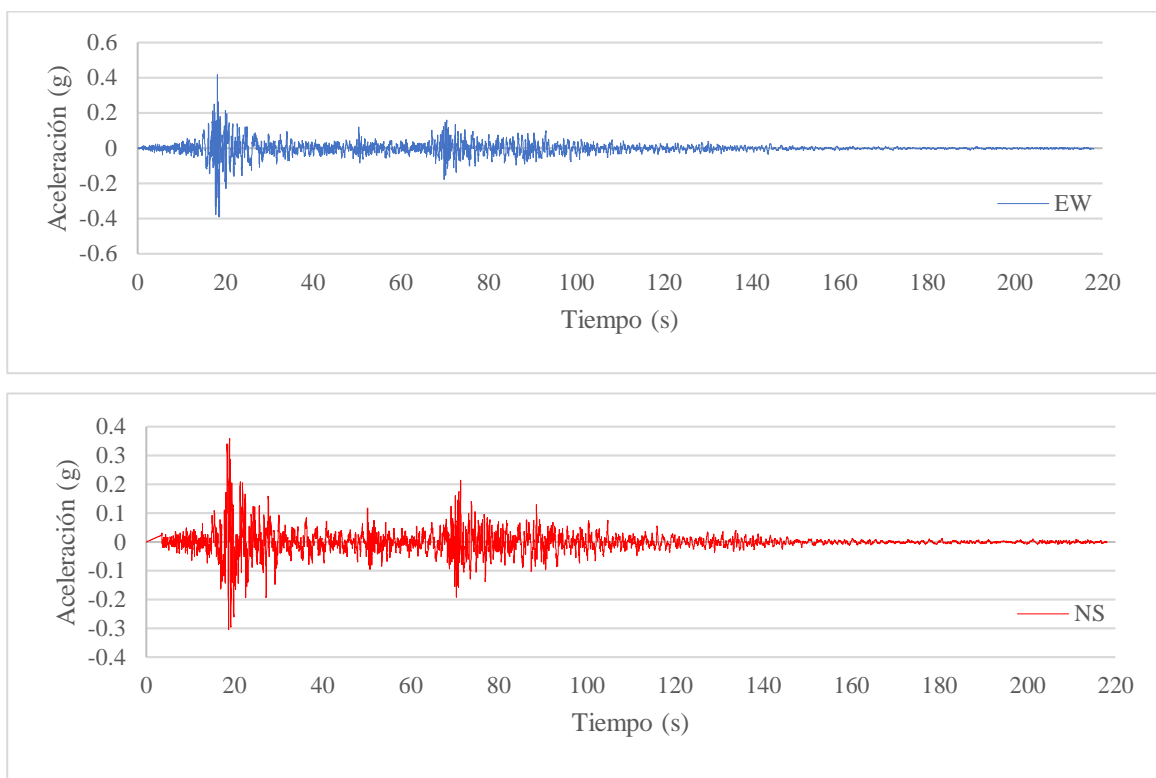


Figura 1. Acelerograma del sismo Ica (2007) para vivienda R media (a) en el eje “X” (b) en el eje “Y”.

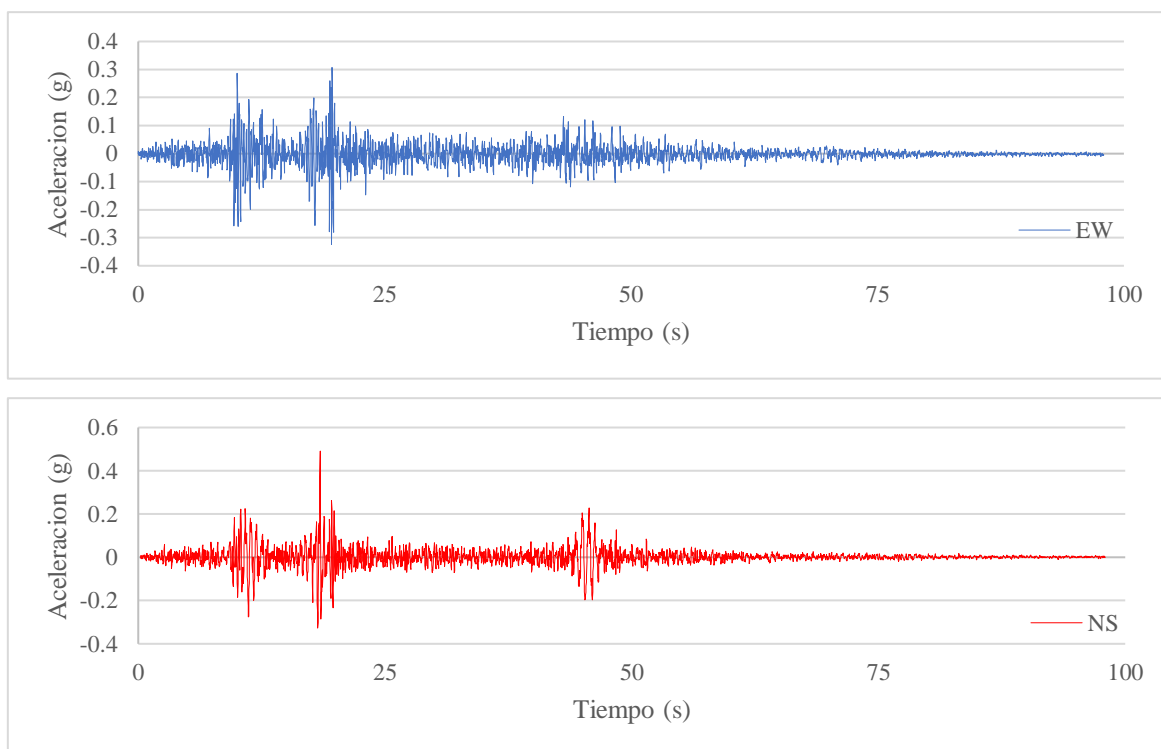


Figura 2. Acelerograma del sismo Lima (1974) para vivienda R media (a) en el eje “X” (b) en el eje “Y”.

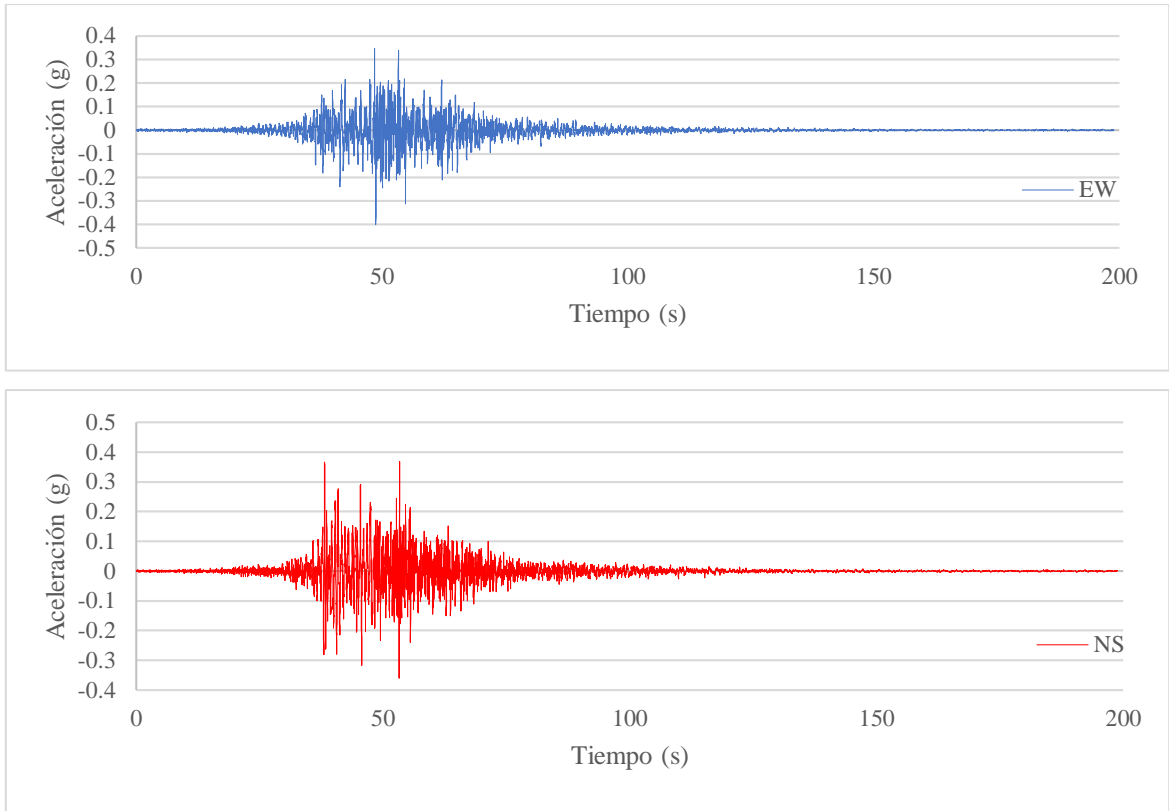


Figura 3. Acelerograma del sismo Moquegua (2001) para vivienda R media (a) en el eje “X” (b) en el eje “Y”.

