

UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**VULNERABILIDAD, PELIGRO Y RIESGO SÍSMICO EN VIVIENDAS
AUTOCONSTRUIDAS DEL DISTRITO DE SAMEGUA, REGIÓN MOQUEGUA**

Presentada por:

BACH. ING. ROGELIO EDUVIGUES FLORES ORTEGA

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

MOQUEGUA – PERÚ

2015

CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
CONTENIDO	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE FOTOS	xiv
LISTADO DE SÍMBOLOS.....	xvi
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT	xxi

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Formulación del problema.....	3
1.3. Justificación y antecedentes	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Hipótesis	5
1.6. Variables	5
1.6.1. Variables independiente (VI).....	5
1.6.2. Variables dependiente (VD).....	5

1.6.2. Otras variables.....	6
1.7. Metodología para la investigación.....	6
1.8. Población y muestra	8
1.8.1. Población	8
1.8.2. Muestra.....	8

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Vulnerabilidad sísmica	9
2.2. Riesgo sísmico	10
2.3. Métodos para estimar la vulnerabilidad sísmica.....	11
2.4. Sismicidad	14
2.4.1. Escala de Richter.....	15
2.4.2. Escala de Mercalli.....	16

CAPÍTULO III

ALBAÑILERÍA CONFINADA Y ARMADA

3.1. Albañilería confinada	18
3.2. Albañilería armada.....	18
3.3. Conceptos relacionados con la investigación.....	19
3.4. Unidades de albañilería	22
3.4.1. Variación dimensional.....	22
3.4.2. Alabeo	23
3.4.3. Succión.....	24

3.4.4. Absorción.....	25
3.4.5. Resistencia a compresión unidades de albañilería.....	26
3.4.6. Pilas.....	28

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

4.1. Ubicación y extensión de la zona en estudio.....	32
4.2. Características generales	34
4.3. Geológico-geotécnico	35
4.4. Topografía	46
4.5. Materiales de construcción característicos.....	50
4.6. Características de las unidades de ladrillos	54

CAPÍTULO V

FICHAS DE ENCUESTA Y DE REPORTE

5.1. Fichas de encuesta	59
5.1.1. Antecedentes	60
5.1.2. Aspectos técnicos	60
5.1.3. Esquema de la vivienda	60
5.1.4. Observaciones y comentarios	60
5.1.5. Fotografías	62
5.2. Fichas de reporte	67
5.2.1. Antecedentes	68

5.2.2. Aspectos técnicos	68
5.2.3. Análisis sísmico	68

CAPÍTULO VI

DEFECTOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS

6.1. Problemas de ubicación de las viviendas.....	88
6.2. Problemas estructurales de las viviendas	91
6.3. Problemas del proceso constructivo de las viviendas	93
6.4. Calidad de mano de obra.....	96
6.5. Otros problemas de las viviendas	98

CAPÍTULO VII

BASE DE DATOS Y ESTADÍSTICA

7.1. Datos estadísticos de la zona	102
7.2. Análisis cualitativo de la base de datos.....	106
7.3. Análisis cuantitativo de la base de datos	114

CAPÍTULO VIII

IMPACTO AMBIENTAL

8.1. Contaminación Ambiental Urbana.....	122
8.1.1. Impactos en la zona de estudio.....	123
8.1.2. Impactos en las autoconstrucciones	124

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1. Conclusiones	127
9.2. Recomendaciones	128
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	130
ANEXOS	134

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1:	Escala de Richter.....	15
TABLA 2.2:	Escala de Mercalli.....	16
TABLA 4.1:	Características mecánicas de unidades de ladrillo.....	54
TABLA 5.1:	Valores de parámetros de vulnerabilidad sísmica	82
TABLA 5.2:	Valores de parámetros de riesgo sísmico	83
TABLA 5.3:	Combinaciones de los parámetros para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica (M. y T. 2005)	83
TABLA 5.4:	Combinaciones de peligro sísmico alto	84
TABLA 5.5:	Combinaciones de peligro sísmico medio	85
TABLA 5.6:	Combinaciones de peligro sísmico bajo	85
TABLA 5.7:	Riesgo sísmico	86
TABLA 5.8:	Riesgo sísmico en valores	86
TABLA 7.1:	Características generales de las viviendas	102
TABLA 7.2:	Consolidado estadístico de viviendas	103
TABLA 7.3:	Proceso constructivo de viviendas.....	105
TABLA 7.4:	Mano de obra.....	106
TABLA 7.5:	Calidad de materiales	108
TABLA 7.6:	Problemas en los muros	109
TABLA 7.7:	Densidad de muros.....	115
TABLA 7.8:	Densidad de muros paralelos a la fachada	116
TABLA 7.9:	Densidad de muros perpendiculares a la fachada.....	117

TABLA 7.10: Vulnerabilidad, Peligro y Riesgo Sísmico..... 118

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1	:	Zonificación	2
FIGURA 4.1	:	Localización de la Ciudad de Moquegua	33
FIGURA 4.2	:	Ubicación de la zona de estudio	34
FIGURA 4.3	:	Zonificación Geotécnica Moquegua.....	44
FIGURA 4.4	:	Tipo de Suelo Samegua	45
FIGURA 4.5	:	Demarcación de la zona de estudio.....	46
FIGURA 4.6	:	Topografía del Distrito de Samegua	49
FIGURA 4.7	:	Ladrillo King Kong Industrial (KKI)	56
FIGURA 5.1	:	Ficha de encuesta página 1 de 3	63
FIGURA 5.2	:	Ficha de encuesta página 2 de 3.....	64
FIGURA 5.3	:	Ficha de encuesta página 3 de 3.....	65
FIGURA 5.4	:	Fuerza cortante y Me vivienda de 1 piso	73
FIGURA 5.5	:	Fuerza cortante y Me vivienda de 2 pisos.....	74
FIGURA 5.6	:	Verificación densidad de muros.....	75
FIGURA 5.7	:	Muros con cuatro bordes arriostrados	78
FIGURA 5.8	:	Muros con tres bordes arriostrados	78
FIGURA 5.9	:	Momento resistente Mr en muro de albañilería	80
FIGURA 5.10	:	Vulnerabilidad estructural	81
FIGURA 5.11	:	Riesgo sísmico	82
FIGURA 6.1	:	Problemas de pendiente en viviendas	88
FIGURA 6.2	:	Mapa vulnerabilidad-micro cuencas Samegua	89

FIGURA 7.1	:	Universo de viviendas encuestadas	104
FIGURA 7.2	:	Acero expuesto	106
FIGURA 7.3	:	Calidad de mano de obra	107
FIGURA 7.4	:	Calidad de material.....	108
FIGURA 7.5	:	Corte en muros.....	109
FIGURA 7.6	:	Sales	110
FIGURA 7.7	:	Eflorescencia.....	111
FIGURA 7.8	:	Asentamientos.....	111
FIGURA 7.9	:	Fisuras	112
FIGURA 7.10	:	Fisuras reparadas.....	113
FIGURA 7.11	:	Densidad de muros	115
FIGURA 7.12	:	Muros paralelos a la fachada.....	116
FIGURA 7.13	:	Muros perpendiculares a la fachada	117
FIGURA 7.14	:	Vulnerabilidad sísmica.....	119
FIGURA 7.15	:	Peligro sísmico	119
FIGURA 7.16	:	Riesgo sísmico	120

ÍNDICE DE FOTOS

FOTO 3.1	:	Procedimiento de variación dimensional	23
FOTO 3.2	:	Procedimiento de alabeo.....	24
FOTO 3.3	:	Procedimiento ensayo de succión	25
FOTO 3.4	:	Procedimiento ensayo de absorción.....	26
FOTO 3.5	:	Ensayo de compresión.....	28
FOTO 3.6	:	Pilas de KKI y KKA	28
FOTO 3.7	:	Colocado de capping en Pilas	29
FOTO 3.8	:	Falla de Pila KKA	31
FOTO 3.9	:	Falla de Pila KKI.....	31
FOTO 4.1	:	Vivienda de un piso	51
FOTO 4.2	:	Vivienda de dos pisos	51
FOTO 4.3	:	Vivienda de tres pisos	52
FOTO 4.4	:	Muros con King Kong Industrial (KKI).....	52
FOTO 4.5	:	Muros con King Kong Artesanal (KKA).....	53
FOTO 4.6	:	Techo con losa aligerada	53
FOTO 4.7	:	Unidades de arcilla KKA y KKI	55
FOTO 4.8	:	Comprobación de dimensiones del ladrillo KKI.....	56
FOTO 4.9	:	Comprobación de dimensiones del ladrillo KKA	57
FOTO 6.1	:	Viviendas en pendientes altas.....	88
FOTO 6.2	:	Viviendas en cause de quebrada seca.....	90
FOTO 6.3	:	Carencia de junta sísmica en viviendas.....	91

FOTO 6.4	:	Techos de viviendas a desnivel sin juntas.....	92
FOTO 6.5	:	Acero de viga expuesto por mal encofrado	94
FOTO 6.6	:	Acero de viga expuesto proyectado	94
FOTO 6.7	:	Inadecuado confinamiento de muro	96
FOTO 6.8	:	Discontinuidad Vert. por mal encofrado de columna.....	97
FOTO 6.9	:	Muros agrietados	98
FOTO 6.10	:	Eflorescencia en muros.....	99
FOTO 6.11	:	Baja calidad de ladrillos.....	100
FOTO 8.1	:	Impactos Comité 9 Samegua, uso de suelo	124

LISTA DE SÍMBOLOS

- A : Área de corte correspondiente a la sección transversal de un muro portante.
- A_e : Área de muros existente.
- A_r : Área de muros requerida.
- e : Espesor bruto de un muro.
- E_c : Módulo de elasticidad del concreto.
- E_m : Módulo de elasticidad de la albañilería.
- f'_b : Resistencia característica a compresión axial de las unidades de albañilería.
- f'_c : Resistencia a compresión axial del concreto kg/cm^2 .
- f'_m : Resistencia característica a compresión axial de la albañilería.
- f'_t : Esfuerzo admisible a tracción por flexión de la albañilería.
- f_y : Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo.
- G_m : Módulo de corte de la albañilería.
- h : Altura de entrepiso o altura del entrepiso.
- I : Momento de inercia correspondiente a la sección transversal de un muro.
- L : Longitud total del muro, incluyendo las columnas de confinamiento (si existiesen).
- L_m : Longitud del plano mayor en un muro confinado, o $0,5 L$; lo que sea mayor.

- L_t : Longitud tributaria de un muro transversal al que está en análisis.
- M_e : Momento flector en un muro obtenido del análisis elástico ante el sismo moderado.
- M_u : Momento flector en un muro producido por el sismo severo.
- N : Número de pisos del edificio o número de pisos de un pórtico.
- P : Peso total del edificio con sobrecarga reducida según se especifica en la Norma E.030 Diseño Sismorresistente.
- P_g : Carga gravitacional de servicio en un muro, con sobrecarga reducida.
- P_e : Carga axial sísmica en un muro obtenida del análisis elástico ante el sismo moderado.
- P_u : Carga axial en un muro en condiciones de sismo severo.
- S : Factor de suelo especificado en la Norma técnica de edificación E.030 Diseño Sismorresistente.
- t : Espesor efectivo del muro.
- t_n : Espesor del núcleo confinado de una columna correspondiente a un muro confinado.
- U : Factor de uso o importancia, especificado en la Norma Técnica de edificación E.030 Diseño Sismorresistente.
- V_c : Fuerza cortante absorbida por una columna de confinamiento ante el sismo severo.
- V_e : Fuerza cortante en un muro, obtenida del análisis elástico ante el sismo moderado.

- V : Resistencia al corte en el entrepiso "i" de uno de los muros.
- $v'm$: Resistencia característica de la albañilería al corte obtenida de ensayos de muretes a compresión diagonal.
- Z : Factor de zona sísmica especificado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente.
- σ : Esfuerzo axial de servicio actuante en un muro.
- σm : Esfuerzo axial máximo en un muro.

RESUMEN

En este proyecto se desarrolló una metodología simple para determinar el riesgo sísmico de viviendas auto-construidas de albañilería confinada. Para ello se ha realizado un estudio sobre los errores arquitectónicos, constructivos y estructurales de 25 viviendas auto-construidas de albañilería confinada en el Distrito de Samegua. Las viviendas auto-construidas por pobladores y maestros de obra, sin asesoramiento técnico o profesional. Muchas veces las viviendas auto-construidas son vulnerables ante los sismos y colapsan, causando innumerables pérdidas económicas y lamentables pérdidas de vida. Para recolectar información sobre las viviendas auto-construidas se encuestaron un total de 25 viviendas ubicadas en el Distrito de Samegua, de la ciudad de Moquegua. Las tareas de recolección de información en campo se realizaron en fichas de encuesta por alumnos de la UJCM. Después la información recogida fue procesada en fichas de reporte donde se obtuvo la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de las viviendas encuestadas. Luego, con la información obtenida se realizó una base de datos para clasificar los principales defectos de las viviendas analizadas. Para luego concluir con algunas recomendaciones para lograr viviendas sismorresistentes. Como resultado de la investigación se considera lo siguiente: La Vulnerabilidad Sísmica encontrada en el análisis de las viviendas, fue Alta en un 56% y Media en 44%; siendo los principales factores influyentes la densidad de muros y la calidad de la mano de obra durante el proceso constructivo. El Peligro Sísmico hallado en el análisis

realizado, fue Medio en el 100% en los que fueron factores predominantes la sismicidad y el tipo del suelo de la zona de estudio. El Riesgo Sísmico encontrado en el análisis fue de Alto en un 56% y Medio en un 44% siendo este el resultado de la influencia de la vulnerabilidad y el peligro sísmico. Siendo estos factores producto, principalmente, de la inadecuada configuración estructural de sus muros, la mala calidad de materiales, la mala calidad de mano de obra y la alta sismicidad de la zona en la que se encuentran las viviendas. Por lo que es necesario implementar una correcta cultura de `construcción`, por medio de la `capacitación` y disminuir así estos factores.

Palabras clave: Vulnerabilidad; Peligro; Riesgo sísmico; Viviendas;
Autoconstrucción; Albañilería

ABSTRACT

This project develops a simple method for determining the seismic risk of self-constructed dwellings confined masonry. To this end, a study was made on the architectural, construction and structural mistakes of 25 self-built homes in masonry confined in Samegua District. The self-built houses by residents and foremen, without technical or professional advice. Often self-built homes are vulnerable to earthquakes and collapse, causing loss of life and countless deplorable economic losses. To collect information on self-built housing a total of 25 homes located in the District of Samegua, Moquegua city were surveyed. The tasks of gathering information in the chip field survey conducted by students of the UJCM. After that the information collected was processed in chips of reporting where vulnerability, hazard and seismic risk of the dwellings were obtained. Then, with information from a database was performed to classify the main defects of homes tested. And then conclude with some recommendations for achieving housing earthquake resistant. As a result of the research it is considered the following: Seismic Vulnerability found in the analysis of housing was high at 56% and 44% Media; it is the main influencing factors wall density and quality of labor during the construction process. Seismic Hazard found in the analysis, was average at 100% in those who were predominant factors seismicity and soil type of the study area. Seismic Risk Analysis was found in High by 56% and 44% across this being the result of the influence of the vulnerability and

seismic hazard. As these factors product mainly of inadequate structural configuration of the walls, poor quality of materials, shoddy workmanship and high seismicity of the area where the houses are. So it is necessary to implement a proper culture of `Construction`, through `training` and thus reduce these factors.

Key Words: Vulnerability; Danger; Seismic risk; Households; Self-construction;
Masonry

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

En el capítulo I se desarrolla una descripción general del contenido del proyecto así como se hace el planteamiento del problema, formulación del problema y justificación de la necesidad del estudio y se referencia algunos antecedentes resaltantes de la zona; así como se exponen los objetivos a alcanzar con esta investigación.

1.1. Planteamiento del problema

El crecimiento anual de la población peruana es alrededor del 1,6% (www.inei.gob.pe), lo que origina un incremento en la demanda de viviendas para las nuevas familias que se van formando cada año. La albañilería de ladrillos de arcilla, confinada por elementos de concreto armado, es considerada como “material noble” por muchos pobladores y es, por tanto, un material de preferencia para la construcción de viviendas en el Perú.

Debido a la deficiente situación económica, muchos pobladores peruanos no tienen la posibilidad de contratar profesionales y recurren a la construcción informal para edificar sus viviendas en albañilería confinada. El problema principal de la mayoría de estas viviendas es que tienen problemas estructurales graves y son sísmicamente muy vulnerables.

Los efectos sísmicos sobre las estructuras siempre han sido y serán materia de investigación debido a las pérdidas económicas y de vidas humanas que provocan; ante ello se han generado normativas para evitar daños severos en las edificaciones. A pesar de los avances tecnológicos y las nuevas normativas todavía se incurre en los errores de diseño, construcción y otros que aumentan la vulnerabilidad de las construcciones debido a que en muchos lugares no se aplica adecuadamente y desconocen de la normativa.

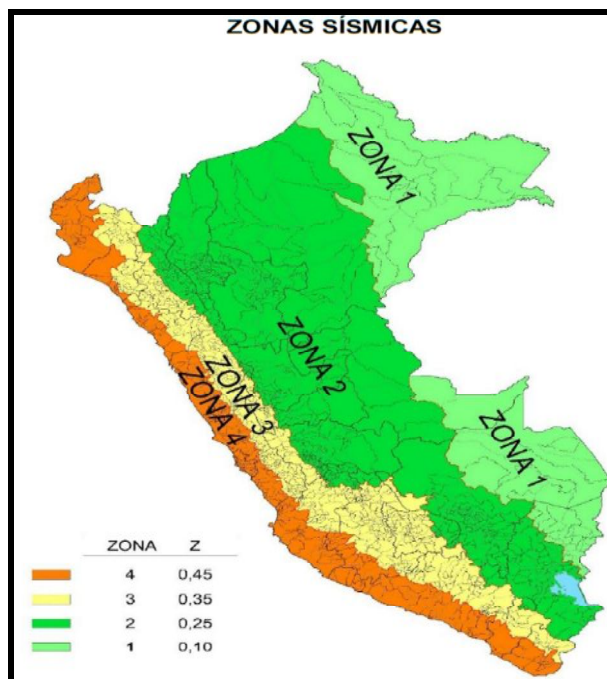


Figura 1.1: Zonificación

Fuente: PROYECTO DE NORMA E-030 DISEÑO SISMORESISTENTE 2014

La ciudad de Moquegua situada al sureste del Perú, según la norma E-030(2014) se encuentra en la zona sísmica 04, zona de alta actividad sísmica. En este proyecto de investigación realizado en el Distrito de Samegua ubicado

a 5 km al noreste de la ciudad de Moquegua, según la norma E-030(2014) se encuentra en la zona sísmica 03 (Figura 01).

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la Vulnerabilidad, Peligro y Riesgo sísmico en viviendas autoconstruidas del Distrito de Samegua, Región Moquegua?

1.3. Justificación y antecedentes

La expansión demográfica que viene ocurriendo en la ciudad de Moquegua principalmente en el Distrito de Samegua, en donde los últimos 10 años se ha ido incrementado la población, ello debido a la inmigración. Esto es un indicativo que existe una relación íntima entre la expansión demográfica y la necesidad de viviendas para los nuevos habitantes.

Debido a este crecimiento poblacional y a la necesidad de contar con nuevas viviendas, junto a los escasos recursos económicos de la población es que muchas de estas nuevas edificaciones son auto-construidas careciendo éstas de asistencia y/o dirección técnica y profesional que garantice la calidad de las mismas.

El sismo presentado en el 2001 en la ciudad de Moquegua, así como el último ocurrido en la ciudad de Ica en el 2008, dieron a conocer que estas viviendas auto-construidas no tuvieron un comportamiento sísmico adecuado el cual

conllevó a la pérdida de materiales y de vidas humanas. Por ello es necesario identificar y aminorar el riesgo sísmico de este tipo de viviendas, para lo cual se propone elaborar un sistema rápido para la evaluación del riesgo sísmico y así obtener con esta evaluación de las viviendas auto-construidas, las recomendaciones para los pobladores y maestros de obra del cómo construir viviendas sismorresistentes.

1.4. Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- El objetivo general del proyecto es realizar el estudio de Vulnerabilidad, Peligro y Riesgo Sísmico en las viviendas autoconstruidas ubicadas en el Distrito de Samegua, aplicando fichas de encuestas y de reporte elaboradas en la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP).

1.4.2 Objetivos específicos

- Verificar la condición estructural de las edificaciones auto construidas en el Distrito de Samegua, la calidad de los materiales y las condiciones técnicas en que vienen edificándose (Planos de diseño, supervisión, mano de obra, etc.).
- Aportar mediante una base de datos de los errores estructurales y constructivos más incidentes de las viviendas auto-construidas de albañilería

confinada tanto en ladrillo King Kong artesanal de arcilla como en King Kong industrial, en el Distrito de Samegua.

- Sugerir algunas técnicas de construcción y mantenimiento de viviendas de albañilería confinada, las cuales puedan ser tomadas en cuenta por los propietarios de las viviendas y maestros de obra.

1.5. Hipótesis

La Vulnerabilidad, Peligro y Riesgo Sísmico en viviendas autoconstruidas del Distrito de Samegua, Región Moquegua es (alta, media o baja), debido a su alta sismicidad, tipo de suelo, topografía, calidad de materiales y técnicas de construcción.

1.6. Variables

1.6.1. Variables independientes (VI)

La Vulnerabilidad, Peligro y Riesgo Sísmico

1.6.2. Variable dependiente (VD)

Las viviendas autoconstruidas del Distrito de Samegua

1.6.3. Otras variables

- Sismicidad
- Tipo de suelo
- Topografía
- Calidad de materiales
- Técnicas de construcción

1.7. Metodología para la investigación

Para el caso nuestro la metodología para el desarrollo de la investigación fue de acuerdo al siguiente orden:

- 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 “Diagnóstico preliminar de la vulnerabilidad sísmica de las autoconstrucciones en Lima” (Flores, 2002).
- b) Selección de las zonas escogida para realizar las encuestas la cual se llevó a cabo en el Distrito de Samegua. En esta zona los alumnos de la Universidad José Carlos Mariátegui realizaron visitas previas a la zona y coordinaron con entidades como la Municipalidad Distrital de Samegua; así como el Comité Distrital de Defensa Civil para que tengan facilidad de acceso a las viviendas debidamente identificadas. Las viviendas seleccionadas debían poseer características representativas de la zona de

estudio a la que pertenecen, como tipo de suelo, topografía y tipo de construcciones.

- c) Aplicación de las fichas de encuesta y de reporte en hojas de cálculo de MS Excel elaboradas por la PUCP. 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. Culminado la selección de las viviendas a encuestar, los alumnos de la UJCM realizaron las encuestas a las viviendas auto-construidas a las que tenían acceso. Muchas veces los moradores no deseaban que sus viviendas sean encuestadas puesto que temían ser afectados con el pago de algún impuesto predial. El llenado de las fichas de encuesta así como el croquis de cada vivienda fue realizado 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.

- f) Elaboración de la base de datos. Se elaboró una base de datos en la cual se reunió de forma estadística los problemas arquitectónicos, estructurales y constructivos de las viviendas encuestadas. Esta base nos da una idea de los errores más incidentes en las viviendas auto-construidas de la zona de estudio.

