

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

RIESGO SÍSMICO DE LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DEL BARRIO EL ESTANCO, CAJAMARCA.

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

Presentada por el Bachiller:

William Vera Alcántara

Asesor:

Dr. Ing. Miguel Mosqueira Moreno

Cajamarca - Perú

2014

AGRADECIMIENTO

A Dios por la vida, bendición e iluminación en momentos difíciles.

A la Universidad Nacional de Cajamarca por ser mi Alma Mater, por brindarme los conocimientos necesarios que serán llevados conmigo en el trayecto de mi vida profesional.

A mi asesor, Dr. Ing. Miguel Mosqueira Moreno, por su apoyo y consejos en el desarrollo de esta tesis.

A los vecinos del Barrio El Estanco, por su cooperación al permitirme ingresar a sus hogares para llevar a cabo la recolección de datos.

A mi madrecita linda, la fiel testigo de las peripecias suscitadas en la recolección de datos.

A Karen Arango, por su apoyo constante en el trabajo de digitación, recolección de datos y por sus atinadas sugerencias. Mil gracias por tu compañía a lo largo de esta tesis.

A mis primos: Danny, Anthony y Elí por su apoyo en la recolección de datos

A mis tíos Cruz, Lucia y Julia, gracias por su apoyo en la coordinación con vecinos del Barrio El Estanco.

DEDICATORIA

A Dios por su generosidad y por haberme mostrado, que a pesar de los obstáculos él siempre está presente en cada momento de mi vida.

A mí querida madre Rosa Alcántara, por su infinito amor y sacrificio, ya que sin ella, todo lo conseguido hasta hoy no hubiese sido posible.

A mi abuelita Manuela por su amor, protección y cuidado cuando niño y adolescente, ahora me toca cuidarte a ti.

A Karen la mujer que incondicionalmente me ama, acompaña, entiende, alienta y me alegra cada instante de mi vida.

A mi hermana Annie, por su cariño y apoyo cuando lo necesité.

A mis tíos Cruz, Socorro y Vidal por haberme impulsado a ser una buena persona. Gracias por su cariño, cuidado, comprensión y aliento en cada etapa de mi vida.

RESUMEN

La Ciudad de Cajamarca se encuentra ubicada en una zona de alta sismicidad (Norma E 030, 2009), por lo cual es muy latente el peligro de ocurrencia de sismos, pudiendo verse afectada la estructura de viviendas y otras edificaciones originándose pérdidas humanas y materiales. El barrio El Estanco, se ubica en la parte alta de la zona urbana de Cajamarca, delimitado horizontalmente por las calles Av. Perú - Av. Miguel de Cervantes y verticalmente por el Psje. Vista Bella - Jr. Antonio Guillermo Urrelo. Los moradores de esta zona por los escasos recursos con los que cuentan, optan por construir sus viviendas bajo el sistema de albañilería confinada, con piezas de ladrillo cocido artesanalmente, asimismo hace que la gran mayoría de los habitantes de este barrio no tengan la posibilidad de contratar profesionales y recurren a la autoconstrucción para edificar sus viviendas, el problema principal de la mayoría de estas viviendas es que tienen problemas estructurales graves y son sísmicamente vulnerables. En esta investigación se busca aplicar una metodología ya existente, propuesta por Mosqueira, M. y Tarque, N. (2005) para determinar la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de las viviendas de albañilería confinada del barrio El Estanco. Para recolectar la información se encuestaron treinta viviendas utilizando para esto, fichas de encuesta en las que se recopiló datos de ubicación, proceso constructivo, estructuración y calidad de la construcción, posteriormente se procesó la información en fichas de reporte para determinar el riesgo sísmico de las viviendas ante sismos severos. Los resultados que se obtuvieron indican que el 43.33 % de las viviendas tienen una vulnerabilidad sísmica alta, el 76.67% tienen un peligro medio, combinando estas dos condiciones se obtuvo que el 53.33% de las viviendas tienen un riesgo sísmico alto.

Palabras claves: Riesgo sísmico, peligro sísmico, vulnerabilidad sísmica, albañilería confinada, autoconstrucción, barrio El Estanco.

ABSTRACT

The city of Cajamarca is located in an area of high seismicity (Standard E 030, 2009), making it very latent danger of an earthquake, may be affected the structure of houses and other buildings originating human and material losses. The district The Tobacconist, is located in the upper part of the urban area of Cajamarca, horizontally bounded by the streets Av. Peru - Av. Miguel de Cervantes and vertically in the Psje. Vista Bella – Jr. Antonio Guillermo Urrelo. The inhabitants of this area for scarce resources at their disposal, choose to build their homes under the system of confined masonry, with pieces of cooked handmade brick, also makes the vast majority of people in this neighborhood do not have the possibility of hire professionals and resort to self to build their homes, the main problem with most of these houses is that they have serious structural problems and are seismically vulnerable. In this research seeks to apply an existing methodology proposed by Mosqueira, M. and Tarque, N. (2005) to determine the vulnerability, hazard and seismic risk of confined masonry dwellings in the neighborhood El Estanco. To gather information for thirty homes using this survey sheets in which location data, constructive process, structuring and construction quality was compiled, then the information on report cards are processed to determine the seismic risk of the surveyed homes to severe earthquakes. The results obtained indicate that 43.33% of the households have a high seismic vulnerability, 76.67% have an average risk, combining these two conditions are obtained that 53.33% of households have a high seismic risk.

Keywords: Seismic hazard, seismic hazard, seismic vulnerability, confined masonry, autoconstrucción, neighborhood El Estanco.

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTO	<i>i</i>
DEDICATORIA	<i>ii</i>
RESUMEN	<i>iii</i>
ABSTRACT	<i>iv</i>
CONTENIDO	<i>v</i>
INDICE DE TABLAS	<i>ix</i>
INDICE DE FIGURAS	<i>xi</i>
CAPITULO I. INTRODUCCION	01
1.1. Introducción	02
1.2. Planteamiento del problema	05
1.3. Formulación del problema	07
1.4. Hipótesis general	08
1.5. Definición de la variable	08
1.5.1. Variable en estudio: Riesgo sísmico	08
1.5.2. Operacionalización de la variable	08
1.6. Justificación de la investigación	09
1.7. Alcances o delimitación de la investigación	10
1.8. Limitaciones de la investigación	10
1.9. Objetivos	11
1.9.1. Objetivo general	11
1.9.2. Objetivos específicos	11
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	12
2.1. Antecedentes teóricos de la investigación	13

2.2.	Bases Teóricas	14
2.2.1.	Riesgo sísmico	14
2.2.2.	Peligro sísmico	15
2.2.3.	Vulnerabilidad sísmica	16
2.2.3.1.	Vulnerabilidad estructural	17
2.2.3.2.	Vulnerabilidad no estructural	17
2.2.4.	Albañilería Confinada	17
2.3.	Definición de términos básicos.	19
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS		23
3.1.	Ubicación de la ciudad de Cajamarca	24
3.2.	Población	25
3.3.	Muestra	27
3.4.	Unidad de análisis	29
3.5.	Procedimiento	29
3.6.	Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados	30
3.6.1.	Tipo, nivel y diseño de la investigación	30
3.6.2.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	31
3.6.3.	Presentación de resultados	32
3.6.4.	Matriz de consistencia	33
3.7.	Ficha de encuesta	34
3.7.1.	Datos Generales	34
3.7.2.	Datos Técnicos	35
3.7.3.	Esquema de la Vivienda	36
3.7.4.	Información Complementaria	37
3.8.	Ficha de reporte	42
3.8.1.	Alcances de la ficha de reporte	42
3.8.2.	Descripción detallada de ficha de reporte	42
3.8.2.1.	Antecedentes	42

3.8.2.2. Aspectos Técnicos	43
3.8.2.3. Análisis sísmico	43
3.8.2.4. Estabilidad de muros al volteo	51
3.8.2.5. Evaluación del Riesgo Sísmico	57
3.8.2.6. Explicación del Riesgo Sísmico	59
a. Vulnerabilidad Sísmica	59
b. Peligro Sísmico	62
c. Riesgo Sísmico	64
3.8.2.7. Diagnóstico	66
3.8.2.8 Gráficos y fotografías	66
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	70
4.1. Resultados de la investigación	71
4.1.1. Vulnerabilidad sísmica	72
A. Densidad de muros	73
B. Calidad de la mano de obra y materiales	74
C. Estabilidad de muros al volteo	75
4.1.2. Peligro sísmico	76
A. Sismicidad	77
B. Suelo	77
C. Topografía y Pendiente	78
4.1.3. Riesgo sísmico	79
4.2. Análisis de la información	80
4.2.1. Vulnerabilidad sísmica	80
4.2.2. Peligro sísmico	83
4.2.3. Riesgo sísmico	83
4.3. Discusión de la investigación	84
4.4. Contrastación de la hipótesis	85

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
5.1. Conclusiones	87
5.2. Recomendaciones	89
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	90
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Barrios que comprenden el Sector 16, Cajamarca	06
Tabla 2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	32
Tabla 3. Factores de zona	45
Tabla 4. Categorías de las edificaciones	46
Tabla 5. Parámetros del suelo	47
Tabla 6. Sistemas estructurales	47
Tabla 7. Coeficiente sísmico C_1	53
Tabla 8. Intersección de densidades por eje para hallar densidad total de muros de la estructura	57
Tabla 9. Valores de los parámetros de la vulnerabilidad	60
Tabla 10. Rango de valores de vulnerabilidad sísmica	61
Tabla 11. Valores de los parámetros del peligro	62
Tabla 12. Rango de valores de parámetros de peligro sísmico	63
Tabla 13. Rangos numéricos de peligro sísmico	64
Tabla 14. Valores de evaluación de riesgo sísmico	65
Tabla 15. Evaluación de riesgo sísmico	65
Tabla 16. Resumen de los resultados obtenidos para cada una de las viviendas del Barrio El Estanco	71
Tabla 17. Viviendas con vulnerabilidad sísmica baja, media y alta en el Barrio El Estanco	72
Tabla 18. Viviendas con densidad adecuada, aceptable e inadecuada en el Barrio El Estanco	73
Tabla 19. Viviendas con buena, regular y mala calidad de M.O y materiales en el Barrio El Estanco	74
Tabla 20. Estabilidad de muros al volteo en viviendas del Barrio El Estanco	75
Tabla 21. Viviendas con peligro sísmico bajo, medio y alto en el Barrio El Estanco	76

Tabla 22.	Viviendas emplazadas en suelo rígido, intermedio y flexible en el Barrio El Estanco	77
Tabla 23.	Viviendas emplazadas en pendiente plana, media y pronunciada en el Barrio El Estanco	78
Tabla 24.	Viviendas con nivel de riesgo sísmico alto, medio y bajo en el Barrio El Estanco	79
Tabla 25.	Niveles de vulnerabilidad sísmica según investigaciones realizadas	84
Tabla 26.	Niveles de peligro sísmico según investigaciones realizadas	85
Tabla 27.	Niveles de riesgo sísmico según investigaciones realizadas	85

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Ubicación del Barrio El Estanco en la ciudad de Cajamarca	26
Figura 2	Barrio El Estanco	26
Figura 3	Características de las viviendas en estudio	27
Figura 4	Ficha de encuesta aplicada a una vivienda del Barrio El Estanco	39
Figura 5	Muro con cuatro bordes arriostrados	54
Figura 6	Muro con tres bordes arriostrados	54
Figura 7	Muro arriostrado en sus bordes horizontales	55
Figura 8	Muro en voladizo	55
Figura 9	Ficha de reporte aplicada a una vivienda del Barrio El Estanco	67
Figura 10	Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada del Barrio El Estanco, Cajamarca	73
Figura 11	Densidad de muros de las viviendas de albañilería confinada del Barrio El Estanco, Cajamarca	74
Figura 12	Calidad de mano de obra y materiales en las viviendas de albañilería confinada del Barrio El Estanco, Cajamarca	75
Figura 13	Estabilidad de muros al volteo de las viviendas de albañilería confinada del Barrio El Estanco, Cajamarca	76
Figura 14	Peligro sísmico de las viviendas de albañilería confinada del Barrio El Estanco, Cajamarca	77
Figura 15	Viviendas emplazadas en suelo rígido, intermedio y flexible en el Barrio El Estanco, Cajamarca	78
Figura 16	Viviendas emplazadas en pendiente plana, intermedia y pronunciada en el Barrio El Estanco, Cajamarca	79
Figura 17	Riesgo sísmico de las viviendas de albañilería confinada del Barrio El Estanco, Cajamarca	80

CAPITULO I.

INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

El Perú es considerado uno de los países con mayor potencial sísmico debido a que forma parte del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico. Dentro de este contexto, la actividad sísmica está asociada al proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana y tiene su origen, en la fricción de ambas placas produciendo los sismos de mayor magnitud con relativa frecuencia y en la deformación interna de ambas placas, siendo los sismos más destructores los que se producen a niveles superficiales.

Cajamarca es la ciudad más importante de la sierra norte del Perú, situada a 2750 msnm en la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, en el valle interandino que forman los ríos Mashcon y Chonta; esta ciudad se ubica en zona de alta sismicidad según Norma E030, por lo cual es muy latente el peligro de ocurrencia de sismos, pudiendo verse afectada la estructura de viviendas y otras edificaciones originándose pérdidas humanas y materiales.

El barrio El Estanco, se ubica en la parte alta de la zona urbana de Cajamarca, delimitado horizontalmente por las calles Av. Perú - Av. Miguel de Cervantes y verticalmente por el Psje. Vista Bella - Jr. Antonio Guillermo Urrelo. Los pobladores de esta zona por los escasos recursos con los que cuentan optan por construir sus viviendas en base a albañilería de ladrillos de arcilla artesanal, que puede ser total o parcialmente confinada; el problema principal de la mayoría de estas viviendas es que tienen problemas estructurales graves y son sísmicamente vulnerables.

En este contexto se plantea la siguiente pregunta, ¿Cuál es el nivel de riesgo sísmico de las viviendas de Albañilería Confinada del Barrio El Estanco, Cajamarca?, adelantándose a una respuesta surge la hipótesis: Las viviendas construidas de albañilería confinada en el barrio El Estanco tienen un alto nivel de riesgo sísmico.

En el barrio El Estanco el sistema constructivo preponderante en la última década ha sido el sistema de albañilería total o parcialmente confinada, ya que en algunos casos las viviendas carecen de techo rígido y en su lugar tienen cubiertas de calamina, polipropileno, etc; haciendo que los muros no logren tener el confinamiento total, el problema principal de estos muros es que son susceptibles de voltearse frente a fuerzas perpendiculares a su plano.

La ciudad de Cajamarca pertenece a la zona 3, de alta sismicidad; en consecuencia es necesario determinar el nivel de riesgo sísmico de las viviendas de albañilería confinada del Barrio El Estanco, como una muestra más representativa, ya que se abarcó un solo barrio y los datos son más reales. De este modo se tendría una idea del riesgo sísmico que tendrían los barrios ubicados en la zona alta de Cajamarca, especialmente en aquellos ubicados sobre la Avenida Perú.

En esta tesis se determina el nivel de riesgo sísmico de las viviendas de albañilería confinada del Barrio El Estanco, basándonos en una muestra representativa de treinta viviendas. La limitación principal es que los resultados serán válidos solo para viviendas de uno y dos pisos.

Los objetivos alcanzados con este estudio es determinación del nivel de riesgo sísmico, peligro sísmico y vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada de uno y dos pisos del barrio El Estanco.

El presente trabajo de investigación está estructurado en cinco capítulos, distribuidos de la siguiente forma:

Capítulo I: "Introducción", comprende el planteamiento del problema, formulación del problema, hipótesis, operacionalización de la única variable, justificación, alcances o delimitaciones, limitaciones y finalmente objetivos de la investigación.

Capítulo II: “Marco Teórico”, se expone los antecedentes de la investigación, bases teóricas concernientes a riesgo, peligro, vulnerabilidad y albañilería confinada y finalmente a modo de glosario la definición de términos básicos.

Capítulo III: “Materiales y métodos”, se explica la selección de la muestra, la descripción de la metodología aplicada en esta investigación detallando las fichas de encuesta y fechas de reporte utilizadas en el presente trabajo.

Capítulo IV: “Análisis y discusión de resultados”, abarca los resultados que se presentan en tablas, diagramas de pastel y de barras, se realiza el análisis de la información, se hace la discusión con los antecedentes y finalmente se contrasta la hipótesis aceptándola como válida.

Capítulo V: “Conclusiones y recomendaciones”, se escriben conclusiones del trabajo y recomendaciones que el autor considera pertinentes.

1.2. Planteamiento del problema

La determinación del riesgo sísmico en una ciudad o región es una herramienta muy útil para la planificación urbana. Fundamentalmente, el riesgo es el resultado de la combinación de dos características de un conjunto urbano, el peligro o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o antrópico y la vulnerabilidad de los elementos expuestos a ese fenómeno, susceptibles de sufrir daños y generar pérdidas económicas y de vidas humanas. (Llanos, L. y Vidal, L. 2003).

A nivel mundial, el Perú es uno de los países de mayor potencial sísmico debido a que forma parte del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico. Dentro de este contexto, la actividad sísmica está asociada al proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana y tiene su origen, en la fricción de ambas placas produciendo los sismos de mayor magnitud con relativa frecuencia y en la deformación interna de ambas placas, siendo los sismos más destructores los que se producen a niveles superficiales. (INDECI, 2011).

La Ciudad de Cajamarca se encuentra ubicada en una zona de alta sismicidad (Norma E 030, 2009), por lo cual es muy latente el peligro de ocurrencia de sismos, pudiendo verse afectada la estructura de viviendas y otras edificaciones originándose pérdidas humanas y materiales.

Según el estudio realizado por Tafur, E. y Narro, V. (2006), en la ciudad de Cajamarca predominan tres sistemas constructivos: albañilería de adobe, tapial y ladrillo confinado. Además existen edificaciones aporticadas de concreto armado, correspondientes a colegios, centros comerciales, institutos, etc., sin embargo existen viviendas y otras edificaciones construidas con combinaciones de diversos sistemas estructurales y diferentes materiales, tales como adobe - tapial, adobe-ladrillo, tapial-ladrillo, adobe-elementos de concreto armado, tapial-elementos de concreto armado, adobe-tapial-ladrillo, ladrillos-bloques de concreto, albañilería de ladrillo sin confinamiento, entre otros.

En general, las prácticas constructivas inadecuadas y el incumplimiento de las normas, ha ocasionado que las edificaciones se constituyan en elementos altamente vulnerables dentro de un complejo urbano determinado, consolidando un escenario de vulnerabilidad (Llanos, L. y Vidal, L. 2003)

Según Tafur, E. y Narro, V. (2006), puede afirmarse que dado el bajo nivel económico de la mayoría de pobladores de Cajamarca, gran parte de sus viviendas se construyen con nula o baja calidad de diseño y materiales, sin una adecuada asesoría técnica y limitándose en la mayoría de casos a contratar la mano de obra y la dirección de personas cuyo conocimiento en técnicas y procedimientos constructivos se basa tan sólo en sus “experiencias”. Bajo estas condiciones, el riesgo sísmico se agudiza.