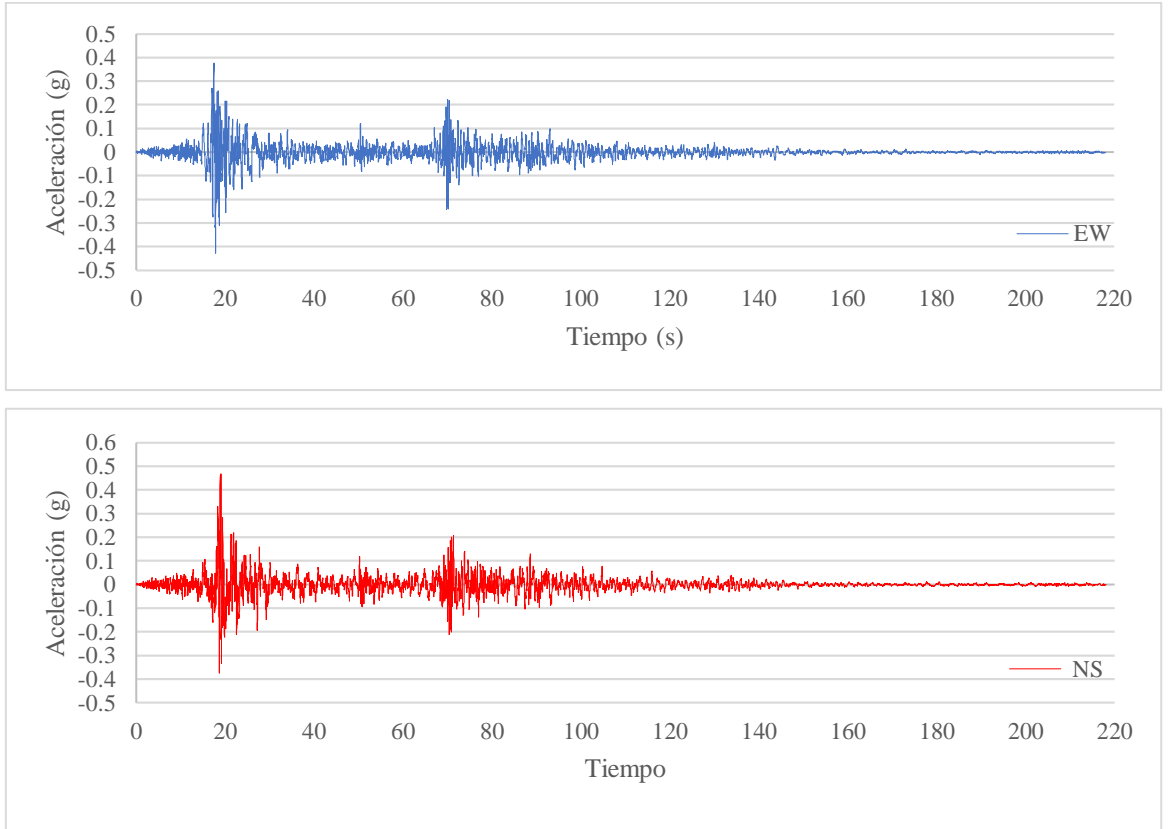


Figura 4. Acelerograma del sismo Ica (2007) para vivienda R desfavorable (a) en el eje “X” (b) en el eje “Y”.



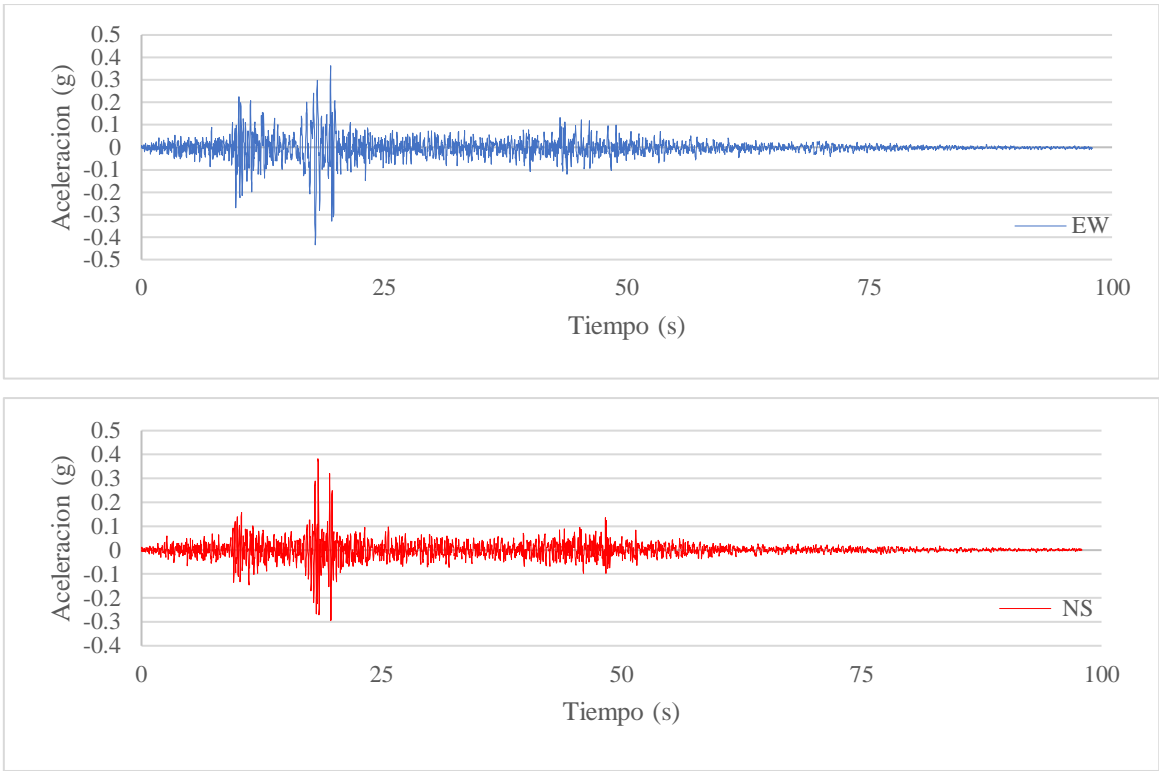


Figura 5. Acelerograma del sismo Lima (1974) para vivienda R desfavorable (a) en el eje “X” (b) en el eje “Y”.

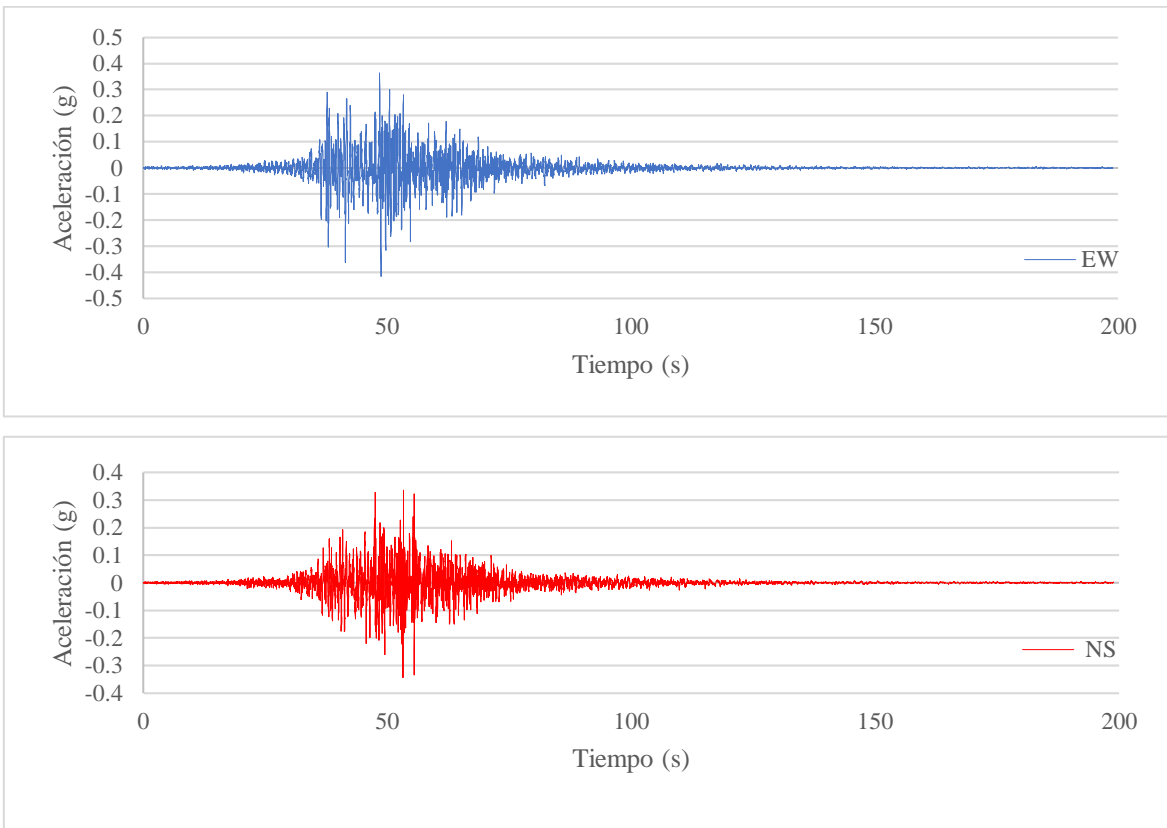


Figura 6. Acelerograma del sismo Moquegua (2001) para vivienda R desfavorable (a) en el eje “X” (b) en el eje “Y”.