1.8. Población y muestra

1.8.1. Población

La presente investigación se realizó sobre una población la cual es el Distrito de Samegua.

1.8.2. Muestra

Como muestras se tomó 25 viviendas autoconstruidas de albañilería confinada.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En el capítulo a continuación se exponen los conceptos básicos para la investigación a realizar como vulnerabilidad sísmica y riesgo sísmico, asimismo se desarrolla los distintos métodos para estimar la vulnerabilidad sísmica y finalmente sismicidad.

Cabe mencionar que la toda la información ha sido extraída de diferentes tesis y estudios de investigación.

2.1. Vulnerabilidad sísmica

De acuerdo a la Tesis Doctoral: “Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico” cuyo autor es Salvador Safina Melone (2002). De la Universidad Politécnica de Cataluña, se extrae el texto a continuación en detalle para ilustración del tema de la presente tesis.

La vulnerabilidad sísmica es el nivel de daños que pueden sufrir las edificaciones durante un sismo. La vulnerabilidad está relacionada con las características de diseño, la calidad de los materiales y de las técnicas de construcción. Para determinar el grado de vulnerabilidad (alta, media o baja) es importante conocer

las características de las estructuras, como un conjunto de parámetros que actúan de manera integrada.

El peligro sísmico es la probabilidad de ocurrencia de un movimiento sísmico de cierta intensidad durante un periodo de tiempo definido, independientemente de lo que se construya sobre dicha ubicación.

La evaluación de la vulnerabilidad sísmica se desarrolló considerando el nivel de actividad sísmica de la zona y la información disponible de las estructuras.

2.2. Riesgo sísmico

El riesgo sísmico es el grado de pérdidas esperadas que sufren las estructuras durante el lapso de tiempo que permanecen expuestas a la acción sísmica (Bonett, 2003); (Barbart, 1998). También, el riesgo sísmico es definido como una función de la vulnerabilidad sísmica y del peligro sísmico, que de forma general se puede expresar como: $\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}$ (Kuroiwa, 2002).

El riesgo sísmico es el resultado de la exposición de las construcciones con un grado de vulnerabilidad a un peligro sísmico determinado ($\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}$).

2.3. Métodos para estimar la vulnerabilidad sísmica

Métodos Estadísticos: Basados en un análisis estadístico de las construcciones, caracterizadas por los datos de entrada.

Métodos Mecánicos: En los cuales se estudian los principales parámetros que gobiernan el comportamiento dinámico de las estructuras como por ejemplo; deriva de piso, ductilidad, etc.

Métodos basados en Juicios de Expertos: Donde se evalúan cualitativamente y cuantitativamente los factores que gobiernan la respuesta sísmica de las edificaciones. Así, estos se definen en:

Técnica Cuantitativa; establecen las probabilidades de daño o relaciones determinísticas equivalentes en términos numéricos.

Técnicas Cualitativas; recurren a descripciones cualitativas a través de términos como vulnerabilidad baja, media alta o similares.

Métodos empíricos: Se caracterizan por un alto grado de subjetividad. Están basados en la experiencia sobre el comportamiento de tipos de edificaciones durante sismos y la caracterización de deficiencias sísmicas potenciales. Se usan cuando se dispone de limitada información, cuando se admite un resultado menos ambicioso y/o para evaluaciones preliminares. Son enfoques menos

exigentes y más económicos de implementar. *Los métodos empíricos* incluyen tanto *los métodos de categorización* como *los métodos de inspección y puntaje*.

Métodos de categorización o caracterización: Clasifican las edificaciones según su topología en clases de vulnerabilidad atendiendo a la experiencia sobre el desempeño sísmico que han tenido estructuras similares ante terremotos relevantes. El resultado suele ser bastante subjetivo por lo que generalmente es limitado a evaluaciones preliminares. Un ejemplo de esta metodología es la clasificación de los tipos de estructuras según su clase de vulnerabilidad propuesta por la EMS-98 (Grunthal, 1998).

Métodos de inspección y puntaje: Permiten identificar y caracterizar las deficiencias sísmicas potenciales de una edificación, atribuyendo valores numéricos (tantos o punto) a cada componente significativo de la misma, que pondera en función de su importancia relativa, conduce a la determinación de un *índice de vulnerabilidad*. Aunque estos métodos son bastantes subjetivos, la aplicación a edificaciones de una topología de regiones de sismicidad importante permite una evaluación preliminar orientativa, suficiente para jerarquizar relativamente el nivel de vulnerabilidad sísmica de cada edificación. En zonas caracterizadas por una moderada sismicidad, estas metodologías pueden considerarse representativas y más aún, suficientes para describir el nivel de daño esperado, sobre todo si se cuenta con funciones de vulnerabilidad apropiadas para la región. Sin embargo, aquellas edificaciones que evidencian

una relevante vulnerabilidad y una significativa importancia, es recomendable complementar estas metodologías con alguna técnica analítica o experimental. Un ejemplo de esta metodología es el desarrollado por el *Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoto* (GNDT, 1990).

Métodos analíticos o teóricos: Evalúan la resistencia estimada de las estructuras a los movimientos del terreno utilizando como base modelos mecánicos de respuesta estructural e involucrando como datos las características mecánicas de las estructuras. Constituyen un enfoque muy completo, exigente y costoso. Generalmente son bastante laboriosos y dependen en cierta medida del grado de sofisticación de la evaluación, de la calidad, de la información y de la representatividad de los modelos empleados.

Métodos experimentales: Recurren a ensayos dinámicos para determinar las propiedades de las estructuras y/o sus componentes. Generalmente constituyen ensayos “in situ” (menos frecuentes de laboratorio), orientados a determinar las propiedades dinámicas y otras características esenciales de la estructura, involucrando aspectos tan importantes como la interacción suelo-estructura, la incidencia de los elementos no estructurales, etc. Aunque sus resultados no son determinantes, permiten en algunos casos orientar sobre el estado de la edificación y los posibles efectos que un sismo ha tenido sobre ella.

2.4. Sismicidad

Uno de los objetivos básicos de la Ingeniería Antisísmica es el de lograr un diseño de las estructuras, tal que se les provea seguridad contra los sismos, evitando pérdidas humanas y materiales.

La mayor parte de la actividad tectónica del mundo: terremotos, volcanes y orogenias se concentran a lo largo de los bordes de las placas; la costa de América del Sur es uno de estos bordes.

El continuo interaccionar de las Placas Sudamericana y Nazca es el origen de la mayor proporción de la actividad sísmica de la región occidental de nuestro continente. La configuración de la distribución espacial de los focos sísmicos nos revela la configuración de la subducción de la Placa de Nazca (Zona de Benioff).

El área en estudio se encuentra situada en una zona del Perú que se extiende a lo largo y al este del fallamiento subandino, en ella los sismos son de profundidades variables.

Del INFORME DE DAÑOS CAUSADOS POR EL TERREMOTO DEL 23 DE JUNIO DEL 2001, presentado por el Comité Multisectorial de Emergencia-Moquegua, 08 de julio del 2001. La sismicidad en Moquegua y el sur del país han ocurrido sismos desde el año 1582 con una magnitud en escala Richter de 8.1 con consecuencias graves hasta el centro del Perú, así sucesivamente hasta

el año 1600, donde en Omate explotó el Volcán Huaynaputina, provocando consecuencias mayores en todo Moquegua.

Desde el 13 de agosto de 1868 en donde hubo un sismo de grado 8.6, hasta la fecha se viene viviendo un SILENCIO SÍSMICO. Hasta la fecha del presente reporte, Moquegua ha sufrido 26 Sismos de grandes y medianas magnitudes con consecuencias funestas como del último 23 de Junio del 2001 y, más aún, por apreciaciones de expertos en sismología seguimos en el silencio sísmico todo el sur.

2.4.1. Escala de Richter

Es una escala logarítmica arbitraria que asigna un número para cuantificar el efecto de un terremoto, denominada así en honor del sismólogo estadounidense Charles Richter.

Tabla 2.1: Escala de Richter

ESCALA DE RICHTER	
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero es registrado.
3.5 - 5.4	A menudo se siente, pero sólo causa daños menores.
5.5 - 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios
6.1 - 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas muy pobladas.
7.0 - 7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños.
8.0 ó mayor	Gran terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas.

2.4.2. Escala de Mercalli

Es una escala de 12 puntos, que se escribe en números romanos y que está desarrollada para evaluar la intensidad de los terremotos a través de los efectos y daños causados a distintas estructuras. Esta medición debe su nombre al físico italiano Giuseppe Mercalli.

A continuación se presenta detallado la siguiente tabla 2.2 Escala de Mercalli.

Tabla 2.2: Escala de Mercalli

ESCALA DE MERCALLI	
GRADO	EFFECTOS
I	Sacudida sentida por muy pocas personas en condiciones especialmente favorables.
II	Sacudida sentida sólo por pocas personas en reposo, especialmente en los pisos altos de los edificios, donde los objetos suspendidos en el aire pueden oscilar levemente.
III	Sacudida sentida claramente en los interiores, especialmente en los pisos altos de los edificios. Los vehículos de motor estacionados pueden moverse ligeramente y la vibración es como la originada por el paso de un vehículo pesado.
IV	Sacudida sentida durante el día por muchas personas en los interiores, por pocas en el exterior. Provoca vibración de vajillas, vidrios de ventanas y puertas; los muros crujen. Los vehículos de motor estacionados se balancean claramente.
V	Sacudida sentida casi por todo el mundo y algunas piezas de vajilla o vidrios de ventanas se rompen; pocos casos de agrietamiento de aplanados; caen objetos

	inestables. Se observan perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos. Se detienen de relojes de péndulo.
VI	Sacudida sentida por todo mundo. Algunos muebles pesados cambian de sitio y provoca daños leves, en especial en viviendas de material ligero.
VII	Advertido por todos. Daños sin importancia en edificios de buen diseño y construcción. Daños ligeros en estructuras ordinarias bien construidas; daños considerables en las débiles o mal planeadas. Sentido por las personas conduciendo vehículos en movimiento.
VIII	Daños ligeros en estructuras de diseño especialmente bueno; considerable en edificios ordinarios con derrumbe parcial; grande en estructuras débilmente construidas. Los muros salen de sus armaduras y los muebles pesados se vuelcan y produce cambio en el nivel del agua de los pozos.
IX	Daño considerable en las estructuras de diseño bueno; las armaduras de las estructuras bien planeadas se desploman; grandes daños en los edificios sólidos, con derrumbe parcial. Los edificios salen de sus cimientos y el terreno se agrieta notablemente, mientras que las tuberías subterráneas se rompen.
X	Destrucción de algunas estructuras bien construidas; la mayor parte de las estructuras de piedra se destruyen con todo y cimientos; agrietamiento considerable del terreno. Las vías del ferrocarril se tuercen. Considerables deslizamientos en las márgenes de los ríos y pendientes fuertes.
XI	Casi ninguna estructura de madera o piedra queda en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el terreno. Las tuberías subterráneas quedan fuera de servicio. Hundimientos y derrumbes en terreno suave. Gran torsión de vías férreas.
XII	Destrucción total. Ondas visibles sobre el terreno. Perturbaciones de las cotas de nivel (ríos, lagos y mares). Objetos lanzados en el aire hacia arriba.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

ALBAÑILERÍA CONFINADA Y ARMADA

En el capítulo a continuación se exponen los conceptos básicos para la investigación realizada como albañilería confinada, albañilería armada, otros conceptos y finalmente, los ensayos relacionados con la investigación.

3.1. Albañilería confinada

La albañilería confinada es un material estructural compuesto por unidades asentadas con mortero y reforzada con elementos de confinamiento de concreto armado verticales (columnas) y horizontales (vigas soleras) (Gallegos, 1986).

Los muros confinados son los elementos de las viviendas que resisten las fuerzas horizontales que producen los sismos. A mayor cantidad de muros construidos paralelos y perpendiculares a la fachada, entonces mejor será el comportamiento de las viviendas durante los sismos. Las cargas verticales también son soportadas por los muros confinados, quienes transmiten las cargas provenientes de las losas hasta la cimentación.

3.2. Albañilería armada

Son los que llevan el refuerzo en el interior de la albañilería.

Este refuerzo está generalmente distribuido tanto a lo largo de su altura como de su longitud.

Su uso requiere la fabricación de unidades especiales, con alvéolos donde se aloja el refuerzo vertical, mientras que el horizontal puede colocarse en hendiduras especiales (canales) de la misma unidad o también en la junta horizontal (dependiendo del cortante actuante).

La gran diferencia entre la albañilería armada y confinada es que mientras la albañilería armada está reforzada con armadura de acero difundida vertical y horizontalmente, la albañilería confinada está reforzada con elementos de concreto armado que al construirse llenado de concreto.

3.3. Conceptos relacionados con la investigación

Según el artículo 3 de la Norma Técnica de Edificaciones E.070 Albañilería (NTE E.070), las definiciones son:

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 armada: Albañilería reforzada interiormente con varillas de acero distribuidas vertical y horizontalmente e integrada mediante concreto líquido,

de tal manera que los diferentes componentes actúen conjuntamente para resistir los esfuerzos. A los muros de Albañilería Armada también se les denomina Muros Armados.

- c. 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.

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

- e. Albañilería reforzada o albañilería estructural:** Albañilería armada o confinada, cuyo refuerzo cumple con las exigencias de esta Norma.

- f. 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.

- g. 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.

- h. Borde libre:** Extremo horizontal o vertical no arriostrado de un muro.
- i. Concreto Líquido o grout:** Concreto con o sin agregado grueso, de consistencia fluida.
- j. 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.
- k. Confinamiento:** Conjunto de elementos de concreto armado, horizontales y verticales, cuya función es la de proveer ductilidad a un muro portante.
- l. Construcciones de albañilería:** Edificaciones cuya estructura está constituida predominantemente por muros portantes de albañilería.
- m. Muro arriostrado:** Muro provisto de elementos de arriostre.
- o. Muro de arriostre:** Muro portante transversal al muro al que provee estabilidad y resistencia lateral.
- p. 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.

- q. 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.
- r. Mortero:** Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería.
- s. Tabique:** Muro no portante de carga vertical, utilizado para subdividir ambientes o como cierre perimetral.
- t. Viga solera:** Viga de concreto armado vaciado sobre el muro de albañilería para proveerle arriostre y confinamiento.

3.4. Unidades de albañilería

3.4.1. Variación dimensional

Es importante analizar la variación dimensional, porque esta característica de las unidades de albañilería define la altura de las hiladas que se refleja en el mayor o menor espesor de la junta de mortero. La variación de la junta por encima de lo estrictamente necesario por adhesión, que es de 10 a 15 mm, conduce a una albañilería menos resistente a compresión y a fuerza cortante.

La variación dimensional se determinó para cada arista (FOTO 3.1) de las 5

unidades de albañilería seleccionadas por cada serie. Esta variación dimensional se obtuvo como el coeficiente entre la desviación estándar y el valor promedio de la muestra, multiplicando por 100. Para determinar la dimensión de cada arista del espécimen se realizaron las medidas en la parte intermedia de la superficie correspondiente y se tomó el valor promedio de estas medidas.

$$\text{Variación Dimensional} = \frac{\text{Desviación Estandar } (\sigma)}{\text{Promedio}} \times 100$$

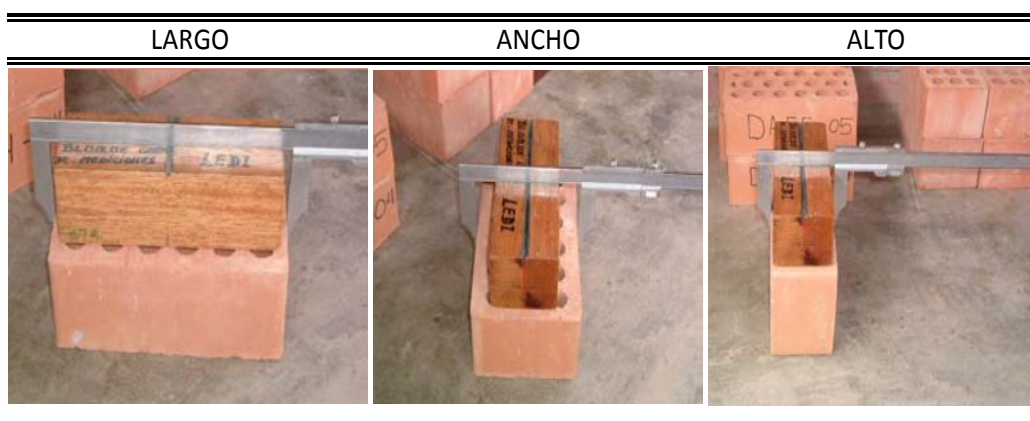


FOTO 3.1: Procedimiento de variación dimensional

Fuente: Elaboración propia

3.4.2. Alabeo

El efecto del alabeo es semejante al de la variación dimensional, es decir produce el aumento o disminución en el espesor de las juntas de mortero, que influye en la resistencia a compresión y a fuerza cortante de la albañilería.

El alabeo se midió con una cuña metálica (FOTO 3.2) graduada al milímetro, introduciéndola en el punto de mayor concavidad o convexidad correspondiente a la superficie de asentado del espécimen.



FOTO 3.2: Procedimiento de Alabeo

Fuente: Elaboración propia

3.4.3. Succión

La succión es la medida de la rapidez con la que el ladrillo absorbe agua del mortero y es la característica fundamental para definir la adherencia mortero-unidad en la albañilería. Esta propiedad define tanto la resistencia a tracción como la resistencia a fuerza cortante de la albañilería.

El ensayo de succión emplea testigos secados al horno cuando se trata de ensayos de investigación y unidades en su estado natural cuando se trata de ensayos de campo.

La succión se halla mediante la expresión:

$$\text{Succión} = \frac{(W_h - W_s)}{A} \times 200$$

Donde:

W_s = Peso seco de la unidad de albañilería (gr).

W_h = Peso después del ensayo (gr).

A = Área de contacto de la unidad con el agua (cm²).

PROCEDIMIENTO PARA MEDIR LA SUCCIÓN



FOTO 3.3: Procedimiento ensayo de succión

Fuente: Elaboración propia

3.4.4. Absorción

La absorción es la medida de transferencia del agua desde un medio externo a una unidad de albañilería (ladrillo). Una absorción elevada (más de 22%) indica que el ladrillo es poroso y de baja resistencia a la acción de la intemperie.

La absorción de cada espécimen se mide como la relación que existe entre el peso del agua absorbida por la unidad de albañilería después de haberla

sumergido durante 24 horas en una poza de agua y su peso en estado seco multiplicada por 100.

La absorción se halla mediante la expresión:

$$\text{Absorción} = \frac{(W_a - W_s)}{W_s} \times 100$$

Dónde:

W_a = Peso de la unidad de albañilería saturada luego de 24 horas de inmersión en agua (gr).

W_s = Peso seco de la unidad de albañilería (gr).



FOTO 3.4: Procedimiento ensayo de absorción

Fuente: Elaboración propia

3.4.5. Resistencia a compresión de las unidades de albañilería ($f'b$)

Resistencia a compresión es la principal propiedad de las unidades de albañilería. Los valores altos señalan una buena calidad para todos los fines

estructurales y de exposición, los valores bajos, en cambio, señalan unidades que producirán albañilería poco resistente y poco durable.

La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería ($f'b$) se obtiene restando una desviación estándar a valor promedio de la muestra. La resistencia de cada espécimen se calcula dividiendo la carga de rotura entre el área bruta de la superficie de asiento. Este ensayo se realiza a una velocidad de carga de 5 ton/min.

La resistencia característica a la compresión $f'b$ se halla con las siguientes fórmulas:

$$C = \frac{P}{A}$$

$$f'_b = \bar{C} - \sigma$$

Dónde:

C = Resistencia a compresión del espécimen (kg/cm²).

P = Carga de rotura (kg).

A = Promedio de las áreas brutas superior e inferior (cm²).

$f'b$ = Resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería (kg/cm²).

\bar{C} = Promedio de la resistencia a la compresión de la muestra (kg/cm²).

σ = Desviación estándar de la muestra (kg/cm²).

FALLAS ENSAYO DE COMPRESIÓN



FOTO 3.5: Ensayo de compresión

Fuente: Elaboración propia

3.4.6. Pilas

Las pilas son elementos de albañilería simple caracterizados por el asentado de los ladrillos uno encima de otro. El cual se construyeron 04 pilas de ladrillos de arcilla KKI Y KKA, se muestran de la siguiente manera:

- Pilas KKA m1, KKA m², KKI m1, KKI m² con mortero cemento-arena 1:4.



FOTO 3.6: Pilas de KKI y KKA

Fuente: Elaboración propia

Los ladrillos de arcilla fueron humedecidos, se utilizó juntas de 1 cm de espesor. Las pilas estuvieron conformadas por 3 hiladas de ladrillos ($h = 30 \text{ cm}$), con lo que la esbeltez promedio fue 2,32 y 2,07.

Para evitar errores por excentricidad de la carga en los ensayos de compresión axial, se controló la verticalidad de las pilas mediante una plomada, así también se controló el grosor de las juntas con un escantillón.

Posteriormente se colocó el capping de azufre en ambos extremos de los especímenes para uniformizar el área de contacto en la zona de aplicación de la carga.



FOTO 3.7: Colocado de Capping en Pilas

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de la Resistencia a Compresión Axial, se registró la carga máxima soportada por cada pila y la resistencia, se calculó de la siguiente manera:

$$f_m = \frac{P_{max}}{A_b}$$

Donde:

f_m = Resistencia a compresión axial (kg/cm²).

P_{max} = Carga máxima que resiste la pila (kg).

A_b = Área bruta transversal a la fuerza (cm²).

La resistencia característica se calculó con la siguiente expresión:

$$f'_m = f_m - \sigma$$

Donde:

f_m = Resistencia promedio a compresión (kg/cm²).

f'_m = Resistencia característica a compresión (kg/cm²).

σ = Desviación estándar



FOTO 3.8: Fallas de pila KKA

Fuente: Elaboración propia



FOTO 3.9: Falla de Pilas KKI

Fuente: Elaboración propia

Los resultados se detallan en anexos: Ensayos unidades de arcilla.

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

A continuación se describe de forma general la región a la cual pertenece la zona de estudio, asimismo las características geotecnicas, geológicas, topográficas y materiales empleados en la construcción de las viviendas del lugar de investigación, las cuales tiene una influencia en los resultados estadísticos del estudio.

4.1. Ubicación y extensión de la zona en estudio

La región de Moquegua está dividida en tres provincias:

- Provincia de Mariscal Nieto
- Provincia General Sánchez Cerro
- Provincia de Ilo

Siendo la provincia de Mariscal Nieto la capital de la Región (ver figura 4.1) donde se encuentra la mayor densidad poblacional y en la cual se desarrolla el presente proyecto de estudio.

La zona donde se llevó acabo la encuesta fue en la ciudad de Moquegua, en el Distrito de Samegua (ver figura 4.2).

Para el caso de la tesis se ha tomado el Distrito de Samegua (ver figura 4.3).
Dentro del cual comprende la zona urbana.

