

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA



DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS AUTOCONSTRUCCIONES EN LIMA

Tesis para optar el título de:

INGENIERO CIVIL

Presentada por:

Roberto Angel Flores De los Santos

Lima – Perú

2002

RESUMEN

En esta tesis se presenta los resultados de un trabajo de investigación sobre las características estructurales de viviendas autoconstruidas en los distritos de Villa el Salvador y Carabayllo de la provincia de Lima. Además se identifican los principales factores propios o externos a las viviendas, que pueden afectar negativamente su comportamiento sísmico. Luego, se determina para estas viviendas su vulnerabilidad sísmica y se estima cuales podrían ser los daños después de un terremoto.

Para conseguir la información requerida se realizó una encuesta de campo donde se recabó los datos necesarios de las viviendas autoconstruidas en los dos distritos antes mencionados. Luego se procesaron los datos recabados y se acumularon los resultados obtenidos. Para el procesamiento de los datos obtenidos, se tomó en cuenta El Reglamento Nacional de Construcciones, estudios realizados después del terremoto de Chimbote en el año 1970, estudios sobre albañilería realizados en la Pontificia Universidad Católica del Perú y demás referencias mencionadas al final de este documento.

El trabajo de investigación se realizó con el fin de conocer ¿Cómo se esta autoconstruyendo en Lima. Ya que un terremoto afecta a la sociedad y a la economía porque se tendría que realizar un gasto enorme para la construcción de nuevas viviendas.



Dedicado a mis padres, Omar y Olga,
que se han esforzado tanto
para que yo sea un profesional.

A ellos, muchas gracias.

ÍNDICE

	Pág.
PROLOGO	1
INTRODUCCIÓN	2
Capítulo I ANTECEDENTES Y OBJETIVOS	
1.1 Antecedentes.	3
1.2 Objetivos.	3
Capítulo II LA AUTOCONSTRUCCIÓN	
2.1 Reseña histórica.	4
2.2 Proceso de autoconstrucción.	4
Capítulo III METODOLOGIA DEL TRABAJO	
3.1 Investigación bibliográfica.	11
3.2 Selección de zonas de estudio.	11
3.3 Ficha de encuesta.	12
3.4 Encuesta de viviendas.	12
3.5 Reportes por ficha de encuesta.	12
3.6 Procesamiento de datos.	12
Capítulo IV FICHA DE ENCUESTA	
4.1 Alcances de ficha de encuesta	13
4.2 Descripción detallada de la ficha de encuesta	13
Capítulo V TRABAJO DE CAMPO	
5.1 Descripción de zonas de estudio.	17
5.1.1 Villa el Salvador.	17
5.1.2 Carabaylo.	17
5.2 Aspectos de organización.	21
5.3 Selección de viviendas.	21
5.4 Dificultades encontradas.	22
Capítulo VI FICHA DE REPORTE	
6.1 Alcances de la ficha de reporte.	25
6.2 Descripción detallada de ficha de reporte.	25
6.2.1 Verificación de esfuerzos axiales en los muros.	25
6.2.2 Verificación del esfuerzo cortante.	27
6.2.3 Estabilidad de muros sin diafragma rígido.	30
6.2.4 Índice de daños sísmicos.	32

Capítulo VII RESULTADOS	
7.1 Análisis de cargas verticales.	37
7.1.1 Esfuerzos axiales en la albañilería.	37
7.1.2 Esfuerzos en el suelo.	38
7.2 Problemas del entorno sobre la vivienda.	38
7.2.1 Viviendas sobre suelo arenoso suelto.	39
7.2.2 Viviendas en zonas de gran pendiente.	39
7.2.3 Viviendas sobre rellenos.	40
7.2.4 Viviendas en quebradas.	41
7.3 Estructuración de viviendas.	42
7.3.1 Densidad de muros.	42
7.3.2 Índice de daños sísmicos.	46
7.3.3 Estabilidad de muros sin diafragma rígido a fuerzas perpendiculares a su plano.	48
7.3.4 Problemas estructurales observados.	48
7.4 Puntos débiles.	51
7.5 Calidad de la construcción.	52
7.6 Factores que disminuyen la resistencia de elementos estructurales.	53
7.6.1 Rajaduras y grietas en muros portantes.	53
7.6.2 Humedad en muros.	53
7.6.3 Acero de refuerzo corroído.	54
7.6.4 Mechas de acero a intemperie.	55
Capítulo VI DIAGNOSTICO PRELIMINAR, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
AGRADECIMIENTOS	57
REFERENCIAS	58
BIBLIOGRAFÍA	60
ANEXO	
CD conteniendo fotografías de las viviendas, fichas de encuesta y reporte por ficha de encuesta	

PROLOGO

Este trabajo de investigación es el resultado de varios meses de trabajo, durante los cuales se estudió y analizó el estado actual de viviendas autoconstruidas en los llamados “Pueblos Jóvenes” de la ciudad de Lima. Mediante una encuesta por muestreo, que dependió mucho de la voluntad de colaboración de los pobladores, se observó las principales características estructurales de las viviendas en dos distritos de Lima en las cuales la autoconstrucción es predominante. En base a la información obtenida, se determinó la vulnerabilidad sísmica de las viviendas además se estimó los posibles daños en las viviendas después de un terremoto fuerte.

La idea de estudiar la autoconstrucción de viviendas en Lima fue concebida por quien en vida fuera Virgilio Ghio Castillo, Ingeniero Civil, M.Sc., Ph.D. extraordinario profesor egresado de nuestra universidad, quien estuvo motivado por su preocupación para disminuir la vulnerabilidad sísmica de las autoconstrucciones y tuvo la iniciativa de iniciar una campaña para el mejoramiento de este tipo de construcciones.

El autor aspira que la información contenida en este trabajo de investigación sirva para estimular una política de reforzamiento de viviendas autoconstruidas que ayude a disminuir los efectos que acarrearía un terremoto fuerte en las zonas pobres del país.

INTRODUCCIÓN

A medida que pasan los años, la necesidad de viviendas en Lima es cada vez más apremiante. En la actualidad, esta necesidad afecta a todos los niveles socioeconómicos. En los sectores de bajos ingresos económicos esta necesidad está siendo atenuada por la autoconstrucción de viviendas. Esto significa que el poblador edifica su propia vivienda sin asesoría técnica de profesionales capacitados (ingenieros o arquitectos), contratando albañiles o maestros de obra para que realicen la construcción de su vivienda. En otros casos, son los mismos pobladores, que con algunos conocimientos de albañilería, participan en la construcción de sus viviendas contando con la colaboración de familiares, amigos y vecinos.

La autoconstrucción debe ser denominada mas bien “construcción informal”, pues se construye de manera desordenada y con escasos conocimientos de diseño sísmico de estructuras.

No tener asesoría técnica trae consigo algunos problemas como consecuencia de la falta de conocimiento, tales como una deficiente estructuración de las viviendas, baja calidad en la construcción y deficiencias en la arquitectura. Además es muy frecuente que se haga una mala utilización de algunos materiales de construcción.

Este trabajo de investigación se ocupa principalmente de las deficiencias en la estructura de la viviendas autoconstruidas, que deberían estar capacitadas para soportar un terremoto sin poner en riesgo la seguridad de las personas que en ellas habitan.

CAPITULO I

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

1.1 ANTECEDENTES

La costa peruana se encuentra en una zona tectónica de gran sismicidad. Lima ha sido azotada repetidas veces por terremotos de gran intensidad. Es evidente que la ciudad volverá a ser afectada por terremotos fuertes. El crecimiento desmedido de la población en Lima y el movimiento migratorio interno hacia la capital, han incrementado tremendamente la necesidad de vivienda de sus pobladores. Los pobladores de más bajos recursos económicos usualmente habitan sectores marginales de Lima (conos). La mayoría de ellos construye sus viviendas sin asesoría técnica, lo que muchas veces conduce a viviendas con gran vulnerabilidad sísmica.

La mayoría de pérdidas de vidas humanas en terremotos recientes han ocurrido debido al colapso de construcciones que no fueron diseñadas sísmicamente. Las viviendas autoconstruidas están incluidas dentro de este tipo de construcciones. Es imperioso mejorar o reemplazar las prácticas informales en la construcción de viviendas, basadas en el uso intensivo de mano de obra barata y poco calificada.

1.2 OBJETIVOS

Esta investigación estudió las principales características de las viviendas autoconstruidas para lograr los objetivos siguientes:

- **Objetivo Global:**

Contribuir a la reducción de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas.

- **Objetivo Especifico:**

Conocer las principales características estructurales y obtener un diagnóstico preliminar y local de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas en dos distritos de la ciudad de Lima, donde la autoconstrucción está generalizada.

CAPITULO II

LA AUTOCONSTRUCCIÓN

2.1 Reseña histórica.

En la década del cincuenta el Perú incursionó en la experiencia de desarrollar y ejecutar proyectos orientados a reducir el déficit de viviendas. Esta medida fue tomada en similitud a todos los países del continente. El sector vivienda, a través de instituciones, como la Corporación y el Instituto de la Vivienda planificaron proyectos de vivienda mediante dos sistemas: “Las licitaciones públicas para la habilitación urbana y construcciones masivas” y “La autoconstrucción asistida para programas de vivienda en lotes con servicios”. En la década del setenta al ochenta, cuando la población urbana se multiplica y los problemas de vivienda se agudizan, la falta de asistencia técnica, promoción y financiamiento, hace que el proceso de construcción de vivienda sea “informal”, es decir, el sistema de autoconstrucción, al no tener asesoría técnica, adquiere una dinámica propia que supera todas las barreras formales (Ref. 1).

La población en Lima se incrementa a través del tiempo con la migración de gente del interior del país (Fig. 2.1). Estas personas van ocupando las zonas centrales de la ciudad hasta los llamados “conos”. Por tanto crece la necesidad de vivienda y también la autoconstrucción de viviendas. Uno de los recientes motivos por los cuales se produce la migración, fue el terrorismo, que con su política de violencia, forzó a la gente a “escapar” hacia la capital. Este fenómeno de migración del campo a la ciudad provoca el incremento del déficit de viviendas, y por lo tanto, aumenta la autoconstrucción de una manera impresionante.

2.2 Proceso de Autoconstrucción.

La necesidad de una vivienda en donde residir, en el caso de los sectores populares de Lima, es usualmente resuelta directamente por los propios interesados. Esto es consecuencia de la imposibilidad de los pobladores de bajos recursos económicos para adquirir viviendas en las zonas centrales de la ciudad. Los pobladores deben construir, valiéndose de su ingenio y mucho esfuerzo, sus viviendas. Ellos hacen uso de sus tiempos libres para construir su casa por partes, contratando generalmente a albañiles o maestros de obra con un limitado conocimiento técnico. Por lo general los ocupantes viven en el terreno mismo cuando se está construyendo la vivienda poco a poco.

Las etapas de construcción de las viviendas van desde la ocupación y nivelación del terreno hasta el techado con concreto. Este proceso toma, por lo general, un tiempo bastante largo, que puede ser de varios años (Ref. 2).

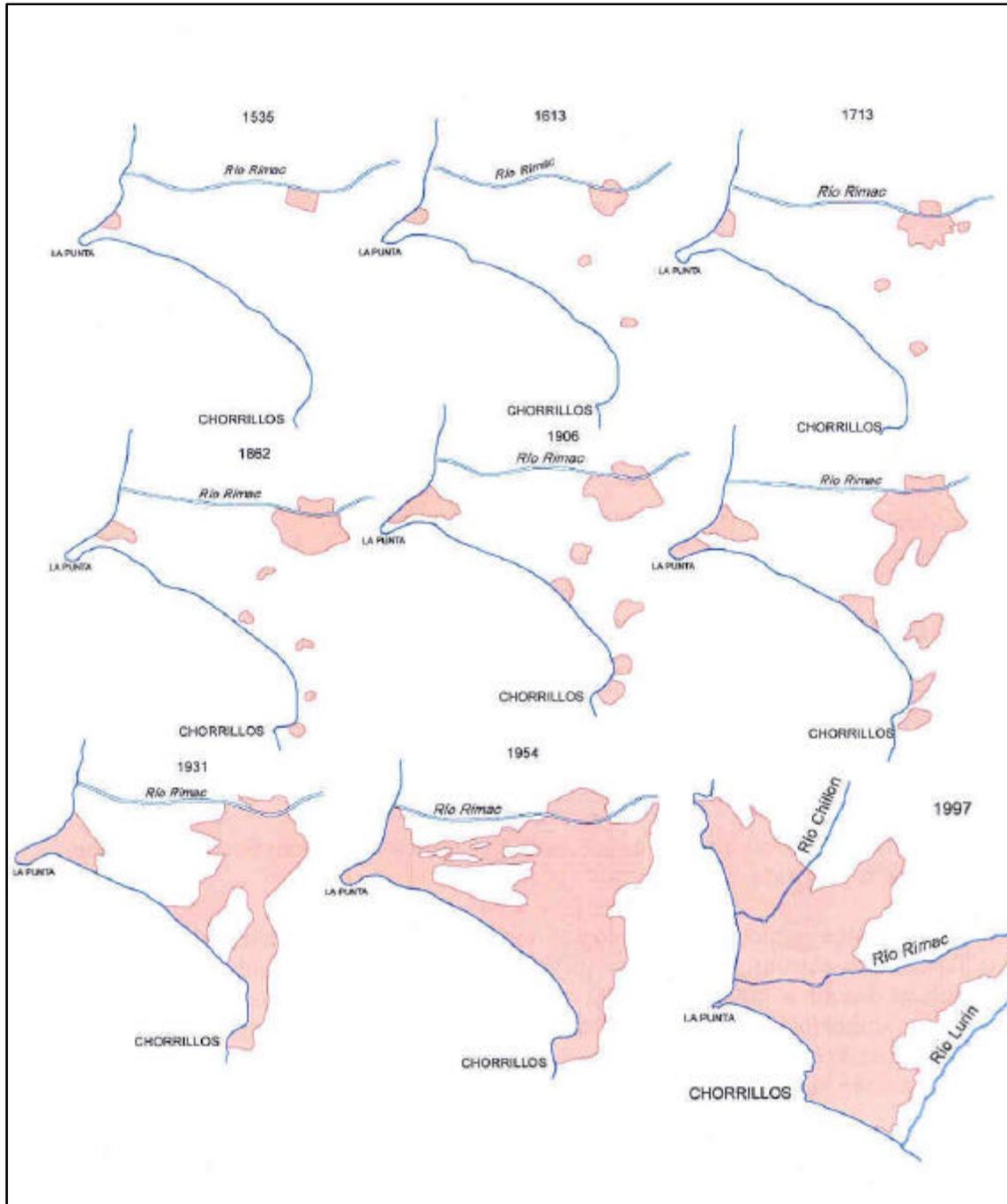


Fig. 2.1 Crecimiento de Lima a través de la historia (1535 - 1997) (Ref. 3)

La autoconstrucción de la gran mayoría de viviendas siguen las siguientes etapas:

A. Ocupación, lotización y habitación en viviendas provisionales.

La nivelación es generalmente realizada por la familia ocupante del terreno (Fig. 2.2) y sólo en lo referente al “tizado” del lote (trazado del terreno) se demanda la asistencia de alguna persona conocedora de esta técnica. Luego los dueños habitan el lote ya nivelado en “chozas” (Fig. 2.3).



Fig. 2.2 Nivelación del terreno, realizada por el dueño del terreno.



Fig. 2.3 Nivelado el terreno, se habita en chozas.

