

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**PROPUESTA DE REFORZAMIENTO EN VIVIENDAS DE  
ALBAÑILERÍA CONFINADA EN EL DISTRITO DE VILLA MARÍA  
DEL TRIUNFO**

**Tesis para obtener el título profesional de INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

Kenny Josue Farje Pulache

Hideki Yasukishi Yabuta Barturén

**ASESOR:**

Sabino Nicola Tarque Ruiz

Lima, Febrero, 2020

## RESUMEN

---

La presente tesis tiene como objetivo mejorar el comportamiento sísmico de las viviendas de albañilería confinada informales mediante el refuerzo con mallas electrosoldadas. Para ello, se investiga numéricamente el incremento y mejora en resistencia y ductilidad de dos viviendas en las que se le incorpora el refuerzo mencionado. La investigación se centra en las viviendas ubicadas en el distrito de Villa María del Triunfo, específicamente en el asentamiento humano de El Paraíso, el cual es una zona de alto riesgo sísmico. Se seleccionan dos viviendas de características similares, sobre las cuales se analiza el comportamiento en el rango elástico bajo la norma peruana E.070; esto con la finalidad de determinar cuáles son los muros más esforzados, los mismos que posteriormente son reforzados con malla electrosoldada. En base a investigaciones precedentes de reforzamiento y en la normativa mexicana de albañilería, se identifica los tipos de malla a emplear y se corroboran los resultados esperados; determinándose que la malla electrosoldada mejora la resistencia al corte de las viviendas frente a solicitaciones sísmicas. Finalmente, se realiza una estimación del costo de reparación de los muros, el cual es comparado con la inversión necesaria para construir un muro de albañilería confinada. La investigación permite demostrar que el refuerzo con malla electrosoldada confiere a los muros de albañilería un incremento en su resistencia al corte frente a sismos; así pues, en muros de ladrillo King Kong, el incremento sobre la resistencia original del muro es del 10% con refuerzo a una cara hasta el 40% con refuerzo a dos caras, mientras que en muros de ladrillo pandereta es del 60% al 130% respectivamente.

En estas líneas quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible llegar a este momento de mi vida profesional. Quiero dedicarlo en especial a mi madre y a mi padre, por ser fuentes de amor, sabiduría y experiencia, por su apoyo incondicional y motivarme continuamente a cumplir mis metas. Agradecer también a mi hermana por su cariño y compañía. Del mismo modo quiero agradecer a mi compañero de tesis por su ayuda y compromiso. Y finalmente a nuestro asesor, por brindarnos su experiencia y orientación sin los cuales no hubiésemos podido desarrollar este trabajo.

Kenny Farje

Dedicado a mi familia por su incondicional apoyo, especialmente a mi madre, por su amor, paciencia y ejemplo que me permitió lograr cumplir una meta más en mi vida profesional. A mis tíos y abuelos, fuentes de conocimiento y experiencia, quienes lograron apoyarme en todo momento a lo largo de mi carrera. Y finalmente pero no menos importantes, a mi compañero de tesis y a nuestro asesor, sin los cuales esto no hubiera sido posible y con quienes me encuentro plenamente agradecido.

Hideki Yabuta

# CONTENIDO

---

RESUMEN	i
CONTENIDO	iii
INDICE DE FIGURAS	v
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE ECUACIONES	ix
CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Justificación e hipótesis	4
1.2.1 Justificación	4
1.2.2 Hipótesis	5
1.3 Objetivos	6
1.3.1 Objetivo general	6
1.3.2 Objetivos específicos	6
1.4 Alcances	6
1.5 Metodología	7
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	9
2.1 Marco teórico	9
2.2 Estado del arte	15
CAPÍTULO III HABITABILIDAD URBANA DE LA ZONA DE ESTUDIO	23
3.1 Características demográficas	23
3.1.1 Consolidación urbana	23
3.1.2 Población, vivienda y características socioeconómicas	24
3.2 Delimitación del área de estudio	31
CAPÍTULO IV CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS VIVIENDAS	34
4.1 Informes antecesores	34
4.2 Características técnicas de las viviendas	39
4.2.1 Descripción general de las viviendas	39
4.2.2 Elementos estructurales y problemas presentados	41
4.3 Selección de las viviendas	44
CAPÍTULO V CÁLCULO ESTRUCTURAL	50
5.1 Características estructurales de la vivienda	50
5.2 Definición de elementos y consideraciones para el modelo	53
5.3 Densidad de muros	55
5.4 Análisis sísmico estático	60
5.4.1 Periodo fundamental y cortante basal	60
5.4.2 Irregularidades	61
5.5 Diseño sísmico de muros de albañilería	64
5.6 Reforzamiento de muros con malla electrosoldada	73
CAPÍTULO VI REPARACIÓN DE MUROS	81
6.1 Manual de reparación	81
6.2 Costo de reparación	86
CAPÍTULO VII CONCLUSIONES	89

7.1 Del análisis de reforzamiento	89
7.2 Del proceso constructivo y costo de reparación	92
7.3 Línea futura de investigación	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94



# INDICE DE FIGURAS

---

Figura 1.1. Sismos reportados 2017, con sismos superficiales [ $h < 60\text{km}$ ] en color rojo (IGP, 2017)	1
Figura 1.2. Proceso de subducción entre las placas de Nazca y Sudamericana (Centro de estudios y prevención de desastres [PREDES])	2
Figura 2.1 Albañilería confinada por conexión a ras con mechas (Google, 2018)	10
Figura 2.3 Falla fuera del plano (Google, 2007)	12
Figura 2.4 Falla por cortante (Google, 2007)	12
Figura 2.5 Curva de capacidad representativa (Revista de ingeniería de construcción, 2010)	13
Figura 2.6 Curva de capacidad para un suelo S1 (Quiroz, E., 2017)	13
Figura 2.7 Zonificación sísmica del país (NTP E.030, 2018)	14
Figura 2.8 Gráfica fuerza vs desplazamiento de muro albañilería confinada sin y con refuerzo de malla electrosoldada. (Tarque, N., 2018)	16
Figura 2.9 Comparación de envolventes (Mamani, P., 2015)	17
Figura 2.10 Ubicación del acero grafilado: (a) Muro sin refuerzo, (b) Muro reforzado en la junta horizontal superior, (c) Muro reforzado en toda la longitud, (d) Muro con refuerzo en la parte central, (e) Muro con refuerzo en el tercio medio del muro (Páez, D., Parra, S., & Montaña, C., 2009)	18
Figura 2.11 Gráfica esfuerzo vs desplazamiento de muros de AC con y sin refuerzo estructural (SENCICO, 2017)	20
Figura 3.1 A la izquierda. Mapa urbano del distrito (Observatorio Urbano, 2016)	24
Figura 3.2 A la derecha. Mapa de expansión urbana de Lima Sur (Observatorio Urbano, 2016)	24
Figura 3.3 Distritos con mayor población en la provincia de Lima en los años: (a) 1993 y (b) 2017	25
Figura 3.4 Comportamiento de crecimiento de las viviendas en la provincia de Lima, según clasificación del INEI (INEI, 2017)	26
Figura 3.5 Tipos de viviendas en el distrito, recopilada del Censo 2007 (INEI, 2007)	27
Figura 3.6 A la izquierda. Asentamientos urbanos sobre laderas de cerros (Google, 2013)	28
Figura 3.7 A la derecha. Características predominantes de las viviendas en la zona Paraíso Alto (Google, 2013)	28
Figura 3.8 Material predominante en los muros exteriores de las viviendas del distrito (INEI, 2007)	29
Figura 3.9 Viviendas en el distrito que cuentan con: (a) agua potable todos los días de la semana y (b) alumbrado público (INEI, 2007)	29
Figura 3.10 A la izquierda. Comparación de tipo de vivienda preferido por los NSE C y D	30
Figura 3.11 A la derecha. Comparación de los materiales usados en muros exteriores por NSE C y D	30
Figura 3.12 Ubicación del AAHH El Paraíso. (Michelin, 2018)	31
Figura 3.13 Rutas de acceso a El Paraíso (Google, 2013)	32
Figura 3.14 Tipos de viviendas en el asentamiento humano El Paraíso (INDECI, 2011)	33
Figura 3.15 Crecimiento vertical de las viviendas en el distrito (INDECI, 2011)	33
Figura 4.1 A la izquierda. Mapa de vulnerabilidad sísmica del sector El Paraíso (INDECI, 2011)	35

Figura 4.2 A la derecha. Ubicación de las viviendas (SENCICO, 2015)	35
Figura 4.3 Progresión de una vivienda informal (DESCO, 2005)	36
Figura 4.4 Viviendas en el distrito según el tipo del suelo sobre los cuales se construyeron (INDECI, 2011)	37
Figura 4.5 Viviendas en el distrito según las pendientes sobre las cuales se asentaron (INDECI, 2011)	38
Figura 4.6 Perfil de una vivienda construida sobre una pendiente (SENCICO, 2015)	39
Figura 4.7 Distribución de viviendas según número de pisos (SENCICO, 2015)	41
Figura 4.8 Viviendas según material predominante en sus muros (SENCICO, 2015)	41
Figura 4.9 Fallas en las cimentaciones por (a) presencia de pircas y (b) cimentación expuesta (SENCICO, 2015)	42
Figura 4.10 Muros de ladrillo de arcilla: (a) industrial, sin confinamiento ni dintel y (b) tradicional con juntas de 3cm (SENCICO, 2015)	43
Figura 4.11 Viviendas con ladrillo de arcilla (a) en muros exteriores y (b) en muros interiores (SENCICO, 2015)	44
Figura 4.12 Fachada de la vivienda 1 (SENCICO, 2015)	46
Figura 4.13 A la izquierda. Planta del primer nivel de la vivienda 1	47
Figura 4.14 A la derecha. Planta del segundo nivel de la vivienda 1	47
Figura 4.15 Fachada de la vivienda 2 (SENCICO, 2015)	48
Figura 4.16 Planta del primer nivel de la vivienda 2	49
Figura 4.17 Planta del segundo nivel de la vivienda 2	49
Figura 5.1 Definición de los elementos columnas	54
Figura 5.2 Definición de los elementos losas	54
Figura 5.3 Definición de los elementos muros	55
Figura 5.4 Cortantes en muros y columnas de amarre en la vivienda 1	55
Figura 5.5 Visualización 3D de las estructuras modeladas	62
Figura 5.6 Plantas de los dos niveles, vivienda 1	65
Figura 5.7 Planta de los dos niveles, vivienda 2	65
Figura 6.1 Remoción de acabados del muro a reforzar (Quatatis, 2017)	82
Figura 6.2 Reparación de muro: (a) Reemplazo de unidades dañadas, (b) Muro reparado (SMIE, 2007)	82
Figura 6.3 Reparación de nudos (SMIE, 2007)	83
Figura 6.4 Pañeteo de muro reparado (Google, 2014)	83
Figura 6.5 Anclaje del refuerzo: (a) Distribución de los anclajes, (b) Foto referencial (SMIE, 2007)	84
Figura 6.6 Anclaje del refuerzo: (a) Perforación de muro, (b) Amarre del muro a través de malla #16. (San Bartolomé, 2010)	84
Figura 6.7 Disposición para la colocación de refuerzo (NTCM, 2004)	85

# INDICE DE TABLAS

---

Tabla 1.1. Sismos reportados a nivel nacional, periodo 2008 – 2017	1
Tabla 1.2. Viviendas con daños en el sismo de Ica (INDECI, 2011)	3
Tabla 1.3. Nivel de daños en viviendas a nivel de manzanas para sismo de 8.0 Mw (INDECI, 2011)	4
Tabla 1.4. Aceleraciones máximas en la roca para sismos de diseño de edificios (Muñoz, A., 2004)	5
Tabla 1.5. Desempeño de edificaciones: (a) comunes, (b) esenciales, (c) críticas (Muñoz, A., 2004)	5
Tabla 2.1 Valores de resistencia a la compresión según el material utilizado (Astroza, M, 2004)	16
Tabla 2.2 Resultado de esfuerzos cortantes según la ubicación del refuerzo Páez, D., Parra, S., & Montaña, C., 2009)	18
Tabla 3.1 Crecimiento poblacional de Villa María del Triunfo, recopilación de información INEI	25
Tabla 4.1 Ubicación referencial de las 39 viviendas estudiadas por SENCICO (SENCICO, 2015)	34
Tabla 4.2 Vulnerabilidad del sector El Paraíso (INDECI, 2011)	35
Tabla 4.3 Viviendas de estudio de SENCICO	40
Tabla 4.4 Viviendas según condición de consolidación y uso de planos	40
Tabla 5.1 Valores característicos de la albañilería industrial (El Peruano, 2006)	52
Tabla 5.2 Lista de muros confinados existentes, vivienda 1	56
Tabla 5.3 Lista de muros confinados existentes, vivienda 2	57
Tabla 5.4 Densidad de muros en la dirección X-X, vivienda 1	58
Tabla 5.5 Densidad de muros en la dirección X-X, vivienda 2	58
Tabla 5.6 Densidad de muros en la dirección Y-Y, vivienda 1	59
Tabla 5.7 Densidad de muros en la dirección Y-Y, vivienda 2	59
Tabla 5.8 Periodo y modos fundamentales de la estructura, vivienda 1	60
Tabla 5.9 Periodo y modos fundamentales de la estructura, vivienda 2	60
Tabla 5.10 Peso sísmico por piso	61
Tabla 5.11 Fuerza cortante por piso y basal para sismo moderado, $R=R_0$	61
Tabla 5.12 Irregularidades en altura, vivienda 1	62
Tabla 5.13 Irregularidades en altura, vivienda 2	63
Tabla 5.14 Irregularidades en planta, vivienda 1	63
Tabla 5.15 Irregularidades en planta, vivienda 2	64
Tabla 5.16 Fuerza cortante por piso y basal para sismo moderado, $R=2.25$	65
Tabla 5.17 Análisis de sismo moderado, vivienda 1	68
Tabla 5.18 Análisis de sismo moderado, vivienda 2	68
Tabla 5.18 continuación Análisis de sismo moderado, vivienda 2	69
Tabla 5.19 Análisis de sismo severo, vivienda 1	71
Tabla 5.20 Análisis de sismo severo, vivienda 2	72
Tabla 5.21 Reforzamiento de la vivienda 1 aplicando malla QE-106	77

Tabla 5.22 Reforzamiento de la vivienda 2 aplicando malla QE-106	77
Tabla 5.22 continuación Reforzamiento de la vivienda 2 aplicando malla QE-106	77
Tabla 5.23 Aceptación de la malla QE-106 en la vivienda 2	78
Tabla 5.23 continuación Aceptación de la malla QE-106 en la vivienda 2	78
Tabla 5.24 Aceptación de la malla QE-106 en la vivienda 1	79
Tabla 5.25 Reforzamiento del muro P10-4, vivienda 1, con malla Q-188	80
Tabla 6.1 Dosificación para diferentes elementos estructurales, por m <sup>3</sup> de concreto (UNACEM, 2014)	86
Tabla 6.2 Tabla resumen de uso de morteros	87
Tabla 6.3 Especificaciones técnicas de las mallas electrosoldadas (PRODAC, 2019)	87
Tabla 6.4 Tiempo empleado para realizar el trabajo de reforzamiento	87
Tabla 6.5 Presupuesto de reforzamiento estructural con malla electrosoldada por metro cuadrado	88



## INDICE DE ECUACIONES

---

Ecuación 5.1 Densidad mínima de muros reforzados	57
Ecuación 5.2 Cortante basal	61
Ecuación 5.3 Resistencia al agrietamiento diagonal	66
Ecuación 5.4 Control de fisuración ante sismo moderado	66
Ecuación 5.5 Resistencia del concreto	66
Ecuación 5.6 Factor de amplificación para sismo severo	70
Ecuación 5.7 Fuerzas internas para sismo severo	70
Ecuación 5.8 Fuerza cortante de la malla electrosoldada	73
Ecuación 5.9 Cuantía del acero horizontal de la malla electrosoldada	74
Ecuación 5.10 Resistencia al cortante remanente de la mampostería (Ruiz, J., 2007)	74
Ecuación 5.11 Resistencia al cortante remanente de la mampostería para estructuras tipo I	75



# CAPÍTULO I

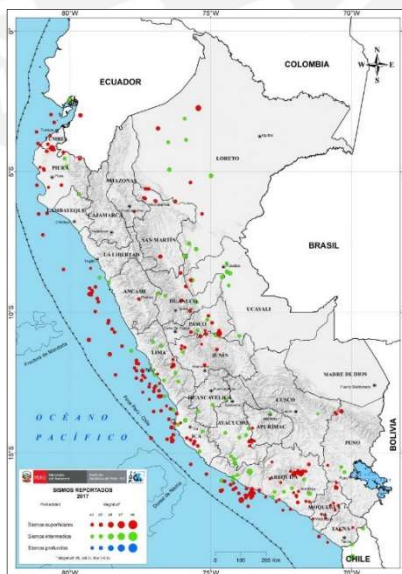
## ASPECTOS GENERALES

### 1.1 Planteamiento del problema

El Perú se encuentra ubicado en una zona con un alto nivel de actividad sísmica. Como se aprecia en la Tabla 1.1, en los últimos diez años se han reportado 2349 sismos a nivel nacional. De estos, en palabras de Hernando Tavera, presidente del Instituto Geofísico del Perú (IGP), “el 70% ocurre frente a la costa peruana, con mayor incidencia sobre las regiones del centro y sur del Perú: desde Lima hasta Tacna” (El Comercio, 2018). Gráficamente se puede apreciar en la Figura 1.1 donde se muestran los sismos reportados en el año 2017 con magnitudes mayores a 3.0, los cuales son superficiales o intermedios, y el litoral peruano es donde se concentran la mayor cantidad de ellos.

