

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
VIVIENDAS INFORMALES EN LA CIUDAD DE TRUJILLO**

Tesis para optar el Título de **INGENIERO CIVIL**, que presenta el bachiller:

Johan Edgar Laucata Luna

ASESOR: Dr. Marcial Blondet Saavedra

Lima, junio de 2013

RESUMEN

La investigación genera una metodología simple para determinar el riesgo sísmico de viviendas informales de albañilería confinada en la ciudad de Trujillo. Para ello se ha analizado las características técnicas así como los errores arquitectónicos, constructivos y estructurales de viviendas construidas informalmente.

La mayoría de las viviendas informales carecen de diseño arquitectónico, estructural y se construyen con materiales de baja calidad. Además estas viviendas son construidas generalmente por los mismos pobladores de la zona, quienes no poseen los conocimientos, ni medios económicos necesarios para una buena práctica constructiva.

Para recolectar la información para este trabajo de tesis se encuestaron 30 viviendas en 02 distritos de la ciudad de Trujillo, que se seleccionaron por sus características morfológicas y por la presencia de viviendas informales de albañilería. La información de campo se recolectó en fichas de encuesta, en las que se recopiló datos de ubicación, proceso constructivo, estructuración, y calidad de la construcción. Posteriormente el trabajo de gabinete se procesó la información en fichas de reporte donde se resume las características técnicas, elaborando un análisis sísmico simplificado por medio de la densidad de muros, determinando la vulnerabilidad y peligro y riesgo sísmico de las viviendas encuestadas. Luego con la información obtenida se detalló los principales defectos constructivos encontrados en las viviendas encuestadas.

Los resultados obtenidos contribuyeron a la elaboración de una cartilla para la construcción y mantenimiento de las viviendas de albañilería confinada de la costa peruana, zona de alto peligro sísmico.



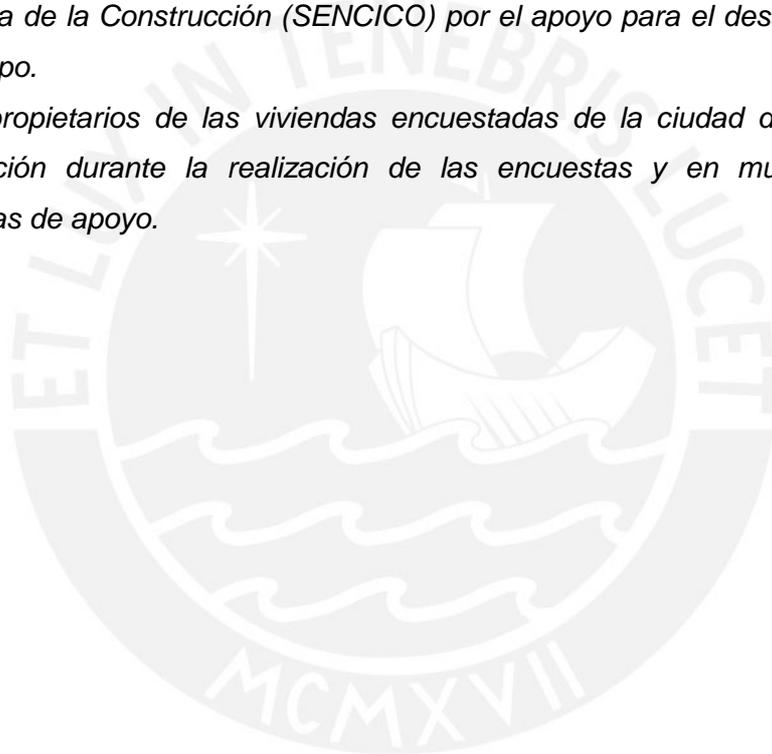
AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Marcial Blondet, mi asesor, por su reiterado apoyo y gran disposición para la culminación de la tesis.

A los profesionales y bachilleres que colaboraron en este proyecto, en especial a Sandra Godenzi por su apoyo durante el trabajo de campo que desarrollamos en conjunto.

Al Servicio Nacional de Normalización, Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción (SENCICO) por el apoyo para el desarrollo del trabajo de campo.

A los propietarios de las viviendas encuestadas de la ciudad de Trujillo, por su disposición durante la realización de las encuestas y en muchos casos sus muestras de apoyo.



DEDICATORIA



A Dios, por todo lo dado.

A mi hijo y esposa, por ser los motores de mi vida.

A mis padres por su constante amor y apoyo.

ÍNDICE

RESUMEN	II
TEMA DE TESIS	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA	V
1. CAPÍTULO I: ANTECEDENTES Y OBJETIVOS	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. OBJETIVOS	6
2. CAPÍTULO II: LA VIVIENDA INFORMAL EN TRUJILLO	7
2.1. INTRODUCCIÓN	7
2.2. PROCESO DE AUTOCONSTRUCCIÓN	8
2.3. DEFINICIONES SOBRE VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA	12
2.4. MATERIALES Y CARACTERÍSTICAS	15
2.5. REQUISITOS ESTRUCTURALES MÍNIMOS	16
2.6. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	20
3. CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DEL TRABAJO	22
3.1. INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA	22
3.2. SELECCIÓN DE ZONAS DE ESTUDIO	23
3.3. FICHA DE TRABAJO	23
3.4. ENCUESTA DE VIVIENDAS	24
3.5. PROCESAMIENTO DE DATOS	24
4. CAPÍTULO IV: FICHA DE ENCUESTA	26
4.1. ALCANCES DE FICHA DE ENCUESTA	26
4.2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA FICHA DE ENCUESTA	26

5. CAPÍTULO V: TRABAJO EN CAMPO	34
5.1. SELECCIÓN DE ZONAS DE ESTUDIO	34
5.2. DESCRIPCIÓN DE ZONAS DE ESTUDIO	35
5.3. ORGANIZACIÓN Y SELECCIÓN DE VIVIENDAS	36
5.4. DIFICULTADES ENCONTRADAS	40
5.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS LADRILLOS ARTESANALES UTILIZADOS EN TRUJILLO	40
6. CAPÍTULO VI: FICHA DE REPORTE	43
6.1. ALCANCES DE LA FICHA DE REPORTE	43
6.2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE FICHA DE REPORTE	43
7. CAPÍTULO VII: RESULTADOS DEL TRABAJO DE CAMPO	59
7.1. PROBLEMAS DE UBICACIÓN DE LA VIVIENDA	59
7.2. ESTRUCTURACIÓN DE VIVIENDAS	62
7.3. PROBLEMAS CONSTRUCTIVOS	66
7.4. MANO DE OBRA	71
7.5. OTROS PROBLEMAS ENCONTRADOS	73
8. CAPÍTULO VIII: DIAGNÓSTICO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA	76
8.1. ANTECEDENTES DE LAS VIVIENDAS	76
8.2. RELACIÓN DEL ÁREA EXISTENTE Y EL ÁREA REQUERIDA	80
9. CAPÍTULO IX: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
9.1. CONCLUSIONES	85
9.2. RECOMENDACIONES	87
BIBLIOGRAFÍA	89

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

1.1. Antecedentes

1.1.1. Introducción

El Perú forma parte del cinturón de fuego del Pacífico, por consiguiente la costa peruana está en una zona de alta actividad tectónica y sísmica. Los terremotos de gran intensidad azotaron en repetidas ocasiones las ciudades ubicadas en esta región. Los sismos más recientes ocurridos en la costa central-norte fueron Chimbote el 31 de mayo de 1970 y en Lima el 03 de octubre de 1974. En definitiva los terremotos de gran intensidad volverán a afectar las ciudades costeras (Kuroiwa 2002).

Es necesario conocer el estado en que se encuentran las viviendas de la región de la costa, especialmente las de mayor riesgo como son las viviendas autoconstruidas. Con los resultados se busca plantear mejoras en su estructuración y proceso constructivo, con el propósito de procurar disminuir la vulnerabilidad sísmica de este tipo de viviendas en el futuro.

La población trujillana se incrementó con el transcurrir de los años, lo cual generó un crecimiento poco controlado y planificado del área urbana. La población con menores recursos frente a su necesidad de vivienda, construye sus viviendas con sus reducidos medios económicos. Esto implica, sin la asesoría técnica profesional adecuada en el proyecto como en la construcción, ni con los materiales de calidad idóneos para sus viviendas. Lo que constituye en su mayoría viviendas de alta vulnerabilidad sísmica, generando un riesgo a los residentes de estas viviendas.

La albañilería de arcilla constituye un material noble, muy económico. Pero de bajo nivel técnico de la construcción, al ejecutarse con una mano de obra poco calificada y materiales de baja calidad (MPT 1995).

1.1.2. Ubicación, extensión y límites del área de estudio

Trujillo se ubica en los trópicos de la costa occidental de América del Sur. Está afectado, como se puede observar en la Fig. 1.1 a continuación, por la subducción de la placa de Nazca y la placa continental sudamericana.

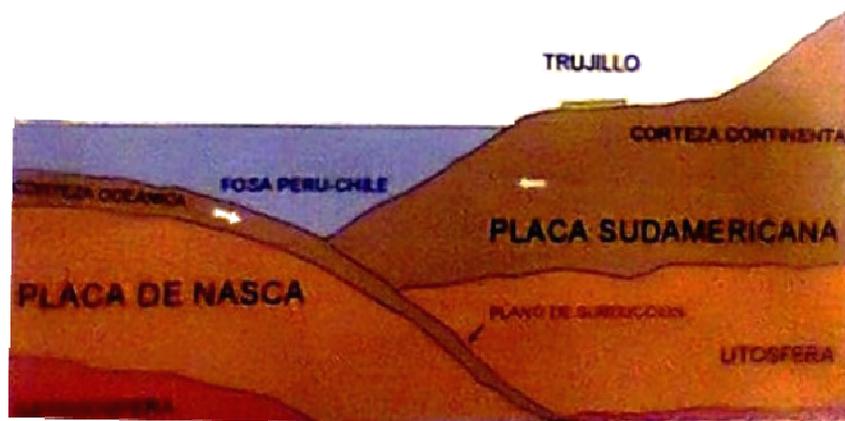


Fig.1.1 Sección tectónica Este-Oeste de Trujillo (Kuroiwa 2002)

Es un área frágil y expuesta a la amenaza constante de episodios sísmicos y de alteraciones climáticas (MPT 2002).

En este contexto se tomó como premisa para seleccionar la zona de estudio los siguientes aspectos:

- a. Predominio de autoconstrucción con albañilería confinada de ladrillo artesanal.
- b. Características topográficas y tipología del suelo representativas de la metrópoli. Según este aspecto se tiene dos morfologías peculiares. La faja costera que se encuentra delimitada por el mar expuesta a la erosión y a la recarga de la napa freática. Y por otro lado los que están emplazados hacia el oriente con presencia de pendientes más pronunciadas. En este último caso expuestas a deslizamientos o cercanía a cauces de ríos. Durante gran parte del año estos cauces se encuentran secos y son explotados como canteras. Sin embargo están expuestas a inundaciones propias del fenómeno del Niño.



Fig. 1.2 Mapa de la provincia de Trujillo

Finalmente para definir el área de estudio, se optó por visitar la ciudad de Trujillo con la participación de SENCICO – Trujillo. Se visitó sus diferentes distritos, se seleccionó el área de estudio considerando los aspectos ya enunciados. Los distritos seleccionados fueron: El Porvenir y Víctor Larco Herrera, por su mayor vulnerabilidad frente a la presencia de un sismo (Fig. 1.2).

1.1.3. Población, características socioeconómicas y culturales

a. Población

A nivel nacional, el Perú tiene una población de 27'412,157 habitantes (INEI 2007). El 54,6% de esta población se encuentra asentada en la costa con una tendencia creciente. Por lo tanto la necesidad de vivienda también tiene esta tendencia. A continuación la Tabla 1.1 de las ciudades con más habitantes de Perú.

Tabla 1.1 Ciudades con 20,000 y más habitantes según tamaño (INEI 2011)

N°	TIPO DE CIUDADES	POBLACIÓN 2007	N°	TIPO DE CIUDADES	POBLACIÓN 2007	N°	TIPO DE CIUDADES	POBLACIÓN 2007
I.	CIUDADES METROPOLITANAS	8 486 866	28	ILO	63 030	58	BAGUA GRANDE	25 930
1	LIMA	8 486 866	29	PISCO	61 972	59	CASMA	24 842
II.	CIUDADES GRANDES	2 040 726	30	CERRO DE PASCO	61 046	60	YAURI (ESPINAR)	23 867
2	AREQUIPA	805 150	31	PUERTO MALDONADO	56 382	61	JUANJUI	23 441
3	TRUJILLO	709 566	32	BARRANCA	53 964	62	SECHURA	23 250
4	CHICLAYO	526 010	33	ABANCAY	51 462	63	CHACHAPOYAS	23 202
III.	CIUDADES INTERMEDIAS MAYORES	3 894 167	34	MOQUEGUA	50 799	64	TUMAN	22 886
5	PIURA	421 646	V.	CIUDADES PEQUEÑAS	1 320 301	65	MALA	22 873
6	QUITO	360 314	35	TINGO MARIA	48 361	66	MOLLENDO	22 789
7	CUSCO	348 935	36	LAMBAYEQUE	48 273	67	LAREDO	22 557
8	HUANCAYO	336 349	37	YURIMAGUAS	45 348	68	MONSEFU	22 165
9	CHIMBOTE	320 240	38	ANDAHUAYLAS	43 828	69	REQUENA	22 055
10	PUCALLPA	270 780	39	FERRÑAFE	42 905	70	SUPE PUERTO	22 033
11	TACNA	242 451	40	BAJO PICHANAQUI	41 650	71	SATIPO	21 894
12	ICA	227 552	41	SICUANI	41 352	72	LA MERCED	21 885
13	JULIACA	216 716	42	TARMA	40 060	73	ILAVE	21 127
14	SULLANA	170 302	43	HUANCAVELICA	40 004	74	PARAMONGA	21 016
15	CAJAMARCA	161 215	44	LA ARENA	39 263	75	BAGUA	21 000
16	CHINCHA ALTA	153 596	45	MOYOBAMBA	39 250	76	GUADALUPE	20 605
17	AYACUCHO	149 391	46	CHEPEN	36 770	77	TAMBO GRANDE	20 194
18	HUANUCO	146 750	47	CHULUCANAS	36 613	78	CASA GRANDE	20 076
19	HUACHO	133 642	48	NAZCA	33 940	79	EL PEDREGAL	20 063
20	PUNO	119 116	49	CHANCA Y	32 312			
21	TARAPOTO	115 168	50	IMPERIAL	29 457			
IV.	CIUDADES INTERMEDIAS MENORES	876 017	51	LA OROYA	29 417			
22	HUARAZ	99 462	52	HUAMACHUCO	28 330			
23	TUMBES	91 365	53	JAJAJA	27 980			
24	TALARA	83 743	54	SAN VICENTE DE CAÑETE	26 730			
25	HUARAL	71 829	55	QUILLABAMBA	26 573			
26	PAITA	66 584	56	PACASMAYO	26 105			
27	JAÉN	64 379	57	HUANTA	26 026			
							TOTAL	16 618 077

FUENTE: INEI.- Censo de Población y Vivienda. 2007.
ELABORACIÓN: Consultoría

El departamento de La Libertad con 1'617,050 habitantes figura como el tercer departamento con mayor población a nivel nacional. La Provincia de Trujillo posee 811,979 habitantes (ver Tabla 1.2). La ciudad de Trujillo se ubica como la tercera ciudad a nivel nacional con mayor población (INEI 2011) cantidad superada sólo por Lima y Arequipa. Su densidad poblacional es 459.1 Hab./km² para la provincia de Trujillo (ODEI LA LIBERTAD 2010). La tasa de crecimiento registrada en el periodo intercensal 1993-2007 es de 2.2%, tasa muy elevada, superior a la tasa nacional que es de 1.6%. (INEI 2011)

Considerando la tasa de crecimiento del último periodo intercensal se ha estimado que la población de Trujillo en el 2009 sea 831,388 habitantes. Si se mantienen las características actuales de la densidad en razón de 493 hab./km², significaría un incremento de la demanda de áreas de expansión urbana. Lo que significa una presión extrema sobre los terrenos disponibles.

La población de la provincia de Trujillo por distritos en la Tabla 1.2:

Tabla 1.2 Población de los distritos de la provincia de Trujillo (INEI 2007)

Distrito	Población(hab.)
Trujillo	294,899
El Porvenir	140,507
Florencia de Mora	40,014
Huanchaco	44,806
La Esperanza	151,845
Laredo	32,825
Moche	29,727
Poroto	3,601
Salaverry	13,892
Simbal	4,082
Víctor Larco Herrera	55,781
Total	811,979

b. Características Socioeconómicas

La población económicamente activa provincial de Trujillo en 2007 se estima en 329,463 habitantes. Su distribución se puede observar a continuación en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3 Población económicamente activa (INEI 2007)

Distrito	PEA (6 años a más)		
	Ocupado	Desocupado	Total
Trujillo	118,916	4,897	123,813
El Porvenir	53,958	2,289	56,247
Florencia de Mora	15,943	687	16,630
Huanchaco	17,344	609	17,953
La Esperanza	56,420	2,394	58,814
Laredo	12,041	564	12,605
Moche	11,461	466	11,927
Poroto	1,331	47	1,378
Salaverry	4,642	236	4,878
Simbal	1,339	102	1,441
Víctor Larco Herrera	22,834	943	23,777
Total	316,229	13,234	329,463
	96.0%	4.0%	100.0%

El 96% de esta PEA (316,229 hab.) trabaja y el 4% (13,234 hab.) está en condición de PEA desocupada. En los últimos años, la tasa de empleo se incrementó por la participación del sector informal, comercial e industrial. Sobre todo a nivel de la microempresa o empresas con menos de 5 personas ocupadas. En 2007 de la PEA ocupada, un 14% con 44,409 habitantes laboran en la rama de comercio por mayor

y menor, e industrias manufactureras. Así mismo, es significativo la PEA ocupada en construcción; que hace un total de 23,928 personas representa el 7.6% del total del PEA ocupada. Este conjunto de actividades económicas continúan creciendo significativamente en el Área Metropolitana, adquiriendo alcance macro regional. (ODEI LA LIBERTAD 2010)

Desde 1980 a la fecha, el crecimiento metropolitano de Trujillo presenta un cambio sustancial en su estructura urbana. Se ha adquirido la dimensión y comportamiento de una metrópoli dinámica. Está conformada por un conjunto de asentamientos humanos, dominados por la presencia del gran centro urbano de Trujillo. Cumple las funciones de metrópoli, industrial, comercial, financiero, administrativo y de servicios. Se consolida como capital administrativa del norte del Perú y de centro cultural regional. (MPT 2002)

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

El objetivo general es contribuir en la disminución de la vulnerabilidad sísmica en las viviendas informales de albañilería confinada en el Perú. Esto involucra conocer las características de las viviendas informales, realizar un análisis de la vulnerabilidad sísmica. Y finalmente proporcionar una solución para mitigar el riesgo sísmico de las viviendas informales de albañilería confinada.