B. Construcción de la cimentación y armado de columnas.

Esta etapa se inicia con la excavación de zanjas para la cimentación (Fig. 2.4) actividad que no es técnicamente muy compleja, pero requiere de un mayor grado de precisión con respecto al nivelado. La principal labor es cavar, según “el tizado” previo, hasta una profundidad que parezca adecuada a los dueños. En esta etapa se requiere especialistas, sobre todo para lo referente al armado de columnas. El llenado de las zanjas se hace generalmente con concreto ciclópeo, aunque algunos dueños utilizan concreto armado. A veces los pobladores construyen algunas paredes (Fig. 2.5).



Fig. 2.4 Zanjas para la cimentación.



Fig. 2.5 Cimentación vaciada y levantamiento de algunos muros y columnas.

C. Construcción de muros y llenado de columnas.

Se inicia con la construcción del cerco perimétrico del terreno. Esta etapa requiere un mayor conocimiento técnico que las anteriores. Se tiene que nivelar el asentado de los ladrillos en los muros, preparar mortero, preparar concreto simple para las columnas y armar encofrados. Por lo general, se contrata a un albañil o maestro de obra para realizar este trabajo. Algunas veces, se llenan vigas soleras en sentido paralelo a la calle. Luego la vivienda tendrá como techo una cobertura flexible del tipo provisional, que puede ser de esteras, calaminas o caña chancada con torta de barro (Fig. 2.6 y Fig. 2.7).



Fig. 2.6 Colocación de la cobertura provisional sobre la vivienda.



Fig. 2.7 Vivienda con techo provisional.

D. Construcción del techo.

Esta etapa se caracteriza por requerir de la mayor inversión económica en todo el proceso de construcción de la vivienda. Se requiere gran cantidad de dinero para adquirir los materiales para el concreto, el acero de refuerzo y para la contratación de personal para levantar el encofrado y vaciar la mezcla. Es por esta razón que para llegar a esta etapa pasa mucho tiempo desde que se termina la anterior etapa, llegando incluso a superar los 10 años. En algunos casos se vacía el techo por etapas, que inician en la fachada y van hacia la parte posterior de la vivienda (Fig. 2.8 y Fig. 2.9).



Fig. 2.8 Armado del encofrado para el techado.

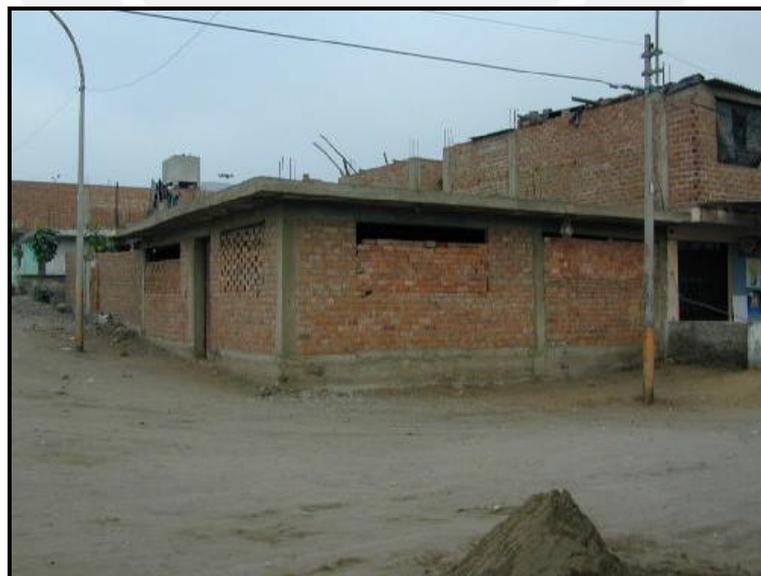


Fig. 2.9 Vivienda techada.

- E. Construcción de muros en el segundo piso.
Esta etapa incluye el tarrajeo de la fachada y construcciones en el segundo piso. La construcción del segundo piso repite las etapas anteriores, desde la construcción de muros (Fig. 2.10 y Fig. 2.11).



Fig. 2.10 Vivienda con tarrajeo de muros y construcciones provisionales en el segundo piso.



Fig. 2.11 Vivienda con muros para un futuro segundo piso.

El tiempo total transcurrido para la autoconstrucción de las viviendas depende directamente de los ahorros familiares. Algunas familias llegan al techado después de 15 años de ocupar el lote de terreno, otras más afortunadas techan sus viviendas antes del año de establecerse en el terreno.

CAPITULO III

METODOLOGIA DE TRABAJO

En este trabajo de investigación se estudió las características estructurales de viviendas autoconstruidas en dos distritos de la ciudad de Lima. Luego se determinó la vulnerabilidad sísmica de viviendas en los distritos estudiados, y se estimó los daños que sucederían en las viviendas después de un terremoto. Para lograr los objetivos planteados en esta investigación se desarrolló la metodología que se presenta a continuación:

3.1 Investigación Bibliográfica.

Para tener conocimientos generales sobre la autoconstrucción de viviendas se recolectó y estudió libros y documentos que tratan sobre este tema. Estos se buscaron en bibliotecas de la Pontificia Universidad Católica del Perú, SENCICO, Universidad Nacional de Ingeniería y páginas web. Basándose en la información encontrada, se realizó parte del planeamiento para el inicio de la recolección de datos de viviendas y los tipos de análisis a realizarse en las viviendas. Los libros y documentos leídos están incluidos en la bibliografía y en las referencias presentadas al final de este reporte.

3.2 Selección de Zonas de Estudio.

Para seleccionar las zonas de estudio se tomaron en cuenta tres factores preponderantes:

1. Ubicación de las viviendas en los llamados “conos” de Lima. En estos lugares se practica mayoritariamente la autoconstrucción de viviendas.
2. La pendiente del terreno. En zonas con pendiente elevada las viviendas presentan características diferentes a las viviendas en zonas con pendiente baja.
3. Tipología del suelo. El tipo de suelo determina las características de la cimentación.

De acuerdo a estos 3 factores, los distritos seleccionados para realizar el estudio fueron:

- A. **Villa el Salvador**, por estar ubicado en el llamado “cono sur” de Lima y presentar, en general, un suelo arenoso con pendiente baja.
- B. **Carabaylo**, por estar ubicado en el llamado “cono norte” de Lima y presentar diversos tipos de suelos que varían entre arenoso, arcilloso y rocoso. Además el suelo tiene, en general, una pendiente alta.

Se decidió visitar y encuestar 100 viviendas, 50 en cada distrito seleccionado.

3.3 Ficha de encuesta.

Se ideó una ficha para recabar las principales características del sistema estructural de cada vivienda encuestada, además de hacer anotaciones sobre su estado actual. Se registra los factores arquitectónicos o constructivos que podrían tener un efecto perjudicial en el comportamiento sísmico de la vivienda. En el capítulo IV se describe detalladamente la ficha de encuesta utilizada.

3.4 Encuesta de viviendas.

Luego de determinar los distritos donde recabar información sobre las viviendas autoconstruidas, se estableció contactos con líderes de sus comunidades como secretarios de manzanas, madres del “Vaso de Leche” o comedores populares, a los que se les explicó el propósito del estudio. En aquellos lugares en donde se logró la aceptación de los vecinos se procedió a encuestar las viviendas. En el capítulo V se presenta una descripción detallada del trabajo de campo en los dos distritos escogidos, la selección de viviendas a encuestar y las dificultades encontradas en la el proceso de recolección de datos.

3.5 Reportes por ficha de encuesta.

Una vez recabada la información de las viviendas en las fichas de encuesta de campo, se hizo la transcripción de datos de estas fichas a formatos de encuesta desarrollados en hojas de cálculo electrónicas. Luego se procesó esta información para generar una ficha de reporte por cada vivienda. El reporte consiste de una hoja de cálculo donde se realizan los análisis de las exigencias del Reglamento Nacional de Construcciones por cargas verticales de gravedad, fuerzas horizontales generadas por un sismo y finalmente se estima los daños que podría ocurrir en la vivienda después de un terremoto. Esta ficha de reporte se describe el capítulo VI.

3.6 Procesamiento de datos.

Terminado los análisis por vivienda en los reportes, se procedió a resumir los resultados de análisis y observaciones hechas en la encuesta. Primero se elaboraron tablas que registran los esfuerzos axiales sobre los muros de las viviendas en cada distrito, luego otras tablas que registran los esfuerzos axiales sobre el suelo.

También se registraron observaciones sobre los problemas que son producidos por las características propias de la zona donde esta ubicada la vivienda, que se les denominará problemas del entorno de la vivienda o antrópicos. Las características de la estructuración de las viviendas observadas se registraron en cuadros por cada distrito y por total de viviendas observadas. Las tablas que registran los problemas estructurales observados se elaboraron sólo por total de viviendas observadas, pues se encontró que estos problemas son comunes en todas las viviendas. Además, para las observaciones sobre los puntos débiles de la vivienda, la calidad de la construcción y factores que afectan negativamente de resistencia de los elementos estructurales se registra el total de casos vistos por toda la muestra.

CAPITULO IV

LA FICHA DE ENCUESTA

4.1 Alcances de la ficha de encuesta.

La ficha de encuesta fue desarrollada para recabar la información necesaria de cada vivienda observada. Se puede utilizar para encuestar viviendas de albañilería que estén o no techadas con concreto o para encuestar viviendas de más de dos pisos; para esto sólo se tendrá que repetir, las veces que sea necesaria, la segunda hoja de la ficha donde se dibuja los esquemas de las vistas en planta de cada piso.

4.2 Descripción detallada de la ficha de encuesta.

La ficha de encuesta cubre los siguientes datos de la vivienda:

4.2.1 ¿Dónde esta ubicada la vivienda?.

4.2.2 Las principales características de la construcción de la vivienda, como:

- Si tuvo asesoría técnica.
- Su antigüedad.
- Secuencia de construcción de los ambientes de la vivienda.
- Tipo de suelo donde se ha cimentado.
- Dimensiones de los elementos estructurales.
- Observaciones sobre su estado actual.

4.2.3 Esquemas de vista en planta, frontal y perfil de la vivienda.

4.2.4 Presencia de características o factores arquitectónicos o constructivos, que podrían tener un efecto perjudicial en el comportamiento sísmico de las viviendas. Estas fueron extraídas de la referencia 4 y se presentan a continuación:

- **Problemas del entorno sobre la vivienda.**

Son factores que tienen que ver con las características de la zona donde está ubicada la vivienda y pueden afectar negativamente su comportamiento sísmico. Estas son: suelos con pendientes altas, terrenos de relleno de desmonte o desperdicios, quebradas entre cerros o suelos con baja capacidad portante.

- **Estructuración.**

Tiene que ver con las principales características del sistema estructural de la vivienda. Se consideran dos casos:

a.- Deficiente estructuración. Se refiere a la carencia de un sistema estructural adecuado para soportar un terremoto. Por ejemplo, se puede considerar dentro de este caso a las estructuras con torsión en planta excesiva.

b.- Estructuración patológica. Se refiere a debilidades estructurales, tales como pisos blandos o columnas cortas, que normalmente conducen a fallas frágiles.

- **Factores que disminuyen la resistencia de los elementos estructurales.**

Son los que afectan negativamente la resistencia de los elementos estructurales de la vivienda como grietas, rajaduras o humedad en muros portantes, acero de refuerzo corroído, eflorescencia en la albañilería y mechas de columna o techo a la intemperie.

- **Puntos débiles.**

Comprenden aberturas en muros por picado, remoción de algunos elementos estructurales por propósitos arquitectónicos y tabiquería sin arriostrar.

- **Materiales deficientes.**

Comprende principalmente unidades de albañilería (ladrillos) de baja calidad y resistencia y agregados finos o gruesos con impurezas.

- **Mano de obra.**

Este factor tiene que ver con los conocimientos técnicos y capacidad de la persona encargada de la construcción. Se consideran tres casos de calidad de mano de obra:

a.- De baja calidad. Presencia de elementos desplomados, mortero débil y juntas entre unidades de albañilería vacías o mayores de 3 cm con cangrejas en elementos de concreto armado.

b.- De mediana calidad. Presencia de juntas entre albañilería llenas entre 2 y 3 cm, pocos elementos desplomados y elementos de concreto armado con algunas cangrejas.

c.- De buena calidad. Juntas llenas entre 1 y 2 cm, sin elementos desplomados y elementos de concreto armado sin cangrejas.

La ficha de encuesta se presenta en las figuras siguientes:



**VULNERABILIDAD SISMICA DE LA VIVIENDA INFORMAL EN LIMA, PERU
FICHA DE ENCUESTA**

Fecha encuesta: 21/10/00

Vivienda N° : 001

Familia : La Torre Castillo Cantidad de personas de la vivienda: 10

Dirección : Sector II Grupo 5 Manzana "G" Lote 11 Villa el Salvador

1.- ¿Recibió asesoría técnica para construir su vivienda, por que? No

Se construyo con un maestro de obra y la familia

2.- ¿Cuando empezó a construirla? 1980 ¿Cuando terminó? 1992

Tiempo de residencia de la vivienda: 30 años

N° de pisos actual: 2 N° de pisos proyectado: 2

3.- Secuencia de construcción de los ambientes:

Paredes límites (). Sala-Comedor (). Dormitorio 1 (). Dormitorio 2 (). Cocina ().

Baño (). Otros (). Todo a la vez (X). Primero un cuarto ().

Cada piso a la vez.

Datos Técnicos:

Parámetros del suelo			Observaciones
Rígidos ()	Intermedios ()	Flexibles (X)	suelo arenoso

Características de los principales elementos de la vivienda				
Elemento	Características			Observaciones
Cimiento (m)	Cimiento corrido		Zapata	Concreto ciclópeo
	Profundidad	1.50	Profundidad	
	Ancho	0.60	Ancho	
Muros (cm)	Ladrillo macizo		Ladrillo pandereta	macizo artesanal
	Dimensiones	9x13x23	Dimensiones	
	Juntas	2.5	Juntas	
Techo (m)	Diafragma rígido		Otro	Altura de 2.60 m
	Tipo	aligerado	Tipo	
	Peralte	0.20	Peralte	
Columnas (m)	Concreto		Otro	De secciones transversales 0.13mx0.23m y 0.23mx0.23m
	Dimensiones	variables	Dimensiones	
Vigas (m)	Concreto (m)		Otro	
	Dimensiones	variables	Dimensiones	

Observaciones y comentarios:

Muros del segundo piso de ladrillo pandereta, excepto eje central en YY que es de ladrillo macizo artesanal

La vivienda se construyó sobre relleno, pues el terreno tiene una pendiente suave.

Existen varias grietas verticales la mayoría de muros del primer piso (se vieron 8 grietas)

Vigas transversales tienen sección de 0,25x0,40 m, siendo las longitudinales chatas.

Los muros longitudinales son de amarre de sogá y los transversales de cabeza.