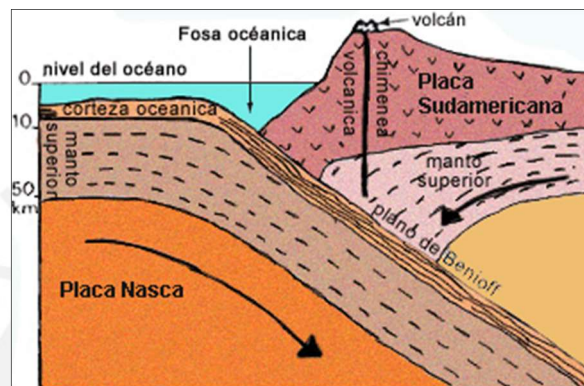
**Tabla 1.1.** Sismos reportados a nivel nacional, periodo 2008 – 2017

AÑO	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008
SISMOS	397	413	277	240	220	226	149	151	142	134



**Figura 1.1.** Sismos reportados 2017, con sismos superficiales [h<60km] en color rojo (IGP, 2017)

Esta concentración de sismos se debe a que el Perú, al igual que Chile, México o Japón, se encuentra dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico. Específicamente en el encuentro de las placas de Nazca y Sudamericana a través de un proceso de subducción. En la Figura 1.2 se muestra este proceso, en el cual la placa oceánica de Nazca se introduce en el manto de la placa continental Sudamericana, formando en su proceso la Cordillera de los Andes y una serie de volcanes que se extienden desde Ecuador hasta Chile.



**Figura 1.2.** Proceso de subducción entre las placas de Nazca y Sudamericana (Centro de estudios y prevención de desastres [PREDES])

Este proceso ha conllevado que a lo largo de la historia del país se registren sismos de gran magnitud que han causado desastres de grandes proporciones y la consecuente pérdida de vidas humanas.

El último sismo de gran magnitud registrado aconteció el 15 de agosto de 2007, con epicentro en el mar a 60km al oeste de la ciudad de Pisco. Este sismo alcanzó una magnitud de 7.9 Mw y una intensidad en la escala de Mercalli Modificada de VII para Pisco y VI en Lima. Dejando como consecuencia un saldo de 596 muertos y una población damnificada de 434 614 personas en los cinco departamentos más afectados: Ica, Lima, Huancavelica, Ayacucho y Junín, en ese orden (Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI], 2011).

A pesar que equivocadamente se suele indicar como principal causa de muerte durante movimientos telúricos a los mismos sismos, la realidad es que la mayor cantidad de decesos se debe a los colapsos de edificaciones cuyos habitantes no pudieron evacuar a tiempo. En la Tabla 1.2 se muestra la cantidad de viviendas que sufrieron daños en

el sismo de Ica, nombre que se le dio al sismo del 15 de agosto de 2007. De la tabla se observa que la mayor cantidad de daños ocurrieron en Ica. Comparándolo con el número de viviendas del Censo Nacional de Población y Vivienda de 2007, el 56% de las viviendas encuestadas en Ica presentaron daños (INEI, 2007).

**Tabla 1.2.** Viviendas con daños en el sismo de Ica (INDECI, 2011)

REGIÓN	VIVIENDAS			TOTAL
	DESTRUIDAS	INHABITABLES	AFFECTADAS	
Ica	43 388	35 519	31 966	110 873
Lima	4245	8298	9183	21 726
Huancavelica	479	1683	4174	6336
Ayacucho	92	0	490	582
Junín	4	0	0	4
<b>Total</b>	<b>48 208</b>	<b>45 500</b>	<b>45 813</b>	<b>139 521</b>

La causa del daño en las viviendas, analizando el departamento de Ica, se debió no solo al movimiento telúrico tal y como indica el reporte de INDECI (2011, p.79): *“las viviendas que colapsaron se debieron por un mal diseño, por asentarse en suelos blandos y por la falta de adecuadas técnicas constructivas”*. Estas fallas que se apreciaron luego del terremoto se debieron principalmente a la falta de asesoramiento técnico capacitado en la construcción de viviendas, exponiéndose las consecuencias de una de las falencias más repetitivas en la forma en que se construye en el país: la auto-construcción. Esta práctica se ha convertido en una costumbre al momento de construir: como resalta el presidente de la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), Enrique Espinosa, *“el 70% de las viviendas en Lima son construidas sin pasar por ningún proceso formal, es decir no han gestionado una licencia de construcción, no han sido construidas por un profesional y no han tenido ningún proceso de supervisión por ninguna autoridad”* (Angulo, W., 2017).

Por ende, la práctica de la auto-construcción en un país altamente sísmico conlleva a buscar soluciones que logren disminuir la vulnerabilidad sísmica de las viviendas ya construidas; esto con la finalidad de evitar sus colapsos ante sismos futuros. Esta investigación por su parte se centrará en la aplicación de una metodología de reforzamiento, a través de mallas electrosoldadas, de muros de albañilería confinada en viviendas unifamiliares del distrito de Villa María del Triunfo, uno de los distritos más poblados de la capital.

## 1.2 Justificación e hipótesis

### 1.2.1 Justificación

Dado que Lima presenta un porcentaje significativo de viviendas construidas sin asesoramiento técnico, su vulnerabilidad frente a sismos se vuelve mayor; conllevando a la necesidad de reforzarlas ante el riesgo de colapso en sismos futuros.

Por tanto, esta investigación se centrará en reforzar construcciones existentes de albañilería confinada con métodos de reforzamientos que se encuentran disponibles en el mercado peruano. Esto se realizará teniendo como zona de estudio el distrito de Villa María del Triunfo, perteneciente a la ciudad de Lima.

El motivo por el cual se escoge este distrito es por el elevado número de viviendas que presentarían daños estructurales severos en caso de sismos. INDECI el año 2011 llevó a cabo un proyecto de riesgo sísmico en el distrito, determinándose que, para un sismo de aceleraciones máximas de 0.40g, la intensidad que se esperaría sería de VIII en la escala de Mercalli Modificada. Esto a nivel distrital conllevaría daños moderados a severos en 1830 manzanas habitacionales de las 6464 que existen. En la Tabla 1.3 se aprecia que el 28% de manzanas presentarían daños en los elementos estructurales y el 4% de estos llegaría hasta el colapso de las edificaciones presentes.

*Tabla 1.3.* Nivel de daños en viviendas a nivel de manzanas para sismo de 8.0 Mw (INDECI, 2011)

<i>DAÑOS ESPERADOS</i>	<i>Nº MANZANAS</i>	<i>PORCENTAJE (%)</i>	<i>TIPO DE DAÑOS</i>
Bajo	433	6.7	Ninguno
Medio	4201	65.0	Falla en elementos no estructurales
Alto	1563	24.2	Falla en elementos estructurales
Muy alto	267	4.1	Colapso
<b>Total</b>	<b>6464</b>	<b>100.0</b>	

Analizando este caso planteado por INDECI, la Tabla 1.4 determina que se estaría desarrollando un sismo raro cuyo periodo de retorno sería de 100 años (INDECI, p.52). Para la Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC, por sus siglas

en inglés), esto implica que el desempeño de las edificaciones comunes para sismos raros se debería encontrar a nivel de resguardo de vida.

Por lo tanto, dado que en el análisis de INDECI existe un 4% de viviendas que colapsarían frente a un sismo severo y un 24% con daños elevados, no es factible decir que estas manzanas se encuentren en un nivel de resguardo de vida y lejos al colapso. Es decir, es necesario aplicar sistemas de reforzamiento que aseguren el adecuado nivel de desempeño de las viviendas en la zona de estudio.

**Tabla 1.4.** Aceleraciones máximas en la roca para sismos de diseño de edificios (Muñoz, A., 2004)

<i>SISMO DE DISEÑO</i>	<i>ACELERACIÓN ESPERADA (g)</i>
Sismos frecuentes	0.20
Sismos ocasionales	0.25
Sismos raros	0.40
Sismos muy raros	0.50

**Tabla 1.5.** Desempeño de edificaciones: (a) comunes, (b) esenciales, (c) críticas (Muñoz, A., 2004)

		<i>NIVEL DE DESEMPEÑO</i>			
		<i>Completamente operativo</i>	<i>Operativo</i>	<i>Resguardo de vida</i>	<i>Cerca al colapso</i>
<i>SISMO DE DISEÑO</i>	<i>Sismo frecuente</i>	a			
	<i>Sismo ocasional</i>	b	a		
	<i>Sismo raro</i>	c	b	a	
	<i>Sismo muy raro</i>	c	c	b	a

### 1.2.2 Hipótesis

Se espera que el reforzamiento de muros con mallas electrosoldadas logre incrementar la resistencia al corte de muros de albañilería confinada previamente solicitados. Además, se espera que el costo de reforzar los muros resulte factible para su aplicación tanto a escala industrial, por medio de incentivos del Estado, como a escala individual.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

El objetivo principal de la investigación es determinar si el uso de la malla electrosoldada, como metodología de reforzamiento para muros de albañilería confinada de viviendas, le confiere la resistencia al corte requerido para evitar el fallo de los mismos ante solicitaciones sísmicas severas.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

Los objetivos específicos de la investigación son

- Identificar dos viviendas características del área de estudio que se requieran reforzar a partir de sus materiales predominantes y procesos constructivos.
- Analizar el comportamiento sísmico de las viviendas por medio de un modelo computacional y bajo la normativa peruana para edificaciones de albañilería.
- Determinar los muros confinados de mayor solicitud que requieran reforzar por solicitaciones que excedan su capacidad.
- Determinar el tipo de malla electrosoldada y su aporte a la resistencia de los muros de albañilería confinada frente a solicitaciones sísmicas.
- Elaborar una guía de reforzamiento de muros de albañilería confinada con mallas electrosoldadas y el costo estimado requerido para su instalación.

## **1.4 Alcances**

La investigación busca evidenciar y promover el uso de la malla electrosoldada como método de reforzamiento de bajo costo para un modelo de vivienda de albañilería confinada que se encuentre situado en las laderas de los cerros de la costa peruana. Se elaborará una guía que sirva como referente para reforzar dichas viviendas con el uso de mallas electrosoldadas presentes en el mercado peruano.

## 1.5 Metodología

Para desarrollar la investigación se siguió la metodología descrita a continuación:

- Se compararon diversas investigaciones realizadas sobre sistemas de reforzamiento en muros de albañilería confinada.
- Se recopiló información de las características demográficas del distrito a partir de publicaciones del INEI, describiendo el crecimiento poblacional y los rasgos habitacionales desde el censo de 1993 hasta el año 2017. También se definió la distribución de niveles socioeconómicos en el distrito a partir de información recopilada por la Asociación Peruana de Empresas de Investigación de Mercados (APEIM).
- Se delimitó el área de estudio teniendo en cuenta el potencial de las viviendas a ser reforzadas y la información disponible en el informe de diagnóstico de las condiciones de habitabilidad de la vivienda en el distrito de Villa María del Triunfo – Sector José Carlos Mariátegui – AAHH El Paraíso – El Paraíso Alto presentado por SENCICO en el 2015.
- De las viviendas encuestadas por SENCICO se describieron las características más resaltantes, indicando los problemas más característicos. Con ello se definieron los aspectos más severos a tener en cuenta al momento de definir las viviendas sobre las cuales se llevó a cabo el análisis.
- Se estudiaron guías de reforzamiento sobre viviendas de albañilería para determinar el proceso constructivo que se debe aplicar, además de los cálculos numéricos necesarios para determinar los muros a reforzar y la cantidad de refuerzo a emplear.
- Se modelaron las viviendas a través de un software especializado de acuerdo a las consideraciones indicadas en las normas E.030, E.060 y E.070. Siguiendo las recomendaciones de la Norma Técnica Complementaria para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería mexicana acerca del modelamiento de las estructuras.
- Se presentó el análisis de los muros estructurales de las viviendas tanto para sismo moderado como sismo severo. Se determinaron los muros críticos para reforzar y finalmente se calculó el rendimiento de los muros reforzados por la malla.

- Se elaboró una guía de reforzamiento comparando los procesos constructivos seguidos en investigaciones nacionales como extranjeras. Así mismo, se presentó un estimado del costo que se requeriría para reforzar los muros por metro cuadrado.



# CAPÍTULO II

## MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

---

### 2.1 Marco teórico

#### *Albañilería confinada*

La albañilería confinada es una técnica de construcción usualmente empleada en el medio para la construcción de viviendas no mayores a cinco pisos. Este método se caracteriza por el uso de ladrillos de arcilla cocida, vigas, columnas y losas aligeradas. El proceso constructivo de esta técnica puede darse mediante una configuración dentada con una longitud saliente no mayor a 5cm como indica la norma técnica peruana E.070 sobre albañilería; o, como se aprecia en la Figura 2.1, con el uso de mechas de acero corrugado para que pueda amarrarse con los elementos verticales de confinamiento, además del amarre con las vigas de solera conjuntamente con la losa aligerada. Cada elemento en este sistema cumple una importante función. Por ello, la importancia de construirlo según la secuencia mencionada. Las columnas y vigas, ambas de concreto armado, proporcionan ductilidad; es decir, capacidad de deformación antes de ocurrir la falla del elemento. De esta manera los muros de ladrillo pueden ser portantes y no portantes. Lo muros no portantes, son aquellos que están libres de recibir carga vertical y son diseñados básicamente para soportar fuerzas perpendiculares a su plano. Por otro lado, los muros portantes son elementos estructurales de la edificación debido a que estarán expuestos a todo tipo de sollicitación en su plano, es decir perpendicular, vertical y puntual (San Bartolomé, A., 2018, p.22).



*Figura 2.1* Albañilería confinada por conexión a ras con mechas (Google, 2018)

### *Informalidad en el sector construcción*

La construcción informal nace con la necesidad de la población de contar con una vivienda propia a un bajo precio. Según CAPECO, la vivienda informal posee siete características que la distinguen (2018, p.40):

1. Está situada en la periferia urbana (ocupando áreas no edificables o de riesgo)
2. Es auto diseñada y autoconstruida con materiales de baja calidad
3. No se ajusta completamente a los estándares de construcción y al uso de la tierra
4. El acceso a la infraestructura urbana y servicios públicos es deficitario
5. Es financiada con ahorros familiares o grupales y/o a través de prestamistas informales
6. Es paulatinamente mejorada por los ocupantes durante un largo periodo de tiempo
7. Carece de título de propiedad y, con frecuencia, la posesión es insegura y está sujeta a disputas entre los poseionarios

El problema a nivel estructural se origina principalmente por los puntos 2 y 6. El largo tiempo de construcción implica que no se tenga una definición clara del producto final desde su concepción. Además, el hecho que las viviendas sean autoconstruidas implica que no se considere el asesoramiento técnico y profesional desde el diseño hasta en la etapa de construcción. Ello se debe principalmente al costo que implica contar con especialistas, lo cual excede las capacidades económicas de las familias, surgiendo en consecuencia la idea de erigirla por mano propia contando a lo más con un maestro de obra como elemento de confianza para erigir la vivienda. El método constructivo de la albañilería confinada requiere de una secuencia constructiva, la cual repercute

directamente en el comportamiento sísmico de la estructura. Esto es complementado con la calidad de los materiales utilizados, por ende, en muchos de los casos se cree que los materiales son la parte más crucial en una edificación.



*Figura 2.2* Albañilería informal (Google, 2016)

### *Comportamiento sísmico*

Los sismos suscitados en el tiempo han provocado daños en las edificaciones de albañilería especialmente aquellas que fueron construidas sin asesoría profesional. Las fallas y colapso de este tipo de estructuras, en la mayoría de casos, ocurre de manera súbita debido a una falta de ductilidad. Esto está muy relacionado principalmente a las deficiencias en los métodos constructivos como lo son la falta o insuficiencia de anclajes de muros en elementos estructurales, la poca densidad de muros en alguno de los ejes y la excesiva presencia de bolsones de aire (cangrejeras).

Entre los tipos de falla de muros ante un sismo se encuentran la falla fuera del plano, la cual es muy común en este tipo de estructuras debido a la falta de anclajes en los techos y muros, o la excesiva flexibilidad en los diafragmas cuando se produce un sismo en el eje perpendicular al muro. La Figura 2.3 ejemplifica este tipo de falla. Otro tipo de falla es la mostrada en la Figura 2.4, este tipo de falla se produce en el plano del muro por efecto de corte; se manifiesta como una doble diagonal formando una “X” y se asocia a la pobre densidad de muros en las edificaciones.



**Figura 2.3** Falla fuera del plano (Google, 2007)



**Figura 2.4** Falla por cortante (Google, 2007)

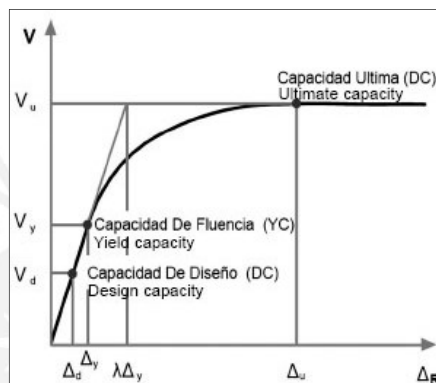
Un último tipo de falla es por falta de anclajes o conexión, este problema es más común en la parte superior de los muros, donde, por deficientes métodos constructivos, no hay un anclaje adecuado entre muro y techo. Esto ocasiona grietas verticales en las esquinas y los empalmes.