1.2.2. Objetivos Específicos

- a. Identificar los sistemas constructivos de mayor utilización en la construcción de viviendas informales en Trujillo.
- b. Elaborar formularios para la evaluación de las condiciones de vulnerabilidad de las viviendas de Trujillo en función de los distintos materiales característicos de la ciudad.
- c. Evaluar la vulnerabilidad sísmica de unas 30 viviendas informales en Trujillo.
- d. Estimar el riesgo sísmico de unas 30 viviendas informales en Trujillo.
- e. Elaborar recomendaciones para la construcción, reforzamiento y rehabilitación de viviendas autoconstruidas en Trujillo.

Se debe previamente visitar la ciudad de Trujillo y contactar con personal técnico que proporcione información de los sistemas constructivos y la vivienda informal. Además desarrollar estrategias para lograr acceder a la información de los propietarios de unas 30 viviendas.

CAPÍTULO II: LA VIVIENDA INFORMAL EN TRUJILLO

2.1. Introducción

La autoconstrucción se convirtió habitual en los diversos sectores sociales y especialmente en la población con recursos económicos limitados. Este hecho no sólo acontece en el Perú, sino que es propio de muchos países en vías de desarrollo. Los propietarios recurren a la informalidad, edificando con: materiales inadecuados, sin dirección técnica y sin emplear los reglamentos de edificación nacionales.

Las viviendas informales tienen serias deficiencias: estructurales, arquitectónicas y constructivas, que las hacen vulnerables a los fenómenos naturales locales. La informalidad es producto de las carencias económicas, la idiosincrasia de los propietarios y la necesidad de vivienda. Son los dueños de las viviendas quienes optan por la ilegalidad esto sucede en todo el país y Trujillo no es la excepción. Se encuentra con frecuencia viviendas autoconstruidas con materiales de desecho o descartables como son: el cartón, esteras, latas, mantas de polímero, etc. Además se utiliza materiales inadecuados como: adobe artesanal, ladrillo crudo o cocido irregularmente.

Los gobiernos de turno en su afán de solucionar el problema de déficit de vivienda fomentan la autoconstrucción “asistida”. Esta medida es reproducida de otros países, sin embargo por la alta demanda resulta incontrolable y con déficit de asistencia técnica. Esta situación sigue aconteciendo en la actualidad con los financiamientos otorgados por el Ministerio de Vivienda (anteriormente otorgados por el recientemente liquidado Banco de Materiales- BANMAT). Los beneficiarios tratan de cumplir las exigencias técnicas que les plantea la entidad financiadora, como disponer de planos y especificaciones. Sin embargo el profesional encargado de la supervisión técnica está sobrecargado. Esto genera que muchas veces no llegue a realizar una sola visita técnica al lugar de la obra. Si bien es cierto se forzó al propietario a cumplir con las exigencias técnicas “impuestas”, pero no se ejecutan en su verdadera dimensión en la obra.

El sistema de autoconstrucción, al faltar asesoría técnica, adquiere su dinámica propia que supera todas las barreras formales. Y si a esto se agrega la falta de promoción y financiamiento, se genera que el proceso de construcción de vivienda sea totalmente informal. Se debe notar que las viviendas con financiamiento tienen matiz de formal pero en el fondo están enraizadas en la informalidad.

La población rural, especialmente de la sierra y selva tiende a migrar a las urbes costeñas, según información del INEI de los censos de los años 1993 y 2007. Este fenómeno fue intenso durante la época del terrorismo y a la fecha se mantiene. Esto debido a que la agricultura y ganadería propia del campo resulta agreste y genera pocas oportunidades de desarrollo. Los gobiernos de turno han intentado frenar este fenómeno otorgando incentivos, logrando reducirlo mínimamente. Esto dio lugar que las ciudades de la costa como Trujillo presenten problemas de déficit de viviendas, generando un incremento descomunal en la autoconstrucción.

2.2. Proceso de autoconstrucción

El poblador con requerimiento de vivienda, generalmente de escasos recursos económicos, se ingenia para conseguir un terreno en los pueblos jóvenes o asentamientos humanos. Luego para lograr su vivienda, emplea sus tiempos libres, consiguiendo su objetivo en numerosas etapas y en periodos de plazo muy variables. Dependiendo de su economía, utiliza la mano de obra a su alcance generalmente de escasa destreza. Usualmente el desenvolvimiento de la autoconstrucción es como sigue:

2.2.1. Toma de posición del terreno con viviendas provisionales

a. Ocupación, lotización y habitación en viviendas provisionales

Ocurrida la ocupación del lote, por lo general la familia en su conjunto procede a realizar los trabajos de nivelación. Ver la Fig. 2.1.



Fig. 2.1 Ocupación del terreno y habilitación viviendas provisionales

Luego para su demarcación normalmente buscan la asistencia de un entendido en el tema. Esta delimitación lo realizan con estacas y el trazado con: yeso, greda de color y piedras. Seguidamente construyen minúsculas viviendas rústicas “chozas” haciendo uso de esteras, piedras, polímeros (mantas de plástico), madera u otro material. Generalmente optan por cercar con piedras sobrepuestas. Inmediatamente después se habita el lote enmarcado y este se mantiene generalmente ocupado durante todo el proceso de construcción.

b. Construcción de la cimentación y armado de columnas

Teniendo como referencia el trazado previo proceden a la excavación de zanjas para la cimentación. Ver la imagen de la Fig. 2.2 de una cimentación de una columna.



Fig. 2.2 Zapata y columna armada

Su mayor dificultad es el nivelado, porque en lo concerniente a la profundidad de la excavación esto está a libre potestad del propietario. Quizás se busque la opinión de un maestro de obra si hubiera u otro obrero. En el armado de columnas se hace necesaria la participación de un especialista, porque el llenado de las zanjas les es más sencillo. Por lo general lo realizan con concreto ciclópeo, aunque algunos dueños utilizan concreto armado.

c. Construcción de muros y llenado de columnas

En esta actividad se prioriza los muros de la fachada. Durante esta etapa interviene: un obrero multifacético “maestro de obra”, quien se desempeña como albañil, carpintero encofrador, enfierrador. En otro caso se contratan un albañil y un encofrador. Ambos realizan los trabajos de asentado de los ladrillos y prosiguen con el vaciado de las columnas aun cuando en muchos casos son etapas discontinuas. Se puede ver en la figura 2.3 este muro de fachada con sus columnas.



Fig. 2.3 Armado de muros de fachada con columnas

Estos trabajos precisan de mayor conocimiento técnico que las actividades anteriores. Se tiene que nivelar el asentado de los ladrillos en los muros, preparar mortero, armar y desarmar los encofrados, preparar el concreto. También esta etapa algunas veces involucra la construcción de dinteles y vigas soleras. Se culmina con la colocación de un techo liviano, cuyo material puede ser: esteras, caña chancada con torta de barro y/o poliuretano, calaminas o policarbonato.

d. Construcción del techo y vaciado

Esta etapa normalmente es distante en tiempo de las anteriores, pudiendo fácilmente superar el lustro o la década o simplemente quedarse con el techo liviano. Esto principalmente por la carencia económica del propietario y la mayor inversión económica que significa esta fase. La siguiente imagen Fig. 2.4 es preparado de una losa para el vaciado.



Fig. 2.4 Preparado de la losa aligerada para su vaciado

El propietario necesita dotarse de los agregados, el cemento, agua para el concreto, el acero de refuerzo, y madera para el encofrado. Algunas veces mezcladora de concreto y recursos para la contratación de personal para encofrado y armado así como el propio vaciado del concreto. Finalmente el tradicional festejo entre otros.

e. Construcción de muros en el segundo piso

Generalmente antes de levantar los muros del segundo nivel proceden a tarrajar los muros exteriores y algunos muros interiores. En especial los muros correspondientes a las áreas sociales (sala, comedor). La construcción del segundo nivel se repite las etapas del primer nivel, lógicamente desde el levantamiento de muros. Los muros se levantan por etapas, es usual observar muros sin ningún tipo de confinamiento o arriostre por lapsos de tiempo prolongados.

En la Figura 2.5 a continuación se puede observar la construcción de muros en un segundo piso, con el primer piso ya habitado y de igual forma se observa las viviendas vecinas con etapas similares.



Fig. 2.5 Retomando la construcción de un segundo piso

El tiempo que demanda la autoconstrucción de sus viviendas es variable. Puede fluctuar fácilmente en lapsos inferiores a un año como pueden durar 20 años, dependiendo de la capacidad de ahorro de la familia. Los nuevos sistemas de endeudamiento por medio de agentes hipotecarios permiten acceder al crédito, si se tiene formalizado la titularidad del terreno. Anteriormente se ocupaba el ex-Banco de materiales de proporcionar estos créditos. En otros casos resulta difícil acreditar el ingreso familiar porque se dedican a actividades como el comercio informal de artesanías, confección de calzado, etc.

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. Mientras otras más afortunadas techan sus viviendas antes del año de establecerse en el terreno.

2.3. Definiciones sobre viviendas de albañilería

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

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

- b. Albañilería armada:** Albañilería reforzada interiormente con varillas de acero distribuidas vertical y horizontalmente e integrada mediante concreto líquido, de tal manera que los diferentes componentes actúen conjuntamente para resistir los esfuerzos. A los muros de Albañilería Armada también se les denomina Muros Armados.
- c. Albañilería confinada:** Albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. La cimentación de concreto se considerará como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel.
- d. Albañilería no reforzada:** Albañilería sin refuerzo (Albañilería Simple) o con refuerzo que no cumple con los requisitos mínimos de esta Norma.
- e. Albañilería reforzada o albañilería estructural:** Albañilería armada o confinada, cuyo refuerzo cumple con las exigencias de esta Norma.
- f. Altura efectiva:** Distancia libre vertical que existe entre elementos horizontales de arriostre. Para los muros que carecen de arriostres en su parte superior, la altura efectiva se considerará como el doble de su altura real.
- g. Arriostre:** Elemento de refuerzo (horizontal o vertical) o muro transversal que cumple la función de proveer estabilidad y resistencia a los muros portantes y no portantes sujetos a cargas perpendiculares a su plano.
- h. Borde libre:** Extremo horizontal o vertical no arriostrado de un muro.
- i. Concreto Líquido o grout:** Concreto con o sin agregado grueso, de consistencia fluida.
- j. Columna:** Elemento de concreto armado diseñado y construido con el propósito de transmitir cargas horizontales y verticales a la cimentación. La columna puede funcionar simultáneamente como arriostre o como confinamiento.
- k. Confinamiento:** Conjunto de elementos de concreto armado, horizontales y verticales, cuya función es la de proveer ductilidad a un muro portante.

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

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

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

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

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

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

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

s. Placa: Muro portante de concreto armado, diseñado de acuerdo a las especificaciones de la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado.

t. Plancha: Elemento perforado de acero colocado en las hiladas de los extremos libres de los muros de albañilería armada para proveerles ductilidad.

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

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

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

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

y. Unidad de albañilería hueca: Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

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

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

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

2.4. Materiales y características

La albañilería confinada es el sistema más utilizado en la ciudad de Trujillo, por lo tanto se hará el estudio de los materiales que lo conforman. La diversidad de materiales (concreto, acero, ladrillo y mortero) que componen los muros confinados, genera un comportamiento muy complejo de analizar. Por lo tanto, el comportamiento ideal queda sujeto a observaciones experimentales. Tomando como base los experimentos realizados en la PUCP, la norma de Albañilería E.070 y el ININVI se obtienen algunos valores para las unidades de albañilería. Según la Tabla 2.1 a continuación:

Tabla 2.1 Resistencia de la albañilería (numeral 13.9 NTE E.070)

TABLA 9 (**) RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg / cm ²)				
Materia Prima	Denominación	UNIDAD f_b	PILAS f_m	MURETES v_m
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

(*) Utilizados para la construcción de Muros Armados.

(**) El valor f_b se proporciona sobre área bruta en unidades vacías (sin grout), mientras que las celdas de las pilas y muretes están totalmente rellenas con grout de $f_c = 13,72 \text{ MPa}$ (140 kg/cm²). El valor f_m ha sido obtenido contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en la Tabla 10.

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

- Unidades de arcilla: $E_m = 500 f'_m$
- Unidades Sílico-calcáreas: $E_m = 600 f'_m$
- Unidades de concreto vibrado: $E_m = 700 f'_m$
- Para todo tipo de unidad de albañilería: $G_m = 0.4 E_m$

Opcionalmente, los valores de E_m y G_m podrán calcularse experimentalmente según se especifica el artículo 13 de NTE E.070.

2.5. Requisitos estructurales mínimos

Según el capítulo 7 de NTE E.070. (MVCS 2006)

2.5.1. Requisitos generales

Esta Sección será aplicada tanto a los edificios compuestos por muros de albañilería armada como confinada.

2.5.2. Muro portante

a. Espesor Efectivo “t”

El espesor efectivo (ver 2.3.13) mínimo será:

$$t \geq \frac{h}{20} \text{ Para zonas sísmicas 2 y 3.}$$

$$t \geq \frac{h}{25} \text{ Para zona sísmica 1.} \quad (2.1)$$

Donde “h” es la altura libre entre los elementos de arriostre horizontales o la altura efectiva de pandeo (ver 2.3.6).

b. Esfuerzo Axial Máximo

El esfuerzo axial máximo (σ_m) producido por la carga de gravedad máxima de servicio (P_m), incluyendo el 100% de sobrecarga, será inferior a:

$$\sigma_m = \frac{P_m}{Lt} \leq 0.2f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right] \leq 0.15f'_m \quad (2.2)$$

Donde “L” es la longitud total del muro (incluyendo el peralte de las columnas para el caso de los muros confinados). De no cumplirse esta expresión habrá que mejorar la calidad de la albañilería (f'_m), aumentar el espesor del muro, transformarlo en concreto armado, o ver la manera de reducir la magnitud de la carga axial “ P_m ” (*).

(*) La carga axial actuante en un muro puede reducirse, por ejemplo, utilizando losas de techo macizas o aligeradas armadas en dos direcciones.

c. Aplastamiento

Cuando existan cargas de gravedad concentradas que actúen en el plano de la albañilería, el esfuerzo axial de servicio producido por dicha carga no deberá sobrepasar a $0,375 f'_m$. En estos casos, para determinar el área de compresión se considerará un ancho efectivo igual al ancho sobre el cual actúa la carga concentrada más dos veces el espesor efectivo del muro medido a cada lado de la carga concentrada.

2.5.3. Estructuración en planta

a. Muros a Reforzar

En las Zonas Sísmicas 2 y 3 (ver la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente (NTE E.030)) se reforzará cualquier muro portante (ver art. 17 NTE E.070) que lleve el 10% ó más de la fuerza sísmica, y a los muros perimetrales

de cierre. En la Zona Sísmica 1 se reforzarán como mínimo los muros perimetrales de cierre.

b. Densidad Mínima de Muros Reforzados

La densidad mínima de muros portantes (ver art. 17 NTE E.070) a reforzar en cada dirección del edificio se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Area de corte de los muros reforzados}}{\text{Area de la planta típica}} = \frac{\sum L t}{A_p} \geq \frac{Z U S N}{56} \quad (2.3)$$

Donde: “Z”, “U” y “S” corresponden a los factores de zona sísmica, importancia y de suelo, respectivamente, especificados en la NTE E.030.

“N” es el número de pisos del edificio,

“L” es la longitud total del muro (incluyendo columnas, si existiesen) y “t” es el espesor efectivo del muro

De no cumplirse la ecuación (2.3), podrá cambiarse el espesor de algunos de los muros, o agregarse placas de concreto armado, en cuyo caso, para hacer uso de la fórmula, deberá amplificarse el espesor real de la placa por la relación E_c/E_m , donde E_c y E_m son los módulos de elasticidad del concreto y de la albañilería, respectivamente.

2.5.4. Albañilería confinada

Adicionalmente a los requisitos especificados en 2.5.2 y 2.5.3, deberá cumplirse lo siguiente:

- a. Se considerará como muro portante confinado, aquél que cumpla las siguientes condiciones:
 - Que quede enmarcado en sus cuatro lados por elementos de concreto armado verticales (columnas) y horizontales (vigas soleras), aceptándose la cimentación de concreto como elemento de confinamiento horizontal para el caso de los muros ubicados en el primer piso.
 - Que la distancia máxima centro a centro entre las columnas de confinamiento sea dos veces la distancia entre los elementos horizontales de refuerzo y no mayor que 5 m. De cumplirse esta condición, así como de emplearse el espesor mínimo especificado en la ecuación (2.1), la albañilería no necesitará ser diseñada ante acciones sísmicas ortogonales a su plano, excepto cuando exista excentricidad de la carga vertical (ver el Capítulo 10 NTE E.070).

- Que se utilice unidades de acuerdo a lo especificado en artículo 5 (5.3) de NTE E.070.
- Que todos los empalmes y anclajes de la armadura desarrollen plena capacidad a la tracción. (Ver Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado (NTE E.060) y artículo 11 (11.5) NTE E.070).
- Que los elementos de confinamiento funcionen integralmente con la albañilería. Ver artículo 11 (11.2 y 11.7) NTE E.070.
- Que se utilice en los elementos de confinamiento, concreto con:

$$f'_{c2} \geq 171.5 \text{ MPa} (175 \text{ kg/cm}^2) \quad (2.4)$$

- Se asumirá que el paño de albañilería simple (sin armadura interior) no soporta acciones de punzonamiento causadas por cargas concentradas. Ver 9.1.2. NTE E.070
- El espesor mínimo de las columnas y solera será igual al espesor efectivo del muro.
- El peralte mínimo de la viga solera será igual al espesor de la losa de techo.
- El peralte mínimo de la columna de confinamiento será de 15 cm. En el caso que se discontinúen las vigas soleras, por la presencia de ductos en la losa del techo o porque el muro llega a un límite de propiedad, el peralte mínimo de la columna de confinamiento respectiva deberá ser suficiente como para permitir el anclaje de la parte recta del refuerzo longitudinal existente en la viga solera más el recubrimiento respectivo (ver artículo 11.10 NTE E.070).
- Cuando se utilice refuerzo horizontal en los muros confinados, las varillas de refuerzo penetrarán en las columnas de confinamiento por lo menos 12,50 cm. y terminarán en gancho a 90°, vertical de 10cm de longitud (MVCS 2006).