Segundo piso tiene techo provisional (calaminas)

Fig. 4.1 Ficha de encuesta página 1

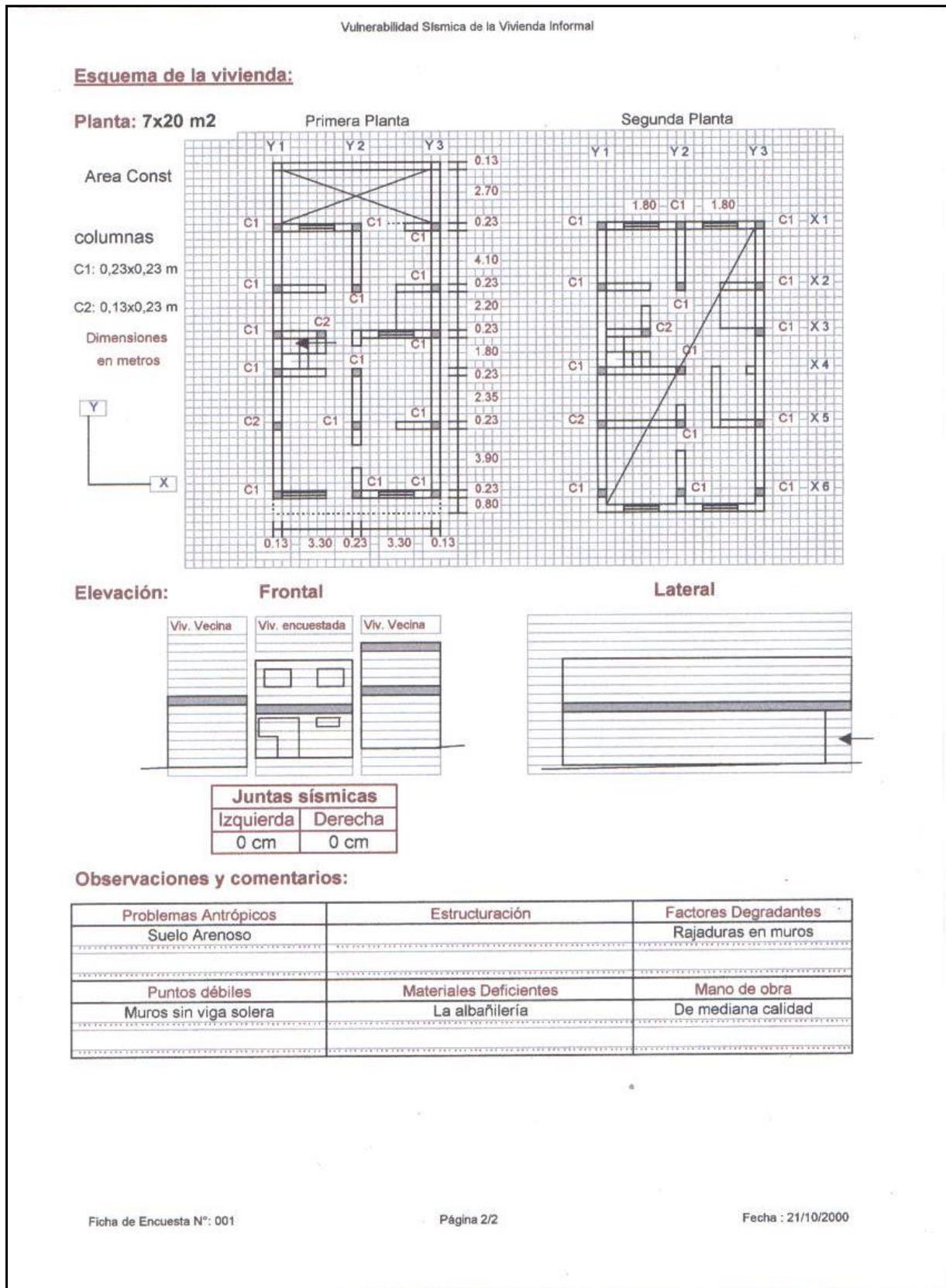


Fig. 4.2 Ficha de encuesta página 2.

CAPITULO V

TRABAJO DE CAMPO

5.1 Descripción de las zonas de estudio.

Los distritos de Villa el Salvador y Carabayllo están ubicados en los conos sur y norte respectivamente. Estos distritos populares, de acuerdo a un estudio técnico en el año 2000 (Ref. 5), representan el 9% de la venta de materiales de construcción en la provincia de Lima y el 11% de la importancia relativa a la práctica de la autoconstrucción en los distritos con zonas marginales. A continuación se hace una descripción general de ambos distritos encuestados.

5.1.2 Villa el Salvador.

El distrito de Villa el Salvador está ubicada en una zona con suelo arenoso de baja capacidad portante y de una pendiente baja. El orden de crecimiento del distrito es hacia el sur yendo hacia el distrito de Pachacamac. El distrito esta dividido en sectores; cada sector esta dividido en grupos, los grupos en manzanas y estas a su vez en lotes.

La distribución de viviendas encuestadas por sectores es la siguiente:

- En el Sector 1: cinco (5) viviendas.
- En el Sector 2: veintitrés (23) viviendas.
- En el Sector 3: trece (13) viviendas.
- En el Sector 6: tres (3) viviendas
- Urb. Pachacamac: seis (6) viviendas.

En el Sector 2 de Villa el Salvador, se tuvo un mayor apoyo de sus vecinos para la recolección de datos de viviendas. Es por esa razón que ese sector tiene casi el 50% de las viviendas encuestadas. La figura 5.1 muestra el mapa del distrito y la ubicación de las viviendas encuestadas.

5.1.2 Carabayllo.

El distrito de Carabayllo se caracteriza por tener zonas de pendiente alta y zonas de pendiente baja. Estas dos zonas están separadas por la avenida Túpac Amaru, que empieza en el distrito de Independencia, atraviesa los distritos Comas y Carabayllo y finaliza en la carretera al distrito de Canta.

Los tipos de suelo en este distrito varían entre arenoso, arcilloso y rocoso. En zonas de pendiente alta los tipos de suelo encontrados son arenosos y rocosos. Y en zonas de pendiente baja o nula los tipos de suelo son arenosos y arcillosos.

Las zonas con pendiente alta encuestadas son:

- Villa el Polvorín, ubicada en la intersección de las avenidas Túpac Amaru y Chimpu Ocllo. El tipo de suelo en esta zona es roca fracturada. Se encuestaron 10 viviendas.
- La Cumbre, ubicada a la altura del Kilómetro 19.50 de la avenida Túpac Amaru, teniéndose acceso por el jirón Miguel Grau. El tipo de suelo en esta zona es arenoso. Se encuestaron 28 viviendas.
- Raúl Porras Barrenechea, ubicada a la altura del Kilómetro 18.50 de la avenida Túpac Amaru. El tipo de suelo en esta zona es roca fracturada. Se encuestó 1 vivienda.

Las zonas con pendiente baja o nula son las siguientes:

- Asociación de Vivienda Nueva América, ubicada a la altura del kilómetro 18.50 de la avenida Túpac Amaru a la falda del cerro. El tipo de suelo en esta zona es arenoso. Se encuestó 5 viviendas.
- Asociación de Vivienda Chavín de Huantar, ubicada a continuación de la asociación Nueva América siguiendo por la avenida Túpac Amaru. Se encuestó 3 viviendas.
- Asociación de Vivienda Las Garas, ubicada cerca de la intersección de las avenidas Universitaria y Chimpu Ocllo. El tipo de suelo en esta zona es arcilloso, habiendo sido en el pasado tierra de cultivo. Se encuestó 3 viviendas.

La figura 5.2 muestra el mapa del distrito y la ubicación de las viviendas encuestadas.



Fig. 5.1 Plano del distrito de Villa el Salvador

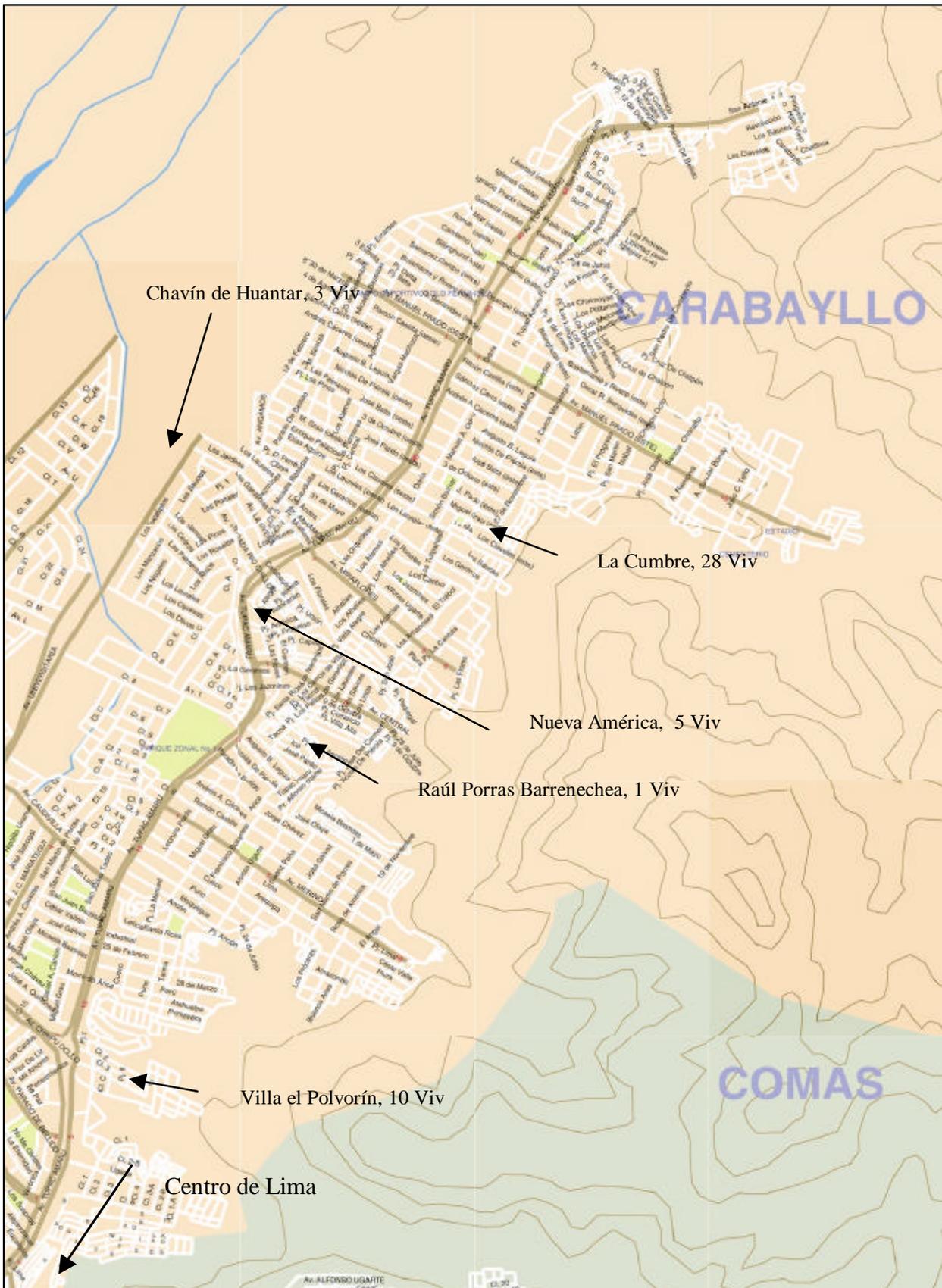


Fig. 5.2 Plano del distrito de Carabayllo.

5.2 Aspectos de organización.

El distrito de Villa el Salvador fue el primero en ser encuestado, por contar con el apoyo de la organización no gubernamental DESCO. Esta ONG designó al arquitecto Juan Tokeshi para dar un reconocimiento general al distrito y posteriormente contactar con líderes de algunas comunidades para así exponerles el propósito del estudio. También se estableció contactos con madres del “Vaso de Leche” a las que se entregaron cartas de presentación en los que se exponía el propósito del estudio. Se planificó encuestar 18 viviendas por semana, pero en algunas sólo se encuestó 4 viviendas por falta de colaboración de algunos pobladores. La encuesta en este distrito tomó un tiempo neto de 2 meses y medio.

En Carabayllo, se solicitó inicialmente el apoyo de la Secretaría Técnica de Defensa Civil del distrito, que proporcionó casacas e identificaciones con el logotipo de Defensa Civil. Se contactó, luego, con el secretario general de la zona llamada “Villa el Polvorín” y se inició la encuesta en esta zona. Además, se estableció contactos con madres del “Vaso de Leche” a las que se les expuso el propósito de la encuesta y se tomó nota de las madres prestas a colaborar con la encuesta. Luego se visitó a estas madres entregándoles cartas de presentación donde se exponía el propósito del estudio. Al ser insuficientes las viviendas encuestadas, se siguió la sugerencia de la Secretaría Técnica de Defensa Civil que propuso completar la encuesta en la zona denominada “La cumbre”, finalizándose el trabajo de campo en este lugar. Se planificó encuestar 15 viviendas por semana, pero, por falta de colaboración de ciertos pobladores, se llegó a encuestar en algunas semanas sólo 10 viviendas. La encuesta en este distrito demoró dos meses.

5.3 Selección de viviendas.

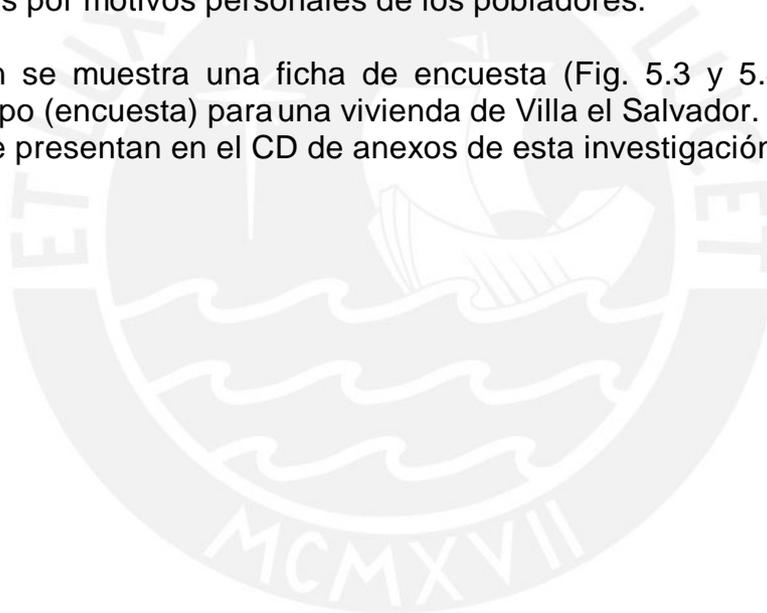
Para la selección de viviendas a encuestar, no se utilizó algún método estadístico con respecto a toma de muestras. Se siguió un mismo método en ambos distritos. Se contactó con un dirigente o líder de la comunidad al cual se le expuso el objetivo de la encuesta. Aceptada esta por el líder de la comunidad, se acuerda un día para el inicio de la encuesta. Aquel día el líder de la comunidad acompañó a los encuestadores y los presentó, de vivienda en vivienda, a sus vecinos y les explicó el por qué de la encuesta. Como resultado de esto, algunos vecinos colaboran con la encuesta y otros no. Algunas veces los dueños de las viviendas encuestadas recomendaron a familiares o conocidos para realizar la encuesta en sus comunidades. Es decir, la selección de las viviendas a encuestar por comunidad dependió de la voluntad de sus dueños para aceptar la encuesta.

5.4 Dificultades encontradas.

Existieron algunos factores que restaron efectividad a la realización del trabajo de campo; entre ellos se tiene:

- Lejanía de las zonas a encuestar.
- Falta de voluntad de colaboración de algunos pobladores para ingresar a sus viviendas.
- Disponibilidad restringida de cámara digital del Laboratorio de Estructuras. Se pudo usar esta cámara de lunes a viernes y no se la pudo utilizar los días sábados y domingos que es cuando la mayoría de jefes de familia esta en casa.
- Solo se pudo encuestar hasta ciertas horas de la tarde por la falta de seguridad en algunas zonas.
- El número limitado de contactos con líderes de las comunidades.
- Reuniones suspendidas con las comunidades a encuestar. Algunas veces se realizaron reuniones con la comunidad a encuestar, con el propósito de exponerles los motivos de la encuesta. Algunas de estas reuniones fueron suspendidas por motivos personales de los pobladores.

A continuación se muestra una ficha de encuesta (Fig. 5.3 y 5.4) llenada en el trabajo de campo (encuesta) para una vivienda de Villa el Salvador. Todas las fichas de encuesta se presentan en el CD de anexos de esta investigación.