Los pobladores que habitan zonas de pendiente elevada, cuando nivelan su terreno e inician la excavación de las zanjas para la cimentación de sus viviendas, dejan al descubierto la cimentación de las viviendas vecinas de la parte más alta. Por otro lado, las viviendas ubicadas en zonas de quebrada están expuestas a humedad y erosión (Tafur, E y Narro, V. 2006), lo cual provocaría asentamientos diferenciales y en consecuencia el deterioro de la estructura incrementando su vulnerabilidad ante un fenómeno sísmico.

Según plano catastral de la ciudad de Cajamarca (2007), la ciudad actualmente está conformado por veintitrés sectores. El sector dieciséis, (ver tabla 1), abarca cuatro sub sectores, entre ellos se encuentra el Barrio El Estanco ubicado en la parte alta de la zona urbana de Cajamarca, delimitado por las calles Av. Perú – Av. Miguel de Cervantes y Psje. Vista Bella - Jr. Urrelo.

Tabla 1. Barrios que comprenden el Sector 16, Cajamarca

SECTOR 16 : EL ESTANCO	
	EL ESTANCO
SUB SECTORES O BARRIOS	BELLAVISTA
	DELTA
	LOT. QUIRITIMAYO

Fuente: Catastro Digital Fase I, II y III. Julio 2007

En este barrio el sistema constructivo preponderante en la última década ha sido el sistema de albañilería total o parcialmente confinada, ya que en algunos casos las viviendas carecen de techo rígido y en su lugar tienen cubiertas de calamina, polipropileno, etc; haciendo que los muros no logren tener el confinamiento total, el problema principal de estos muros es que son susceptibles de voltearse frente a fuerzas perpendiculares a su plano.

Los materiales comúnmente usados son ladrillos de arcilla cocidos artesanalmente los cuales presentan variaciones dimensionales en algunos casos y agregados de cerro para la elaboración del concreto que serán utilizadas en vigas, columnas, losas; el problema de estos materiales es que debido a su mediana - baja calidad no son idóneos para construir viviendas sismorresistentes.

Los moradores de esta zona por los escasos recursos con los que cuentan, hace que la gran mayoría de los habitantes de este barrio no tengan la posibilidad de contratar profesionales y recurren a la autoconstrucción para edificar sus viviendas. El problema principal de la mayoría de estas viviendas es que tienen problemas estructurales graves y son sísmicamente vulnerables.

En esta investigación se aplica una metodología ya existente, propuesta por Mosqueira, M. y Tarque, N. (2005) para determinar la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de las viviendas de albañilería confinada del barrio El Estanco.

1.3. Formulación del problema

¿Cuál es el nivel de riesgo sísmico de las viviendas de Albañilería Confinada del Barrio El Estanco, Cajamarca?

1.4. Hipótesis general

Las viviendas construidas de albañilería confinada en el barrio El Estanco tienen un alto nivel de riesgo sísmico.

1.5. Definición de la variable

1.5.1. Variable en estudio: Riesgo sísmico.

Riesgo en sentido estricto es el grado de pérdidas esperadas en un determinado elemento debidas a un fenómeno natural específico de una magnitud particular y en un período de exposición determinado. El riesgo sísmico suele expresar mediante la convolución de la peligrosidad y la vulnerabilidad del elemento expuesto: $\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}$ (Landata, N. 2007).

1.5.2. Operacionalización de la variable

Variable en estudio	Definición conceptual	Sub variables	Definición de sub variables	Indicador	Índice
Riesgo sísmico	El riesgo sísmico suele expresar mediante la convolución de la peligrosidad y vulnerabilidad del elemento expuesto: $\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}$	Vulnerabilidad sísmica	Es el nivel de daño que pueden sufrir las edificaciones durante un sismo y depende de las características del diseño de la edificación, de la calidad de materiales y de la técnica de construcción.	Densidad de muros	Adecuada
					Acceptable
					Inadecuada
				Calidad de mano de obra y materiales	Buena calidad
					Regular calidad
					Mala calidad
				Tabiquería y parapetos	Todos estables
					Algunos estables
					Todos inestables
				Peligro sísmico	Es la probabilidad de ocurrencia de movimiento sísmico de cierta intensidad en una zona determinada durante un tiempo definido.
		Media			
		Alta			
		Suelo	Rígido		
					Intermedios
					Flexibles
				Topografía	Plana
					Media
					Pronunciada

1.6. Justificación de la investigación

El Barrio el Estanco tiene viviendas que han sido construidas bajo el sistema de albañilería confinada en las cuales no se ha tenido el asesoramiento profesional suficiente para que dichas moradas se encuentren seguras ante una amenaza sísmica. Debido a que muchas veces los pobladores no cuentan con los medios económicos suficientes para una adecuada construcción de sus viviendas, muchos de ellos optan por autoconstruir sus viviendas.

Las viviendas autoconstruidas, no tienen un buen comportamiento sísmico y podrían colapsar, ocasionando pérdidas materiales y de vidas. Por tanto, es necesario, conocer y mitigar el riesgo sísmico de las viviendas de albañilería (Mosqueira, M. y Tarque, N. 2005).

En el año 2006 Tafur, E y Narro, V. realizaron un estudio de la vulnerabilidad de viviendas en la ciudad de Cajamarca, para esto tomaron un muestra de 100 viviendas; de las cuales 57 fueron de albañilería de ladrillo, donde el 74.14% de las viviendas tienen un alto nivel de vulnerabilidad, el 12.07% un nivel medio y el 13.79% un bajo nivel de vulnerabilidad, cabe mencionar que la vulnerabilidad está ligada con las propiedades intrínsecas de la estructura, vale decir densidad de muros, calidad de materiales, mano de obra y estabilidad de muros al volteo; en consecuencia al ser las viviendas más vulnerables, mayor riesgo sísmico tendrán.

La ciudad de Cajamarca pertenece a la zona 3, de alta sismicidad; en consecuencia es necesario determinar el nivel de riesgo sísmico de las viviendas de albañilería confinada del Barrio El Estanco, como una muestra más representativa, ya que se abarco un solo barrio y los datos son más reales. De este modo se tendría una idea del riesgo sísmico que tendrían los barrios ubicados en la zona alta de Cajamarca, especialmente en aquellos ubicados sobre la Avenida Perú.

1.7. Alcances o delimitación de la investigación

- Determinación del grado de riesgo sísmico de una muestra de viviendas de albañilería confinada en el Barrio El Estanco, desarrollando un procedimiento de evaluación que permita identificar los aspectos que las hacen vulnerables.
- La investigación está enmarcada en el sector 16, específicamente en el Barrio El Estanco de la ciudad de Cajamarca.
- Evaluación de unas treinta casas de este tipo, como una muestra representativa.
- La delimitación principal es que este trabajo se aplicó solo para viviendas de uno y dos niveles, para determinar el grado de riesgo sísmico bajo, medio o alto.

1.8. Limitaciones de la investigación

- El grado de riesgo determinado es solo un estimativo, que no pretende describir la realidad absoluta de las condiciones en las que se encuentra cada una de las viviendas.
- El tamaño de la muestra de viviendas a evaluar fue realizado bajo un muestro aleatorio simple (sorteo) y el nivel de detalle de la evaluación se limitó por la información que se recolectó, ya que la veracidad de cierta información dependió de los habitantes de dichas viviendas.
- La evaluación de la vulnerabilidad sísmica fue a través del criterio de densidad de muros, observación directa de la calidad de la construcción y estabilidad de muros al volteo, dejando de lado otros métodos donde se profundiza el comportamiento estructural.

1.9. Objetivos

1.9.1. Objetivo General

Determinar el nivel de riesgo sísmico de las viviendas construidas con el sistema de Albañilería Confinada en el barrio El Estanco.

1.9.2. Objetivos Específicos

Determinar el nivel de peligro sísmico de las viviendas construidas con el sistema de albañilería confinada en el barrio El Estanco.

Determinar el grado de vulnerabilidad sísmica de las viviendas construidas con el sistema de albañilería confinada en el barrio El Estanco.

CAPITULO II.
MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes teóricos de la investigación

(Lantada, N. 2007), realizó una Evaluación del riesgo sísmico mediante métodos avanzados y técnicas GIS aplicándolo a la ciudad de Barcelona, en dicha investigación llegó a las siguientes conclusiones: los edificios de mampostería altos son los que sufren mayor daño ante un sismo mientras que los bajos sufren menos daño que los edificios de hormigón armado de la misma clase. Finalmente afirma que la vulnerabilidad de los edificios de Barcelona es entre moderada y alta.

(Mosqueira, M. y Tarque, N. 2005), describen que en las ciudades de la costa peruana (Chiclayo, Trujillo, Lima, Ica y Mollendo) los datos son alarmantes, pues de las viviendas analizadas el 84% tienen riesgo sísmico alto y el 16% tienen riesgo sísmico medio. Esto implica que las viviendas informales son inseguras y que todas sufrirían daños importantes ante un sismo severo (aceleración máxima de 0,4g). Ante esta situación, es imprescindible el planteamiento de investigaciones futuras que contribuyan a mitigar el riesgo sísmico en las viviendas informales. Este proyecto es un aporte para conocer la realidad de las viviendas informales de la costa peruana y establecer recomendaciones técnicas para la construcción y mantenimiento de viviendas seguras de albañilería de ladrillo de arcilla.

(Tafur, E. y Narro, V. 2006), realizaron un estudio de la vulnerabilidad de viviendas en la ciudad de Cajamarca, llegando a los siguientes resultados: El 69% de las viviendas cajamarquinas tienen una vulnerabilidad sísmica alta, el 19% tienen una vulnerabilidad sísmica media y el 12% una vulnerabilidad sísmica baja. De las viviendas de adobe el 95.83% tienen vulnerabilidad sísmica alta y el 4.17% con bajo nivel de vulnerabilidad sísmica baja. Mientras que las viviendas de tapial el 16.67% tienen vulnerabilidad sísmica alta, el 66.67% tienen una vulnerabilidad sísmica media y el 16.67% vulnerabilidad sísmica baja. Las viviendas de albañilería de ladrillo de arcilla confinada tienen un 74.14 % de vulnerabilidad alta, el 12.07 % vulnerabilidad media y el 13.79 % vulnerabilidad baja.

Además se llegó a la conclusión que existe peligro sísmico alto de 41%, peligro sísmico medio de 59%. Utilizando la metodología propuesta por Mosquera, M. y Tarque, N. (2005), finalmente obtuvieron los siguientes resultados: el 78% de viviendas cajamarquinas tienen riesgo sísmico alto, el 22% tienen riesgo sísmico medio.

(Laucata, JE. 2013), da a conocer que la vulnerabilidad de las 30 viviendas encuestadas en Trujillo, es alta con un 83%, y sólo un 7% tiene baja vulnerabilidad. El Peligro es medio con un 83% de las viviendas, el saldo tiene un alto peligro. Finalmente el riesgo es alto con un 87%, y la diferencia tiene un riesgo medio. No resultando ninguna vivienda con riesgo bajo. Los valores obtenidos van de la mano de los resultados de densidad de muros, que es uno de los factores más incidentes. El riesgo de estas viviendas a ser afectadas por un sismo es alto. Se ve necesario reducir la alta vulnerabilidad de estas viviendas, para evitar futuras pérdidas humanas y físicas, en el caso de un sismo severo.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Riesgo sísmico

Riesgo en sentido estricto es el grado de pérdidas esperadas en un determinado elemento debidas a un fenómeno natural específico de una magnitud particular y en un período de exposición determinado. El riesgo sísmico suele expresar mediante la convolución de la peligrosidad y la vulnerabilidad del elemento expuesto: $\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}$ (Landata, N 2007).

Por este motivo, los estudios de vulnerabilidad sísmica constituyen, conjuntamente con los estudios de amenaza o peligrosidad, uno de los factores determinantes del riesgo sísmico específico, el cual representa la probabilidad total de que una estructura sufra varios niveles de daño durante un periodo específico de tiempo. (Ingeniería y sociedad UC, 2013).

Por otro lado si se tiene en cuenta las pérdidas de vidas y alteraciones de la economía el riesgo sísmico está definido como: $\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad} \times \text{Costo}$. (Landata, N. 2007).

La finalidad de esta investigación no es estimar las pérdidas de vidas humanas, heridos y repercusiones económicas que generaría un movimiento sísmico, este trabajo se limita a estimar el nivel de riesgo sísmico considerando solo las propiedades intrínsecas de cada vivienda de albañilería confinada.

2.2.2. Peligro sísmico

El peligro, es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por la actividad del hombre, potencialmente dañino, de una magnitud dada, en una zona o localidad conocida, que puede afectar un área poblada, infraestructura física y/o el medio ambiente. (INDECI, 2006).

Por otro lado Bommer et al. (1998), citado por Mosqueira, M. (2005), se refiere al peligro sísmico como la probabilidad de ocurrencia de movimiento sísmicos de cierta intensidad en una zona determinada durante un tiempo definido.

Según INDECI (2006), el peligro según su origen, puede ser de dos clases: por un lado, de carácter natural; y, por otro de carácter tecnológico o generado por la acción del hombre. El sismo como fenómeno natural es la liberación súbita de energía mecánica generada por el movimiento de grandes columnas de rocas en el interior de la Tierra, entre su corteza y manto superior y, se propaga en forma de vibraciones, a través de las diferentes capas terrestres, incluyendo los núcleos externos o internos de la Tierra.

Se definen cuatro niveles de peligro sísmico, el primero está representado por sismos frecuentes, con 43 años de periodo de retorno; el segundo está representado por sismos ocasionales, con 75 años de periodo de retorno,

el tercero por sismos raros, con 475 años de periodo de retorno y el último por sismos muy raros, con 1000 años de periodo de retorno. Cada uno de los peligros sísmicos además de estar definidos por un periodo de retorno también están determinados por una aceleración pico de la roca, para sismos frecuentes es de 0.20g, para sismos ocasionales es de 0.25g, para sismos raros es de 0.40g, mientras que para sismos muy raros es de 0.50g, donde g es la aceleración de la gravedad. (Borda L. y Pastor A. 2007)

2.2.3. Vulnerabilidad sísmica

Se denomina vulnerabilidad al grado de daño que sufre una estructura debido a un evento sísmico de determinadas características. Estas estructuras se pueden calificar en “más vulnerables” o “menos vulnerables” ante un evento sísmico. (Vizconde, A. 2004). Las edificaciones realizadas por el hombre pueden sufrir daños y depende de las características de diseño, calidad de mano de obra y de la técnica de la construcción (Kuroiwa, J. 2002).

La RED (1995), mencionado por Llanos, L y Vidal, L (2003), sostiene que entender la vulnerabilidad de las edificaciones requiere identificar los factores de tipo social y físico – técnicos, sobre los cuales se debe actuar para reducir los efectos causados por la presencia de fenómenos naturales o antrópicos. Dentro de los factores determinantes en la vulnerabilidad de una región, se encuentran el establecimiento de asentamientos humanos en zonas con un alto grado de amenaza y a la falta de planeación del desarrollo urbano de distancias regiones y comunidades. La presencia de estos asentamientos no solo se debe a la falta de conocimiento de la población, sino también a que no hay más opciones ni recursos para elegir terrenos más seguros.

2.2.3.1. Vulnerabilidad estructural

Conocida como vulnerabilidad física, hace referencia al grado de afectación que pueden sufrir los elementos estructurales de una edificación y está relacionada con la capacidad que tiene una estructura para soportar las sollicitaciones a las que se ve sometida en el momento de un sismo (Llanos, L. y Vidal, L. 2003)

2.2.3.2. Vulnerabilidad no estructural

La vulnerabilidad no estructural está asociada a la susceptibilidad de los elementos o componentes no estructurales de sufrir daños debido a un sismo, lo que se ha llamado daño sísmico no estructural. El mismo comprende el deterioro físico de aquellos elementos o componentes que no forman parte integral del sistema resistente de la edificación y pueden clasificarse en componentes arquitectónicos tales como tabiquerías, puertas, ventanas etc. (Reque, KE 2006).

2.2.4. Albañilería Confinada

Para entender la definición ideal de albañilería confinada se requiere saber previamente que la albañilería confinada está compuesta por: unidad de albañilería, mortero, acero y concreto. (Abanto, TF 2005).

La unidad de albañilería que puede ser ladrillo o bloque, la diferencia radica en que el ladrillo es aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano, y bloque aquella unidad que por sus dimensiones y peso requiere de las dos manos para su manipulación (Norma E070, RNE).

Las unidades de albañilería son básicamente hechas de arcilla, arena – cal y de concreto. La unidad predilecta para la construcción de viviendas unifamiliares en el Perú es el ladrillo de arcilla elaborados artesanalmente (a mano) cuya dimensiones son 12.5 x 21 x 9 (Abanto, TF 2005), sin

embargo cabe mencionar que debido a su elaboración artesanal estas dimensiones pueden variar, en el caso de las viviendas estudiadas en esta tesis las dimensiones oscilan entre 12.5 – 13 cm para el ancho, 21 – 22 para largo y 7.8 – 8.5 para el alto.

El mortero es un adhesivo que se utiliza para pegar las unidades de albañilería entre sí, durante el asentado y está compuesto por cemento, cal hidratada, arena y agua.

De esta manera la albañilería está compuesto en su forma tradicional por unidades de albañilería unidas entre sí por un mortero formando un conjunto monolítico llamado muro. (Abanto, TF 2005)

Entonces se puede afirmar que un muro es un material heterogéneo y anisotrópico que tiene por naturaleza, una resistencia elevada a la compresión que depende de la unidad, mientras que la resistencia a la tracción es reducida y controlada por la adhesión entre la unidad y el mortero (Arango, J. 2002).

El acero es un material formado por la aleación de hierro con pequeñas cantidades de carbono. El concreto es una mezcla de cemento Portland, arena gruesa, piedra chancada y agua en proporciones adecuadas. De esta manera utilizando el acero combinado con el concreto se forma el llamado concreto armado y se utiliza para la construcción de elementos estructurales como: vigas, columnas, zapatas, losas, etc.; de tal manera que el acero resiste los esfuerzos de tracción y el concreto los de compresión (Abanto, TF. 2005)

Según San Bartolomé (1998), la albañilería confinada se caracteriza por estar constituida por un muro de albañilería simple enmarcado por una cadena de concreto, vaciada con posterioridad a la construcción del muro. Generalmente, se emplea una conexión dentada entre la albañilería y las columnas, pero en nuestro medio se utiliza con frecuencia una conexión a ras.