2.5.5. Muros estructurales

Los muros son elementos resistentes muy empleados en la construcción para soportar cualquier tipo de cargas. Son una obra de fábrica, que pueden construirse de tapial, piedra, ladrillo, concreto o concreto armado. Estos se utilizan para contener tierras, agua, servir de elemento de apoyo o cerramiento de cualquier construcción. Su forma depende en gran parte de los esfuerzos que deben resistir, forma de ejecución y materiales empleados en su construcción.

El muro de piedra natural o artificial, llamado de mampostería, recibe denominaciones diferentes. Según la forma de la piedra, el labrado de sus caras y las diferentes posiciones en la colocación. Por ejemplo: mampostería de lajas, mampostería de cantos rodados y mampostería regular. Se empleó en un principio

a los muros de piedra, como elementos portantes. Esto debido a su gran resistencia mecánica y buenas propiedades para contrarrestar la acción de los agentes atmosféricos. El hombre empleó este sistema para satisfacer sus necesidades de vivienda en la antigüedad.

2.5.6. Mortero

El mortero a emplear debe ser trabajable, para lo cual deberá usarse la máxima cantidad de agua posible (se recomienda un slump de 6 pulgadas medido en el cono de Abrams). Se debe evitar la segregación de tal manera que no se aplaste con el peso de las hiladas superiores (San Bartolomé 1998).

2.6. Procedimiento constructivo

Según el libro Análisis, Diseño y Construcción en Albañilería del Ing. Arango, el procedimiento constructivo debe considerarse lo siguiente: el espesor recomendable de las hiladas por adhesión, para condiciones normales de asentado está entre 9 y 12 mm. Este debe ocurrir en la junta sobre la unidad más grande. El espesor exacto de la junta se precisará en función de calibrar la altura de las hiladas, para que sean submúltiplos de la altura del muro. Son inaceptables, juntas de mortero excesivas porque reducen la resistencia a la compresión y al corte de la albañilería. Tampoco lo son aquellas insignificantes, porque reducen la resistencia a la tracción.

Toda unidad de albañilería es absorbente. Esta característica, para fines del asentado de unidades, se mide con la propiedad llamada succión, que es la velocidad inicial de absorción en la cara de asiento de la unidad. La succión es necesaria para lograr el íntimo contacto del mortero con la unidad de albañilería. Sin embargo, cuando es excesiva se controlará mediante el humedecimiento previo al asentado de la unidad de albañilería, de lo contrario, causará efectos negativos.

El arte de asentar unidades consiste en estrechar al máximo el contacto tanto horizontal como vertical de la unidad con el mortero y uniformizar dicho contacto en todas las interfaces mortero-unidad.

Los muros deben construirse a plomo y en línea, asentando como máximo hasta la mitad de la altura del entrepiso o 1.2 m en una jornada de trabajo.

Los muros tienen una estabilidad precaria y una resistencia a la tracción muy reducida. En consecuencia, no deben someterlos a golpes o vibraciones y tampoco servir a otros procesos constructivos como los puntales de encofrado.

No es permisible romper o picar los muros, salvo que exista indicación expresa autorizando esta operación en el proyecto. Pues lo que se está haciendo es romper un elemento estructural y crear planos debilitados que limitan la resistencia del muro. Esta rotura se hace principalmente con el propósito de alojar tubos para instalaciones eléctricas o sanitarias (Arango 2002).

Para lograr un buen arriostramiento con las columnas, los dientes en los muros deben tener una longitud máxima de 5 cm. Las pequeñas dimensiones de las columnas, los ganchos de los estribos y su conexión dentada de albañilería, hacen que el concreto deba tener un alto revenimiento (se recomienda un slump de 5"). Además se debe utilizar piedras con tamaños menores de $\frac{1}{2}$ ", con una buena técnica de vibración o de chuceo. La finalidad de estas recomendaciones es que el concreto pueda discurrir llenando todos los intersticios. Así evitar la formación de cangrejas, las que pueden disminuir al corte del muro hasta en 50% (San Bartolomé 1998).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DEL TRABAJO

Este capítulo se refiere a la investigación que se realizó en la ciudad de Trujillo a 30 viviendas autoconstruidas. Se eligieron dos distritos distanciados entre sí. El primer distrito es Víctor Larco que está cercano al mar y el otro El Porvenir, cerca de los inicios de la sierra, cercano al lecho del río Seco. En estas viviendas se recopiló las características respecto a su ubicación, configuración estructural y proceso constructivo. Además otros aspectos relevantes si se pretende evaluar su vulnerabilidad y los daños que se podrían suscitar frente a un sismo de gran magnitud.

Para la consecución de los objetivos planeados de esta investigación se utilizó la siguiente metodología:

3.1. Investigación bibliográfica

Se optó por recopilar la información bibliográfica para ampliar conocimientos generales sobre la autoconstrucción, vulnerabilidad sísmica, peligro, riesgo sísmico y temas afines. Se recolectó y estudió libros y documentos que tratan sobre este tema. Se buscó información en las bibliotecas de la Pontificia Universidad Católica del Perú, SENCICO, Universidad Nacional de Ingeniería. Se consultó del Laboratorio de Geotecnia del Centro Peruano – Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres de la UNI, en donde se obtuvo la información referente a la litología del suelo. Además se revisó información del Instituto Nacional de Estadística del Perú, páginas web y otras.

Los libros y documentos consultados, se encuentran detallados en la bibliografía y referencias presentadas al final de esta investigación. Con esta información, se efectuó el planteamiento para el inicio de la recolección de datos en las viviendas.

3.2. Selección de zonas de estudio

Para la selección de las zonas de estudio se recurrió al plano metropolitano de Trujillo, donde se intentó ubicar zonas de diferente naturaleza, tipologías del suelo y topografía. Es así que se ubicó al distrito El Porvenir con las mayores pendientes y el segundo distrito con la mayor densidad poblacional. Y el otro distrito Víctor Larco, por su ubicación cercana al mar, con suelos blandos con problemas de licuefacción. En ambos distritos tienen como característica en común la autoconstrucción.

Se seleccionaron viviendas que podían considerarse como típicas de la zona. Sin embargo en muchos casos fue determinante la voluntad de los propietarios. Se realizó 30 encuestas, 15 de ellas en El Porvenir y las restantes en Víctor Larco.

3.3. Ficha de Trabajo

Para conocer y analizar las principales características del sistema estructural de las viviendas encuestadas, se utilizaron dos formatos técnicos desarrollados en MS Excel. El primero se denomina Ficha de Encuesta o de campo que básicamente permitió recopilar la información sobre el estado de las viviendas. Y la Ficha de Reporte o gabinete, donde se examinan los datos recopilados. A continuación se describe sucintamente las fichas, más adelante se hará una descripción detallada de las mismas.

3.3.1. Ficha de encuesta o de campo

La ficha de encuesta registra de cada una de las viviendas seleccionadas: su ubicación, pendiente, datos estructurales, procesos constructivos y sus vicios perceptibles. Se diseñó para conocer las principales características del sistema estructural de las viviendas encuestadas. Además de datos estructurales se registraron diversos datos constructivos y arquitectónicos que podrían tener efectos perjudiciales ante un futuro sismo.

Culminado el trabajo de campo, se procedió a la transcripción de los datos obtenidos a hojas de cálculo en la computadora. El software empleado fue Ms Excel. Además se traspasó los bocetos de los planos de planta a un dibujo asistido por

Computadora (CAD). Para ello se empleó el software Autocad. En cada una de las viviendas, los planos CAD y las fotos representativas se insertaron en la hoja de cálculo de la ficha de encuesta.

En el capítulo IV se describe detalladamente las fichas de encuesta.

3.3.2. Ficha de reporte o de gabinete

Luego se procesó esta información de las fichas de encuesta para generar las fichas de reporte, una por vivienda. Las fichas de reporte consisten en hojas de cálculo en el programa MS Excel, donde se realizan análisis de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones. En estas hojas de cálculo se verifican la densidad de muros ante sismos severos, resistencia de los muros, estabilidad de los muros al volteo. Finalmente se calcula la vulnerabilidad sísmica que presenta la vivienda.

Estas fichas también incluyen las fotos representativas y los planos CAD de cada vivienda.

En el capítulo VI se explica con detalle las fichas de Reporte.

3.4. Encuesta de viviendas

Una vez seleccionados las zonas para realizar las encuestas, se procedió a la visita de las mismas. En cada vivienda visitada se explicó el propósito del estudio esperando la aceptación del poblador. En los lugares donde se tuvo la aceptación de los pobladores se procedió a realizar la encuesta. Mientras que en otros lugares existió poca acogida por gran parte de la población y se procedió a usar diferentes estrategias. En el capítulo V se presenta detalladamente el trabajo en campo, las estrategias usadas, así como, las dificultades encontradas en el proceso de recolección de datos.

3.5. Procesamiento de datos

Una vez terminados los análisis por vivienda en los reportes, se procedió a resumir los resultados de análisis y observaciones hechas en la encuesta. Se elaboró tablas donde se registran las densidades de muros de las viviendas. Además se

elaboraron otras tablas que registran las posibles fallas por volteo en las viviendas o sus muros.

También se registró los problemas originados por las características propias de la ubicación de la vivienda. A estas se les denominó “problemas del entorno de la vivienda” o antrópicos. Las características de la estructuración de las viviendas observadas se registraron en cuadros y analizándose sobre el total de viviendas observadas.

A partir del total de viviendas encuestadas, se elaboraron las tablas donde se registró los problemas estructurales encontrados. Según esta información se determinó que algunos problemas son comunes en todas las viviendas encuestadas.

Se tabuló información y observaciones de las viviendas encuestadas. Esta Tabla incluyó: los puntos débiles de la vivienda, la calidad de la construcción y los factores que afectan negativamente la resistencia de los elementos estructurales.

Finalmente se resumió en tablas de resumen y gráficos de barras para verificar y analizar los resultados de los cálculos de vulnerabilidad sísmica. Se pueden ver al detalle en el capítulo VIII.

CAPÍTULO IV: FICHA DE ENCUESTA

4.1. Alcances de ficha de encuesta

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

4.2. Descripción detallada de la ficha de encuesta

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

4.2.1. Datos Generales

a. Número de vivienda

El número correlativo de la vivienda encuestada.

b. Fecha de encuesta

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

c. Familia

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

d. Número de habitantes

Número de personas que residen en la vivienda encuestada.

e. Ubicación de la vivienda

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

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

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

g. Fecha de inicio y término de la construcción

Período de construcción de la vivienda encuestada.

h. Tiempo de residencia de la familia

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

i. Pisos existentes y proyectados en la vivienda

Para tener presente cuantos pisos más podrían ampliarse la vivienda.

j. Secuencia de construcción de los ambientes

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

4.2.2. Datos Técnicos

a. Entorno de la vivienda

La ubicación en manzana, pendiente y características de la zona.

b. Tipo de suelo

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

c. Características de los principales elementos de las viviendas

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

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

d. Observaciones y comentarios

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

4.2.3. Esquema de la Vivienda

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

4.2.4. Información Complementaria

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

a. Problemas de ubicación

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

b. Problemas de estructuración

Son los principales errores estructurales encontrados, fuera de la inadecuada densidad de muros. Los problemas de configuración como: losa a desnivel con vecino, insuficiencia de junta sísmica, reducción en planta, juntas frías o torsión en planta. Los problemas en los muros abarcan: muros portantes de ladrillos pandereta, unión muro y techo, muros sin viga solera, muros resistentes a sismo sin confinar o muros inadecuados para soportar empuje lateral. U otros problemas estructurales como: columnas cortas, losas no monolíticas, tabiquería sin arriostre o cercos no aislados de la estructura. Todos estos problemas incrementan de manera significativa la vulnerabilidad de la vivienda.

c. Factores degradantes

Son los principales factores degradantes en las viviendas. Estos son: las armaduras expuestas y corroídas por intemperismo, la humedad en muros o losas, la eflorescencia en muros y los muros agrietados. Estos problemas pueden generar la degradación de la resistencia estructural de las viviendas con el paso del tiempo.

d. Mano de obra

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

- Mala calidad, corresponde a presencia de juntas entre unidades de albañilería mayores a 3cm, elementos desaplomados, cangrejas en los elementos de concreto.
- Regular calidad, son viviendas con elementos de albañilería con juntas de 2 a 3 cm, presencia de elementos más o menos desaplomados y unas pocas cangrejas en los elementos de concreto.

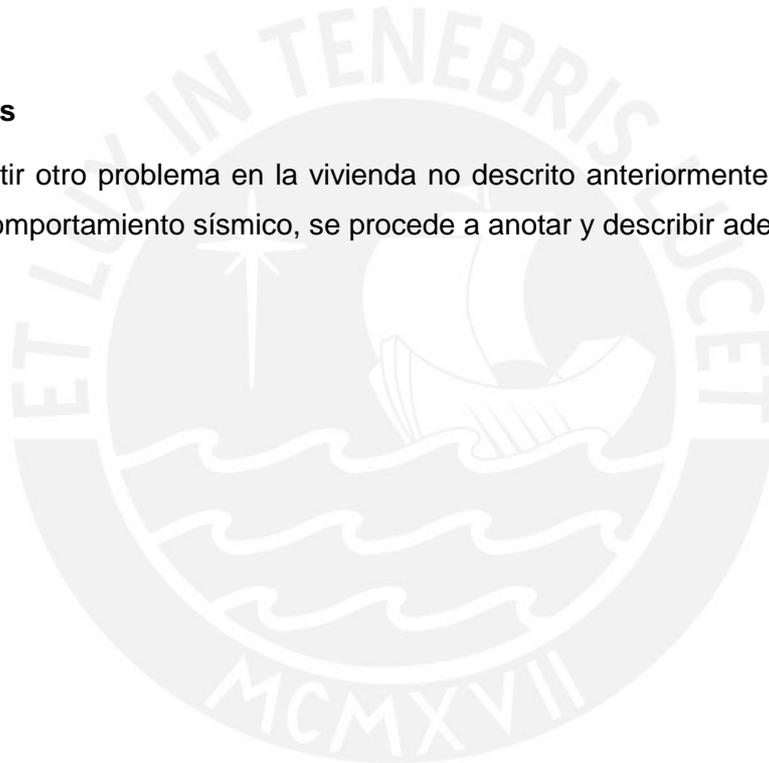
- Buena calidad, presencia de albañilería con juntas de 1 a 2 cm en elementos aplomados. No existen cangrejeras en los elementos de concreto.

e. Materiales deficientes

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

f. Otros

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



VULNERABILIDAD SISMICA DE LA VIVIENDA INFORMAL EN TRUJILLO, P FICHA DE ENCUESTA					
			Fecha encuesta: 23/07/2003		
			Vivienda N° : 7		
Familia :	Villacorta Hermanos.	Cantidad de personas de la vivienda:	4		
Dirección : Ruiz Paoli N° 366 - Victor Larco					
1.- ¿Recibió asesoría técnica para construir su vivienda, por qué? si					
Ing. del Banco de Materiales, sus financiadores					
2.- ¿Cuándo empezó a construirla?		2001	¿Cuándo terminó? 2001		
Tiempo de residencia en la vivienda:		70 años			
N° de pisos actual: 2 (sin terminar)		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 (). Sala // baño					
4.- ¿Cuánto invirtió en la construcción de su vivienda?		S/. 5 000,00			
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		Cimiento Concreto ciclópeo		
	Profundidad	1.00		Profundidad	1.00
	Ancho	0.50		Sección	0.80 x 0.80
Muros (cm)	Ladrillo macizo		1er. Nivel Ladrillo 2do. Nivel Pandereta/macizo		
	Dimensiones	9x23x13		Dimensiones	9x23x13
	Juntas	3 – 3,5		Juntas	3 – 3,5
Techo (m)	Diafragma rígido		ladrillo de cemento		
	Tipo	aligerado		Tipo	
	Peralte	0.20		Peralte	
Columnas (m)	Concreto		4 ∅ de ½		
	Dimensiones	0.25 x 0.25		Dimensiones	
Vigas (m)	Concreto (m) X		Vigas Chatas		
	Dimensiones	0.25x 0.20		Dimensiones	
Observaciones y comentarios:					
La vivienda era inicialmente de Adobe, pero luego se construyó con material noble.					
El segundo piso es de ladrillo pandereta y macizo					
Hay Cangrejas en columnas y Vigas					
Los fierros estan expuestos en el 2do piso por la cercanía al mar se nota el efecto de la corrosión					

Fig. 4.1 Modelo de ficha de encuesta página 1 de 3

Esquema de la vivienda:

Planta:

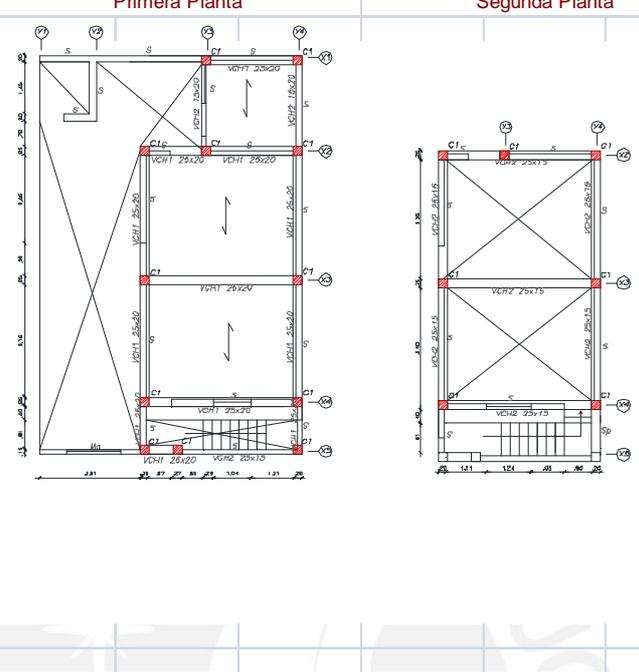
Primera Planta

Segunda Planta

Lote: 8 x 8
C1: 0.25 x 0.25

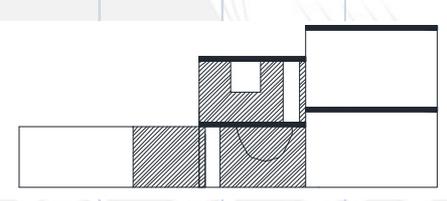
M: cabeza KK
S: sogá KK

v.a.: vent.alta
/: techo ligero
* sin techar
↖ sent. de alig.