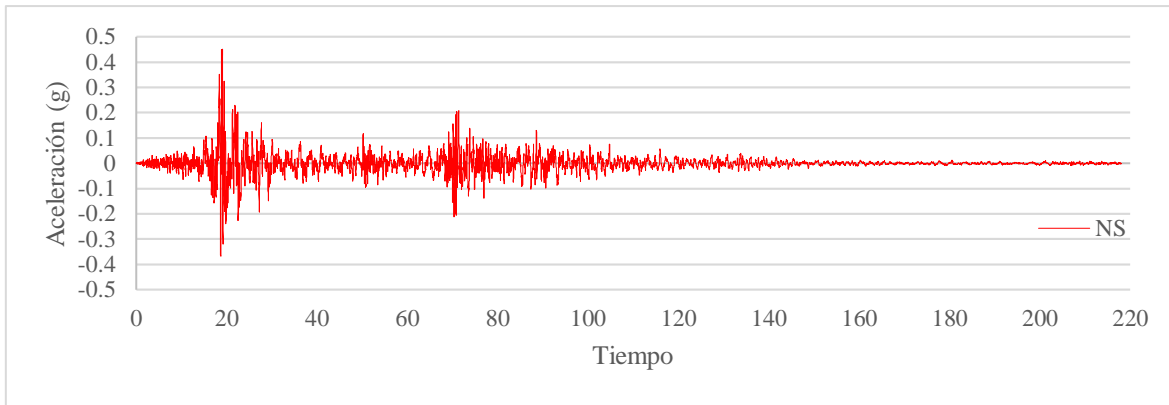
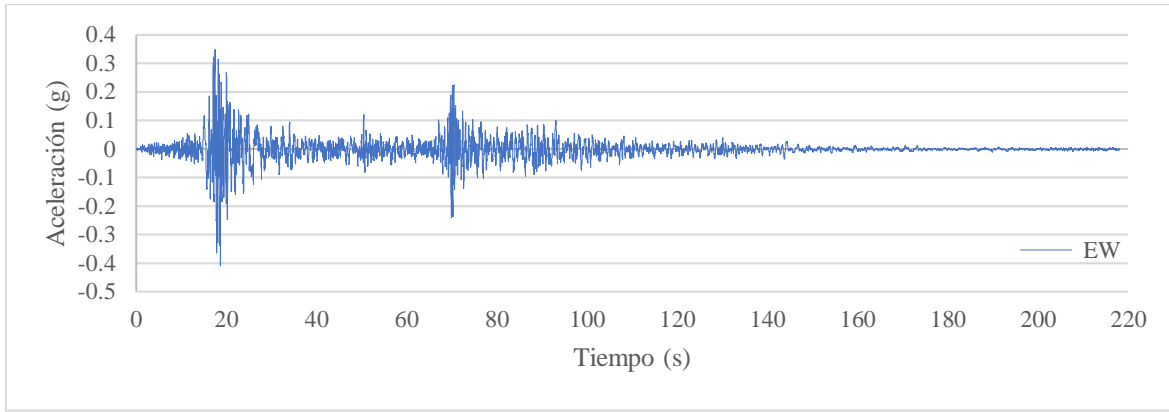


Figura 7. Acelerograma del sismo Ica (2007) para vivienda L media (a) en el eje “X” (b) en el eje “Y”.

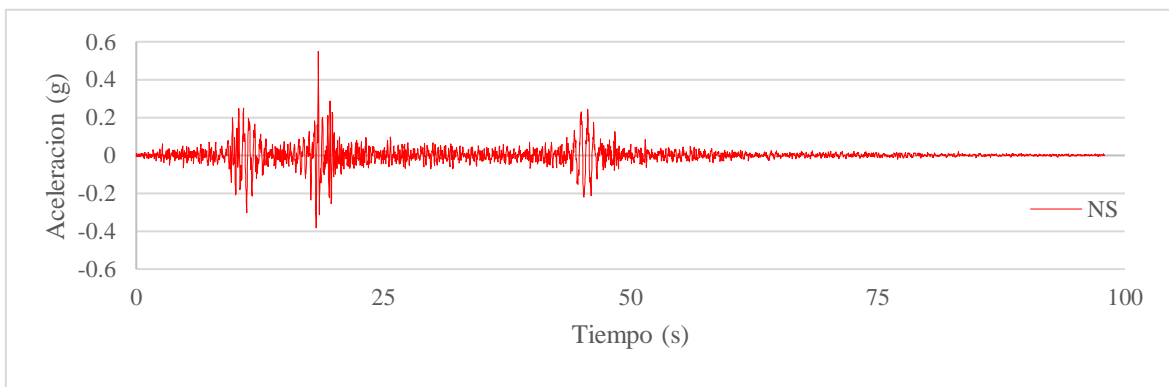
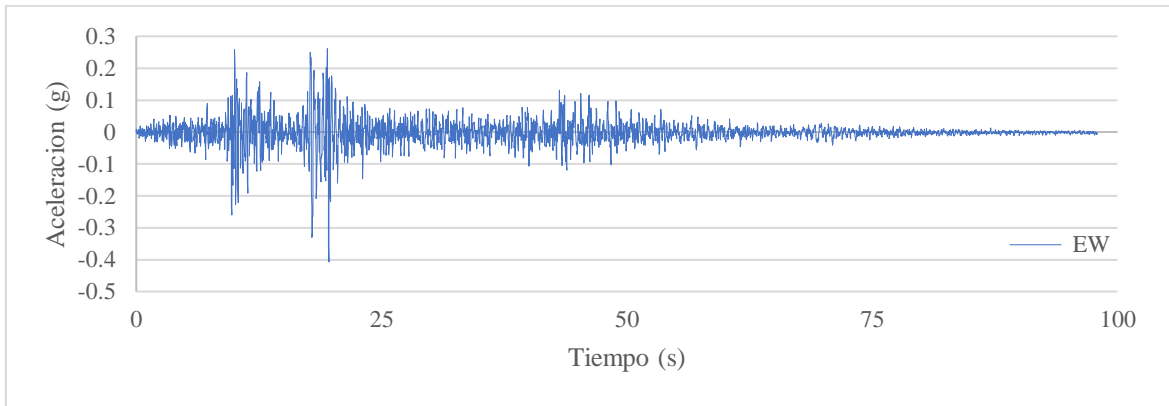


Figura 8. Acelerograma del sismo Lima (1974) para vivienda L media (a) en el eje “X” (b) en el eje “Y”.

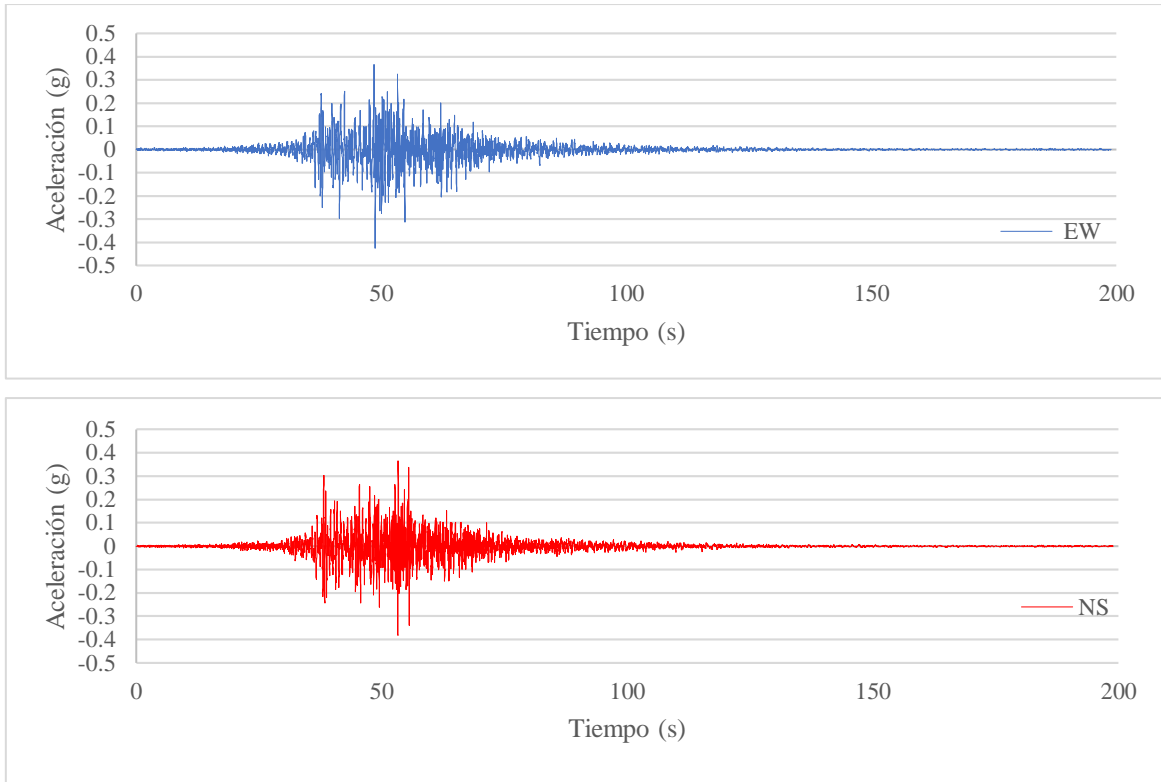


Figura 9. Acelerograma del sismo Moquegua (2001) para vivienda L media (a) en el eje “X” (b) en el eje “Y”.