El pórtico de concreto armado, que rodea al muro, sirve principalmente para utilizar al sistema y otorgarle capacidad de deformación inelástica. Además, el pórtico funciona como elemento de arriostre cuando la albañilería se ve sujeta a acciones perpendiculares a su plano. (San Bartolomé, A. 1998)

2.3. Definición de términos básicos

a. Albañilería o mampostería: Material estructural compuesto por “unidades de albañilería” asentadas con mortero o por “unidades de albañilería” apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido.

b. Albañilería confinada: Albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. La cimentación de concreto se considerará como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel.

c. Albañilería no reforzada: Albañilería sin refuerzo (Albañilería Simple) o con refuerzo que no cumple con los requisitos mínimos de esta Norma.

d. Altura efectiva: Distancia libre vertical que existe entre elementos horizontales de arriostre. Para los muros que carecen de arriostres en su parte superior, la altura efectiva se considerará como el doble de su altura real.

e. 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.

f. Borde libre: Extremo horizontal o vertical no arriostrado de un muro.

g. Columna: Elemento de concreto armado diseñado y construido con el propósito de transmitir cargas horizontales y verticales a la cimentación. La

columna puede funcionar simultáneamente como arriostre o como confinamiento.

h. Confinamiento: Conjunto de elementos de concreto armado, horizontales y verticales, cuya función es la de proveer ductilidad a un muro portante.

i. Construcciones de albañilería: Edificaciones cuya estructura está constituida predominantemente por muros portantes de albañilería.

j. Espesor efectivo: Es igual al espesor del muro sin el tarrajeo u otros revestimientos descontando la profundidad de bruñas u otras indentaciones. Para el caso de los muros de albañilería armada parcialmente rellenos de concreto líquido, el espesor efectivo es igual al área neta de la sección transversal dividida entre la longitud del muro. (Norma E.070)

k. Muro arriostrado: Muro provisto de elementos de arriostre.

l. Muro de arriostre: Muro portante transversal al muro al que provee estabilidad y resistencia lateral.

m. Muro no portante: Muro diseñado y construido en forma tal que sólo lleva cargas provenientes de su peso propio y cargas transversales a su plano. Son, por ejemplo, los parapetos y los cercos.

n. Muro portante: Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical.

o. Mortero: Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería.

p. Tabique: Muro no portante de carga vertical, utilizado para subdividir ambientes o como cierre perimetral.

q. Unidad de albañilería: Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Pueden ser sólida, hueca, alveolar o tubular.

r. Unidad de albañilería alveolar: Unidad de Albañilería Sólida o Hueca con alvéolos o celdas de tamaño suficiente como para alojar el refuerzo vertical. Estas unidades son empleadas en la construcción de los muros armados.

s. Unidad de albañilería apilable: Es la unidad de Albañilería alveolar que se asienta sin mortero.

t. Unidad de albañilería sólida (o maciza): Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

u. Unidad de albañilería tubular (o pandereta): Unidad de Albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento.

v. Viga solera: Viga de concreto armado vaciado sobre el muro de albañilería para proveerle arriostre y confinamiento.

w. Subducción de placas: Proceso de hundimiento de una placa litosférica bajo otra en un límite convergente, según la teoría de tectónica de placas. La subducción ocurre a lo largo de amplias zonas de subducción que en el presente se concentran en las costas del océano Pacífico en el llamado Cinturón de fuego del Pacífico, pero también hay zonas de subducción en partes del Mar Mediterráneo, Las Antillas del Sur y la costa índica de Indonesia.

x. Junta fría de construcción: Junta o discontinuidad que resulta de un retraso en la colocación lo suficientemente largo como para imposibilitar la unión del material en dos coladas sucesivas. Toda junta de construcción, prevista o imprevista, debe tratarse adecuadamente, ya que una ejecución inadecuada genera puntos débiles que rompen el monolitismo de la estructura, dejándola vulnerable a ataques químicos, filtraciones y especialmente esfuerzos sísmicos.

y. Eflorescencia: Se denominan Eflorescencias a los cristales de sales, generalmente de color blanco, que se depositan en la superficie de ladrillos, tejas y pisos cerámicos o de hormigón. Algunas sales solubles en agua pueden ser transportadas por capilaridad a través de los materiales porosos y ser depositadas en su superficie cuando se evapora el agua por efecto de los rayos solares y/o del aire.

z. Eflorescencia Primaria: Se forma debido a la humedad de la obra recién terminada. Comúnmente este tipo de eflorescencia es inevitable, pero desaparece en pocos meses.

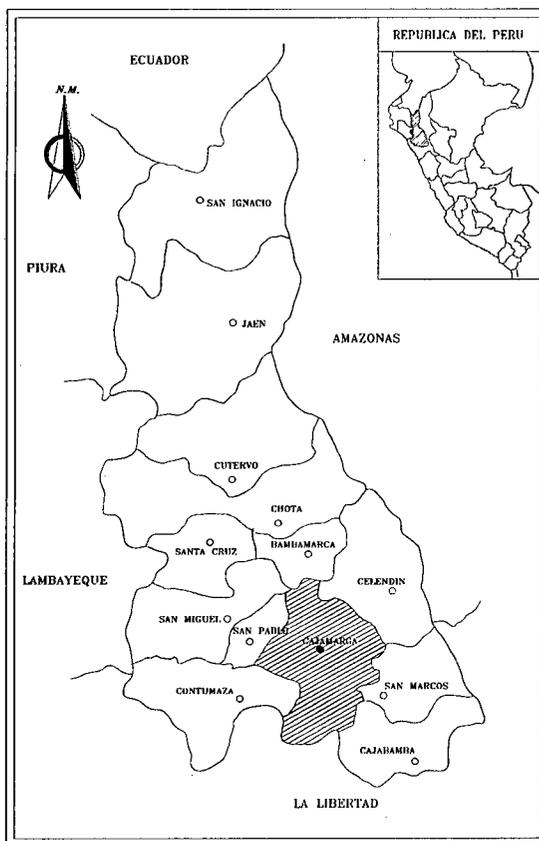
aa. Eflorescencia Secundaria: Aparecen en obras de más de un año de antigüedad debido a condiciones desfavorables propias de la estructura o del medio (alta porosidad, elevada humedad permanente, defectos constructivos, etc.).

CAPITULO III.
MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación de la ciudad de Cajamarca

La ciudad de Cajamarca, capital de la provincia y del departamento de Cajamarca, se encuentra ubicada en la parte superior oeste de la cuenca del río Cajamarquino, margen izquierda del río Mashcón (Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Cajamarca, 2005), teniendo como referencia su Hito geográfico ubicado en el centro de la Plaza Mayor (Plan de Desarrollo Peri – urbano de la ciudad de Cajamarca 1999 – 2000), cuyas coordenadas UTM son:

NORTE	ESTE	ALTITUD (m.s.n.m)
9,208,535	774,450	2,720.15



La temperatura de la localidad de Cajamarca varía entre 0°C y 25°C, con un promedio anual de 14°C; las precipitaciones pluviales son variables durante el año, las mínimas se presentan en los meses de mayo a setiembre y las máximas entre los meses de enero a marzo; con un

promedio anual de 800 mm; presentando además una humedad relativa de 65% (Plan de Desarrollo Peri – urbano de la ciudad de Cajamarca 1999 – 2010).

La ciudad de Cajamarca y su área de expansión urbana, se ubica sobre una topografía ondulada, configurada por zonas de laderas fuerte y suave pendiente. El entorno circundante al área urbana por el lado oeste está conformado por estribaciones de la cordillera occidental que a la vez limitan la cuenca del río Cajamarquino, cuyas altitudes van desde los 2,800 hasta los 3,400 m.s.n.m; en tanto el lado este de la ciudad está enmarcado por la zona baja del valle. Por otro lado, limitan los extremos norte y sur de la ciudad los cerros Cajamarcorco y Carambayo, respectivamente. (Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Cajamarca, 2005).

3.2. Población

El siguiente trabajo se realizó en el Barrio el Estanco, ubicado al oeste de la ciudad de Cajamarca, esta zona presenta un suelo compuesto predominante por materiales de origen volcánico, con depósitos de roca y gravas muy densas. (Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Cajamarca, 2005).

Según plano catastral de la ciudad de Cajamarca (2007), la ciudad actualmente está conformado por veintitrés sectores. El sector dieciséis, ver Tabla N° 1, abarca cuatro sub sectores, entre ellos se encuentra el Barrio El Estanco ubicado en la parte alta de la zona urbana de Cajamarca (Ver Fig.1), delimitado horizontalmente por las calles Av. Perú – Av. Miguel de Cervantes y verticalmente por el Psje. Vista Bella - Jr. Antonio Guillermo Urrelo. (Ver Fig. 2). Las viviendas tienen características comunes, siendo la mayoría de albañilería confinada total o parcialmente. (Ver Fig. 3)

La investigación se desarrolló en los meses de octubre y noviembre del año 2014, la finalidad de este estudio es determinar el nivel de riesgo sísmico de las viviendas de albañilería confinada de uno y dos pisos.



Fig. 3. Características de las viviendas en estudio

3.3. Muestra

El tamaño de la muestra fue determinado considerando los criterios de una muestra probabilística aleatoria simple, con la finalidad de hacerlo representativa; para ello se creyó conveniente realizar un conteo de la manera más real de todas las edificaciones, para la cual se visitó toda el área que comprende el Barrio “El Estanco” de la cual se obtuvo un total de 98 viviendas de uno y dos pisos de albañilería confinada, posteriormente se realizó un sorteo garantizando de esta manera que cada miembro o elemento (vivienda) de la población tenga igual probabilidad de ser seleccionado o incluido en la muestra.

Al realizar el cálculo del tamaño de la muestra por el método de las leyes de la probabilidad se obtuvo como muestra 30 viviendas, la cual se considera una muestra representativa; el procedimiento matemático se detalla a continuación:

- ✓ Basándose en el estudio de Laucata (2013) se obtuvo que las viviendas de albañilería confinada de la Ciudad de Trujillo tienen riesgo sísmico alto con un 87%, entonces $P= 0.87$
- ✓ Se utilizó un coeficiente de confiabilidad de 95%, entonces $Z= 1.96$.

- ✓ En el presente estudio se cree por conveniente utilizar un error del 10% entonces $E = 0.10$, reemplazando los valores se tiene que:

$$n = \frac{Z^2(P)(1 - P)}{E}$$
$$n = \frac{1.96^2(0.87)(1 - 0.87)}{0.10^2} = 43.45$$

Cabe mencionar que el valor de $n=43.45$ es un resultado a priori basados en una investigación anterior (Laucata, 2013). En tal sentido para que la muestra sea representativa tendrá que hacerse una corrección utilizando la siguiente formula:

$$n^* = \frac{n}{1 + \frac{n}{N}}$$

Donde:

n^* = Tamaño de muestra real o corregida

n = Tamaño de muestra apriori

N = Total de viviendas del Barrio El Estanco (98 viviendas)

Reemplazando los valores se obtiene:

$$n^* = \frac{n}{1 + \frac{n}{N}} = \frac{43.45}{1 + \frac{43}{98}} = 30 \text{ viviendas}$$

3.4. Unidad de análisis

Es la vivienda de uno y dos pisos construida de albañilería confinada.

3.5. Procedimiento

El procedimiento adoptado para esta investigación es la propuesta por Mosqueira, M y Tarque, N (2005), en tal sentido para el desarrollo del proyecto se han realizado investigaciones de campo y teóricas. La investigación de campo consistió en las encuestas realizadas por el investigador a viviendas de albañilería que fueron seleccionadas. La investigación teórica involucró el desarrollo de las fichas de encuesta y de reporte.

La metodología para el desarrollo de la investigación fue la siguiente:

a) Investigación bibliográfica

Se buscó información sobre estudios de riesgo sísmico en viviendas de albañilería confinada. El documento que sirvió de base para esta investigación fue la tesis “Recomendaciones Técnicas para mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana” (Mosqueira, M. y Tarque, N. 2005).

b) Selección de las zonas a encuestar

La zona escogida para el estudio fue el barrio El Estanco de la ciudad de Cajamarca.

c) Elaboración de las fichas de encuesta y de reporte

En hojas de cálculo de MS Excel se elaboraron fichas (modelos) de encuesta y de reporte. Las fichas de encuesta sirvieron para recolectar información en campo sobre las características constructivas de las viviendas de albañilería. Las fichas de reporte se utilizaron para sintetizar la información recogida en las fichas de encuesta y realizar el análisis del riesgo sísmico de las viviendas de forma automática.

d) Trabajo de campo

Luego de haber sido seleccionado por sorteo las viviendas a encuestar, el tesista de la UNC realizó las encuestas a las viviendas de albañilería confinada de uno y dos pisos que salieron seleccionadas. El llenado de las fichas de encuesta así como el croquis de cada vivienda fue hecho a mano.

e) Proceso de datos

Después de culminado el proceso de encuesta se realizó el llenado de las fichas de reporte.

En estas fichas se resumieron y se agruparon los errores arquitectónicos, estructurales y constructivos de cada vivienda encuestada. También se realizaron análisis sísmicos simplificados para determinar la vulnerabilidad sísmica de cada vivienda. El peligro sísmico fue determinado en base a la topografía de la zona, tipo de suelo y zona sísmica sobre la cual la vivienda fue construida. El cálculo del riesgo sísmico se generó automáticamente en cada ficha de reporte.

3.6. Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados

3.6.1. Tipo, nivel y diseño de la investigación

- **Tipo**

Este trabajo es una investigación de tipo aplicada.

- **Nivel y diseño**

La presente investigación es un estudio descriptivo, porque ponen en evidencia una situación tal como se presenta, el investigador solo se ha limitado a observar y describir las características del problema en estudio, analítico explicativo porque explica el riesgo sísmico como un conjunto de indicadores que interactúan entre sí, estadístico porque toma una muestra de treinta viviendas considerando los criterios de una muestra probabilística aleatoria

simple, con la finalidad de hacerlo representativa, de diseño transversal porque implicó la recolección de datos en un solo corte en el tiempo.

Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	Aplicada
Estrategia o enfoque teórico metodológico	Cuantitativa, cualitativa.
Objetivos generales (alcances)	descriptiva, explicativa
Fuente de datos	Primaria
Diseño de la prueba de la hipótesis	No experimental
Temporalidad	Transversal (sincrónica).
Contexto donde se desarrolla	Campo, gabinete
Intervención disciplinaria	Unidisciplinaria.

3.6.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El siguiente trabajo de investigación se realizó en base a la realidad actual de la vivienda, para esto se realizó el levantamiento en planta de la casa para saber su configuración, observación directa para saber la calidad de construcción de muros y elementos de concreto armado. Observación directa del tipo de suelo que se clasificó según la Norma E030 (Capítulo 2, Artículo 6), condiciones de pendiente plana, media, pronunciada. Además la información obtenida mediante observación, se contrastó con la encuesta que se aplicó al propietario de la edificación.

Se utilizó fichas de encuesta que fueron llenadas de la observación directa de la realidad y preguntas realizadas al propietario y/o usuario de la vivienda de albañilería confinada. Además se utilizó fichas de reporte que fueron llenadas directamente por el investigador.

Tabla 2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Indicador	Índice	Fuente	Técnica	Instrumento
Densidad de muros	Adecuada, aceptable, inadecuada	Vivienda de albañilería confinada	Medidas de configuración en planta de muros y trabajo de gabinete	Ficha de encuesta, ficha de reporte.
Calidad de mano de obra y materiales	Buena, regular, mala	Estado de la vivienda.	Observación directa de la vivienda.	Ficha de encuesta, ficha de reporte
Tabiquería y parapetos	Todos estables, Algunos estables, Todos inestables	Vivienda de albañilería confinada	Medidas de configuración en planta de tabiquería y trabajo de gabinete(estabilidad de muros al volteo)	Ficha de encuesta, ficha de reporte.
Sismicidad	Baja, media, alta	RNE-2009	Asignación de valor alto por pertenecer a zona de alta sismicidad	Ficha de encuesta, ficha de reporte.
Suelos	Rígidos, intermedios, flexibles	Suelo de emplazamiento de la vivienda.	Observación directa de del tipo de suelo.	Ficha de encuesta, ficha de reporte.
Topografía	Plana, media, pronunciada	Pendiente de calle donde se ubica la vivienda	Observación directa de la pendiente.	Ficha de encuesta, ficha de reporte.

3.6.3. Presentación de resultados

Los resultados se presentan en el capítulo IV, la información final obtenida de las fichas de reporte se plasma en tablas y gráficos en donde se detalla la cantidad de viviendas y su porcentaje de incidencia para cada indicador, subvariable y variable en estudio.

3.6.4. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Sub variables	Indicador	Índice	Fuente	Técnica	Instrumento		
¿Cuál es el nivel de riesgo sísmico de las viviendas de Albañilería confinada del barrio El Estanco (Cajamarca)?	Objetivo general	Las viviendas construidas de albañilería confinada en el barrio El Estanco tienen un alto nivel de riesgo sísmico.			Densidad de muros	Adecuada, aceptable, inadecuada	Vivienda de albañilería confinada	Medidas de configuración en planta de muros y trabajo de gabinete	Ficha cuestionario, ficha de reporte.		
	Determinar el nivel de riesgo sísmico de las viviendas de Albañilería confinada en el barrio El Estanco.				Vulnerabilidad sísmica	Calidad de mano de obra y materiales	Buena, regular, mala	Estado actual de vivienda.	Observación directa de la vivienda.	Ficha cuestionario, ficha de reporte	
	Objetivos Específicos										
	Determinar el nivel de peligro sísmico de las viviendas de albañilería confinada en el barrio El Estanco					Tabiquería y parapetos	Todos estables, Algunos estables, Todos inestables	Vivienda de albañilería confinada	Medidas de configuración en planta de tabiquería y trabajo de gabinete (estabilidad de muros al volteo)	Ficha cuestionario, ficha de reporte.	
	Determinar el grado de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada en el barrio El Estanco.	Riesgo sísmico					Sismicidad	Baja, media, alta	RNE-2006	Asignación de valor alto por pertenecer a zona de alta sismicidad	Ficha cuestionario, ficha de reporte.
				Peligro sísmico			Suelos	Rígidos, Intermedios, flexibles	Suelo de emplazamiento de la vivienda.	Observación directa de del tipo de suelo.	Ficha cuestionario, ficha de reporte.
							Topografía	Plana, media, pronunciada	Pendiente de calle donde se ubica la vivienda	Observación directa de la pendiente.	Ficha cuestionario, ficha de reporte.

3.7. Ficha de encuesta

Alcances de ficha de encuesta

La ficha de encuesta se desarrolló para recopilar información necesaria en la evaluación de las viviendas seleccionadas de albañilería, de uno o dos pisos con o sin losa en el último nivel. Además incluye el plano de la vivienda en planta de cada piso.

Descripción detallada de la ficha de encuesta

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

3.7.1. Datos Generales

a. Número de vivienda

El número correlativo de la vivienda encuestada.

b. Fecha de encuesta

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

c. Familia

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

d. Número de habitantes

Número de personas que residen en la vivienda encuestada.

e. Ubicación de la vivienda

La dirección de la vivienda, el tipo y nombre de vía: avenida, calle, pasaje, jirón.

f. ¿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.

g. Fecha de inicio y término de la construcción

Período de construcción de la vivienda encuestada.

h. Tiempo de residencia de la familia

Para tener conocimiento si habitó en la vivienda mientras la construían o después de haber sido terminada.

i. Pisos existentes y proyectados en la vivienda

Para tener presente cuantos pisos más podrían ampliarse la vivienda.

j. Secuencia de construcción de los ambientes

Si realizaron la construcción por partes o la hicieron toda al mismo tiempo.

k. Inversión en la construcción

Se anota el valor estimado que costó la construcción, este valor es proporcionado por el propietario y/o usuario de la vivienda.

3.7.2. Datos Técnicos

a. Tipo de suelo

El tipo de suelo clasificado, sobre el cual se encuentra la vivienda. Los tipos de suelo son: rígidos, intermedios y flexibles. Además si es necesario, agregar información acerca de algunos componentes característicos observados, como gravas, arcillas, limos, etc.

b. Características de los principales elementos de las viviendas

- **Cimentación:** Las dimensiones y profundidad aproximadas de la cimentación que el propietario pueda proporcionar. La información de los materiales empleados en su construcción.
- **Muros:** Las dimensiones de la unidad de albañilería utilizada, ya sea ladrillos macizos, pandereta u otros si lo hubieran. También

se incluirá la medida aproximada de las juntas entre las unidades de albañilería y el espesor de los muros.