#### *Curva de capacidad*

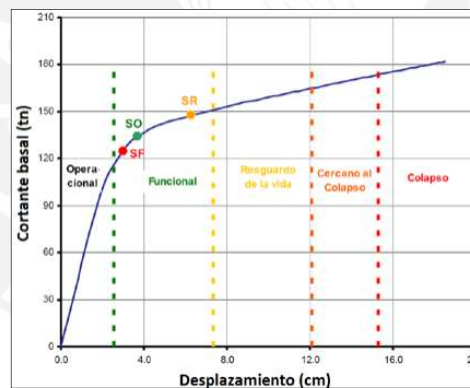
La curva de capacidad es una gráfica que se obtiene como representación de la resistencia a la carga lateral en función de su desplazamiento horizontal. Para obtener dicha curva se aplica una fuerza lateral a la estructura, la cual se incrementa de manera progresiva hasta llegar a la falla. Durante el lapso de duración hasta la falla, el elemento presenta dos zonas marcadas. Una de ellas es la etapa elástica, donde el elemento tiene capacidad de retornar a su forma original sin sufrir deformaciones. Y la otra es la etapa inelástica que dependerá de las propiedades mecánicas del elemento para deformarse y aceptar mayores cargas antes de colapsar. El punto de intercepción o de transición se le conoce como fluencia, este punto define el valor máximo que puede resistir el elemento antes de empezar a fluir. A la izquierda de este punto la gráfica se asemeja a una recta cuya pendiente es la rigidez del elemento en mención; sin embargo, dado que es un punto cuya exactitud es difícil de obtener, se simplifica mediante aproximación.

La Figura 2.5 muestra la forma de la curva de capacidad de un elemento dúctil que soporta cargas mayores a la fluencia. Usualmente para el diseño se considera un valor menor a la fluencia como margen de seguridad. El último punto obtenido de la gráfica

corresponde al valor de la deformación en la ruptura. La Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC) clasifica la curva de capacidad en relación al desempeño que debe tener una estructura, como se muestra en la Figura 2.6. Esta clasificación permite determinar el comportamiento de una estructura ante una demanda sísmica. A manera de ejemplo, un sismo frecuente en una vivienda bien diseñada no debería abandonar el área de fluencia; es decir la estructura debería tener un comportamiento completamente operacional.



**Figura 2.5** Curva de capacidad representativa (Revista de ingeniería de construcción, 2010)



**Figura 2.6** Curva de capacidad para un suelo S1 (Quiroz, E., 2017)

### *Vulnerabilidad sísmica*

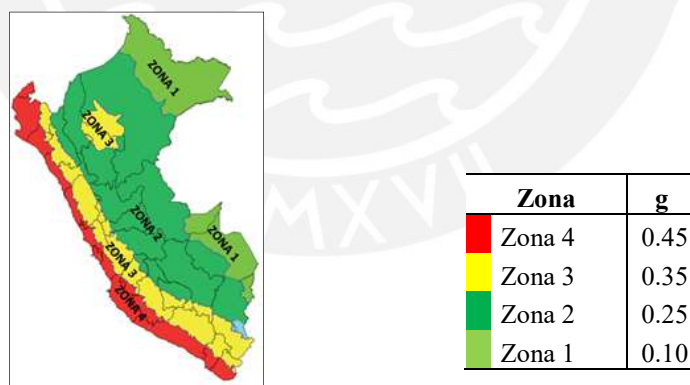
La vulnerabilidad sísmica de una edificación, se define como su predisposición intrínseca a sufrir daño ante la ocurrencia de un movimiento sísmico y está asociada directamente con sus características físicas y estructurales de diseño (Barbat, A., 2004). El concepto de vulnerabilidad sísmica es muy importante en el estudio de riesgo sísmico y en el diseño de la estructura. En las estructuras existentes es muy poco

probable poder reducir las amenazas a la que se encuentran expuestas; sin embargo, en caso el riesgo sísmico sobre la vivienda sea muy alto, es necesario intervenir la vulnerabilidad de la estructura mediante mecanismos de reforzamiento.

### *Peligro sísmico*

El peligro sísmico se resume en la importancia que puede alcanzar un movimiento telúrico en un determinado lugar. Además, la ubicación geográfica de la zona y las características del suelo son también factores que finalmente determinan el valor del peligro sísmico en una ubicación. Este peligro suele ser representada o medida por el valor máximo que puede alcanzar un sismo lo que se refleja en la aceleración del suelo.

En el Perú, el peligro sísmico de las viviendas se expresa en la norma técnica E.0.30 sobre diseño sismorresistente. La Figura 2.7 indica la zonificación sísmica del país en cuatro zonas según las fallas geológicas que se encuentren en el territorio. La zona de rojo corresponde a la costa peruana, donde se han registrado los mayores sismos en la historia nacional debido a la subducción de la placa de Nazca en la placa Sudamericana.



**Figura 2.7** Zonificación sísmica del país (NTP E.030, 2018)

### *Riesgo sísmico*

Se dice que el riesgo sísmico es la interpolación entre el peligro en una determinada zona, y la vulnerabilidad de las edificaciones presentes; sin embargo, a estos dos factores se debe añadir la exposición cuantificable de los elementos, entendiéndose población, instalaciones e infraestructura en riesgo, según la respuesta del sitio donde

se ubican ante un sismo (Osorio, F., 2015). Entonces, el daño que podría presentar una estructura debido a un sismo, como consecuencia de las propiedades estructurales que este posea más la amenaza a la que fue sometida, se le denomina riesgo sísmico.

$$\text{Riesgo sísmico} = \text{Peligro sísmico} \times \text{Vulnerabilidad} \times \text{Exposición}$$

## 2.2 Estado del arte

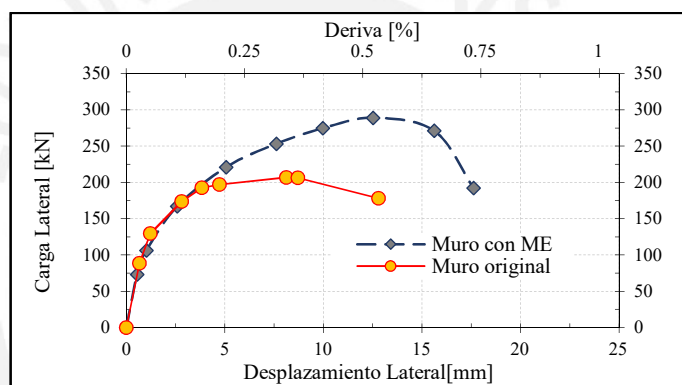
### *Estudios preliminares*

La técnica de la albañilería confinada es un método constructivo popular a nivel mundial y muy arraigado en la sociedad peruana. Esta práctica data desde 1940, precisamente después del terremoto del mismo año que azotó el departamento de Lima. Este método constructivo fue concebido por profesionales para ser dirigido por los mismos; sin embargo, esta lógica no se cumple actualmente, un claro ejemplo son las viviendas construidas en la capital peruana. Según reportes de SENCICO, el 70% de viviendas en la ciudad de Lima son informales; es decir, no han sido dirigidas ni diseñadas por personal técnico, lo cual las convierte en altamente vulnerables a sismos.

Por ello, la necesidad de implementar medidas para minimizar la vulnerabilidad de las viviendas se hace inminente. En esa medida y en base a la bibliografía de reforzamiento realizados en el país: Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería por San Bartolomé, A. el 2018, fibra de vidrio (GFRP), fibra de carbono (CFRP) y malla electrosoldada (ME) por SENCICO el 2017, malla de acero (MAC) por Luján, M. el 2016, el análisis comparativo de las cuatro alternativas de refuerzo sísmico por Tarque, N. el 2018, malla Triax 160 por Torrealva, D. el 2014 y acero gavillado por Páez el 2009 se busca sugerir una alternativa que se adecue a los requerimientos en las estructuras levantadas sobre territorio peruano.

Construir una vivienda demanda tiempo, esfuerzo y sobre todo dinero. Este último factor es el causante de que muchas familias opten por autoconstruir sus hogares en búsqueda de economizar. Por ende, el valor del sistema de refuerzo también es un factor determinante al momento de elegir la propuesta de reforzamiento sísmico.

Un muro de albañilería confinada sin refuerzo estructural, tiene un comportamiento elástico hasta una deriva de 0.04% a 0.06%, para luego dar inicio al agrietamiento de los elementos de confinamiento vertical a partir de derivas del 0.1%. Las grietas típicas debido a cortante empiezan a evidenciarse para valores entre 0.29% a 0.34% y, finalmente, para valores a partir de 0.38% las grietas se intensifican con trituración de los muros de ladrillo en las esquinas y zona central (Tarque, N., 2018). Por otro lado, el reforzamiento de un muro posee diferentes características según el refuerzo utilizado; sin embargo, todos poseen un común denominador, el cual es recuperar la rigidez inicial, aumentar la ductilidad y capacidad del muro ante cargas. A manera de ejemplo, en la Figura 2.8 se compara la curva de capacidad de un muro reforzado con malla electrosoldada (ME) con la de un muro sin refuerzo.



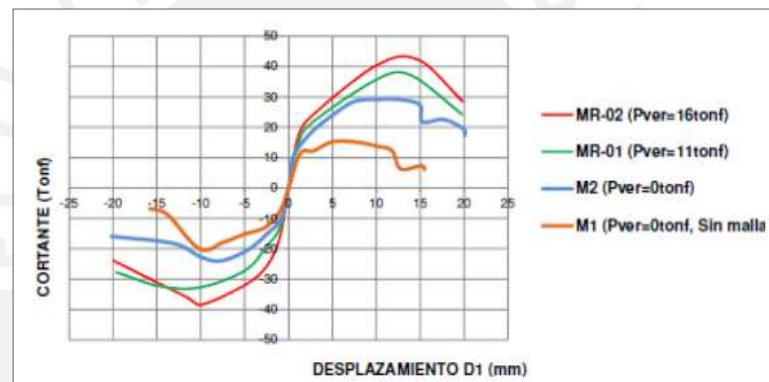
**Figura 2.8** Gráfica fuerza vs desplazamiento de muro albañilería confinada sin y con refuerzo de malla electrosoldada. (Tarque, N., 2018)

Astroza, M. (2004), realizaron un estudio de la capacidad de deformación de muros de albañilería confinada en México, Chile y Venezuela, con la variable de ladrillo. Se ensayaron muros con ladrillos elaborados a mano, industriales y bloques de concreto. Todos estos fueron sometidos a cargas laterales hasta la falla por corte. Los resultados concluyeron que los materiales empleados influyen en la respuesta estructural. La Tabla 2.1 presenta los valores de resistencia a compresión ( $f'_m$ ) según el material utilizado.

**Tabla 2.1** Valores de resistencia a la compresión según el material utilizado (Astroza, M, 2004)

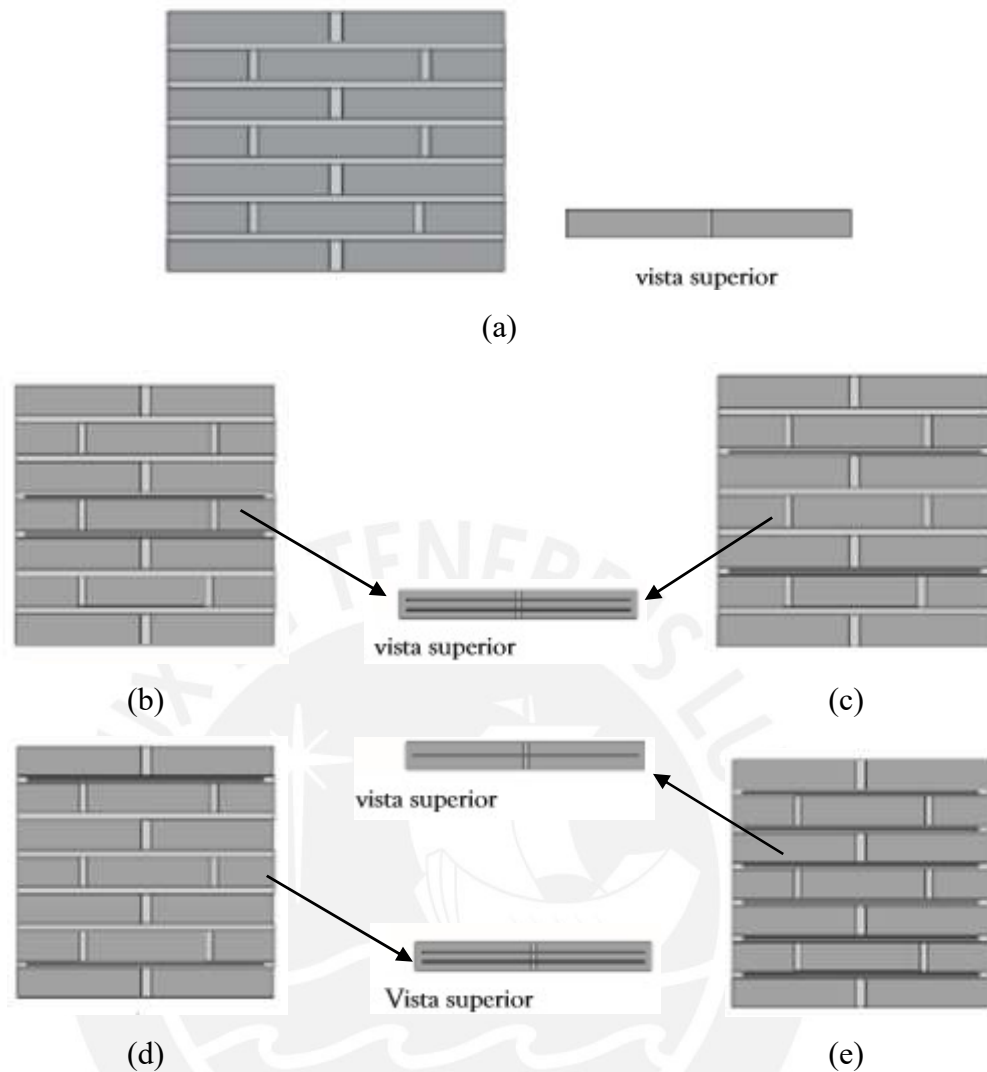
<i>Valores promedios de <math>f'_m</math> para Venezuela</i>	
<i>Tipo de mampostería</i>	<i><math>f'_m</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</i>
Bloques huecos de arcilla	15 a 20
Bloques de concreto estructural	50 a 80
Bloques de concreto de menor calidad	20 a 30

Mamani, P. (2015), realizó el refuerzo de muros de albañilería confinada con malla electrosoldada (ME). Básicamente la construcción de este refuerzo consiste en la instalación de una grilla con varillas de acero de diámetro 4.5 mm o 6 mm y espaciadas cada 15 cm sujetadas al panel con alambre #8. Con este refuerzo las fuerzas causantes de la trituración del ladrillo disminuyen y las propiedades estructurales de resistencia al corte y rigidez lateral aumentan en un 46% y 19% respectivamente. A continuación, en la Figura 2.9 se muestran las envolventes para un muro sin refuerzo (M1), muro reforzado con malla electrosoldada de 4.5 mm (M2), y muros reforzados con malla electrosoldada de 6 mm (MR1 y MR2).



**Figura 2.9** Comparación de envolventes (Mamani, P., 2015)

Páez, D., Parra, S., & Montaña, C (2009) dirigieron una investigación cuyo objetivo fue reforzar muros de albañilería con acero grafilado. En este estudio se ensayaron 5 muros, de los cuales 4 contaban con refuerzo estructural ordenados de distinta manera en las juntas horizontales. A continuación, en la Figura 2.10 se muestra la distribución del acero grafilado en las distintas posiciones en una vista en elevación y otra en planta, donde se muestra si el refuerzo fue aplicado en ambas caras del muro. La Tabla 2.2 indica los resultados según la acomodación del refuerzo.



**Figura 2.10** Ubicación del acero grafilado: (a) Muro sin refuerzo, (b) Muro reforzado en la junta horizontal superior, (c) Muro reforzado en toda la longitud, (d) Muro con refuerzo en la parte central, (e) Muro con refuerzo en el tercio medio del muro (Páez, D., Parra, S., & Montaña, C., 2009)

**Tabla 2.2** Resultado de esfuerzos cortantes según la ubicación del refuerzo Páez, D., Parra, S., & Montaña, C., 2009)

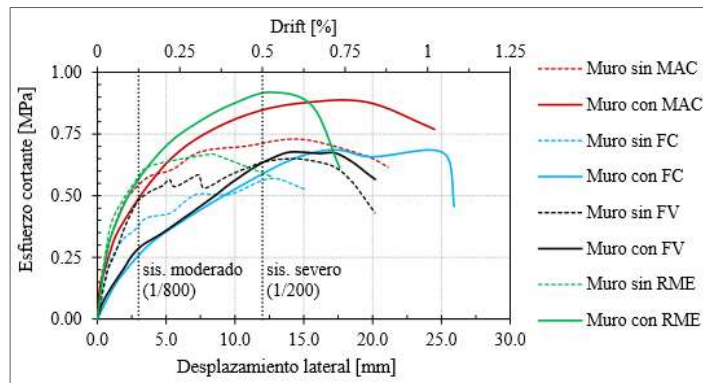
Tipo de muro	Esfuerzo cortante máximo (MPa)	Incremento (%)
a	0.63	0.00%
b	1.19	88.88%
c	0.92	46.03%
d	0.75	19.05%
e	1.07	69.84%

Entre las conclusiones más resaltantes, en esta investigación se comprobaron las referencias teóricas, las cuales indicaban que la falla por corte tiene origen en la parte central del panel con dirección a los extremos. Esto como respuesta a la concentración

de esfuerzos de compresión a lo largo de la diagonal vertical y tensión en el horizontal. Los cuales, conjuntamente, generan el esfuerzo por corte. (Páez, D., Parra, S., & Montaña, C., 2009)

Luján, M. (2012), estudió el sistema de reforzamiento con malla de acero (MAC), el cual es un refuerzo fabricado in situ mediante el uso de varillas de 4.7mm amarradas entre sí con alambre de construcción #16 y ancladas en ambas caras del panel con alambre #8. El proceso de instalación del refuerzo se inicia con la reparación de las grietas del muro fallado empleando mortero, a continuación, se colocan las mallas y se procede con el tarrajeo con un espesor no mayor a 25mm. Con la reparación y el reforzamiento del panel, la ductilidad del muro aumenta en un 36% y la resistencia máxima al corte en un 32% con referencia a un muro sin reforzar. Además, este estudio brindó un análisis de costos, el cual aproxima el precio de refuerzo en 108 soles por metro cuadrado.