Elevación:

Frontal



Juntas sísmicas

Izquierda	Derecha
0	0

Observaciones y comentarios:

Problemas de Ubicación	Estructuración	Factores Degradantes
<input type="checkbox"/> Vivienda sobre relleno natural <input type="checkbox"/> Vivienda en quebrada <input type="checkbox"/> Vivienda con pendiente pronunciada <input type="checkbox"/> Vivienda con nivel freático superficial Otros:	<input type="checkbox"/> Columnas cortas <input type="checkbox"/> Losas no monolíticas <input checked="" type="checkbox"/> Insuficiencia de junta sísmica <input checked="" type="checkbox"/> Losa de techo a desnivel con vecino <input type="checkbox"/> Cercos no aislados de la estructura <input checked="" type="checkbox"/> Tabiquería no arriostrada <input type="checkbox"/> Reducción en planta <input type="checkbox"/> Muros portantes de ladrillos pandereta <input checked="" type="checkbox"/> Unión muro y techo <input checked="" type="checkbox"/> Juntas frías Otros:	<input checked="" type="checkbox"/> Armaduras expuestas <input checked="" type="checkbox"/> Armaduras corroídas <input checked="" type="checkbox"/> Eflorescencia <input checked="" type="checkbox"/> Humedad en muros <input checked="" type="checkbox"/> Muros agrietados Otros:
Materiales Deficientes		Mano de Obra
<input checked="" type="checkbox"/> Ladrillos K.K. artesanal Otros: Pandereta Artesanal		<input type="checkbox"/> Muy Mala <input checked="" type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Buena

Fig. 4.2 Modelo de ficha de encuesta página 2 de 3

<u>Fotos representativas</u>		
		
	Foto de Fachada	
		
	Muros Desplomado con presencia de Eflorescencia Armaduras expuestas y corroidas de Columna	
		
	Cangrejas en Columna Corrosión en el fierro de la columna	

Fig. 4.3 Modelo de ficha de encuesta página 3 de 3

CAPÍTULO V: TRABAJO EN CAMPO

5.1. Selección de zonas de estudio

Para la selección de las zonas de estudio se consideró tres factores preponderantes:

5.1.1. Ubicación de las viviendas

Se buscó donde se practique mayoritariamente la autoconstrucción en Trujillo. En este caso los distritos nuevos con asentamientos humanos en expansión.

5.1.2. Tipología y Topografía del suelo

El tipo de suelo en Trujillo es blando en general. Además, existen zonas con pendientes pronunciadas. Esto determina el tipo de cimentación utilizada en la edificación. El fenómeno del Niño de 1998 inundó varias zonas, las pendientes encauzaron estas inundaciones.

Las zonas ocupadas por el Centro Histórico, los barrios antiguos y las urbanizaciones residenciales tienen una topografía plana. Presenta una pendiente entre 1% y 1,5% y está a una altura sobre el nivel del mar comprendido entre los 18 y los 50 metros (UNT y INDECI 2002).

Los terrenos comprendidos entre el mar y los 18 metros de cota, que es ocupado por el distrito de “Víctor Larco”, son de menor pendiente de apenas 0,5% (UNT y INDECI 2002).

Las laderas de los cerros “Cabras”, “Mampuesto” y “El Presidio” están ocupadas por los distritos de “La Esperanza”, “Florencia de Mora” y “El Porvenir”, respectivamente. Estos distritos poseen una topografía menos uniforme y de pendientes pronunciadas y están comprendidos entre las cotas sobre el nivel del mar de 70 metros a los 150 metros (UNT y INDECI 2002).

5.1.3. Problemas constructivos

Los problemas constructivos son por la baja calidad de los materiales utilizados o por una inexperta mano de obra empleada, durante la construcción.

5.2. Descripción de zonas de estudio

En la investigación se tomaron 2 de los 11 distritos que conforman la provincia de Trujillo: El Porvenir y Víctor Larco Herrera. Se decidió visitar y encuestar 30 viviendas, 15 en cada distrito seleccionado.

En función a estos 3 factores revisados, los distritos seleccionados para realizar el estudio se detallan a continuación:

5.2.1. El Porvenir

Está ubicado al oeste de la ciudad de Trujillo (fig. 5.1), el distrito se caracteriza por tener una variada topografía, presentando cerros y pendientes pronunciadas. Es el segundo distrito más denso, luego del distrito de Trujillo.

La mayoría de las viviendas, están en la transición de adobe a material noble. Varios residentes solicitaron préstamos al BANMAT, quien les proporcionó apoyo técnico-económico para la construcción de sus viviendas. El distrito presenta un nivel socio-económico promedio bajo.

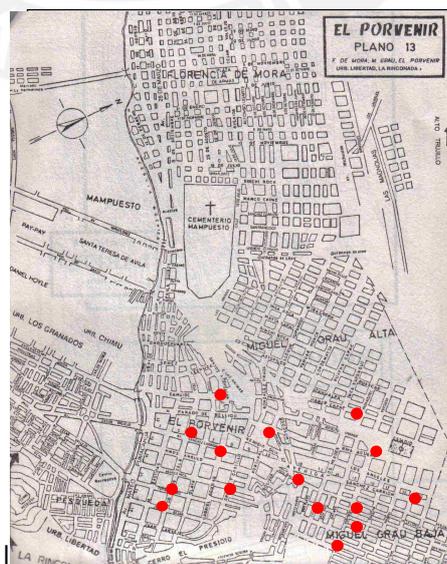


Fig. 5.1 Plano de Ubicación de las viviendas encuestadas en El Porvenir

5.2.2. Víctor Larco

Está ubicado al oeste de Trujillo (fig. 5.2), el estudio se desarrolló en la zona del balneario de Buenos Aires, donde predomina las viviendas autoconstruidas.

El distrito posee una topografía plana, suelo visiblemente arenoso, con nivel freático muy cercano a la superficie. Las viviendas son vulnerables al ataque del salitre y de la corrosión en los refuerzos de acero por su cercanía a la playa.

Muchos propietarios también accedieron a préstamos otorgados por el Banco de Materiales.

El distrito se inspeccionó, por recomendación de los representantes de SENCICO, donde se verificó la alta presencia de la autoconstrucción.

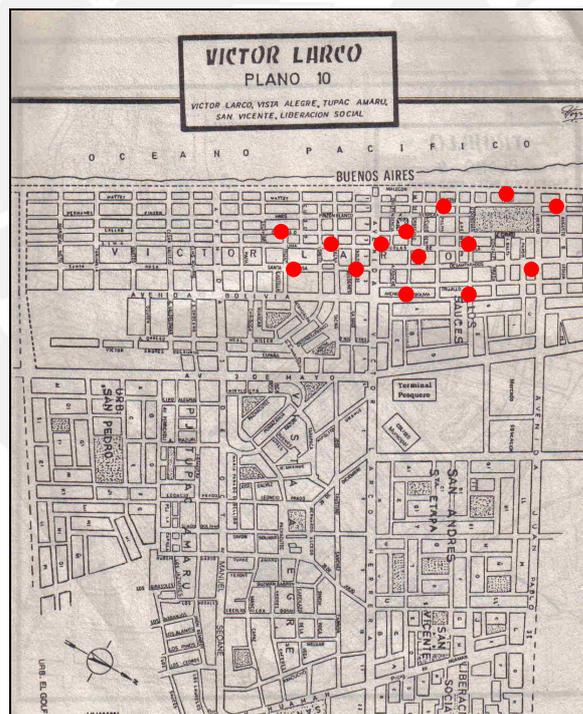


Fig. 5.2 Plano de ubicación de las Viviendas Encuestadas en Víctor Larco

5.3. Organización y selección de viviendas

Para proceder a encuestar las diferentes viviendas se realizó visitas preliminares por los diferentes distritos de toda la ciudad. Se identificó la tipología del suelo y se reconocieron los sistemas estructurales más usados.

5.3.1. Tipología del Suelo

Según el documento “Mapa de Peligros de Trujillo”, la ciudad presenta un suelo homogéneo; arena pobremente graduada de grano fino a medio. Este suelo varía en potencia, compacidad y resistencia en los diferentes sectores de la ciudad.

El primer estrato con una profundidad de 2 m se le puede considerar material de relleno o tierra de cultivo dependiendo del sector. Los estratos sucesivos son una combinación de arena pobremente graduada de grano fino medio con pequeños porcentajes de limo y/o arcilla. En la zona del Parque Industrial, en el distrito de La Esperanza se puede apreciar la existencia de hormigón, grava pobremente graduada con presencia de piedras medianas y grandes.

La resistencia portante del terreno en la zona de estudio de Trujillo y las zonas aledañas tienen un promedio de 1 Kg/cm². Esto puede ir variando entre 0.5 Kg/cm² como mínimo en la zona de Buenos Aires hasta 3.5 en la zona del Parque Industrial de Trujillo.

Las características mecánicas de los suelos (UNT y INDECI 2002), se presenta de los perfiles encontrados por distritos y sectores:

a. Sector Trujillo

En la zona central antigua, el perfil de suelo es uniforme y está constituido por una capa superior de material de relleno. Está formado por arena limosa, pedazos de ladrillo y pajas en estado suelto; alcanza profundidades que varían hasta los 2 m. Asimismo se encuentra, arena fina (SP-SM), pobremente graduada. Estas arenas mezclados con pequeños lentes de limo y arcilla, color amarillento, variando su densidad relativa con la profundidad, de baja a mediana. Varía en profundidad de 2 a 7 m. En el estrato subyacente, se encuentra arena fina y gruesa con limo inorgánico no plástico, fuertemente cimentada (SM), en profundidades que varían de 7 a 11 m. En esta zona la capacidad admisible del terreno es de 1 kg/cm².

En las urbanizaciones residenciales ubicadas alrededor de la zona central antigua, se encuentra perfiles de suelos homogéneos. Están constituidos por una capa superior de tierra de cultivo, arcilla de baja plasticidad, en profundidades que varían hasta los 2 m según los sectores. En la capa subyacente se encontró arena limosa (SP-SM), pobremente graduada de grano fino y redondo, algo húmeda y de color amarillo, con limo inorgánico plástico. Se presenta lentes de arena gruesa: presenta densidad relativa media. Varía en profundidad hasta los 5 m. En esta zona la capacidad admisible del terreno es de 1 kg/cm².

En el sector de la Ciudad Universitaria se encuentra arena limosa (SM), arena pobremente graduada de grano fino y redondo, con inclusiones de grava de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{1}{4}$ ". La densidad relativa es muy densa. Las profundidades varían hasta los 6,50 m. La capacidad admisible del terreno es de 2 kg/cm².

b. Sector Víctor Larco

El perfil de suelo encontrado: en la capa superficial arena limosa (SM), de grano fino contaminada con material orgánico, alcanza profundidades de 1,20m. El estrato subyacente es arena limosa pobremente graduada de grano fino (SP-SM), color amarillo y plomo con diferentes porcentajes de limo orgánico no plástico, medianamente densa. Alcanza profundidades de 4m.

En esta zona se encuentra el nivel freático casi superficial. La capacidad admisible del terreno es de 0,5 kg/cm² para una profundidad de cimentación superficial de 1m de profundidad.

c. Sector El Porvenir

En el estrato superficial hay arena pobremente graduada de grano muy fino (SP-SM), de forma redondeada, seca de color marrón claro. Presencia de conchuelas. Densidad relativa: suelta hasta los 0,5 m; medianamente densa hasta 1 m de profundidad. Varía el espesor del estrato hasta 1,50 m. En el estrato subyacente se encontró arena pobremente graduada de grano fino (SP), seca color marrón claro. Hay presencia de limo inorgánico no plástico en un 5%; la densidad relativa es densa. El espesor del estrato varía hasta 3,50 m.

d. Sector La Esperanza y Florencia de Mora

Consiste en arena fina con pequeños porcentajes de limo (SP), arena pobremente graduada de grano fino, de forma redondeada, seca de color marrón claro, con 4% de limo inorgánico no plástico. Estrato de características uniformes. Densidad relativa: hasta los 0,50 m suelta, a 1m medianamente densa, a 3,50 m denso.

e. En el sector del Parque Industrial

Los perfiles estratigráficos son homogéneos, variando sólo en su potencia y compacidad. Superficialmente se encontró arena de origen eólica, hasta 0,50 m.

Tiene una granulometría fina a media, continuando el mismo tipo de arena (SPSM). Además hay pequeños lentes de limos arenosos hasta los 3m, con presencia de gravillas y gravas, en estado relativamente seco. Luego se encontró el estrato de conglomerado (GP-SP), arena semigruesa con bajos porcentajes de finos que empaca grava y gravillas sub-angulosas en un 40% a 60%. Así también bolones que alcanzan 10" de diámetro, este estrato tiene mediana compacidad. La capacidad admisible en este sector varía de 1,5 kg/ cm² a 2 kg/ cm².

5.3.2. Organización del trabajo en campo

Antes de encuestar, se consultó a SENCICO-Trujillo, quienes brindaron una carta de presentación, que permitiera darle credibilidad a la encuesta. Pese a ello, durante la ejecución de la encuesta, varios pobladores negaron el acceso a sus viviendas. En otros casos si hubo una cierta duda, durante la encuesta. Pero hubo también propietarios que acogieron muy amablemente y proporcionaron apoyo para acceder con alguno de sus vecinos.

La mitad de las encuestas se tomó en el distrito El Porvenir por sus características morfológicas y la presencia de construcciones de albañilería. La otra mitad se encuestó en el distrito de Víctor Larco, donde destaca la cercanía al mar y sus construcciones en transición a la albañilería. Se encuestaron viviendas adicionales, porque algunos propietarios, no permitían el acceso a todos los ambientes o no era posible conseguir información completa. Finalmente se validó la información de las 30 encuestas.

Se inició el proceso de encuestas el día 25 de julio de 2003 y se terminó el día 07 de octubre de 2003. Las encuestas se efectuaron a los propietarios de las viviendas desde las 8:00 a.m. hasta las 6:30 p.m. Las fotografías no eran muy nítidas sin la luz natural, por eso fueron muy pocos los casos que se encuestó posterior a las 6:30 p.m. En casos puntuales, se tuvo que regresar en el último día de encuesta, cuando faltaba alguna información o alguna incompatibilidad de la información recabada. Los encuestadores fueron la Señorita Sandra Godenzi en conjunto con el tesista.

Para efectos prácticos, la encuesta se llenó en los formatos; y los planos se dibujaron a mano alzada en un cuaderno de borrador. Esto les permitió desarrollar la encuesta de forma rápida. Luego el borrador del plano se traspasó a un dibujo de Autocad, finalmente se incluyó en el reporte de cada vivienda encuestada. Para tomar las medidas se empleó una wincha de medir. Se usó una cámara digital para

tomar las fotografías. Además se utilizó un plano de la ciudad para registrar la ubicación de la vivienda.

Las encuestas se realizaban tocando puerta por puerta de forma seguida. Se trasladó a pie hasta la próxima zona donde debe de encuestarse la subsiguiente vivienda. Se buscó que la ubicación de las viviendas encuestadas sea lo más diversa. Se debió considerar la ausencia de moradores o negativa de los propietarios de las viviendas encuestadas, como una variante del proceso.

5.4. Dificultades encontradas

Entre las dificultades que se encontraron en el trabajo en campo tenemos:

- a. No se encontró moradores, siendo inaccesible la vivienda para realizar la encuesta y el levantamiento correspondiente.
- b. Falta de seguridad de algunos barrios, que obligó a reubicar la encuesta. Para prevenir perder parte de nuestros equipos para la ejecución de la encuesta.
- c. La negativa de dar acceso a la vivienda de parte de algunos propietarios de las viviendas, quienes reaccionaron por temor o desconocimiento.
- d. La negativa de los propietarios de dar acceso a ciertos ambientes de su vivienda, no permitía la inspección directa de algunas fallas o sobre el estado de conservación de la totalidad de la vivienda.
- e. La dificultad de tomar directamente algunas medidas o datos estructurales en los muros colindantes o elementos ubicados en zonas inaccesibles.
- f. La falta de datos o imprecisión de la información en algunas fichas de encuestas, debido al desconocimiento o memoria del encuestado de la vivienda. En algunos casos son los segundos propietarios.

5.5. Características de los ladrillos artesanales utilizados en Trujillo

La mayor parte de los ladrillos utilizados en la construcción informal son ladrillos de arcilla sólidos, de producción artesanal. La demanda de estos ladrillos es debido a su bajo costo, frente a los industriales. Los suelos agrícolas de la ciudad son la principal materia prima para la fabricación.

En las ladrilleras artesanales, el amasado se realiza sobre el suelo, utilizando la fuerza manual de los obreros por los pies o ayudados con lampas. La mezcla debe reposar al menos un día antes de la etapa de moldeo.

El moldeo, se realiza a través de moldes similares a los utilizados para la producción de adobe, utilizando gaveras de madera. Mucho del ladrillo producido es sólo secado al sol quedando el ladrillo crudo. Luego algunas ladrilleras trasladan las unidades luego del moldeo a los hornos artesanales. Las medidas de estos ladrillos son generalmente de 24x13x9cm.

El secado se realiza al aire libre, al clima de la zona. Durante el proceso se voltean con regularidad para garantizar un secado uniforme. Este proceso varía de 10 a 20 días dependiendo de la época del año y la intensidad del calor.

El horneado se lleva a cabo en hornos artesanalmente construidos con los mismos ladrillos. Interiormente son de forma rectangular, recubiertos por fuera por una gruesa capa de barro de gran altura, dando un aspecto piramidal exterior. Las medidas de estos hornos son varias; poseen una puerta central de la misma altura. Se forma con un arreglo particular para evitar el desmoronamiento.

El combustible utilizado es variado, empleándose: leña, desechos, estiércol. En Trujillo existen minas de carbón de piedra, siendo este el combustible mayormente utilizado. Luego de encendido y cerrado el horno con otros ladrillos recocidos, el horno se cubre con barro por el exterior.

El tiempo de cocción es variable siendo de tres a siete días. En estos hornos es imposible llevar un control estricto de la temperatura interna. Esto genera ladrillos con distintos grados de cocción.

Finalmente está el proceso de enfriamiento donde el horno es abierto luego de cierto tiempo para evitar que haya un cambio brusco de temperatura, evitando formación de fisuras. Los ladrillos son luego mezclados entre los crudos y los recocidos antes de venderse. Se obtiene un producto de gran variabilidad dimensional, cocción y resistencia.

A continuación se presenta el resumen de resultados de exámenes, de los informes técnicos INF-LE 256-04 (B) (LEDI-PUCP, 2004). Los ensayos fueron efectuados de una ladrillera de Moche, sobre un ladrillo sólido artesanal. (Ver Tabla 5.1) Y la clasificación de la albañilería para fines estructurales según la NTE E.070. (Ver tabla 5.2).