- **Columnas y Vigas:** Las dimensiones de la sección de los diferentes elementos y el tipo de refuerzo de los mismos de ser visible. En caso de haber otros materiales diferentes al concreto se indicará el tipo y sus dimensiones.
- **Techo o Entrepiso:** Se especifica si se utilizó diafragma rígido, como losa aligerada o losa maciza. Se especifica la altura de la losa. En caso de haber otros materiales diferentes al concreto, se indica el tipo y sus dimensiones.

c. Observaciones y comentarios

Describe 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 albañilería, cangrejeras en columnas o el acero expuesto a corrosión. 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.

3.7.3. Esquema de la Vivienda

El esquema de la vivienda presenta el plano de planta de las viviendas encuestadas. Estos son elaborados a partir de bosquejos efectuados durante la visita, para ellos se utilizó el software Autocad. Además de la distribución de los ambientes, se incluyen las medidas de los elementos estructurales. El área de terreno, medidas de vanos y otras descripciones que se consideraron importantes se incluyen.

3.7.4. Información Complementaria

Se identifica y clasifican los principales defectos que pudieran afectar la vulnerabilidad de las viviendas de acuerdo con los siguientes ítems:

a. 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.

b. Problemas de estructuración

Son los principales errores estructurales encontrados, fuera de la inadecuada densidad de muros. Los problemas de configuración como: losa a desnivel con vecino, insuficiencia de junta sísmica, reducción en planta, juntas frías o torsión en planta. Los problemas en los muros abarcan: muros portantes de ladrillos pandereta, 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: columnas cortas, losas no monolíticas, tabiquería sin arriostre o cercos no aislados de la estructura. Todos estos problemas incrementan de manera significativa la vulnerabilidad de la vivienda.

c. Factores degradantes

Son los principales factores degradantes en las viviendas. Estos son: las armaduras expuestas y corroídas por intemperismo, la humedad en muros o losas, 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.

d. Mano de obra

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

- Mala calidad, corresponde a presencia de juntas entre unidades de albañilería mayores a 3cm, elementos desaplomados, cangrejas en los elementos de concreto.
- Regular calidad, son viviendas con elementos de albañilería con juntas de 2 a 3 cm, presencia de elementos más o menos desaplomados y unas pocas cangrejas en los elementos de concreto.
- Buena calidad, presencia de albañilería con juntas de 1 a 2 cm en elementos aplomados. No existen cangrejas en los elementos de concreto.

e. Materiales deficientes

Se califica la calidad de los materiales de construcción empleados en la vivienda, en especial la calidad de los ladrillos de arcilla. El encuestador verificará si los ladrillos son de fabricación artesanal o industrial. Generalmente los artesanales son de mala calidad, tienen mucha variabilidad dimensional, se rayan fácilmente con un clavo. Además no presentan un color parejo por una falta de una cocción uniforme y completa de la unidad.

f. 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.

La Fig. 4. muestra una ficha de encuesta que se aplicó a una vivienda del Barrio El Estanco, considerando la metodología antes descrita, dicha ficha consta de tres páginas. Las demás fichas se presentarán en documento electrónico.



**RIESGO SISMICO DE LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERIA CONFINADA DEL BARRIO
EL ESTANCO, CAJAMARCA
FICHA DE ENCUESTA**

Fecha encuesta:
Vivienda N°:

Antecedentes:

Familia: López Reyes Cantidad de personas de la vivienda: 5

Dirección: Jr. San Sebastián N° 619

1.- ¿Recibí asesoría técnica para construir su vivienda, por qué? NO

Porque no se contaba con los recursos económicos suficientes

2.- ¿Cuándo comenzó a construirla? ago-08 ¿Cuándo terminó? oct-08

Tiempo de residencia en la vivienda: 6 años

N° de pisos actual 1 N° de pisos proyectado 3

3.- Secuencia de construcción de los ambientes

Paredes límites (). Sala comedor (). Dormitorio 1 (). Dormitorio 2 (). Cocina (). Baño (). Otros ().

Todos a la vez (). Primero un cuarto ().

4.- ¿Cuanto invirtió en la construcción de su vivienda? 15,000.00

Datos técnicos:

Parámetros del suelo			Observaciones
Rígidos ()	Intermedios (<input checked="" type="checkbox"/>)	Flexibles ()	Mezcla de suelo arcilloso y volcánico

Características de los principales elementos de la vivienda					
Elemento	Características				Observaciones
Cimiento (m)	Cimiento corrido		Zapata		
	Profundidad	0.80	Profundidad	0.80	
	Ancho	0.40	Sección	1.00 x 1.00	
Muros (m)	Ladrillo macizo		Otro ladrillo		Muros de soga como muro portantes y muros de cabeza como tabique
	Dimensiones	12.5x22x8.5	Dimensiones		
	Juntas	2 - 3 cm	Juntas		
Entrepiso	Diafragma rígido				
	Tipo				
	Peralte				
Techo (m)	Diafragma rígido		Otro		
	Tipo	Aligerado	Tipo		
	Peralte	0.20 m	Peralte		
Columnas (m)	Concreto				
	Dimensiones	0.25 x 0.25 m			
	Otras dimensiones	0.15 x 0.25 m			
Vigas (m)	Concreto				
	Dimensiones	0.20 x 0.20 m			
	Otras dimensiones	0.15 x 0.20 m			

Observaciones y Comentarios:

Salida de puntos de luz, en viguetas.

Parapetos parcialmente arriestrados en el segundo nivel.

Se evidencia segregación del concreto, esto debido a que el concreto usado en el vaciado de losa es muy fluido.

Muros con presencia leve de eflorescencia

Filtraciones de agua en la losa aligerada

Fig. 4. Presentación de ficha de encuesta Pág. (1)

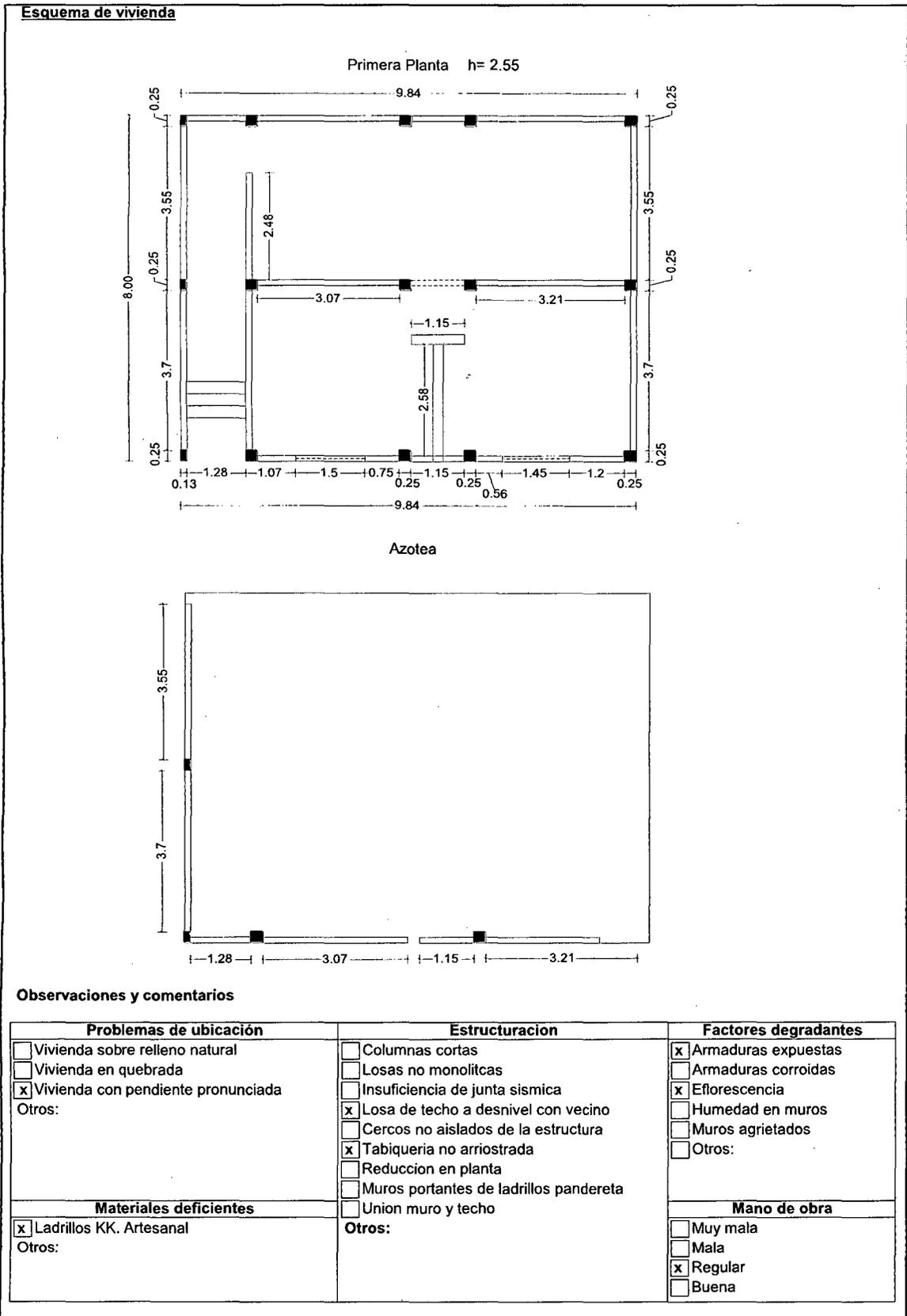
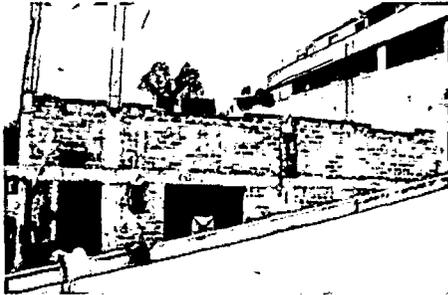


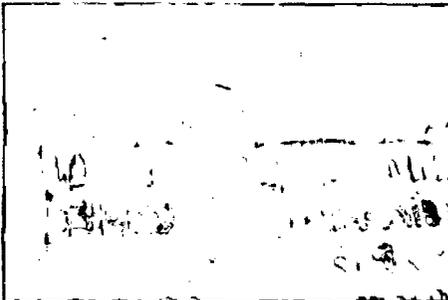
Fig. 4. Presentación de ficha de encuesta Pág. (2)

Fotografías representativas:



Fachada de la vivienda, observece el parapeto, muro que susceptible al volleo

Salidas de puntos de luz en viguetas o vigas



Segregacion del concreto, fruto de concreto muy fluido al momento del techado

Presencia de eflorescencia en ladrillos.



Fig. 4 Presentacion de ficha de encuesta Pág. (3)

3.8. Ficha de reporte

3.8.1. Alcances de la ficha de reporte

Las fichas de reporte son hojas de cálculo elaboradas en MS Excel. En ellos se sintetiza, completa y ordenadamente la información estructural, arquitectónica y constructiva, recopilada de cada vivienda encuestada. Estas fichas incluyen el análisis y cálculo de la vulnerabilidad, riesgo y peligro sísmico de cada vivienda. La ficha de reporte está constituida por 03 páginas.

La primera incluye los antecedentes, aspectos técnicos, deficiencias constructivas. En la parte inferior se hacen los cálculos para el análisis sísmico. Estos son la densidad de muros mínima requerida en la vivienda en cada dirección considerando la calidad de la mano de obra y de los materiales.

En la segunda página se analiza la estabilidad al volteo de tabiques, cercos y parapetos. Además se presentan los cálculos para analizar la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de las viviendas encuestadas. La vulnerabilidad sísmica está en función a la vulnerabilidad estructural y a la vulnerabilidad no estructural. En la misma página se incluye los planos de planta de la vivienda.

En la última página se muestra fotos de los problemas más resaltantes de la vivienda.

3.8.2. Descripción detallada de ficha de reporte

A continuación se describirá de una forma más detallada el contenido de las fichas de reporte:

3.8.2.1. Antecedentes

Se sintetiza datos de la encuesta como la ubicación de las viviendas y el tipo de asesoría que recibió durante las etapas de diseño y de construcción de la vivienda.

Además el número de pisos existentes y los proyectados a futuro, la duración de la construcción y la secuencia constructiva.

La topografía y geología del terreno de la vivienda, donde se detalla la pendiente y el tipo de suelo sobre el cual está la vivienda. El estado de la vivienda es una descripción general de cómo se encuentra la vivienda actualmente, los principales defectos y en qué etapa de la construcción se encuentra la vivienda.

3.8.2.2. Aspectos Técnicos

a. Elementos de la Vivienda

Se detalla los tipos de materiales usados y las dimensiones de los elementos estructurales de las viviendas: cimientos, muros, techo, columnas y vigas.

b. Deficiencias de la estructura

Se describe los problemas más comunes que tienen las viviendas. Estos problemas están referidos a la ubicación de las viviendas, problemas constructivos y estructurales, la calidad de mano de obra y algún otro que pueda afectar la vulnerabilidad de la vivienda.

3.8.2.3. Análisis sísmico

Verificación de la densidad de muros del primer piso ante los sismos severos para albañilería Confinada.

El análisis por sismo, de las viviendas de albañilería, se basa principalmente en la comparación de la densidad de muros. Entre la densidad existente, con la densidad mínima requerida de muros para que las viviendas soporten adecuadamente el cortante sísmico generado por los sismos severos (0,4g). La verificación de la densidad se realiza en los muros del primer piso de la vivienda por soportar mayor carga sísmica.

Para determinar el área mínima de muros en la ecuación (1), que debe tener cada vivienda en su primer piso. Se ha supuesto que el esfuerzo cortante actuante debe ser menor que el esfuerzo de corte resistente de los muros.

$$\frac{V}{A_m} \leq \frac{\sum V_R}{A_e} \dots (1)$$

Donde

V = Fuerza cortante basal (kN) actuante

V_R = Fuerza de corte resistente (kN) de los muros.

A_m = Área (m²) requerida o necesaria de muros

A_e = Área (m²) existente de muros confinados

La fuerza cortante basal V producida por los sismos se expresa como (Norma E 030 de diseño sismorresistente):

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot C}{R} P \dots (2)$$

Donde

Z = Factor de zona le corresponde a Cajamarca por encontrarse en zona sísmica 3, un valor de $Z = 0.4$ (Tabla 3)

U = Factor de uso, para viviendas es 1 (Tabla 4)

S = Factor de suelo. Depende de la ubicación de cada vivienda (Tabla 5)

C = Factor de amplificación sísmica = 2,5 (Ver explicación)

R = Factor de reducción por ductilidad (Tabla 6)

P = Peso de la estructura (kN) (Ver explicación)

El factor de zona se asignó según la zona sísmica en la cual se ubica la edificación, este factor se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años.

Tabla 3. Factores de zona

ZONA	Z
3	0.4
2	0.3
1	0.15

Fuente: Tabla N° 01 "Reglamento Nacional de Edificaciones NTE – 030 de Diseño Sismoresistente". Editorial Megabyte. 2009

El factor de uso e importancia (U) está definido de acuerdo a la categoría de la edificación propuesta en la NTE-030.

Tabla 4. Categorías de la Edificación

Categoría	Descripción	Factor U
A Edificaciones Esenciales	Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después que ocurra un sismo, como hospitales, centrales de comunicaciones, cuarteles de bomberos y policía, subestaciones eléctricas, reservorios de agua. Centros educativos y edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. También se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, como grandes hornos, depósitos de materiales inflamables o tóxicos.	1.5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas como teatros, estadios, centros comerciales, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos, bibliotecas y archivos especiales. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento	1.3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes, cuya falla ocasionaría pérdidas de cuantía intermedia como viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios, fugas de contaminantes, etc.	1
D Edificaciones Menores	Edificaciones cuyas fallas causan pérdidas de menor cuantía y normalmente la probabilidad de causar víctimas es baja, como cercos de menos de 1,50m de altura, depósitos temporales, pequeñas viviendas temporales y construcciones similares.	Se omite el análisis por fuerzas de sismo.

Fuente: Tabla N° 03 "Reglamento Nacional de Edificaciones NTE – 030 de Diseño Sismoresistente".
Editorial Megabyte. 2009

Los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta las propiedades mecánicas del suelo, el espesor del estrato, el período fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte. Los tipos de perfiles de suelos definidos en la NTE-030 son:

Tabla 5. Parámetros del suelo

Tipo	Descripción	Periodo de Vibración del suelo (T_p)	Factor de suelo
S1	Roca o suelos muy rígidos	0.4	1
S2	Suelos Intermedios	0.6	1.2
S3	Suelos flexibles o con estratos de gran espesor	0.9	1.4
S4	Condiciones excepcionales	serán establecidos por especialistas	

Fuente: Tabla N° 02 "Reglamento Nacional de Edificaciones NTE – 030 de Diseño Sismoresistente".
Editorial Megabyte. 2009

El coeficiente de reducción de la fuerza sísmica (R) se selecciona según el sistema estructural y los materiales usados en la edificación.

Tabla 6. Sistemas Estructurales

Sistema Estructural	Coeficiente de Reducción, R para estructuras regulares
Acero	
Pórticos dúctiles con uniones resistentes a momentos	9.5
Otras estructuras de acero	
Arriostres Excéntricos	6.5
Arriostres en cruz	6
Concreto Armado	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o confinada	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

Fuente: Tabla N° 06 "Reglamento Nacional de Edificaciones NTE – 030 de Diseño Sismoresistente".
Editorial Megabyte. 2009

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica como la siguiente expresión:

$$C = 2.5 \times \frac{T_p}{T}; \quad C \leq 2.50 \dots (3)$$

T = Periodo fundamental de vibración de la estructura, y se puede estimar para cada dirección con la siguiente expresión:

$$T = \frac{h_n}{C_T} \dots (4)$$

Donde:

$h_n = 2.50$ (altura promedio de cada vivienda)

$C_T = 60$ (para estructuras de mampostería según Norma E - 030)

$$T = \frac{2.50}{60} = 0.042 \text{ seg (para un piso)}$$

$$T = \frac{5.00}{60} = 0.083 \text{ seg (para dos pisos)}$$

En ambos casos (uno y dos pisos) al reemplazar en la ecuación (3), $C > 2.5$, como C no puede ser mayor que 2.50, entonces $C = 2.50$

Para determinar el peso P de la vivienda se ha asumido que el peso está en función al área techada, que es aproximadamente 8 kN/m² para viviendas de albañilería confinada (Arango 2002)

$$P = A_{tt} \cdot \gamma \dots (5)$$

Donde

A_{tt} = Suma de las áreas techada (m²) de todos los pisos de la vivienda.

$\gamma = 8 \text{ kN/m}^2$

La fuerza de corte resistente de cada muro se expresa como:

$$VR = 0.5 \times v'm \cdot \alpha \cdot t \cdot l + 0.23 \times P_g \dots (6) \text{ (San Bartolomé 1998)}$$

Donde

$v'm$ = Resistencia a compresión diagonal de los muretes de albañilería. Para ladrillo de fabricación artesanal $v'm = 510$ kPa (San Bartolomé 1998).