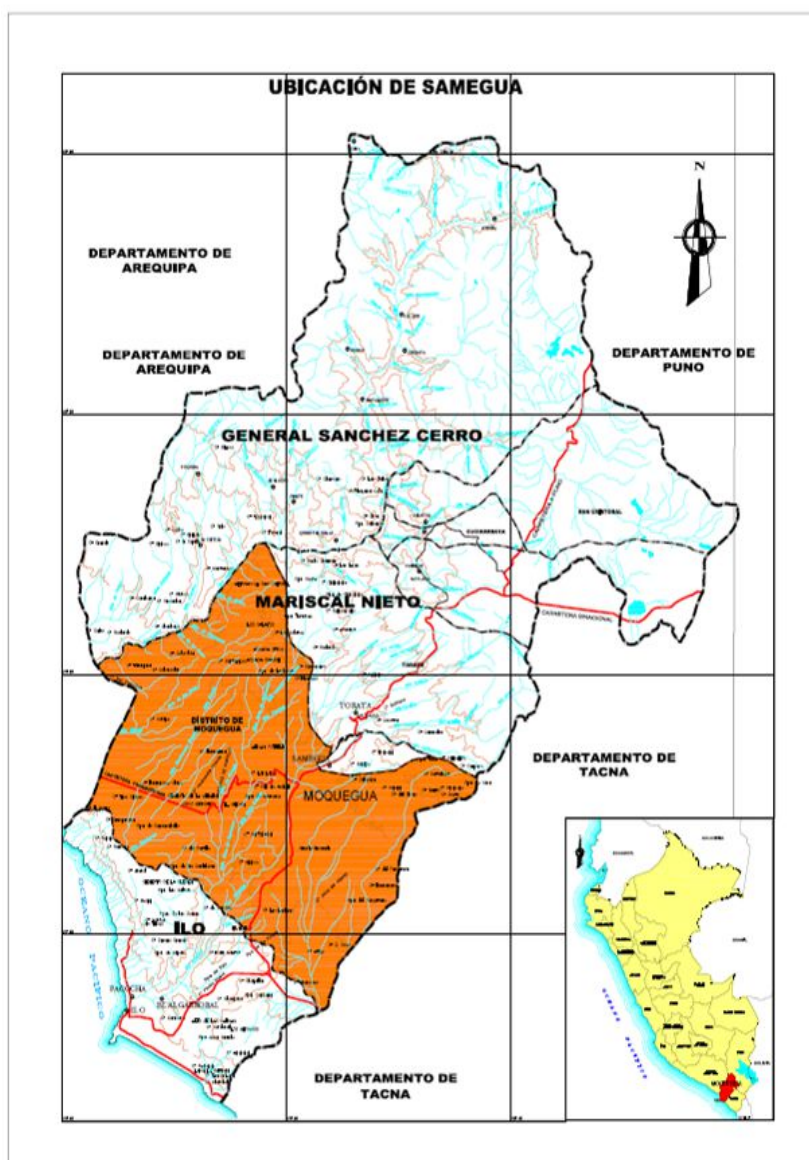


Figura 4.1: Ubicación de Moquegua

Fuente: PLAN DIRECTOR MOQUEGUA – SAMEGUA 2003-2010

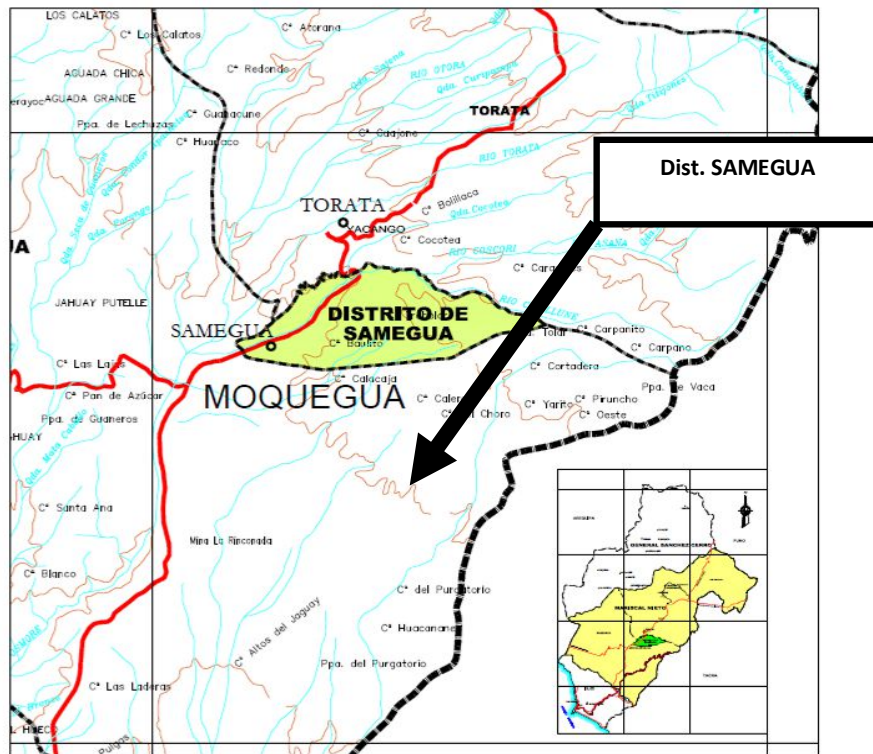


Figura 4.2: Ubicación de la Zona en Estudio

Fuente: PLAN DIRECTOR MOQUEGUA-SAMEGUA 2003-2010

4.2. Características generales

La ciudad de Moquegua cuenta con cuatro tipos de suelos predominantes constituidos por:

Materiales gravo arenosos, arenas gruesas a finas de color marrón compuestos por cantos rodados de diámetro 4”.

Gravas arenosas de color marrón oscuro a tonalidades rojizas, constituidas esencialmente por gravas angulosas, bien gradadas. Gravas areno limosas de color beige compuesta por gravas angulosas, arenas medias a finas y limos inorgánicos.

Areniscas y limo arcillosas presentes en forma alterna.

Que es clasificado como suelo Flexible.

4.3. Geológico-geotécnico

Para el desarrollo de la investigación en el aspecto Geológico-Geotécnico se consideró de acuerdo a los trabajos realizados en el departamento de Moquegua con sus respectivas conclusiones.

a) Según el estudio de “Zonificación Geotécnica sísmica de la ciudad de Moquegua”, Aguilar Bardales, Zenón; Salas C. Leonardo; Chaina Castillo, Wilber Ernesto; Llaza Rodolfo, Moreno CISMID (2002)

Zona I

La zona I está conformada por la parte consolidada de la ciudad, superficialmente presenta un material de relleno medianamente compacto, constituido por arenas y gravas limosas, que en algunas zonas alcanzan hasta los 2,0 m de profundidad. El terreno natural está conformado por gravas con matriz arenosa y limosa, de compacidad medio suelta a densa. La capacidad de carga admisible del terreno de fundación para cimentaciones típicas varía de 1,2 a 2,0 kg/cm², para profundidades de cimentación de 1,00 a 1,20 m; los periodos predominantes obtenidos para esta zona varían desde 0,10 hasta 0,40 s debido a las características de amplificación sísmica observados en los registros sísmicos obtenidos en esta zona, para el diseño sismorresistente se recomienda

considerar los parámetros sísmicos correspondientes a un Suelo Tipo S2 del RNC.

Zona II

La Zona II, que abarca las pampas de Chen Chen, es una área de deposición en forma de plano inclinado, con pendientes de 3° a 7°, conformada por estratos de gravas con matriz limosa y arenosa, de compacidad suelta a media. En ciertas zonas se presentan intercalaciones superficiales típicas a la profundidad de cimentación de 1,0 m sobre terreno natural, varía de 1,2 a 1,7 kg/cm². Es recomendable no cimentar en el material de relleno generado durante la nivelación del terreno, a menos que éste haya sido convenientemente conformado.

En el sector destinado para la expansión urbana, los periodos predominantes varían de 1,0 a 1,5 s mostrando fuertes amplificaciones en este rango de periodos, por lo tanto, para el diseño sismorresistente en esta zona se recomienda considerar los parámetros correspondientes al Suelo Tipo S3 del RNC.

Zona III A

Conformada por el sector llano del área central del CPM San Antonio, así como por la zona más elevada del cerro El Siglo y los asentamientos humanos El Siglo y Mariscal Nieto, terminando en la Quebrada del Pedregal. El terreno de

fundación está conformado por un material granular de compacidad media a suelta. La capacidad de carga admisible para edificaciones de interés social varía de 1,0 a 1,5 kg/cm² a una profundidad de 1,00 m. Los periodos predominantes registrados en la zona que abarca el CPM San Antonio varían de 0,5 a 0,8 s disminuyendo hasta 0,2 s en las partes altas. En la zona de AA.HH Mariscal Nieto y la Quebrada del Pedregal los periodos predominantes varían desde 0,16 a 0,40 s en la zona baja de la quebrada. Los parámetros de diseño sismorresistentes recomendados para esta zona corresponden al Suelo Tipo S3 del RNC.

Zona III B

Esta zona abarca las dos partes laterales del CPM San Antonio donde existen afloramientos de la Formación Moquegua Inferior. El terreno de fundación está conformado por estratos de arcillas limosas y arena arcillosa cubiertos por un material gravoso de 1,0 m de espesor en promedio. El material arcilloso tiene una consistencia rígida, bajo contenido de humedad y alto potencial de expansión, por lo que se debe considerar su efecto en las cimentaciones para evitar el agrietamiento de las edificaciones. La capacidad de carga admisible del terreno en condiciones saturadas varía de 0,8 a 1,0 kg/cm² para edificaciones de interés social, con profundidades de cimentación de 1,0 m.

Los periodos predominantes determinados en esta zona tienen poca variación encontrándose en el rango de 0,20 a 0,40 s; Sin embargo, en este sector

también se han observado grandes amplificaciones sísmicas (Lermo, 2002) por lo que su comportamiento dinámico debe ser caracterizado como el de un Suelo Tipo S2 del RNC.

Zona IV

Predominantemente abarca el área donde se ha situado el CPM San Francisco. El terremoto de fundación está constituido superficialmente por rellenos y gravas angulosas, arenas medias a finas y limos inorgánicos, de compacidad suelta con potencias mayores a los 4,00 m explorados. Subyaciendo a este material se encuentra areniscas arcósicas, lutáceas y arcillosos de color marrón claro, rígida, con estratificación casi horizontal, que poseen característica expansivas. La topografía de esta zona es bastante accidentada, presentando pendientes mayores a los 70°, lo cual es un elemento desfavorable para su uso como área urbana. La capacidad de carga admisible para viviendas de interés social varía de 0,6 a 0,8 kg/cm² en 23 terreno saturado. Los periodos predominantes del terreno varían de 0,2 a 0,35 s; sin embargo, esta zona es propensa a sufrir grandes amplificaciones sísmicas por consecuencia, esta zona presenta las condiciones más desfavorables para ser edificaciones en esta zona, para el diseño sismorresistente se deberá considerar el comportamiento del terreno similar al de un suelo Tipo S3 del RNC.

b) De la cartilla “Conociendo los Suelos de Moquegua”, PREDES-2004

En **Moquegua** tenemos variedades de suelos distribuidos en diferentes zonas.

Así tenemos suelos gravosos en las orillas del río Tumilaca, Aeropuerto, parte de Samegua y Cerrillos. Suelos finos, arenas limosas y arcillosas en la mayor parte de la ciudad, tal como se describe a continuación.

Zona I

Ciudad de Moquegua, C.P. Los Ángeles su distribución de suelos es: Gravas con matriz arenosa limosa. Capacidad portante $2,0 \text{ kg/cm}^2$, considerado tipo de suelo S2.

Zona II

Chen Chen (pampas) su distribución de suelo es: Gravas con matriz limosa. Capacidad portante $1,7 \text{ kg/cm}^2$, considerado tipo de suelo S3.

Zona III A

San Antonio (Llano) su distribución de suelo es: Arcillas limosas con potencial expansivo. Capacidad portante $1,5 \text{ kg/cm}^2$, considerado tipo de suelo S3.

Zona III B

San Antonio (Cerro) su distribución de suelo es; Arcillas limosas con potencial expansivo. Capacidad portante $1,0 \text{ kg/cm}^2$, considerado tipo de suelo S2.

Zona IV

San Francisco su distribución de suelo es: Rellenos, suelos finos, pendientes

mayor grado. Capacidad portante $0,75 \text{ kg/cm}^2$, considerado tipo de suelo S3.

De la cartilla se tiene las siguientes conclusiones:

- En la ciudad de Moquegua, no se tienen los suelos de óptima calidad para la edificación, por lo que se debe tener mucho cuidado en la elección del terreno apropiado para construir una vivienda o infraestructura diversa.
- La mayor parte de los terrenos de Moquegua presentan restricciones geotécnicas por el tipo de suelo y restricciones topográficas por las marcas inclinadas y fuertes pendientes de las laderas.
- Los mapas de zonificación geotécnica de suelos nos permiten ver la distribución espacial que tienen, así como las aptitudes o bondades de uso; y en base a ello, discernir qué sectores son los más seguros, donde podemos construir nuestras viviendas, qué sectores son peligrosos y donde no deben usarse para fines urbanos.
- Existen métodos y técnicas para mejorar la calidad de los suelos para fines urbanos y evitar su falla. Sin embargo, éstos son muy costosos, por lo que es preferible evitar construir en suelos problemáticos.
- Los criterios básicos para evaluar la calidad del suelo con fines de

edificación se han descrito en este folleto. Sin embargo, para identificación de suelos problemáticos (colapsables, expansivos o que pueden licuarse durante sismos), se requiere la participación de especialistas en mecánica de suelos. En estos casos debemos consultar con el Colegio de Ingenieros, la Municipalidad y otras entidades especializadas.

De la cartilla se tiene las siguientes recomendaciones:

- Realizar los estudios de riesgos del área a ocupar con la finalidad de identificar las áreas seguras y aquellas áreas de riesgos (las manzanas y lotes) que deben ser tratadas o reubicadas por estar en zonas de alto riesgo.
- Realizar un estudio de tratamiento de las áreas colindantes y de las áreas recreativas, como: parques, Miradores, etc. A fin de alcanzar las condiciones de habitabilidad requeridas.
- Se debe respetar la topografía original, conservando su estabilidad.
- No debemos construir sobre suelos colapsables, expansivos, dispersos y con material orgánico o rellenos. Estos suelos son malos y pueden fallar y, en consecuencia, podemos sufrir la pérdida de la vivienda y, daños físicos y materiales.

- Antes de construir las viviendas y otras edificaciones, es imprescindible conocer la calidad de los suelos. Podemos recurrir a las Municipalidades, Colegio de Ingenieros o encargar a un especialista, para evitar posibles fallas del suelo.

- Cumplir estrictamente con la norma sismo resistente E-030 (diseños que dan mayor seguridad a las viviendas frente a las vibraciones sísmicas).

- Las urbanizaciones o asentamientos deberán tener baja densidad por que los suelos son de baja compacidad de carga y son de alta vibración sísmica.

- Para minimizar los efectos frente a la amplificación sísmica debe aplicarse el retiro de las construcciones de los bordes de talud.

c) Del estudio de “Aplicación de Microtremores para la elaboración de planos de Microzonificación sísmica del Distrito de Samegua –Provincia Mariscal Nieto – Región Moquegua”, Miguel Salas Chávez (2013)

Zona A

Zona antigua de Samegua (Samegua Tradicional). En esta zona se presentan los puntos PM-02; PM-09; PM-12, PM-14 se tiene valores de 0,15; 0,11; 0,13 y 0,13 segundos respectivamente; se recomienda usar parámetros de diseño sismorresistente correspondientes a un suelo Perfil Tipo S1, que según artículo

6.2.a del Reglamento Nacional de Edificaciones (2010) lo caracteriza como: suelo roca o suelos muy rígidos, cuyo periodo fundamental para vibraciones de baja amplitud no excede de 0,25 segundos. Complemento para la caracterización son los espectros de aceleración promedio para diferentes condiciones de sitio propuesto por Seed et al. (1992). Que ubica esta zona como dentro del rango de períodos de suelos rígidos.

Zona B

Pueblo Joven Samegua, Se tiene los puntos PM-03, PM-04, PM-07, PM-10, PM-11, PM-08, PM-13 y PM-15; con períodos de 0,10; 0,13; 0,14; 0,14; 0,11; 0,17; 0,11; 0,14 segundos respectivamente; se recomienda usar parámetros de diseño sismorresistente correspondientes a un suelo Perfil Tipo S1, que según artículo 6.2.a del Reglamento Nacional de Edificaciones (2010) lo caracteriza como: suelo roca o suelos muy rígidos, cuyo periodo fundamental para vibraciones de baja amplitud no excede de 0,25 segundos. Complemento para la caracterización son los espectros de aceleración promedio para diferentes condiciones de sitio propuesto por Seed et al. (1992). Que ubica esta zona como dentro del rango de períodos de suelos rígidos.

Zona C

Nueva Samegua, Se tiene los puntos PM-05, PM-06 con periodos de 0,15; 0,16 segundos respectivamente; se recomienda usar parámetros de diseño sismorresistente correspondientes a un suelo Perfil Tipo S1, que según artículo

6.2.a del Reglamento Nacional de Edificaciones (2010) lo caracteriza como: suelo roca o suelos muy rígidos, cuyo periodo fundamental para vibraciones de baja amplitud no excede de 0,25 segundos. Complemento para la caracterización son los espectros de aceleración promedio para diferentes condiciones de sitio propuesto por Seed et al. (1992). Que ubica esta zona como dentro del rango de períodos de suelos rígidos.

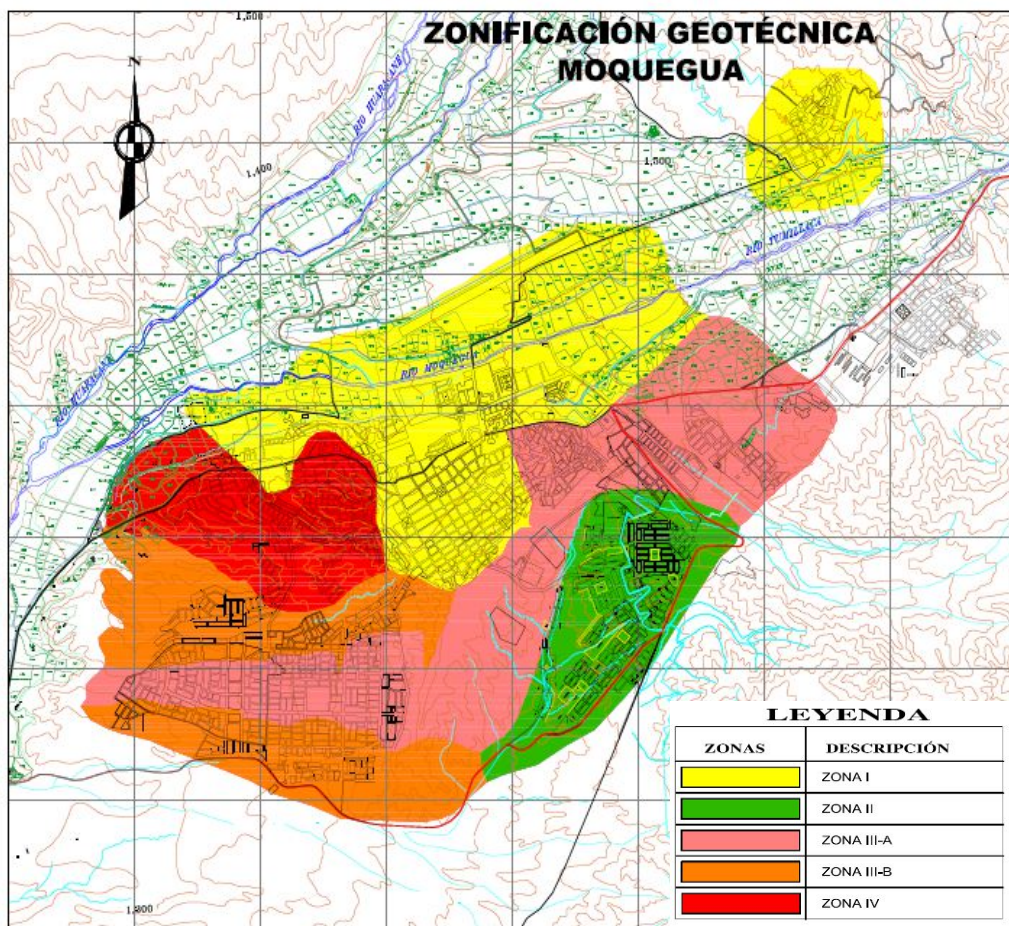


Figura 4.3: Zonificación Geotécnica Moquegua

Fuente: PLAN DIRECTOR MOQUEGUA-SAMEGUA 2003-2010

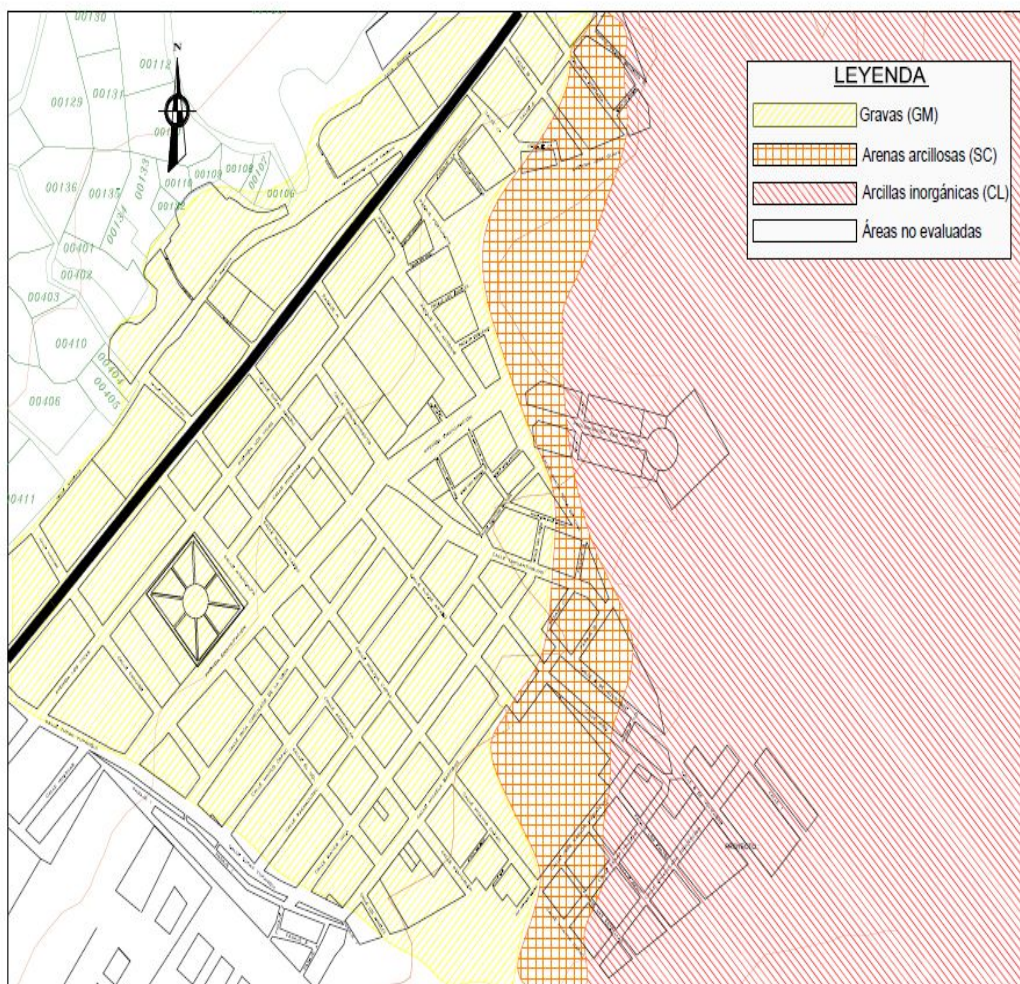


Figura 4.4: Tipo de suelo, Samegua

Fuente: PLAN DIRECTOR MOQUEGUA-SAMEGUA 2003-2010

Para el caso de la investigación el suelo de la zona de estudio se encuentra considerado dentro de la zona A, B y C clasificándolo como un suelo rígido, correspondientes a un suelo Perfil Tipo S1.