Tabla 5.1 Ensayos ladrillera de Moche- Trujillo (LEDI-PUCP, 2004)

Propiedades	Resultados
Variación dimensional en % (variación de la dimensión máxima en %)	largo 1% ancho 1% espesor 1%
medidas promedio largo x ancho x altura	236 x 138 x 91 mm
Alabeo	
Concavidad	2 mm
Convexidad	2 mm
Resistencia a la compresión	85 kg/cm ² (8,5 Kpa)
Porcentaje de vacios promedio	unidades 100% sólidas

Tabla 5.2 Clase de unidad de albañilería para fines estructurales (NTE E.070)

TABLA 1 CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERIA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P ⁽¹⁾	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP ⁽²⁾	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

- (1) Bloque usado en la construcción de muros portantes
- (2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

De acuerdo con estos resultados se puede inferir que los ladrillos artesanales según la norma técnica de edificaciones, pertenece a la clase ladrillo II (ver Tabla 5.2). Además presentan una variabilidad y alabeo medio.

CAPÍTULO VI: FICHA DE REPORTE

6.1. Alcances de la ficha de reporte

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

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

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

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

6.2. Descripción detallada de ficha de reporte

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

6.2.1. Antecedentes

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

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

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

A continuación en la Fig. 6.1 se presenta los Antecedentes de la Ficha de Reporte N°7 de Víctor Larco.

 DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA VIVIENDA INFORMAL EN TRUJILLO FICHA DE REPORTE		Vivienda N° : 7
Antecedentes:		
Ubicación:	Ruiz Paoli N° 366 - Víctor Larco	
Dirección técnica en el diseño	no	
Dirección técnica en la construcción:	Financiamiento del BANMAT y apoyo de un Maestro de Obra	
Pisos construidos:	Pisos proyectados:	Antigüedad de la vivienda
2	2	2
Topografía y geología:	Sin pendiente, suelo arenoso	
Estado de la vivienda:	La vivienda era de adobe, se cambió a material noble,. El segundo piso es de muros de pandereta	
Las columnas y vigas presentan cangrejas		
Se observa la degradación de los fierros expuestos de las columnas por la cercanía al mar.		
Secuencia de construcción de la vivienda:	Todo a la vez	

Fig. 6.1 Ficha de reporte-Antecedentes

6.2.2. Aspectos Técnicos

a. Elementos de la Vivienda

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

b. Deficiencias de la estructura

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

A continuación en la Fig. 6.2 se presenta los Aspectos Técnicos de la Ficha de Reporte N°7 de Víctor Larco.

Aspectos técnicos:	
Elementos de la vivienda:	
Elemento	Características
Cimientos	Cimientos Corridos de 0.50 de ancho y 1.00m de profundidad Zapatas de 0.80x0.80 a 1.00m de prof. sobre suelo arenoso
Muros	Ladrillo macizo artesanal, 9x13x23, con juntas 3cm en todo el primer piso, en el segundo piso hay ladrillos pandereta.
Techo	1er losa aligerada de 20cm con ladrillos aligerados de concreto. Hay techo con calamina
Columnas	9 de 0.25x0.25m en el 1er y 2do piso
Vigas	Longitudinales chatas 0.25x0.20
Deficiencias de la estructura:	
Problemas de ubicación:	
Problemas constructivos:	
Ladrillos artesanales	
Uso de pandereta artesanal	
Problemas estructurales:	
Insuficiencia de junta sísmica	
Tabiquería no arriostrada	Mano de obra:
Juntas frías	Regular
Muros portantes de ladrillos de pandereta	Otros:
Armaduras expuestas y corridas	
Eflorescencia, Humedad en muros y muros agrietados	

Fig. 6.2 Ficha de reporte - Aspectos Técnicos.

6.2.3. Análisis sísmico

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

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

Para determinar el área mínima de muros en la ecuación (6.1), que debe tener cada vivienda en su primer piso. Se ha supuesto que el esfuerzo cortante actuante debe ser menor que el esfuerzo de corte resistente de los muros.

$$\frac{VE}{Ar} \leq \frac{VR}{Ae} \tag{6.1}$$

Donde:

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

- VR = Fuerza de corte resistente (kN) de los muros en un nivel.
 Ar = Área (m²) requerida de muros
 Ae = Área (m²) existente de muros confinados

La fuerza cortante en la base VE se expresa como (NTE E.030 2003)

$$VE = \frac{ZUSC}{R} P \quad (6.2)$$

Donde:

- Z = Factor de zona = 0,4
 U = Factor de uso que para viviendas = 1
 S = Factor de suelo
 Suelo rígido = 1
 Suelo intermedio = 1,2
 Suelo flexible = 1,4
 C = Factor de amplificación sísmica = 2,5
 R = Factor de reducción = 3
 P = Peso de la estructura (kN)

El peso de la estructura se detalla en la siguiente expresión:

$$P = A_{tt} \times \gamma \quad (6.3)$$

Donde:

- A_{tt} = Suma de las áreas techada (m²) de todos los pisos de la vivienda.
 γ = Peso metrado por m² (kN/m²) reduciendo la sobrecarga al 25%

VR , se expresa como:(art.26.3 NTE E.070)

$$VR = 0.5.v'm.\alpha.t.l + 0.23P_g \quad (6.4)$$

Donde:

- $v'm$ = Resistencia a compresión diagonal de los muretes de albañilería.
 v'_m = Para ladrillo de fabricación artesanal 510 kPa (Tabla 9 NTE E.070)
 α = Factor de reducción por esbeltez, varía entre $1/3 \leq \alpha \leq 1$
 t = Espesor (m) del muro en análisis
 l = Longitud (m) del muro en análisis
 P_g = Carga gravitacional (kN) de servicio con sobrecarga reducida.

La condición más desfavorable para las viviendas es que ambos términos de la ecuación (6.1) sean equivalentes.

$$\frac{VE}{Ar} \approx \frac{VR}{Ae} \quad (6.5)$$

Despejando de la ecuación (6.5) el término Ar , se puede calcular el área mínima requerida para cada vivienda de albañilería.

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

La ecuación (6.4) queda reducida a:

$$VR = 0.5 \times v' \times m \times t \times l \quad (6.6)$$

Reemplazando las ecuaciones (6.2), (6.3) y (6.6) en la ecuación (6.5) se tiene:

$$\frac{ZUSC}{R.A_r} \times A_{tt} \times \gamma \approx \frac{0.5v' \times m \times t \times l}{Ae} \quad (6.7)$$

Reemplazando valores y reordenando la ecuación (6.7) se tiene:

$$A_r \approx \frac{Z.S.A_{tt}\gamma}{300} \quad (6.8)$$

Donde:

A_r expresado en m^2 .

La ecuación (6.8) determina el área mínima de muros en cada dirección que deben tener el primer piso de las viviendas, para asegurar un adecuado comportamiento sísmico.

Si se quiere saber el área mínima de muros para otros niveles, hay que cambiar el área techada (A_{tt}) por la suma del área techada del nivel en estudio y de las áreas techadas por encima del nivel en estudio. Por ejemplo, para conocer el área mínima de muros del 2do nivel de una vivienda de 3 pisos, hay que sumar el área techada del 2do y 3er nivel.

De acuerdo con la teoría del diseño a rotura de viviendas de albañilería se tiene que asegurar que la suma a resistencia a corte de todos los muros (en una dirección) sea mayor que el cortante sísmico impuesto.

Es posible establecer una relación de A_e/A_r para decidir si las viviendas de albañilería tienen o no adecuada densidad de muros. Con A_r calculada con la ecuación (6.8) y A_e de las fichas de encuesta, se determina la relación A_e/A_r .

Para hallar el área mínima requerida para no hacer cálculos se ha utilizado la relación desfavorable (6.5) volviendo a despejar sólo que se asume en el cálculo de V_R la segunda expresión $0.23P_g$, donde se considera que exista mayor carga. Para

ello se ocupó un muro de cabeza obteniéndose $\frac{V_R}{A_r} = 315 \text{ KPa}$. (Valdiviezo 2005).

Finalmente se obtiene:

$$A_r \approx \frac{Z.S.A_{tt} \cdot \gamma}{380} \quad (6.9)$$

Quedando el rango donde no se necesitan hacer cálculos:

$$\frac{Z.S.A_{tt} \cdot \gamma}{380} < A_r < \frac{Z.S.A_{tt} \cdot \gamma}{300} \quad (6.10)$$

Si la expresión definimos un valor $K = Z.S.A_{tt} \cdot \gamma$ y la expresión (6.10) la dividimos entre $K/300$, obtenemos:

$$0,8 < A_r \left(\frac{K}{300} \right) < 1 \quad (6.11)$$

Esta relación califica preliminarmente, si la densidad de muros, es adecuada para soportar sismos severos, a través de los siguientes rangos de valores.

- Si $A_e/A_r \leq 0,80$ entonces la vivienda no tiene adecuada densidad de muros.
- Si $A_e/A_r \geq 1$ entonces la vivienda tiene adecuada densidad de muros.
- Si $0,8 < A_e/A_r < 1$ entonces se requiere calcular con mayor detalle las suma de fuerzas resistentes de la vivienda (ΣV_R) y la fuerza cortante basal V_E .

b. Cálculo detallado de la resistencia a corte V_R de los muros

Para determinar el cálculo detallado de la suma de fuerzas resistentes de la vivienda (ΣV_R) y la fuerza cortante basal V_E se elaboró una hoja de cálculo anexa al reporte en Excel. Según lo especificado en la tesis "Diagnóstico Preliminar de la

Vulnerabilidad Sísmica de las autoconstrucciones en Lima” (Flores 2002), el valor del factor de reducción de la resistencia al corte α por efectos de esbeltez es:

- Para viviendas de un piso.

$$\alpha \approx \frac{VE.L}{Me} = \frac{F_1.L}{F_1.h} = \frac{L}{h} \quad (6.12)$$

Donde:

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

F_1 = Fuerza (kN) de inercia

h = Altura (m) de entrepiso

L = Longitud (m) del muro

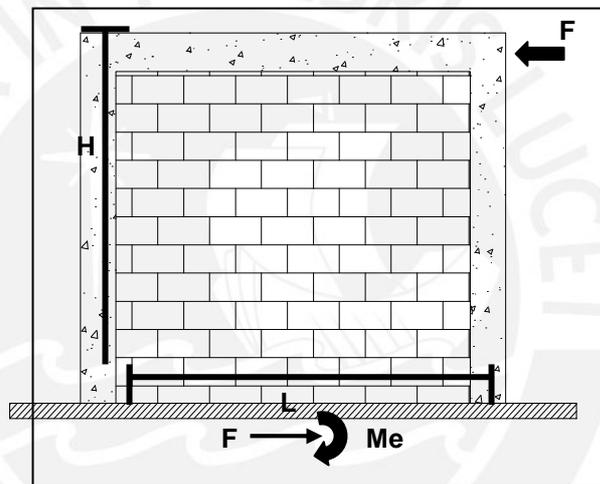


Fig. 6.3 Fuerza cortante y momento en muro de vivienda de un piso.

- Para viviendas de dos pisos.

$$\alpha \approx \frac{VE.L}{Me} = \frac{(F_1+F_2).L}{F_1.h+F_2.2h} \quad (6.13)$$

Donde:

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

F_i = Fuerza (kN) de inercia en el nivel i

h = Altura (m) de entrepiso

L = Longitud (m) del muro

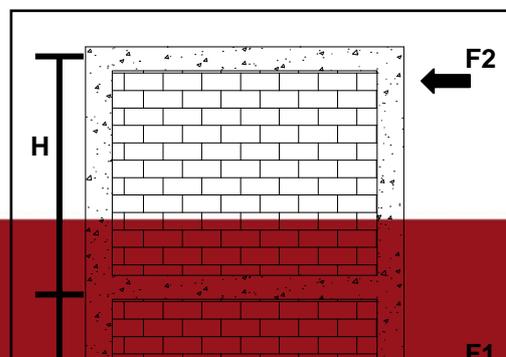


Fig. 6.4 Fuerza cortante y momento en muro de vivienda de dos pisos.

Si las alturas de los entresijos son iguales generalmente y $F_2 = 2F_1$ la expresión se reduce:

$$\alpha = \frac{3L}{5h} \tag{6.14}$$

Las viviendas de uno o dos pisos, para ambos casos el valor de α debe estar comprendido entre $\frac{1}{3} \leq \alpha \leq 1$ (MVCS 2006).

Análisis por sismo (Z=0.4g, U=1, C=2.5, R=3)					Resistencia característica a corte (kPa): v'm = 510				
Factor de Suelo S =		1.4			VR = Resistencia al corte(kN) = Ae(0.5v'm.α+0.23fa)				
Area	Cortante Basal		Area de muros		Densidad	Resistencia	VR/V		
Piso 1	Peso acum.	V=ZUCSP/R	Existente:Ae	Requerida:Ar	Ae / Ar	Ae/Area piso 1	VR		Resultado
m ²	kN/m ²	kN	m ²	m ²	Adimensional	%	kN	Adimensional	
Análisis en el sentido "X"									
41.5	10.12	195.8	0.7	0.8	0.9	1.8	192.9	1.0	Aceptable
Análisis en el sentido "Y"									
41.5	10.12	195.8	1.8	0.8	2.2	4.2	--	--	Adecuado
Observaciones y Comentarios									
Solo se calcula VR si 0.80<Ae/Ar<1									

Fig. 6.5 Verificación de la densidad de muros.

c. Estabilidad de muros al volteo

El análisis de estabilidad de muros se aplica a los muros no portantes: tabiques, parapetos y cercos. Este análisis se realiza mediante una comparación el Momento resistente (M_r) y el momento actuante debido a sismo (M_a). Ambos momentos son paralelos a los planos de los muros y calculados en la base de los muros.

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

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

$$V = Z \cdot U \cdot C_1 \cdot P \quad (6.15)$$

Donde:

- V = Carga sísmica que actúa durante un sismo (KN/m^2)
- Z = Factor de zona
- U = Factor de uso (vivienda = 1)
- C_1 = Coeficiente sísmico
- P = Peso del muro por unidad de área del plano del muro (kN/m^2)

El peso P está dado por la siguiente expresión:

$$P = \gamma_m \cdot t \quad (6.16)$$

Donde:

- P = Peso kN/m^2
- γ_m = Peso específico del muro.
 - Para muro de ladrillo macizo $m_\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
 - Para muro de ladrillo pandereta $m_\gamma = 14 \text{ kN/m}^3$
- t = Espesor del muro (m)

Los valores de C_1 según la actual norma de diseño sismorresistente E.030:

- Para parapetos $C_1 = 1,3$
- Para tabiques $C_1 = 0,9$
- Para cercos $C_1 = 0,6$

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

$$M_a = m \cdot V \cdot a^2 \tag{6.17}$$

Donde:

- Ma = Momento actuante (kN - m/ml)
- m = Coeficiente de momentos
- a = Dimensión crítica (m)
- V = carga sísmica perpendicular

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

- Muro con cuatro bordes arriostrados (Fig. 6.6).
- a = Menor dimensión

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

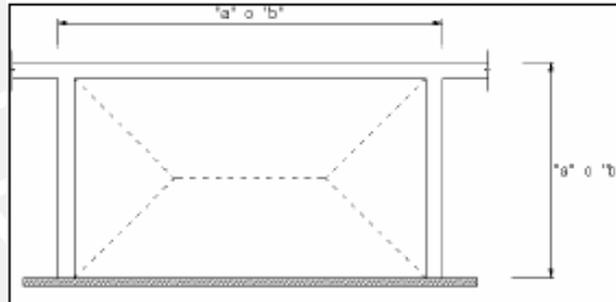


Fig. 6.6 Muro con 4 bordes arriostrados

- Muro con tres bordes arriostrados (Fig. 6.7).
- a = Longitud del borde libre

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

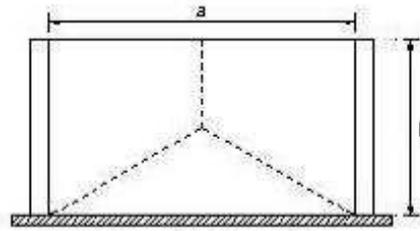


Fig. 6.7 Muro con 3 bordes arriostrados

- Muro arriostrado en sus bordes horizontales

a = Altura del muro

m = 0,125

- Muro en voladizo

a = Altura del muro

m = 0,5

Reemplazando la ecuación (6.15) se tiene:

$$M_a = Z.U.C.P. \cdot m \cdot a^2 \quad (6.18)$$

Donde M_a expresado en kN-m/m.

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

$$\sigma_{max} = \frac{M_r \cdot c}{I} \quad (6.19)$$

Donde:

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

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

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

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

El momento resistente a tracción por flexión es expresado como (Fig. 6.8)

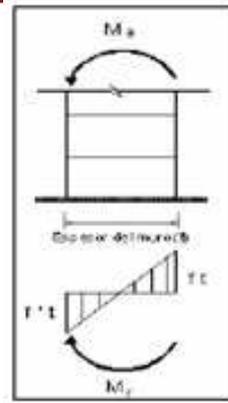


Fig. 6.8 Momento resistente M_r en un muro de albañilería

$$M_r = \frac{f_t I}{c} \tag{6.20}$$

Donde:

- f_t = Esfuerzo de tracción por flexión de la albañilería (150kN/m²) (MVCS 2006)
- I = Momento de inercia (m⁴) de la sección del muro
- c = Distancia (m) del eje neutro a la fibra extrema de la sección.

Estabilidad de muros al volteo																	
Muro	Factores					Mom. Act 0.4C1mPa ²	Mom. rest. 25 t ²	Resultado Ma : Mr	Muro	Factores					Mom. Act. 0.4C1mPa ²	Mom. rest. 25 t ²	Resultado Ma : Mr
	C1	m	P	a	t					adim.	adim.	KN/m ²	m	m			
M1	0.9	0.1	2.3	1.9	0.2	0.35	0.56	Estable	M9	1.3	0.1	2.3	2.4	0.2	0.6	2.8	Estable
M2	0.9	0.1	2.3	1.4	0.2	0.2	0.56	Estable	M10	0.9	0.1	2.3	2.4	0.2	0.42	2.8	Estable
M3	0.6	0.1	2.3	1.4	0.2	0.1	0.56	Estable	M11	0.9	0.1	2.3	2.4	0.2	0.37	2.8	Estable
M4	0.6	0.5	2.3	2.4	0.2	1.6	0.56	Inestable	M12	1.3	0.5	2.3	2.4	0.2	3.5	2.8	Inestable
M5	0.6	0.1	2.3	3.1	0.2	0.5	0.56	Estable	M13	0.9	0.5	3.4	0.9	0.3	0.5	8.5	Estable
M6	0.6	0.1	2.3	2.4	0.2	0.3	0.56	Estable	M14	1.3	0.1	2.3	2.4	0.2	0.42	2.8	Estable
M7	0.6	0.5	2.3	2.4	0.2	1.6	0.56	Inestable	M15	1.3	0.1	2.3	2.4	0.2	0.44	2.8	Estable
M8	1.3	0.1	2.3	2.4	0.2	0.8	0.56	Inestable	M16	1.3	0.1	2.3	2.4	0.2	0.9	2.8	Estable

Fig. 6.9 Estabilidad de muros al volteo.

d. Riesgo Sísmico de la vivienda

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

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

Fig. 6.10 vulnerabilidad estructural.