VULNERABILIDAD SISMICA DE LA VIVIENDA INFORMAL EN LIMA, PERU
FICHA DE ENCUESTA

Fecha encuesta: 21/10/00

Vivienda N°: 001

Familia: *La Torre Castillo* Cantidad de personas de la vivienda: *10*

Dirección: *Sector II, Grupo 5, Manzana G° lote 11 Villa el Salvador*

1.- ¿Recibió asesoría técnica para construir su vivienda, por que? *No*
Se construyó con un maestro de obra y la familia

2.- ¿Cuándo empezó a construirla? *1980* ¿Cuándo terminó? *1992*
Tiempo de residencia de la vivienda: *30* años
N° de pisos actual: *2* N° de pisos proyectado: *2*

3.- Secuencia de construcción de los ambientes:
Paredes límites (). Sala-Comedor (). Dormitorio 1 (). Dormitorio 2 (). Cocina ().
Baño (). Otros (). Todo a la vez (). Primero un cuarto ().
Cada piso a la vez, 2º piso con cubierta provisional.

Datos Técnicos:

Parámetros del suelo			Observaciones
Rígidos ()	Intermedios ()	Flexibles (X)	<i>Suelo arenoso</i>

Características de los principales elementos de la vivienda			
Elemento	Características		Observaciones
Cimiento (m)	Cimiento corrido		<i>concreto ciclópeo</i>
	Profundidad	Zapata	
	Ancho	Sección	
Muros (cm)	Ladrillo macizo		<i>macizo artesanal</i>
	Dimensiones	Ladrillo pandereta	
	Juntas	Juntas	
Techo (m)	Diafragma rígido		<i>Alta de 2.60m</i> <i>2º piso sin techos.</i>
	Tipo	Otro	
	Peralte	Peralte	
Columnas (m)	Concreto		<i>De secciones transversales</i> <i>0.13x0.23m y 0.23x0.23m</i>
	Dimensiones	Dimensiones	
Vigas (m)	Concreto (m)		
	Dimensiones	Dimensiones	

Observaciones y comentarios:

Muros del segundo piso de ladrillo pandereta, excepto ojo central en Y que es de ladrillo macizo artesanal. La vivienda se construyó sobre relleno, pues el terreno tiene una pendiente suave. Existen varias grietas verticales en la mayoría de muros del primer piso (8 vistas) vigas en sentido transversal (x) son de sección transversal 0.25x0.40 siendo las longitudinales y chutas. Los muros en Y son de un muro de zoga y los transversales (x) de cabeza.

Ficha de Encuesta N°: 001

Página 1/2

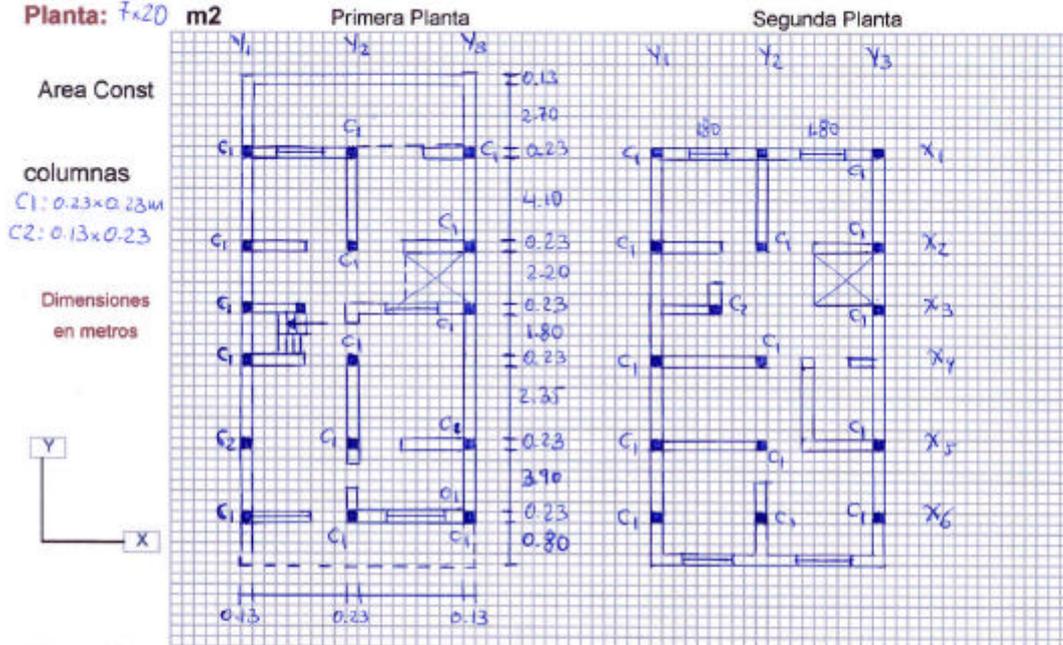
Fecha: 21/10/2000

Fig. 5.3

Vulnerabilidad Sísmica de la Vivienda Informal

Esquema de la vivienda:

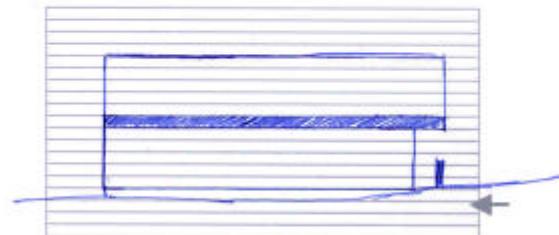
Planta: 7x20 m2



Elevación:

Frontal

Lateral



Juntas Sísmicas	
Izquierda	Derecha
0cm	0cm

Observaciones y comentarios:

Problemas Antrópicos	Estructuración	Factores Degradantes
Suelo arenoso		Crietas y rajaduras en muros
Puntos Débiles	Materiales Deficientes	Mano de Obra
Muros sin vigas sobre	La albañilería	De mediana calidad

Ficha de Encuesta N°: 001

Página 2/2

Fecha: 21/10/2000

Fig. 5.4

CAPITULO VI

FICHA DE REPORTE

6.1 Alcances de la ficha de reporte.

La ficha de reporte fue desarrollada para el análisis de construcciones de vivienda de albañilería de arcilla o sílico – calcárea, reforzadas con columnas y vigas de concreto armado. A continuación se hacen algunas observaciones sobre diversos aspectos de la ficha de reporte.

- Los análisis no contemplan el hecho de que los muros perimétricos de dos o tres viviendas vecinas puedan interactuar entre sí.
- Los cálculos no consideran las torsiones en planta y losas de techo de viviendas vecinas a desnivel.
- En construcciones en mal estado, resulta muy difícil estimar correctamente la resistencia de sus elementos estructurales.
- Las características mecánicas de los elementos estructurales se estiman basándose en valores especificados en las referencias 6, 7 y 8.

6.2 Descripción detallada de la ficha de reporte.

El reporte inicia con antecedentes de la vivienda y las características de sus elementos estructurales. Luego se verifica que los esfuerzos axiales aplicados y esfuerzos cortantes generados por un sismo sean menores a los admisibles según la norma peruana. Luego se estima con índice de daños sísmicos, los posibles daños en la vivienda después de un terremoto fuerte. En la parte final, el reporte incluye esquemas y fotos de la vivienda.

A continuación se detalla los análisis realizados en el reporte por vivienda:

6.2.1 Verificación de los esfuerzos axiales en los muros.

Esta verificación se realiza con la finalidad de comprobar que los esfuerzos axiales en los muros portantes producidos por la carga gravitacional, conformada por el peso propio de los elementos estructurales (carga muerta, P_D) y el peso de las personas y muebles en la vivienda (carga viva, P_L), sobre las unidades de albañilería sean menores a los establecidos en la referencia 6 (F_a). Además, se realiza una estimación de los esfuerzos axiales aplicados al suelo por los muros de la vivienda. Esta verificación se realiza para los muros más cargados en los sentidos principales de la vivienda (Fig. 6.1).

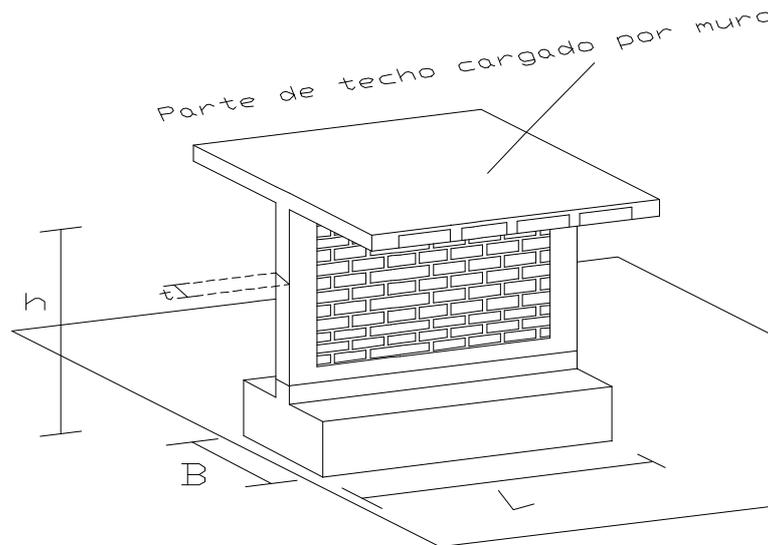


Fig. 6.1 Muro portante de albañilería.

Luego de calcular mediante metrados de carga los valores de P_D y P_L , se obtiene el esfuerzo axial sobre el muro calculándose de la siguiente manera:

$$P_g = P_D + P_L ; A = L \times t$$

$$P_g/A = f_a$$

De acuerdo a la referencia 7, el esfuerzo axial máximo f_a , producido por la carga gravitacional máxima de servicio incluyendo el 100% de carga viva, debe ser inferior al 15% de la resistencia a compresión de pilas de albañilería " f'_m " (en kPa), es decir se debe cumplir que:

$$f_a < F_a = 0.15 f'_m \text{ (en kPa)}$$

Además se debe cumplir que:

$$f_a < F_a = 0.20 f'_m (1 - (h/(35 t))^2) \text{ (en kPa)}$$

El esfuerzo axial sobre el suelo s_{suelo} (en kPa), (Fig. 6.2) se calcula de la siguiente manera:

$$s_{\text{suelo}} = (P_g + P_{\text{cimiento}})/(B \times L)$$

donde:

- L : longitud del muro (m);
- t : espesor efectivo del muro (m); no se toma en cuenta acabados o bruñas
- B : ancho de la cimentación;
- h : altura del muro (m);
- A : área transversal del muro (m^2);
- P_D , P_L y P_g : cargas gravitacionales (kN);
- P_{cimiento} : peso del cimiento (kN);

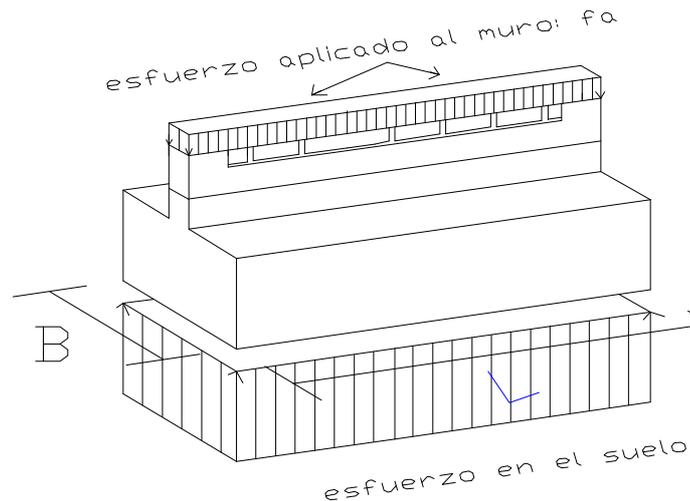


Fig. 6.2 Diagrama de esfuerzos axiales sobre el muro y suelo.

6.2.2 Verificación del esfuerzo cortante.

En este análisis se verifica que el área de corte de muros existente A_r sea mayor al área de corte de muros mínima requerida A_m .

Para calcular la fuerza cortante asociada al agrietamiento diagonal de los muros de albañilería se puede estimar como (Ref. 7) :

Unidades de arcilla y concreto: $VR = 0.5 v'_m a L t + 0.23 P_g$

Unidades sílico – calcáreas: $VR = 0.3 v'_m a L t + 0.23 P_g$

donde:

a : Factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez.

VR : Fuerza cortante asociada al agrietamiento diagonal de la albañilería.

v'_m : resistencia característica a compresión diagonal en muretes de albañilería .

Las resistencias características en sistemas de albañilería maciza y perforada se obtuvieron de la referencia 7 y para muros de albañilería tubular tipo pandereta se obtuvo de la referencia 8.

Al dividir VR entre el área del muro ($A = L t$) se obtiene el esfuerzo cortante asociado al agrietamiento diagonal de la albañilería (vr), entonces:

Unidades de arcilla y concreto: $vr = 0.50 v'_m a + 0.23(fa)$

Unidades sílico – calcáreas: $vr = 0.30 v'_m a + 0.23(fa)$

Estas fórmulas son utilizadas en el reporte para hallar el área mínima de muros resistentes necesaria A_m , como el cociente de dividir la fuerza cortante por nivel de la vivienda entre vr .

a se calcula de la siguiente manera:

$$\frac{1}{3} \leq a = \frac{Ve L}{Me} \leq 1$$

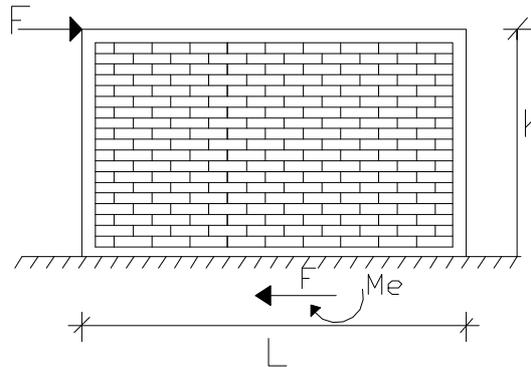
donde:

Ve : Fuerza cortante obtenida de un análisis elástico para el muro en análisis.

Me : Momento flector obtenido de un análisis elástico para el muro en análisis.

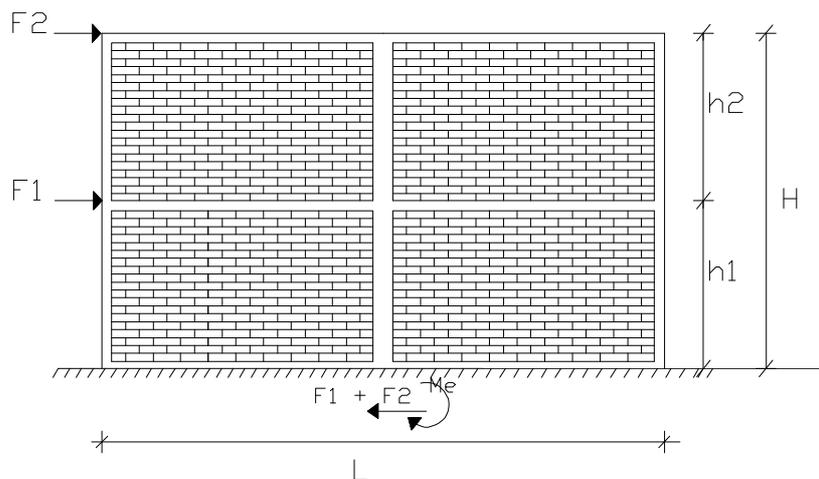
Calcular Ve y Me en un análisis elástico para un grupo de viviendas (100 en este estudio) complica el análisis de este estudio preliminar, pues se tendría que ejecutar un programa de computo de análisis sísmico de edificaciones. Entonces se estima el valor de “a” de la siguiente manera:

En viviendas de 1 piso, en general, la longitud “L” de los muros son mayores a su altura “h”. Se tiene entonces:



$$\frac{1}{3} \leq a \leq 1; \quad a = \frac{VeL}{Me} = \frac{FL}{Fh} = \frac{L}{h} > 1; \quad \text{Se toma } a = 1$$

En viviendas de 2 pisos, de acuerdo al siguiente esquema:



$$\frac{1}{3} \leq a \leq 1; \quad a = \frac{VeL}{Me} \Rightarrow a = (F1 + F2) L / (F1 h1 + F2 H)$$

Al suponer que $h_1 = h_2 = h$ y $F_1 = F_2 = F$ (según recomendación del ingeniero Angel San Bartolomé), resulta:

$$a = (2L)/(3H)$$

donde:

- L : longitud del muro.
- H : altura total del muro.
- h_1 y h_2 : altura de entrepiso el muro en el nivel respectivo.
- F_1 y F_2 : fuerza cortante en entrepiso del muro en el nivel respectivo.