El año 2017, SENCICO propuso investigar soluciones estructurales para el alto porcentaje de informalidad en la construcción de albañilería confinada en Lima. La investigación se concentra en el uso de malla electrosoldada (ME), fibra de vidrio (GFRP), fibra de carbono (CFRP) y malla de acero (MAC) como propuesta de reforzamiento. SENCICO, concluye que los muros reforzados con malla electrosoldada incrementaron su resistencia a carga lateral un 40%, con fibra de vidrio se recuperó la resistencia al agrietamiento diagonal en un 70%, con fibra de carbono la rigidez lateral se recuperó el 50% de la rigidez lateral, y con la malla de acero se logró recuperar y superar la rigidez, con la contraparte de ser la alternativa más cara pues representa el 85% del costo de un muro totalmente nuevo. A continuación, en la Figura 2.11 se muestra una curva de capacidad con los distintos materiales ensayados por SENCICO.



**Figura 2.11** Gráfica esfuerzo vs desplazamiento de muros de AC con y sin refuerzo estructural (SENCICO, 2017)

Leyenda

- MAC : Malla de acero
- FC : Fibra de carbono
- FV : Fibra de vidrio
- RME : Refuerzo con malla electrosoldada

El refuerzo de muros de albañilería confinada con polímeros consiste en el uso de fibras de alta capacidad de esfuerzo impregnadas en una matriz polimérica (Yascila, J., Tarque, N., & Manchego, A., 2017). La fibra de carbono, vidrio y geomallas como la TRIAX 160 son las mejores opciones de polímeros para refuerzo estructural.

El sistema con fibra de carbono (CFRP), consiste en la aplicación de un adhesivo como la resina epóxica en el panel para lograr sellarlo, la segunda pasta del mismo material (Putty) prepara la superficie para recibir la CFRP, la tercera pasta sirve para sellar el material al panel a manera de encapsulamiento (Yascila, J., Tarque, N., & Manchego, A., 2017). Este refuerzo resulta ser el menos indicado si se busca recuperar la rigidez inicial del panel ya que la investigación concluye que la CFRP recupera solo el 40%. Sin embargo, logra el aumento de la ductilidad y la resistencia a la carga hasta en un 60% y 20% respectivamente.

El sistema de fibra de vidrio (GFRP), consiste en la instalación de varillas acomodadas horizontalmente espaciada cada dos hiladas de unidades de albañilería. Estas deben ser intercaladas, es decir no repetir el lugar al otro lado de la cara del muro pues esto podría debilitar la sección transversal del mismo. Este sistema logra recuperar el 70% de la rigidez inicial en comparación con un muro sin reforzar y no fallado. Sin

embargo, carece de capacidad de aumentar la ductilidad ya que apenas un brinda un 3% de incremento a la resistencia de carga.

Torrealva, D. (2014), propone el uso de un polipropileno como refuerzo, exactamente la geomalla TRIAX 160. Este elemento posee propiedades estructurales pues los esfuerzos de compresión son equilibrados por la tracción de los filamentos y transmitidos al muro por corte/adherencia entre el mortero y el muro. La instalación de este refuerzo inicia con la remoción de cualquier decorativo del muro para luego ser picado. En seguida, se recubre el panel con la malla asegurado una longitud de empalme no menor a 30 centímetros. Finalmente, se prepara el muro para que esta quede cubierta con mortero de tal manera que la malla desaparezca. Esta malla puede aportar un esfuerzo ultimo longitudinal y diagonal de 1.55 y 1.41 kg/m respectivamente.

San Bartolomé, A. (2018), propone la reparación y reforzamiento de muros de albañilería confinada mediante mallas electrosoldadas con la finalidad de restablecer o incrementar la resistencia, rigidez lateral y ductilidad. Además, menciona que si la deriva alcanzada por la edificación es menor al 5/1000 (NTP 0.30) este puede ser reparado económicamente. En su investigación con el mencionado refuerzo, obtuvo que a tracción la resistencia máxima fue de 6114 kg/cm<sup>2</sup> para mallas espaciadas cada 15cm y 5673 kg/cm<sup>2</sup> cada 10cm. Finalmente, concluye que el muro confinado reparado recuperó el 85% de la rigidez lateral inicial, mientras que la resistencia a carga lateral aumentó en 40% respecto al inicial.

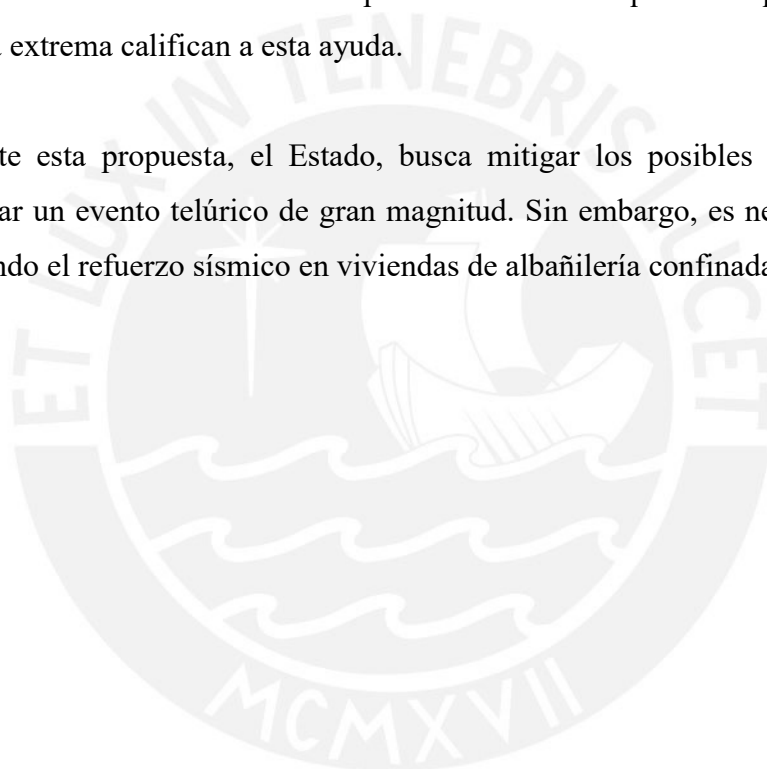
#### *Incentivos de reforzamiento*

El Estado peruano, mediante Resolución Ministerial (RM N° 272-2015-VIVIENDA-2015) incentiva la concientización de la ubicación sismográfica del país, mediante la oportunidad de reforzar estructuralmente aquellas viviendas familiares, en su mayoría informales, mediante el Bono de Protección de Viviendas Vulnerables a los Riesgos Sísmicos (BPVVRS) de manera gratuita. Este bono busca reforzar un ambiente dentro de la vivienda que garantice la seguridad y estabilidad durante un sismo frecuente y raro. El área a intervenir debe tener como mínimo un área 14 m<sup>2</sup> para poder aplicar a esta ayuda estatal.

El año 2014, el bono inicia con la posibilidad de reforzar viviendas ubicadas en el distrito de Comas, ubicado al norte de la ciudad de Lima, con hasta 500 bonos. El año 2015, se amplió la cobertura de distritos incluyendo a Villa María del Triunfo con hasta 2000 bonos.

Para poder solicitar esta ayuda es necesario ser titular del predio y mediante el llenado de un formulario del fondo Mi Vivienda, el Sistema de Fiscalización de Hogares (SISFOH) evaluará el nivel socioeconómico del solicitante. Además, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) evaluará la viabilidad de reforzamiento de la vivienda. Es importante mencionar que solo aquellas familias de pobreza extrema califican a esta ayuda.

Mediante esta propuesta, el Estado, busca mitigar los posibles daños que pueda ocasionar un evento telúrico de gran magnitud. Sin embargo, es necesario continuar estudiando el refuerzo sísmico en viviendas de albañilería confinada.



# CAPÍTULO III

## HABITABILIDAD URBANA DE LA ZONA DE ESTUDIO

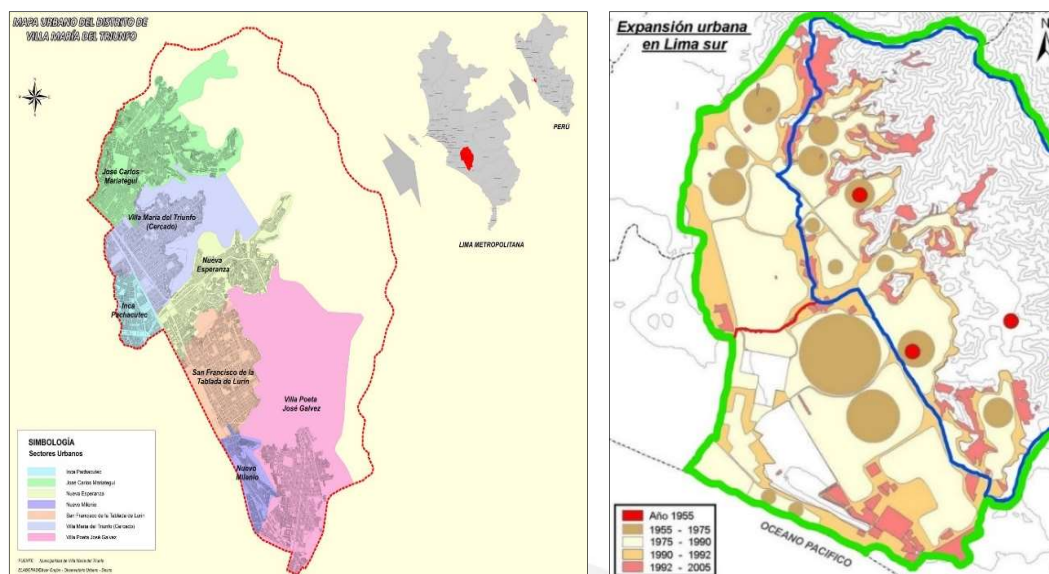
---

### 3.1 Características demográficas

#### 3.1.1 Consolidación urbana

El proyecto se centrará en el distrito de Villa María del Triunfo, ubicado en la provincia y departamento de Lima. Geográficamente se encuentra delimitado por los distritos de: La Molina por el norte, San Juan de Miraflores y Villa El Salvador por el oeste, Pachacamac por el este, y Lurín por el sur. Actualmente el distrito cuenta con una extensión aproximada de 70.57km<sup>2</sup>, agrupado en 7 sectores urbanos (Figura 3.1): José Carlos Mariátegui, Cercado, Inca Pachacútec, Nueva Esperanza, San Francisco de la Tablada de Lurín, Nuevo Milenio, y Villa Poeta José Gálvez.

El distrito fue fundado el 28 de diciembre de 1961 durante el mandato de Manuel Prado y Ugarteche. Su crecimiento se desarrolló a través de tres etapas marcadas. Empezó con una serie de ocupaciones ilegales hasta 1960 donde se conformaron diversos núcleos urbanos aislados. A raíz de estas ocupaciones, en 1961, se crea el distrito cuya extensión inicial abarcaba hasta el litoral (Figura 3.2). Tras su creación formal, el distrito pasa por una etapa de consolidación hasta 1993, donde comienzan a ocuparse nuevos terrenos en las planicies y que se marca por la reducción de su extensión por la formación de los distritos de San Juan de Miraflores, zona superior de la línea roja en la Figura 3.2, y Villa El Salvador, zona inferior de la misma línea; quedando la extensión que ocupa actualmente, bordeado de color azul. Finalmente, el distrito comienza a mostrar una saturación en las zonas planas, ocasionando que se busquen nuevas zonas de crecimiento en las laderas de los cerros. En los últimos años el distrito ha presentado un déficit habitacional de aproximadamente 25 277 viviendas, ubicándose como el quinto distrito con mayor déficit a nivel nacional (INEI, 2009).

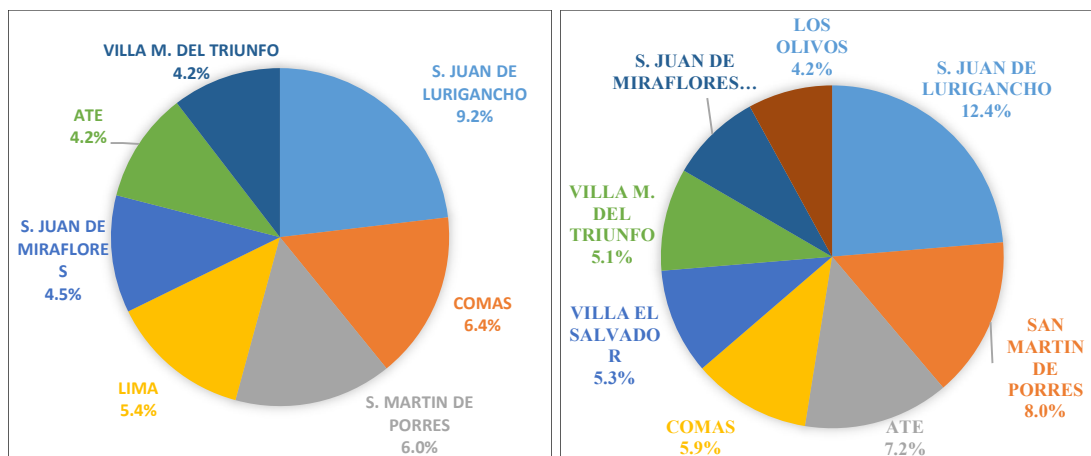


**Figura 3.1** A la izquierda. Mapa urbano del distrito (Observatorio Urbano, 2016)

**Figura 3.2** A la derecha. Mapa de expansión urbana de Lima Sur (Observatorio Urbano, 2016)

### 3.1.2 Población, vivienda y características socioeconómicas

En 1993 Villa María del Triunfo contaba con el 4.2% de la población de la provincia de Lima, posicionándose como el octavo distrito más poblado de la provincia (INEI, n.d.). Sin embargo, a raíz de las inmigraciones desde el interior del país, en el 2017, el distrito llegó a acoger el 5.1% del total de la población, siendo ahora el sexto distrito más poblado. La Figura 3.3 muestra los distritos más poblados en ambos años, y la Tabla 3.1 analiza el crecimiento poblacional según las estimaciones realizadas por INEI entre los años 2012 y 2017 y los censos de 1981, 1993, 2007. El crecimiento se ha obtenido con el cociente de las diferencias de población entre número de años, evidenciándose un mayor crecimiento poblacional entre el censo de 2007 y la estimación de 2012. Sin embargo, el crecimiento de los años siguientes no disminuye significativamente a causa de la demanda no cubierta en el mercado inmobiliario (APEIM, 2016).



(a)

(b)

**Figura 3.3** Distritos con mayor población en la provincia de Lima en los años: (a) 1993 y (b) 2017

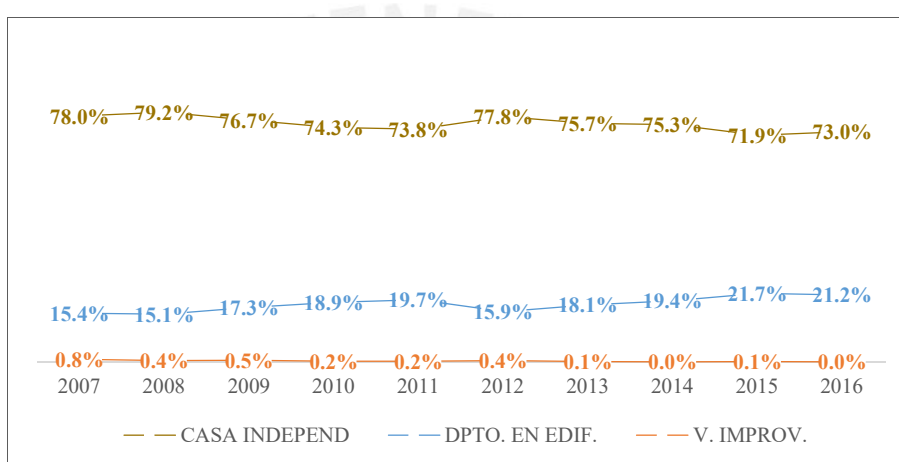
**Tabla 3.1** Crecimiento poblacional de Villa María del Triunfo, recopilación de información INEI

AÑO	POBLACIÓN	CRECIMIENTO ANUAL
1981	178 406	-
1993	267 278	7406
2007	378 470	7942
2012	426 462	9598
2013	433 861	7399
2014	441 239	7378
2015	448 545	7306
2016	na	-
2017	465 735	8595

A nivel de provincia, Lima es una de las ciudades con mayor crecimiento vertical, estimándose que el 21.2% son departamentos en edificaciones. Sin embargo, la tendencia a lo largo de los años se muestra en la Figura 3.4. En esta se identifican los tres tipos de viviendas más significativos en la provincia; las casas independientes, indicada con una línea de color ocre, son aquellas que se han diseñado para albergar una sola familia, los departamentos sobre edificaciones, línea de color celeste, son viviendas multifamiliares verticales, y las viviendas improvisadas, línea de color anaranjado, son aquellas que, a pesar de no contar con las condiciones mínimas para albergar a una familia, se encuentran habitadas. El porcentaje restante se divide en las viviendas horizontales que agrupan a un conjunto de familias en vecindades.