La evaluación del peligro sísmico está en función a los siguientes parámetros: la sismicidad (con incidencia 40%), tipo de suelo (con incidencia 40%) y la topografía y pendiente (con incidencia 20%) de las zonas donde están ubicadas las viviendas encuestadas.

6.2.4. Diagnóstico

La evaluación de la sismicidad y del tipo de suelo tiene relación directa con los valores de factor de zona (Z) y factor de suelo (S) que se estipulan en la NTE E.030.

Calificación		Resultado	
Vulnerabilidad :	Alta	Riesgo Sísmico:	Alto
Peligro :	Medio		

Fig. 6.11 Riesgo sísmico.

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

Tabla 6.1 Valores de los parámetros de la vulnerabilidad sísmica.

Vulnerabilidad					
Estructural				No estructural	
Densidad		Mano de obra y materiales		Tabiquería y parapetos	
Adecuada	1	Buena calidad	1	Todos estables	1
Aceptable	2	Regular calidad	2	Algunos estables	2
Inadecuada	3	Mala calidad	3	Todos inestables	3

Tabla 6.2 Valores de los parámetros de peligro sísmico.

Peligro					
Sismicidad		Suelo		Topografía y pendiente	
Baja	1	Rígido	1	Plana	1
Media	2	Intermedio	2	Media	2
Alta	3	Flexible	3	Pronunciada	3

Para evaluar la vulnerabilidad de cada una de las viviendas se ha establecido un rango de valores donde la vulnerabilidad sísmica es baja (de 1 a 1,4), media (de 1,5 a 2,1) y alta (de 2,2 a 3). A continuación la Tabla 6.3 con las diferentes combinaciones para la vulnerabilidad sísmica.

Tabla 6.3 Combinaciones de los parámetros para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica (Mosqueira y Tarque

VULNERABILIDAD SISMICA	Estructural						No estructural			Valor numérico
	Densidad (60%)			Calidad M.O. y materiales (30%)			Estabilidad de parapetos (10%)			
	Adecuada	Aceptable	Inadecuada	Buena	Regular	Mala	Estables	Algunos estables	Inestables	
BAJA	X			X			X			1,0
	X			X				X		1,1
	X			X					X	1,2
	X				X		X			1,3
MEDIA	X				X				X	1,4
	X					X	X			1,5
	X					X		X		1,6
	X					X			X	1,7
	X					X			X	1,8
		X			X		X			1,6
		X			X			X		1,7
		X			X				X	1,8
		X				X	X			1,9
		X				X		X		2,0
ALTA		X				X			X	2,1
		X				X		X		2,2
		X				X		X		2,3
		X				X			X	2,4
			X	X			X			2,2
			X	X				X		2,3
			X	X					X	2,4
			X		X		X			2,5
			X		X			X		2,6
			X		X				X	2,7
		X			X	X			2,8	
		X			X		X		2,9	
		X			X			X	3,0	

2005)

La evaluación del peligro sísmico se ha dividido primero de acuerdo con la sismicidad. Para la sismicidad baja se han establecido un rango de valores donde el peligro sísmico es bajo (1 a 1,6), medio (de 1,8 a 2) y alto (2,2). Para la sismicidad media se han establecido un rango de valores donde el peligro sísmico es bajo (de 1,4 a 1,6), medio (de 1,8 a 2,4) y alto (2,6). Para la sismicidad alta se han establecido un rango de valores donde el peligro sísmico es bajo (1,8), medio (de 2 a 2,4) y alto (de 2,6 a 3).

A continuación las combinaciones de peligro sísmico alto tabla 6.4, medio tabla 6.5 y bajo tabla 6.6.

Tabla 6.4 Combinaciones de peligro sísmico alto. (Mosqueira y Tarque 2005)

PELIGRO SISMICO													
Sismicidad (40%)			Suelo (40%)			Topografía (20%)			Pesos				
Baja	Media	Alta	Rígidos	Intermedios	Flexibles	Plana	Media	Pronunciada	0,4	0,4	0,2		
		X	X			X			3	1	1	1,80	
		X	X				X		3	1	2	2,00	
		X	X					X	3	1	3	2,20	
		X		X		X			3	2	1	2,20	
		X		X			X		3	2	2	2,40	
	X			X				X	3	2	3	2,60	
	X				X	X			3	3	1	2,60	
	X				X		X		3	3	2	2,80	
	X				X			X	3	3	3	3,00	

Tabla 6.5 Combinaciones de peligro sísmico medio. (Mosqueira y Tarque 2005)

PELIGRO SISMICO													
Sismicidad (40%)			Suelo			Topografía			Pesos				
Baja	Media	Alta	Rígidos	Intermedios	Flexibles	Plana	Media	Pronunciada	0,4	0,4	0,2		
	X		X			X			2	1	1	1,40	
	X		X				X		2	1	2	1,60	
	X		X					X	2	1	3	1,80	
	X			X		X			2	2	1	1,80	
	X			X			X		2	2	2	2,00	
	X			X				X	2	2	3	2,20	
	X				X	X			2	3	1	2,20	
	X				X		X		2	3	2	2,40	
	X				X			X	2	3	3	2,60	

Tabla 6.6 Combinaciones de peligro sísmico bajo. (Mosqueira y Tarque 2005)

PELIGRO SISMICO									Pesos			
Sismicidad (40%)			Suelo (40%)			Topografía (20%)			0,4	0,4	0,2	
Baja	Media	Alta	Rígidos	Intermedios	Flexibles	Plana	Media	Pronunciada				
X			X			X			1	1	1	1,00
X			X				X		1	1	2	1,20
X			X					X	1	1	3	1,40
X				X		X			1	2	1	1,40
X				X			X		1	2	2	1,60
X				X				X	1	2	3	1,80
X					X	X			1	3	1	1,80
X					X		X		1	3	2	2,00
X					X			X	1	3	3	2,20

Luego de establecer las calificaciones de vulnerabilidad y peligro sísmico se evalúa el nivel de riesgo sísmico que tiene cada una de las viviendas analizadas. El resultado está en función a una tabla de doble entrada donde se evalúan las posibles combinaciones de vulnerabilidad sísmica y peligro sísmico. Ver las siguientes tablas 6.7 y 6.8 con los valores y niveles de riesgo sísmico.

Tabla 6.7 Riesgo sísmico.

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

Tabla 6.8 Riesgo sísmico en valores

RIESGO SISMICO			
Vulnerabilidad \ Peligro	3	2	1
3	3	2,5	2
2	2,5	2	1,5
1	2	1,5	1

Cada uno de los valores de vulnerabilidad y peligro sísmico tienen un 50% de incidencia sobre la calificación del riesgo sísmico.

CAPÍTULO VII: RESULTADOS DEL TRABAJO DE CAMPO

7.1. Problemas de ubicación de la vivienda

Muchas de las viviendas encuestadas presentan problemas relacionados con la ubicación en su zona. A continuación se verá algunos de estos problemas que afectan a la estructura de la vivienda.

7.1.1. Viviendas sobre suelo arenoso suelto

El 97% de viviendas encuestadas en la zona urbana de Trujillo presenta un suelo arenoso y 3% restante está sobre suelo areno-limoso. Todas utilizan cimentación corrida de concreto ciclópeo. En algunos casos los suelos blandos generan asentamientos, produciendo fisuras y rajaduras.

En las viviendas del distrito de Víctor Larco se encontró el nivel freático cercano a la superficie.

A continuación una fotografía en la Fig. 7.1 de una fisura en una vivienda en Víctor Larco.



Fig. 7.1 Fisura por asentamiento en vivienda sobre suelo arenoso

En esta vivienda la presencia de fisuras era muy visible. La forma y ubicación de la fisura coincide con el asentamiento de la base del muro.

7.1.2. Viviendas en zonas de gran pendiente

En la zona este de la ciudad de Trujillo existen pendientes generadas por los cerros aledaños a la zona urbana. El Porvenir presenta viviendas encuestadas con fuertes pendientes debido a los cerros El Mirador y Las Animas. Los pobladores deben realizar cortes y rellenos para poder empezar con la cimentación de la vivienda. Se puede ver el esquema de cimientos en una vivienda en un terreno en pendiente en la Fig. 7.2.

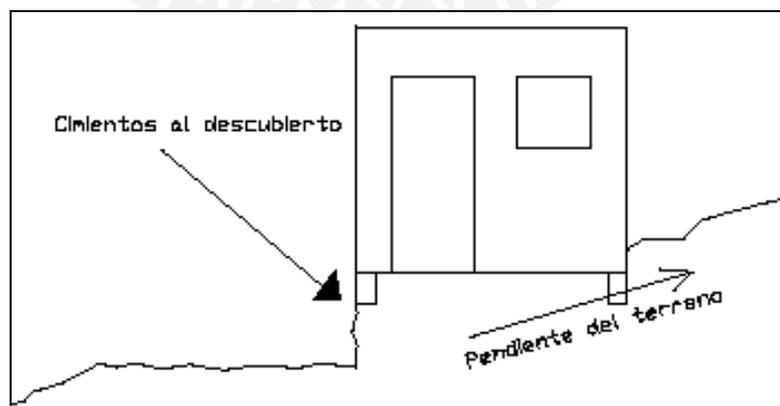


Fig. 7.2 Problema de pendiente de viviendas

Las viviendas en pendiente al construirse dejan al descubierto los cimientos induciendo futuros problemas de erosión y debilitamiento de la estructura. (Ver Fig. 7.3)



Fig. 7.3 Vivienda con cimientos descubiertos por pendiente alta

Este debilitamiento de la cimentación puede ser muy peligroso durante sismo, sobretodo en suelos arenosos como los tiene Trujillo. Da la posibilidad de deslizamientos o asentamientos de la vivienda

En la siguiente imagen Fig. 7.4 se puede observar el acceso de viviendas que se encuentran con pendientes altas.



Fig. 7.4 Viviendas con pendientes pronunciadas y vías de acceso angostas

Además se generan losas a diferentes niveles, entre las viviendas vecinas. Cabe mencionar que los accesos a estas viviendas tienen muchas escaleras y en algunos casos son muy angostos, generando un mayor riesgo en caso de evacuación por sismo.

7.1.3. Viviendas en zonas inundables

La presencia del fenómeno de “El Niño” activa lluvias intensas en las Cordillera Occidental de los Andes, desbordando las quebradas secas, las cuales por su escasa actividad genera la ocupación como áreas agrícolas y de vivienda. Este fenómeno ocurrió en 1925 y 1998. La micro-cuenca Quebrada de Ildefonso, que está al noreste del distrito del Porvenir (ver Fig. 7.5).



Fig. 7.5 Micro cuencas generadas por el fenómeno del Niño en Trujillo (MPT 2002)

Se genera una de las principales zonas inundables. Las viviendas afectadas por la última inundación de 1998, presentan huellas de la humedad registrada en ese evento. Algunas viviendas encuestadas se re-construyeron o se reforzaron con albañilería de arcilla, antes eran de adobe.

7.2. Estructuración de viviendas

El 97% de las viviendas encuestadas presentan techo aligerado. El 13% de viviendas encuestadas utilizan coberturas ligeras en sus segundos pisos o en patios posteriores. El sistema estructural predominante en las viviendas encuestadas son

muros portantes de albañilería, en 16 viviendas se construyeron con ladrillos crudos y adobes. Se encontró algunos planos elaborados por técnicos y arquitectos, a pesar de ello, varios presentan problemas de estructuración.

7.2.1. Densidad de muros inadecuada

La densidad de muros es el factor más influyente en el comportamiento sísmico de las viviendas de albañilería confinada. Los propietarios desconocen de su importancia, consideran que las columnas son suficientes para soportar los sismos. Una mala ubicación de los muros y la ausencia de confinamiento de los mismos se generan por el desconocimiento técnico en combinación con otros intereses. Entre las principales tenemos: la lotización de los terrenos, el desconocimiento de la densidad de muros y el máximo aprovechamiento del área del terreno. El 60% las viviendas poseen muros sin arriostre en los 3 lados en la dirección paralela a la fachada, el mismo porcentaje en la dirección perpendicular.

7.2.2. Vivienda sin junta sísmica y losas a desnivel

Todas las viviendas encuestadas no tienen juntas sísmicas laterales entre las viviendas. A continuación se puede ver un ejemplo en la Fig. 7.6.



Fig. 7.6 Viviendas sin junta sísmica y losas a desnivel

En las zonas con grandes pendientes, ya antes mencionadas, ocurre el problema de losas a desnivel. La ausencia de junta sísmica junto al problema de zonas con pendiente generaría, durante un sismo, una fuerza concentrada entre las viviendas para la cual no se diseñó.

7.2.3. Tabiquería no arriostrada

El 80% de las viviendas, le falta terminar de construir un piso o más según lo proyectado por los propietarios. Este proceso inconcluso deja muchos tabiques y parapetos sin el arrioste necesario. Se puede observar tabiquería sin arrioste en las siguientes fotos de las figuras 7.7 y 7.8.



Fig. 7.7 Vivienda con tabiquería no arriostrada



Fig. 7.8 Vivienda con tabiquería no arriostrada

El menor costo del muro de ladrillo sobre el concreto de las columnas de confinamiento, posterga en varios años el correcto arrioste de muros. El desconocimiento durante este periodo, genera un gran riesgo para los ocupantes y vecinos de estas viviendas.

Un parapeto con ladrillos entrelazados con espacios entre medio se puede observar en la foto de la Fig. 7.9.



Fig. 7.9 Viviendas con parapeto de fácil volteo sin arrioste

En algunos casos estos parapetos toman formas arquitectónicas generando zonas de mayor vulnerabilidad al volteo. Mucha de esta tabiquería no arriostrada se encuentra ubicada cerca de zonas de tránsito o hacia sectores no techados o con cobertura ligera.

7.2.4. Muros portantes y no portantes de ladrillo pandereta

El 43% de las viviendas encuestadas se ha encontrado muros construidos con ladrillo artesanal de pandereta. Mientras en un 63% de las viviendas con construcciones encima de la primera losa poseen ladrillo pandereta. De estas últimas un 33% son muros portantes de ladrillo pandereta. El amarre predominante es el de sogá con la totalidad de las viviendas encuestadas, seguido por la combinación sogá y cabeza con un 63%.

Se puede ver un muro portante construido con pandereta artesanal en la foto de la Fig. 7.10.



Fig. 7.10 Viviendas con muros portantes de ladrillo pandereta

El uso de estos ladrillos tubulares es debido a su menor costo frente a los macizos o sólidos. Los muros construidos de ladrillo pandereta presentan una falla frágil y repentina, haciendo perjudicial su desempeño ante eventuales sismos.

7.3. Problemas constructivos

A pesar de existir programas de capacitación como los que imparte SENCICO. Se observa una deficiencia de conocimientos técnicos y de dirección en los albañiles, maestros de obra y los mismos pobladores. Las viviendas encuestadas muestran la ausencia de la participación de profesionales en ingeniería civil y arquitectura. Sólo el 43% si tenía asesoría técnica en el diseño de la vivienda. El 30% de las viviendas estudiadas, recibieron una asesoría mínima a través del Banco de Materiales con un ingeniero o técnico asignado.

7.3.1. Cangrejeras en los elementos de concreto

Las cangrejeras en el concreto se forman por diferentes causas. En la siguiente imagen Fig. 7.11 se observa una cangrejera en una columna.



Fig. 7.11 Vivienda con cangrejera en columna por agregado mayor a $\frac{3}{4}$ "

En el proceso constructivo se emplean agregados gruesos de tamaño mayor que $\frac{3}{4}$ ", generando que éste, quede atrapado entre el refuerzo y el encofrado. Esto se presenta en las columnas, donde tiene menor recubrimiento y en las uniones entre viga y columna, donde hay mayor concentración de refuerzo. La cangrejera se presenta con mayor frecuencia si el concreto no es adecuadamente mezclado antes de su preparación. También al no haber sido vibrado adecuadamente durante el proceso de vaciado. Se ha encontrado este tipo de cangrejera en algunas viviendas encuestadas.

7.3.2. Problemas con la utilización del encofrado

Otra causa de la formación de las cangrejeras ocurre en el encofrado de madera, de mayor uso en la vivienda informal. Este presenta un número de usos de acuerdo al elemento a encofrar y al tipo de madera. Cumplido la cantidad de usos, la madera se arquea y/o se agrieta, produciendo que los elementos queden desplomados o se presenten fugas del concreto líquido. Los encofrados son generalmente alquilados al mismo maestro encofrador, quien evita cortar lo menos posible su madera, para mantener su equipo de encofrado. Al no cortar el encofrado, se generan zonas sin encofrar, las cuales son completadas con pedazos de ladrillo, papel de la bolsa de cemento, latones, restos de maderas y hasta basura. Mucho de este desperdicio se queda en la zona de adherencia del concreto con el fierro corrugado, rompiéndose la interacción en la cual trabajan estos dos materiales.



Fig. 7.12 Vivienda con cangrejera generada por resto de bolsa de cemento

7.3.3. Refuerzos expuestos a la intemperie

Los efectos que produce la corrosión en los 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. Podemos ver una viga expuesta al borde de una losa en la siguiente figura 7.13.



Fig. 7.13 Acero de refuerzo corroído en losa

Este problema se encontró en todas las viviendas encuestadas. Los aceros corroídos se encontraron en vigas, columnas y techos. En la siguiente fotografía de la Fig. 7.14 se puede observar otra Viga con el refuerzo oxidado y con presencia de papel entre el concreto y el refuerzo.



Fig. 7.14 Acero de refuerzo corroído en viga

Finalmente el refuerzo expuesto, deja de trabajar y es fuente de corrosión hacia los otros elementos de refuerzo que está en contacto. Las cangrejas son producto de la exposición de los refuerzos en cangrejas, rellenos con desechos (bolsas de cemento, ladrillos, etc.), en juntas de construcción de losas, vigas y columnas.