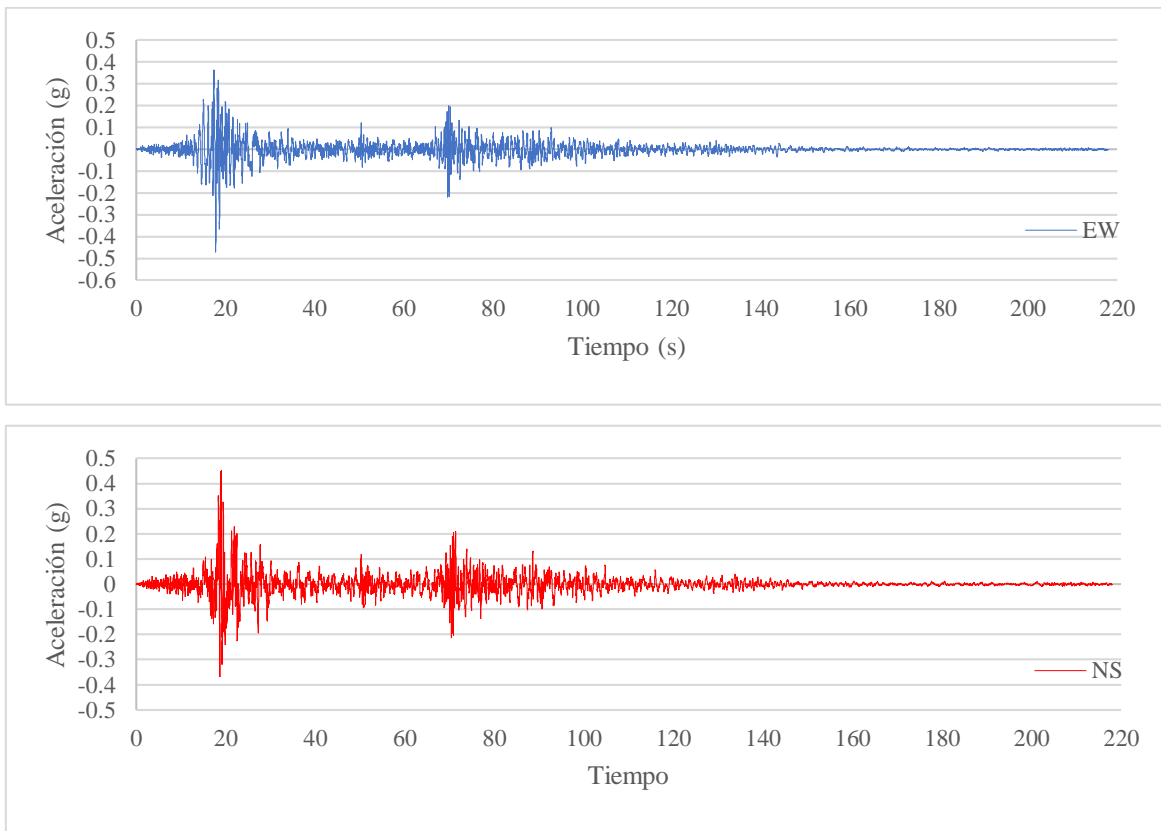


Figura 10. Acelerograma del sismo Lima (2007) para vivienda L desfavorable (a) en el eje “X” (b) en el eje “Y”.

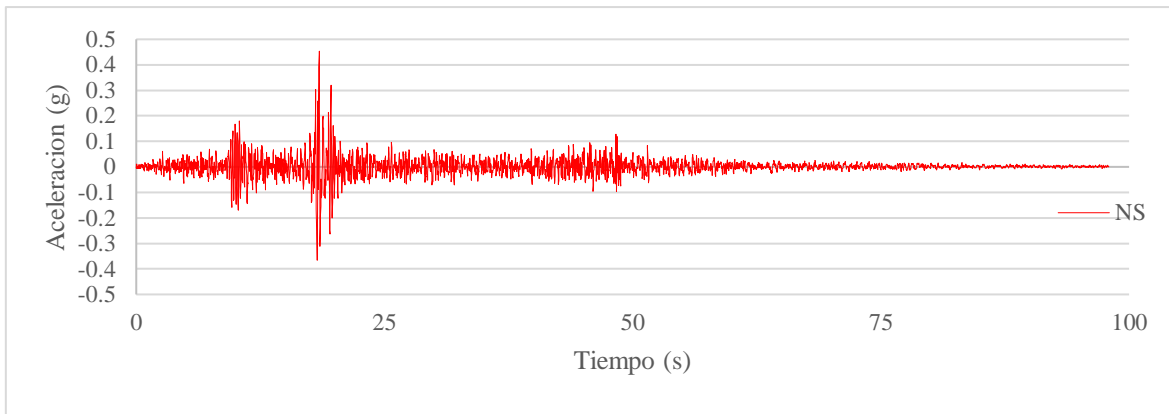
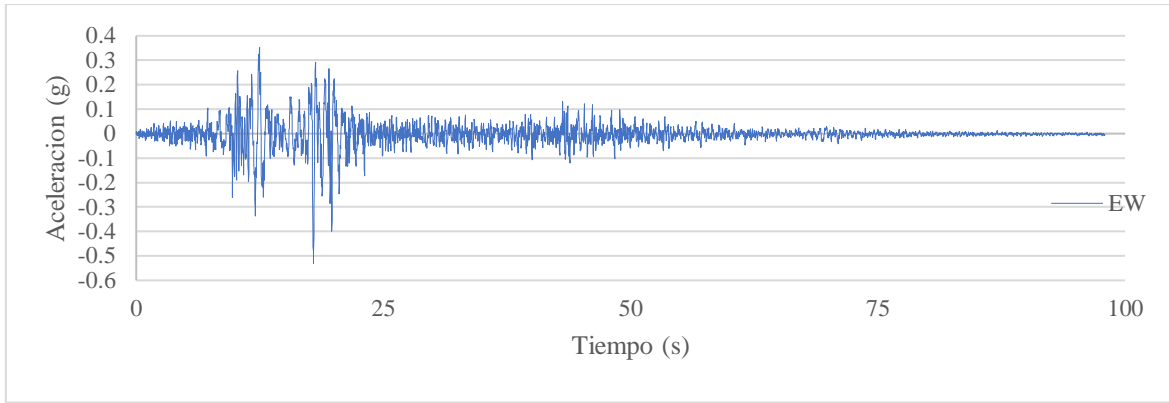


Figura 11. Acelerograma del sismo Lima (1974) para vivienda L desfavorable (a) en el eje "X" (b) en el eje "Y".

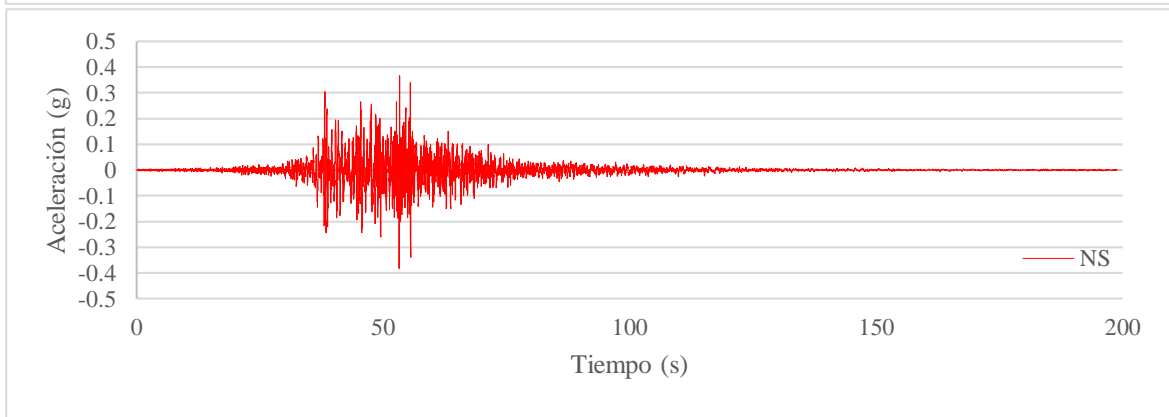
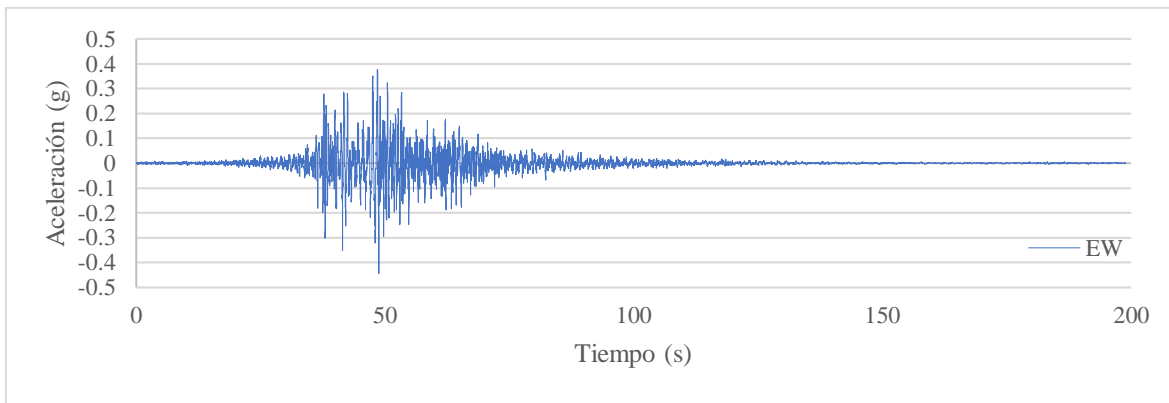


Figura 12. Acelerograma del sismo Moquegua (2001) para vivienda L desfavorable (a) en el eje "X" (b) en el eje "Y".

## Anexo 16. Desplazamientos máximos de viviendas

### 1. Desplazamientos máximos vivienda rectangular mediana

<b>Sismo Ica 2007 WS</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>	<b>Máximo</b>
Máximo desplazamiento (cm)	1.006	1.124	1.124
Máxima deriva	0.004	0.005	0.005
Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	0	0	0.000
Total de segundos en el que se expenden la distorsión	0	0	0.000
<b>Sismo Ica 2007 NS</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>	<b>Máximo</b>
Máximo desplazamiento (cm)	3.326	8.769	8.769
Máxima deriva	0.014	0.037	0.037
Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	148	768	768.000
Total de segundos en el que se expenden la distorsión	1.48	7.68	7.680

<b>Sismo Lima 1974 EW</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>	<b>Máximo</b>
Máximo desplazamiento (cm)	1.203	1.402	1.402
Máxima deriva	0.005	0.006	0.006
Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	1.000	5.000	5.000
Total de segundos en el que se expenden la distorsión	0.020	0.100	0.100
<b>Sismo Lima 1974 NS</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>	<b>Máximo</b>
Máximo desplazamiento (cm)	3.588	9.109	9.109
Máxima deriva	0.015	0.038	0.038
Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	97.00	246.00	246.00
Total de segundos en el que se expenden la distorsión	1.940	4.920	4.920

<b>Sismo Moquegua 2001 EW</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>	<b>Máximo</b>
Máximo desplazamiento (cm)	1.146	1.350	1.350
Máxima deriva	0.005	0.006	0.006
Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	0.000	5.000	5.000
Total de segundos en el que se expenden la distorsión	0	0.05	0.050
<b>Sismo Moquegua 2001 NS</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>	<b>Máximo</b>
Máximo desplazamiento (cm)	3.707	9.428	9.428
Máxima deriva	0.015	0.039	0.039
Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	200.00	648.00	648.00
Total de segundos en el que se expenden la distorsión	2.0000	6.480	6.480