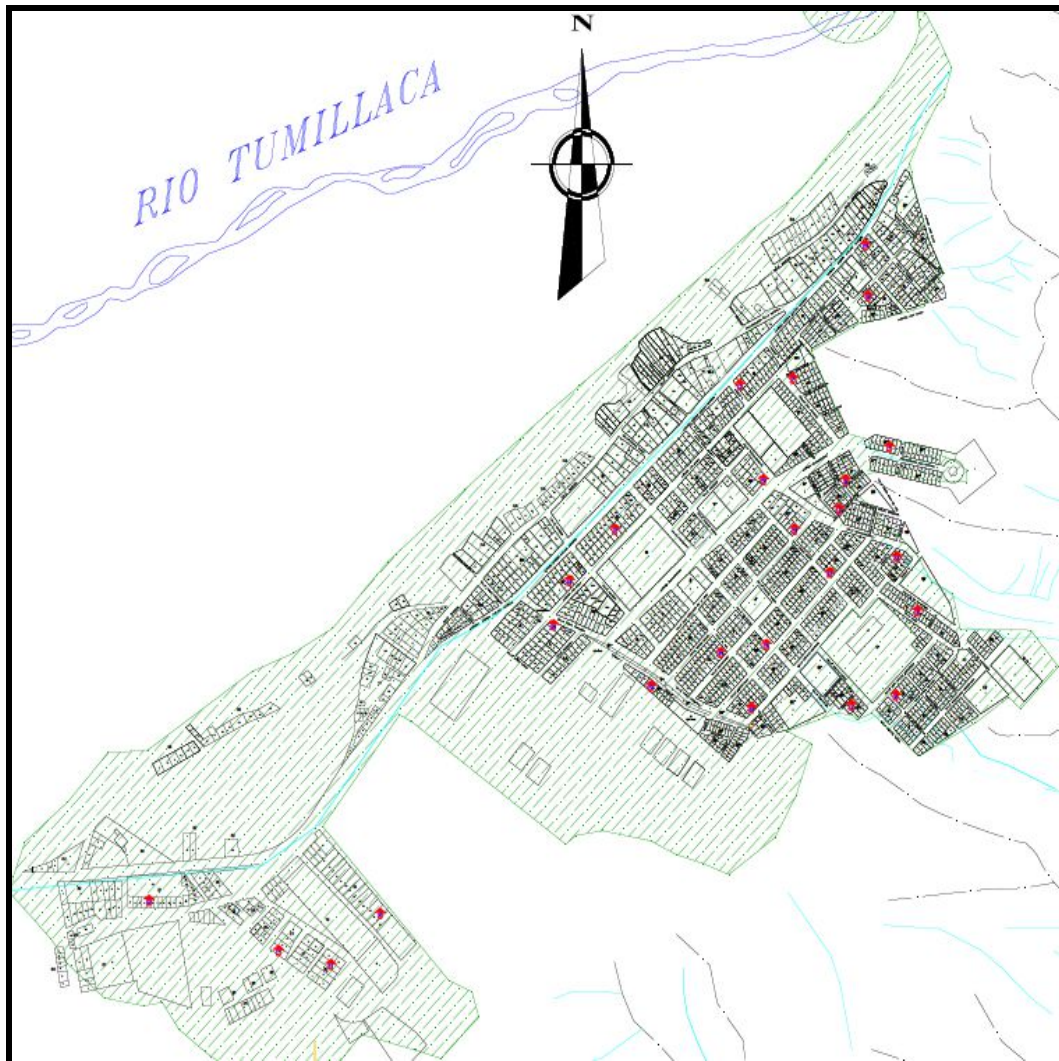


Figura 4.5: Demarcación de la Zona de estudio (Samegua)

Fuente: PLAN DIRECTOR MOQUEGUA-SAMEGUA 2003-2010

4.4. Topografía

De acuerdo a lo desarrollado en el Plan Director Moquegua-Samegua 2003-2010, (ESTUDIO DE PELIGROS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS DEL DISTRITO DE SAMEGUA); se puede describir a continuación:

La zona de estudio es variada debido a que la ciudad de Moquegua se sitúa al borde de la Llanura Costanera, casi en el límite del Flanco Andino. Esta zona se caracteriza por sus terrenos llanos y áridos, fuertemente disectados por quebradas.

El Distrito de Samegua, en su conjunto, está ubicado en una ladera que forma parte del valle del río Tumilaca y la afluencia de pequeñas torrenteras de la margen izquierda.

El relieve es plano a ligeramente ondulado en algunos sectores y en otros de topografía abrupta, teniendo laderas de fuerte pendiente, propio de una zona de gran erosión en el pasado. La altitud varía desde los 1 500 hasta los 1 949 msnm.

El Pueblo tradicional de Samegua se asienta en una plataforma baja con una altitud promedio de 1 574 msnm., se extiende paralelamente a lo largo del río Tumilaca, su topografía es relativamente plana, colindando hacia el Norte con el mencionado río.

Pueblo Joven Samegua

También conocido como Alto Samegua se desarrolla en un segundo plano, a partir del cambio de nivel que se produce a la altura del trazo de la Avenida Andrés Avelino Cáceres, desde el cual se desarrolla hacia el Sur con una

pendiente relativamente suave con 12% de declive, si bien el relieve es plano a ligeramente ondulado en estos sectores, en otros es de topografía abrupta, teniendo laderas de fuerte pendiente, así tenemos que el Comité 5 se ubica en pendientes cuya altitud promedio es de 1 602 msnm., comité 14 1 608 msnm., las laderas superiores a la Planta de Tratamiento de Agua Potable 1 663 msnm.

Quebrada del Cementerio

Esta quebrada cuya cuenca es bastante grande y tiene un largo recorrido con huellas muy visibles del arrastre de abundante sedimentos desde sus nacientes. Las características topográficas del terreno corresponden a una superficie relativamente llana con pendiente suave en la parte central haciéndose más abruptas en los extremos laterales, limitada lateralmente por terrazas que configuran un cauce bastante regular.

Los cerrillos

Esta zona está conformada por una serie de colinas suaves que se ubican hacia el Este de la quebrada del cementerio. Presenta las siguientes altitudes: Asociación San Cristóbal 1 500 msnm., Asociación San Valentín 1 530 msnm., Complejo Santa Fortunata 1 538 msnm., Ampliación Los Cerrillos 1 563 msnm., Asociación Villa Ingeniería 1 583 msnm.

Por lo cual se puede precisar que la topografía de la zona de estudio es relativamente media a alta con una pendiente promedio 12%. Como se puede

observar en la figura 4.6.

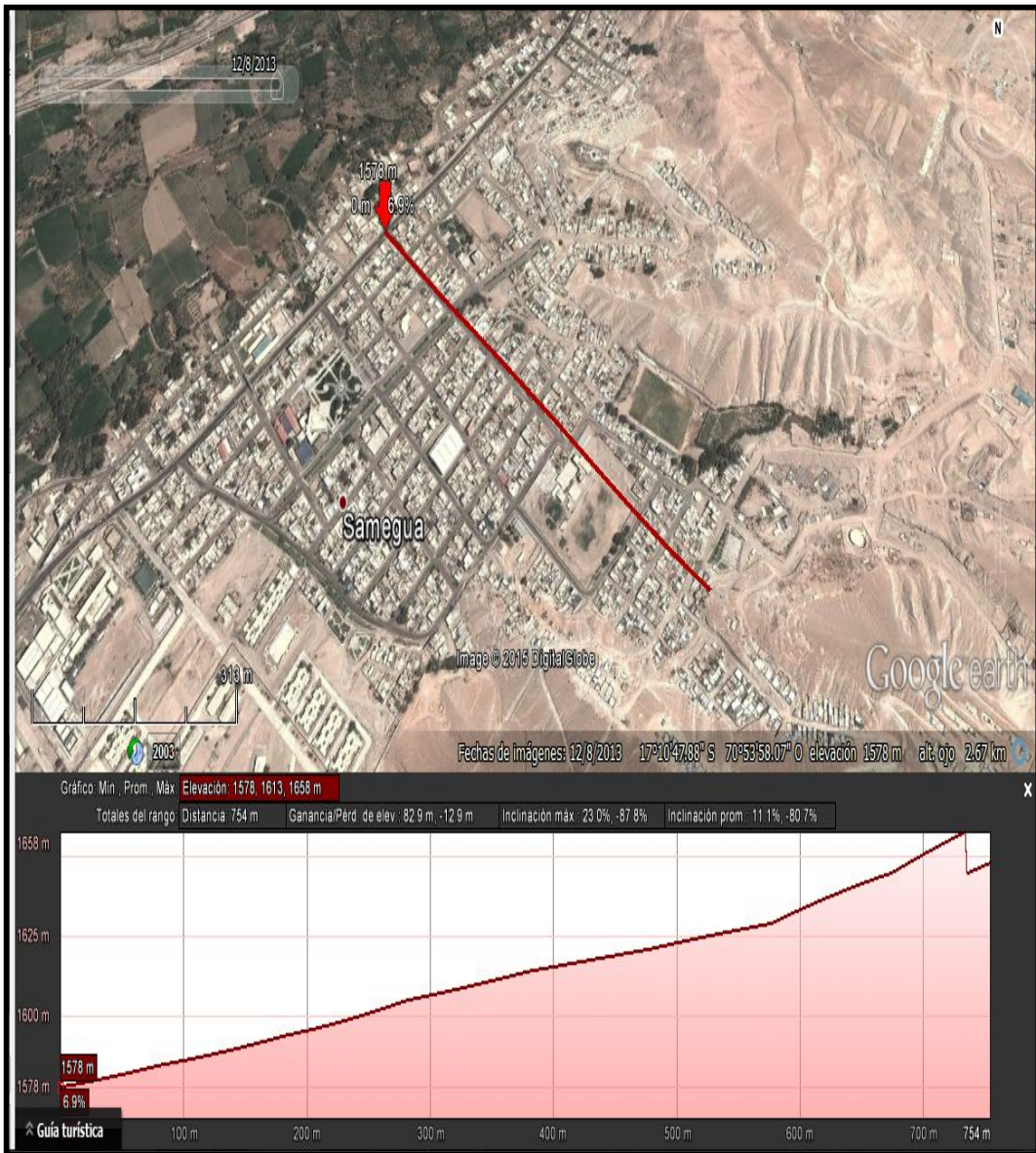


Figura 4.6: Topografía del Distrito Samegua

Fuente: Google Earth.

4.5. Materiales de construcción característicos

En la zona de estudio se encontró que las viviendas son construidas por diferentes unidades de albañilería como son:

- King Kong Industrial (KKI)
- King Kong Artesanal (KKA)
- Bloquetas
- Hércules I
- Pirámide
- Pandereta
- Blocker II

Siendo el principal sistema estructural empleado la Albañilería Confinada, cuyas unidades más predominantes en la zona de estudio son: KKI y KKA lo cual hace la razón del estudio de viviendas autoconstruidas con estas unidades.

En la zona de estudio se observaron edificaciones de uno, dos y hasta tres pisos, siendo de mayor relevancia viviendas de un solo piso, algunas de 2 pisos y muy pocas de tres pisos (como se puede observar en los planos anexos). Por ser el sistema de Albañilería Confinada, los muros son arriostrados a las columnas de manera dentada y otras con mechas de Acero de N° 08, el techo es de losa aligerada con ladrillos de medidas 30x30x15 cm, el pavimento de las viviendas es rígido, de concreto con una altura de 20 cm.



FOTO 4.1: Vivienda de un piso (vivienda 07)

Fuente: Elaboración propia



FOTO 4.2: Vivienda de dos pisos (vivienda 18)

Fuente: Elaboración propia



FOTO 4.3: Vivienda de tres pisos (vivienda 03)

Fuente: Elaboración propia



FOTO 4.4: Muros King Kong Industrial (vivienda 22)

Fuente: Elaboración propia



FOTO 4.5: Muros de King Kong Artesanal (vivienda 13)

Fuente: Elaboración propia



FOTO 4.6: Techo con losa aligerada (vivienda 15)

Fuente: Elaboración propia

4.6. Características de las unidades de ladrillos

Las características mecánicas correspondientes a cada unidad de albañilería (datos extraídos de la Norma de Albañilería E 070), ensayos realizados por la PUCP.

Tabla 4.1: Características mecánicas de unidades de ladrillos

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	KKI	KKA	Und
f'm	6 500	3 500	Kpa
V'm	810	510	Kpa
Em	3 250000	1 750000	Kpa
P.E.	18,00	18,00	KN/m ³

Fuente: Elaboración propia

Donde:

f'm: Resistencia a la compresión de pilas de albañilería

v'm: Resistencia al corte en muretes

Em: Modulo de elasticidad de la unidad de albañilería

P.E: Peso específico de la unidad de albañilería

El módulo de elasticidad (Em) y el módulo de corte (Gm) para la albañilería se considerarán como sigue:

Unidades de arcilla : E m = 500 f'm

Unidades Sílico-calcareas: E m = 600 f'm

Unidades de concreto vibrado: E m = 700 f'm

Para todo tipo de unidad de albañilería: $G\ m = 0.4\ E\ m$

Las unidades predominantes con las que se construyeron las viviendas, tienen las siguientes dimensiones, las cuales fueron corroboradas in situ, las mismas que fueron procesadas en las fichas de reporte.



FOTO 4.7: Unidades de arcilla KKA y KKI

Fuente: Elaboración propia

King Kong Industrial

Ancho: 14 cm

Largo : 24 cm

Alto : 10 cm



FOTO 4.8: Comprobación de dimensiones del ladrillo KKI
(vivienda 15)

Fuente: Elaboración propia

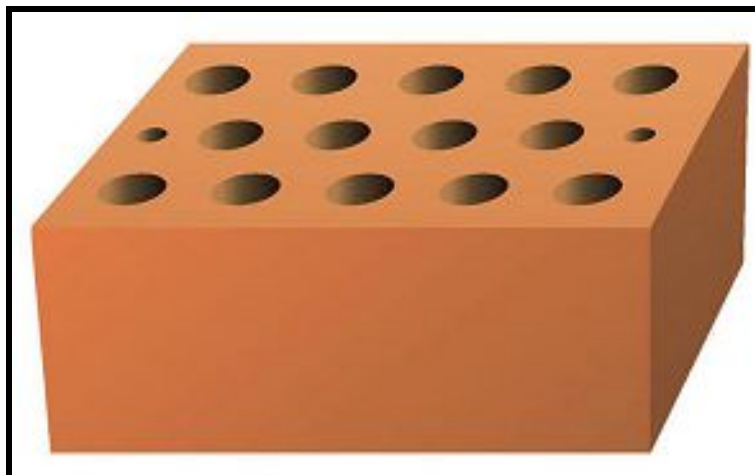


Figura 4.7: Ladrillo King Kong Industrial

Fuente: Ladrillos Max

King Kong Artesanal

Ancho: 14 cm

Largo: 24 cm

Alto : 9 cm



FOTO 4.9: Comprobación de dimensiones del ladrillo KKA
(vivienda 04)

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V

FICHAS DE ENCUESTA Y DE REPORTE

Aquí se presentan las fichas de reporte utilizadas para la obtención de información en campo de las viviendas encuestadas, para poder determinar el riesgo sísmico.

El proceso de encuesta estuvo a cargo exclusivamente del tesista responsable del proyecto con el apoyo de los compañeros de la UJCM, quienes utilizaron las fichas de reporte elaboradas en la PUCP.

Este proceso de encuestado no fue del todo sencillo pues muchos pobladores tenían el temor de que se tratase de un programa municipal, como Catastro y que con este trabajo las autoridades gubernamentales les obligasen a pagar impuestos.

Con las fichas de reporte se logró procesar numéricamente y de forma rápida la cuantificación de las características estructurales y constructivas de las viviendas, y así determinar el nivel de riesgo sísmico de cada una de ellas.

5.1. Fichas de encuesta

Las fichas de encuestas son documentos elaborados en hojas de cálculo de MS Excel que sirven para anotar información de las características arquitectónicas, estructurales y constructivas de las viviendas de albañilería de ladrillo de arcilla King Kong artesanal y king Kong industrial. Las fichas constan de tres páginas.

En la primera página se anotan datos de la familia, del proceso constructivo, y datos técnicos.

En la segunda página se resalta las características principales de las técnicas de construcción, se dibuja un esquema de la vivienda y algunas observaciones y comentarios sobre los problemas que se observan. En la tercera página se dibuja un esquema de la vivienda y cuarta página presenta un conjunto de fotografías que muestran los problemas más resaltantes de la vivienda.

Las fichas de encuesta tienen un único formato y pueden ser aplicadas a viviendas de hasta tres pisos con o sin losa en el último nivel. El formato de las fichas se ha dividido en antecedentes, aspectos técnicos, esquemas, observaciones, comentarios y fotografías. Estas fichas fueron llenadas a mano por los encuestadores al momento de visitar las viviendas para ser digitalizadas y realizar el procesamiento de la información.

5.1.1. Antecedentes

Los encuestadores realizan anotaciones respecto a la ubicación de la vivienda, cantidad de personas que la habitan, tipo de asesoramiento que recibió el poblador durante la etapa de diseño y construcción, tiempo de construcción, secuencia constructiva y el monto aproximado de inversión que realizó el poblador.

5.1.2. Aspectos técnicos

En esta parte los encuestadores anotan las características del suelo de cimentación y lo clasifican como suelo rígido, intermedio o flexible. Describen también los elementos de la superestructura y de la subestructura, y especifican las dimensiones de los cimientos, muros, vigas, columnas y losas (elementos estructurales). Anotan observaciones y comentarios sobre los problemas encontrados en cada uno de estos elementos estructurales.

5.1.3. Esquema de la vivienda

Los encuestadores elaboran esquemas de la vivienda en planta y elevación. Además, indican la existencia o no de junta sísmica con las viviendas vecinas. En este esquema se debe apreciar la distribución de los ambientes y la ubicación de los elementos estructurales debidamente dimensionados.

5.1.4. Observaciones y comentarios

En esta parte los encuestadores anotan y clasifican los defectos que tienen las

viviendas de acuerdo a lo siguientes ítems:

➤ **Problemas de ubicación**

Son los problemas inherentes a la zona donde se ubica la vivienda, como rellenos de nivel, suelo no consolidado, viviendas con asentamiento y viviendas en pendiente.

➤ **Problemas estructurales**

Son los principales errores estructurales encontrados, como: inadecuada densidad de muros, muros sin viga solera, muros resistentes a sismo sin confinar, muros inadecuados para soportar empuje lateral, tabiquería no arriostrada, torsión en planta, viviendas sin junta sísmica o losas de techo a desnivel.

➤ **Factores degradantes**

Se considera como factor degradante en las viviendas a las armaduras corroídas por intemperismo, a la humedad en muros o losas, a la eflorescencia en muros y a los muros agrietados. Estos problemas pueden generar la degradación de la resistencia estructural de las viviendas con el paso del tiempo.

➤ **Mano de obra**

De acuerdo a la calidad de construcción de muros y elementos de concreto

armado, el encuestador califica la mano de obra como buena, regular o de mala calidad.

➤ **Materiales deficientes**

El encuestador califica la calidad de los materiales de construcción empleados en la vivienda, en especial la calidad de los ladrillos de arcilla. Un ladrillo de mala calidad es aquel que tiene mucha variabilidad dimensional, se puede rayar fácilmente con un clavo y no presenta un color uniforme.

➤ **Otros**

Los encuestadores anotan cualquier otro problema (no descrito anteriormente) que pueda tener la vivienda que crean que pueda influir en el buen comportamiento sísmico.

5.1.5. Fotografías

Se muestra una serie de fotografías. La primera muestra la fachada de la vivienda, la segunda es una vista lateral y las demás muestran los problemas más resaltantes de la vivienda encuestada.