La Figura 3.4 resalta la eliminación de las viviendas improvisadas en el último año, aunque desde el 2007 su porcentaje era menor al 1% del total de viviendas. Por otro

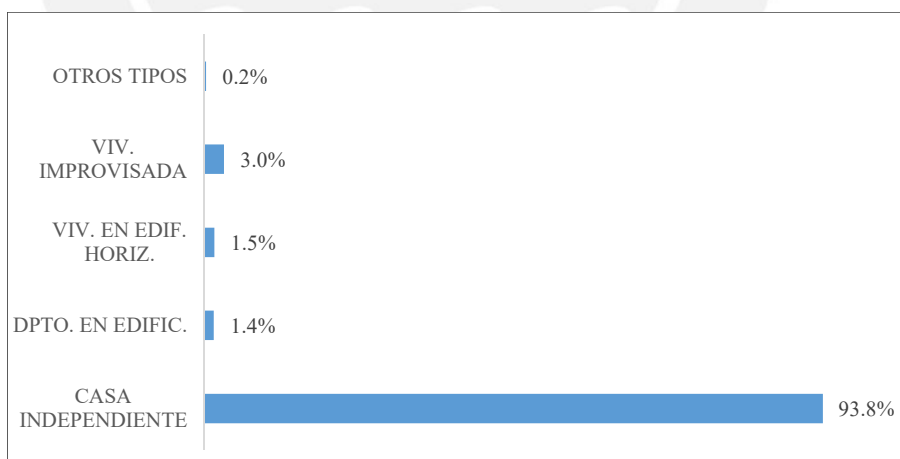
lado, en la provincia de Lima las edificaciones verticales continúan aumentando mientras que las viviendas unifamiliares han comenzado a perder participación. Esta tendencia de los últimos años se debe a la disminución de áreas urbanas sobre la cual construir y el aumento del costo por metro cuadrado en los distritos con mayor dinamismo de Lima Metropolitana. Esto genera que los departamentos en edificios sean vistos como una solución formal atractiva para los pobladores. Sin embargo, esta tendencia es voluble a la situación del mercado nacional como se vivió entre el 2011 y 2012 debido a la incertidumbre en la coyuntura política hubo una caída en la construcción de nuevos edificios multifamiliares.



**Figura 3.4** Comportamiento de crecimiento de las viviendas en la provincia de Lima, según clasificación del INEI (INEI, 2017)

A nivel distrital, Villa María del Triunfo presenta un comportamiento diferente. La Figura 3.5 presenta la información recolectada del censo del año 2007 sobre los porcentajes de uso de cada tipo de vivienda. Se puede apreciar que el porcentaje de casas independientes representa el 93.8% del total de viviendas; mientras que, a nivel de Lima, este porcentaje solo llega al 78%. También se muestra la escasa participación de viviendas por departamentos, con un contraste significativo del 1.4% frente al 15.4% de todo Lima. Y, por último, un porcentaje significativo de viviendas improvisadas a nivel distrital mucho mayor al registrado en la provincia, 3.0% frente al 0.8%. Estas diferencias entre el comportamiento que rige a la provincia frente a la realidad del distrito se debe a la forma en que ha venido expandiéndose desde su creación. Las invasiones que se han producido en el distrito desde su concepción han generado que esta práctica siga ejerciéndose hasta la actualidad a pesar de las medidas

de disuasión del estado peruano. Como consecuencia de las invasiones, el distrito ha ido creciendo horizontalmente sobre zonas no habitables y sin seguir un ordenamiento urbano. Las Figuras 3.6 y 3.7 ejemplifican la problemática que han generado las constantes invasiones en el distrito. En la Figura 3.6 se muestra el crecimiento sobre las faldas del cerro, dando formación a distintos asentamientos humanos como Paraíso Alto y El Manantial en el sector de José Carlos Mariátegui. La consecuencia directa de las construcciones informales sobre las laderas de los cerros es la posibilidad de deslizamientos en caso se produzca un sismo, además que sus construcciones no cuentan con asesoramiento técnico, destacando las fallas estructurales. Desde el punto de vista urbanístico, los asentamientos humanos en laderas se caracterizan por no contar con una accesibilidad adecuada para el uso del transporte urbano masivo, así como sus construcciones no se encuentran ordenadas en manzanas, y muchas veces son construidas a base de materiales provisionales no adecuados para albergar a la población. La Figura 3.7 muestra la falta de pistas para llegar a las zonas altas, además de verse solo una escalera continua desde la parte baja, la cual no tiene barandas ni está pensada para personas con discapacidad. En algunas viviendas se aprecian pircas por el tipo de suelo sobre el cual están cimentadas, con una mezcla entre viviendas de albañilería y viviendas de material prefabricado.



**Figura 3.5** Tipos de viviendas en el distrito, recopilada del Censo 2007 (INEI, 2007)



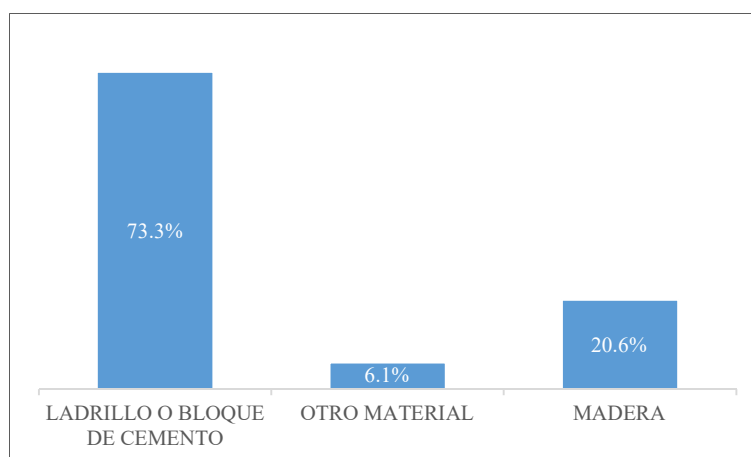
**Figura 3.6** A la izquierda. Asentamientos urbanos sobre laderas de cerros (Google, 2013)

**Figura 3.7** A la derecha. Características predominantes de las viviendas en la zona Paraíso Alto (Google, 2013)

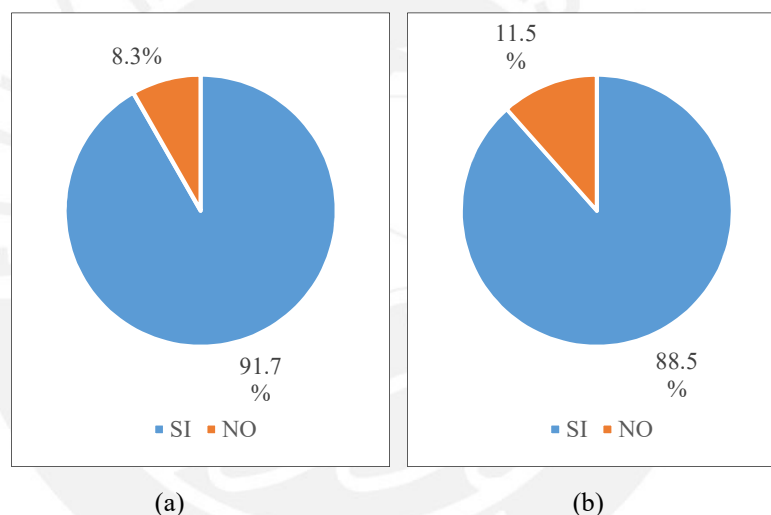
Analizando las viviendas en el distrito, el ladrillo de arcilla es muy común para la formación de muros confinados por elementos de concreto armado, así como también para la tabiquería interna para separar los ambientes. En los techos es usual el uso de losas aligeradas en una dirección con bloques de arcilla como relleno, en caso de los últimos pisos, principalmente en los asentamientos humanos, se emplean las calaminas como techos por ser de bajo costo. La Figura 3.8 indica la inclinación que tienen los pobladores del distrito por el uso del ladrillo en los muros de sus viviendas, dado que de entre todas las opciones presentes en el mercado peruano, es la más viable económicamente y es percibido como un material resistente y seguro. Las viviendas en el distrito casi en su totalidad cuentan con los servicios básicos de agua potable y alumbrado; sin embargo, existe un porcentaje de viviendas que no cuentan con estos servicios, como se muestra en la Figura 3.9 (a), el 8.3% no cuenta con agua potable todos los días de la semana, y el 10.5% de las viviendas no cuentan con electricidad, Figura 3.9 (b).

Esta falta de servicios básicos sirve como indicador de la presencia de construcciones informales que no han sido contempladas en los proyectos de urbanización por parte de las instituciones públicas, pues como indica el arquitecto urbanista Miguel Romero, *“el proceso de urbanización de ciudades comienza con la ubicación de terrenos adecuados, la zonificación de los mismos, y la instalación de los servicios públicos, para finalmente construir sobre ellos”* (Romero, 2018). En el caso de las invasiones, no se cumplen ninguno de los pasos necesarios para construir una vivienda formal y

adecuada pues en primer lugar los terrenos sobre los que se construyen normalmente no están zonificados para viviendas, siendo en muchos casos zonas de alto riesgo.



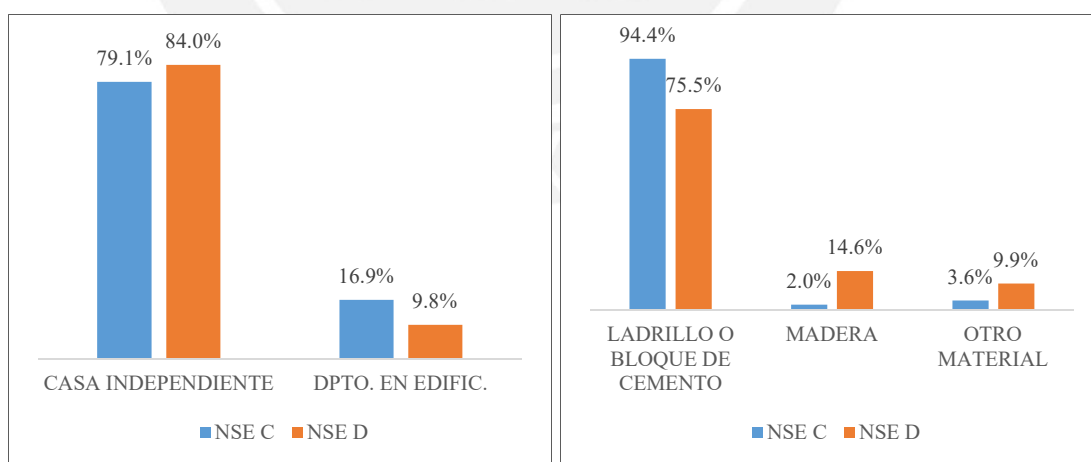
**Figura 3.8** Material predominante en los muros exteriores de las viviendas del distrito (INEI, 2007)



**Figura 3.9** Viviendas en el distrito que cuentan con: (a) agua potable todos los días de la semana y (b) alumbrado público (INEI, 2007)

La razón de la ocupación ilegal de terrenos se enmarca en un contexto donde la demanda de viviendas excede la oferta existente en el mercado y que, además, las familias no son capaces de afrontar el costo que representa tener una vivienda formal. Según APEIM, Villa María del Triunfo se encuentra en la zona 9 de los 10 sectores que componen Lima Metropolitana, encontrándose que en esta zona la distribución socioeconómica entre los cinco sectores desde la A, con mayores ingresos, a la E, población más vulnerable, se encuentra enfocada en los sectores C y D. Ambos sectores agrupan el 81.4% de todos los hogares en la zona y cuentan con ingresos promedios que van desde los 2321 soles hasta los 3446 soles (APEIM, 2016). La

Figura 3.10 llega a demostrar la tendencia que a mayor poder adquisitivo los hogares tienden a adquirir departamentos en edificios, esto debido a los altos costos que representan adquirir un terreno habilitado y su posterior construcción. Por otro lado, los sectores de menores ingresos prefieren las casas independientes. Sin embargo, siguiendo con la lógica que en general un departamento cuesta menos que adquirir un terreno y después construir, se tiene que tomar en cuenta que en los distritos periféricos de la ciudad los costos de terrenos son mucho menores debido a la ubicación. También se debe tomar en cuenta el porcentaje de estos hogares que han terminado obteniendo sus terrenos a través de invasiones a lo largo del tiempo. La Figura 3.11 demuestra el predominio del ladrillo como material de construcción preferido para los muros frente a otros materiales como la madera, el adobe o la quincha, siendo empleado en el sector C en casi a la totalidad de las viviendas pero que en el sector D la madera y otros materiales de menor calidad son empleados por su bajo costo de adquisición e instalación. Por ende, se concluye que el poder adquisitivo de los hogares determina tanto el tipo de vivienda que escogerán para habitar, como también los materiales con los cuales se van a construir. Esto permitirá a la investigación a determinar un sistema de refuerzo que además de ser técnicamente viable, sea concebido por la población como un sistema que sea asequible y que el beneficio percibido a largo plazo sea mucho mayor que el costo a corto plazo.



**Figura 3.10** A la izquierda. Comparación de tipo de vivienda preferido por los NSE C y D

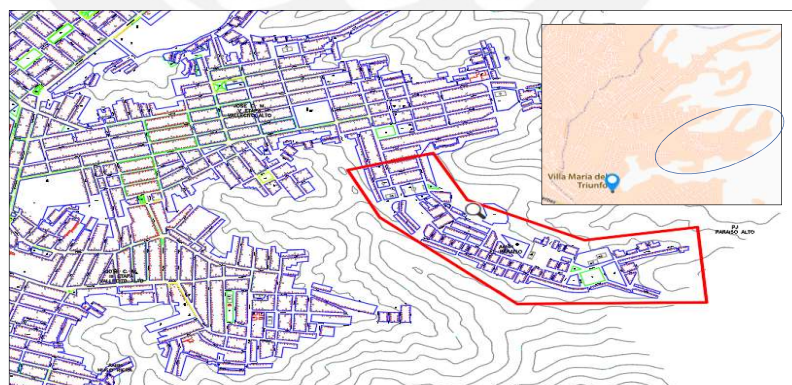
**Figura 3.11** A la derecha. Comparación de los materiales usados en muros exteriores por NSE C y D

\* Figuras 3.10 y 3.11 con fuente (APEIM, 2016)

### 3.2 Delimitación del área de estudio

Debido a la extensión del distrito se debe limitar la investigación de acuerdo a parámetros esperados. Para ello primero se considerarán las zonas cuyas viviendas no cuenten con más de dos pisos de altura debido a que el reforzamiento de más de dos niveles de muros eleva considerablemente el costo del reforzamiento, poniendo en riesgo la viabilidad de la investigación. También se deben considerar las zonas donde las entidades responsables, sean municipalidades o gobiernos locales, ejercen menos control por el incremento de las viviendas informales. Por tanto, se escogerán los sectores donde se encuentren asentamientos humanos, los que no cuentan con parámetros urbanísticos implementados y donde las gestiones municipales no logran llegar completamente. Por último, se priorizarán las zonas donde existan estudios anteriores que recaben información sobre las viviendas que existen con el objetivo de ampliar la investigación previa y poseer una base de datos de las viviendas.

Por lo tanto, se ha escogido el asentamiento humano de Paraíso Alto y los alrededores. En esta ubicación no se cuenta con viviendas de gran altura y existen estudios realizados por dos entidades estatales: INDECI el año 2011 y SENCICO el año 2015. Demostrándose que en la zona existen viviendas de albañilería confinada que son vulnerables antes sismos de moderada a elevada intensidad.



**Figura 3.12** Ubicación del AAHH El Paraíso. (Michelin, 2018)

Este asentamiento se sitúa dentro del sector urbano de José Carlos Mariátegui, el cual se encuentra en la parte noreste del distrito, limitando con el distrito de La Molina. Se puede acceder a través de tres vías principales (Figura 3.13), tomando como punto de

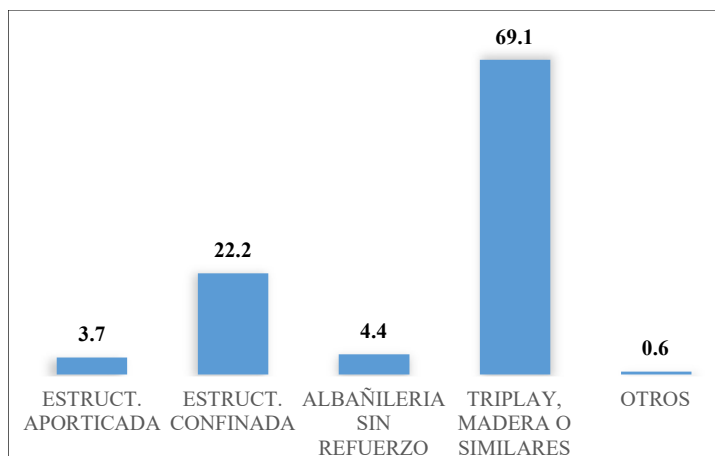
partida la estación del metro de María Auxiliadora. La ruta troncal pasa por las avenidas José Carlos Mariátegui, José Olaya y El Paraíso.



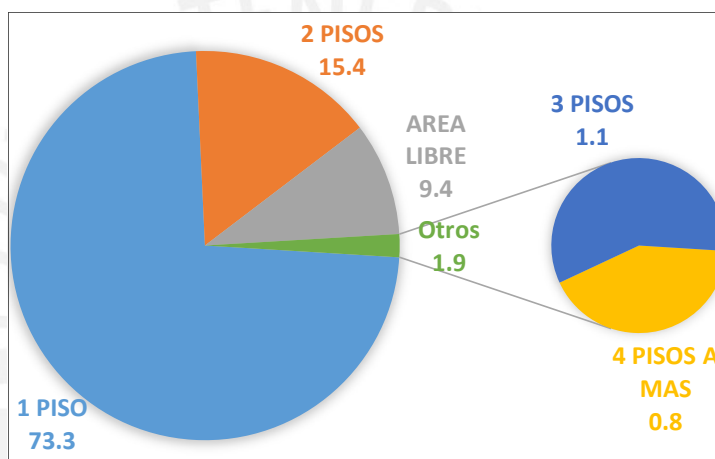
**Figura 3.13** Rutas de acceso a El Paraíso (Google, 2013)

Según información de INDECI (Figura 3.14), El Paraíso cuenta con una mayor proliferación de viviendas a base de madera y derivados con un 69.1%, mientras que las estructuras confinadas representan el 22.2% de todas las viviendas en el asentamiento humano. Además, se encuentra que las viviendas en la zona son en gran porcentaje de baja altura. En la Figura 3.15 se muestra que el 73.3% de las viviendas tienen un solo piso y 15.4% dos pisos.