### 2. Desplazamientos máximos vivienda rectangular desfavorable

<b>Sismo Ica 2007 WS</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>	<b>Máximo</b>
Máximo desplazamiento (cm)	4.087	4.422	4.422
Máxima deriva	0.019	0.019	0.019
Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	236	239	239.000
Total de segundos en el que se expenden la distorsión	2.36	2.39	2.390
<b>Sismo Ica 2007 NS</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>	<b>Máximo</b>
Máximo desplazamiento (cm)	1.434	1.449	1.449
Máxima deriva	0.007	0.006	0.007

Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	6	6	6.000
Total de segundos en el que se expenden la distorsión	0.06	0.06	0.060

<b>Sismo Lima 1974 EW</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>	<b>Máximo</b>
Máximo desplazamiento (cm)	4.763	5.149	5.149
Máxima deriva	0.0216	0.0224	0.022
Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	72.000	77.000	77.000
Total de segundos en el que se expenden la distorsión	1.440	1.540	1.540
<b>Sismo Lima 1974 NS</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>	<b>Máximo</b>
Máximo desplazamiento (cm)	1.359	1.375	1.375
Máxima deriva	0.006	0.006	0.006
Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	4.000	4.000	4.000
Total de segundos en el que se expenden la distorsión	0.080	0.080	0.080

<b>Sismo Moquegua 2001 EW</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>	<b>Máximo</b>
Máximo desplazamiento (cm)	4.743	5.130	5.130
Máxima deriva	0.022	0.022	0.022
Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	381.00	404.00	404.00
Total de segundos en el que se expenden la distorsión	3.81	4.04	4.040
<b>Sismo Moquegua 2001 NS</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>	<b>Máximo</b>
Máximo desplazamiento (cm)	1.547	1.565	1.565
Máxima deriva	0.007	0.007	0.007
Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	12.000	12.000	12.000
Total de segundos en el que se expenden la distorsión	0.12	0.12	0.120

### 3. Desplazamientos máximos vivienda en L mediana

<b>Sismo Ica 2007 WS</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>	<b>Máximo</b>
Máximo desplazamiento (cm)	11.630	9.807	11.630
Máxima deriva	0.048	0.041	0.048
Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	2096	1665	2096
Total de segundos en el que se expenden la distorsión	20.96	16.65	20.960
<b>Sismo Ica 2007 NS</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>	<b>Máximo</b>
Máximo desplazamiento (cm)	0.280	0.213	0.280
Máxima deriva	0.001	0.001	0.001
Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	0	0	0
Total de segundos en el que se expenden la distorsión	0	0	0.000

<b>Sismo Lima 1974 EW</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>	<b>Máximo</b>
Máximo desplazamiento (cm)	3.309	2.792	3.309
Máxima deriva	0.014	0.012	0.014
Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	166	98	166
Total de segundos en el que se expenden la distorsión	3.320	1.960	3.320
<b>Sismo Lima 1974 NS</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>	<b>Máximo</b>
Máximo desplazamiento (cm)	0.302	0.235	0.302
Máxima deriva	0.001	0.001	0.001
Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	0	0	0
Total de segundos en el que se expenden la distorsión	0.000	0.000	0.000

<b>Sismo Moquegua 2001 EW</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>	<b>Máximo</b>
Máximo desplazamiento (cm)	8.037	6.776	8.037
Máxima deriva	0.033	0.028	0.033
Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	1136	967	1136
Total de segundos en el que se expenden la distorsión	11.36	9.67	11.360
<b>Sismo Moquegua 2001 NS</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>	<b>Máximo</b>
Máximo desplazamiento (cm)	0.243	0.179	0.243
Máxima deriva	0.001	0.001	0.001
Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	0	0	0
Total de segundos en el que se expenden la distorsión	0	0	0.000

#### 4. Desplazamientos máximos vivienda en L desfavorable

<b>Sismo Ica 2007 WS</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>	<b>Máximo</b>
Máximo desplazamiento (cm)	15.584	11.715	15.584
Máxima deriva	0.058	0.049	0.058
Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	1984	1503	1984
Total de segundos en el que se expenden la distorsión	19.84	15.03	19.840
<b>Sismo Ica 2007 NS</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>	<b>Máximo</b>
Máximo desplazamiento (cm)	9.818	5.644	9.818
Máxima deriva	0.036	0.024	0.036
Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	791	320	791
Total de segundos en el que se expenden la distorsión	7.91	3.2	7.910

<b>Sismo Lima 1974 EW</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>	<b>Máximo</b>
Máximo desplazamiento (cm)	15.854	11.916	15.854
Máxima deriva	0.059	0.050	0.059
Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	342	264	342
Total de segundos en el que se expenden la distorsión	6.840	5.280	6.840
<b>Sismo Lima 1974 NS</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>	<b>Máximo</b>
Máximo desplazamiento (cm)	6.247	3.608	6.247
Máxima deriva	0.023	0.015	0.023
Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	30	21	30
Total de segundos en el que se expenden la distorsión	0.600	0.420	0.600

<b>Sismo Moquegua 2001 EW</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>	<b>Máximo</b>
Máximo desplazamiento (cm)	13.863	10.419	13.863
Máxima deriva	0.051	0.043	0.051
Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	1164	1053	1164
Total de segundos en el que se expenden la distorsión	11.64	10.53	11.640
<b>Sismo Moquegua 2001 NS</b>	<b>1er Piso</b>	<b>2do Piso</b>	<b>Máximo</b>
Máximo desplazamiento (cm)	6.371	3.674	6.371
Máxima deriva	0.024	0.015	0.024
Total de puntos que exceden la distorsión admisible NTP E.030	731	452	731
Total de segundos en el que se expenden la distorsión	7.31	4.52	7.310

## Anexo 17. Esfuerzos máximos de viviendas

### 1. Esfuerzos máximos vivienda rectangular mediana

<b>Esfuerzos sismo Ica 2007 EW</b>		<b>Esfuerzos 1er Piso</b>
Máxima esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>		5.28361
Total de puntos que exceden la resistencia admisible		83
Total de segundos en el que se exceden valores de resistencia		0.83
<b>Esfuerzos sismo Ica 2007 NS</b>		<b>Esfuerzos 2do Piso</b>
Máxima esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>		12.3074
Total de puntos que exceden la resistencia admisible		830
Total de segundos en el que se exceden valores de resistencia		8.3

<b>Esfuerzos sismo Lima 1974 EW</b>		<b>Esfuerzos 2do Piso</b>
Máxima esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>		4.82448
Total de puntos que exceden la resistencia admisible		91
Total de segundos en el que se exceden valores de resistencia		1.82
<b>Esfuerzos sismo Lima 1974 NS</b>		<b>Esfuerzos 2do Piso</b>
Máxima esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>		11.4425
Total de puntos que exceden la resistencia admisible		236
Total de segundos en el que se exceden valores de resistencia		4.72

<b>Esfuerzos sismo Moquegua 2001 EW</b>		<b>Esfuerzos 1er Piso</b>
Máxima esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>		6.32681
Total de puntos que exceden la resistencia admisible		294
Total de segundos en el que se exceden valores de resistencia		2.94
<b>Esfuerzos sismo Moquegua 2001 NS</b>		<b>Esfuerzos 1er Piso</b>
Máxima esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>		13.1373
Total de puntos que exceden la resistencia admisible		660
Total de segundos en el que se exceden valores de resistencia		6.6

### 2. Esfuerzos máximos vivienda rectangular desfavorable

<b>Esfuerzos sismo Ica 2007 EW</b>		<b>Esfuerzos 1er Piso</b>
Máxima esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>		19.9006
Total de puntos que exceden la resistencia admisible		1299
Total de segundos en el que se exceden valores de resistencia		12.99
<b>Esfuerzos sismo Ica 2007 NS</b>		<b>Esfuerzos 2do Piso</b>
Máxima esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>		5.09573
Total de puntos que exceden la resistencia admisible		116
Total de segundos en el que se exceden valores de resistencia		1.16

<b>Esfuerzos sismo Lima 1974 EW</b>		<b>Esfuerzos 2do Piso</b>
Máxima esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>		19.7546
Total de puntos que exceden la resistencia admisible		491
Total de segundos en el que se exceden valores de resistencia		9.82
<b>Esfuerzos sismo Lima 1974 NS</b>		<b>Esfuerzos 2do Piso</b>
Máxima esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>		5.53159
Total de puntos que exceden la resistencia admisible		69
Total de segundos en el que se exceden valores de resistencia		1.38

<b>Esfuerzos sismo Moquegua 2001 EW</b>		<b>Esfuerzos 1er Piso</b>
Máxima esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>		20.39845
Total de puntos que exceden la resistencia admisible		1304
Total de segundos en el que se exceden valores de resistencia		13.04
<b>Esfuerzos sismo Moquegua 2001 NS</b>		<b>Esfuerzos 1er Piso</b>



Máxima esfuerzo Kg/cm2	5.40932
Total de puntos que exceden la resistencia admisible	293
Total de segundos en el que se exceden valores de resistencia	2.93

### 3. Esfuerzos máximos vivienda en L mediana

<b>Esfuerzos sismo Ica 2007 EW</b>	<b>Esfuerzos 1er Piso</b>
Máxima esfuerzo Kg/cm2	16.8473
Total de puntos que exceden la resistencia admisible	2594
Total de segundos en el que se exceden valores de resistencia	25.94
<b>Esfuerzos sismo Ica 2007 NS</b>	<b>Esfuerzos 2do Piso</b>
Máxima esfuerzo Kg/cm2	2.86116
Total de puntos que exceden la resistencia admisible	43
Total de segundos en el que se exceden valores de resistencia	0.43