α = Factor de reducción por esbeltez varía entre $1/3 \leq \alpha \leq 1$. h/l para viviendas de un piso y $3l/5h$ para viviendas de dos pisos.

t = Espesor (m) del muro en análisis

l = Longitud (m) del muro en análisis

P_g = Carga gravitacional (kN) de servicio más sobrecarga reducida.

La condición más desfavorable para que las viviendas no colapsen se da cuando la fuerza sísmica (fuerza actuante) sea igual a la fuerza resistente de todos los muros de la estructura. Entonces ambos términos de la ecuación (1) serán iguales.

$$\frac{V}{Am} = \frac{\sum VR}{Ae} \dots (7)$$

La expresión VR, se ha simplificado, asumiendo que la carga $0,23 \cdot P_g = 0$ por ser pequeña para vivienda de dos pisos y la esbeltez puede considerarse con el valor de 1. (Justificación tesis de Mosqueira y Tarque 2005)

La ecuación (6) queda reducida a

$$VR = 0.5 \times v'm \cdot \alpha \cdot t \cdot l \dots (8)$$

Despejando de la ecuación (7) el término Am, reemplazando las ecuaciones 2, 5 y 8, e igualando $\sum(t \times l) = Ae$, se tiene:

$$\frac{Z \cdot U \cdot S \cdot C}{R \cdot Am} A_{tt \times 8} = \frac{0.5 \times v'm \cdot \sum(t \cdot l)}{Ae}$$

$$A_m \approx \frac{Z \cdot S \cdot Attx8}{300} \dots (9)$$

La ecuación (9) determina el área mínima de muros en cada dirección que debe tener el primer piso de las viviendas para asegurar un buen comportamiento sísmico.

En el proceso de datos en las fichas de reporte se calculó A_m con la ecuación (9) y A_e en base a las fichas de encuesta. Luego, se calificó la relación A_e/A_m en base a los siguientes rangos de valores:

- Si $A_e/A_m \leq 0,80$ se concluye que la vivienda no tiene adecuada densidad de muros.
- Si $A_e/A_m \geq 1,1$ se concluye que la vivienda tiene adecuada densidad de muros.
- Si $0,8 < A_e/A_m < 1,1$ se necesita calcular con mayor detalle la suma de fuerzas cortantes resistente de los muros de la vivienda (ΣVR) y el cortante actuante (V).

Para el cálculo detallado de la ΣVR y de V se elaboró una hoja de cálculo anexa a la ficha de reporte donde se calcula de forma rápida el porcentaje de fuerza cortante y fuerza resistente de corte de cada muro. Aquí se verificó que la suma de la resistencia al corte (VR) de todos los muros en cada dirección sea mayor que el cortante sísmico impuesto (V).

El cálculo de VR se halla mediante la ecuación (6). Para hallar V se procede según lo detallado a continuación:

E_m , es el módulo de elasticidad de la albañilería que viene dado por la ecuación (10).

$$E_m = 500 \times f' m \dots (10)$$

La rigidez K de cada muro se calcula mediante la ecuación (11)

$$K = \frac{E_m \cdot t}{4 \left(\frac{h}{l}\right)^3 + 3 \left(\frac{h}{l}\right)} \dots (11)$$

El cortante actuante en cada muro: Se lo calculó con la ecuación (12)

$$V_{act_i} = \frac{K_i}{\sum K_i} \dots (12)$$

Finalmente se hace una relación de VR / V . Se tomaron rangos para determinar si la densidad es adecuada, aceptable o inadecuada, según lo indican Tafur E. y Narro, V (2006).

$VR/V < 0.93$ densidad inadecuada

$0.93 < VR/V < 1$ densidad aceptable

$VR/V > 1$ densidad adecuada

La diferencia entre 1 y 0.93 indica que en la vivienda está faltando, en promedio, un muro de 0.25 x 0.80 cm. Se supone que las viviendas analizadas tienen algunos muros con longitud menor a 1 m que no han formado parte del análisis de la densidad de muros. Por lo tanto, se ha considerado densidad aceptable el rango de valores de $0.93 < VR/V < 1$. (Tafur E. y Narro, V. 2006).

3.8.2.4. Estabilidad de muros al volteo

El análisis de estabilidad de muros se aplica a los muros no portantes: tabiques, parapetos y cercos. Este análisis se realiza mediante una comparación el Momento resistente (M_r) y el momento actuante debido a sismo (M_a).

Para el cálculo de M_a se establece primero la carga sísmica V que actúa durante un sismo perpendicular al plano del muro (Cap. 6, Art.23 – Norma E- 0.30).

$$V = Z \cdot U \cdot C_1 \cdot P \dots (13)$$

Donde

V = Carga sísmica que actúa durante un sismo (KN/m²)

Z = Factor de zona

U = Factor de uso (vivienda = 1)

C_1 = Coeficiente sísmico

P = Peso del muro por unidad de área del plano del muro (kN/m²)

El peso P está dado por la siguiente expresión:

$$P = \gamma_m \cdot t \dots (14)$$

Donde

P = Peso kN/m²

γ_m = Peso específico del muro.

Para muro de ladrillo macizo $\gamma_m = 18$ kN/m³

Para muro de ladrillo pandereta $\gamma_m = 14$ kN/m³

t = Espesor del muro (m)

Los valores de C_1 según la actual norma de diseño sismorresistente E.030, se indican en la tabla 7

Tabla 7. Coeficiente Sísmico C1

Condición	C1
- Elementos que al fallar puedan precipitarse fuera de la edificación en la cual la dirección de la fuerza es perpendicular a su plano.	1.3
- Elementos cuya falla entrañe peligro para personas u otras estructuras.	
- Muros dentro de una edificación (dirección de la fuerza perpendicular a su plano).	0.9
- Cercos	0.6
- Tanques, torres, letreros y chimeneas conectados a una parte del edificio considerando la fuerza en cualquier dirección	0.9
- Pisos y techo que actúan como diafragmas con la dirección de la fuerza en su plano.	0.6

Fuente: Tabla N° 09 "Reglamento Nacional de Edificaciones NTE – 030 de Diseño Sismoresistente".
Editorial Megabyte. 2009

El momento actuante perpendicular al plano del muro (San Bartolomé 1998) está dado por la siguiente expresión:

$$M_a = m \cdot V \cdot a^2 \dots (15)$$

Donde

M_a = Momento actuante (kN - m/ml)

m = Coeficiente de momentos

a = Dimensión crítica (m)

V = carga sísmica perpendicular

Los valores de los coeficientes de momentos m para cada valor de b/a son (Norma E 070 de albañilería):

- **Muro con cuatro bordes arriostrados**

a = Menor dimensión

b/a	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	3,0	∞
m	0,0479	0,0627	0,0755	0,0862	0,0948	0,1017	0,1180	0,125

Fuente: Tabla N° 09 "Reglamento Nacional de Edificaciones NTE – 030 de Diseño Sismoresistente".
Editorial Megabyte. 2009

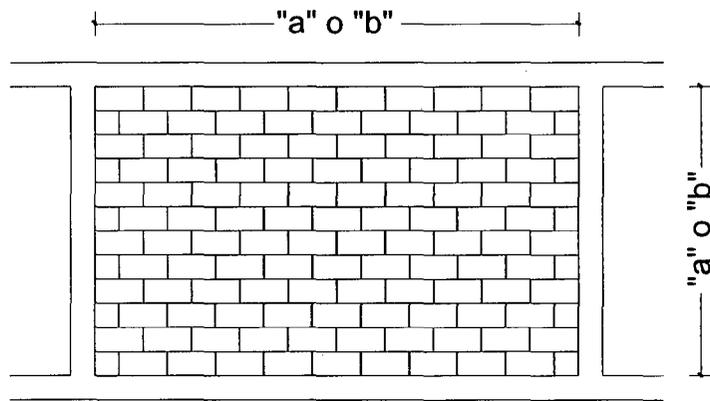


Fig. 5. Muro con cuatro bordes arriostrados

- **Muro con tres bordes arriostrados**

a= Longitud del borde libre

b/a	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	∞
m	0,06	0,074	0,087	0,097	0,106	0,112	0,128	0,132	0,133

Fuente: Tabla N° 09 "Reglamento Nacional de Edificaciones NTE – 030 de Diseño Sismoresistente".
Editorial Megabyte. 2009

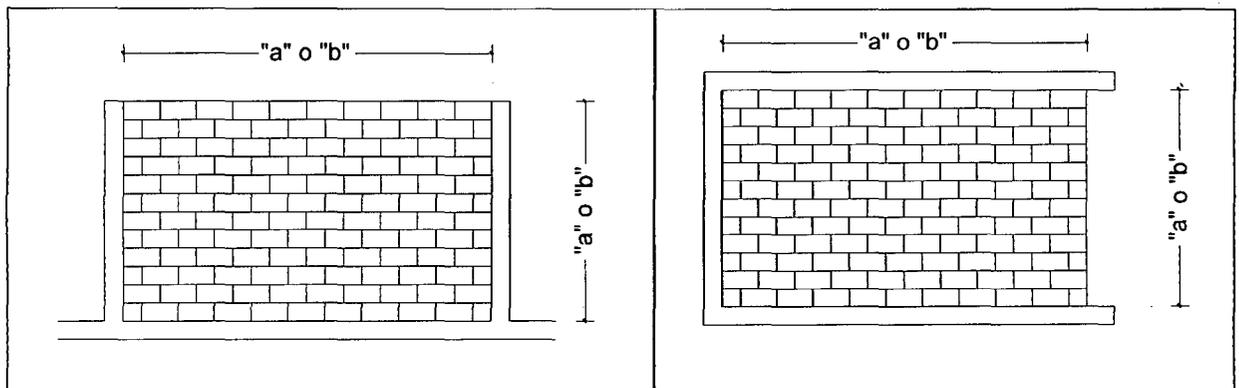


Fig. 6. Muro con tres bordes arriostrados

- **Muro arriostrado en sus bordes horizontales**

a= Altura del muro

m= 0,125

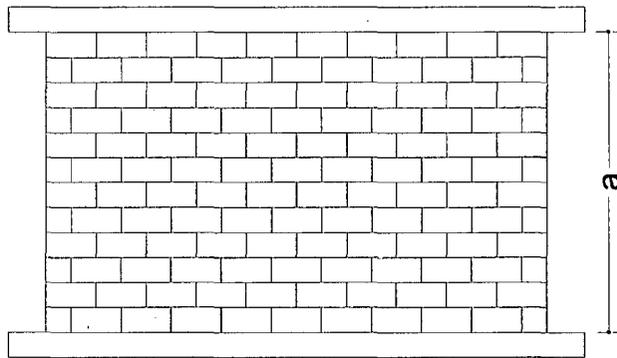


Fig. 7 Muro arriostrado en sus bordes horizontales

- **Muro en voladizo**

a= Altura del muro

m= 0,5

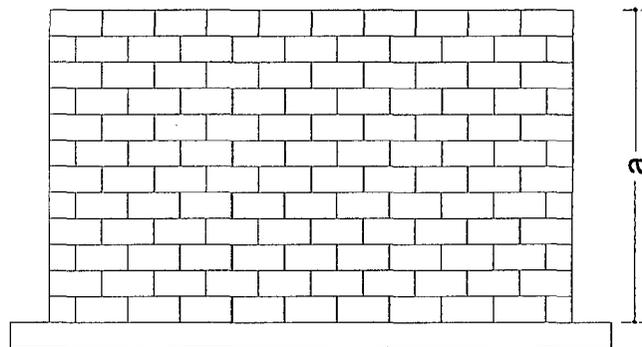


Fig. 8 Muro en voladizo

Al reemplazar la ecuación (13) en la ecuación (15) se tiene

$$M_a = Z \cdot U \cdot C_1 \cdot P \cdot m \cdot a^2 \dots (16)$$

Donde M_a expresado en kN - m/m.

Para determinar el momento resistente a tracción por flexión (M_r) del muro se sabe por resistencia de materiales que el esfuerzo de un elemento sometido a flexión es:

$$\sigma_{max} = \frac{Mr \cdot c}{I} \dots (17)$$

Donde

σ_{max} = Esfuerzo por flexión (kN/m²)

M_r = Momento resistente a tracción por flexión (kN-m)

c = Distancia del eje neutro a la fibra extrema (m)

I = Momento de inercia de superficie (m⁴) de la sección, paralela al eje del momento

El momento resistente a tracción por flexión es expresado como:

$$M_r = \frac{f_t \cdot I}{c} \dots (18)$$

Donde

f_t = Esfuerzo de tracción por flexión de la albañilería (100 kN/m²)

I = Momento de inercia (m⁴) de la sección del muro

c = Distancia (m) del eje neutro a la fibra extrema de la sección

Al remplazar el valor de f_t y desarrollar el momento de inercia de superficie para una longitud de un metro de muro, se tiene la expresión del momento resistente por metro de longitud de muro,

$$M_r = 100 \left(\frac{t^3}{12} \right) \left(\frac{1}{t/2} \right)$$

$$M_r = \frac{100}{6} t^2$$

$$M_r = 16.7t^2 \dots (19)$$

Finalmente se compara el valor de las ecuaciones 16 y 19, y se concluye en las siguientes relaciones:

- Si $M_a \leq M_r$ el muro es estable pues el momento actuante es menor que el momento resistente.
- Si $M_a > M_r$ el muro es inestable pues el momento actuante es mayor que el momento resistente y fallará por volteo ante un sismo raro de 0.4 g.

3.8.2.5. Evaluación del Riesgo Sísmico

En la evaluación del Riesgo Sísmico se consideró los criterios mencionados en el estudio realizado por Mosqueira, M. y Tarque, N. 2005.

- **Vulnerabilidad:**

Para cada vivienda se consideró el aspecto estructural y no estructural.

La vulnerabilidad estructural está en función a los siguientes indicadores:

- **Densidad de muros: incidencia 60%**

La densidad de muros puede ser adecuada, aceptable o inadecuada, dependiendo del resultado que se obtenga del análisis de cada eje, de acuerdo al siguiente cuadro de doble entrada.

Tabla 8. Intersección de densidades por eje. Para hallar densidad total de muros de la estructura

Eje x Eje y	Adecuada	Aceptable	Inadecuada
Adecuada	Adecuada	Aceptable	Inadecuada
Aceptable	Aceptable	Aceptable	Inadecuada
Inadecuada	Inadecuada	Inadecuada	Inadecuada

Fuente: Tabla N° 09 "Estudio de la vulnerabilidad de viviendas en la ciudad de Cajamarca". Cajamarca. 2006

☞ **Calidad de mano de obra y calidad de materiales: incidencia 30%**

Observación directa de la calidad de mano de obra y materiales de las viviendas en estudio.

La vulnerabilidad no estructural está en función de un solo indicador

☞ **Estabilidad de muros al volteo: incidencia 10%**

Se tiene presente la estabilidad al volteo de tabiques, parapetos y cercos.

• **Peligro:**

Para evaluar el peligro sísmico de cada vivienda, se consideraron los siguientes indicadores:

☞ **Sismicidad:** incidencia 40%

☞ **Tipo de suelo:** con incidencia 40%

☞ **Topografía y pendiente de las zonas donde están ubicadas las viviendas:** con incidencia 20%.

La evaluación de la sismicidad y del tipo de suelo tiene relación directa con los valores de factor de zona (Z) y factor de suelo (S) que se estipulan en la Norma E030.

Según Mosqueira (2012), la evaluación de la topografía se hace de acuerdo con el reglamento de clasificación de tierras por capacidad de uso mayor (D.S. N° 017/09- AG; Anexo IV), considerándose:

- Topografía Plana. Aquella cuya pendiente es menor a 15 %.

- Topografía Media. Aquella cuya pendiente es mayor a 15 %, pero menos a 50 %.

- Topografía Pronunciada. Aquella cuya pendiente es mayor a 50 %.

- **Riesgo Sísmico:**

De acuerdo al resultado obtenido del nivel de Vulnerabilidad y Peligro Sísmico se calificó a cada vivienda con un nivel de Riesgo Sísmico Alto, Medio, Bajo.

3.8.2.6. Explicación del Riesgo Sísmico

El Riesgo está en función de la vulnerabilidad y del Peligro, es por ello que para analizar el riesgo sísmico, se consideró una influencia del 50% para ambos factores.

RIESGO = Función (50% VULNERABILIDAD; 50% PELIGRO)

a. Vulnerabilidad Sísmica

La vulnerabilidad estructural está en función de los siguientes indicadores: la densidad de muros (con incidencia de 60%), la calidad de mano de obra y calidad de materiales (con incidencia del 30%). La vulnerabilidad no estructural está en función a un solo indicador: la estabilidad de muros al volteo (con incidencia del 10%) para el caso de tabiques y parapetos.

Cada uno de los indicadores analizados, contiene los índices a los cuales se les asigna un valor numérico según sea el caso de la vivienda en estudio.

Tabla 9. Valores de los parámetros de vulnerabilidad

Vulnerabilidad					
Densidad		Mano de obra y materiales		Estabilidad muros al volteo	
Adecuada	1	Buena calidad	1	Todos estables	1
Aceptable	2	Regular calidad	2	Algunos estables	2
Inadecuada	3	Mala calidad	3	Todos inestables	3

Fuente: Tabla N° 4.03 "Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana". Lima. 2005.

Por ejemplo, si en el barrio El Estanco existe una vivienda X, que tenga densidad de muros inadecuada, la calidad de mano de obra y materiales regular, y algunos muros son estables, se les asigna los valores 3, 2 y 2 respectivamente.

En base a la incidencia y valores numéricos asignados a cada indicador, se realizaron todas las combinaciones posibles, obteniéndose diversos coeficientes, con los cuales se determinó el nivel de vulnerabilidad baja, media, alta.

$$\text{Vulnerabilidad Sísmica} = 0.6 \times \text{Densidad de muros} + 0.3 \times \text{Mano de obra y mat} + 0.1 \times \text{Estabilidad de muros} \dots (20)$$

Tabla 10. Rango de valores de vulnerabilidad sísmica

VULNERABILIDAD SISMICA	Estructural						No estructural			Pesos (%)			Coeficiente
	Densidad (60%)			Calidad M.O y materiales (30%)			Estabilidad de muros (10%)						
	Adecuada	Aceptable	Inadecuada	Buena	Regular	Mala	Estables	Algunos estables	Inestables	60	30	10	
BAJA	x			x			x			1	1	1	1.00
	x			x				x		1	1	2	1.10
	x			x					x	1	1	3	1.20
	x				x		x			1	2	1	1.30
	x				x			x		1	2	2	1.40
MEDIA	x				x				x	1	2	3	1.50
	x					x	x			1	3	1	1.60
	x					x		x		1	3	2	1.70
	x					x			x	1	3	3	1.80
		x		x			x			2	1	1	1.60
		x		x				x		2	1	2	1.70
		x		x					x	2	1	3	1.80
		x			x		x			2	2	1	1.90
		x			x			x		2	2	2	2.00
		x			x				x	2	2	3	2.10
ALTA						x	x			2	3	1	2.20
						x		x		2	3	2	2.30
						x			x	2	3	3	2.40
			x	x			x			3	1	1	2.20
			x	x				x		3	1	2	2.30
			x	x					x	3	1	3	2.40
			x		x		x			3	2	1	2.50
			x		x			x		3	2	2	2.60
			x		x				x	3	2	3	2.70
			x			x	x			3	3	1	2.80
			x			x		x		3	3	2	2.90
			x			x			x	3	3	3	3.00

Fuente: Tabla N° 4.05 "Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana". Lima. 2005.