**EVALUACIÓN DE VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA DE LA CIUDAD DE MOQUEGUA
FICHA DE ENCUESTA**

Fecha: 14 / 11 / 2014

Código de vivienda encuestada: **Samegua 02**

Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA (King Kong Artesanal KKA)

UBICACIÓN DE LA VIVIENDA:

DEPARTAMENTO : MOQUEGUA				PROVINCIA : MARISCAL NIETO					
DISTRITO : SAMEGUA				ZONA URBANA <input checked="" type="checkbox"/>	ZONA PERIURBANA <input type="checkbox"/>				
Tipo de vía	Av. <input checked="" type="checkbox"/>	Calle <input type="checkbox"/>	Jr. <input type="checkbox"/>	Psje. <input type="checkbox"/>	Carretera <input type="checkbox"/>	Nº Mz. <input type="checkbox"/>	Nº Lote <input type="checkbox"/>	Nº Municipal <input type="checkbox"/>	Km. <input type="checkbox"/>
Nombre: Andres Avelino Caceres						G	12		

Familia : ORTEGA JORGE	Nº de habitantes: 05
-------------------------------	-----------------------------

- 1.- ¿Recibió asesoría técnica para la construcción de su vivienda? SI NO
Comentarios: Según propietario el proyecto para la construcción fue realizado por un Arquitecto
- 2.- ¿Quiénes participaron en la construcción de su vivienda?
01 maestro de obra y peones bajo la supervisión de un Arquitecto y familiares
- 3.- ¿Utilizó planos para la construcción de su vivienda? SI NO
- 4.- ¿Se respetaron los planos durante la construcción? SI NO
Comentarios: Se respetaron los planos en un 80%. Se varió la ubicación de algunas ventanas y el ancho del pasadizo principal así como la ubicación de muros. El plano es solo del 2 piso (arquitectónico)
- 5.- Fecha de inicio de la construcción: abr-85 Fecha de término: 01/10-2000
Tiempo de residencia en la vivienda: 26 años
Nº de pisos actualmente: 02 Nº de pisos proyectado: 03
Estado de conservación de la vivienda: Bueno () Regular () Malo ()
- 6.- Secuencia de construcción de los ambientes:
Paredes límites (1). Sala-Comedor (2). Dormitorio 1 (5). Dormitorio 2 (). Cocina (4).
Baño (3). Todo a la vez (). Primero un cuarto (). Otro: todo a la vez el 2do Piso
- 7.- ¿Cuánto ha invertido en la construcción de su vivienda? S/. 90,000 (valorizado por el dueño)
- 8.- ¿Qué peligros naturales afectaron su vivienda? Sismo Inundación
Deslizamiento Huayco Volcánico Otro: _____
¿Qué daños sufrió su vivienda? Pequeñas fisuras verticales ubicado en muros portantes
posiblemente debido a asentamientos del terreno o al sobre peso ocasionado por segundo piso
- 9.- En la actualidad ¿qué peligros naturales considera Ud. podrían afectar a su vivienda?
Sismo. Lluvias y/o humedad

DATOS TÉCNICOS:

		Descripción	
Entorno de la vivienda	Ubicación en Manzana	(X) Relleno	La vivienda se encuentra en la zona
	() Aislada	() Quebrada	de cause de quebrada seca.
	() Intermedia	() Orillas de río	
	(X) Esquina	() Terr. cultivo	
Pendiente	() Alta		
	() Media		
	(X) Baja		

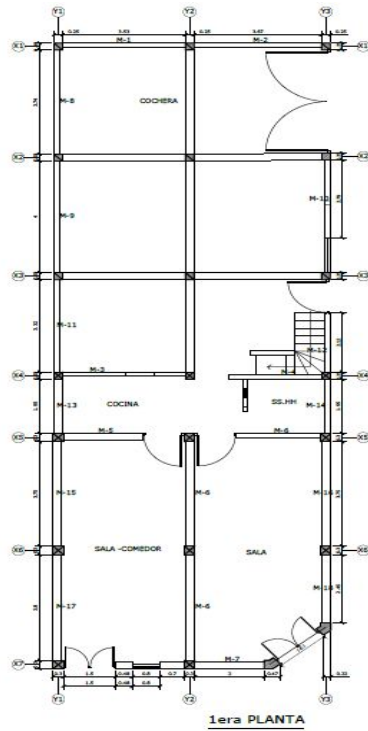
Características del suelo	(X) Rígido	Descripción: Suelo conformado por gravas y arenas sueltas de mediana graduación, Topografía de pendiente baja
	() Intermedio	
	() Flexible	

Figura 5.1: Ficha de encuesta página 1 de 3

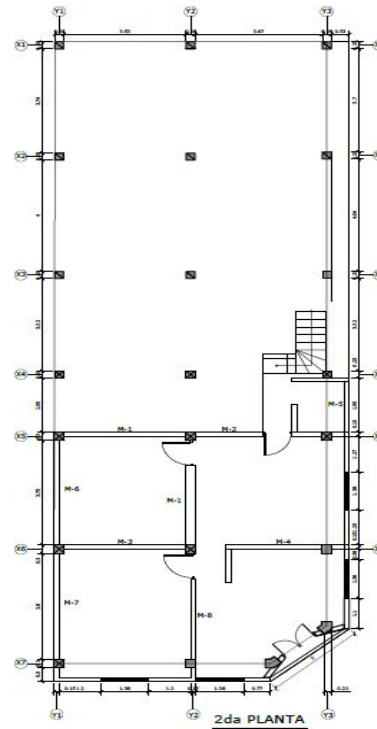
ESQUEMA DE LA VIVIENDA:

Planta:

Primera Planta

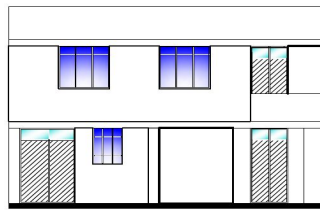


Segunda Planta



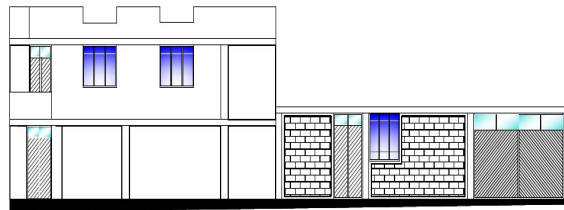
Elevación:

Frontal



ELEVACION FRONTAL

Lateral



ELEVACION LATERAL

Pendiente del terreno (%) :

1

Dimens. Terr.	Dimensiones
Ancho (m)	8.00
Largo (m)	22.00
Area Libre	1.2

Muros	Espesor (m)	Material
M1		
M2		
Mc	0.14	KKA
Ms	0.14	KKI

Vanos	Dimensiones (m)
Puerta1	1.60 x 2.60
Puerta2	1.2 x 2.60
Ventana1	1.25 x 1.50
Ventana2	0.80 x 1.200

Dinteles	Dimensiones (m)
Puerta1	
Puerta2	
Ventana1	
Ventana2	

Pendiente del terreno (%) :

1.5

Columnas (m)	Descripción
C1 = 0.30 x 0.30	Concreto
C2 = 0.25 x 0.25	Concreto
C3 =	

Vigas (m)	Descripción
V1 = 0.25 x 0.40	Concreto
V2 = 0.25 x 0.20	Concreto
V3 =	

Losas (m)	Descripción
H1 = 0.20	Aligerado
H2 =	

Figura 5.3: Ficha de encuesta página 3 de 3

Familia:

ORTEGA JORGE



Dirección:

Av. A. Avelino C. Mza G, Lte 12

Distrito Samegua



Se puede Observar grietas diagonales por corte que han sido reparadas artesanalmente



Se puede Observar el excesivo ataque de Sales en la parte inferior de los muros



5.2. Fichas de reporte

Las fichas de reporte son hojas de cálculo donde se describen de manera ordenada y detallada las características arquitectónicas, estructurales y constructivas de las viviendas registradas previamente en las fichas de encuestas. Además se realiza el cálculo de la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de las viviendas encuestadas. Al igual que las fichas de encuesta, las fichas de reporte han sido elaboradas en hojas de cálculo de MS Excel y constan de 3 páginas.

En la primera página se resume la información de antecedentes, aspectos técnicos y deficiencias constructivas de la vivienda encuestada. Además, se realiza un análisis sísmico de la vivienda usando la densidad de muros mínima requerida. En la segunda página se calcula la estabilidad al volteo de los muros y se realiza el diagnóstico de vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico. La segunda página muestra también el esquema de la vivienda. En la tercera página se presenta un conjunto de fotografías que muestran los problemas más resaltantes de la vivienda encuestada.

Las fichas de reporte se diferencian de las fichas de encuesta por el análisis sísmico de las viviendas, el análisis de la estabilidad de muros y la calificación de la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de las viviendas de albañilería.

Esta ficha de reporte está compuesta de las siguientes partes:

5.2.1. Antecedentes

Se resumen los datos anotados en las fichas de encuesta, como la ubicación de la vivienda, cantidad de personas que la habitan, tipo de asesoramiento que recibió el poblador durante la etapa de diseño y construcción, tiempo de construcción, secuencia constructiva y el monto aproximado de inversión que realizó el poblador.

5.2.2. Aspectos técnicos

Se resumen y se ordenan los datos técnicos y deficiencias de la estructura anotados en las fichas de encuesta.

5.2.3. Análisis sísmico

En esta parte se realiza el análisis sísmico de las viviendas de albañilería. El análisis se basa en la comparación de la densidad de muros existentes con la densidad mínima requerida para que las viviendas soporten adecuadamente los sismos raros (0,4 g).

a) Verificación de la densidad de muros del primer piso ante los sismos severo para albañilería confinada

Para determinar el área mínima de muros que debe tener cada vivienda en el primer piso, se ha supuesto que la fuerza cortante actuante, producto de un sismo raro, dividida entre el área de muros requerida debe ser menor que la

sumatoria de las fuerzas cortantes resistentes de los muros dividida entre el área existente de muros (ecuación 5.1).

$$\frac{V}{A_m} \leq \frac{\sum VR}{A_e} \quad \dots (5.1)$$

Donde:

V = Fuerza cortante actuante (kN) producida por sismo severo.

VR = Fuerza de corte resistente (kN) de los muros en un nivel.

A_m = Área (m²) requerida de muros.

A_e = Área (m²) existente de muros confinados.

La fuerza cortante en la base V se expresa como (Norma E.030 Diseño Sismoresistente, 2014).

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot C}{R} P \quad \dots (5.2)$$

Donde:

Z = Factor de zona = 0,35

U = Factor de uso que para viviendas = 1

S = Factor de suelo

Roca dura perfil S₀ = 0,80

Suelo muy rígido perfil S₁ = 1,00

Suelo intermedio perfil S₂ = 1,15

Suelo flexible perfil S₃ = 1,20

C = Factor de amplificación sísmica = 2,5

R = Factor de reducción = 3

P = Peso de la estructura (kN)

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

$$P = Att \cdot \gamma \quad \dots(5.3)$$

Donde:

γ = Peso kN/m²

A_t = Suma de las áreas techadas (m²) de todos los pisos de la vivienda.

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

$$VR = 0.5 \cdot v' m \cdot \alpha \cdot t \cdot l + 0.23 P_g \quad \dots(5.4)$$

Donde:

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

α = Factor de reducción por esbeltez, varía entre $1/3 \leq \alpha \leq 1$

t = Espesor (m) del muro en análisis.

l = Longitud (m) del muro en análisis.

P_g = Carga gravitacional (kN) de servicio con 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 5.1 serán iguales.

$$\frac{V}{Am} \approx \frac{\sum VR}{Ae} \quad \dots(5.5)$$

Para calcular VR se ha realizado una simplificación en la ecuación 5.4. Se ha supuesto que $\alpha=1$ y que $0,23P_g=0$. 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 (5.4) queda reducida a:

$$VR = 0.5 \cdot v'm \cdot \alpha \cdot t \cdot l \quad \dots(5.6)$$

Despejando de la ecuación 5.5 el término Am, reemplazando las ecuaciones 5.2, 5.3 Y 5.6 e igualando $\sum(t \times l) = Ae$, se tiene:

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

$$Am \approx \frac{Z \cdot S \cdot A_{it} \times \theta}{300} \quad \dots(5.7) \text{ Am expresada en m}^2.$$

La ecuación 5.7 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 de las fichas de reporte se calculó A_m con la ecuación 5.7 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 $A_e/A_m \leq 0.80$ entonces la vivienda no tiene adecuada densidad de muros.

Si $A_e/A_m \geq 1.1$ entonces la vivienda tiene adecuada densidad de muros.

Si $0.8 < A_e/A_m < 1.1$ entonces se requiere calcular con mayor detalle la suma de los muros de la vivienda (ΣVR) y el cortante actuante (V).

b) Cálculo detallado de la resistencia a corte VR de los muros

Para determinar el cálculo detallado de la suma de fuerzas resistentes de la vivienda (ΣVR) y la fuerza cortante basal VE se elaboró una hoja de cálculo anexa al reporte en Excel. Según lo especificado en la tesis “Diagnóstico Preliminar de la Vulnerabilidad Sísmica de las autoconstrucciones en Lima” (Flores, 2002) el valor del factor de reducción de la resistencia al corte por efectos de esbeltez es:

- Para viviendas de un piso

$$\alpha \approx \frac{V \cdot L}{Me} = \frac{F_1 \cdot L}{F_1 \cdot h} = \frac{L}{h} \quad \dots(5.8)$$

Donde:

Me = Momento (kN-m) producido en la base del muro.

F1 = Fuerza (kN) de inercia.

h = Altura (m) de entrepiso.

L = Longitud (m) del muro.

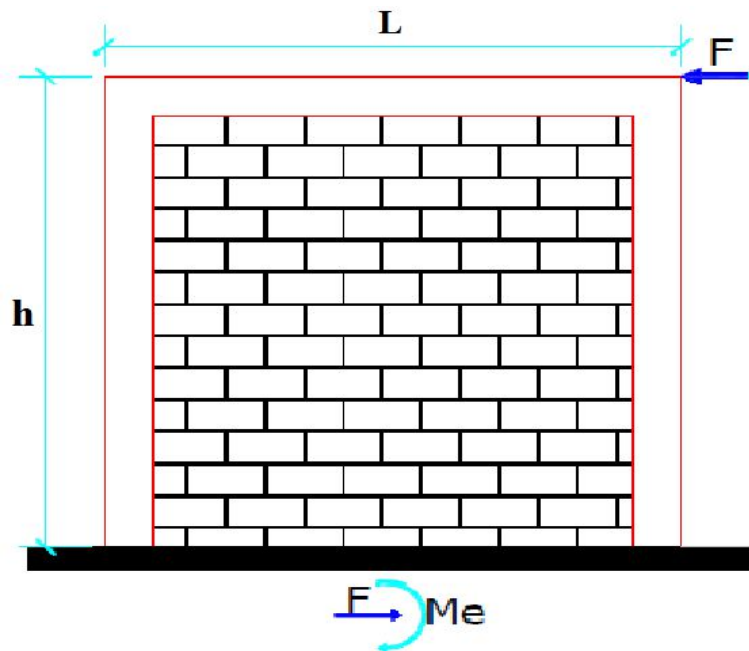


Figura 5.4: Fuerza cortante y momento en un muro de vivienda de un piso

- Para viviendas de dos pisos

$$\alpha \approx \frac{V \cdot L}{M_e} = \frac{(F_1 + F_2)L}{F_1 \cdot h + F_2(2h)} \quad \dots(5.9)$$

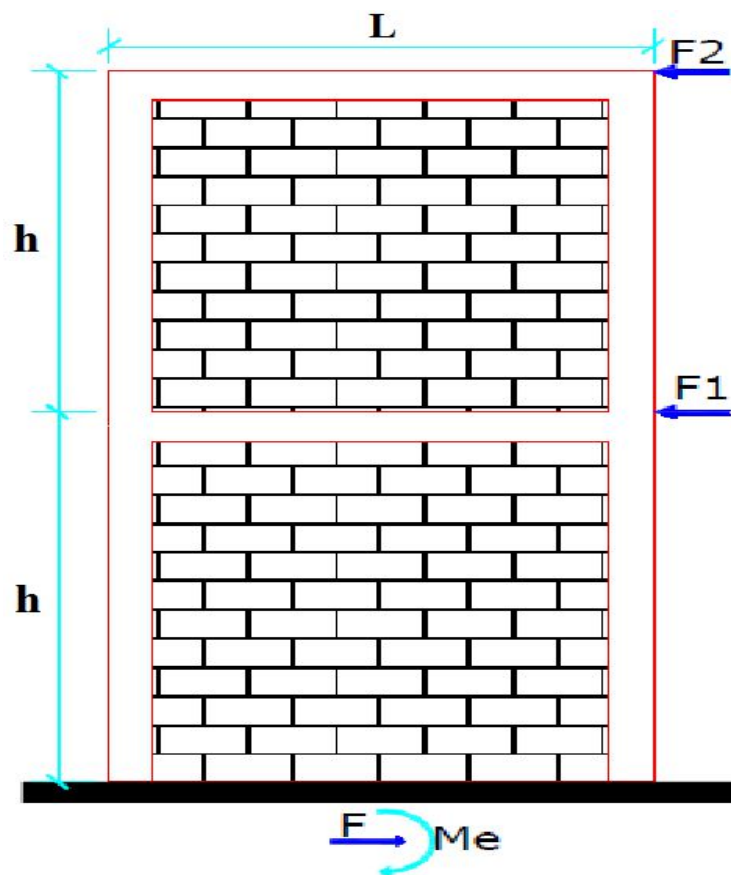


Figura 5.5: Fuerza cortante y momento en un muro de vivienda de dos pisos

Donde:

M_e = Momento (kN-m) producido en la base del muro.

F_1 = Fuerza (kN) de inercia.

h = Altura (m) de entrepiso.

L = Longitud (m) del muro.

Generalmente, las alturas de entrepiso en viviendas de albañilería son iguales y también $F2 = 2F1$, por lo tanto, la ecuación (5.9) se reduce a la siguiente expresión:

$$\alpha = \frac{3L}{5h} \quad \dots(5.10)$$

Las viviendas de uno o dos pisos, para ambos casos el valor de α debe estar comprendido entre $\frac{1}{3} \leq \alpha \leq 1$ (San Bartolomé, 1998).

Análisis por sismo (NTE E030: U=1 C=2,5 R=3)							KKA
Factor de zona= 0.35		Área del primer piso= 127.16 m ²					
Factor de suelo S= 1.0		Resistencia característica a corte de los ladrillos (kPa): v'm = 510					
Área total	Cortante basal		Área de muros		Ae/Ar	Densidad	Resultado 1
techada	Peso total	V=ZJSC/R	Existente Ae	Requerida Ar	Adimensional	%	
m ²	kN	kN	m ²	m ²			
Análisis de muros en el sentido paralelo a la fachada principal (Eje "X")							
158.75	1270	370	1.4422	1.5	0.99	0.91	Calcular VR/VE
Análisis de muros en el sentido perpendicular a la fachada principal (Eje "Y")							
158.75	1270	370	5.4684	1.5	3.76	3.44	Adecuada
En caso de tener una relacion $0.80 < Ae/Ar < 1.1$ se tedra q calcular la relacion VR/V							

Figura 5.6: Verificación de la densidad de muros

c. 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). Ambos momentos son paralelos a los planos de los muros y calculados en la base de los muros.

En el análisis se han considerado los muros que no tienen diafragma rígido. Así como cercos y parapetos que carecen de arriostramiento en alguno de sus lados y tienen una longitud excesiva, siendo necesario verificar su estabilidad ante fuerzas sísmicas.

Para el cálculo de M_a se establece primero la carga sísmica V que actúa durante un sismo perpendicular al plano del muro (MTC, 2003).

$$V = Z \cdot U \cdot C_1 \cdot P \quad \dots(5.11)$$

Donde:

V = Carga sísmica que actúa durante un sismo (KN/m^2).

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/m^2).

El peso P está dado por la siguiente expresión:

$$P = \gamma_m \cdot t \quad \dots(5.12)$$

Donde:

P = Peso kN/m^2

Γ_m = Peso específico del muro.

Para muro de ladrillo macizo $m \gamma = 18 \text{ kN/m}^3$

Para muro de ladrillo pandereta $m \gamma = 14 \text{ kN/m}^3$

t = Espesor del muro (m).

El momento actuante perpendicular al plano del muro (San Bartolomé, 1998)

está dado por la siguiente expresión:

$$Ma = m \cdot V \cdot a^2 \quad \dots(5.13)$$

Ma expresado en kN-m/ml

Donde:

Ma = Momento actuante ($\text{kN} - \text{m/ml}$).

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

(NTE E.070 de albañilería):

- Muro con cuatro bordes arriostrados (Figura 5.7).

a = Menor dimensión.

b/a	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	3,0	∞
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----------

M	0,0479	0,0755	0,0627	0,0862	0,0948	0,1017	0,1180	0,125
---	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------

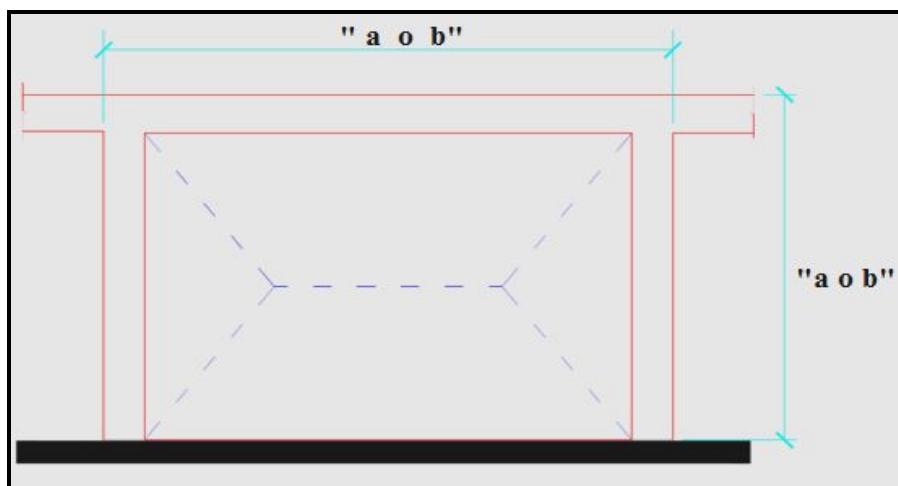


Figura 5.7: Muros con cuatro bordes arriostrados

- Muro con tres bordes arriostrados (Figura 5.8).

a = Longitud de 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

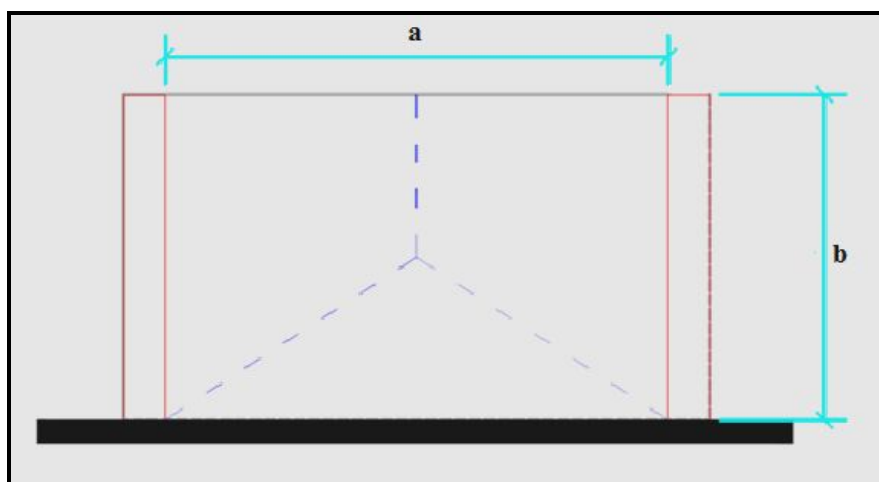


Figura 5.8: Muros con tres bordes arriostrados

- Muro arriostrado en sus bordes horizontales

a = Longitud de borde libre

m = 0,125

- Muro en voladizo

a = altura de muro

m = 0,5

Al reemplazar la ecuación (5.11) y la ecuación (5.13) se tiene.

$$M_a = Z \cdot U \cdot C_1 \cdot P \cdot m \cdot a^2 \quad \dots(5.14)$$

El momento resistente a tracción por flexión (M_r) del muro; según la resistencia de materiales el esfuerzo máximo de un elemento sometido a flexión pura es:

$$\sigma_{max} = \frac{M_r \cdot c}{I} \quad \dots(5.15)$$

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 (Figura 5.9).

$$M_r = \frac{f_t \cdot I}{c} \quad \dots(5.16)$$

Donde:

f_t = Esfuerzo de tracción por flexión de la albañilería (100 kN/m²) (Arango, 2002).