Se puede suponer también que $h_1 = h_2 = h$, $F_1 = F$ y $F_2 = 2F$, entonces:

$$a = (3L)/(5H)$$

Se optó por estimar “a” siguiendo la recomendación del ingeniero San Bartolomé.

Para hallar A_m en cada nivel de la vivienda y en cada uno de sus sentidos principales, se calcula primero las cargas sísmicas por nivel conforme al Reglamento Nacional de Construcciones - Norma Técnica de Edificación E – 030 del año 1997 como:

$$\text{Cortante basal: } V = \frac{ZUCP}{R} \text{ y cortante por nivel como: } F_i = \frac{P_i h_i}{\sum (P_i h_i)} V$$

donde:

- Z : Factor de zona sísmica (adimensional).
- U : Factor de uso o importancia (adimensional).
- C : Factor de amplificación sísmica (adimensional).
- P : Peso total de la vivienda (kN).
- R : Factor de reducción por ductilidad (adimensional) = 3 (Ref. 9).
- P_i : Peso de entrepiso “i” de la vivienda (kN).
- h_i : Altura de entrepiso “i” (m).

El área mínima de muros, A_m se calcula dividiendo la fuerza acumulada por nivel F entre la resistencia al corte v_r . Luego se determina el área de muros resistente existente A_r en la vivienda en sus dos sentidos principales. Cuando existan muros de concreto simple como parte de los muros resistentes en la vivienda, se deben transformar a secciones equivalentes de albañilería, multiplicando sus secciones transversales por el factor $E_{concreto}/E_{albañilería} \cong 6$ (Ref. 6) y se añade a las áreas transversales de los muros de albañilería ya existentes. Si el cociente A_r/A_m es mayor o igual a 1, el área de corte de muros existente es suficiente para resistir fuerza sísmica especificada por la norma E - 030. De lo contrario el área de muros existente en la vivienda es insuficiente para resistir estas exigencias.

También se puede usar el factor $t_{roturaconcreto}/t_{roturaalbañilería} \cong 4$, para transformar las secciones de muros de concreto simple a albañilería, sin embargo en este estudio se toma el primer factor $E_{concreto}/E_{albañilería} \cong 6$.

6.2.3 Estabilidad de muros sin diafragma rígido.

Para muros sin vigas soleras en viviendas con cobertura del tipo provisional o en patios sin techar, se analiza la estabilidad a fuerzas sísmicas perpendiculares al plano del muro. Estas generaran esfuerzos de tracción en la parte central superior del muro (Fig. 6.3).

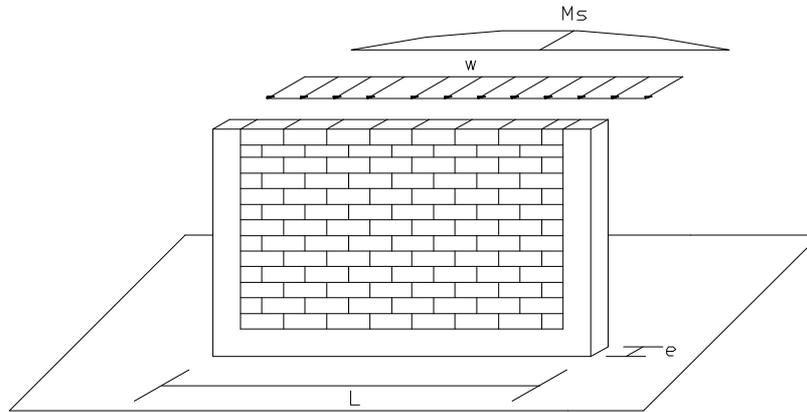


Fig. 6.3 Muro sometido a fuerzas sísmicas perpendiculares a su plano.

La fuerza sísmica se estima con: $w = Z U C_1 \gamma e$

donde:

- w : Carga sísmica uniformemente distribuida (kN/m^2).
- C_1 : Coeficiente sísmico especificado en la Norma E-030 (Tabla 6.1).
- Z : Factor de zona sísmica (adimensional).
- U : Factor de uso o importancia (adimensional).
- e : Espesor bruto del muro incluyendo tarrajes (m).
- γ : peso volumétrico de la albañilería (kN/m^3). (Ref. 7)
- $\gamma = 17.70 \text{ kN/m}^3$, en muros de unidades de arcilla o sílico – calcáreas.
- $\gamma = 15.70 \text{ kN/m}^3$, en muros de unidades tubulares.

Tabla 6.1 Valores de “C1” según norma E - 030

MUROS	C1
Parapetos	2.00
Muros Portantes y Tabiques	0.75
Cercos	0.50

El momento flector distribuido por unidad de longitud mostrado en la Fig. 6.3 (M_s , en $kN\cdot m/m$), producido por la carga sísmica w , se calcula con:

$$M_s = m w a^2$$

donde:

m = coeficiente de momento (adimensional) indicado en la Tabla 6.2.

a = dimensión crítica del paño de albañilería (ver la Tabla 6.2), en metros.

El momento flector resistente distribuido por unidad de longitud (M_r , en kN-m/m), es:

$$M_r = f_t e^2 / 6$$

donde: $f_t = 100 \text{ kPa}$ (unidades de arcilla)

Cuando:

$(M_r)/(M_s) > 1$, entonces, el muro es Estable.

$(M_r)/(M_s) < 1$, entonces, el muro es Inestable.

Tabla 6.2 Valores del coeficiente de momentos “ m ” y dimensión crítica “ a ”.

b/a	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	3.0	∞
Caso 1. Muro con cuatro bordes arriostrados, $m =$	0.0479	0.0627	0.0755	0.0862	0.0948	0.1017	0.118	0.125
b/a	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.5	2.0
Caso 2. Muro con tres bordes arriostrados, $m =$	0.060	0.074	0.087	0.097	0.106	0.112	0.128	0.132
Caso 3. Muro arriostrado solo en sus bordes horizontales	“ m ” igual a 0.125 para todos los casos							
Caso 4. Muro en voladizo	“ m ” igual a 0.5 para todos los casos							

Caso 1: “ a ” es la menor dimensión.

Caso 2: “ a ” es la longitud del borde libre.

Caso 3 y 4 : “ a ” es la altura del muro.

6.2.4 Índice de daños sísmicos.

En la ficha de reporte se utiliza el índice de daños sísmicos para predecir el grado de daños que pueden tener las viviendas en un eventual terremoto. El índice de daños es calculado basándose en la densidad de muros de la vivienda en cada uno de sus sentidos principales y de acuerdo con fórmulas obtenidas de un estudio de Kuroiwa y Kogan (Ref. 10 y 11), quienes reportaron los daños de alrededor de 3000 viviendas afectadas por el terremoto de Chimbote de mayo de 1970. El siguiente es el gráfico original (Fig. 6.4) obtenido por los ingenieros Kuroiwa y Kogan.

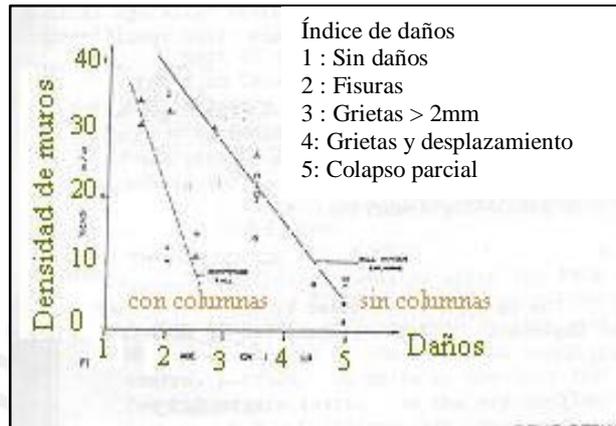


Fig. 6.4 Gráfica Índice de daños vs Densidad de muros. (Ref. 9)
 Densidad de muros en cm/m^2 y el Índice de Daños es adimensional.

La densidad de muros en las referencias mencionadas se calcula dividiendo la longitud de muros en cada sentido principal de la vivienda entre el área techada acumulada hasta ese nivel. De la Figura 6.4 para el caso muros con columnas (confinados), se obtuvo puntos coordinados que establecen una relación entre la densidad de muros y el índice de daños sísmicos. Entonces, se dedujo la ecuación siguiente:

$$\text{Índice de daños} = - 0.42 \times \text{densidad de muros} + 2.93$$

DENSIDAD (cm/m^2)	ÍNDICE	DAÑOS
4.60	1	SIN DAÑOS
2.20	2	FISURAS
0	2.93	GRIETAS > 2 mm

La ecuación anterior es deducida con la densidad de muros en cm/m^2 , como longitud de muros confinados entre área techada acumulada. Para en este estudio se define la densidad de muros como el cociente de dividir el área transversal de muros confinados por una o dos columnas en un nivel de una edificación en uno de sus sentidos principales entre el área techada acumulada hasta ese mismo nivel. Para ello, se modificó la ecuación anterior para tener la densidad de muros en porcentaje, es decir en m^2/m^2 . Se asignó a las viviendas observadas por los ingenieros Kuroiwa y Kogan un espesor de muros promedio, considerando que el 75% de los muros con aparejo de cabeza (espesor de 24 cm) y el 25% restante de soga (espesor de 14 cm).

El espesor promedio estimado es 21.5 cm. Al multiplicar la densidad de muros de la gráfica original por el espesor promedio se obtuvo la densidad de muros como el cociente entre áreas. La nueva ecuación que calcule el índice de daños a partir de la densidad de muros es:

$$\text{Índice de daños} = - 0.20 \times \text{densidad de muros} + 2.93$$

Esta ecuación se usó en la ficha de reporte para hallar el índice de daños para el caso de muros confinados con columnas y su gráfica es la siguiente (Fig. 6.5):

DENSIDAD (%)	ÍNDICE	DAÑOS
9.70	1	SIN DAÑOS
4.65	2	FISURAS
0.00	2.93	GRIETAS > 2 mm

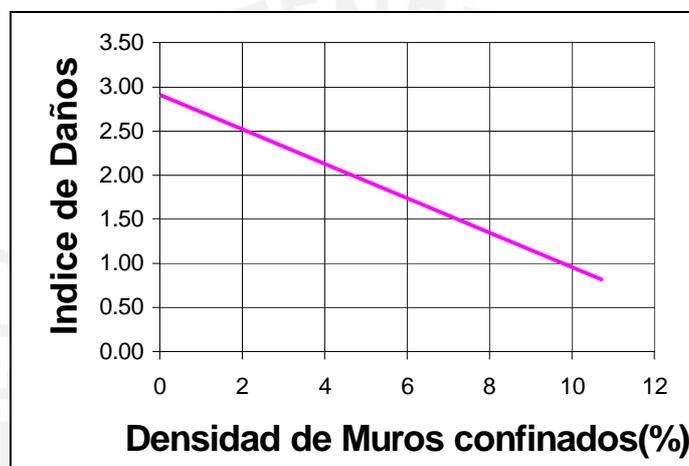


Fig. 6.5 Gráfica densidad de muros vs. índice de daños

Para el cálculo del área de muros confinados se toma en cuenta los muros resistentes que están confinados por una o dos columnas, despreciándose los muros que tienen vanos como puertas y ventanas o los comúnmente llamados “mochetas”.

Los resultados obtenidos del Índice de Daños son sólo referenciales, pues los daños en las viviendas variarán de acuerdo a las condiciones locales, a la intensidad del movimiento sísmico y a las características de cada vivienda individual. En el terremoto de Chimbote, existió problemas causados por su tipo de suelo (arenoso) que afectó a las viviendas además la aceleración máxima estimada en Chimbote por la ecuación propuesta por Casaverde y Vargas (Ref. 12) fue de aproximadamente 0.50g en roca, que es una aceleración para sismos muy raros para la costa peruana a partir de los periodos de retorno para sismos propuesto por el Comité Visión 2000 del SEAOC (Ref. 13). Esta alta aceleración es correspondiente a un sismo extremadamente severo y no es considerada en el Reglamento Nacional de Construcciones. Por tanto, se espera que los sismos que generen esta aceleración dañen considerablemente a las viviendas.

Los reportes de todas las viviendas encuestadas se encuentran en el CD de anexos adjunto a este documento. A continuación se muestra en las figuras 6.6 al 6.8 un ejemplo desarrollado de la ficha de reporte de una vivienda en Villa el Salvador.



**VULNERABILIDAD SISMICA DE LA VIVIENDA INFORMAL EN LIMA, PERU
FICHA DE REPORTE**

Vivienda N°: 001

Antecedentes:

Ubicación: Sector II Grupo 5 Manzana "G" Lote 11 Villa el Salvador Suelo: Arenoso
 Dirección técnica: No Antigüedad de la vivienda: 21 años
 Pisos construidos: 2 Pisos proyectados: 2
 Construcción maestro de obra

Estado de la vivienda: La vivienda se construyó sobre relleno, pues el terreno tiene una pendiente suave.
 Existen varias grietas verticales la mayoría de muros del primer piso (se vieron 8 grietas). Muros del segundo piso de ladrillo pandereta, excepto eje central Y2 que es de ladrillo macizo artesanal. Segundo piso con techo provisional
 Secuencia de construcción de la vivienda: Cada piso a la vez.