Para evaluar la vulnerabilidad de cada una de las viviendas se estableció un rango de valores donde la vulnerabilidad sísmica es baja de 1.00 a 1.40, media de 1.50 a 2.10 y alta de 2.20 a 3.00.

Así retomando el ejemplo anterior de la vivienda X, y de acuerdo a la ecuación (20) se tiene $0.6 \times 3 + 0.3 \times 2 + 0.1 \times 2 = 2.60$; esto significa que tiene una vulnerabilidad sísmica alta.

b. Peligro Sísmico

La evaluación del peligro está en función a los siguientes indicadores: la sismicidad (40%), tipo de suelo (con incidencia 40%), y la topografía y pendiente (con incidencia 20%) de la zona donde está ubicada la vivienda.

Cada uno de los indicadores, contiene los índices a los cuales se les asigna un valor numérico según sea el caso de la vivienda en estudio (Tabla 11). La sismicidad de Cajamarca es alta (Norma E030), entonces a todas las viviendas se le asigna 3 como valor de sismicidad. El tipo de suelo tiene relación directa con el factor (S) de suelo pudiendo ser este de rígido, intermedio o flexible.

Tabla 11. Valores de los parámetros del peligro

Peligro					
Sismicidad (40%)		Suelo (40%)		Topografía y pendiente (20%)	
Baja	1	Rígido	1	Plana	1
Media	2	Intermedio	2	Media	2
Alta	3	Flexible	3	Pronunciada	3

Fuente: Tabla N° 4.07 "Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana". Lima. 2005.

En base a la incidencia y valores numéricos asignados a cada indicador, se reemplaza en la ecuación (21) Para calificar numéricamente el peligro sísmico de las viviendas. Se ha considerado 40% de participación tanto para la sismicidad como para el tipo de suelo, ya que estos parámetros se relacionan directamente con el cálculo de la fuerza sísmica V establecida en la Norma Peruana de Diseño Sismoresistente E030 (RNE 2009).

$$\text{Peligro Sísmico} = 0.4 \times \text{Sismicidad} + 0.4 \times \text{Suelo} + 0.2 \times \frac{\text{Topografía y pendiente}}{\dots} \dots (21)$$

Las combinaciones para hallar el peligro sísmico se trabaja en base a los niveles de sismicidad. La tabla 12 muestra todas las posibles

combinaciones para calificar el peligro sísmico como bajo, medio y alto tomando como eje principal la sismicidad.

Tabla 12. Rango de valores de parámetros de peligro sísmico

SISMICIDAD (40%)	Estructural						Pesos (%)			Peligro Sísmico	Valor Numérico
	Suelo (40%)			Topografía (20%)							
	Rígidos	Intermedios	Flexibles	Plana	Media	Pronunciada	40	40	20		
ALTA	x			x			3	1	1	Bajo	1.80
	x				x		3	1	2	Medio	2.00
	x					x	3	1	3		2.20
		x		x			3	2	1		2.20
		x			x		3	2	2	2.40	
		x				x	3	2	3	Alto	2.60
			x	x			3	3	1		2.60
			x		x		3	3	2		2.80
			x			x	3	3	3		3.00
MEDIA	x			x			2	1	1	Bajo	1.40
	x				x		2	1	2		1.60
	x					x	2	1	3		Medio
		x		x			2	2	1	1.80	
		x			x		2	2	2	2.00	
		x				x	2	2	3	2.20	
			x	x			2	3	1	2.20	
			x		x		2	3	2	2.40	
			x			x	2	3	3	Alto	2.60
BAJA	x			x			1	1	1	Bajo	1.00
	x				x		1	1	2		1.20
	x					x	1	1	3		1.40
		x		x			1	2	1		1.40
		x			x		1	2	2		1.60
		x				x	1	2	3	Medio	1.80
			x	x			1	3	1		1.80
			x		x		1	3	2		2.00
			x			x	1	3	3		Alto

Fuente: Tabla N° 4.09 "Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana". Lima, 2005.

De las combinaciones anteriores, para evaluar el nivel de peligro sísmico se establece la Tabla 13, donde se pueden ver los rangos numéricos de peligro sísmico bajo, medio y alto para cada nivel de sismicidad.

Tabla 13. Rangos numéricos de peligro sísmico

Sismicidad	Peligro Sísmico	Rango
Alta	Bajo	1.80
	Medio	2.00 a 2.40
	Alto	2.60 a 3.00
Media	Bajo	1.40 a 1.60
	Medio	1.80 a 2.40
	Alto	2.60
Bajo	Bajo	1.00 a 1.60
	Medio	1.80 a 2.00
	Alto	2.20

Fuente: Tabla N° 4.08 "Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana". Lima. 2005.

Así por ejemplo tomando el caso de la vivienda X, por encontrarse Cajamarca en una zona de Alta Sismicidad (se le asigna el valor de 3), suponiendo que el suelo donde se emplaza es rígido (se le asigna el valor 1) y la topografía es pronunciada (se le asigna el valor 3), de acuerdo a la ecuación (21) se tiene $0.4 \times 3 + 0.4 \times 1 + 0.2 \times 3 = 2.20$; esto significa que tiene peligro sísmico medio.

c. Riesgo Sísmico

Luego de establecer las calificaciones de vulnerabilidad y peligro se evaluó el nivel de riesgo sísmico que tiene cada una de las viviendas analizadas. El resultado está en función a una tabla de doble entrada donde se evaluó las posibles combinaciones de vulnerabilidad y peligro.

Tabla 14. Valores de evaluación de riesgo sísmico

RIESGO SISMICO			
Vulnerabilidad \ Peligro	Baja = 1	Media =2	Alta =3
	Bajo = 1	1	1.5
Medio = 2	1.5	2	2.5
Alto = 3	2	2.5	3

Fuente: Tabla N° 09 "Estudio de la vulnerabilidad de viviendas en la ciudad de Cajamarca". Cajamarca. 2006

Tabla 15. Evaluación del riesgo sísmico

RIESGO SISMICO			
Vulnerabilidad \ Peligro	Baja	Media	Alta
	Bajo	BAJO	MEDIO
Medio	MEDIO	MEDIO	ALTO
Alto	MEDIO	ALTO	ALTO

Fuente: Tabla N° 4.11 "Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana". Lima. 2005.

De esta manera para la vivienda X, que tomamos como ejemplo se obtuvo un valor de **2.60** para la vulnerabilidad, lo que implica que es alta; el valor **2.20** para una zona de alta sismicidad condiciona un peligro sísmico medio. Así finalmente para nuestro ejemplo combinando ambos casos se concluirá que el riesgo sísmico para la vivienda X es **alto**.

3.8.2.7. Diagnóstico

En esta parte los evaluadores explican los posibles daños que las viviendas sufrirán de acuerdo al nivel de riesgo sísmico calculado.

El riesgo sísmico bajo significa que la vivienda no sufrirá daños ante eventos sísmicos. La vivienda tiene adecuada densidad de muros, buena calidad de mano de obra y materiales adecuados, y se encuentra construida sobre un suelo estable.

El riesgo sísmico medio significa que la vivienda no tiene adecuada densidad en una de sus direcciones, pero se encuentra construida sobre un suelo estable. En este caso, se puede afirmar que la vivienda sufrirá algunos daños en sus muros.

El riesgo sísmico alto significa que la vivienda sufrirá daños importantes en sus muros y que los tabiques colapsarán (se voltearán). También, la vivienda podría presentar problemas de asentamiento por estar construida sobre un suelo muy flexible o con pendiente elevada. En este caso la vivienda debe ser reforzada y para ello se recomienda el asesoramiento técnico de profesionales en ingeniería civil.

3.8.2.8 Gráficos y fotografías

En esta parte de las fichas de reporte se presenta planos en planta de las viviendas con las dimensiones de los elementos estructurales.

Finalmente se muestra algunas fotografías que resaltan los errores constructivos de las viviendas encuestadas.

La Fig. 9. Muestra una ficha de reporte que se aplicó a una vivienda del Barrio El Estanco considerando la metodología antes descrita, dicha ficha consta de tres páginas. Las demás fichas serán presentados en documento electrónico.



**RIESGO SISMICO DE LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERIA CONFINADA DEL
BARRIO EL ESTANCO, CAJAMARCA
FICHA DE REPORTE**

Vivienda N° : 19

Antecedentes:

Ubicación: Jr. San Sebastian N° 619 (Fam. Lopez Reyes)
 Dirección técnica en el diseño: NO
 Dirección técnica en la construcción: Autoconstrucción, lo realizó el propietario con el apoyo de sus hijos
 Pisos construidos: 1 Pisos proyectados: 3 Antigüedad de la vivienda: 6 años
 Topografía y geología: Pendiente pronunciada. Suelo volcanico mezcla de grava y arcilla
 Estado de la vivienda: En parte posterior la vivienda limita con una edificación de tierra, que le pertenece a esta familia
 El segundo piso se ha levantado un parapeto en la fachada y otro transversal con ladrillos king kong artesanal
 Altura de parapeto 1.20 m.
 La vivienda en su interior no cuenta con puertas, propietario menciona que las colocara dentro de 1 año.
 Secuencia de construcción de la vivienda: Todos los ambientes se construyeron a la vez.

Aspectos técnicos:

Elementos de la vivienda:

Elemento	Características
Cimientos	Cimiento corrido de concreto ciclopeo de: 1.00x0.40m en la parte superior y 0.80 x 0.40 en resto de lados.
Muros	Ladrillo macizo artesanal, 8x12.5x22, juntas 2.5 cm, muros soga y cabeza, h ₁ =2.55, parapetos 1.20 m en 2do piso
Techo	1er piso losa aligerada de 20cm
Columnas	12 de 0.25x0.25m y 3 de 0.15x0.25
Vigas	Vigas chatas de 0.25x0.20m

Deficiencias de la estructura:

Problemas de ubicación:	Problemas constructivos:
Suelo mezcla de suelo volcanico, grava y arcilla/con pendiente pronunciada	Ladrillos artesanales Se observa segregacion del concreto provenientes de un mal encofrado al momento de la construcción.
Problemas estructurales:	
Muros de cabeza sin confinar en el interior . (Tabiquería no confinada)	Ubicación de los puntos de luz en viguetas y vigas chatas
Presencia de parapetos de 1.20 m en el segundo piso	Mano de obra:
	Regular
	Otros:
	Armaduras expuestas y corroidas

Análisis por sismo (Z=0.4g, U=1, C=2.5, R=3)
 Factor de Suelo S = 1.2

Resistencia característica a corte (kPa): v'm = 510
 VR = Resistencia al corte(kN) = Ae(0.5v'm.α+0.23fa)

Area Piso 1 m ²	Cortante Basal		Area de muros		Ae / Ar Adimensional	Densidad Ae/Area piso 1 %	Resistencia VR kN	VRV Adimensional	Resultado
	Peso acum. kN/m ²	V=ZUCSP/R kN	Existente:Ae m ²	Requerida:Ar m ²					
Análisis en el sentido "X"									
78.72	8.00	251.9	1.87	1.01	1.86	2.4	--	--	Adecuado
Análisis en el sentido "Y"									
78.72	8.00	251.9	2.28	1.01	2.3	2.9	--	--	Adecuado

Observaciones y Comentarios

Solo se calcula VR si 0.80<Ae/Ar<1

Fig. 9. Presentacion de ficha de reporte Pág. (1)

Estabilidad de muros al volteo

Muro	Factores					Mom. Act	Mom. rest.	Resultado	Muro	Factores					Mom. Act.	Mom. rest.	Resultado		
	C1	m	P	a	t	0.4C1mPa ²	25 t ²			Ma : Mr	C1	m	P	a	t	0.4C1mPa ²		25 t ²	Ma : Mr
	adim.	adim.	kN/m ²	m	m	kN-m/m	kN-m/m				adim.	adim.	kN/m ²	m	m	kN-m/m		kN-m/m	
M1	0.9	0.112	3.96	2.55	0.220	1.0	1.2	Estable	M5	1.3	0.500	2.25	1.20	0.125	0.84	0.39	Inestable		
M2	1.3	0.035	2.25	3.70	0.125	0.6	0.4	Inestable	M6	1.3	0.500	2.25	1.20	0.125	0.8	0.4	Inestable		
M3	1.3	0.108	2.25	1.28	0.125	0.2	0.4	Estable	M7	1.3	0.500	2.25	1.20	0.125	0.8	0.4	Inestable		
M4	1.3	0.500	2.25	1.20	0.125	0.8	0.4	Inestable											

FACTORES INFLUYENTES EN EL RESULTADO (Riesgo = Función (Vulnerabilidad; Peligro))						
Vulnerabilidad				Peligro		
Estructural		No estructural		Sismicidad	Suelo	Topografía y pendiente
Densidad	Mano de obra y materiales	Tabiquería y parapetos				
Adecuada:	X Buena calidad	Todos estables		Baja	Rígido	Plana
Aceptable:	Regular calidad	X Algunos estables		X Media	Intermedios	X Media
Inadecuada:	Mala calidad	Todos inestables		Alta	X Flexibles	Pronunciada X

Calificación	
Vulnerabilidad :	Baja
Peligro :	Alto

Resultado	
Riesgo Sísmico:	Medio

Diagnóstico:

La densidad de muros es buena tanto en el sentido X - X como en el sentido Y-Y.

La mano de obra es de regular calidad, el llenado de techo se realizó con concreto muy fluido.

La vivienda presenta actualmente un riesgo sísmico medio, debido su buena densidad de muros, si no fuera de esta manera el riesgo resultaría alto debido a que tiene un peligro alto. Materiales de regular calidad (ladrillos artesanales, algunos de ellos presentan eflorescencia leve)

Gráficos y fotografías:

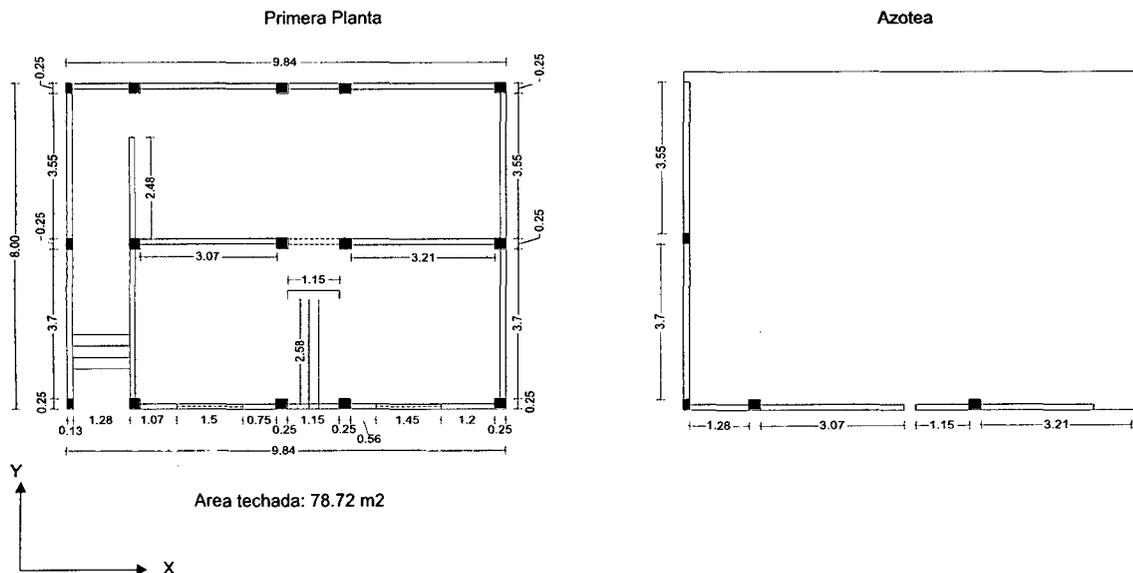
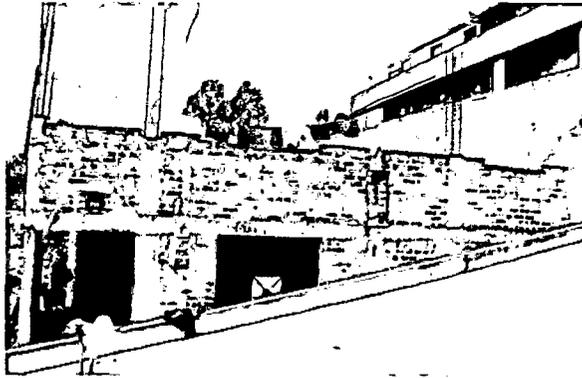
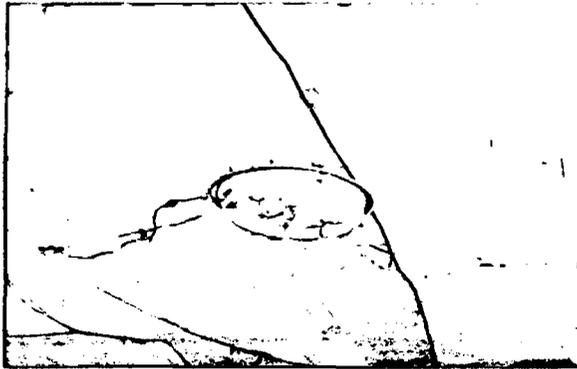


Fig. 9. Presentacion de ficha de reporte Pág. (2)

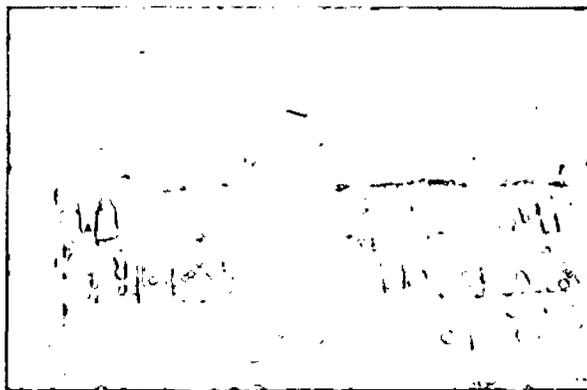
Fotos representativas



Fachada de la vivienda, observece el parapeto, muro que es susceptible al volteo



Salidas de puntos de luz en viguetas o vigas



Segregacion del concreto, fruto de concreto muy fluido al momento del techado

Fig. 9. Presentacion de ficha de reporte Pág. (3)

CAPITULO IV.
ANALISIS Y DISCUSION DE
RESULTADOS

4.1. Resultados de la investigación

En la Tabla 16, se muestra de una forma general los resultados obtenidos para cada una de las viviendas estudiadas, se aprecia los niveles de vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de cada una.

Tabla 16. Resumen de los resultados obtenidos para cada una de las viviendas del Barrio El Estanco.