Ambas figuras demuestran que el área de estudio seleccionada posee un porcentaje representativo de viviendas de albañilería confinada y son estructuras que no superan los dos pisos. Además, en el reporte de SENCICO se han analizado 39 viviendas tanto de El Paraíso como de los alrededores, de las cuales en todos sus muros 20 poseen ladrillo y 19 material prefabricado.



**Figura 3.14** Tipos de viviendas en el asentamiento humano El Paraíso (INDECI, 2011)



**Figura 3.15** Crecimiento vertical de las viviendas en el distrito (INDECI, 2011)

# CAPÍTULO IV

## CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS VIVIENDAS

### 4.1 Informes antecedentes

El estudio realizado por SENCICO el 2015 sobre la forma de construcción en el sector de El Paraíso tuvo como objetivo general diagnosticar las condiciones de habitabilidad y características estructurales de 39 viviendas escogidas aleatoriamente. La ubicación de las viviendas en mención se muestra en la Tabla 4.1, de las cuales treinta pertenecen a la zona de Paraíso Alto, una a Bellavista, una a Virgen del Chapi, tres a Edén del Manantial, tres a Ángeles del Paraíso, y una a Mirador del Paraíso. La Figura 4.2 indica visualmente los lotes que abarcaron el estudio por el sector al que pertenecen.

**Tabla 4.1** Ubicación referencial de las 39 viviendas estudiadas por SENCICO (SENCICO, 2015)

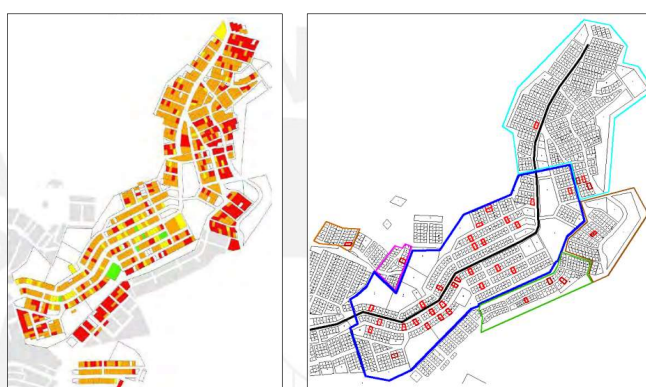
<i>MZ</i>	<i>LOTE</i>	<i>SECTOR</i>	<i>MZ</i>	<i>LOTE</i>	<i>SECTOR</i>	<i>MZ</i>	<i>LOTE</i>	<i>SECTOR</i>
A	5	Paraíso alto	F	1	Paraíso alto	U	1	Paraíso alto
B	7	Paraíso alto	F	6	Paraíso alto	Y1	6	Paraíso alto
B1	6	Paraíso alto	E	3	Paraíso alto	H2	3	Paraíso alto
B1	10	Paraíso alto	D	15	Paraíso alto	Q	5	Paraíso alto
K	2	Paraíso alto	J	15	Paraíso alto	D	1	Manantial
J	7	Paraíso alto	G1	4	Paraíso alto	Z1	4	Manantial
J	12	Paraíso alto	I1	8	Paraíso alto	Y1	8	Manantial
C	8	Paraíso alto	Z	1	Paraíso alto	G	3	Ángeles del paraíso
N1	10	Paraíso alto	X	4	Paraíso alto	E	6	Ángeles del paraíso
H	8	Paraíso alto	H	11	Paraíso alto	D	6	Ángeles del paraíso
I	1	Paraíso alto	W	1	Paraíso alto	B	10	Bellavista
D	1	Paraíso alto	Y	4	Paraíso alto	E	2	Mirador
D	5	Paraíso alto	Y	5	Paraíso alto	C	1	Virgen del Chapi

INDECI, en su estudio sobre el mismo sector, identificó que sobre esta zona se encuentran 892 lotes destinados a viviendas cuya vulnerabilidad ante sismos se obtuvo del análisis de la configuración de sus elementos estructurales y su grado de consolidación (2011, pp.36-38). La Figura 4.1 muestra visualmente la vulnerabilidad

de cada lote, y la Tabla 4.2 resume el número de viviendas para cada nivel de vulnerabilidad. Se debe resaltar la precariedad en la construcción pues más de la mitad de las viviendas son débiles ante sismos.

**Tabla 4.2** Vulnerabilidad del sector El Paraíso (INDECI, 2011)

<b>NIVEL DE VULNERABILIDAD</b>	<b>VIVIENDAS</b>	<b>%</b>
Baja	100	11.2
Media	205	23.0
Alta	400	44.8
Muy alta	187	21.0



**Figura 4.1** A la izquierda. Mapa de vulnerabilidad sísmica del sector El Paraíso (INDECI, 2011)

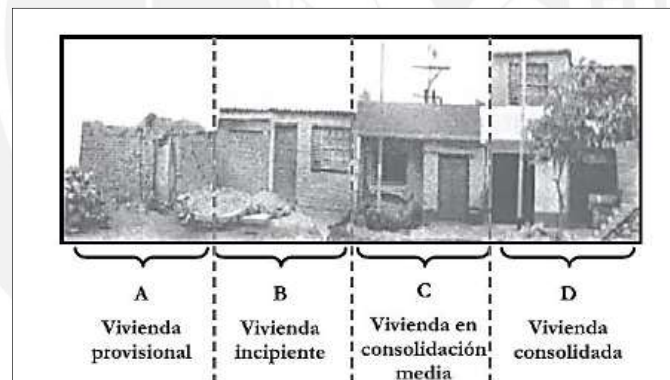
**Figura 4.2** A la derecha. Ubicación de las viviendas (SENCICO, 2015)

En el estudio de SENCICO, las viviendas presentan edades muy dispersas, la primera en ser construida data de 1968 y la más reciente de 2011. Sin embargo, dado que la zona fue creciendo a raíz del tráfico de terrenos y la ocupación ilegal, las viviendas tienen un tiempo largo de consolidación. Las encuestas que se realizaron determinaron que, aunque todas las viviendas cuentan con título de propiedad, estas se construyeron sobre terrenos invadidos; evidenciando una de las razones por las cuales solo el 27% de las viviendas se encontraron consolidadas y la mitad en mediana consolidación.

Otro de los motivos de la escasa consolidación de las viviendas es por la capacidad adquisitiva de los hogares y por el modelo de vivienda progresiva que la construcción informal viene generando en distintas ciudades a nivel nacional. Este modelo de vivienda implica que los propietarios comienzan a realizar modificaciones en las viviendas de acuerdo a sus necesidades inmediatas y a sus proyecciones en un periodo corto de tiempo. Sin embargo, al no poseer asesoramiento técnico que les oriente en el

planteamiento de sus viviendas, el desorden constructivo fomenta que las modificaciones futuras superen ampliamente las capacidades estructurales de la vivienda base.

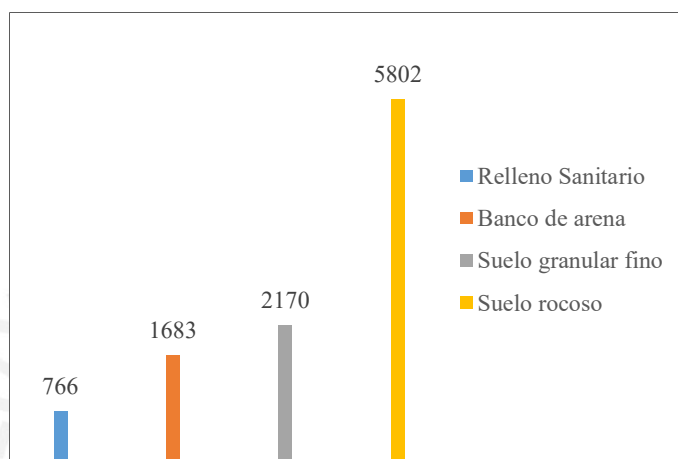
Usualmente las viviendas que se conforman tras una invasión de terrenos son provisionales, con el propósito de proteger el terreno de expropiaciones hasta que el gobierno de turno regularice y apruebe la conformación del nuevo asentamiento. Tras ello, las familias comienzan a construir pausadamente de acuerdo a su solvencia económica, siguiendo normalmente un ritmo de habitaciones individuales. Tras unos años finalmente se tiene una vivienda de una o dos plantas; pero, dada la costumbre peruana de construir sobre los aires de las viviendas de los padres, lo que se tenía planeado de poseer un máximo de dos pisos, se termina convirtiendo en viviendas consolidadas de varios pisos de altura. La Figura 4.3 muestra el proceso de consolidación de una vivienda como generalmente se produce en las zonas urbanas marginales.



*Figura 4.3* Progresión de una vivienda informal (DESCO, 2005)

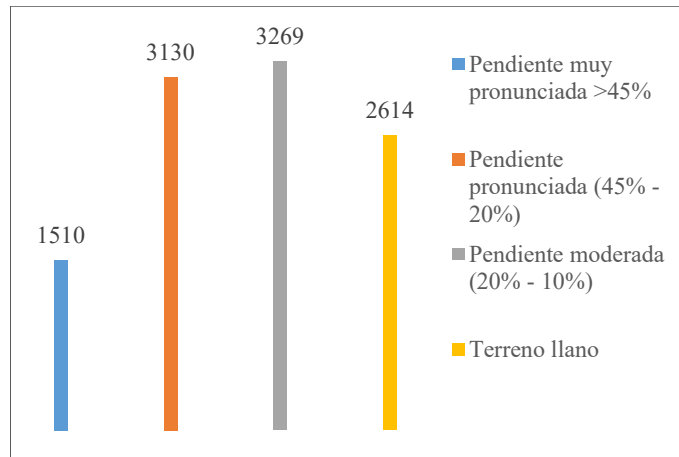
- Vivienda provisional (A) se entiende como aquella construcción no definitiva, erguida con materiales precarios para reducir costos.
- Vivienda incipiente (B) es aquella construcción inicial de material “noble” y habitable.
- Vivienda en proceso de consolidación (C) es la construcción que posee rasgos de la construcción final, en esta etapa se suele realizar cambios estéticos.
- Vivienda consolidada (D) se denomina al producto final sobre la cual no se espera seguir levantando nuevos pisos.

El año 2010 INDECI realizó una investigación sobre la calidad del suelo en el distrito de Villa María del Triunfo. Este estudio abarcó aproximadamente 10 500 viviendas, de las cuales el 7% tenían cimientos sobre relleno sanitario, 16% sobre bancos de arena, 21% sobre suelo granular fino y 56% sobre suelo rocoso. En la Figura 4.4 se muestra una representación gráfica de lo mencionado.



**Figura 4.4** Viviendas en el distrito según el tipo del suelo sobre los cuales se construyeron (INDECI, 2011)

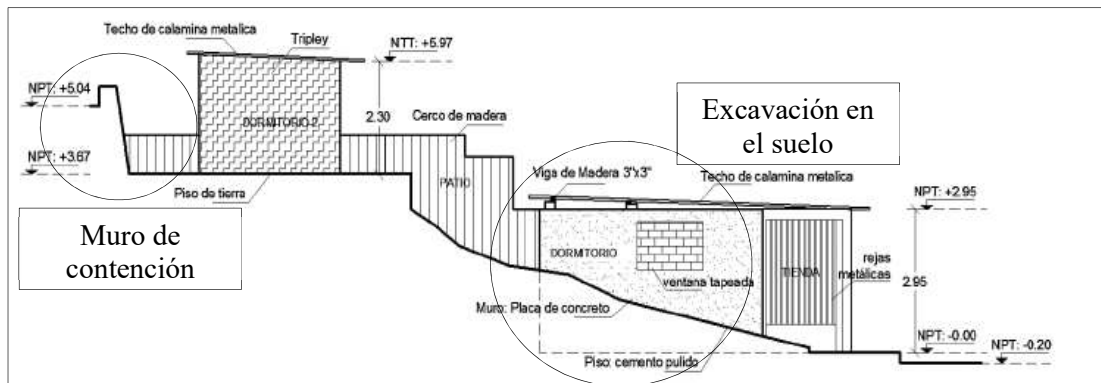
La topografía en el distrito es similar en toda la provincia, siendo desértica con una escasa precipitación anual. Sin embargo, a diferencia de los distritos que se encuentran cerca al mar, la zona de estudio se sitúa en las laderas de los cerros, en la parte baja de un parque ecológico que se aprecia durante el invierno. Esta zona se caracteriza principalmente por poseer laderas muy pronunciadas. El estudio de INDECI de 2010 indica, además, que, de las aproximadamente 10 500 viviendas estudiadas, 14% de las viviendas están construidas sobre terrenos con pendientes muy pronunciadas, 30% viviendas sobre terrenos con pendientes pronunciadas, 31% sobre terrenos con pendientes moderada y solo un cuarto de las viviendas se encuentran asentadas sobre terrenos llanos o con pendiente muy ligera. De tal forma que, el grueso de las viviendas se encuentra situadas sobre terrenos elevados con pendientes moderadas a pronunciadas.



**Figura 4.5** Viviendas en el distrito según las pendientes sobre las cuales se asentaron (INDECI, 2011)

La Figura 4.5 indica que las viviendas asentadas en terreno con pendiente representan el 75% de toda la muestra por el estudio. El problema con estas viviendas es que presentan un riesgo mayor, conforme la pendiente sea más pronunciada, dado que se encuentran expuestas a mayores fuerzas laterales durante un sismo que aquellas que se encuentran en terreno llano y además son vulnerables al desprendimiento de rocas o deslizamientos de tierra en el cerro. Es por ello que las viviendas en la zona de estudio presentan en general una vulnerabilidad significativa como lo muestra la Figura 4.1.

El riesgo de desprendimiento de rocas se debe a que solo el 51% de las viviendas presentan muros de contención, los cuales son de concreto simple sin uso de acero de refuerzo. Además, el 58% se encuentra cimentada sobre grava suelta, representando un porcentaje muy alto de viviendas que estarían en riesgo ante un sismo por la probabilidad de deslizamiento de material suelto. El problema no solo se debe al tipo de terreno sobre el cual se construye, sino también por las excavaciones que realizan los pobladores para lograr obtener un piso nivelado y ganar mayor área sobre la cual construir. La Figura 4.6 refleja el perfil de una vivienda típica estudiada, se muestra el corte que se ha realizado en el terreno para nivelar la vivienda.



**Figura 4.6** Perfil de una vivienda construida sobre una pendiente (SENCICO, 2015)

Según el estudio las viviendas encuestadas no superan las tres plantas. Solo 3 viviendas contaban con tres plantas y 8 con dos plantas. Con respecto al grado de consolidación de las viviendas, tomando en consideración los indicadores de la Figura 4.3, 10 viviendas eran del tipo A, 2 del tipo B, 18 del tipo C y el resto del tipo D.

La metodología que empleó SENCICO para esta investigación fue realizando el levantamiento de las viviendas para obtener planos de arquitectura que muestren la distribución de cada una de ellas; además del uso de encuestas que resuman las características constructivas y expongan las deficiencias estructurales que poseen. La encuesta que realizó SENCICO se muestra en el Anexo A.

## 4.2 Características técnicas de las viviendas

### 4.2.1 Descripción general de las viviendas

De las 39 viviendas encuestadas, SENCICO obtuvo 24 viviendas cuyas estructuras son muros de albañilería confinadas por elementos de concreto armado, 9 son viviendas prefabricadas de derivados de la madera, y 6 poseen muros exteriores de albañilería confinada e interiormente divisiones de madera. A continuación, se detallan las características de las 26 viviendas cuyas fichas de encuestas fueron proporcionadas por la entidad. Las viviendas en mención son las que se encuentran en la Tabla 4.3.

Las viviendas estudiadas muestran que en tan solo 5 de las 26 se emplearon planos elaborados por profesionales para su construcción. La Tabla 4.4 indica que el total de

viviendas con planos aún se encuentran en proceso de consolidación, y 3 de las viviendas sin planos se encuentran consolidadas según mencionan sus propietarios.