Elementos de la vivienda:

Elemento	Características
Cimientos	Corrido de concreto ciclópeo 0.60m de ancho y 1.50 m de profundidad.
Muros	Ladrillo macizo artesanal 9x13x23 cm y pandereta de 9x11x21cm, juntas de 2.50 cm, muros de sogá y cabeza.
Techo	1er piso losa aligerada de 0.20 m de peralte; 2do piso con cobertura provisional de calaminas. Altura de 2.60 m
Columnas	De 0.13 m x 0.23 m y 0.23 m x 0.23 m de sección transversal.
Vigas	Longitudinales de 0.15 x 0.20 m y transversales de 0.25 x 0.40 m

Deficiencias sismorresistentes de la vivienda:

Problemas Antrópicos	Estructuración	Factores degradantes
Suelo arenoso		Rajaduras en muros
Puntos débiles	Materiales deficientes	Mano de obra
Muros sin viga solera	La albañilería	De mediana calidad

Verificación de los esfuerzos axiales

Resistencia característica a compresión (kPa): $f_m = 3430$

Eje del muro (solo en muro)	Esfuerzo máximo actuante			Esf. perm. por comp. axial		Esf. perm. por ductilidad		Esfuerzo en el terreno	
	Peso kN	Area m ²	$f_a = P/A$ kPa	$f_a < F_a = 0.2f_m(1-(h/35t)^2)$ kPa	Resultado	$f_a < F_a = 0.15f_m$ kPa	Resultado	Peso kN	Esfuerzo KPa
Eje X3	70	0.53	130	610	O.K.	515	O.K.	100	70
Eje Y1	325	2.04	160	460	O.K.	515	O.K.	530	60
Eje Y2	175	0.65	270	610	O.K.	515	O.K.	210	120

Verificación del esfuerzo cortante

Esfuerzo permisible por corte (KPa) = $0.5V/mQ + 0.23\sigma$

Resistencia característica a corte (kPa): $V_m = 500$

Nivel	Area del nivel m ²	Cortante B. V=ZUSCP/R kN	Peso altura Pi.hi kN-m	Fuerza nivel V=Pihi/Σ(Pihi) kN	Esfuerzo permisible Esbeltez(α) adimensional	Area de muros mínima: Am m ²	Resultado Ar / Am
					Esfuerzo KPa	real: Ar m ²	
Análisis en el sentido "X"							
2							
1	107	580	3260	580	1.0	280	2.1 1.6 0.8
Análisis en el sentido "Y"							
2							
1	107	580	3260	580	1.0	290	2.0 5.8 2.9

Estabilidad de muros sin diafragma rígido

Esfuerzo de tracción por flexión de la albañilería (kPa): $f_t = 100$

Muro	Peso W=ZUC,P kN/m	Mom. act. Ma=mWa ² kN-m	Mom. res. Mr=ft ² /6 kN-m	Resultado Ma / Mr	Muro	Peso W=ZUC,P kN	Mom. act. Ma=mWa ² kN-m	Mom. res. Mr=ft ² /6 kN-m	Resultado Ma / Mr
M1	0.35	0.46	0.20	Inestable	M4				
M2	0.35	0.49	0.20	Inestable	M5				
M3	0.35	0.44	0.20	Inestable	M6				

Reporte N°: 001

Página: 1/3

Fecha: 21/10/2000

Fig. 6.6 Ficha de reporte página 1

Vulnerabilidad Sísmica de la Vivienda Informal

Índice de daños sísmicos

Nivel	Área en planta		Densidad de muros(D)		Índice de Daños $I = (-0.20D + 2.93)$	Diagnóstico 1 sindaños/ 2 fisuras/ 3 grietas(2mm) 4 desplazam. / 5 colapso parcial
	del nivel m ²	acumulada m ²	Área muros m ²	Densidad %		
Análisis en el sentido "X"						
3						
2						
1	107	107	1.6	1.5	2.63	Grietas
Análisis en el sentido "Y"						
3						
2						
1	107	107	5.8	5.4	1.84	Fisuras

Diagnóstico: La vivienda tiene uno de sus dos sentidos más fuertes. Durante un sismo severo la vivienda sufrirá daños en su sentido paralelo a la calle. Sin embargo las grietas y rajaduras en los muros aumentarán los daños en la vivienda. Además los muros del segundo piso serán inestables. Por tanto se considera a la vivienda vulnerable sísmicamente.

Esquema de la vivienda:

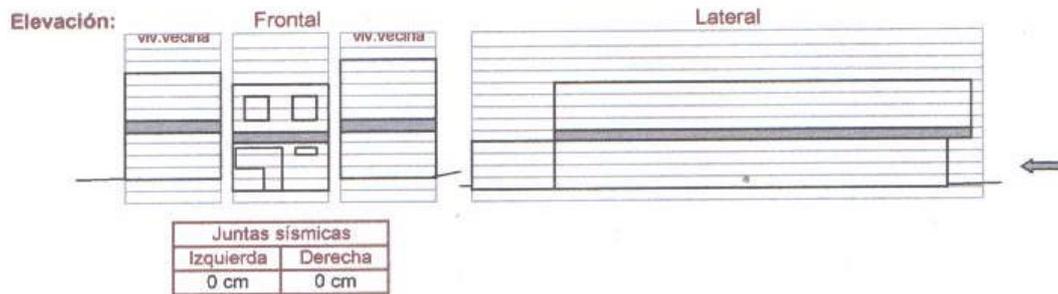
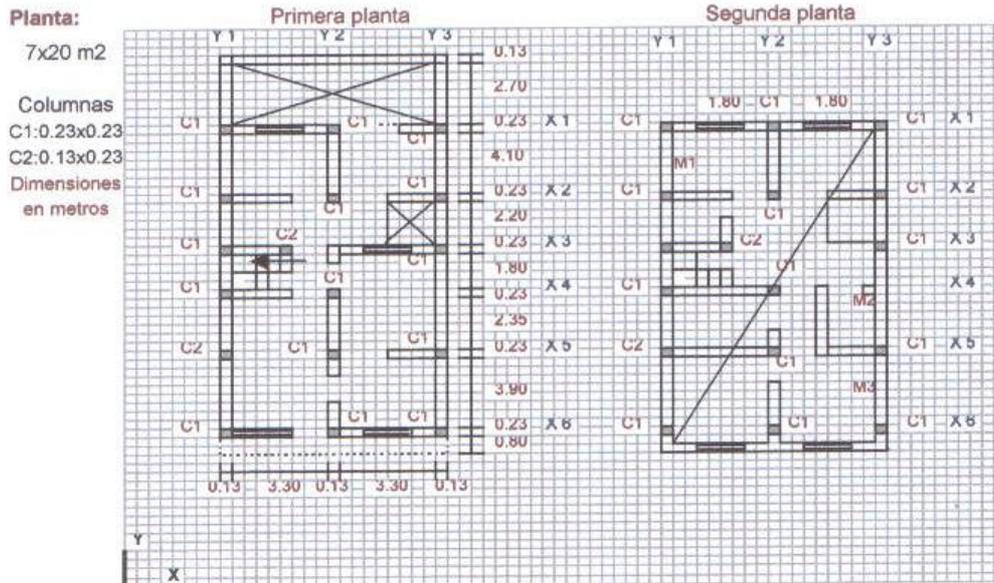


Fig. 6.6 Ficha de reporte página 2

Vulnerabilidad Sísmica de la Vivienda Informal



Foto 001.1 Fachada de la Vivienda



Foto 001.2 Rajaduras en muro de la vivienda

Reporte N° : 001

Página 3/3

Fecha: 21/10/2000

Fig. 6.6 Ficha de reporte página 3

CAPITULO VII

RESULTADOS

7.1 Análisis de cargas verticales.

7.1.1 Esfuerzos axiales en la albañilería.

Los esfuerzos axiales producidos por las cargas de gravedad en las unidades de albañilería, son menores a las máximas admitidas según referencia 7. En más del 95% de las viviendas, en ambos distritos encuestados, los esfuerzos axiales en los muros son menores que la mitad de los esfuerzos axiales admisibles (Tablas 7.1A y 7.1B). Se puede afirmar que los muros de las viviendas, en su estado actual, no serán dañados por estas cargas de gravedad.

Tabla 7.1A Esfuerzos axiales sobre las unidades de albañilería.

fa/Fa ₁	Viviendas en Villa el Salvador		Viviendas en Carabayllo	
	% parcial	% acumul.	% parcial	% acumul.
< 0.10	16	16	16	16
0.10 – 0.50	80	96	81	97
0.50 – 0.90	4	100	3	100
Total	100%	100%	100%	100%

$$Fa_1 = 0.2 f' m (1 - (h/35t)^2); t : \text{espesor del muro (m)}, h : \text{altura del muro (m)}$$

Tabla 7.1B Esfuerzos axiales sobre las unidades de albañilería.

fa/Fa ₁	Viviendas en Villa el Salvador		Viviendas en Carabayllo	
	% parcial	% acumul.	% parcial	% acumul.
< 0.10	15	15	25	25
0.10 – 0.50	84	99	72	97
0.50 – 0.90	1	100	3	100
Total	100%	100%	100%	100%

$$Fa_2 = 0.15 f' m; f' m = \text{resistencia a compresión de pilas de albañilería (kPa)}$$

Si sólo se considerara el esfuerzo axial sobre la albañilería para poder ampliar las viviendas con un piso superior, se podría decir que más del 95% de las viviendas lograrían hacerlo. Sin embargo, la construcción de un piso superior no depende sólo del esfuerzo axial sobre la albañilería, depende además de los esfuerzos que apliquen al suelo y otro factor más como una buena estructuración antisísmica.

7.1.2 Esfuerzos en el suelo.

Según las referencias 14 y 15, para algunas zonas de Villa el Salvador, el esfuerzo axial admisible por el suelo a una profundidad mayor a 3.00 m es de 160 kPa y se recomienda para una profundidad de 1.00 m, un esfuerzo admisible por el suelo de 100 kPa. En general el suelo en este distrito es uniforme, entonces se toma el valor de 100 kPa como referencia del esfuerzo admisible por el suelo para Villa el Salvador. La tabla 7.2 muestra que más del 90% de las viviendas en este distrito aplican al suelo un esfuerzo menor al admisible. Es decir, menos del 10% de viviendas encuestadas en este distrito aplicaran al suelo esfuerzos mayores al admisible y se manifestará este problema con rajaduras en los muros producidos por asentamientos diferenciales. Se puede afirmar que menos del 15% de las viviendas en este distrito, al ser ampliadas con un piso superior no presentarán problemas de rajaduras en sus muros producidos por asentamientos diferenciales.

Tabla 7.2 Esfuerzos axiales aplicados al suelo en Villa el Salvador.

Esfuerzo en el suelo (kPa)	% parcial	% acumula	$\frac{S_{actuante}}{S_{admisible}} = 100Kpa$	% parcial	% acumula
30 – 50	13.3	13.3	0.30 – 0.50	13.3	13.3
50 – 80	70.3	83.6	0.50 – 0.80	70.3	83.6
80 – 100	9.40	93.0	0.80 – 1.00	9.40	93.0
100 – 150	7.00	100.0	1.00 – 1.50	7.00	100.0
Total	100%	100%		100%	100%

En Carabayllo, se encontró una variedad de suelos como: roca fracturada en Villa el Polvorín; arenoso en La Cumbre, Nueva América y Chavín de Huantar y arcillosa en Las Garas. Los esfuerzos admisibles de estos tipos de suelo son muy variables. En roca fracturada el esfuerzo admisible es mayor a 400 Kpa y en el suelo arenoso, por observaciones hechas en la zona denominada La Cumbre, deber ser menor a 50 Kpa. Pues, se encontraron muros de cerco o sin techar rajados. Según la referencia 16, el esfuerzo admisible para un suelo arenoso o arcilloso siguiendo la Av. Túpac Amaru, a una profundidad de 1.00 m, es 150 kPa. Sin embargo faltan referencias sobre estudios de suelos en este distrito pues presenta una gran diversidad de suelos, entonces no se puede afirmar de una manera segura cuantas viviendas aplican al suelo un esfuerzo menor o mayor al admisible.

7.2 Problemas del entorno sobre la vivienda.

El 90% de las viviendas observadas presentan problemas debido a las características de la zona donde se encuentran ubicadas. A continuación se describen los principales problemas encontrados:

7.2.1 Vivienda sobre suelo arenoso suelto.

Las viviendas en Villa el Salvador están sobre suelo arenoso. El 30% de estas viviendas que utilizan cimentación de concreto ciclópeo presentan fisuras y rajaduras que pueden ser producidas por asentamientos del terreno (Fig. 7.1). Sin embargo en las viviendas donde se utilizó concreto armado en la cimentación (cimientos con armaduras de acero) no se encontró éste problema. Gran parte de las fisuras y rajaduras observadas en muros tienen orientación vertical, producidas por asentamientos diferenciales. En la encuesta fue difícil identificar con precisión cuales eran los daños en los muros producidos por asentamientos del terreno.

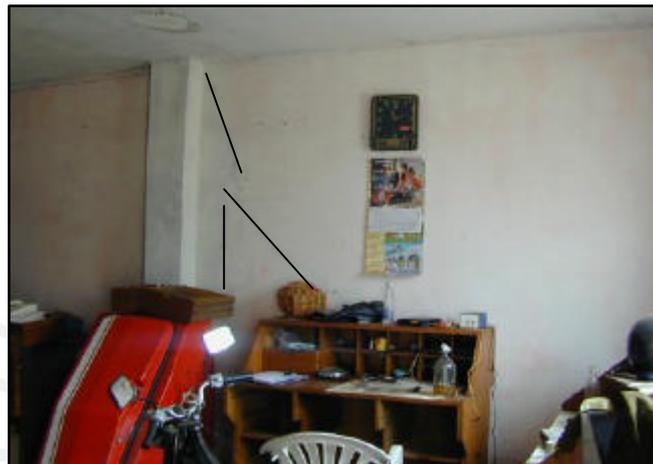


Fig. 7.1 Rajaduras verticales en muro portante.

7.2.2 Viviendas en zonas de gran pendiente

Los pobladores que viven en zonas de pendiente elevada como en cerros, cuando nivelan su terreno e inician la excavación de las zanjas para la cimentación de sus viviendas, dejan al descubierto los cimientos de la vivienda vecina de la parte alta (Fig. 7.2 y 7.3). Este problema es común en la zona denominada “La Cumbre” en el distrito de Carabayllo, donde se encuestó 28 viviendas que presentan este inconveniente.

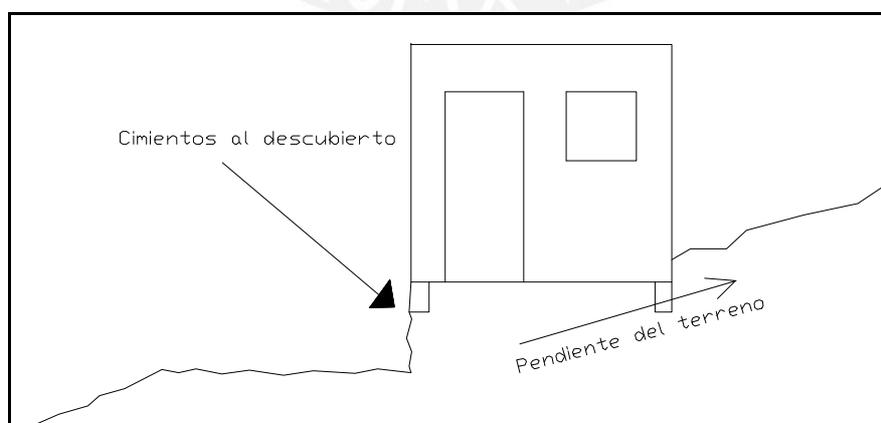


Fig. 7.2 Esquema del problema



Fig. 7.3 Cimientos sin el apoyo necesario.

7.2.3 Viviendas sobre rellenos

Más del 50% de las viviendas encuestadas en Carabayllo están construidas sobre terrenos con pendiente alta o rellenos de escombros. Los dueños, en su afán de nivelar el terreno, cortan y rellenan, construyendo muros de contención de concreto simple o de piedras grandes para soportar la zona de relleno (Fig. 7.4). Los muros cimentados sobre estos rellenos presentan grietas verticales, incluso cuando la vivienda carece de techo de concreto aligerado (Fig. 7.5). Las grietas verticales en los muros son debidas a que el suelo contenido por el muro tiene baja capacidad portante y no ha sido compactado debidamente.



Fig. 7.4 Muros de contención artesanales.



Fig. 7.5 Muro cimentado sobre un relleno.

7.2.4 Viviendas en quebradas

Las viviendas ubicadas en quebradas están expuestas a la caída de rocas sueltas de la parte superior de los cerros (Fig. 7.6). La zona que se observó con este problema se ubica en la parte alta de Villa el Polvorín, en el distrito de Carabaylo, que no pudo encuestarse por falta de seguridad.



Fig. 7.6 Viviendas en quebradas.