En los distritos encuestados se observó la exposición a la intemperie de los refuerzos verticales de las columnas dejados para futuras ampliaciones. Se puede observar en la Fig. 7.15 a continuación un refuerzo expuesto con signos de alta corrosión.



Fig. 7.15 Acero de refuerzo corroído en columna y viga

Este nivel de corrosión donde se puede ver que el refuerzo es prácticamente inservible para una futura ampliación. Se debe proteger sobretodo en zonas cercanas al mar.

En las fotografías siguientes Fig. 7.16 y 7.17 se puede observar algunos casos de protección casera.



Fig
.
7.1
6
Ac
ero
de
col
um
na
pro
teg
ido



Fig. 7.17 Acero de columna protegido con barro con botellas plásticas y tubos de pvc

Los pobladores del distrito de Víctor Larco quienes conocen la capacidad erosiva de la corrosión. Ellos protegen los refuerzos verticales de las columnas que sobresalen de la losa, de manera precaria contra la brisa marina. Se observó que en algunas viviendas, estos refuerzos estaban protegidos con botellas, tubos, papel, barro y grasa. Sólo en un caso puntual se encontró protección con concreto.

7.3.4. Juntas frías de construcción

El 100% las viviendas encuestadas, no fueron totalmente concluidas. Todas presentan partes de columnas, vigas, techos y escaleras; parcialmente construidas con la posibilidad de continuar posteriormente. En la siguiente figura 7.18 se observa una viga que no fue concluida.



Fig. 7.18 Junta fría en viga se observa el acero de refuerzo negativo

Esta viga trabaja parcialmente, siendo muy vulnerable durante un sismo. La inversión de los propietarios en sus viviendas, es periódica y del mismo modo es su construcción. En la Fig. 7.19 a continuación se observa una junta fría en una vigueta y una losa aligerada.



Fig. 7.19 Junta fría en viga y viguetas de losa aligerada

Estas construcciones parciales originan algunas juntas frías de construcción, en ubicaciones poco apropiadas. Además por el prolongado periodo en que retoman la construcción de las viviendas, estas juntas se convierten zonas probables de corrosión en los refuerzos de acero. Y otros casos cuando se retoma la construcción no se prepara adecuadamente la superficie para recibir un concreto nuevo. Esto genera superficies de falla en caso de sismos.

7.4. Mano de obra

La Mano de obra se calificó visualmente de forma cualitativa. El 97% de las viviendas encuestadas presentan una calidad en construcción de regular a deficiente. Sólo 01 de las viviendas presenta una buena calidad de la mano de obra. En la siguiente figura 7.20 se observa un maestro albañil en pleno asentado de un muro perimetral con un mortero confeccionado con barro.

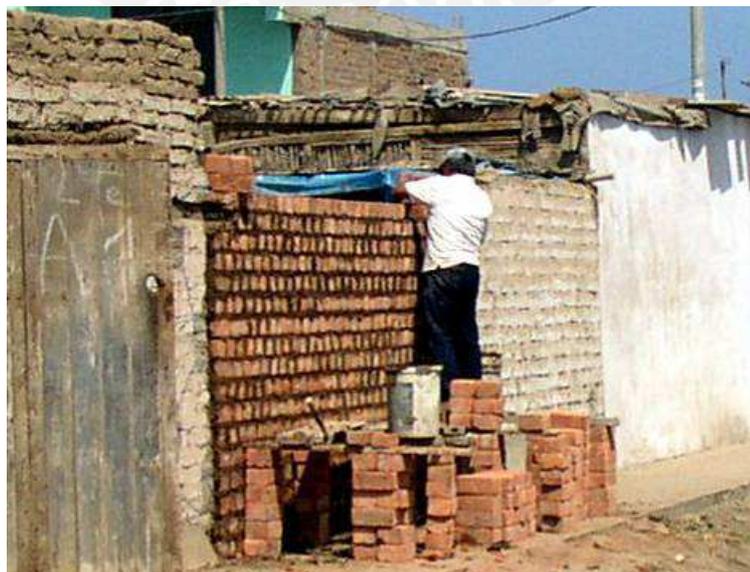


Fig. 7.20 Albañil asentando muro de ladrillos con barro en Víctor Larco

Se observa las bajas condiciones de seguridad y las deficientes herramientas que dispone el trabajador. A pesar de que SENCICO, dicta cursos de capacitación en Trujillo, las viviendas presentan deficiencias técnicas en los procesos constructivos. Esto da a ver que son pocos los que se capacitan. La mayoría de los constructores: maestros de obra, albañiles, obreros; adquirieron su oficio de manera empírica y trabajan con herramientas poco especializadas.

En la fotografía a continuación Fig. 7.21, se puede observar la deficiente calidad de las viviendas, encontrándose un muro irregularmente construido, junto a una tubería que está fuera de plomo con respecto al muro.



Fig. 7.21 Calidad de construcción deficiente

Los mismos propietarios carecen de estos conocimientos técnicos mínimos, necesarios para exigir a sus trabajadores y en la autoconstrucción son ellos mismos. El 40% de las viviendas del estudio, presentan juntas entre los ladrillos mayor o igual a 3 cm de espesor, como se observa en la anterior figura. El mortero débil, en algunos casos se reemplazó el mortero con barro. Obteniéndose muros de muy baja resistencia a las fuerzas sísmicas. Según propietarios, ellos seleccionan la mano de obra en función del menor precio. Las viviendas con mejor calidad de mano de obra, fue por la recomendación de conocidos o de un ingeniero amigo de la familia.

7.5. Otros Problemas encontrados

7.5.1. Ladrillos de mala calidad

Todas las viviendas se construyeron con ladrillos artesanales. Estas unidades de albañilería carecen de control de calidad en su fabricación. Se vieron ladrillos con diferente grado de cocción, con una alta variabilidad dimensional y una falta de homogeneidad del material de fabricación. Estos ladrillos presentan además rajaduras y cierta facilidad a erosionar con la brisa y el agua. En la foto de la Fig. 7.22 se observa un muro con alta variabilidad en las juntas y en las dimensiones de los ladrillos.



Fig. 7.22 Calidad del ladrillo deficiente

Las diferencias en las dimensiones genera la posibilidad a obtener juntas mayores al 1.5cm entre los ladrillos. Los ladrillos artesanales macizos en muchos casos, presentan problemas de adherencia entre el ladrillo y el mortero, pudiendo generar fallas de cizallamiento en las juntas.



Fig. 7.23 Ladrillo con distintos grados de cocción

7.5.2. Uso de ladrillos crudos y adobes en vanos y muros

Ancestralmente el adobe se utilizó en Trujillo, como material primario de construcción. La transición entre el adobe o el ladrillo crudo, al ladrillo cocido se evidenció en varias viviendas encuestadas. Además por su bajo costo, los ladrillos crudos, son ampliamente utilizados para tapar vanos de ingreso o para completar algunos tabiques interiores. Se puede observar en la foto de la Fig. 7.24 vanos tapados con ladrillos crudos y adobes. Y en la Fig 7.25 un muro con ladrillos crudos y distintos tipos de mortero.



Fig. 7.24 Vanos cubiertos de adobe

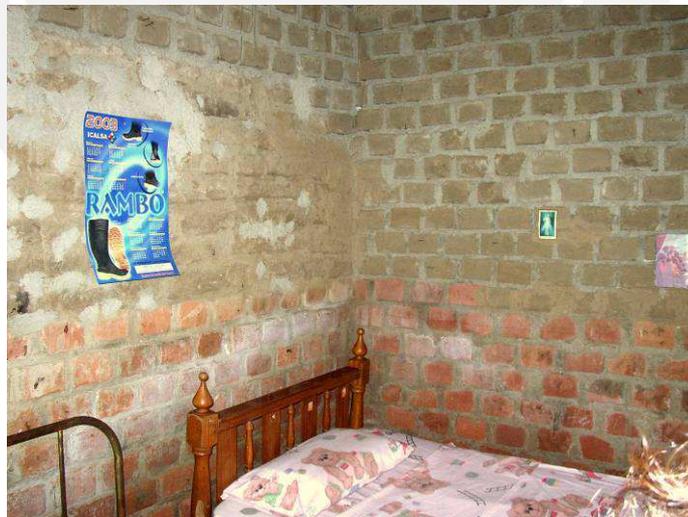


Fig. 7.25 Tabiques completados con ladrillo crudo asentado con barro y mortero

Muchos de estos tabiques son asentados con barro o con mortero siendo muy pequeña la adherencia ejercida entre estos. Al ser materiales de muy frágil comportamiento y baja resistencia sísmica, son factibles de desmoronarse sobre los

residentes, en un eventual sismo. Incrementando la vulnerabilidad de estas viviendas.

En la siguiente figura 7.26, se puede observar un muro de adobe antiguo de gran espesor



Fig. 7.26 Muro residual de adobe antiguo ubicado en el patio perteneciente a la anterior vivienda

Las partes de vivienda antigua restante o los cercos posteriores, permanecen aún en adobe. Siendo un material altamente vulnerable a los sismos y a las inundaciones.

CAPÍTULO VIII: DIAGNÓSTICO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

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

8.1. Antecedentes de las viviendas

En 30 viviendas encuestadas en los distritos: El Porvenir y Víctor Larco, se observa a continuación en la tabla 8.1 sobre el tipo de asesoramiento que han recibido los propietarios.

Tabla 8.1 Asesoramiento técnico

Asesoramiento Técnico	El Porvenir		Victor Larco		Total	
	Nro. de viviendas	%	Nro. de viviendas	%	Nro. de viviendas	%
Viviendas sin diseño ni supervisión	7	47%	6	40%	13	43%
Vivienda con diseño	6	40%	8	53%	14	47%
Vivienda con diseño y supervisión	2	13%	1	7%	3	10%
	15	100%	15	100%	30	100%

Sólo el 10% de las viviendas contaron con un asesoramiento técnico tanto en las etapas de diseño y construcción. En sólo en diseño, se obtuvo un 47%, el resto no tuvo ningún tipo de asesoramiento. Cabe resaltar el trabajo de los ingenieros y técnicos del BANMAT que participaron en el asesoramiento en el diseño en un 30% del total de los encuestados.

El ver que el 43% no tuvo ningún tipo de asesoramiento, implica que no hay interés de los propietarios o que no tuvieron los recursos para requerirlos. En cambio del 57% que tuvo algún tipo de asesoramiento, la participación de los ingenieros y técnicos del BANMAT ha sido incidente. Siendo más de la mitad obligados por el BANMAT para cumplir los requerimientos de sus créditos. Sólo el 27% de los encuestados han requerido de asesoramiento técnico, por una motivación propia y contar con los recursos económicos.

Caber resaltar que la diferencia entre los porcentajes de las viviendas sin asesoramiento técnico entre los distritos de Víctor Larco y El Porvenir, es pequeño de 7%. De manera similar se da en los que sólo tuvieron asesoría en diseño y construcción. Y en sólo diseño la diferencia es de 13%.

En el análisis de la antigüedad de las viviendas encuestadas se puede observar en la siguiente tabla 8.2.

Tabla 8.2 Antigüedad de las viviendas

Antigüedad de la vivienda	El Porvenir		Victor Larco		Total	
	Nro. de viviendas	%	Nro. de viviendas	%	Nro. de viviendas	%
1 año	1	7%		0%	1	3%
2 años	4	27%	4	27%	8	27%
3 años	1	7%	2	13%	3	10%
4 años	2	13%		0%	2	7%
5 años		0%	5	33%	5	17%
6 años	2	13%	2	13%	4	13%
más años	5	33%	2	13%	7	23%
	15	100%	15	100%	30	100%

El 27% de las viviendas tenían una antigüedad de 2 años. Además se encontró un 77% de las viviendas, tenían una antigüedad no mayor de los 6 años. Siendo aún mayor este porcentaje en el distrito de Víctor Larco. En muchos casos los propietarios iniciaron la transición de sus viviendas de material adobe a material noble de albañilería de arcilla. La poca antigüedad de las viviendas encuestadas beneficia a la investigación, logrando un panorama de la reciente construcción informal en Trujillo.

En la siguiente figura 8.1 se expone la calidad de la mano de obra en las viviendas encuestadas.

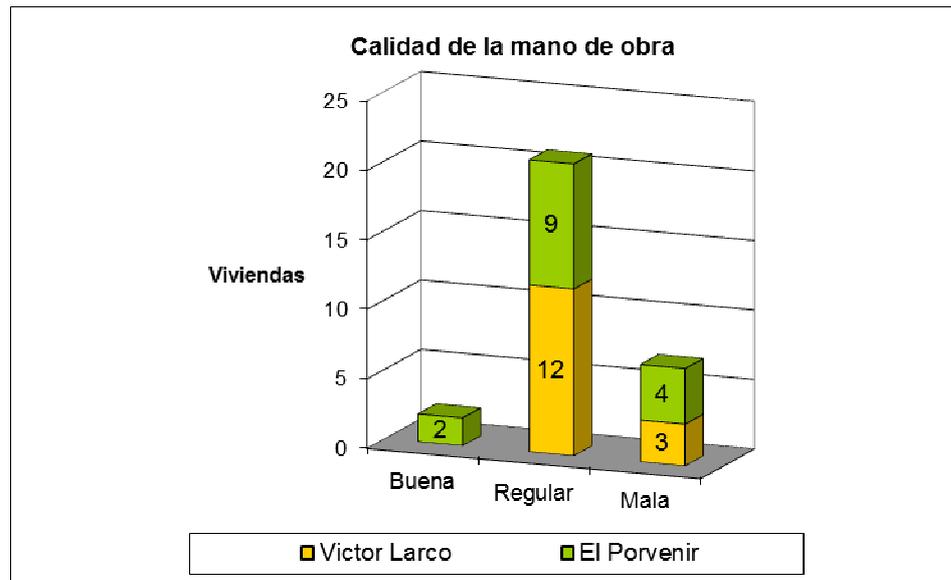


Fig. 8.1 Calidad de la mano de obra

Se observa que el 77% de las viviendas tienen una calidad de mano de obra regular y un 20% su calidad es mala. Estos resultados son proporcionales en ambos distritos encuestados. Evidencia la falta de capacitación y especialización de la mano de obra, a pesar de los esfuerzos en capacitación de SENCICO. Los propietarios como clientes, permiten este bajo desempeño por una falta de conocimientos técnicos; y en algunos casos ellos participan en la autoconstrucción. Una buena supervisión durante la construcción podría aminorar la baja calidad y desempeño de las viviendas.

En la tabla 8.3 a continuación se observa otras características generales de las viviendas encuestadas.

Tabla 8.3 Características Generales de las viviendas

Carateristicas de las viviendas	Viviendas	%
Tipo de suelo		
Arenoso	29	97%
Areno limoso	1	3%
Tipo de ladrillo en muros		
Artesanal macizo	30	100%
KK 18 huecos industrial	1	3%
Concreto	4	13%
Tipo de cimentación		
Corrido de concreto ciclópeo	1	3%
Corrido de concreto ciclópeo y zapatas	29	97%

El suelo predominante en las zonas encuestadas es arenoso.

El material ampliamente usado es el ladrillo artesanal macizo en las viviendas estudiadas. Esto demuestra su mayor utilización, probablemente por el menor costo que implica sobre los ladrillos KK de 18 huecos.

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

En la evaluación conjunta de mano de obra y materiales de las viviendas encuestadas, nos da un 53% con una regular calidad y 47% con mala calidad. Esto refleja la incidencia de los materiales artesanales y de menor calidad.

A continuación la tabla 8.4 presenta un resumen de los principales problemas que afectan a las viviendas encuestadas.

Tabla 8.4 Principales problemas de las viviendas

Problemas de las viviendas	Viviendas	%
Problemas de ubicación		
Vivienda con nivel freático cercano	2	7%
Vivienda en pendiente ligera	7	23%
Vivienda en pendiente pronunciada	5	17%
Problemas estructurales		
Muros portantes y no portantes de ladrillo pandereta	13	43%
Tabiquería no arriostrada	22	73%
Torsión en planta	6	20%
Viviendas sin junta sísmica y losa de techo a desnivel	30	100%
Problemas del proceso constructivo		
Mal encofrado y acero de refuerzo expuesto	28	93%
Juntas de construcción mal ubicadas	30	100%
Muros de adobe o ladrillo crudo	17	57%

Destaca en la ubicación, la incidencia de las pendientes que pertenece al distrito de El Porvenir. Los niveles freáticos cercanos visibles pertenecen al distrito Víctor Larco, cabe resaltar que es lo visible por el encuestador durante la consulta, ya que todo el distrito está afectado.

Se puede apreciar que la falta de arriostramiento en los tabiques afecta al 73%. La ausencia de juntas sísmicas se da en el 100% de los encuestados. Esto da la posibilidad ante un sismo severo, se presenten daños significativos entre las viviendas, producto del desplazamiento de las losas y el impacto por falta de espacio. También se pueden presentar volteos y daños en tabiques sin arriostrar.

El uso del adobe y el ladrillo crudo es significativo con un 57%. Esto asevera el proceso de transición que ocurre en las viviendas de pasar del material de adobe a un material noble como la albañilería y en algunos casos por la economía de los ladrillos crudos sobre los cocidos. Con los altos porcentajes de malas prácticas constructivas, se demuestra la falta de capacitación y de conocimientos técnicos de mejores prácticas constructivas.

8.2. Relación del área existente y el área requerida

Para el análisis se consideró las viviendas que tenían uno o dos diafragmas rígidos. En el caso de viviendas con un segundo piso techado con material ligero, se consideró un solo diafragma rígido. De las 30 viviendas encuestadas, en el primer piso, 29 viviendas tenían losa aligerada y 1 vivienda con losa maciza. Mientras que

las que tenían un segundo piso, 9 viviendas tenían diafragmas rígidos, 4 viviendas tenían techo de material ligero.

La tabla 8.5 a continuación se puede apreciar la relación de densidad de muros de las viviendas encuestadas respecto a la orientación de los muros con la fachada de la vivienda por distrito.