<b>Esfuerzos sismo Lima 1974 EW</b>	<b>Esfuerzos 2do Piso</b>
Máxima esfuerzo Kg/cm2	5.38188
Total de puntos que exceden la resistencia admisible	321
Total de segundos en el que se exceden valores de resistencia	6.42
<b>Esfuerzos sismo Lima 1974 NS</b>	<b>Esfuerzos 2do Piso</b>
Máxima esfuerzo Kg/cm2	2.70178
Total de puntos que exceden la resistencia admisible	11
Total de segundos en el que se exceden valores de resistencia	0.22

<b>Esfuerzos sismo Moquegua 2001 EW</b>	<b>Esfuerzos 1er Piso</b>
Máxima esfuerzo Kg/cm2	12.0328
Total de puntos que exceden la resistencia admisible	1378
Total de segundos en el que se exceden valores de resistencia	13.78
<b>Esfuerzos sismo Moquegua 2001 NS</b>	<b>Esfuerzos 1er Piso</b>
Máxima esfuerzo Kg/cm2	2.95366
Total de puntos que exceden la resistencia admisible	130
Total de segundos en el que se exceden valores de resistencia	1.3

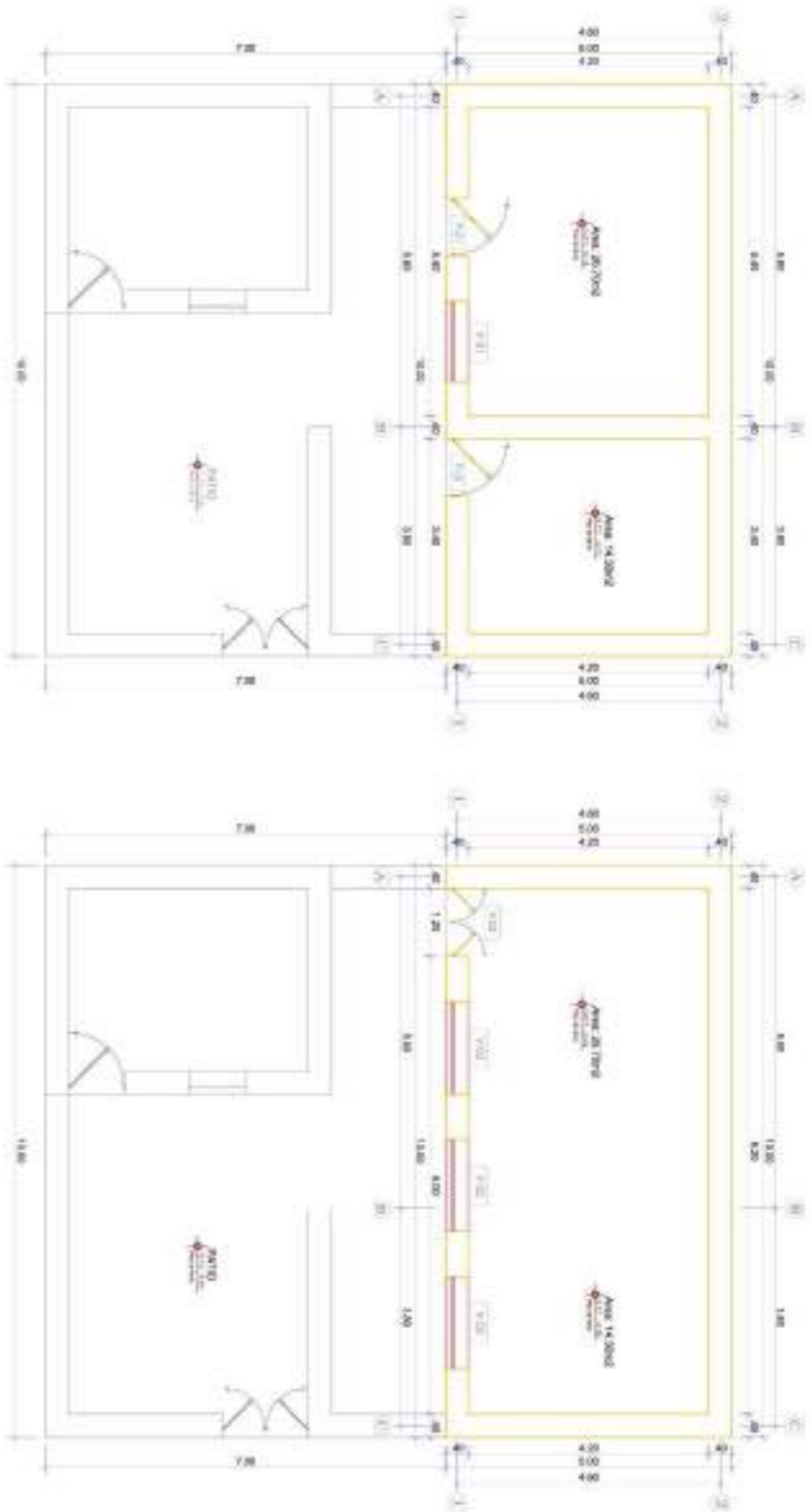
### 4. Esfuerzos máximos vivienda en L desfavorable

<b>Esfuerzos sismo Ica 2007 EW</b>	<b>Esfuerzos 1er Piso</b>
Máxima esfuerzo Kg/cm2	23.5317
Total de puntos que exceden la resistencia admisible	2961
Total de segundos en el que se exceden valores de resistencia	29.61
<b>Esfuerzos sismo Ica 2007 NS</b>	<b>Esfuerzos 2do Piso</b>
Máxima esfuerzo Kg/cm2	18.2097
Total de puntos que exceden la resistencia admisible	2064
Total de segundos en el que se exceden valores de resistencia	20.64

<b>Esfuerzos sismo Lima 1974 EW</b>	<b>Esfuerzos 2do Piso</b>
Máxima esfuerzo Kg/cm2	24.0171
Total de puntos que exceden la resistencia admisible	525
Total de segundos en el que se exceden valores de resistencia	10.5
<b>Esfuerzos sismo Lima 1974 NS</b>	<b>Esfuerzos 2do Piso</b>
Máxima esfuerzo Kg/cm2	16.8315
Total de puntos que exceden la resistencia admisible	384
Total de segundos en el que se exceden valores de resistencia	7.68

<b>Esfuerzos sismo Moquegua 2001 EW</b>	<b>Esfuerzos 1er Piso</b>
Máxima esfuerzo Kg/cm2	21.15749
Total de puntos que exceden la resistencia admisible	1537
Total de segundos en el que se exceden valores de resistencia	15.37
<b>Esfuerzos sismo Moquegua 2001 NS</b>	<b>Esfuerzos 1er Piso</b>
Máxima esfuerzo Kg/cm2	16.9211
Total de puntos que exceden la resistencia admisible	935
Total de segundos en el que se exceden valores de resistencia	9.35

## Anexo 18. Planos de viviendas seleccionas para análisis Tiempo-Historia

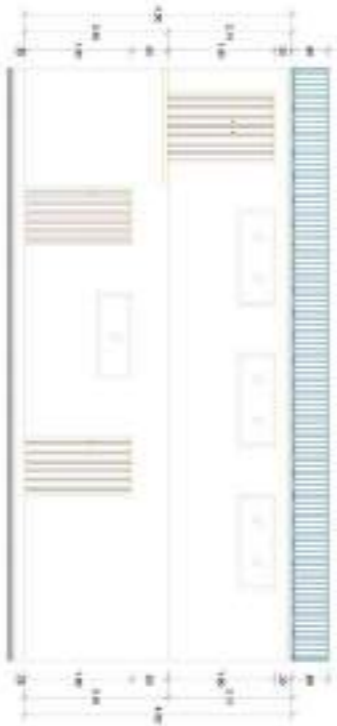


PLANTA PRIMER PISO  
ESCALA: 1/50

PLANTA SEGUNDO PISO  
ESCALA: 1/50

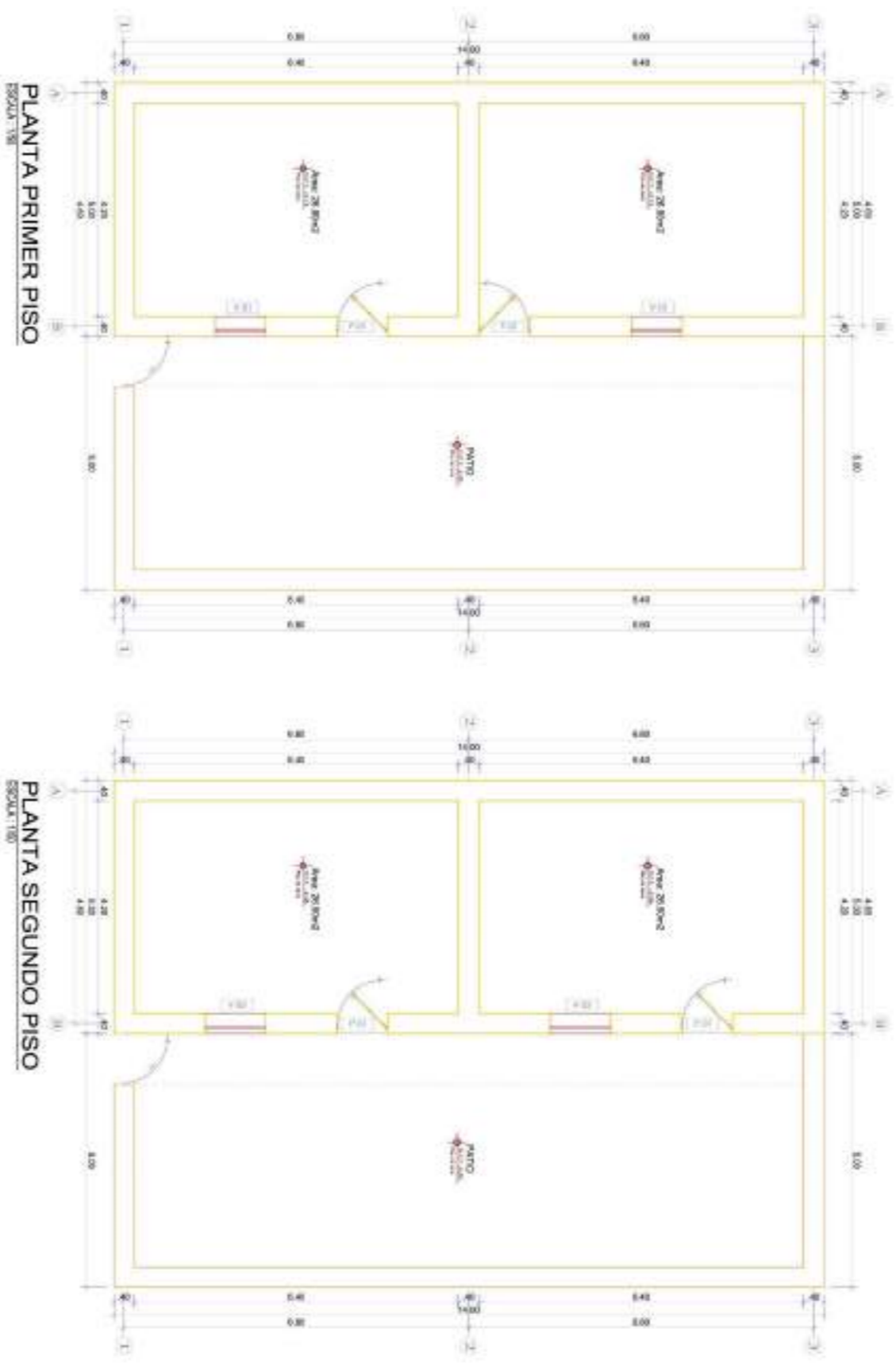
CUADRO DE VENTANAS			
TIPO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD
V1	1.40	0.80	12
V2	1.60	0.80	03