7.3 Estructuración de viviendas

Las viviendas con techo aligerado observadas presentan un sistema estructural basado en muros portantes de albañilería. En este tipo de sistema estructural, para tener un buen comportamiento sísmico, es muy importante que la estructura tenga una adecuada densidad de muros. En este trabajo se define la densidad de muros de un determinado nivel como la relación en porcentaje entre el área de muros resistente del nivel considerado y el área de techo acumulada desde el techo más alto hasta el nivel considerado. De acuerdo a la densidad de muros que posea la vivienda, se estimará los posibles daños después de ocurrido un terremoto.

7.3.1 Densidad de Muros

En general, las viviendas encuestadas presentan una baja densidad de muros en el sentido paralelo a la calle (sentido X). Esto es debido a que en esta dirección se coloca pocos muros resistentes; se suele colocar, mas bien, tabiques como divisiones de ambientes. Los muros perimétricos en sentido transversal a la calle (sentido Y) son por lo general, de la misma longitud que el largo del terreno. Entonces las viviendas tendrán en el sentido transversal a la calle dos muros paralelos bastante largos (muchas veces de más de 10 metros de longitud), que proporcionan a las viviendas una alta densidad de muros.

Las tablas 7.3 para Villa el Salvador, 7.4 para Carabayllo y 7.5 para el total de viviendas resumen los datos sobre la densidad de muros de las viviendas de la muestra.

La información revela que un número significativo de viviendas no cuenta con muros resistentes en el sentido paralelo a la calle, sobre todo en Villa el Salvador, donde este problema ocurre en 28% de las viviendas encuestadas. El promedio de la densidad de muros de este sentido de la vivienda es de 1.30% el total de la muestra. Por el contrario, la densidad de muros en el sentido transversal a la calle es adecuada en la mayoría de los casos. Por ejemplo, en Villa el Salvador más del 70% de las viviendas encuestadas tienen densidades de muros mayores a 3% y lo mismo ocurre en Carabayllo, siendo el promedio para muestra de 4.5%.

Existe una diferencia notable entre las densidades de muros entre los dos sentidos principales de la vivienda, se advierte que existe una deficiente distribución de muros portantes de albañilería. Es importante que una edificación sea simétrica respecto a una buena resistencia en sus dos sentidos principales y esto no ocurre en la mayoría de viviendas encuestadas.

Tabla 7.3 Densidad de muros en viviendas (Villa el Salvador)

Densidad muros,%	Primer Piso						Segundo Piso					
	En X	% P	%A	En Y	% P	%A	En X	% P	% A	En Y	% P	% A
0	13	28	28				2	22	22	1	11	11
0 – 1	19	40	68				2	22	44	1	11	22
1 – 2	8	17	85	2	4	4	4	45	88			
2 – 3	3	6	94	7	15	19				4	45	67
3 – 4	4	9	100	13	28	47	1	11	100	1	11	78
4 – 5				11	23	70				1	11	89
> 5				14	30	100				1	11	100
Total	47	100%		47	100%		9	100%		9	100%	
promedio densidad muros	1 %			4.50 %			1.15 %			3.50 %		

Tabla 7.4 Densidad de muros en viviendas (Carabayllo)

Densidad muros,%	Primer Piso						Segundo Piso					
	En X	% P	%A	En Y	% P	%A	En X	% P	% A	En Y	% P	% A
0	3	11	11				1	50	50			
0 – 1	9	33	44	1	4	4	1	50	100	1	50	50
1 – 2	8	30	74	1	4	8						
2 – 3	3	11	85	4	15	23				1	50	100
3 – 4				6	22	45						
4 – 5	2	7	93	3	11	56						
> 5	2	7	100	12	44	100						
Total	27	100%		27	100%		2	100%		2	100%	
promedio densidad muros	1.72 %			4.50 %			0.25 %			1.50 %		

Tabla 7.5 Densidad de muros en viviendas (Total)

Densidad muros,%	Primer Piso						Segundo Piso					
	En X	% P	%A	En Y	% P	%A	En X	% P	% A	En Y	% P	% A
0	16	22	22				3	27	27	1	9	9
0 – 1	28	37	59	1	1	1	3	27	54	2	18	27
1 – 2	16	22	81	3	4	5	4	37	91			
2 – 3	6	8	89	11	15	20				1	9	36
3 – 4	4	5	94	19	26	46	1	9	100	4	37	73
4 – 5	2	3	97	14	19	65				1	9	82
> 5	2	3	100	26	35	100				2	18	100
Total	74	100%		74	100%		11	100%		11	100%	
promedio densidad muros	1.30 %			4.50 %			1 %			3.2 %		

X: sentido paralelo a la calle.
 Y: sentido transversal a la calle.
 %P: porcentaje parcial.
 %A: porcentaje acumulado

Las tablas 7.6 para Villa el Salvador, 7.7 para Carabaylo y 7.8 para el Total, resumen la información acerca de la relación entre el área de muros resistente existente en la vivienda Ar y el área de corte mínima (A_m) obtenida para las viviendas encuestadas.

Durante un terremoto las fuerzas sísmicas, sobre las viviendas que no cuentan con muros resistentes en el sentido paralelo a la calle, tendrían que ser soportadas por las columnas de confinamiento, aunque no hayan sido diseñadas para ello. Más del 70% de las viviendas no tienen el área de muros resistente necesario de acuerdo a las exigencias del Reglamento Nacional de Construcciones. Es probable que durante un terremoto este sentido principal de las viviendas resulte con daños mayores.

En el sentido transversal el área de muros resistente existente en la vivienda es mayor al mínimo requerido. En Villa el Salvador más del 95% de las viviendas encuestadas tienen el área de muros resistente mayor al mínimo requerido y lo mismo ocurre en Carabaylo. En más del 85% del total de las viviendas encuestadas se tienen más del doble de área de muros requerido. Esto hace que este sentido principal de la vivienda sea el más seguro. En promedio para el total de la muestra, se tiene que el área de muros resistente existente en la vivienda es casi cuatro veces el área de muros mínima necesaria.

La información de los cuadros verifica que las viviendas son asimétricas en resistencia sísmica en sus dos sentidos principales. Se espera que durante un terremoto las viviendas sufrirían daños mucho mayores en el sentido paralelo a la calle que en el sentido transversal a la calle, en que se encuentran los muros principales.

Tabla 7.6 Relación Ar/Am (Villa el Salvador)

Ar/Am	Primer Piso						Segundo Piso					
	En X	% P	%A	En Y	% P	%A	En X	% P	% A	En Y	% P	% A
0	13	28	28				2	22	22	1	11	11
0 - 1	23	49	77	1	2	2	2	22	44	1	11	22
1 - 2	7	15	92	6	13	15	4	44	88			
2 - 3	3	6	98	18	38	53			88	5	56	78
3 - 4	1	2	100	5	11	64	1	12	100	1	11	89
> 4				17	36	100				1	11	100
Total	47	100%		47	100%		9	100%		9	100%	
Prom. Ar/Am	0.72			3.70			0.80			2.50		

Tabla 7.7 Relación Ar/Am (Carabayllo)

Ar/Am	Primer Piso						Segundo Piso					
	En X	% P	%A	En Y	% P	%A	En X	% P	% A	En Y	% P	% A
0	3	11	22				1	50	50	1	50	50
0 - 1	13	48	59	1	4	4	1	50	100			
1 - 2	6	22	81	3	11	15				1	50	100
2 - 3	1	4	85	9	33	48						
3 - 4	2	7.5	92.5	6	22	70						
> 4	2	7.5	100	8	30	100						
Total	27	100%		27	100%		2	100%		2	100%	
Prom. Ar/Am	1			3.90			0.20			0.95		

Tabla 7.8 Relación Ar/Am (Total)

Ar/Am	Primer Piso						Segundo Piso					
	En X	% P	%A	En Y	% P	%A	En X	% P	% A	En Y	% P	% A
0	16	22	22				3	27	27	2	18	18
0 - 1	36	49	71	2	3	3	3	27	54	1	9	27
1 - 2	13	18	89	9	12	15	4	36	90	1	9	36
2 - 3	4	5	94	27	36	51				5	46	82
3 - 4	3	4	98	11	15	66	1	9	100	1	9	91
> 4	2	3	100	25	34	100				1	9	100
Total	74	100%		74	100%		11	100%		11	100%	
Prom. Ar/Am	1			3.90			0.70			2.20		

X: sentido paralelo a la calle.
 Y: sentido transversal a la calle.
 %P: porcentaje parcial.
 %A: porcentaje acumulado.

7.3.2 Índice de daños sísmicos.

El índice de daños sísmico pretende estimar los posibles deterioros en los muros albañilería de las viviendas por acción de las fuerzas sísmicas paralelas a su plano. El índice toma los siguientes valores: 1 si los muros no sufren daños, 2 si los muros se fisuran y 3 si los muros se agrietan.

Las tablas 7.9 para Villa el Salvador, 7.10 para Carabayllo y 7.11 para el total de la viviendas encuestadas, muestran que después de un terremoto fuerte, el 85% de las viviendas encuestadas en el distrito de Villa el Salvador podrían sufrir daños considerables en el sentido paralelo a la calle (X). Es decir los muros resistentes y tabiques en este sentido de la vivienda serán agrietados y algunas viviendas estarán en peligro de colapsar. En el distrito de Carabayllo, después de un sismo severo, el 70% de las viviendas sufrirán daños severos en el sentido paralelo a la calle. En total, el 79% de las viviendas encuestadas sufrirán daños severos en el sentido paralelo a la calle después de un sismo severo.

En el sentido transversal a la calle (Y), el comportamiento sísmico de las viviendas será adecuado, debido a la alta densidad de muros existentes en esa dirección. En promedio, sólo el 9% de las viviendas encuestadas, sufrirían daños severos en el sentido transversal a la calle después de un terremoto fuerte.

En resumen, los resultados de este trabajo de investigación indican que es probable que después de un terremoto fuerte las viviendas en los distritos de Carabayllo y Villa el Salvador sufrirían daños considerables, sobre todo en los muros y tabiques en el sentido paralelo a la calle, debido a los pocos muros resistentes en ese sentido.

En el reciente libro escrito por el ingeniero Kuroiwa, titulado “Reducción de desastres. Viviendo en armonía con la naturaleza” (Referencia 17) se presenta una actualización de la Fig. 6.4 (Fig. 7.7), en la cual se ha hecho un modificación respecto a la relación entre la densidad de muros en una vivienda y el índice de daños. Sin embargo, esta modificación no afecta mayormente los resultados del análisis del índice de daños sísmicos calculado en este trabajo de investigación.

La nueva formula usando la Fig. 7.7 sería: $\text{Daños} = 0.18 \times \text{Densidad} + 1.85$



Fig. 7.7 Actualización de la Fig. 6.4

Tabla 7.9 Índice de daños sísmicos (Villa el salvador)

Índice daños	Primer Piso						Segundo Piso					
	En X	% P	%A	En Y	% P	%A	En X	% P	% A	En Y	% P	% A
< 1				1	2	2						
1 – 2				16	34	36				3	33	33
2 – 2.5	7	15	15	28	60	96	1	11	11	4	45	78
2.5 – 3	40	85	100	2	4	100	8	89	100	2	22	100
Total	47	100%		47	100%		9	100		9	100%	
Prom. Índice daños	2.74			2.04			2.70			2.22		

Tabla 7.10 Índice de daños sísmicos (Carabayllo)

Índice daños	Primer Piso						Segundo Piso					
	En X	% P	%A	En Y	% P	%A	En X	% P	% A	En Y	% P	% A
< 1				1	4	4						
1 – 2	2	8	8	11	41	45				1	50	50
2 – 2.5	6	22	30	12	44	89	1	50	50	1	50	100
2.5 – 3	19	70	100	3	11	100	1	50	100			
Total	27	100%		27	100%		2	100%		2	100%	
Prom. Índice daños	2.67			2.05			2.88			2.63		

Tabla 7.11 Índice de daños sísmicos (Total)

Índice daños	Primer Piso						Segundo Piso					
	En X	% P	%A	En Y	% P	%A	En X	% P	% A	En Y	% P	% A
< 1				2	3	3						
1 – 2	2	3	3	27	36	39				3	27	27
2 – 2.5	13	18	21	40	54	93	1	9	9	5	46	73
2.5 – 3	59	79	100	5	7	100	10	81	100	3	27	100
Total	74	100%		74	100%		11	100%		11	100%	
Prom. Índice daños	2.67			2.05			2.74			2.30		

X: sentido paralelo a la calle.
Y: Sentido transversal a la calle.

%P: porcentaje parcial
%A: porcentaje acumulado

Índice de daños sísmicos:
1 : sin daños
2 : fisuras
3 : grietas

7.3.3 Estabilidad de muros sin diafragma rígido a fuerzas perpendiculares a su plano.

La estabilidad de muros sin diafragma rígido y sin viga solera a fuerzas perpendiculares a su plano en ambos distritos es muy similar. En Villa el Salvador el 89% (Tabla 7.12) de las viviendas encuestadas tendrán muros inestables durante un terremoto y en Carabaylo el 87% de las viviendas tendrán también muros inestables. El total de viviendas encuestadas con muros inestables son 57, que representa el 88% de viviendas con muros sin diafragma rígido. Al carecer de viga solera, pueden presentar rajaduras o grietas verticales en la parte central superior del muro porque se generan esfuerzos de tracción que son asimiladas por la albañilería.

Tabla 7.12 Estabilidad de muros sin diafragma rígido

Estabilidad de muros	Villa el Salvador		Carabaylo		Total	
	# viviendas	%	# viviendas	%	# viviendas	%
Estables	3	11%	5	13%	8	12%
Inestables	24	89%	33	87%	57	88%
Total	27	100%	38	100%	65	100%

7.3.4 Problemas estructurales observados.

Las viviendas observadas presentan una variedad de problemas respecto a su estructuración. A continuación, se discuten brevemente los principales problemas encontrados:

- **Losas de techo a desnivel.**

Problema es común en zonas con pendientes altas. Como se suele construir viviendas pegadas unas con otras, las losas de techo de viviendas coinciden con la parte central de los muros de sus vecinas. La ubicación vertical de las losas, en la media altura de la casa de abajo, presenta la posibilidad de un mecanismo frágil de falla por ausencia de juntas de separación sísmica (Ref. 3) ,(Fig. 7.8). Cuando un terremoto suceda, las losas de techo pueden punzonar a los muros de las viviendas vecinas y cuando estos se dañen, la vivienda afectada puede perder su estructuración en dirección transversal a la calle, pudiendo llegar a colapsar.



Fig. 7.8 Losas de techo a desnivel

- **Losas de techo no monolítico.**

Generalmente, por carencia de medios económicos, se acostumbra realizar el techado de la vivienda en etapas. Otras veces se llenan las vigas transversales para colocar luego una cobertura provisional (Fig. 7.9), pero, no se suelen dejar llaves de corte en las vigas. Cuando, el techado se realiza en etapas y no se tiene una adecuada adherencia entre losas, es posible que durante un sismo cada etapa de techado se comporte individualmente, causado por la falta de integridad en la vivienda.



Fig. 7.9 Techado en dos etapas.

- **Reducciones bruscas en planta.**

Sólo se encuestaron dos viviendas con reducciones en planta importantes. Los pobladores, a veces, para unir dos etapas de techado, colocan una especie de puentes de losa aligerada (Fig. 7.10). Los extremos de estos “puentes” estarían sometidos, durante un sismo severo, a grandes esfuerzos que producirán rajaduras y grietas. Pero este efecto dependerá de la rigidez y masa de los bloques unidos.