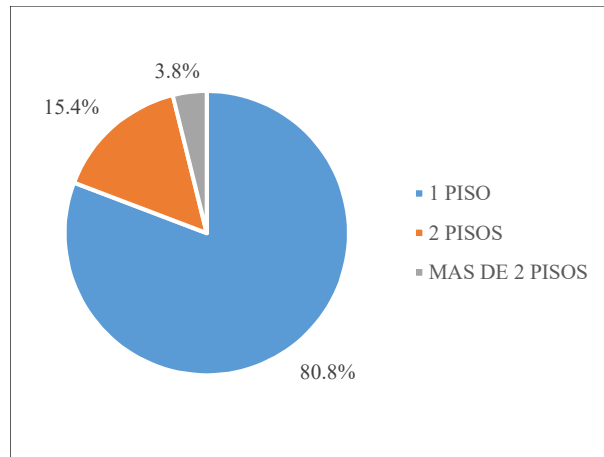
**Tabla 4.3** Viviendas de estudio de SENCICO

<i>UBICACIÓN REFERENCIAL</i>			<i>EDAD ESTIMADA</i>	<i>UBICACIÓN REFERENCIAL</i>			<i>EDAD ESTIMADA</i>
<i>MZ</i>	<i>LOTE</i>	<i>SECTOR</i>		<i>MZ</i>	<i>LOTE</i>	<i>SECTOR</i>	
D	1	Manantial	19	F	6	Paraíso alto	37
H	11	Paraíso alto	19	B	10	Bellavista	23
<b>H-2</b>	<b>3</b>	<b>Paraíso alto</b>	<b>20</b>	D	4	Paraíso alto	-
Q	5	Paraíso alto	18	D	6	Ángeles del paraíso	11
U	1	Paraíso alto	19	D	8	Paraíso alto	41
W	1	Paraíso alto	19	D	15	Paraíso alto	26
<b>X</b>	<b>4</b>	<b>Paraíso alto</b>	<b>20</b>	E	3	Paraíso alto	38
Y	4	Paraíso alto	8	E	6	Ángeles del paraíso	38
Y	5	Paraíso alto	12	F	1	Paraíso alto	23
Y1	6	Manantial	19	G1	4	Paraíso alto	23
Y1	8	Paraíso alto	18	G	3	Ángeles del paraíso	9
Z	1	Paraíso alto	20	I1	8	Paraíso alto	15
Z1	4	Manantial	18	J	15	Paraíso alto	60

**Tabla 4.4** Viviendas según condición de consolidación y uso de planos

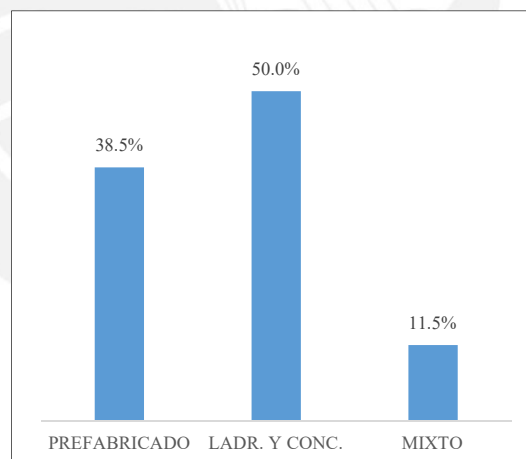
<i>CONDICIONES DE CONSOLIDACIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i>
Sin consolidar con planos	5
Sin consolidar sin planos	18
Consolidada con planos	0
Consolidada sin planos	3

Como las viviendas no están consolidadas, la media en altura es de un piso. Sin embargo, la Figura 4.7 indica que una vivienda posee más de dos pisos; la cual, además, no se encuentra completamente consolidada. Esta vivienda es un claro ejemplo del riesgo que se mencionó anteriormente; además que es poco probable que se realice un refuerzo en la base y estructuras de las primeras plantas antes de seguir levantando más pisos.



**Figura 4.7** Distribución de viviendas según número de pisos (SENCICO, 2015)

Del total de las viviendas se encontró que la mitad de estas fueron construidas con ladrillo de arcilla cocido como material predominante en los muros, diez de madera prefabricada, y tres presentan ladrillos de arcilla en los muros exteriores y prefabricado en las separaciones interiores (ver Figura 4.8). Por tanto, de la muestra poblacional, se identifica que en el área de estudio las viviendas optan por el uso del ladrillo como material predominante en sus construcciones.



**Figura 4.8** Viviendas según material predominante en sus muros (SENCICO, 2015)

#### **4.2.2 Elementos estructurales y problemas presentados**

Dado que las viviendas en general se edificaron sin asesoramiento técnico, es de esperarse que presenten problemas en los elementos estructurales ya sea por falta de control de calidad o por omisiones de elementos no construidos.

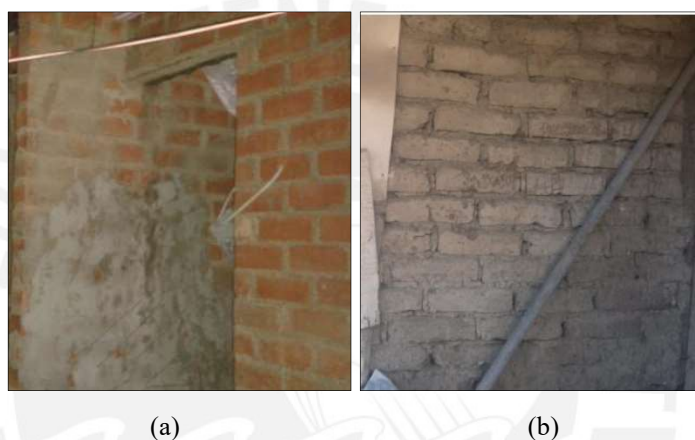
A nivel de cimentación de las trece viviendas de muros de albañilería, seis presentan pircas en su base, lo cual conlleva un riesgo en caso de movimientos sísmicos por la posibilidad de deslizamientos inducidos por la inestabilidad de la cimentación. Además, otro problema encontrado en las cimentaciones es la exposición que presentan, dado que no se suele excavar lo suficiente para generar un sistema de empotramiento en la base, lo cual puede llevar a que las estructuras tengan asentamientos diferenciales o colapse por volteo ante sollicitaciones elevadas. La Figura 4.9 (a) muestra una de las viviendas que cuentan con pircas en su base que en caso falle se producirá un asentamiento crítico sobre el borde derecho, afectando además la entrada de energía a la vivienda. La Figura 4.9 (b) muestra la falla común de no enterrar la cimentación a una profundidad adecuada, empeorando su comportamiento estructural.



**Figura 4.9** Fallas en las cimentaciones por (a) presencia de pircas y (b) cimentación expuesta  
(SENCICO, 2015)

Los muros de las viviendas son de ladrillos de arcilla cocida, optándose por ladrillos perforados. El tipo de ladrillo como su fabricación presenta dispersiones elevadas. Se ha evidenciado uso de ladrillos artesanales como industriales de manera indiscriminada, así como también viviendas construidas con muros de ladrillos tipo King Kong como pandereta. Por lo cual no es posible determinar características predominantes en cuanto al ladrillo empleado. Sin embargo, en la mayoría de viviendas los muros se encontraron confinados por columnas y vigas, habiendo excepciones como la Figura 4.10 (a); siendo válido decir que el sistema estructural predominante es la albañilería confinada junto con pórticos de concreto armado en casos especiales.

Para la albañilería confinada, la norma E.070 indica que los ladrillos deben estar unidos mediante una junta de mortero no mayor a 15mm. A pesar de ello, SENCICO identificó de la muestra un total de 11 viviendas con juntas de hasta 30mm de espesor; es decir, no se cumple con las recomendaciones dadas en la normativa peruana. La Figura 4.10 (b) presenta un muro de ladrillo macizo artesanal con juntas muy espaciadas. De igual manera se identifica que los elementos de concreto armado en general no cumplen con las indicaciones dadas en la norma E.060, resaltando problemas por cangrejas, fisuras y discontinuidad en las dimensiones de la unión de elementos horizontales y verticales.



**Figura 4.10** Muros de ladrillo de arcilla: (a) industrial, sin confinamiento ni dintel y (b) tradicional con juntas de 3cm (SENCICO, 2015)

En los techos de las viviendas se presentan dos clases predominantes. Las losas aligeradas, construidas generalmente como entrepiso, y sistemas de techo livianos por calaminas en el último nivel. La Figura 4.11 (a) muestra el uso de sistemas de albañilería confinada para la construcción de una vivienda de dos pisos con losa aligerada en una dirección en el primer piso y calamina en el segundo. En los entrepisos se escoge la losa aligerada por ser más ligera que los sistemas de losa maciza, además de tener un costo menor. Se ha encontrado que éstas son en una sola dirección, pero que no necesariamente obedece a estar en el sentido de la dirección más corta, además que en las viviendas de dos plantas o más se construye un volado en el segundo nivel para aumentar el área de las plantas superiores. Por otro lado, los techos livianos se emplean en el último nivel de manera provisional hasta seguir construyendo. La calamina es el elemento preferido por ser de bajo costo y de fácil instalación, además de garantizar aislamiento a las condiciones climáticas; sin

embargo, estructuralmente esta no garantiza que el entrepiso se comporte como un diafragma rígido, generando que en el último piso los muros no tengan confinamiento ni arriostre lateral.

El problema usualmente con las losas aligeradas surge por una falta de confinamiento en las viguetas, quedando expuesto el acero de refuerzo, o que estas no se construyan completamente horizontales. Además, casos más extremos se dan cuando las losas se apoyan directamente sobre los muros de albañilería, con lo cual el diafragma se encuentra simplemente apoyado y los muros no estén confinados. La Figura 4.11 (b) muestra un muro de albañilería sin viga de amarre sobre el cual se apoya una losa aligerada.



*Figura 4.11* Viviendas con ladrillo de arcilla (a) en muros exteriores y (b) en muros interiores (SENCICO, 2015)

Otro problema encontrado en las viviendas es falta de su simetría en planta, la cual generalmente es rectangular. La diferencia de longitudes entre los lados de las viviendas resulta en tener una dirección con una cantidad de muros mínima a raíz de la distribución de los ambientes. En ese sentido, los muros en la dirección corta se encontrarán más solicitados a cargas laterales por lo cual son más probables a fallar por no tener la resistencia lateral necesaria.

#### **4.3 Selección de las viviendas**

Siguiendo las características detalladas en el apartado anterior, la primera condición para seleccionar las viviendas es el material de los muros, el cual debe ser indispensablemente de mampostería confinada. Por lo cual, de las 26 viviendas que

poseen planos, 13 de ellas presentan muros de ladrillo de arcilla en un gran porcentaje de la vivienda o en su totalidad. De éstas, se eligen las viviendas que no poseen pircas por la inestabilidad que generan en caso de sismos severos, las cuales no deberán de estar consolidadas por el alto costo que representará reforzarlas. Del mismo modo, se descartan las viviendas que presentan serios problemas en sus elementos estructurales, salvo aquellos inducidos por sismos anteriores.

Adicionalmente, para el procedimiento de reforzamiento en caso se demuestre que es necesario, la norma técnica complementaria para diseño y construcción de estructuras de mampostería (NTC de mampostería) mexicana del año 2017 diferencia las estructuras de mampostería en dos tipos. La primera de ellas, estructuras Tipo I se caracterizan por tener máximo dos niveles con un área no mayor a 250m<sup>2</sup> y destinada al uso habitacional, el Tipo II agrupa aquellas estructuras que no cumplen con las condiciones anteriores. Por ende, se tendrá como condiciones de selección adicionales las características para estructuras Tipo I puesto que la NTC propone mecanismos de reforzamiento bajo cálculos numéricos.

Las condiciones en general que deben cumplir las viviendas para ser seleccionadas deben ser:

- Poseer no más de dos niveles techados
- Superficie construida menor a 250m<sup>2</sup>
- Sistema constructivo de albañilería confinada, aceptándose ladrillos King Kong o pandereta en los muros
- Poseer elementos de concreto como confinamiento de los muros de albañilería
- No poseer pircas ni cimentación expuesta
- Encontrarse ya consolidadas o en proceso, con la condición de no aumentar sus niveles
- Conocerse el espesor de las juntas e identificar los principales problemas en los elementos estructurales

Por lo tanto, las viviendas seleccionadas para estudiar y posteriormente reforzar según sea el caso son: Manzana X, lote 4 (Figura 4.12) y manzana H2, lote 3 (Figura 4.15),

ambas ubicadas en el sector Paraíso Alto. En adelante a la vivienda de la manzana X se le nombrará como **vivienda 1**, y la vivienda de la manzana H2 como **vivienda 2**.

La vivienda 1 (Figura 4.12), cuenta con tres niveles, con áreas de  $55\text{m}^2$  en el primero y  $85\text{m}^2$  en los siguientes. Los propietarios de esta vivienda vienen residiendo en el distrito por más de 20 años. Se estima que la vivienda tiene una edad aproximada de 8 años con material noble y aún se encuentra en proceso de consolidación. La vivienda cuenta con los servicios básicos de luz, agua y desagüe.



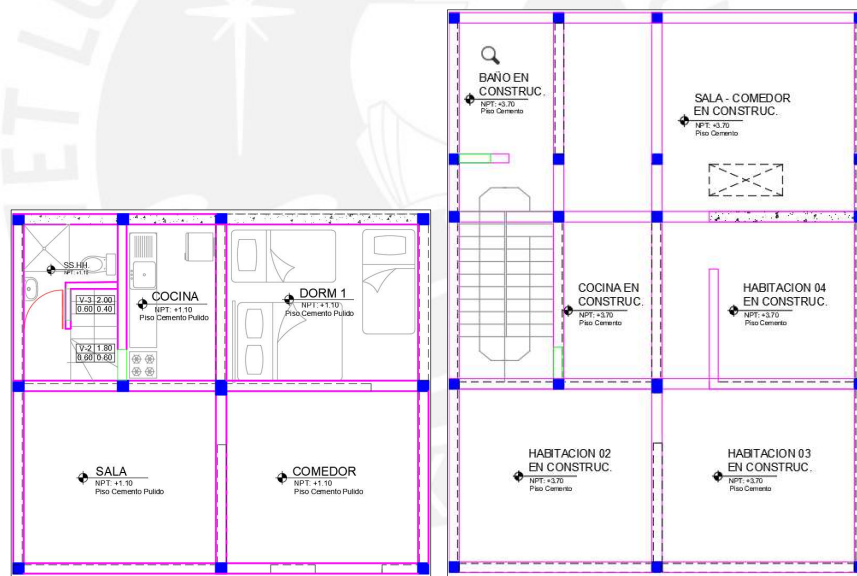
*Figura 4.12* Fachada de la vivienda 1 (SENCICO, 2015)

El sistema estructural empleado se basa en muros de albañilería confinada con partes donde hay pórticos de concreto armado. En su construcción solo participó un maestro de obra, por lo que no se cuentan con planos de construcción como tampoco una memoria de cálculo que describa las propiedades de los materiales empleados. El ladrillo empleado en el primer nivel fue King Kong de 18 huecos (espesor  $0.13\text{m}$ ) y en las plantas superiores se usó de tipo pandereta. Interiormente se empleó ladrillo pandereta para las divisiones de los muros, en algunos casos los muros fueron confinados por columnas y viguetas.

Para confinar el muro de albañilería se emplearon columnas cuadradas de  $0.20\text{m}$  y vigas de peralte de  $0.40\text{m}$  en el primer nivel y  $0.20\text{m}$  en el segundo. El tercer nivel cuenta con muros de albañilería sin confinamiento por viguetas ni losa de techo, cumpliendo a modo de cerramiento de la azotea. El techo se basa en un sistema de losa aligerada de  $0.20\text{m}$  de espesor, cuya dirección está en la dirección corta. A partir del segundo nivel existe un volado de  $0.60\text{m}$  en la fachada.

En el primer piso (Figura 4.13) se tiene una placa de concreto de 0.20m que cubre toda la longitud corta de la vivienda, cuya función es de contención. Uno de los paños de aproximadamente 3.90m sube hasta el segundo piso (Figura 4.14). La parte posterior de la vivienda se encuentra apoyada sobre roca fracturada excavada en una longitud aproximada de 4.00m. Para el análisis no se contemplará las reacciones que imprime el terreno sobre la placa de concreto, ni la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento. Se considera que las cimentaciones del primer nivel y la parte posterior del segundo se encuentran en buenas condiciones al no encontrarse expuestas.

Cabe indicar que no se cuenta con información del proceso constructivo de instalación de las tuberías. Se considerará un procedimiento común que se ha evidenciado en otras viviendas que es picar el muro una vez construido, lo que implica que el muro se encontraría debilitado desde una etapa inicial.



**Figura 4.13** A la izquierda. Planta del primer nivel de la vivienda 1

**Figura 4.14** A la derecha. Planta del segundo nivel de la vivienda 1

La vivienda 2 (figura 4.15), cuenta con dos pisos con áreas de 40 y 95m<sup>2</sup>, respectivamente. La vivienda tiene 6 años de antigüedad, mismo tiempo de residencia de los propietarios en la zona.



*Figura 4.15* Fachada de la vivienda 2 (SENCICO, 2015)

El sistema estructural empleado se basa en muros de albañilería confinada con partes donde hay pórticos de concreto armado. En su construcción solo participó un maestro de obra, por lo que no se cuentan con planos de construcción como tampoco una memoria de cálculo que describa las propiedades de los materiales empleados. El ladrillo empleado en todos los niveles fue King Kong de 18 huecos de espesor 0.13m con un mortero adecuado de espesor 15mm.

El confinamiento de los muros en esta vivienda se da mediante columnas cuadradas de 0.20m de lado y vigas de 0.20x0.30m. El techo es de tipo aligerado en el primer nivel con 0.20m de espesor y en el segundo nivel no cuenta con losa aligerada, la cobertura se logra mediante calaminas sujetadas a vigas de maderas transversales.

En el primer piso (Figura 4.16) se tiene una placa de concreto de 0.20m, cuya función es de contención. La parte posterior de la vivienda se encuentra apoyada sobre terreno natural. Para el análisis tampoco se contemplará las reacciones que imprime el terreno sobre la placa de concreto, ni la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento, al igual que en la vivienda 1. Existe una escalera que inicia en el ambiente de la cocina del primer piso y sube a la segunda planta y a la azotea (Figura 4.17).