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

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

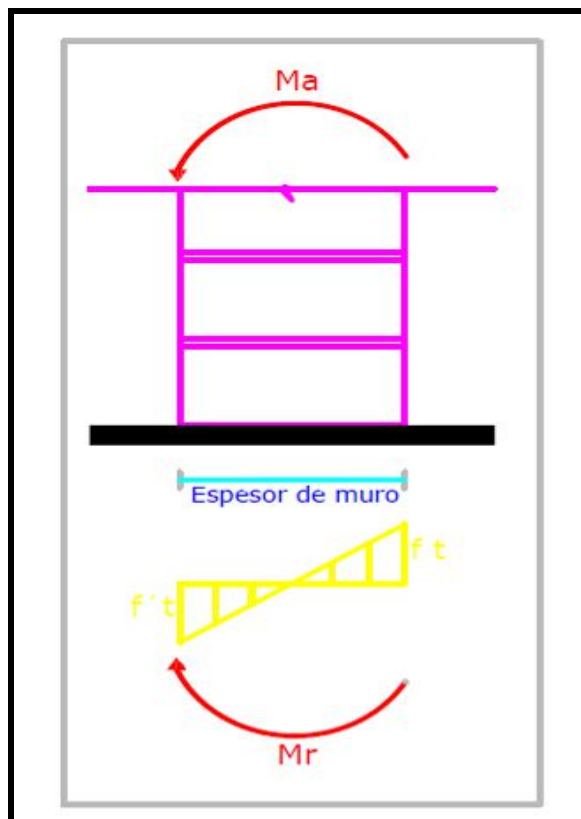


Figura 5.9: Momento resistente M_r en un muro de albañilería

d. Factores influyentes en el riesgo sísmico

En esta parte de las fichas de reporte se realiza el cálculo de riesgo sísmico para cada uno de las viviendas encuestadas.

El riesgo sísmico depende de dos factores: La vulnerabilidad sísmica y el peligro sísmico (Kuroiwa, 2002).

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

Factores influyentes para el riesgo sísmico									
Vulnerabilidad					Peligro				
Estructural			No estructural		Sismicidad	Suelo	Topografía y pendiente		
Densidad	Mano de obra y materiales		Tabiquería						
Adecuada	Buena calidad		Todos estables		Baja	Rígido	X	Plana	
Aceptable	Regular calidad		Algunos estables		Media	Intermedio		Media	
Inacecuada	X Mala calidad		X	Todos inestables	X	Alta	X	Flexible	Pronunciada X

Figura 5.10: Vulnerabilidad estructural

La evaluación del peligro sísmico está en función a los siguientes parámetros: la sismicidad (con incidencia 40%), tipo de suelo (con incidencia 40%) y la

topografía y pendiente (con incidencia 20%) de las zonas donde están ubicadas las viviendas encuestadas.

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 NTE E.030 (2014).

Calificacion		Resultado	
Vulnerabilidad:	Alta	Riesgo Sismico:	Alta
Peligro:	Media		

Figura 5.11: Riesgo sísmico

Los parámetros analizados, tanto los de vulnerabilidad como los de peligro, se le han asignado un valor numérico. En función a estos valores numéricos se ha dividido la calificación de la vulnerabilidad y el peligro sísmico en tres categorías: baja, media y alta.

Tabla 5.1: Valores de los parámetros de la vulnerabilidad sísmica

VULNERABILIDAD					
ESTRUCTURAL			NO ESTRUCTURAL		
Densidad		Mano de obra y materiales		Tabiquería y parapetos	
Adecuada	1	Buena calidad	1	Todos estables	1
Aceptable	2	Regular Calidad	2	Algunos estables	2
Inadecuada	3	Mala calidad	3	Todos inestables	3

Tabla 5.2: Valores de los parámetros de peligro sísmico

PELIGRO					
Sismicidad		Suelo		Topografía y pendiente	
Baja	1	Rigido	1	Plana	1
Media	2	Intermedio	2	Media	2
Alta	3	Flexible	3	Pronunciada	3

Para evaluar la vulnerabilidad de cada una de las viviendas se ha establecido un rango de valores donde la vulnerabilidad sísmica es baja (de 1 a 1,4), media (de 1,5 a 2,1) y alta (de 2,2 a 3). A continuación en la tabla 5.3 con las diferentes combinaciones para la vulnerabilidad sísmica.

Tabla 5.3: Combinaciones de los parámetros para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica

VULNERABILIDAD SÍSMICA	VULNERABILIDAD (80%)									valor numérico
	Estructural						No estructural			
	Densidad (60%)			Calidad M.O. y materiales (30%)			Estabilidad de parapetos (10%)			
	Adecuada	Aceptable	Inadecuada	Buena	Regular	Mala	Estables	Algunos estables	Inestables	
BAJA	X			X			X			1.00
	X			X				X		1.10
	X			X					X	1.20
	X				X		X			1.30
	X				X			X		1.40
MEDIA	X				X				X	1.50
	X					X	X			1.60
	X					X		X		1.70
	X					X			X	1.80
		X			X			X		1.60
		X			X				X	1.70
		X				X				1.80
		X				X		X		1.90
		X				X			X	2.00
		X				X			X	2.10
ALTA		X				X	X			2.20
		X				X		X		2.30
		X				X			X	2.40
			X		X		X			2.20
			X		X			X		2.30
			X			X			X	2.40
			X			X		X		2.50
			X			X			X	2.60
			X				X			2.70
			X				X		X	2.80
		X				X		X	2.90	
		X				X		X	3.00	

Fuente: Mosqueira y Tarque (2005)

La evaluación del peligro sísmico se ha dividido primero de acuerdo con la sismicidad. Para la sismicidad baja se han establecido un rango de valores donde el peligro sísmico es bajo (1 a 1,6); media (de 1,8 a 2) y alto (2,2). Para la sismicidad media se han establecido un rango de valores donde el peligro sísmico es bajo (de 1,4 a 1,6); media (de 1,8 a 2,4) y alto (2,6).

Para la sismicidad alta se han establecido un rango de valores donde el peligro sísmico es bajo (1,8); medio (de 2 a 2,4) y alto (de 2,6 a 3).

A continuación las combinaciones de peligro sísmico alto tabla 5.4; medio tabla 5.5 y bajo tabla 5.6.

Tabla 5.4: Combinaciones de peligro sísmico alto

PELIGRO SISMICO												
Sismicidad (40%)			Suelo (40%)			Topografía (20%)			Pesos			
Baja	Media	Alta	Rígidos	Intermedios	Flexibles	Plana	Media	Pronunciada	0.4	0.4	0.2	
		X	X			X			3	1	1	1.80
		X	X				X		3	1	2	2.00
		X	X					X	3	1	3	2.20
		X		X		X			3	2	1	2.20
		X		X			X		3	2	2	2.40
		X		X				X	3	2	3	2.60
		X			X	X			3	3	1	2.60
		X			X		X		3	3	2	2.80
		X			X			X	3	3	3	3.00

Fuente: Mosqueira y Tarque (2005)

Tabla 5.5: Combinaciones de peligro sísmico medio

PELIGRO SISMICO												
Sismicidad (40%)			Suelo			Topografía			Pesos			
Baja	Media	Alta	Rígidos	Intermedios	Flexibles	Plana	Media	Pronunciada	0.4	0.4	0.2	
	X		X			X			2	1	1	1.40
	X		X				X		2	1	2	1.60
	X		X					X	2	1	3	1.80
	X			X		X			2	2	1	1.80
	X			X			X		2	2	2	2.00
	X			X				X	2	2	3	2.20
	X				X	X			2	3	1	2.20
	X				X		X		2	3	2	2.40
	X				X			X	2	3	3	2.60

Fuente: Mosqueira y Tarque (2005)

Tabla 5.6: Combinaciones de peligro sísmico bajo

PELIGRO SISMICO												
Sismicidad (40%)			Suelo (40%)			Topografía (20%)			Pesos			
Baja	Media	Alta	Rígidos	Intermedios	Flexibles	Plana	Media	Pronunciada	0.4	0.4	0.2	
X			X			X			1	1	1	1.00
X			X				X		1	1	2	1.20
X			X					X	1	1	3	1.40
X				X		X			1	2	1	1.40
X				X			X		1	2	2	1.60
X				X				X	1	2	3	1.80
X					X	X			1	3	1	1.80
X					X		X		1	3	2	2.00
X					X			X	1	3	3	2.20

Fuente: Mosqueira y Tarque (2005)

Luego de establecer las calificaciones de vulnerabilidad y peligro sísmico se evalúa 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 evalúan las posibles combinaciones de vulnerabilidad sísmica y peligro sísmico. Ver las siguientes tablas 5.7 y 5.8 con los valores y niveles de riesgo sísmico.

Tabla 5.7: Riesgo sísmico

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

Tabla 5.8: Riesgo sísmico en valores

RIESGO SISMICO			
Vulnerabilidad Peligro	1	2	3
1	1	1.5	2
2	1.5	2	2.5
3	2	2.5	3

CAPÍTULO VI

DEFECTOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE VIVENDAS AUTOCONSTRUIDAS

En este capítulo se detallan y se explican los problemas de ubicación, estructurales y constructivos que se han encontrado en las viviendas informales encuestadas. Los problemas de ubicación están relacionados al tipo de suelo de cimentación; problemas de estructuración, configuración sismorresistente; problemas constructivos, y a la construcción de las viviendas. También se analiza la calidad de la mano de obra empleada en la construcción de viviendas.

6.1. Problemas de ubicación de las viviendas

En la zona de estudio las viviendas de albañilería confinada generalmente se han construido sin tener en cuenta las características del suelo. Es decir, si el suelo es resistente, si es estable o inestable, o si existe la posibilidad de deslizamiento o caída de rocas en caso de sismos. En la actualidad la mayoría de las construcciones en zonas de expansión urbana no se están tomando en cuenta cuán vulnerables son las construcciones de viviendas sobre rellenos de nivel y pendientes pronunciadas.

- Viviendas en zonas de gran pendiente

En la zona del Distrito de Samegua existen pendientes generadas por los

cerros aledaños a la zona urbana, que en la actualidad se vienen construyendo en terrenos de pendiente pronunciada. Los pobladores deben realizar cortes y rellenos para poder empezar con la cimentación de la vivienda (Figura 6.1).

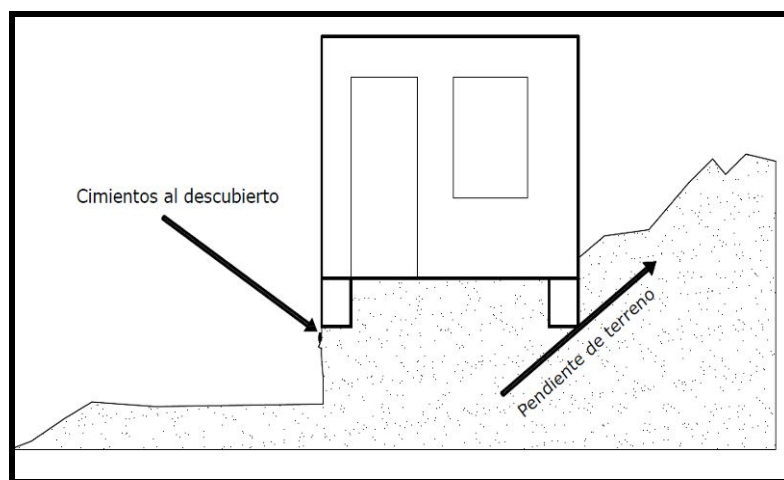


Figura 6.1: Problema de pendiente de viviendas

Fuente: Elaboración propia



FOTO 6.1: Vivienda en pendientes altas (vivienda 06)

Fuente: Elaboración propia

- Viviendas en zonas de relleno e inundación

Los rellenos no controlados son los más comunes, pues se realizan con cualquier material y sin una adecuada compactación.

El problema de las viviendas construidas sobre rellenos inadecuados es que son susceptibles a sufrir asentamientos diferenciales, cabe resaltar que anteriormente era un cauce natural de quebradas secas que en temporada de lluvias afectan a las viviendas que se encuentran en medio de éstas, causando inundaciones.

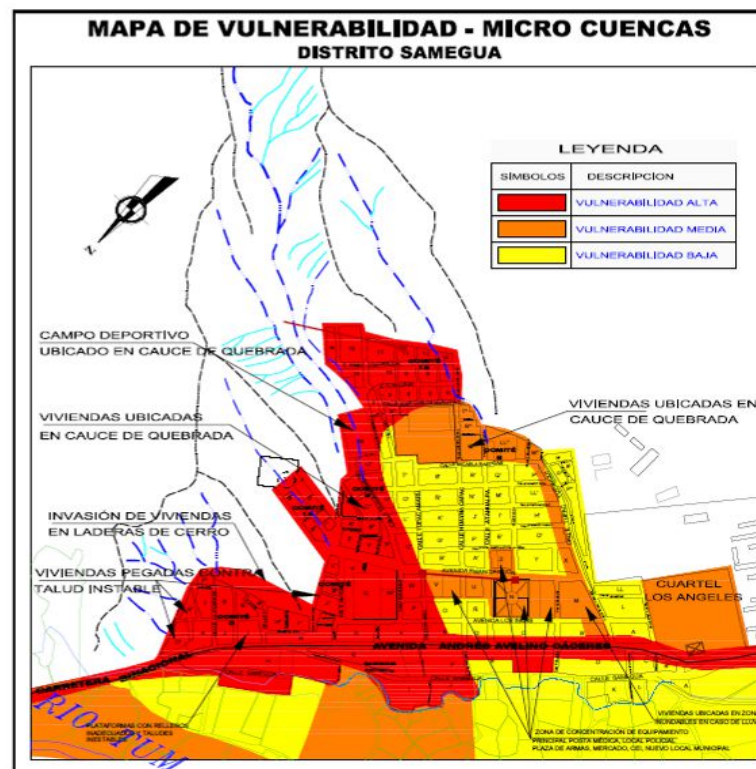


Figura 6.2: Mapa de vulnerabilidad - Micro cuencas Samegua

Fuente: PLAN DIRECTOR MOQUEGUA – SAMEGUA 2003-2010



FOTO 6.2: Vivienda en Cauce de Quebrada seca (vivienda 10)

Fuente: Elaboración propia

6.2. Problemas estructurales de las viviendas

Los problemas estructurales que se analizan tienen relación con la configuración sismorresistente de las viviendas. Los dueños de las viviendas encuestadas no tenían planos elaborados por ingenieros civiles ni técnicos en ingeniería civil. En las viviendas auto-construidas sólo se construye en base a los requerimientos del poblador y a la ayuda de un albañil o maestro de obra. Los problemas estructurales han sido clasificados de acuerdo a las siguientes descripciones.

- Viviendas sin junta sísmica y losa de techo a desnivel

Un problema generalizado es que las viviendas son construidas una junta a la otra. Es decir, sin dejar juntas sísmicas, que son espacios vacíos entre

viviendas y que permita el libre movimiento de cada una de ellas y estas no fallen por golpeteo.



FOTO 6.3: Carencia de junta sísmica entre viviendas (vivienda 02)

Fuente: Elaboración propia

En las viviendas encuestadas se ha notado que las viviendas vecinas, que no tienen junta sísmica, tienen techo a desnivel una con respecto a la otra. Este desnivel ocasionará en ambas viviendas un efecto de golpeteo entre la losa de una y el muro de la otra durante un evento sísmico.



FOTO 6.4: Techos de viviendas a desnivel, sin juntas (vivienda 04)

Fuente: Elaboración propia

6.3. Problemas del proceso constructivo de las viviendas

La falta de conocimientos técnicos y de dirección por parte de los albañiles, maestros de obra o pobladores hace que se cometan errores durante el proceso constructivo de las viviendas. En las viviendas encuestadas la participación de profesionales en ingeniería civil ha sido poca o ninguna. En este caso el responsable de la construcción (maestro de obra o poblador) siempre toma las sugerencias y modificaciones que indica el poblador. El constructor realiza cambios en la configuración estructural inicial sin saber si ello ocasionará un aumento en la vulnerabilidad sísmica de la vivienda.

En viviendas informales es común observar el uso de materiales deficientes como la madera para encofrado. También se observa que personal inexperto

(peones) realizan las dosificaciones para el concreto y aumentan agua de acuerdo a la facilidad de su trabajo. Casi siempre el concreto para cimentación y techo es mezclado en tolvas o trompos (mezcladoras), pero el concreto para vigas, columnas, escaleras y falso piso es mezclado a mano.

- Cangrejeras y acero de refuerzo expuesto

El encofrado sirve para moldear a los elementos de concreto en estado fresco. Por lo general en la construcción de viviendas se utiliza como encofrado elementos de madera. Estos encofrados tienen un costo de adquisición menor a otros tipos de encofrados como los metálicos. La madera que se va a utilizar no debe dañar al concreto, debe estar en buenas condiciones y no debe tener más de ocho usos.

En las viviendas informales el encofrado que se utiliza es inadecuado. La madera muchas veces presenta grietas, rajaduras y no tienen los cantos verticales. Además, los albañiles combinan encofrados de madera con otros elementos como latones, pedazos de ladrillo y papel de la bolsa de cemento. Esto ocasiona que los elementos de concreto armado queden desplomados y que presenten cangrejeras. Ya que de acuerdo a pruebas de compresión en probetas de concreto, realizadas en diferentes laboratorios, se evidencia que las cangrejeras pueden reducir hasta un 40% de la resistencia del concreto.



FOTO 6.5: Acero de viga expuesto por falta de recubrimiento (vivienda 14)

Fuente: Elaboración propia



FOTO 6.6: Acero de viga expuesto proyectado (vivienda 11)

Fuente: Elaboración propia

6.1 Calidad de mano de obra

En este proyecto la calidad de la mano de obra ha sido dividida en buena, regular y mala calidad.

La mano de obra de buena calidad implica un adecuado proceso constructivo de las viviendas. Se especifica que en el asentado de muros las juntas estén entre 1 a 2 cm. de espesor, que los elementos verticales estén a plomo, que el encofrado de los elementos de concreto armado no genere cangrejas, que muy pocos muros hayan sido picados horizontal y verticalmente, y que el acero de refuerzo quede amarrado adecuadamente (medida de traslape) y no esté expuesto a la intemperie.

Una mano de obra de regular calidad es aquella que tiene sólo algunos muros con juntas de espesor mayor a 2 cm, pero menor de 3 cm. El aumento del espesor en la junta ocasiona la disminución de la resistencia a compresión y corte del muro. En el proceso del encofrado pueden haber zonas donde no se ha podido colocar madera adecuadamente; sin embargo, puede haberse colocado otro material que no deforme la geometría y no genere cangrejas en el concreto. Se aceptan que pocos muros hayan sido picados vertical u horizontalmente para empotrar las instalaciones eléctricas y sanitarias.

La mala calidad en la mano de obra implica que las viviendas tengan muchos muros con espesores de juntas mayores a 3 cm, que el en encofrado se hayan

utilizado bolsas de cemento o pedazos, ladrillo que producen cangrejas en el concreto, que los estribos estén doblados inadecuadamente, que hayan elementos (muros y columnas) desplomados. También se clasifica como mano de obra de mala calidad cuando los muros han sido picados en forma diagonal para realizar las instalaciones eléctricas o sanitarias.



FOTO 6.7: Inadecuado confinamiento de muro (vivienda 14)

Fuente: Elaboración propia



FOTO 6.8: Discontinuidad vertical por mal encofrado de columna
(vivienda 17)

Fuente: Elaboración propia

6.4. Otros problemas de las viviendas

- Muros agrietados

La mayoría de las viviendas encuestadas que tienen muros agrietados, (Figura 6.1) se encuentran cimentadas sobre suelo no consolidado o suelo de relleno de nivel y en zonas con pendiente pronunciada.

En el caso de suelos granulares sueltos, como las arenas, los muros también presentan grietas. Estas grietas son producto del asentamiento diferencial que se produce debido a suelo de cimentación que en algunos casos son rellenos.



FOTO 6.9: Muros agrietados (vivienda 21)

Fuente: Elaboración propia

- **Eflorescencia en muros**

El fenómeno de la eflorescencia consiste en la formación de polvo de sales solubles sobre las caras de los ladrillos (Techniseal, 2002). La eflorescencia se caracteriza por ser de color blanco y se presenta en el secado de la superficie de los ladrillos nuevos que han sido humedecidos.

Casi todas las viviendas informales encuestadas han sido construidas en su mayoría con ladrillos Semi-industriales y algunas de fabricación artesanal. El problema radica en el tipo de material que se ha utilizado en la fabricación del ladrillo, mortero; pues, la presencia de eflorescencia indica la incorporación de sales en uno de los componentes del material. Y asimismo al terreno de

cimentación.

Debido al elevado grado de succión que tienen las unidades de arcilla elaboradas industrialmente y las artesanales, y a la calidad de la materia prima, el peligro que ocasiona la salinidad es mucho mayor ya que se podría reducir aún más la resistencia de las unidades de albañilería mencionadas.



FOTO 6.10: Efluencia en muros (vivienda 08)

Fuente: Elaboración propia

- Ladrillos de baja calidad

Las unidades de albañilería empleados para la construcción de viviendas autoconstruidas son por lo general Semi-industriales y artesanales. Estos productos son fabricados con mano de obra no calificada y en el caso del ladrillo tienen un proceso de quemado no uniforme. Ello da como consecuencia

la falta de uniformidad en las dimensiones de las unidades y la baja resistencia que los ladrillos y bloquetas pueden presentar.

Por lo general, los ladrillos Semi-industriales y artesanales en las encuestas presentan deficiencias en las dimensiones, quemado, color no uniforme, salinidad, alabeo, etc. Este hecho hace suponer que las unidades son de baja calidad y no aseguran una adecuada resistencia tanto a compresión como a corte.



FOTO 6.11: Baja calidad de ladrillos (vivienda 07)

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VII

BASE DE DATOS Y ESTADÍSTICA

En este capítulo se muestra la base de datos con los defectos constructivos más comunes de las viviendas autoconstruidas en el Distrito de Samegua.

También se ha realizado un análisis cualitativo y cuantitativo de la base de datos. El primer análisis se basa en la evaluación de las viviendas a través de la observación en campo sobre los problemas de ubicación, problemas constructivos, problemas estructurales y la calidad de manos de obra. El segundo análisis se basa en el cálculo de la densidad de muros, de la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico que se hizo en las fichas de reporte.

7.1. Datos estadísticos de la zona

En el Distrito de Samegua se analizaron 25 viviendas. Las viviendas están ubicadas en una zona urbana, como también en zonas de expansión donde generalmente las construcciones están a cargo de albañiles y maestros de obra. El tipo de suelo predominante, según el “PLAN DIRECTOR MOQUEGUA–SAMEGUA 2003-2010” es un suelo (GM) gravas ver (Figura 3.2), la mayoría de las viviendas tienen cimentación corrida de concreto ciclópeo con zapatas de concreto armado. El ladrillo utilizado en su mayoría, en la construcción de viviendas fue del tipo **King Kong Industrial** y **King Kong Artesanal**.

En la tabla 7.1 Se detalla a continuación.

Tabla 7.1: Características generales de viviendas

Características generales	N° viviendas encuestadas	N° viviendas	% viviendas
Tipo de Suelo			
Rígido (gravas (GM)) ver fig. 3.2	25	25	100,00
Tipo de Ladrillo			
King Kong Artesanal	25	12	48,00
King Kong Industrial	25	13	52,00
Tipo de Cimentación			
Cimiento corrido de Concreto			
Ciclópeo	25	2	8,00
Cimiento corrido de Concreto			
Ciclópeo y Zapatas	25	23	92,00

Fuente: Elaboración propia

El suelo predominante en las zonas encuestadas es de perfil S1.

De las viviendas encuestadas el 48% son de ladrillo KKA y 52% de ladrillo KKI, unidades de arcilla ampliamente utilizada probablemente por el menor costo que estos implican.

En las viviendas analizadas, el tipo de cimentación es el concreto ciclópeo 8% y cimiento corrido de concreto ciclópeo con zapatas 92%. Esto demuestra que los ciudadanos y constructores de Samegua conocen cualitativamente sobre la calidad de suelo y su efecto en la estructura de la vivienda.