Vivienda	Vulnerabilidad sísmica	Densidad de muros	Calidad de M.O y materiales	Estabilidad de muros al volteo	Peligro sísmico	Sismicidad	Suelo	Topografía y pendiente	Riesgo sísmico
1	Media	Adecuada	Regular	Inestables	Medio	Alta	Rígido	Media	Medio
2	Alta	Inadecuada	Mala	Algunos	Medio	Alta	Intermedio	Media	Alto
3	Alta	Inadecuada	Regular	Algunos	Medio	Alta	Rígido	Pronunciada	Alto
4	Media	Adecuada	Regular	Inestables	Medio	Alta	Rígido	Pronunciada	Medio
5	Baja	Adecuada	Regular	Algunos	Medio	Alta	Rígido	Pronunciada	Medio
6	Alta	Inadecuada	Regular	Algunos	Medio	Alta	Intermedio	Plana	Alto
7	Media	Adecuada	Regular	Inestables	Medio	Alta	Rígido	Pronunciada	Medio
8	Alta	Inadecuada	Regular	Algunos	Medio	Alta	Intermedio	Media	Alto
9	Baja	Adecuada	Regular	Algunos	Alto	Alta	Intermedio	Pronunciada	Medio
10	Alta	Inadecuada	Regular	Algunos	Medio	Alta	Intermedio	Plana	Alto
11	Baja	Adecuada	Regular	Algunos	Medio	Alta	Rígido	Media	Medio
12	Alta	Inadecuada	Regular	Inestables	Medio	Alta	Rígido	Pronunciada	Alto
13	Media	Adecuada	Regular	Inestables	Medio	Alta	Rígido	Media	Medio
14	Media	Adecuada	Mala	Algunos	Medio	Alta	Intermedio	Plana	Medio
15	Alta	Inadecuada	Regular	Algunos	Alto	Alta	Intermedio	Pronunciada	Alto
16	Alta	Inadecuada	Regular	Inestables	Medio	Alta	Rígido	Media	Alto
17	Media	Adecuada	Regular	Inestables	Alto	Alta	Intermedio	Pronunciada	Alto
18	Media	Adecuada	Mala	Inestables	Alto	Alta	Intermedio	Pronunciada	Alto
19	Baja	Adecuada	Regular	Algunos	Alto	Alta	Intermedio	Pronunciada	Medio
20	Baja	Adecuada	Regular	Estables	Medio	Alta	Intermedio	Plana	Medio
21	Alta	Inadecuada	Regular	Inestables	Alto	Alta	Flexible	Pronunciada	Alto
22	Alta	Inadecuada	Regular	Inestables	Medio	Alta	Intermedio	Plana	Alto
23	Baja	Adecuada	Regular	Algunos	Medio	Alta	Rígido	Pronunciada	Medio
24	Alta	Inadecuada	Mala	Inestables	Medio	Alta	Intermedio	Media	Alto
25	Media	Adecuada	Mala	Algunos	Alto	Alta	Flexible	Plana	Alto
26	Alta	Inadecuada	Regular	Algunos	Medio	Alta	Intermedio	Plana	Alto
27	Baja	Adecuada	Regular	Algunos	Medio	Alta	Rígido	Pronunciada	Medio
28	Alta	Inadecuada	Regular	Inestables	Medio	Alta	Intermedio	Media	Alto
29	Media	Adecuada	Regular	Inestables	Medio	Alta	Intermedio	Plana	Medio
30	Baja	Adecuada	Buena	Inestables	Medio	Alta	Rígido	Pronunciada	Medio

4.1.1. Vulnerabilidad sísmica

La tabla 16 es de importancia, ya que de ella se desprende todo el análisis de cada uno de los indicadores, subvariables y variable en estudio. Las tablas 17 a la 24, son fruto de contabilizar por separado cada uno de los indicadores, subvariables y variable en estudio. Para generar una apariencia didáctica los datos de las tablas son plasmados en diagramas de pastel.

A continuación se procede a realizar el análisis de la vulnerabilidad sísmica. De la tabla 16 se desprende la información contenida en la tabla 17. En donde se detalla a cantidad de viviendas por nivel de vulnerabilidad.

Tabla 17. Viviendas con vulnerabilidad sísmica baja, media y alta en el Barrio El Estanco.

VULNERABILIDAD SÍSMICA	N° VIVIENDAS	%
Baja	8	26.67
Media	9	30.00
Alta	13	43.33
Total	30	100.00

De acuerdo a la tabla 17, en la figura 10 muestra que del 100% de las viviendas, el 43.33% obtuvieron una vulnerabilidad sísmica alta, el 30.00% obtuvieron una vulnerabilidad sísmica media y el 26.67% obtuvieron una vulnerabilidad sísmica baja.

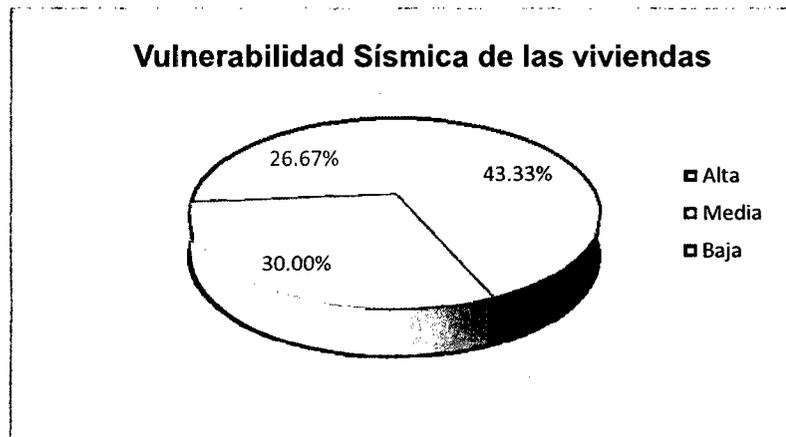


Fig. 10. Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada del Barrio El Estanco, Cajamarca

A. Densidad de muros

Tabla 18. Viviendas con densidad adecuada, aceptable e inadecuada en el Barrio El Estanco

DENSIDAD DE MUROS	N° VIVIENDAS	%
Adecuada	17	56.67
Aceptable	0	0.00
Inadecuada	13	43.33
Total	30	100.00

La figura 11 muestra que del 100% de las viviendas, el 56.67% obtuvieron una densidad de muros adecuada, el 0% una densidad aceptable y el 43.33% obtuvieron una densidad inadecuada.

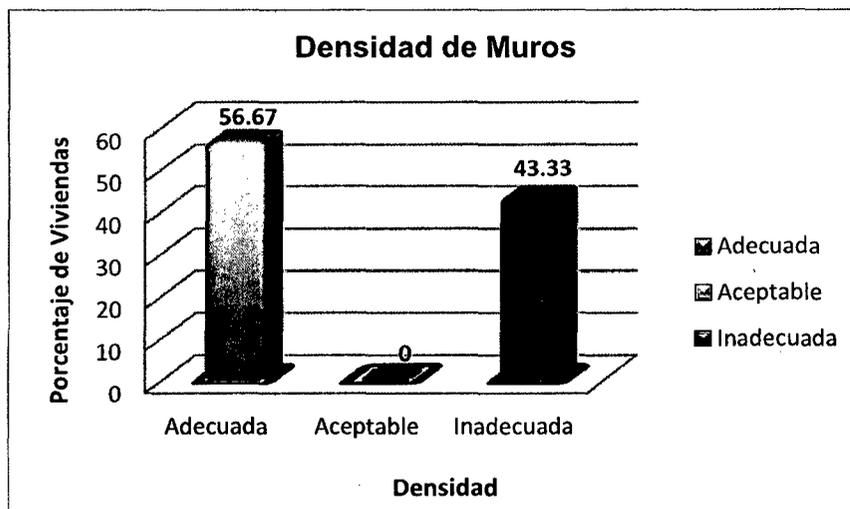


Fig. 11. Densidad de muros de las viviendas de albañilería confinada del Barrio El Estanco, Cajamarca

B. Calidad de la mano de obra y materiales

Tabla 19. Viviendas con buena, regular y mala calidad de M.O y materiales en el Barrio El Estanco.

CALIDAD DE M.O Y MATERIALES	N° VIVIENDAS	%
Buena	1	3.33
Regular	24	80.00
Mala	5	16.67
Total	30	100.00

La figura 12 muestra que del 100% de las viviendas, el 3.33% tuvieron una buena calidad de mano de obra y materiales, el 80.00% una regular calidad de mano de obra y materiales y el 16.67% una mala mano de obra y materiales.

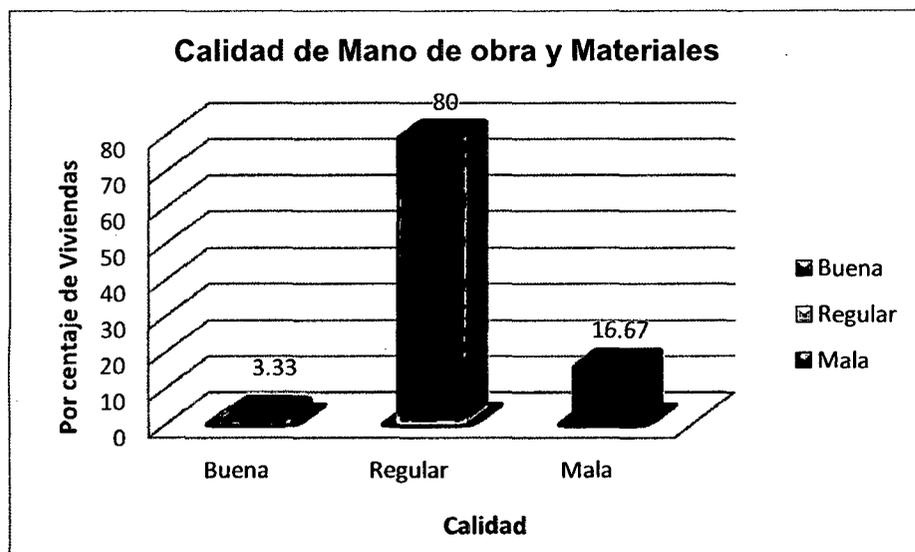


Fig. 12. Calidad de Mano de obra y materiales en las viviendas de albañilería confinada del Barrio El Estanco, Cajamarca

C. Estabilidad de muros al volteo

Tabla 20. Estabilidad de muros al voleo en viviendas del Barrio El Estanco

ESTABILIDAD DE MUROS AL VOLTEO	Nº VIVIENDAS	%
Todos estables	1	3.33
Algunos estables	15	50.00
Todos inestables	14	46.67
Total	30	100.00

La figura 13 muestra que del 100% de las viviendas, el 3.33% presentan estabilidad de todos los muros, 50% estabilidad de algunos muros y el 46.67% inestabilidad de todos los muros.

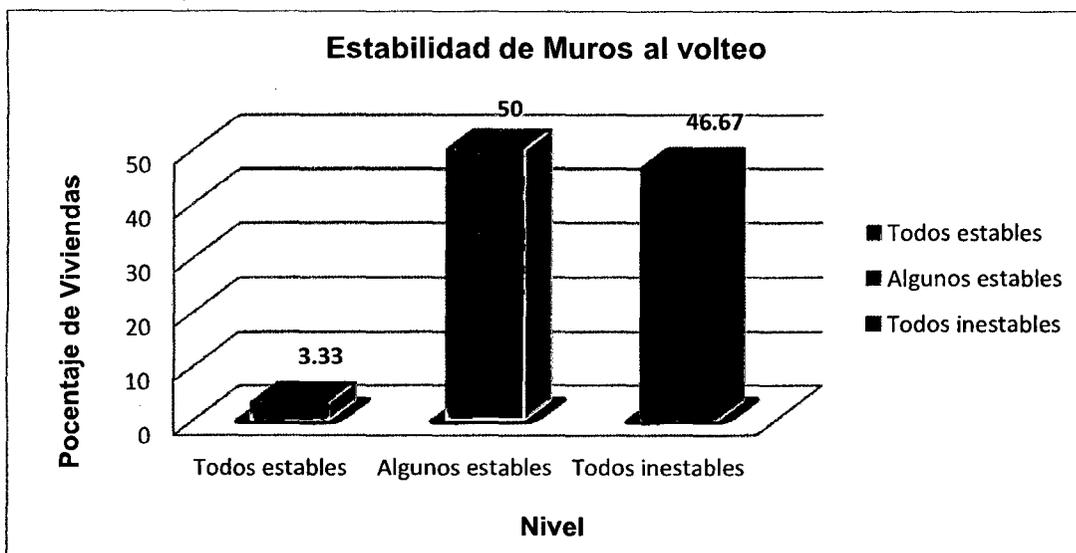


Fig. 13. Estabilidad de muros al volteo de las viviendas de albañilería confinada del Barrio El Estanco, Cajamarca

4.1.2. Peligro sísmico

Tabla 21. Viviendas con peligro sísmico bajo, medio y alto en el Barrio El Estanco

PELIGRO SÍSMICO	N° VIVIENDAS	%
Bajo	0	0.00
Medio	23	76.67
Alto	7	23.33
Total	30	100.00

La figura 14 muestra que del 100% de las viviendas, el 76.67% presentan un peligro sísmico de grado medio, 23.33% de peligro alto.

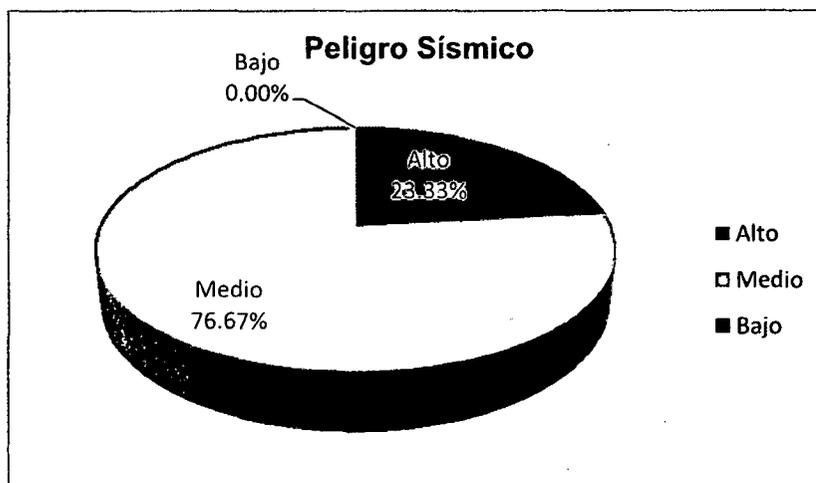


Fig. 14. Peligro sísmico de las viviendas de albañilería confinada del Barrio El Estanco, Cajamarca

A. Sismicidad

La ciudad de Cajamarca se encuentra ubicada en la zona 3 de peligro latente por sismo de acuerdo con la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente, por lo que se consideró una Sismicidad alta para el desarrollo del presente trabajo.

B. Suelo

Tabla 22. Viviendas emplazadas en suelo rígido, intermedio y flexible en el Barrio El Estanco

SUELOS	N° VIVIENDAS	%
Rígido	12	40.00
Intermedio	16	53.33
Flexible	2	6.67
Total	30	100.00

La figura 15 muestra que del 40.00% de viviendas se encuentran ubicadas sobre un suelo rígido, el 53.33% sobre un suelo intermedio y el 6.67% sobre un suelo flexible. Esta descripción se la realizó observando la capa superficial del suelo de la zona y por referencia de los dueños de

las viviendas, quienes proporcionaron características referenciales del tipo de material observadas al momento de la excavación de zanjas.

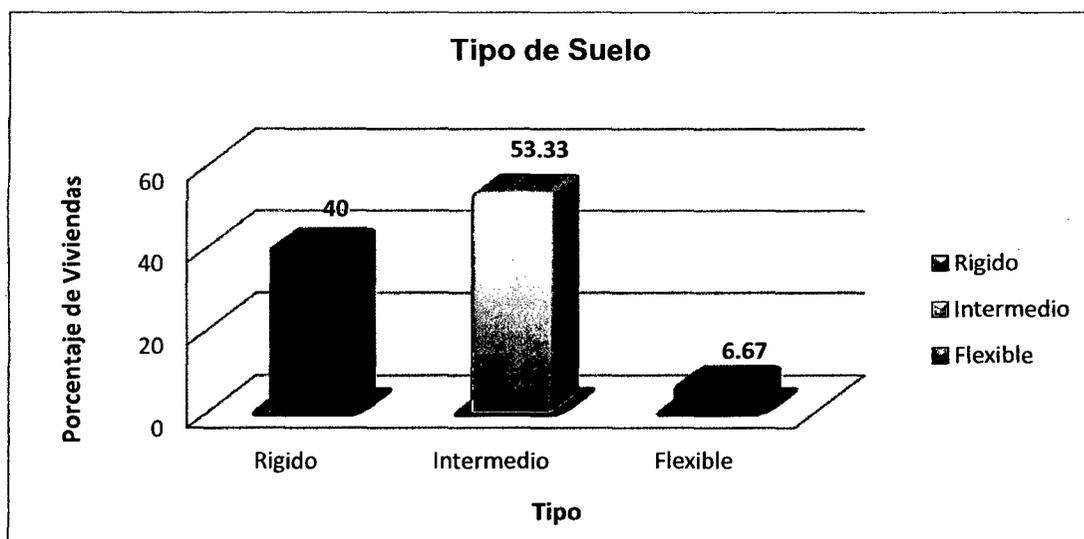


Fig. 15. Viviendas emplazadas en suelo rígido, intermedio y flexible en el Barrio El Estanco, Cajamarca

C. Topografía y Pendiente

Tabla 23. Viviendas emplazadas en pendiente plana, media y pronunciada en el Barrio El Estanco

TOPOGRAFIA Y PENDIENTE	N° VIVIENDAS	%
Plana	8	26.67
Media	8	26.67
Pronunciada	14	46.67
Total	30	100.00

La figura 16 muestra que el 26.67% de viviendas se ubican sobre un entorno de pendiente plana, el 26.67% en pendiente media y el 46.67% en pendiente pronunciada.

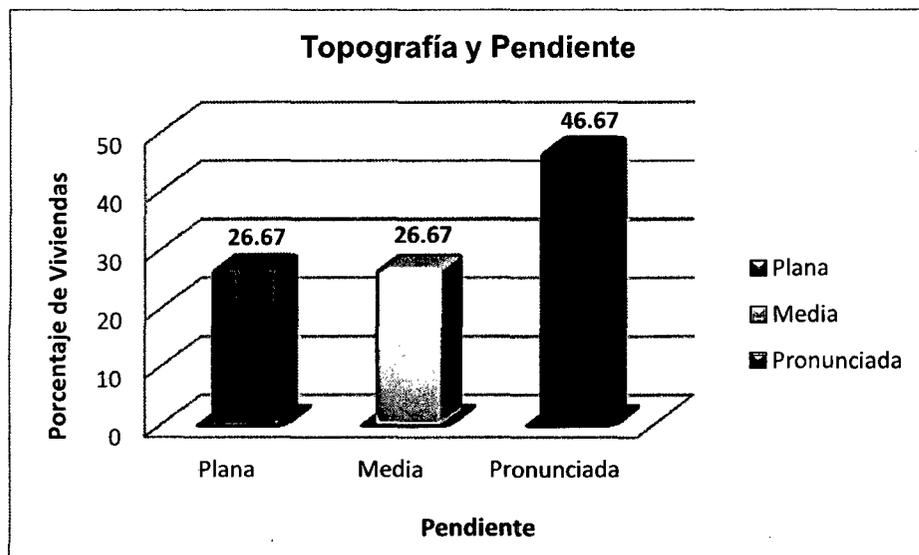


Fig. 16. Viviendas emplazadas en pendiente plana, media y pronunciada en el Barrio El Estanco, Cajamarca.