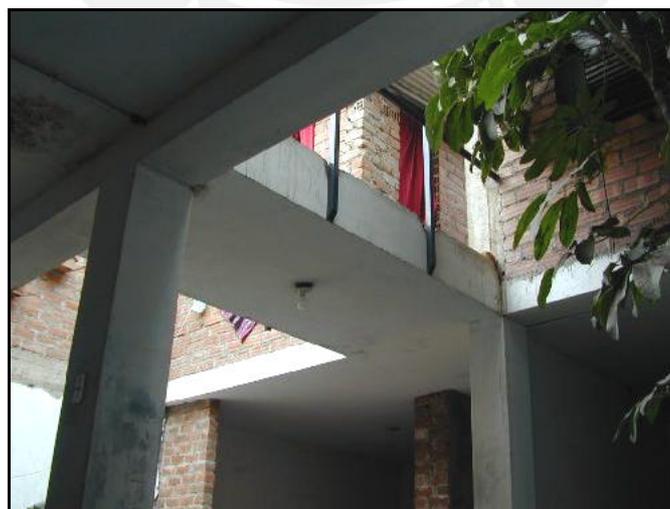


Fig. 7.10 Reducción importante en planta

- **Torsión en planta.**

Este problema se da en las viviendas ubicadas en las esquinas de las manzanas, pues se colocan vanos de ventanas y puertas en los dos frontis (Fig. 7.11) produciendo que estos muros pierdan rigidez. En estas viviendas, la rigidez de la vivienda se concentra en muros de los lados colindantes a los otros lotes. Se encuestaron 6 viviendas con este problema, que representa el 6% del total de viviendas encuestadas.



Fig. 7.11 Vivienda con vanos en sus dos frontis.

- **Tabiquería no confinada sobre los voladizos.**

Todas las viviendas con construcciones en el segundo piso (40% de las viviendas encuestadas), presentaban este problema. Los pobladores acostumbran tener voladizos de los techos. Sobre estos volados se suele construir tabiquería sin arrioste que generalmente es de albañilería tipo pandereta (Fig. 7.12), que durante un sismo severo, puede llegar a fallar y colapsar por volteo.



Fig. 7.12 Tabiquería no confinada.

- **Muros portantes de albañilería tubular.**

El 17% de las viviendas encuestadas tienen muros portantes de albañilería tubular o pandereta en sus segundos pisos y 14% los tendrán después del techado del segundo piso (Fig. 7.13). Se construye con esta albañilería para disminuir el peso de la edificación y por su gran disponibilidad en depósitos de materiales. Los ladrillos tipo pandereta son muy frágiles y su amarre es defectuoso, consecuentemente el muro de albañilería resiste muy poco (Ref. 18).



Fig. 7.13 Futuros muros portantes de albañilería tubular.

7.4 Puntos débiles.

Son zonas débiles en elementos estructurales de la vivienda. Son generados principalmente por muros con aberturas por picado (Fig. 7.14) o remoción de elementos estructurales por razones arquitectónicas (Fig. 7.15). Se encuestaron 4 viviendas con muros picados y 2 con elementos estructurales removidos.



Fig. 7.14 Futuro muro portante con abertura por picado.



Fig. 7.15 Remoción de columna.

7.5 Calidad de la construcción.

La calidad de construcción de la viviendas se clasifica visualmente de modo cualitativo. En la mayoría de las viviendas observadas la calidad de construcción es aceptable . Son pocas las viviendas que tienen una buena calidad de construcción. Las viviendas de deficiente calidad de construcción, están por lo general, construidas de albañilería maciza artesanal con juntas entre ladrillos mayores a 4 cm y mortero débil (Fig. 7.16), que producen muros poco resistentes a fuerzas sísmicas.



Fig. 7.16 Calidad de construcción deficiente.

7.6 Factores que disminuyen la resistencia de elementos estructurales.

Los siguientes son los más observados:

7.6.1 Rajaduras y grietas en muros portantes.

El 16% de las viviendas observadas tienen sus muros con rajaduras o grietas, ocasionadas generalmente por asentamientos del suelo. En Carabayllo, la zona denominada “La Cumbre” presenta un suelo arenoso que al humedecerse produce asentamientos que ocasiona agrietamientos en los muros portantes de las viviendas (Fig. 7.17). Incluso se observaron muros sin carga agrietados. Algunas viviendas de Villa el Salvador también presentan este problema, pero el tipo de suelo arenoso tiene una capacidad portante mayor al suelo en la zona denominada “La cumbre” en el distrito de Carabayllo, no encontrándose muros sin techar rajados.



Fig. 7.17 Muro agrietado.

7.6.2 Humedad en muros.

Este problema se encontró en zonas con pendiente alta. Los vecinos del nivel superior a la vivienda encuestada echan agua al suelo, el cual al humedecerse transmite sus impurezas al muro vecino, que disminuye su resistencia cuando sus unidades de albañilería son destruidas total o parcialmente (Fig. 7.18).



Fig. 7.18 Humedad en muro.

7.6.3 Acero de refuerzo corroído.

La corrosión es la interacción físico-química entre un metal y su medio ambiente, ocasionando modificaciones en las propiedades del metal y una degradación de sus funciones (Norma ISO 8044). Los efectos en elementos de concreto armado son: disminución y transformación del acero en un óxido expansivo que fractura el concreto, así como la disminución en la adherencia entre el acero y el concreto. Este problema se encontró en los dos distritos encuestados. Los aceros corroídos se encontraron en vigas, columnas y techos. En los casos observados, las varillas de acero carecían del recubrimiento necesario, ya sea por el picado del elemento estructural o por el mal proceso constructivo (Fig. 7.19 y 7.20).



Fig. 7.19 Acero corroído en talón de columna.



Fig. 7.20 Acero de viga sin recubrimiento.

Se encontraron 4 viviendas con acero de refuerzo corroído dentro de aligerados. La posible causa de esto es la baja calidad de la mezcla de concreto que no protege al acero del intemperismo (Fig. 7.21).



Fig. 7.21 Acero corroído en aligerado

7.6.4 Mechas de acero a intemperie.

Todas las viviendas encuestadas tienen mechas de acero en las vigas, columnas o aligerado expuestos a la intemperie, sin protección alguna (Fig. 7.22). Estos refuerzos se dejaron para una futura ampliación de la vivienda.



Fig. 7.22 Mechas de acero a intemperie

Debido a que se tomó arbitrariamente el número de viviendas a encuestar y a que estas fueron seleccionadas de acuerdo a la voluntad de colaboración de sus dueños, no se puede determinar el margen de error de este estudio. Al suponer a la encuesta de viviendas realizada como un muestreo aleatorio simple, el margen de error sería de 15% para el distrito de Villa el Salvador y de 5 % para el distrito de Carabayllo. Siendo el margen de error total para esta investigación de 10% (Ref. 19 y 20).

CAPITULO VIII

DIAGNOSTICO PRELIMINAR, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En general, las viviendas autoconstruidas en los distritos de Villa el Salvador y Carabaylo presentan una calidad de construcción mediana. Sin embargo, muchas de las viviendas encuestadas presentan problemas estructurales, que podrían afectar adversamente su desempeño sísmico. Los factores adversos más comunes son las rajaduras en muros, la presencia de eflorescencia que destruye la albañilería y la corrosión del acero de refuerzo en elementos estructurales. Otro problema frecuente se debe a que muchas veces los pobladores, por desconocimiento, construyen sus viviendas en zonas que no son sísmicamente adecuadas, como suelo no consolidado, zonas de gran pendiente, quebradas entre cerros y rellenos.

El sistema estructural de las viviendas autoconstruidas se basa generalmente en muros portantes de albañilería reforzada con vigas y columnas de confinamiento. Muchas veces, sin embargo, los elementos estructurales no están distribuidos de una manera correcta, debido a la falta de orientación técnica de los constructores. En la mayoría de las viviendas la estructura es más fuerte en el sentido perpendicular a la calle, pues tiene una alta densidad de muros en ese sentido. En el sentido paralelo a la calle, sin embargo, la densidad de muros es generalmente insuficiente para ofrecer un adecuada protección sísmica. Por lo tanto, es muy probable que un terremoto fuerte produzca daños importantes en los muros y tabiques orientados en el sentido débil de la vivienda. Otro problema se debe a la proliferación de tabiques o muros sin techar y sin arriostar por una viga solera en su parte superior. Estos elementos son inestables ante fuerzas perpendiculares a su plano y están en peligro de colapsar durante un evento sísmico.

En conjunto, los factores degradantes de la resistencia estructural, los factores antrópicos adversos, y la pobre concepción estructural de las viviendas autoconstruidas, determinan que la mayoría de estas sean vulnerables sísmicamente. Se espera por tanto, que durante un terremoto severo se produzcan grandes daños en muchas viviendas. Es posible que algunas resulten tan afectadas que terminen inhabitables o incluso lleguen a colapsar.

Este trabajo es sólo un primer paso para contribuir a disminuir la vulnerabilidad sísmica de las construcciones informales en zonas sísmicas. Es importante investigar más en este campo, pues el problema de la vivienda en países sísmicos en desarrollo es muy complejo.

Se recomienda completar la base de datos generada en este proyecto, mediante encuestas en más zonas de la región y del país. Luego de un diagnóstico más certero de la vulnerabilidad sísmica de la viviendas autoconstruidas se podría elaborar prácticos con técnicas sencillas y adecuadas de reforzamiento y construcción de viviendas económicas para difundirlas masivamente entre la población. Es imprescindible seguir realizando esfuerzos importantes para disminuir la vulnerabilidad sísmica de la viviendas autoconstruidas actuales para construir viviendas más seguras.

AGRADECIMIENTOS

- A mi asesor Dr. Ing. Marcial Blondet, por su constante apoyo y asesoramiento para la realización de esta tesis.
- A mis padres y hermanos por su constante aliento y apoyo moral durante la elaboración de esta tesis.
- A mi compañero Michael Dueñas, con quien trabajamos juntos hasta el término de las encuestas de las viviendas.
- Al Ing. Angel San Bartolomé por sus constantes asesorías para la elaboración del reporte.
- A la Ing. Carmen Kuroiwa por brindarme el acceso a su biblioteca en su oficina en SENCICO.
- A la Dirección Académica de Investigación de la PUCP, por la financiación de todo el trabajo de recolección de datos.
- A la ONG DESCO y al Arq. Juan Tokeshi Villa el Salvador por contactarnos con líderes de comunidades.
- A las madres del Vaso de Leche en Villa el Salvador y Carabayllo que nos contactaron con los pobladores.
- A la secretaría técnica de defensa civil en el distrito de Carabayllo, por su apoyo en la realización de la encuesta en este distrito.
- A los pobladores de Villa el Salvador y Carabayllo por su buena disposición y colaboración por dejarnos ingresar a sus viviendas. Sin ellos se hubiera podido realizar el trabajo de campo.
- A mi amigo el ingeniero Ramzy Kahhat por su constante apoyo con consejos y sugerencias durante la última etapa de esta tesis.

REFERENCIAS

1. Instituto de transferencia de tecnologías apropiadas para sectores marginales y Consejo nacional de ciencia y tecnología, Tecnologías apropiadas para la autoconstrucción de viviendas, 1993, Perú
2. Pablo Vega Centeno, Autoconstrucción y Reciprocidad. Cultura y solución de problemas urbanos, Instituto de desarrollo urbano, 1992, Perú
3. A. Guzmán, L. Fidel, R. Aniya, B. Zavala, Estudio geotécnico de futuras áreas de expansión urbana entre Lima y Cañete, Instituto geológico minero y metalúrgico, Ministerio de Energía y Minas, 1998, Perú.
4. Richard E. Klingner, Análisis beneficio – costo de la adecuación sísmica de las autoconstrucciones, Seminario 2000. Desastres Sísmicos, 2000, Venezuela
5. Escobal & Suito Consultores, Estudio Técnico UNICON, 2000, Perú.
6. A. San Bartolomé, Construcciones de albañilería – comportamiento sísmico y diseño estructural, 1998, Pontificia Universidad Católica del Perú.
7. A. San Bartolomé, Proyecto de normas técnicas de edificación E-070 – albañilería, Pontificia Universidad Católica del Perú, 1999, Perú.
8. Vinicio Urdaneta, tesis de investigación “Interacción tabique pórtico”, Pontificia Universidad Católica del Perú. 1999, Perú.
9. A. Muñoz, A. San Bartolomé, C. Rodríguez, Fuerzas sísmicas de diseño para edificaciones, Pontificia Universidad Católica del Perú. DI-SIC-2001-01, 2001, Perú.
10. J. Kuroiwa, E. Deza, Hugo Jaén, “Investigation on the Peruvian earthquake of may 31, 1970”, Proceedings, 5ta Conferencia Mundial de Ingeniería Sísmica, Rome, 25 – 29 June 1973, Italia.
11. J. Kuroiwa, J. Kogan, “Repair and strengthening of buildings damaged by earthquakes”, Proceedings, Conferencia Mundial de Ingeniería Sísmica, 1976, Turquía
12. Notas del curso Ingeniería Antisísmica, semestre 1999 – 1, Pontificia Universidad Católica del Perú.
13. Structural Engineers Association of California, Vision 2000 Committee, “A Framework for Performance Based Design”, SEAOC, California, 1995, EEUU.
14. Michelena Repeto y Asociados S.R.L., Ingenieros consultores, Estudio de suelos para el tren eléctrico – sector 01, tramo km 2 + 850 -- 3.00 + 350, Junio 1988, Lima – Perú.

15. Michelena Repeto y Asociados S.R.L. Ingenieros consultores, Estudios de suelos para depósitos del tren eléctrico en Villa el Salvador, 1988, Lima – Perú.
16. Michelena Repeto y Asociados S.R.L. Ingenieros consultores, Estudios de suelos para excavación de zanjas y cimentación de tubería de agua y reservorio en la Av. Túpac Amaru, 1988, Lima – Perú.
17. Julio Kuroiwa, Reducción de desastres. Viviendo en armonía con la naturaleza, Pie de imprenta: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD, 2002, Lima – Perú.
18. Gallegos, Ríos, Casabonne, Uccelli, Icochea, Arango, Construyendo con ladrillo, Instituto de Investigación para la acción en vivienda, 1977, Lima – Perú.
19. César Pérez, Técnicas de muestreo estadístico. Teoría, práctica y aplicaciones informáticas, Alfa - omega, 2000, México.
20. Sharon L. Lohr, Muestreo: diseño y análisis, International Thomson Editores, 1999, México.



BIBLIOGRAFÍA

1. Instituto Nacional de Desarrollo Urbano, Ministerio de Vivienda, 1983, Diagnóstico sobre la vulnerabilidad y riesgo de las áreas críticas de Lima metropolitana del estudio instrumentación técnico legal para la protección sísmica de Lima metropolitana “Plan alfa centauro”, Lima – Perú.
2. Centro de servicios de pedagogía audiovisual para la capacitación, Ministerio de Agricultura, 1983, Diagnóstico: aspectos básicos de la autoconstrucción en pueblos jóvenes de Lima y Callao, Lima – Perú.
3. Instituto Universitario de Desarrollo y Cooperación, 1996, El enfoque de marco lógico (EML): manual para la planificación de proyectos con una orientación hacia objetivos, Universidad Complutense de Madrid, Madrid – España.
4. Earthquake Engineering Research Institute, 2000, El Quindío, Colombia Earthquake. January 25, 1999. Reconnaissance Report an EERI Learning From Earthquakes Project, Oakland, California – USA.
5. Richard E. Klingner, Carlos Casabonne, Angel San Bartolomé, 2001, Curso Internacional “Albañilería Estructural”, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima – Perú.
6. The International association for earthquake engineering, 1986, Guidelines for earthquake resistant non – engineered construction. Revised Edition of “Basic Concepts of Seismic Codes” Vol. I, Part 2, 1980, Tokyo – Japan.
7. F. Lázares La Rosa, 1993, Estudio de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en las ciudades de Ilo, Moquegua y Tacna, Centro peruano – japonés de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres. CISMID. 8^{vo} Simposio Nacional de Prevención de Desastres, Lima – Perú.