Tabla 7.2: Consolidado estadístico de viviendas

CUADRO ESTADISTICO DE LAS VIVIENDAS ENCUESTADAS

CODIGO	VIVIENDA			DE LOS MUROS		VULNERABILIDAD	PELIGRO SISMICO	RIESGO SISMICO	TIPO DE SUELO	UNIDAD DE ALBAÑILERIA	CALIDAD DE MANO DE OBRA	CALIDAD DE MATERIALES	ESPESOR DE MORTERO >1.5CM	FALLAS DE CORTE EN MUROS	ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES	SALES	EFLORENCIA	ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	FISURAS DEBIDO A SISMOS ANTERIORES	
	DENSIDAD ADECUADA	DENSIDAD INADECUADA	DENSIDAD ACEPTABLE	PARALELOS A LA FACHADA	PERPENDICULAR A LA FACHADA														EXISTE	FUE REPARADA
VIVIENDA 01	X			ADECUADA	ADECUADA	MEDIA	MEDIO	MEDIO	RIGIDO	X	REGULAR	REGULAR	2 a 3	NO	SI	SI	NO	NO	SI	NO
VIVIENDA 02			X	INADECUADA	ADECUADA	ALTA	MEDIO	ALTO	RIGIDO	XX	MALA	MALA	2 a 4	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
VIVIENDA 03			X	INADECUADA	ADECUADA	ALTA	MEDIO	ALTO	RIGIDO	X	MALA	REGULAR	2 a 3	SI	SI	SI	NO	SI	NO	SI
VIVIENDA 04			X	INADECUADA	ADECUADA	MEDIA	MEDIO	MEDIO	RIGIDO	XX	BUENA	REGULAR	2	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NO
VIVIENDA 05			X	INADECUADA	ADECUADA	MEDIA	MEDIO	MEDIO	RIGIDO	X	REGULAR	REGULAR	2 a 3	NO	NO	SI	NO	SI	NO	NO
VIVIENDA 06		X		INADECUADA	INADECUADA	ALTA	MEDIO	ALTO	RIGIDO	X	MALA	REGULAR	2 a 4	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
VIVIENDA 07			X	INADECUADA	ADECUADA	ALTA	MEDIO	ALTO	RIGIDO	XX	MALA	MALA	2 a 4	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO
VIVIENDA 08		X		INADECUADA	INADECUADA	ALTA	MEDIO	ALTO	RIGIDO	XX	MALA	MALA	3 a 4	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
VIVIENDA 09			X	INADECUADA	ADECUADA	ALTA	MEDIO	ALTO	RIGIDO	XX	MALA	REGULAR	2 a 4	NO	SI	NO	SI	SI	SI	NO
VIVIENDA 10			X	INADECUADA	ADECUADA	ALTA	MEDIO	ALTO	RIGIDO	XX	MALA	MALA	3	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO
VIVIENDA 11			X	INADECUADA	ADECUADA	ALTA	MEDIO	ALTO	RIGIDO	XX	MALA	REGULAR	2	NO	SI	SI	SI	SI	SI	NO
VIVIENDA 12			X	INADECUADA	ADECUADA	ALTA	MEDIO	ALTO	RIGIDO	XX	MALA	MALA	2 a 3	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO
VIVIENDA 13	X			ADECUADA	ADECUADA	MEDIA	MEDIO	MEDIO	RIGIDO	XX	MALA	MALA	2 a 3	NO	SI	SI	NO	NO	NO	SI
VIVIENDA 14		X		INADECUADA	INADECUADA	ALTA	MEDIO	ALTO	RIGIDO	XX	MALA	MALA	2 a 4	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
VIVIENDA 15	X			ADECUADA	ADECUADA	MEDIA	MEDIO	MEDIO	RIGIDO	X	MALA	REGULAR	2 a 3	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO
VIVIENDA 16			X	INADECUADA	ADECUADA	ALTA	MEDIO	ALTO	RIGIDO	XX	MALA	MALA	2 a 3	SI	SI	SI	NO	SI	NO	SI
VIVIENDA 17			X	ADECUADA	INADECUADA	ALTA	MEDIO	ALTO	RIGIDO	X	MALA	REGULAR	2	NO	SI	SI	NO	SI	NO	NO
VIVIENDA 18			X	INADECUADA	ADECUADA	MEDIA	MEDIO	MEDIO	RIGIDO	X	REGULAR	BUENO	2	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO
VIVIENDA 19	X			ADECUADA	ADECUADA	MEDIA	MEDIO	MEDIO	RIGIDO	X	MALA	REGULAR	3	NO	SI	SI	NO	NO	SI	NO
VIVIENDA 20			X	INADECUADA	ADECUADA	ALTA	MEDIO	ALTO	RIGIDO	X	MALA	REGULAR	2	NO	SI	SI	NO	SI	NO	NO
VIVIENDA 21			X	INADECUADA	ADECUADA	MEDIA	MEDIO	MEDIO	RIGIDO	X	REGULAR	REGULAR	2 a 3	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO
VIVIENDA 22	X			ADECUADA	ADECUADA	MEDIA	MEDIO	MEDIO	RIGIDO	X	REGULAR	REGULAR	2 a 4	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
VIVIENDA 23		X		INADECUADA	INADECUADA	ALTA	MEDIO	ALTO	RIGIDO	XX	MALA	MALA	2 a 4	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
VIVIENDA 24			X	INADECUADA	ADECUADA	MEDIA	MEDIO	MEDIO	RIGIDO	X	REGULAR	REGULAR	3	NO	NO	SI	NO	SI	NO	NO
VIVIENDA 25			X	INADECUADA	ADECUADA	MEDIA	MEDIO	MEDIO	RIGIDO	X	REGULAR	REGULAR	3	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NO

Fuente: Elaboración propia

En el tabla 7.2 anteriormente mostrado, se tiene el consolidado estadístico de las viviendas encuestadas, donde se califica la densidad de muros a cada una de éstas en adecuada, aceptable e inadecuada, en el eje “X” y el eje “Y” respectivamente.

El tipo de suelo, calidad de materiales, calidad mano de obra y otros factores considerados en las fichas de reporte, con ello también se tiene de grado de vulnerabilidad si es alta, media o baja respectivamente.

A continuación, en la figura de pastel (7.1) presenta el universo de viviendas encuestadas.

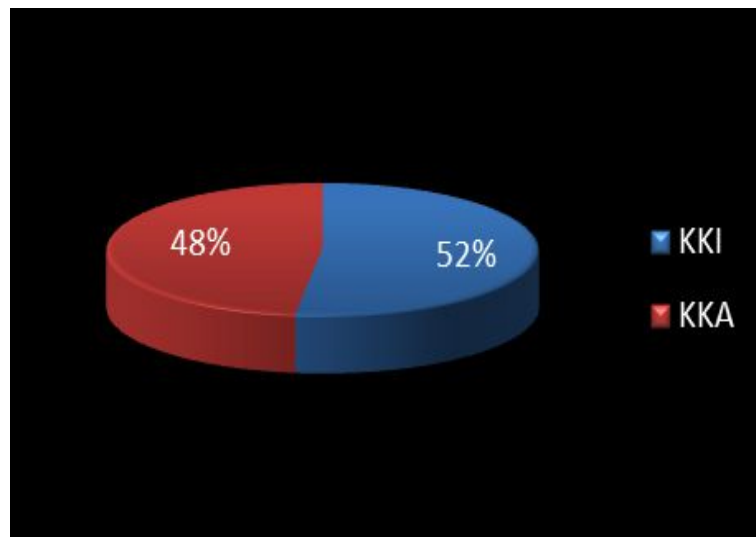


Figura 7.1: Universo de viviendas encuestadas (%)

Fuente: Elaboración propia

De la muestra tomada el cincuenta y dos por ciento (52%) son de KKI y el cuarenta y ocho por ciento (48%) de KKA, unidades de arcilla empleados en la construcción de viviendas de albañilería confinada en el Distrito de Samegua.

7.2. Análisis cualitativo de la base de datos

En el análisis cualitativo de la base de datos se ha tenido en cuenta sólo los problemas que han sido analizados mediante un procedimiento de observación.

Es decir, para este análisis no se ha realizado ningún cálculo que permita averiguar numéricamente el comportamiento sísmico de la vivienda. Los problemas que se analizan están referidos a la ubicación, estructuración (sin considerar la densidad de muros), proceso constructivo, calidad de mano de obra y otros problemas mencionados en la base de datos.

En la tabla 7.3 a continuación se observa los problemas en el proceso constructivo de viviendas.

- Problemas de Proceso Constructivo

Tabla 7.3: Proceso constructivo de viviendas

Proceso Constructivo	%
Acero Expuesto	80,00
Mortero mayor a 1,5 cm	100,00

Fuente: Elaboración propia

De las viviendas encuestadas el cien por ciento (100%) tienen mortero mayor a 1,5 cm.

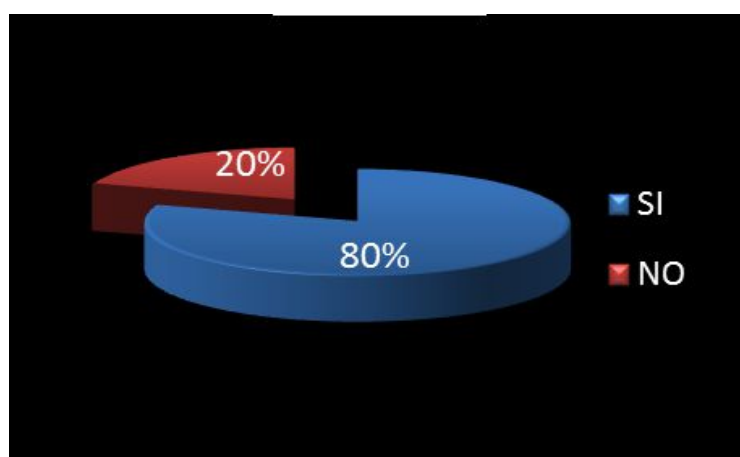


Figura 7.2: Acero expuesto de viviendas (%)

Fuente: Elaboración propia

Como resultado de los problemas en el proceso constructivo se pudo obtener, acero expuesto el ochenta por ciento (80%) de las viviendas encuestadas.

En la tabla 7.4 se observa los problemas de calidad en la mano de obra.

- Calidad de la Mano de Obra

Tabla 7.4: Mano de obra

Mano de Obra	%
Buena	4,00
Regular	28,00
Mala	68,00

Fuente: Elaboración propia

A continuación la figura de pastel (7.3) calidad de mano de obra.

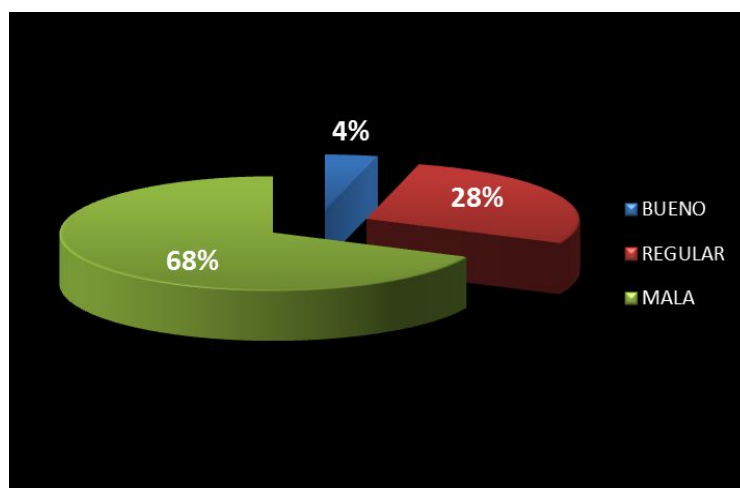


Figura 7.3: Calidad de mano de obra

Fuente: Elaboración propia

Los resultados muestran que el sesenta y ocho por ciento (68%) en la calidad de mano de obra es mala, el veintiocho por ciento (28%) regular y solo un cuatro por ciento (4%) bueno, esto debido a la falta de capacitación y especialización de la mano de obra, a pesar de los esfuerzos en capacitación de Sencico. Los propietarios como clientes, permiten este bajo desempeño por una falta de conocimientos técnicos; y en algunos casos ellos participan en la autoconstrucción.

La participación de un personal técnico y una buena supervisión durante la construcción podría aminorar la baja calidad y el desempeño de estas viviendas.

- **Otros defectos**

En la tabla 7.5 se observa calidad de materiales.

Tabla 7.5: Calidad de materiales

Calidad de Materiales	%
Buena	4,00
Regular	60,00
Mala	36,00

Fuente: Elaboración propia

A continuación en la figura de pastel (7.4) calidad de materiales.

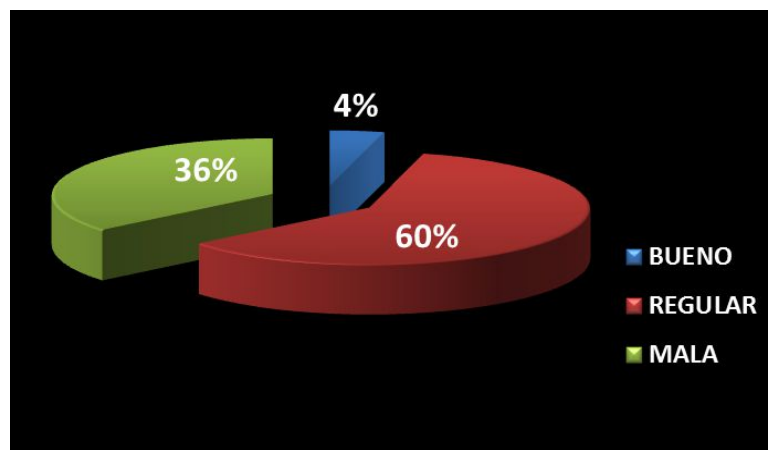


Figura 7.4: Calidad de materiales (%)

Fuente: Elaboración propia

Como resultado de las viviendas encuestadas se muestra que el treinta y seis por ciento (36%) la calidad de materiales empleados es mala, el sesenta por ciento (60%) de regular calidad y el cuatro por ciento (4%) de buena calidad,

debido a que las unidades de arcilla son elaborados artesanalmente. Estos ladrillos muchas veces no cumplen con las dimensiones dadas en las normas y según las referencias tampoco cumplen con los valores de esfuerzos permisibles que deberían tener.

En la tabla 7.6 se muestra problemas en muros.

Tabla 7.6: Problemas en los muros

Problemas en los Muros	%
Fallas por corte	40,00
Sales	84,00
Eflorescencia	48,00
Asentamientos diferenciales	68,00

Fuente: Elaboración propia

A continuación en la figura de pastel (7.5) falla de corte en muros.

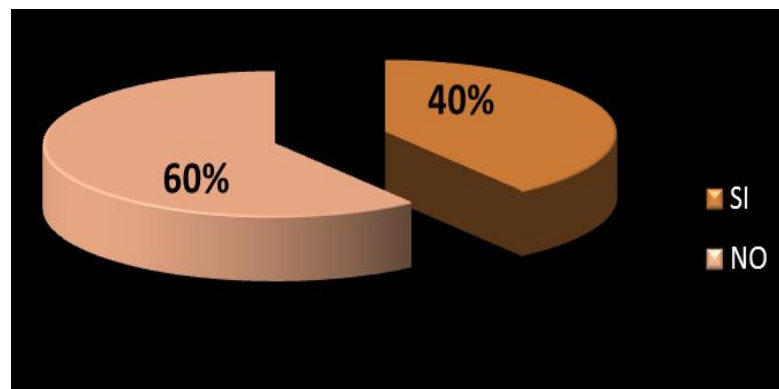


Figura 7.5: Corte en muros

Fuente: Elaboración propia

Se observa que el cuarenta por ciento (40%) de las viviendas presentan fallas por corte, mientras que el sesenta por ciento (60%) no presentan fallas por corte, de las viviendas que presentan dichas fallas es debido al sismo del 2001 que afectó al sur de país.

A continuación se observa en la figura de pastel (7.6) se presencia de sales, y la figura de pastel (7.7) eflorescencia en muros.

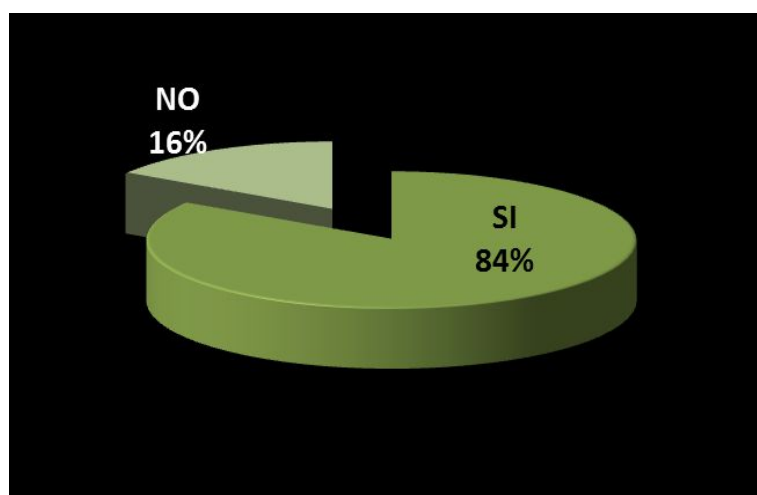


Figura 7.6: Sales

Fuente: Elaboración propia

Se tiene que el ochenta y cuatro por ciento (84%) de las viviendas tienen la presencia de sales, mientras el restante no.

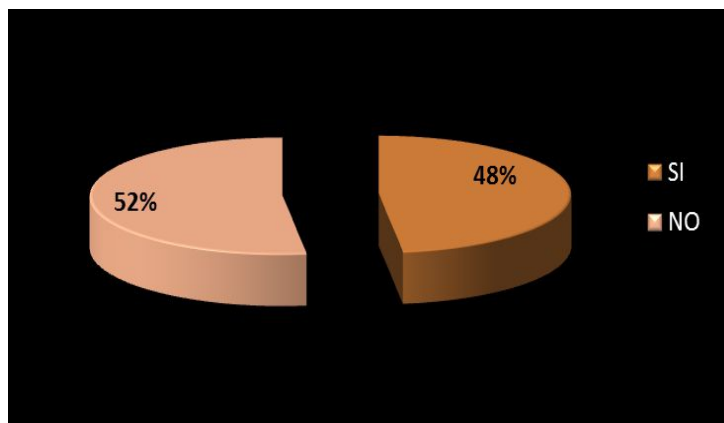


Figura 7.7: Eflorescencia

Fuente: Elaboración propia

Se tiene que el cuarenta y ocho por ciento (48%) de las viviendas presentan eflorescencia en muros, mientras que el cincuenta y dos por ciento (52%) no presenta.

A continuación se observa en la figura de pastel (7.8) asentamientos.

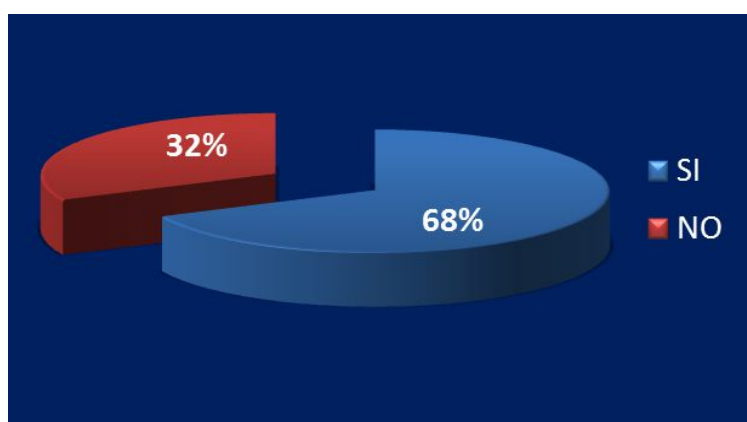


Figura 7.8: Asentamientos diferenciales en viviendas

Fuente: Elaboración propia

Como resultado de los problemas en muros, se pudo obtener, que el sesenta y ocho por ciento (68%) de las viviendas encuestadas sufrieron asentamientos diferenciales, mientras el treinta y dos por ciento (32%) no presenta, esto debido a que las viviendas se han construido en zonas de relleno e inundación.

En las siguientes figuras de pastel considerando como problemas con mayor incidencia y también la reparación ante éstas se tiene:

A continuación se observa en la figura de pastel (7.9) fisuras debido a eventos sísmicos, y la figura de pastel (7.10) reparación de fisuras debido a eventos sísmicos.

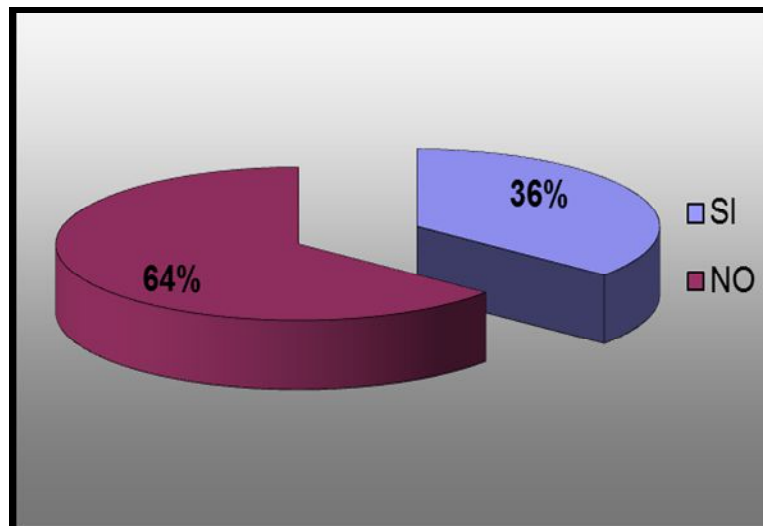


Figura 7.9: Fisuras en viviendas por sismos (%)

Fuente: Elaboración propia

Se tiene que el treinta y seis por ciento (36%) de las viviendas tienen fisuras debido a eventos sísmicos, mientras el restante no.

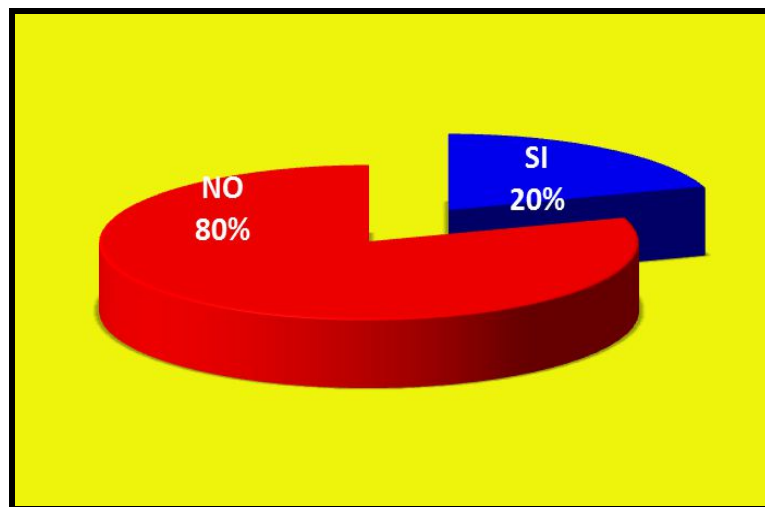


Figura 7.10: Fisuras reparadas en viviendas (%)

Fuente: Elaboración propia

Se tiene que el veinte por ciento (20%) de las viviendas se han reparado, mientras que el ochenta por ciento (80%) no cuentan con las reparaciones respectivas.