CUADRO DE PUERTAS			
TIPO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD
P1	1.20	1.80	02
P2	1.20	1.80	01



ELEVACION PRINCIPAL  
ESCALA: 1/50

<p>UNIVERSIDAD CATHOLICA SEDER SAIPUNTIAE</p>	<p>MAESTRO EN INGENIERIA CIVIL</p>	<p>ANEXO 18</p>
	<p>PROYECTO DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALEROS PARA LA PROTECCION DE LA CARCER DE TAMBORA EN TAMBORA</p>	
<p>UNIVERSIDAD CATHOLICA SEDER SAIPUNTIAE</p>	<p>ANEXO 18</p>	<p>A-01</p>

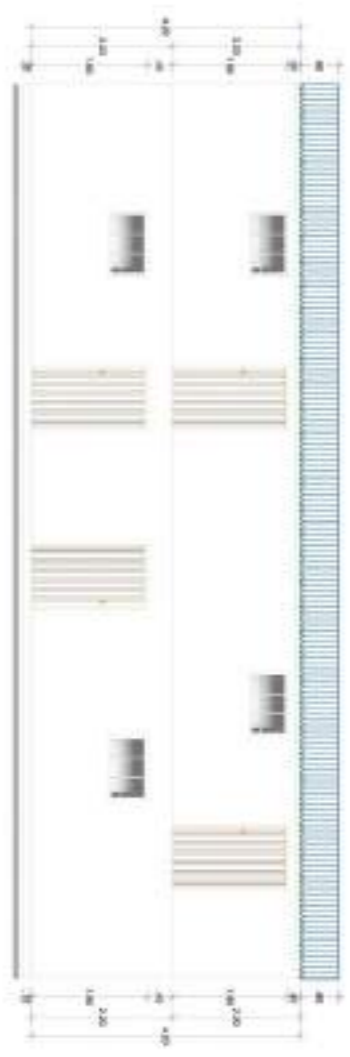


**CUADRO DE VENTANAS**

TIPO	ANCHO	ALTO	ALUMBRAM.	CANTIDAD
V1	1.00	0.60	1.20	02
V2	1.20	0.80	1.20	02

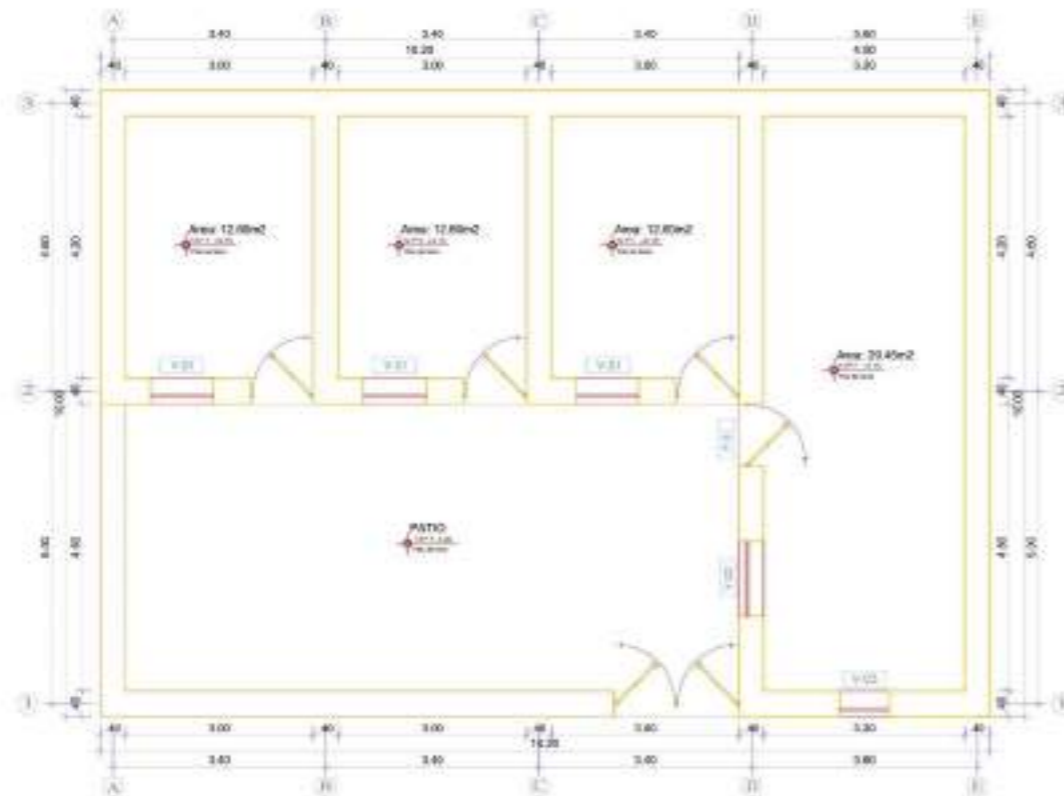
**CUADRO DE PUERTAS**

TIPO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	MATERIAL
P1	1.00	1.80	04	METAL

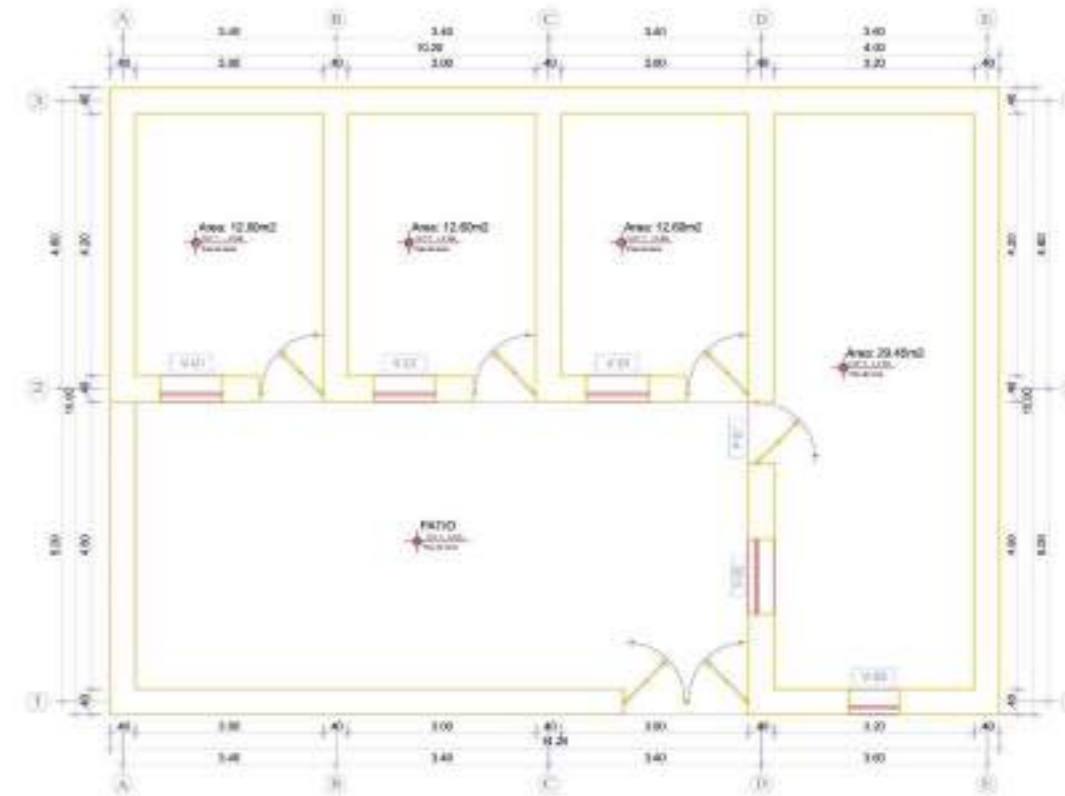


**ELEVACION PRINCIPAL**  
ESCALA 1/50

<p><b>UCSS</b> UNIVERSIDAD CATOLICA DEL SACRAMENTO CALLE SANTA ROSA 100 SAN VICENTE DE CAYAMA, PERU</p>	<p><b>UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SALENTEÑAS</b> FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE INGENIERIA CARRERA DE ARQUITECTURA</p>	
	<p><b>A-02</b> 1/50</p>	<p>PROYECTO DE PLANOS</p>