4.1.3. Riesgo sísmico

Tabla 24. Viviendas con nivel de riesgo sísmico alto, medio y bajo en el Barrio El Estanco.

RIESGO SISMICO	N° VIVIENDAS	%
Bajo	0	0.00
Medio	14	46.67
Alto	16	53.33
Total	30	100.00

De acuerdo a la figura 17, el 53.33% de viviendas tiene un riesgo sísmico alto, el 46.67% un riesgo sísmico medio y ninguna vivienda obtuvo un nivel de un nivel de riesgo sísmico bajo.

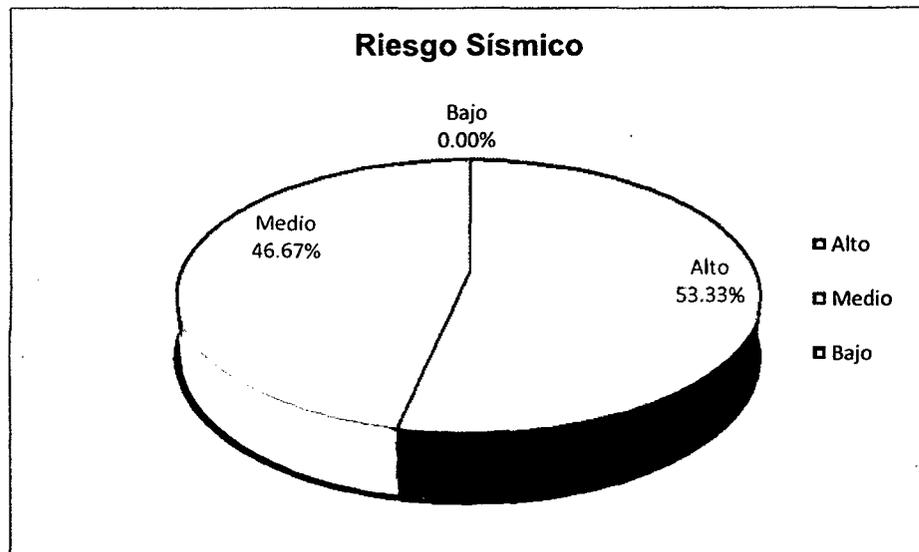


Fig. 17. Riesgo sísmico de las viviendas de albañilería confinada del Barrio El Estanco, Cajamarca

4.2. Análisis de la información

4.2.1. Vulnerabilidad sísmica

La vulnerabilidad sísmica de las viviendas depende de las propiedades intrínsecas de la edificación, vale decir densidad de muros, calidad de materiales y mano de obra, estabilidad de muros al volteo. A continuación analizaremos cada una de los factores concernientes a la vulnerabilidad sísmica.

Como se puede observar en la Fig. 11 del ítem 4.1.1., el 56.67% de la viviendas obtuvieron una densidad de muros adecuada, el valor así obtenido tiene razón de ser, ya que, un porcentaje considerable de viviendas encuestadas tienen áreas que oscilan entre 30 y 40 m², en este tipo de edificaciones por su pequeño tamaño en la gran mayoría de los casos, la densidad de muros está cubierta o satisfecha solo con los muros portantes perimetrales; cabe mencionar que un número considerable de viviendas de este tipo carecen de muros portantes interiores esto se vería afectado si en las viviendas se construyeran más

pisos, surgiendo de esta manera lo denominado piso blando, y la vivienda colapsaría ante una sollicitación sísmica debido a la carencia de muros en el primer nivel.

Por otro lado el 43.33% de las viviendas obtuvieron una densidad de muros inadecuada, esto se debe a que los elementos estructurales no están distribuidos de una manera correcta, es decir la estructura es más resistente en el sentido perpendicular a la calle, pues tiene una alta densidad de muros en ese sentido, sin embargo, en el sentido paralelo a la calle, la densidad de muros es generalmente insuficiente, esto debido a que en este sentido por malas prácticas constructivas se acostumbra a colocar tabiques en lugar de muros portantes. En otras viviendas se pudo apreciar el seccionamiento de muros portantes especialmente en la fachada, convirtiéndolos en muretes de pequeño tamaño con medidas menores a 1.20 m de largo, que según norma E070, no brindan resistencia a la estructura y en tal sentido no deberían considerarse en el análisis estructural.

Con respecto a los materiales de construcción de las viviendas analizadas, la Fig. 12, muestra que el 80.00% son de regular calidad, debido al bajo nivel económico de la mayoría de la población, que no les permitió proporcionarse de materiales de buena calidad para construir sus viviendas. Se pudo observar que el ladrillo utilizado en todas las casas estudiadas es de tipo artesanal (a mano) los cuales se caracterizan especialmente por su baja resistencia, variaciones dimensionales. La calidad de los agregados también depende, ya que estos son provenientes de cerro los cuales en su mayoría contienen impurezas, lo cual hace que pierda sus propiedades mecánicas.

El personal empleado en la construcción, no es el adecuado. Las malas prácticas constructivas son palpables en las edificaciones sin tarrajeo, donde se puede apreciar la presencia de cangrejeras en los elementos

de concreto armado, por otro lado el asentado de ladrillo en algunos casos no es uniforme, existiendo juntas con variaciones palpables y medibles, en algunos techos se puede observar la segregación que sufrió el concreto, estos techos se caracterizan porque permiten el paso de agua en épocas de lluvia. Sumado a lo anterior la presencia de humedad en muros es notoria, esto sucede por lo general en viviendas ubicadas en pendiente pronunciada.

Los resultados obtenidos ver Fig. 13, muestran un porcentaje del 46.67% de inestabilidad de muros al volteo. Las viviendas en estudio por lo general contienen parapetos que serán alzados posteriormente cuando se realice la ampliación de la construcción. Predominan dos tipos de parapetos, uno sin arriostres, el cual es inestable porque funciona como muro en voladizo; el otro tipo es parapeto con arriostre pero que debido a su largo se vuelve inestable. Existen viviendas que, en su segundo nivel, tienen como techo una cubierta de calamina, polipropileno entre otros, el cual no arriostra a los muros en la parte superior, razón por la cual estos muros son inestables frente a fuerzas perpendiculares a su plano.

Como la vulnerabilidad está en función de los factores antes explicados, combinándolos según la metodología usada en esta tesis, se dice que las viviendas de albañilería confinada del Barrio El Estanco tienen de vulnerabilidad sísmica alta con un 43.33 %, debido principalmente a la inadecuada distribución y deficiencia de muros portantes en sus ejes principales, a una mano de obra no calificada en sus mayoría y a la inestabilidad de tabiques y parapetos frente a fuerzas sísmicas perpendiculares a su plano.

4.2.2. Peligro sísmico

La Norma E030, señala que Cajamarca y por consecuencia el Barrio El Estanco se encuentra en una zona de peligro latente por sismo, razón por la cual la sismicidad tiene un valor alto.

En lo concerniente al tipo de suelo, la presencia de suelo rígido (ver fig.15) constituido casi en su totalidad por roca volcánica hace que la peligrosidad de las viviendas disminuya. Los suelos flexibles tienen menos preponderancia en esta zona, considerando a los suelos flexibles como suelo orgánico o arcillas expansivas.

Las viviendas ubicadas sobre pendiente pronunciada con un 46.67% (ver fig.16), vuelven a esta zona en un área de peligro sísmico.

En general esta zona tiene una preponderancia de suelos rígidos en las calles con pendiente pronunciada lo cual da un peligro medio; y suelos intermedios en topografías medianas a planas.

De lo anterior descrito, siguiendo la metodología señalada en este trabajo se determina que el Barrio El Estanco tiene un peligro sísmico medio de 76.67% y alto de 23.33%. (Fig. 14)

4.2.3. Riesgo sísmico

El riesgo sísmico está en función de la vulnerabilidad y peligro, es por ello que de acuerdo a los resultados obtenidos en estos dos parámetros, se puede decir que el riesgo de las viviendas es alto en un 53.33% y medio en un 46.67%, lo cual significa que estas sufrirían daños importantes ante la ocurrencia de un sismo raro (0.4 g).

4.3. Discusión de la investigación

En la tabla 25, se observa que en las investigaciones realizadas por Mosqueira, Laucata y Tafur los niveles de vulnerabilidad sísmica alta, es mayor a 50% en contraste a la investigación realizada en esta tesis. La explicación simple se debe a que en el Barrio El Estanco, existe viviendas que por sus pequeñas dimensiones en planta, los muros perimétricos basta para darle una adecuada densidad de muros y por lo consiguiente una vulnerabilidad baja y media. La similitud entre las investigaciones realizadas por Mosqueira y Laucata, se debe a la semejanza en la construcción en la costa peruana; el valor de 74.14% hallado por Tafur, se debe a que el estudio incluye a edificaciones de tres pisos, al cual al tener más altura son más vulnerables.

Tabla 25. Niveles de vulnerabilidad sísmica según investigaciones realizadas

	VULNERABILIDAD SISMICA (%)			
	Mosqueira	Laucata	Tafur	Vera
Alta	72.00	83.00	74.14	43.33
Media	18.00	10.00	12.07	30.00
Baja	10.00	7.00	13.79	26.27

La tabla 26, nos arroja los niveles de peligro sísmico que están expuestas las edificaciones según investigaciones realizadas por los autores correspondientes. Se observa que los valores de peligro sísmico medio son similares (mayores a 50%), esto debido a que todos los estudios se encuentran en una zona de alta sismicidad. Sin embargo cabe mencionar que las características del entorno varían en el Barrio El Estanco, debido a la presencia de suelos rígidos - medios, que contrastan con topografía de gran pendiente.

Tabla 26. Niveles de peligro sísmico según investigaciones realizadas

	PELIGRO SISMICO (%)			
	Mosqueira	Laucata	Tafur	Vera
Alto	40.00	17.00	41.00	23.33
Medio	60.00	83.00	59.00	76.67
Bajo	00.00	00.00	00.00	00.00

Finalmente en la tabla 27, se plasman los niveles de riesgo sísmico para las diferentes investigaciones, concluyendo que para todos los casos el Riesgo es elevado con valores mayores a 50%, la explicación racional que el Riesgo sísmico sea inferior en el caso de esta investigación, es debido básicamente a las razones expuestas en los dos párrafos anteriores.

Tabla 27. Niveles de riesgo sísmico según investigaciones realizadas

	RIESGO SISMICO (%)			
	Mosqueira	Laucata	Tafur	Vera
Alto	84.00	87.00	78.00	53.33
Medio	16.00	13.00	22.00	46.67
Bajo	0.00	0.00	0.00	0.00

4.4. Contrastación de la hipótesis

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis desarrollado en el presente estudio, se puede decir que las viviendas del barrio El Estanco, tienen un alto grado de riesgo sísmico, según se muestra en la fig.17, debido a su vulnerabilidad alta y peligro medio (ver fig. 10 y 14). Todo esto en correspondencia con la deficiencia en la estructuración, deficiencia de calidad de materiales y mano de obra, inestabilidad de tabiques y parapetos. El suelo de fundación es favorable pero es mermada por las condiciones de pendiente pronunciada. Por lo anteriormente señalado SE CONFIRMA Y ACEPTA LA HIPOTESIS PLANTEADA.

CAPITULO V.
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Al finalizar el presente trabajo de investigación para determinar el riesgo sísmico de las viviendas de albañilería confinada del Barrio El Estanco, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

Conclusiones Específicas:

- ✓ Las viviendas del Barrio El Estanco, tienen una vulnerabilidad alta con 43.33%, debido a su inadecuada densidad de muros en algunos casos y en otros que cumplen con adecuada densidad de muros pero con exceso de tabiques que voltearían ante cargas perpendiculares a su plano, a su regular y mala calidad de materiales y deficiente mano de obra.
- ✓ Las viviendas que tienen densidad de muros adecuada, por lo general tienen área en planta entre 30 y 40 m², motivo por el cual basta con los muros perimetrales en la mayoría de casos para darle una adecuada densidad de muros.
- ✓ Aquellas viviendas ubicadas en pendiente pronunciada, tienen en la mayoría de los casos muros de concreto en la parte superior que oscilan entre 20 y 25 cm de espesor, lo cual proporciona, buena densidad de muros a la vivienda.
- ✓ La mano de obra deficiente se hace notoria por la presencia de cangrejeras en elementos de concreto armado, juntas con variaciones dimensionales que van desde 2 – 3.5 cm y la baja calidad de los materiales se ve reflejado por las variaciones dimensionales del ladrillo.
- ✓ Existe presencia de juntas frías en algunas viviendas estudiadas, siendo estas un punto frágil frente a sollicitaciones sísmicas. Además existen

otros factores que hacen vulnerables a las viviendas, como humedad en muros, acero expuesto a corrosión, etc.

- ✓ Los habitantes de las viviendas, por lo general cuando empiezan a construir la planta superior, debido a falta de recursos económicos dejan los muros a medio levantar, los cuales actúan como parapetos y son muy vulnerables al volteo, pudiendo generar lesiones a transeúntes en las afueras de la vivienda en caso de un sismo.
- ✓ Las viviendas del Barrio El Estanco, tendrían un peligro sísmico medio de 76.67%, esto debido a condiciones de entorno como pendiente media y pronunciada, así como suelos intermedios y rígidos.
- ✓ Las viviendas construidas en pendiente media y pronunciada son más peligrosas, ya que ocasionan un efecto de golpe de la losa de una y el muro de otra durante un evento sísmico.

Conclusión General:

- ✓ Las viviendas de albañilería confinada del Barrio El Estanco, tienen un alto nivel de riesgo sísmico de 53.33%, debido a una vulnerabilidad sísmica alta y un peligro medio, lo cual indica que más de la mitad de viviendas tendrían problemas serios frente a un fenómeno sísmico.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda al poblador del Barrio El Estanco y otras zonas de Cajamarca que antes de construir una vivienda acudir a un Ingeniero Civil para que le proporcione el diseño de su vivienda en base a criterios estructurales que sean sismorresistentes.
- ✓ Existen cartillas, folletos e información virtual que serían de gran ayuda a personas dedicadas a la construcción “maestros de obra”, donde se enseña prácticas constructivas adecuadas para viviendas de uno y dos pisos, para edificaciones mayores se recomienda la asesoría, por decirlo obligatoria de un Ingeniero Civil.
- ✓ Sería ideal un proyecto que contemple, un estudio de mecánica de suelos por barrios o subsectores, para un buen diseño de la subestructura de las viviendas.
- ✓ Se recomienda comenzar a edificar las construcciones con criterios que contemple la Norma E070, todo muro portante para que cumpla su función a cabalidad debe estar confinado por sus cuatro lados, prácticas que en la realidad peruana no se ven muy a menudo.
- ✓ Apoyo económico por parte de entidades públicas para investigaciones como esta, ya que toda investigación conlleva esfuerzos que a menudo están muy ligados con la parte económica.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Abanto, F. 2005. Análisis y diseño de edificaciones de albañilería, Lima, PE.
2. Arango, J. 2002. Análisis, Diseño y construcción en albañilería estructural, Lima, PE.
3. Borda, LM. y Pastor, AE. 2007. Desempeño sísmico de un edificio aporticado peruano de seis pisos. Tesis Ing. Civiles. Lima, PE, Pontificia Universidad Católica del Perú. 61 p.
4. INDECI, PNUD, ECHO, MML, MDR. 2011. Riesgo Sísmico y Medidas de Reducción del Riesgo en el Centro Histórico de Lima, PE.
5. INDECI, 2006. Manual básico para la estimación del riesgo. Lima, PE, 69 p.
6. INDECI, 2005. Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Cajamarca. Proyecto INDECI – PNUD PER/02/051.
7. Ingeniería y sociedad UC. 2013. Estado del conocimiento sobre metodologías de evaluación de vulnerabilidad sísmica de edificios. Vol. 8, N°1. p7 – p28.
8. Kuroiwa, J. 2002. Reducción de desastres: Viviendo en armonía con la naturaleza), Lima, PE.
9. Landata, N. 2007. Evaluación del riesgo sísmico mediante métodos avanzados y técnicas GIS. Aplicación a la ciudad de Barcelona. Tesis Dr, ES, Universidad Politécnica de Cataluña.
10. Laucata, JE. 2013. Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las Viviendas informales en la ciudad de Trujillo. Tesis Ing. Civil, PE, Pontificia Universidad Católica del Perú. 99 p.
11. Llanos, LF. y Vidal, LM. 2003. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de escuelas públicas de Cali: Una propuesta metodológica. Tesis Ing. Civiles. Santiago de Cali, CO, Universidad del Valle. 261 p.
12. Mendoza, M. et al. 2006. Análisis de la vulnerabilidad física: acondicionamiento territorial, tipo y uso de infraestructura, INDECI. p317- p324.

13. Mosqueira, MA. 2012. Riesgo sísmico en las edificaciones de la facultad de ingeniería – Universidad Nacional de Cajamarca. Tesis Doctor, PE, Universidad Nacional de Trujillo. 158 p.
14. Mosqueira, M. y Tarque, N. 2005. Recomendaciones técnicas para mejorar la seguridad sísmica de viviendas de albañilería confinada de la costa peruana. Tesis Mag. Ing. Civil. Lima, PE, Pontificia Universidad Católica del Perú. 142 p.
15. Municipalidad Provincial de Cajamarca, 2007. Catastro Digital Fase I, II y III.
16. Municipalidad Provincial de Cajamarca, 2000. Plan de Desarrollo Peri – urbano de la ciudad de Cajamarca 1999 – 2010.
17. Reglamento Nacional de Edificaciones: Norma E020. 2009. Megabyte. Tercera edición.
18. Reglamento Nacional de Edificaciones: Norma E030. 2009. Megabyte. Tercera edición.
19. Reglamento Nacional de Edificaciones: Norma E070. 2009. Megabyte. Tercera edición.
20. Reque, KE. 2006. Diagnostico preliminar de la vulnerabilidad para establecimientos de salud en el Perú
21. San Bartolomé, A. 1998. Construcciones de albañilería. Comportamiento sísmico y diseño estructural, Lima, PE
22. SENCICO, 2008. Comentarios a la Norma Técnica de Edificación E.070. “Albañilería”. San Bartolomé, A.
23. Tafur, E. y Narro, V. 2006. Estudio de la vulnerabilidad de viviendas en la ciudad de Cajamarca. Tesis Ing. Civiles, PE, Universidad Nacional de Cajamarca. 140 p.
24. Vizconde, A. 2004. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de un edificio existente: Clínica San Miguel, Piura. Tesis Ing. Civil, PE, Universidad de Piura. 247 p.

ANEXOS

A.1. Planos

Plano N° 1: Ubicación del Barrio El Estanco con respecto a la Plaza Mayor de la ciudad de Cajamarca.

Plano N° 2: Límites del Barrio El Estanco

Plano N° 3: Población de estudio

Plano N° 4: Viviendas estudiadas en el Barrio El Estanco

Planos de viviendas estudiadas en documento electrónico

A.2. Fichas de encuesta

Presentados en documento electrónico

A.3. Fichas de reporte

Presentados en documento electrónico