7.3. Análisis cuantitativo de la base de datos

En el análisis cuantitativo se resumen los resultados de las fichas de reporte respecto a la densidad de muros. Este criterio de la densidad de muros nos indicará numéricamente si es que la vivienda tendrá un adecuado o inadecuado comportamiento durante un sismo raro (0,4 g).

Luego del análisis de las fichas de reporte, se presentan los resultados obtenidos. Se determina la densidad de muros y la estabilidad de muros al volteo. Además se calificó la vulnerabilidad, el peligro y el riesgo sísmico de cada vivienda.

La densidad de muros es analizada en las dos direcciones de las viviendas. Si es que la vivienda no cumple al menos en una dirección con una densidad mínima, se concluye que la vivienda no tiene adecuada densidad de muros, pudiendo ser aceptable o inadecuado. Asimismo la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico pudiendo ser alta, media y/o baja.

Es importante señalar que por razones ajenas a la realización de este estudio sólo se ha contado para este análisis con las fichas de reporte de 25 viviendas evaluadas de las cuales se sacan los siguientes resultados.

A continuación en las siguientes tablas y figuras se mostrarán los problemas con mayor incidencia a la cual están sometidas las viviendas autoconstruidas en el Distrito de Samegua, esto es en cuanto al análisis cuantitativo de la base de datos.

En la siguiente tabla 7.7 densidad de los muros.

- **Densidad de muros general de la viviendas**

Tabla 7.7: Densidad de los muros

Densidad de Muros	%
Adecuada	20,00
Aceptable	64,00
Inadecuada	16,00

Fuente: Elaboración propia

A continuación en la figura de pastel (7.11) densidad de muros.

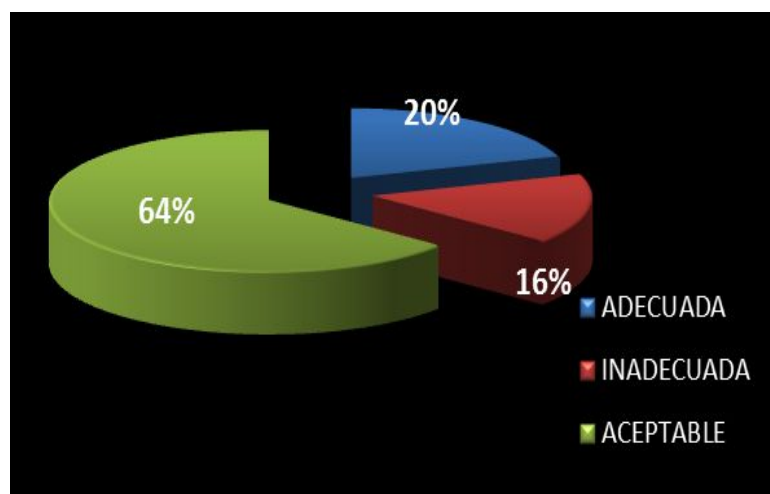


Figura 7.11: Densidad de muros en viviendas

Fuente: Elaboración propia

Como resultado se tiene que el dieciséis por ciento (16%) de las viviendas tienen una densidad inadecuada, el sesenta y cuatro por ciento (64%) densidad aceptable, mientras que el veinte por ciento (20%) tienen una densidad de

muros adecuada. Esto debido a una deficiente distribución de muros portantes de albañilería.

En la tabla 7.8 densidad de muros paralelos a la fachada.

- Densidad de muros paralelos a la fachada

Tabla 7.8: Densidad de muros paralelos a la fachada

Densidad	%
Adecuada	24,00
Inadecuada	76,00

Fuente: Elaboración propia

En la figura (7.12) densidad de muros paralelos a la fachada.

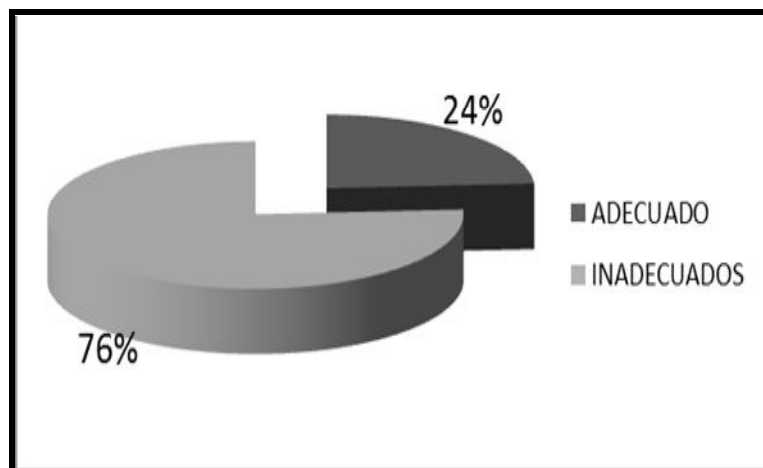


Figura 7.12: Densidad de muros paralelos a la fachada

Fuente: Elaboración propia

Como resultado tenemos que el setenta y seis por ciento (76%) de las viviendas presentan una inadecuada densidad de muros paralelos a la fachada, mientras el veinticuatro por ciento (24%) es adecuado. Esto debido a la falta de un adecuado confinamiento en la dirección paralela a la fachada de estos muros.

Tabla 7.9 Densidad de muros perpendiculares a la fachada.

- Densidad de Muros Perpendiculares a la fachada

Tabla 7.9: Densidad de muros perpendiculares a la fachada

Densidad	%
Adecuada	80,00
Inadecuada	20,00

Fuente: Elaboración propia

En la figura (7.13) densidad de muros perpendiculares a la fachada.

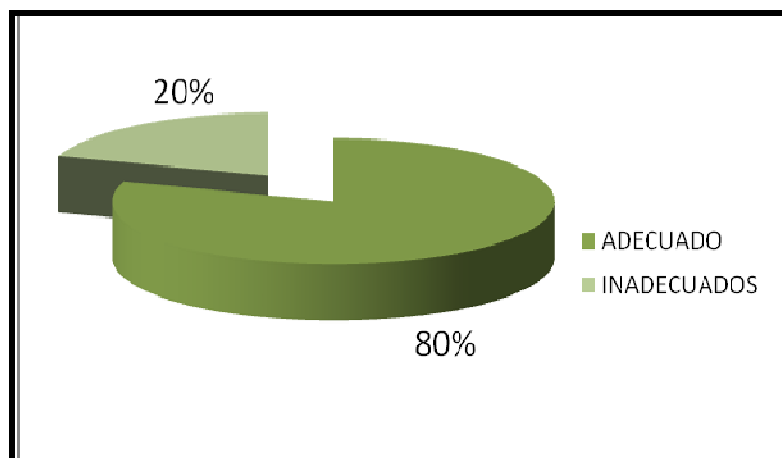


Figura 7.13: Densidad de muros perpendiculares a la fachada

Fuente: Elaboración propia

Como resultado se tuvo que el veinte por ciento (20%) de las viviendas presentan una inadecuada densidad de muros perpendiculares a la fachada, mientras el ochenta por ciento (80%) es adecuado. Esto indica que existen varios muros confinados resistentes a sismo, que están incrementando la rigidez en esta dirección sobre la necesaria.

La tabla 7.10 se muestra la Vulnerabilidad, Peligro y Riesgo Sísmico.

- **Vulnerabilidad, Peligro y riesgo Sísmico**

Tabla 7.10: Vulnerabilidad, Peligro y Riesgo Sísmico

Calificación	Porcentaje (%)	
Vulnerabilidad	Alta	56,00
	Media	44,00
	Baja	0,00
Peligro	Alto	0,00
	Medio	100,00
	Bajo	0,00
Riesgo	Alto	56,00
	Medio	44,00
	Bajo	0,00

Fuente: Elaboración propia

En la figura de pastel (7.14) vulnerabilidad sísmica de viviendas.

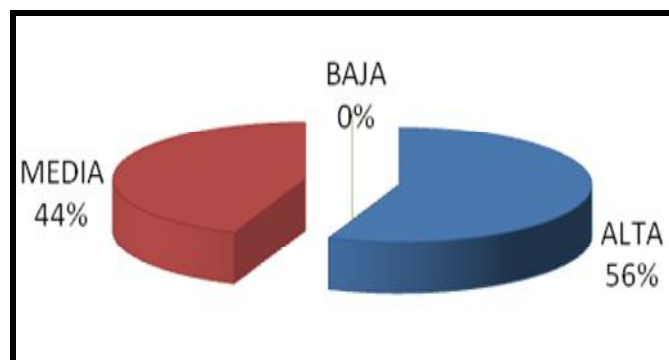


Figura 7.14: Vulnerabilidad sísmica de viviendas

Fuente: Elaboración propia

Como resultado se puede observar que la vulnerabilidad de las viviendas encuestadas en el Distrito de Samegua, es alta con un cincuenta y seis por ciento 56%, media con un 44% y no resultando ninguna vivienda con vulnerabilidad baja.

A continuación se muestra la figura de pastel (7.15) vulnerabilidad sísmica de viviendas.

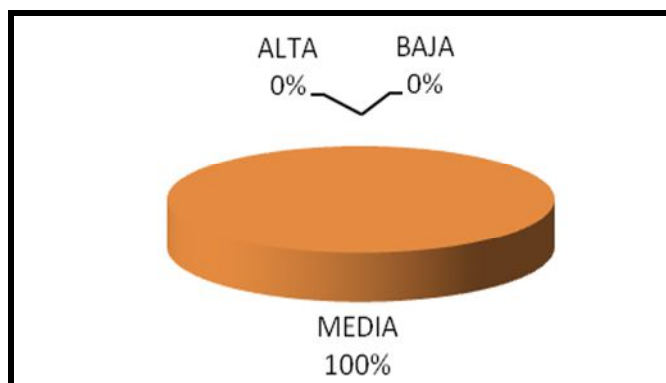


Figura 7.15: Peligro sísmico

Fuente: Elaboración propia

Como resultado en la figura mostrada se puede observar que el peligro es medio con un cien por ciento (100%) de las viviendas estudiadas.

A continuación se muestra en la figura de pastel (7.16) la vulnerabilidad sísmica de viviendas.

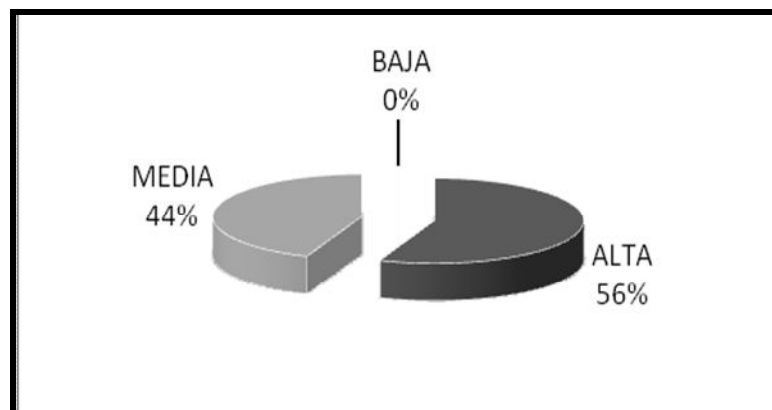


Figura 7.16: Riesgo Sísmico

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el riesgo es alto con un cincuenta y seis por ciento (56%), y la diferencia tiene un riesgo medio. En este caso no resultando ninguna vivienda con riesgo sísmico bajo.

Considero necesario reducir la alta vulnerabilidad de estas viviendas, para evitar futuras pérdidas humanas y físicas, en el caso de un sismo severo.

CAPÍTULO VIII

IMPACTO AMBIENTAL

En este capítulo se describe la contaminación ambiental en zonas urbanas, los impactos ambientales en la zona de estudio, impacto ambiental en las autoconstrucciones e impactos que ocasionaría los sismos en el Distrito de Samegua.

8.1. Contaminación ambiental urbana

En la zona de estudio existen varias y diferentes fuentes de contaminación. La zona urbana no sólo es contaminada por el usuario de la vía pública, sino también por las industrias que se encuentran en las proximidades de la ciudad, entre otras.

Según el “Plan de Desarrollo Urbano Moquegua - Samegua 2024”, el efecto de la contaminación ambiental en la ciudad de Moquegua se encuentra presente en todas las zonas urbanas, por la emanación de humo de los vehículos, de transporte de carga y pasajeros se acentúa esta contaminación en las vías colectoras, como son: La Av. Balta, Av. Bolívar, Av. Andrés Avelino Cáceres, Calle Ilo, Calle 28 de Julio. La presencia de las lagunas de oxidación de Yaracachi tan próximas a la ciudad, y los pozos sépticos de las urbanizaciones de Villa Hermosa contaminan el aire del entorno, los campos de cultivo y las

aguas del río Moquegua. La ubicación del botadero de basura en la cota superior a la Quebrada, el cual representa un riesgo para la zona.

8.1.1. Impactos en la zona de estudio

El proyecto de investigación se encuentra ubicado en el Distrito de Samegua, el cual comprende: Alto Samegua, Sector Cerrillos y Bajo Samegua; estos poblados están en proceso de consolidación, la dotación de agua no es debidamente tratada por carecer de planta de tratamiento, el servicio de alcantarillado cobertura el 70% de la población, a esto se suma la obsolescencia de la infraestructura de abastecimiento de agua, con el consecuente peligro que generan las filtraciones y roturas de tubos, contaminación de residuos sólidos arrojados en las quebradas o terrenos sin construir. El área se califica como de Mediana Criticidad –Regular Calidad Ambiental.

- Contaminación del aire

La contaminación del aire es uno de los problemas más críticos tanto regional y localmente, crecimiento explosivo del parque automotor son los mayores contaminantes. 1gln de petróleo consumido produce e inyecta a la atmósfera de 10kg de dióxido de carbono (CO₂), problema que se da en el distrito de Samegua.

- Contaminación sonora

La contaminación sonora también es uno de los problemas críticos localmente, cuyas fuentes de contaminación acústica de la sociedad actual, provienen del

tránsito. Esto se debe a la circulación de automóviles, los que emiten el total de la energía sonora. Los usuarios de la vía pública conviven con ruidos, tales como: los emitidos por los motores de los vehículos, frenadas y picadas, bocinazos, alarmas y hasta insultos entre conductores que logran efectos psicológicos y sociales. Problemas presentados en el distrito de Samegua.

- Contaminación visual

Cualquier obra de infraestructura de alto nivel que se construya en una sociedad moderna, altera de manera sensible al paisaje y al medio ambiente. La alteración no es esencialmente negativa, pues cada obra desde su concepción, tiene como fin satisfacer una necesidad de la sociedad, lo que recae en un impacto positivo en el entorno o área de influencia.

8.1.2. Impactos en las autoconstrucciones

Los impactos generados por las construcciones de viviendas autoconstruidas.

- Uso de suelo

La ocupación del suelo se ha acelerado en la ciudad de Moquegua así también, en la zona de estudio el cual se encuentra en el Distrito de Samegua, durante las últimas décadas la extensión de la ciudad contribuye a la pérdida de valor ecológico y aumenta las necesidades de transporte motorizado y, con ello, las emisiones contaminantes.

En la etapa de construcción se encuentra también el suelo que deberá ser removido en las excavaciones a realizar, generándose impactos negativos.

Por otra parte, en la etapa de construcción se afectará principalmente el subsuelo con la finalidad de dar forma y nivel a la plantilla o plataforma de soporte de la obra civil, lo cual traerá consigo que se origine un sellamiento del suelo por la acumulación de volúmenes de material prácticamente inerte.



FOTO 8.1: Impactos, Comité 9 Samegua, uso de suelo.

Fuente: Elaboración propia

- **Uso de materiales**

Se consume gran cantidad de energía por el combustible empleando en los equipos de extracción, procesamiento y transporte de los diferentes materiales, como: arcilla, piedra, arena, entre otros.

La selección y explotación incorrecta de las canteras, transformaciones del relieve natural, afectaciones a la flora y la fauna y la degradación de suelos, erosión y afectaciones al paisaje por la no restitución de la capa vegetal.

Contaminación del aire por polvo, ruido y emisión de humo, y gases, especialmente en la producción de hormigón y asfalto. En este último caso además se suma la producción de desechos peligrosos.

- Consumo de agua

En relación con su empleo en la construcción, el agua tiene diferentes aplicaciones: como ingrediente en la elaboración de las mezclas y como medio de curado de las estructuras recién construidas.

- Generación de residuos

El origen de los residuos de construcción se da tal y como su nombre indica, provienen de la construcción de viviendas e infraestructuras; rehabilitación y restauración de edificios, y estructuras existentes; construcción de nuevos edificios y estructuras; así como de la producción de materiales de construcción, por ejemplo una máquina de hacer hormigón, componentes del hormigón, artículos de madera, retazos de acero, etc.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Conclusiones

- La Vulnerabilidad Sísmica encontrada en el análisis de las viviendas, fue Alta en un 56% y Media en 44%; siendo los principales factores influyentes la densidad de muros, el material empleado que es regular a deficiente y la calidad de la mano de obra durante el proceso constructivo.
- El Peligro Sísmico hallado en el análisis realizado, fue medio en el 100% en los que fueron factores predominantes: la sismicidad y el tipo del suelo de la zona de estudio.
- El Riesgo Sísmico encontrado en el análisis fue de Alto en un 56% y Medio en un 44%, siendo éste el resultado de la influencia de la Vulnerabilidad y el Peligro sísmico.
- Para el caso del estudio la mayoría de las viviendas de albañilería confinada en el Distrito de Samegua son construidas informalmente. En consecuencia estas son vulnerables por tener una inadecuada configuración estructural de muros.
- De acuerdo a las encuestas realizadas, la mayoría de pobladores y/o albañiles no respetan los recubrimientos mínimos de los refuerzos de acero

de las viviendas. Esto trae consigo el problema de corrosión que pueden sufrir los aceros de refuerzo.

- El mal compactado del concreto que se realiza en viviendas autoconstruidas producen cangrejas en el concreto que con lleva en algunos casos a la exposición de acero, así también la falta de recubrimientos mínimos provocaron dicha exposición. Por ende, el 80% de las viviendas autoconstruidas del Distrito de Samegua presenta acero expuestos.

9.2 Recomendaciones

- Cada vivienda posee sus propias características de ubicación, diseño y construcción. Por ello es necesario que si hubiera un problema especial en alguna vivienda es mejor que el poblador consulte, antes de tomar alguna medida, a un ingeniero civil para que detalle la forma y procedimiento de construcción o reparación de la vivienda.
- Las viviendas con fisuras en muros o elementos de confinamiento deben ser reparadas y reforzadas para soportar los sismos que pudiesen ocurrir en el futuro.
- Sería importante que la ficha de reporte, utilizada en el presente proyecto, sea aplicada en toda la región de Moquegua para obtener de manera

sectorizada y global el riesgo sísmico, de esta manera contribuir a las instituciones respectivas, datos actualizados.

- Es necesario que los pobladores y/o maestros de obras sean capacitados en el proceso y técnicas de construcción, así tengan en cuenta y realicen compactado del terreno previo a la construcción de los elementos estructurales.

- Se recomienda que las municipalidades distritales y provinciales incluyan dentro de su plan de desarrollo, la reducción de vulnerabilidad de las viviendas y en construcciones futuras. Apoyando con supervisión y capacitación, controlando las construcciones y evitando otorgar licencias de construcción en zonas de alto riesgo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Bardales Z., Salas C. Leonardo, Chaina Castillo W, Llaza Rodolfo Moreno. CISMID. (2002). *Zonificación Geotécnica sísmica de la ciudad de Moquegua*.
- Arango J. (2002). *Análisis, diseño y construcción en albañilería*. American Concrete Institute. Lima, Perú.
- Barbat Alex H. (1998). *El riesgo sísmico en el diseño de edificios*, (3°. ed.)". Madrid, España: Calidad Siderúrgica.
- Bonett, R. (2003). *Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios, aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada*. Universidad Politécnica de Cataluña, España.
- Comité Sectorial Emergencia MOQUEGUA. (2001). *Informe de Daños Causados por el Terremoto del 23 de junio*.
- Dueñas Huaroto M. (2006). *Estudio preliminar del comportamiento sísmico de las autoconstrucciones en Lima*. Tesis de Magíster en Ingeniería Civil. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Flores de los Santos R. (2002). *Diagnóstico preliminar de la vulnerabilidad sísmica de las autoconstrucciones en Lima*. Tesis de licenciatura en Ciencias e Ingeniería con mención en Ingeniería Civil. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería Perú.

Gallegos H. (1986). *Conceptos estructurales: diseño sismo resistente de edificios*. Pontificia Universidad Católica del Perú.

GNDT. (1990). *Rischio sísmico di edifici pubblici*. Grupo Nazionale per la difesa dai terremoti.

Grunthal G. (1998). *European Macroseismic Scale EMS-98 Conseil de L'Europe*.

INDECOPI (2002). *Unidades de albañilería. Ladrillos de concreto. Norma técnica Peruana NTP399.601*, Lima Perú.

KUROIWA, Julio. (2002). *Reducción de desastres: Viviendo en armonía con la naturaleza*. Lima: PNUD.

Mosqueira, Miguel y Tarque, Nicola. (2005). *Recomendaciones Técnicas para mejorar la seguridad sísmica de viviendas de albañilería confinada de la costa Peruana*. Tesis de Magíster en Ingeniería Civil. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

MTC. (2003). *Proyecto de Nueva Norma de Albañilería*. Ministerio de Transportes, Comunicación, Vivienda y Construcción (MTC). Servicio Nacional de Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción (SENCICO). Lima, Perú.

PREDES – (2004). Centro de Estudios y Prevención de Desastres. *Cartilla Conociendo los suelos de Moquegua*

Plan de Desarrollo Urbano “MOQUEGUA – SAMEGUA (2024).

Plan Director Moquegua - Samegua. (2003-2010). *Estudio de Peligros, Vulnerabilidad y Riesgos del Distrito de Samegua*.

Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de edificaciones NTE E-030. (2014). *Diseño sismorresistente de edificaciones, NTE E-070 Albañilería Estructural*. Perú 2005.

Safina Melone, Salvador. (2002). *Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico*. (Tesis Doctoral). Barcelona España: Universidad politécnica de Cataluña.

Salas Chávez M. (2013). *Aplicación de microtemores para la elaboración de planos de microzonificación sísmica del distrito de Samegua-Provincia*

Mariscal Nieto-región Moquegua-2013. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Privada José Carlos Mariátegui de Moquegua, Perú.

SAN BARTOLOMÉ A. (1998). *Construcciones de albañilería – Comportamiento sísmico y diseño estructural*. Fondo Editorial PUCP. Lima, Perú.

ANEXOS

- **FICHAS DE ENCUESTA**
- **FICHAS DE REPORTE**
- **ENSAYOS UNIDADES DE ARCILLA-ALBAÑILERIA**
- **PLANOS DE VIVIENDAS ENCUESTADAS**