Tabla 8.5 Densidad de Muros Ar/Ae

Densidad de Muros Ae/Ar paralelo a la fachada	El Porvenir		Victor Larco		Total	
	Nro. de viviendas	%	Nro. de viviendas	%	Nro. de viviendas	%
Adecuado	2	13%	3	20%	5	17%
Aceptable	0	0%	1	7%	1	3%
Inadecuado	13	87%	11	73%	24	80%
Total general	15	100%	15	100%	30	100%
Densidad de Muros Ae/Ar perpendicular a la fachada	El Porvenir		Victor Larco		Total	
	Nro. de viviendas	%	Nro. de viviendas	%	Nro. de viviendas	%
Adecuado	15	100%	13	87%	28	93%
Inadecuado	0	0%	2	13%	2	7%
Total general	15	100%	15	100%	30	100%

Se presenta una baja densidad de muros en el sentido paralelo a la fachada (sentido X) siendo inadecuadas un 80% de las viviendas. Esto es debido a que en esta dirección se coloca pocos muros resistentes; en lugar de ellos se suele colocar, divisiones de ambientes, ventanas y puertas. En cambio, los muros perimétricos en sentido perpendicular a la calle (sentido Y) son adecuadas en un 93% de las viviendas. Las diferencias entre los valores obtenidos entre los dos distritos son pequeñas, encontrándose una vivienda de diferencia. Salvo en Víctor Larco se encontró un 13% con densidad inadecuada en sentido perpendicular a la fachada, en cambio en El Porvenir no se encontró. En estas pequeñas diferencias denotan una mejor validez de los resultados totales.

En la siguiente figura 8.2 se puede apreciar la relación de densidad de muros con respecto a su orientación en total de la encuesta.

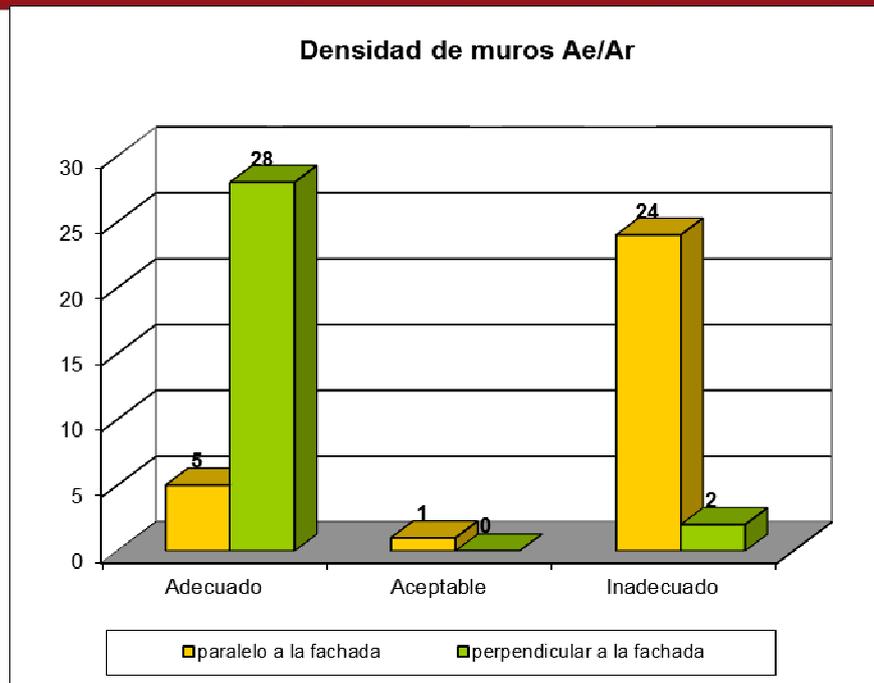


Fig. 8.2 Densidad de Muros Ar/Ae

En la figura se aprecia la notable diferencia entre las densidades de muros entre los dos sentidos principales de la vivienda. Este resultado advierte de una deficiente distribución de muros portantes de albañilería que son los que proporcionan una resistencia frente a un sismo severo. En general, estos muros son de la misma longitud del largo del terreno y en su mayoría son muros colindantes con otras viviendas sirven como cerco perimétrico. Esta mayor longitud de los terrenos en el sentido perpendicular a la fachada, proporciona una alta densidad de muros en las viviendas en esta dirección. 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.

La siguiente tabla 8.6 indica la relación dimensional de los muros de las viviendas encuestadas, con respecto a su dirección paralela o perpendicular a la fachada.

Tabla 8.6 Relación dimensional

Relación adimension al Ae/Ar	Primer Piso					
	Dirección paralela a la fachada			Dirección perpendicular a la fachada		
	Viviendas	% Parcial	% Acumulado	Viviendas	% Parcial	% Acumulado
0	10	33%	33%	1	3%	3%
>0 - 1	15	50%	83%	1	3%	7%
>1 - 2	4	13%	97%	13	43%	50%
>2 - 3	1	3%	100%	8	27%	77%
>3 - 4	0	0	100%	3	10%	87%
>4 - 5	0	0	100%	4	13%	100%
> 5	0	0	100%	0	0%	100%
TOTAL	30	100%		30	100%	
Promedio relación Ae/Ar	0.47			2.15		

El 33% de los muros, en el sentido paralelo a la fachada, son inadecuados y presentan una densidad de muros igual a cero. Esto debido a la falta de un adecuado confinamiento en esta dirección de estos muros. Y también a la utilización de muros de adobe o ladrillo crudo, cuyo aporte a la rigidez en esta dirección es pequeño.

En cambio en la dirección perpendicular a la fachada se tiene un 43% que cumple con lo necesario en relación a la densidad de muros, con una relación Ae/Ar entre 1 y 2. Pero un 50% es mayor que 2 en la relación Ae/Ar. Esto indica que existen varios muros confinados resistentes a sismo, que están incrementando la rigidez en esta dirección sobre la necesaria.

El Promedio de la relación Ae/Ar es 4.6 veces mayor la dirección perpendicular a la fachada con respecto a la dirección paralela. Esta fuerte diferencia nos hace pensar que causa es por una falta de conocimientos técnicos, y no por una falta de recursos. Ya que hay sobre inversión de recursos en muros confinados en una dirección que ya cumplió con los muros requeridos. En cambio en la otra dirección existe un gran descuido.

En la siguiente Tabla 8.7, se puede observar los resultados de la evaluación de vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de las viviendas encuestadas.

Tabla 8.7 Vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de las viviendas

	VULNERABILIDAD		PELIGRO		RIESGO	
	Nro. de viviendas	%	Nro. de viviendas	%	Nro. de viviendas	%
Alto	25	83%	5	17%	26	87%
Medio	3	10%	25	83%	4	13%
Bajo	2	7%		0%		0%
Total general	30	100%	30	100%	30	100%

La vulnerabilidad de las 30 viviendas encuestadas en Trujillo, es alta con un 83%, y sólo un 7% tiene baja vulnerabilidad. El Peligro es medio con un 83% de las viviendas, el saldo tiene un alto peligro. Finalmente el riesgo es alto con un 87%, y la diferencia tiene un riesgo medio. No resultando ninguna vivienda con riesgo bajo.

Los valores obtenidos van de la mano de los resultados de densidad de muros, que es uno de los factores más incidentes. El riesgo de estas viviendas a ser afectadas por un sismo es alto. Se ve necesario reducir la alta vulnerabilidad de estas viviendas, para evitar futuras pérdidas humanas y físicas, en el caso de un sismo severo.



CAPÍTULO IX: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1. Conclusiones

- La ciudad de Trujillo sufrió durante su historia varios eventos naturales, entre sismos e inundaciones. El fenómeno del Niño, los constantes sismos, la cercanía al mar y el suelo arenoso, generan un ambiente de riesgo permanente.
- El Porvenir y Víctor Larco son distritos altamente poblados y representativos de Trujillo, de características morfológicas diferentes. En ambos distritos se construye a través de la construcción informal y la autoconstrucción. Los recursos limitados de los propietarios, incidieron en la adquisición de materiales de baja calidad y contratación de mano de obra no capacitada.
- Los materiales utilizados en la construcción de las viviendas encuestadas son de regular a deficiente calidad. Existe un inadecuado control de calidad sobre los materiales. Las unidades de albañilería artesanales utilizadas en todas las viviendas, poseen una baja resistencia, una alta variabilidad dimensional y una gran absorción de agua. Esto es debido a la falta de uniformidad de la cocción de las unidades de albañilería de origen artesanal.
- La calidad de la mano de obra es regular a mala. Esto es generado por la poca capacitación y reducida inversión de los propietarios en mano de obra capacitada. Se observa la poca supervisión durante el proceso constructivo, inclusive en los proyectos asesorados por el BANMAT, donde la supervisión es escasa.
- Los problemas constructivos encontrados en su mayoría son las juntas de construcción mal ubicadas, los malos encofrados y los aceros de refuerzo

expuestos. Encontrándose concreto con restos de basura y muchos refuerzos corroídos, a pesar de los intentos artesanales de protección. También se encontró muchos muros construidos con ladrillos crudos o adobes.

- Los problemas estructurales encontrados la mayoría de las viviendas poseen tabiques sin arriostre, siendo un problema importante al interior de la vivienda. Además en las azoteas donde se observó tabiques a media altura sin ningún tipo de arriostre, generando un peligro latente durante un sismo pudiendo afectar el escape de los moradores. Ninguna de las viviendas posee una junta sísmica. Además las losas de techo están a desnivel en zonas con pendiente, siendo un riesgo de daño entre las viviendas en un evento sísmico.
- Se encontró una mala distribución de los elementos estructurales en la vivienda. Debido a una falta de orientación de los constructores y diseñadores. La rigidez de las viviendas es mayor en el sentido perpendicular a la calle presentando una mayor densidad de muros. En cambio en el sentido de la calle existe una insuficiente cantidad de muros para soportar un evento sísmico. Los daños en estos muros puede afectar importantemente en la estructura de la vivienda.
- Los altos valores de densidad de muros en la dirección perpendicular a la fachada encontrados, están muy por encima de lo requerido. Esto ha demostrado que es la falta de conocimiento técnico y asesoría oportuna de profesionales, la causa principal que exista la deficiencia en la otra dirección. Existen viviendas que han tenido asesoría en la etapa de diseño, pero en algunos diseños no se ha considerado la sismorresistencia de la vivienda. En otros casos ha faltado una adecuada supervisión durante la construcción resultando una la construcción distinta al diseño original de la vivienda.
- La construcción informal en Trujillo ante un sismo severo podrían colapsar la mayoría de sus viviendas ante un sismo severo. De acuerdo a los resultados obtenidos en los reportes de vulnerabilidad.
- Los recursos limitados de los pobladores de Trujillo en los distritos de expansión y crecimiento generan construcciones sin asesoramiento técnico, ni materiales de calidad. La construcción informal bajo este ambiente es difícil de erradicar. Este estudio expone como se construye actualmente en la ciudad de Trujillo, permitiendo

elaborar una cartilla orientadora, dirigida a los pobladores de bajos recursos. Para que tengan una idea de cómo construir adecuadamente sus viviendas. Esta cartilla existe en la actualidad y se elaboró a partir de investigaciones complementarias, en otras ciudades de la costa peruana. El documento se titula “Construcción y mantenimiento de las viviendas de albañilería, para albañiles y maestros de obra”, y está a disposición en internet. (BLONDET 2005)

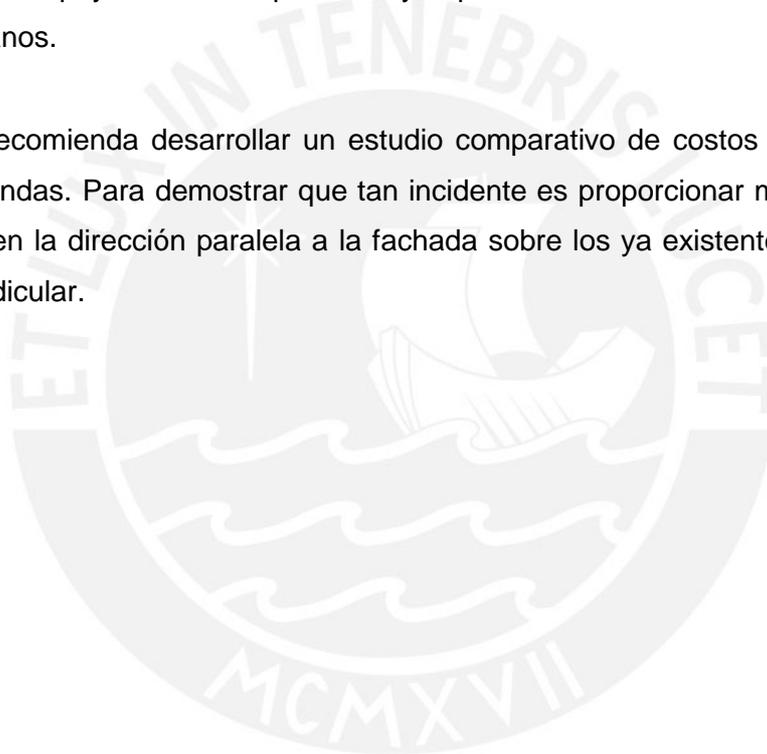
- La cartilla orientadora no reemplaza a un profesional ingeniero y arquitecto para el diseño y construcción de las viviendas. Cada vivienda es un proyecto único con sus propias características y dificultades. La cartilla es una referencia para reducir la vulnerabilidad a través de recomendaciones.

9.2. Recomendaciones

- Se recomienda investigar a profundidad el problema de las viviendas informales en la ciudad de Trujillo, las cuales presentan muchas variables y factores no cuantificables. Esta investigación es un estudio preliminar para aproximarse al estado actual de dichas viviendas.
- Se invita a investigar las motivaciones de los propietarios, de ocupar o no el asesoramiento de profesionales para el diseño y construcción de sus viviendas. Con el fin de lograr soluciones apropiadas para reducir la informalidad en las viviendas autoconstruidas.
- Se ve necesario un reforzamiento masivo de estas viviendas existentes para reducir la vulnerabilidad sísmica. Para este cometido se debe proponer soluciones económicas, de fácil implementación y que pueda ser acogidas por los propietarios actuales. Estos programas deberían ser complementados con incentivos del estado. Ya que una de las causas de la informalidad es los bajos recursos económicos de los propietarios. El Beneficio social y económico es viable, si se compara a los efectos producidos por el terremoto en la ciudad de Pisco-Ica del año 2007. Y teniendo en cuenta que se espera sismos de mayor severidad.
- Se recomienda hacer un estudio de los procedimientos y políticas que incentivan la autoconstrucción asistida promovida por el Ministerio de Vivienda, Construcción y

Saneamiento del Perú. Así lograr futuras viviendas seguras y no en viviendas vulnerables como las encontradas en esta investigación.

- Se ve necesaria una mayor capacitación tanto de los trabajadores que construyen viviendas, como los propietarios y clientes finales de estas viviendas. Y permitir conocer los principales defectos constructivos y de mantención de las viviendas que se debe evitar.
- Se recomienda que las municipalidades distritales y provinciales incluyan dentro de su plan de desarrollo metropolitano, la reducción de la vulnerabilidad de sus viviendas. Apoyando con supervisión y capacitación de la autoconstrucción de sus ciudadanos.
- Se recomienda desarrollar un estudio comparativo de costos en estructuración de viviendas. Para demostrar que tan incidente es proporcionar mejor densidad de muros en la dirección paralela a la fachada sobre los ya existentes en la dirección perpendicular.



BIBLIOGRAFÍA

ARANGO ORTIZ, Julio

2002 *Análisis, Diseño y Construcción en Albañilería*. Lima: Capitulo Peruano ACI.

BLONDET SAAVEDRA, Jorge Marcial (editor)

2007 *Construcción antisísmica de viviendas de ladrillo: para albañiles y maestros de obra*. Tercera edición. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Fondo Editorial / SENCICO.

2005 *Construcción y mantenimiento de viviendas de albañilería: para albañiles y maestros de obra*. Segunda edición. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Fondo Editorial / SENCICO. Consulta:15/10/2012.

<<http://blog.pucp.edu.pe/action.php?action=plugin&name=LinkCounter&type=c&k=20071106-cartilla2005+--+Marcial.pdf>>

DUEÑAS HUAROTO, Michael Edinson

2006 *Estudio preliminar del comportamiento sísmico de las autoconstrucciones en Lima*. Tesis de Magister en Ingeniería Civil. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Escuela de Graduados.

FLORES DE LOS SANTOS, Roberto Ángel

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

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (INEI)

2011 *Perú: Migración Interna Reciente y el Sistema de Ciudades, 2002-2007*. Lima: INEI. Consulta:11/10/2012.

<http://www.unfpa.org.pe/publicaciones/publicacionesperu/INEI_CEL_ADE_Migracion-Interna-Reciente.pdf>

- 2007 *Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda: sistema de consulta de resultados censales.* Lima: INEI. Consulta:11/10/2012.
< <http://desa.inei.gob.pe/censos2007/tabulados/>>
- 1996 *Censos nacionales 1993, IX de población y IV de vivienda: sistema de consulta, documentos metodológicos.* Lima: INEI.
- KUROIWA, Julio
- 2002 *Reducción de Desastres: Viviendo en armonía con la naturaleza.* Lima: PNUD.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO DEL PERÚ (MVCS)
- 2009 *Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de Edificaciones E.060 Concreto Armado.* SENCICO.
- 2006 *Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de Edificaciones E.070 Albañilería.* SENCICO.
- 2003 *Reglamento Nacional de Edificaciones Norma Técnica de Edificaciones E.030 Diseño Sismorresistente.* SENCICO.
- MOSQUEIRA MORENO, Miguel Ángel y Sabino Nicola TARQUE RUÍZ
- 2005 *Recomendaciones técnicas para mejorar la seguridad sísmica de viviendas de albañilería confinada de la costa peruana.* Tesis de Magister en Ingeniería Civil. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Escuela de Graduados.
- MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE TRUJILLO (MPT)
- 2002 *Atlas ambiental de la ciudad de Trujillo.* Lima.
- 1995 *Plan de Desarrollo Metropolitano de Trujillo al año 2010.* Trujillo.
- LABORATORIO DE ESTRUCTURAS ANTISISMICAS (LEDI)-PUCP
- 2004 *Verificación del cumplimiento de especificaciones técnicas en ladrillos de arcilla fabricados a nivel nacional - Zona Costa.* Lima: SENCICO.

OFICINA DEPARTAMENTAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA LA LIBERTAD
(ODEI LA LIBERTAD)

- 2010 *La Libertad: Compendio Estadístico 2009*. Trujillo: ODEI La Libertad. Consulta: 11/10/2012.
<<http://www.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0852/libro.pdf>>

SAN BARTOLOMÉ, Ángel

- 1998 *Construcciones de albañilería – Comportamiento sísmico y diseño estructural*. Lima: Fondo Editorial PUCP.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO (UNT) y INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL (INDECI)

- 2002 *Mapa de peligros de la ciudad de Trujillo y zonas aledañas*. Trujillo. Consulta: 11/10/2012.
<<http://190.223.52.140/sialtrujillo/admDocumento.php?accion=bajar&docadjunto=327>>

VALDIVIEZO MADUEÑO, Carla

- 2005 *Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales de Ica*. Tesis de licenciatura en Ciencias e Ingeniería con mención en Ingeniería Civil. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