**PLANTA PRIMER PISO**  
ESCALA: 1/50



**PLANTA SEGUNDO PISO**  
ESCALA: 1/50

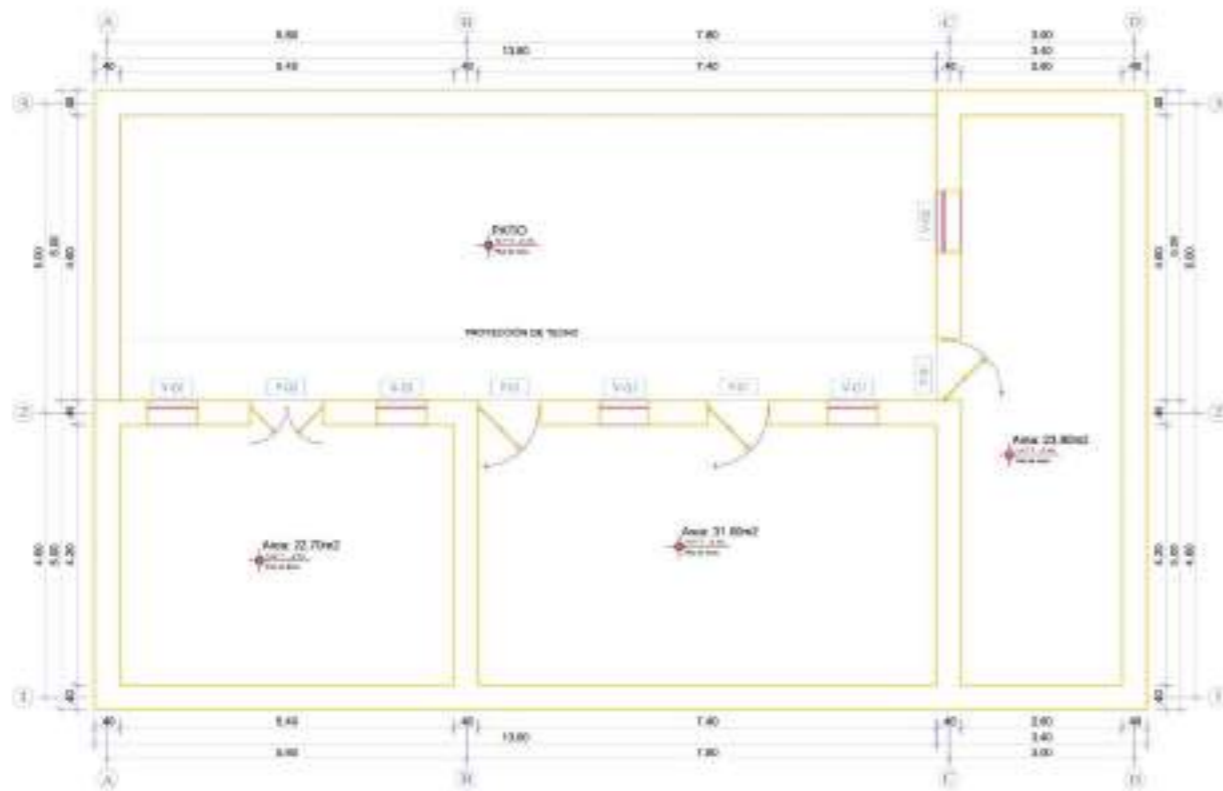
CUADRO DE VENTANAS				
TIPO	ANCHO	ALTO	ALFIZER	CANTIDAD
V1	1.00	0.90	0.90	06
V2	1.30	0.90	0.90	02
V3	0.80	0.90	0.90	02

CUADRO DE PUERTAS				
TIPO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	MATERIAL
P1	1.00	1.80	03	METAL

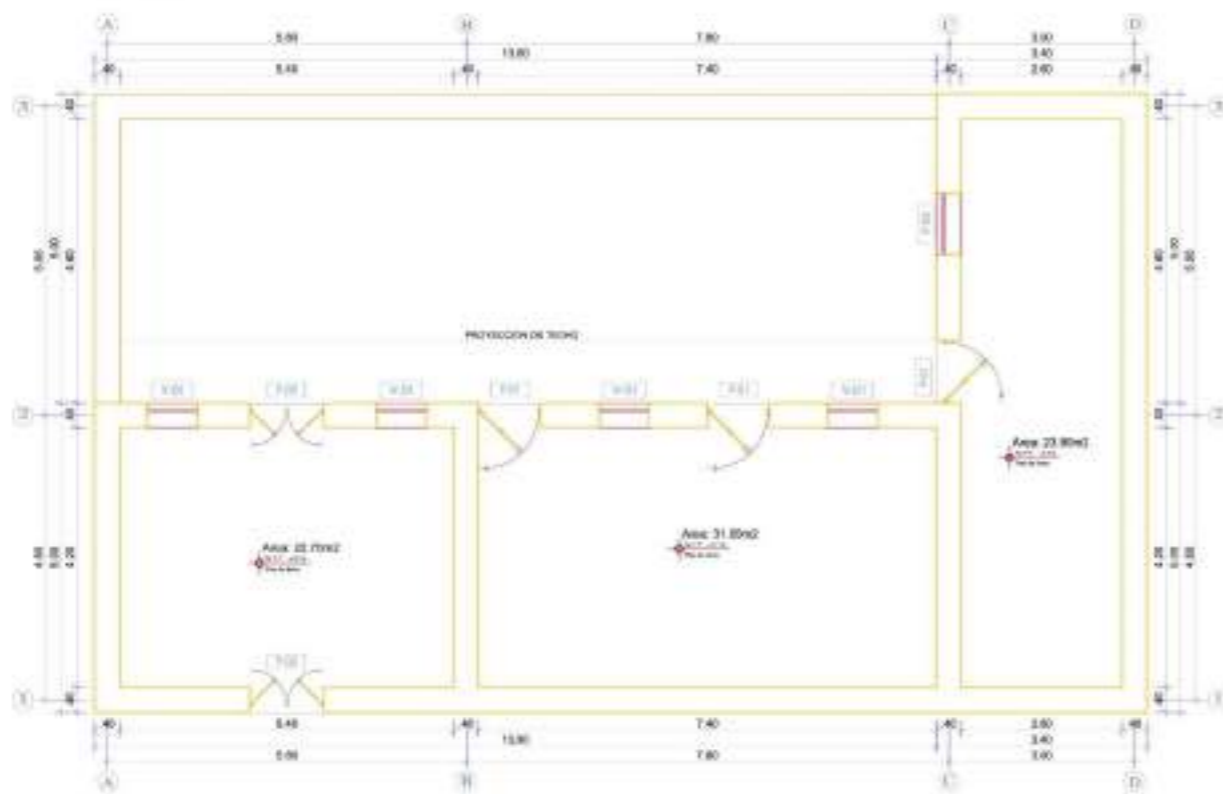


**ELEVACIÓN PRINCIPAL**  
ESCALA: 1/50

<p>UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE</p>	<p>INSTITUTO DE LA INGENIERÍA Y ARQUITECTURA DE SISTEMAS DE EDIFICIOS CONSIDERADOS EN TANTO DE LA RESERVA DE LA CIUDAD DE TUMBES - PERÚ</p>	<p><b>A-03</b></p>
	<p>ARGUMENTACIÓN: PLANTAS</p>	
<p>PROFESORADO</p>	<p>PROFESORADO</p>	<p>PROFESORADO</p>

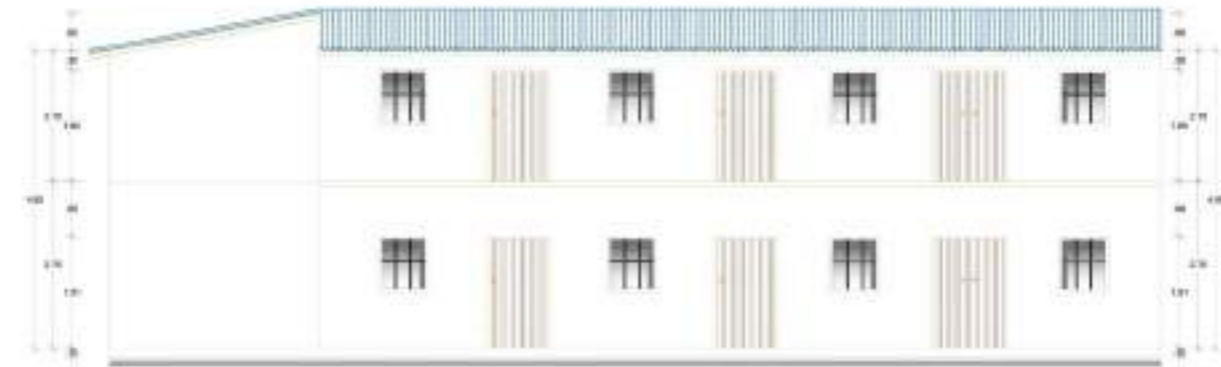


**PLANTA PRIMER PISO**  
ESCALA: 1:50



**PLANTA SEGUNDO PISO**  
ESCALA: 1:50

CUADRO DE VENTANAS					CUADRO DE PUERTAS				
TIPO	ANCHO	ALTO	ALFIZER	CANTIDAD	TIPO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	MATERIAL
V1	0.80	0.90	0.90	08	P1	1.00	1.80	06	METAL
V2	1.00	0.90	0.90	02	P2	1.20	1.80	03	METAL



**ELEVACIÓN PRINCIPAL**  
ESCALA: 1:50

<p>UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE</p>	<p>ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE UN EDIFICIO DE DOS PISOS CONSTRUIDO EN TAPAL EN LA PUNTA DE LA BARRA DE TAPAL - JUBA</p>			<p><b>A-04</b></p>
	<p>ARQUITECTURA - PLANTAS</p>			
<p>PROFESOR</p>	<p>PROFESOR</p>	<p>PROFESOR</p>	<p>PROFESOR</p>	<p>PROFESOR</p>