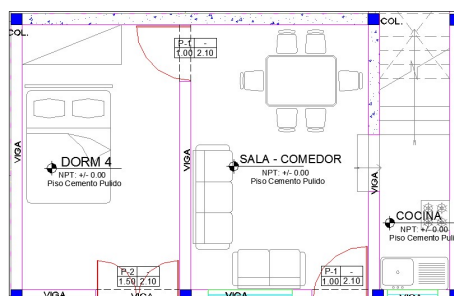


Figura 4.16 Planta del primer nivel de la vivienda 2

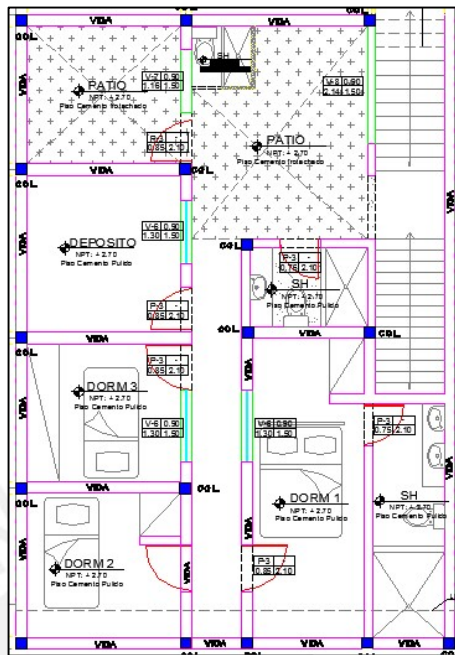


Figura 4.17 Planta del segundo nivel de la vivienda 2

En el Anexo B se presentan las memorias descriptivas, los planos y las fichas de encuestas realizadas por SENCICO (2015).

# CAPÍTULO V

## CÁLCULO ESTRUCTURAL

---

En el presente capítulo se realiza el cálculo estructural de las viviendas seleccionadas. Primero se determinan las propiedades de los elementos estructurales que la componen, se realiza el cálculo de densidad de muros y el modelado de la vivienda a través de un programa de análisis estructural de edificaciones. Finalmente, se procede a analizar los muros en los sentidos del sismo aplicado con la finalidad de determinar los mecanismos de reforzamiento necesarios para garantizar que la vivienda soporte futuras sollicitaciones de sismos.

### 5.1 Características estructurales de la vivienda

Ambas viviendas cuentan con un sistema estructural de albañilería confinada, con presencia de muros de concreto de 0.20m en la parte posterior que cumplen con la función de muros de contención. El sistema de techo es de losa aligerada de 0.20m con ladrillo para techo como relleno. La transmisión de las cargas fue desde la losa de techo pasando por las vigas de amarre, éstas a los muros confinados de albañilería hasta la cimentación.

La vivienda 1 cuenta con tres niveles construidos pero cuyo tercer piso no existen vigas de confinamiento y gran parte de los muros no cuentan con columnas de amarre; así pues, para efectos del análisis se ha visto recomendable que dicho nivel sea considerado como azotea con cargas muertas de la tabiquería. La vivienda se encuentra construida con ladrillo King Kong de 18 huecos en los muros de borde del primer nivel e interiormente con ladrillo pandereta, su segundo nivel también fue construido con ladrillo pandereta en todos sus muros. Por su parte, la vivienda 2 cuenta con dos niveles construidos a base de ladrillo King Kong de 18 huecos, y aunque a la fecha no cuenta con losa de techo en su segundo nivel, para propósitos del análisis se considerará su construcción, quedando como recomendación a futuro.

La ubicación de las viviendas en laderas de cerro llevó a que posean una geometría especial verticalmente. Como se indicó en el capítulo anterior, los primeros niveles de ambas viviendas contaban con un área construida menor al piso inmediato superior. Esto se originó producto de las excavaciones que se realizaron en los cerros para obtener una mayor área donde construir; dado que realizar una excavación profunda o realizar un relleno para nivelar el terreno implicaba costos elevados, se optó por construir un primer nivel de pocos metros cuadrados que sirviera además como sostén y base para poder obtener un área mayor en los pisos superiores. Otra intervención común en las viviendas fue construir un voladizo en la fachada para incrementar el área.

En las viviendas los elementos estructurales predominantes fueron el concreto armado para los pórticos y los elementos de amarres, y albañilería de arcilla para los muros y losas aligeradas. Estos elementos fueron tomados en cuenta para el modelamiento de la estructura; por ende, se definieron sus principales características.

Dado que no se cuentan con datos de la procedencia de los ladrillos y no han sido ensayados, la norma E.070 en su artículo 13 indica valores normalizados de la albañilería. Para el análisis de las viviendas se consideró propicio definir a la albañilería como unidades de arcilla de clase IV de carácter industrial, se considera esta y no la clase V (también industrial) por no ensayarse sus propiedades y poseer valores más conservadores. En el caso del ladrillo pandereta, no se aceptan los valores que recomienda la norma por tratarse de un ladrillo tubular no aceptado en zonas sísmicas 3 o 4 para muros confinados (artículo 5.3). Para estos casos se emplearán datos obtenidos de ensayos de muros de albañilería con uso de ladrillo pandereta.

La Tabla 5.1 resume los valores de resistencia característicos de este material cuando se emplea junto a un mortero Tipo II, cuya dosificación corresponde a 1 parte de cemento por 4 de arena (1:4), en juntas no mayores a 15mm. Sin embargo, los valores de  $v'm$  fueron afectados negativamente por procesos constructivos mal ejecutados. La principal causa a la que se atribuye esta pérdida de resistencia es la falta de adherencia entre la unidad de arcilla y el mortero producto de espesores mayores a lo que indica la norma. San Bartolomé, A. (1994, p.135) encontró que juntas de mortero de 20mm de espesor reducen la resistencia al corte un 25% respecto a una junta de 10mm; sin

embargo, Sánchez, M. (2016, p.61) determinó que para juntas entre 25 y 30mm la reducción de la resistencia a la compresión axial respecto a una junta de 15mm es de aproximadamente 18.22%. Por ende, con la finalidad de reflejar resultados que se aproximen más a las condiciones reales de la mampostería se consideró una pérdida del 15% para  $v'm$ .

**Tabla 5.1** Valores característicos de la albañilería industrial (El Peruano, 2006)

<i>Compresión axial de la unidad</i>	<i>f'b</i>	12.7 MPa
<i>Compresión axial de la albañilería</i>	<i>f'm</i>	6.4 MPa
<i>Corte de la albañilería</i>	<i>v'm</i>	0.79 MPa

Además, la E.070 indica en el artículo 24 que el módulo de elasticidad ( $E_m$ ) de una unidad de arcilla se calcula por medio de la ecuación  $E_m = 500 \times f'_m$ , y cuyo módulo de corte ( $G_m$ ) puede determinarse como  $0.4E_m$ .

El concreto empleado en los elementos estructurales no fue obtenido producto de un diseño estructural, más bien fue dosificado siguiendo la experiencia del maestro de obra. Por ende, se vio prudente considerar una resistencia nominal a la compresión ( $f'_c$ ) de 17.2Mpa. El módulo de elasticidad del concreto ( $E_c$ ) se calculó con la ecuación de la Norma E.060  $E_c = 4700\sqrt{f'_c}$  (Mpa), y el módulo de Poisson ( $\nu=0.15$ ).

Para el ladrillo pandereta se consideraron tres informes independientes, la primera una tesis realizada el año 2016 por Luis Sáenz, el segundo una investigación llevada a cabo en conjunto por la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) el año 2017, y finalmente una tesis realizada por los ingenieros Araoz, T., & Velezmoro, J. CISMID y UNI (2017, pp.36-38) determinó que las propiedades mecánicas del ladrillo pandereta eran  $f'_m = 0.92$  Mpa,  $v'm = 0.37$  Mpa, Sáenz, L. (2016, pp.21,26) proponía a través de ensayos los siguientes valores:  $f'_m = 1.27$  MPa  $v'm = 0.93$  Mpa, mientras que la tesis (Araoz, T., & Velezmoro, J., p.2) ensayaron ladrillos con resultados  $f'_m = 2.35$  MPa  $v'm = 0.91$  Mpa. La norma E.070, por su parte, propone en el artículo 13.7 que el valor de  $v'm$  no exceda  $0.319\sqrt{f'_m}$  (MPa). Entonces, tomando como consideración los valores de  $v'm$  de las investigaciones, y lo indicado en la norma nacional, la investigación de CISMID identifica valores más

conservadores para el cálculo de la cortante resistida por la albañilería. El módulo de elasticidad para los muros de ladrillo pandereta fue obtenido de la investigación de Sáenz, L. (2016, p.22), igual a 2490.9Mpa.

## **5.2 Definición de elementos y consideraciones para el modelo**

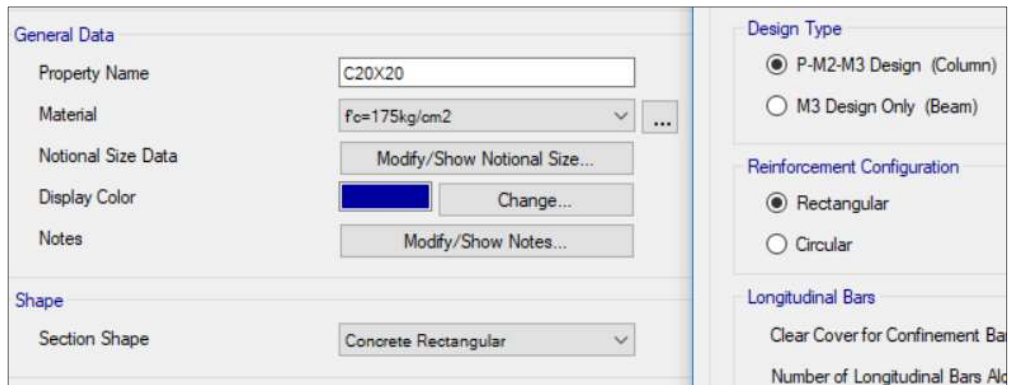
Para modelar la edificación se hicieron dos diferenciaciones: los sistemas aporticados, donde los muros de albañilería existentes se desempeñan como tabiquería fija, y los sistemas de albañilería confinada. El programa empleado para el modelo fue ETABS, donde se definieron elementos tipo barra para los pórticos, y tipo shell para los muros de albañilería y losas aligeradas.

Para modelar viviendas de mampostería, Pérez, J. (2011) indica que existen al menos tres procedimientos válidos empleando métodos computacionales. El primero de ellos es por columna ancha, en el cual el muro de albañilería junto con las columnas se modela como un elemento tipo barra. Para lograrlo, manualmente se tiene que transformar las secciones en una equivalente; es decir, las columnas de concreto armado deben transformarse en albañilería por medio de un factor que relacione los módulos de elasticidad de los materiales. Sin embargo, al intentar modelar la vivienda, se encontró que las secciones transformadas se distorsionaban debido a una diferencia elevada de elasticidades de los materiales.

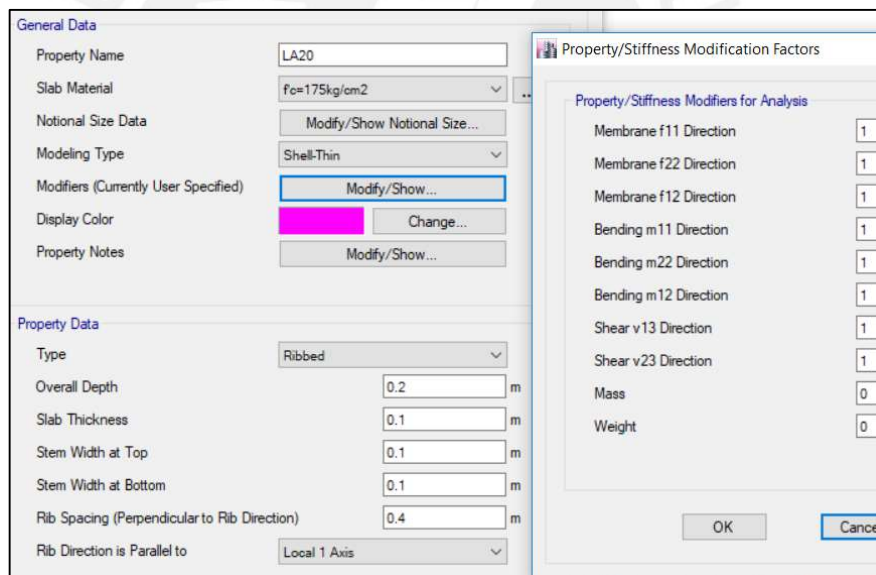
El segundo modelo que se intentó realizar es considerar los muros de albañilería sin sus columnas. Este modelo presentaba inconvenientes por darle a la estructura una mayor flexibilidad de lo real y por lo tanto un periodo mucho más elevado. Finalmente se decidió modelar a la estructura por elementos finitos.

Para ello en primer lugar se definieron los elementos tipo barra. Las columnas se definieron como secciones de concreto armado, indicando al programa que para el análisis se considere su diseño como columna (Figura 5.1), y las vigas se definieron de la misma manera con la diferencia de indicarle al programa que realice un diseño tipo viga. Por otro lado, las losas aligeradas se definieron como elementos de concreto armado tipo shell nervado en la dirección X-X, para su peso se le asignó manualmente valores relacionados (Figura 5.2). Finalmente, los muros sean de concreto o

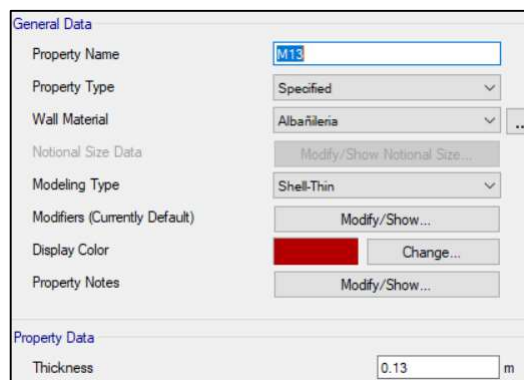
albañilería se modelaron como elementos tipo shell delgados teniendo en cuenta el material de cada uno de ellos (Figura 5.3). Los espesores de las placas de concreto y los muros de King Kong fueron 0.20m y 0.13m respectivamente. Los muros de pandereta se tomaron de 0.11m.



**Figura 5.1** Definición de los elementos columnas

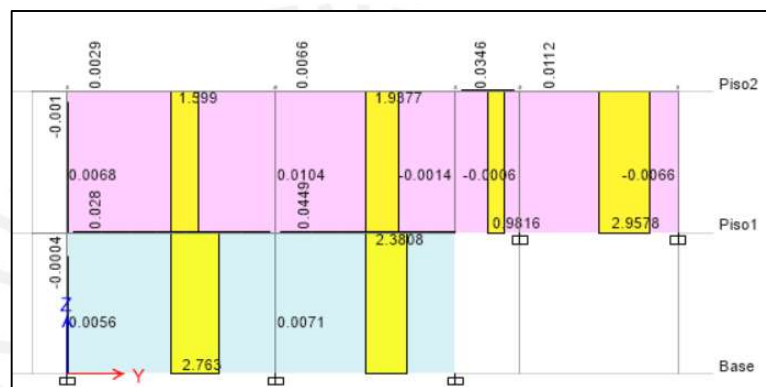


**Figura 5.2** Definición de los elementos losas



**Figura 5.3** Definición de los elementos muros

Para lograr confinar adecuadamente los muros se tomó la siguiente consideración: las vigas de amarre y las columnas o castillos se modelaron como elementos frame. Con esto se logra representar de manera idónea el confinamiento de la albañilería; sin embargo, esto puede ocasionar que los castillos absorban las cortantes y momentos que tomaría el muro. Adelantando resultados, el análisis con un sismo en la dirección X-X (Figura 5.4) muestra que las cortantes que absorben las columnas son casi nulos, por lo que no hay necesidad de integrar los resultados del muro y las columnas.



**Figura 5.4** Cortantes en muros y columnas de amarre en la vivienda 1

### 5.3 Densidad de muros

Con esta consideración se procede a determinar preliminarmente si la densidad de los muros existentes satisface la densidad mínima de muros reforzados según el artículo 25 de la E.070; la Tabla 5.2 muestra los muros confinados para ambas direcciones de análisis. Aquellos muros cuyos módulos de elasticidad sean diferentes, se multiplicará su espesor por el factor de equivalencia entre materiales:  $E_{material\ 1}/E_{material\ 2}$ , para el presente caso el material base será el ladrillo de arcilla clase IV industrial.

Para el análisis primero se determinan los parámetros sísmicos de la edificación y de su localización. Según la Norma E.030 (El Peruano, 2018) los parámetros son zonificación (Z), sitio (S), amplificación sísmica (C), importancia (U), y reducción de las fuerzas sísmicas ( $R_0$ ). Los factores Z y S corresponden a la localización y tipo de suelo sobre el cual se apoya la estructura; en este caso, la vivienda se encuentra cimentada sobre un perfil de suelo tipo  $S_1$  ( $S=1$ ) en el distrito de Lima ( $Z=4$ ). Por otro

lado, el factor U y el  $R_0$  se determinan de acuerdo al tipo de estructura; sistema estructural de albañilería confinada ( $R_0=3$ ) destinada a vivienda ( $U=1$ ). El factor C es un parámetro que depende tanto del tipo de suelo como del tipo de estructura, interrelacionándolos con los periodos específicos del suelo y de la estructura; para un periodo de la estructura menor al valor de  $T_p$ ,  $C=2.5$ .

**Tabla 5.2** Lista de muros confinados existentes, vivienda 1

<i>Eje X-X</i>			<i>Eje Y-Y</i>		
<i>Muro</i>	<i>L (m)</i>	<i>t (m)</i>	<i>Pier</i>	<i>L (m)</i>	<i>t (m)</i>
<i>P1-1*</i>	2.00	1.22	<i>P2-1</i>	3.55	0.13
<i>P1-2*</i>	1.88	1.22	<i>P2-2</i>	3.07	0.13
<i>P1-3*</i>	1.00	1.22	<i>P3-2</i>	3.55	0.13
<i>P1-4*</i>	2.88	1.22	<i>P3-2</i>	3.07	0.13
<i>P6-1</i>	2.00	0.09	<i>P4</i>	3.07	0.09
<i>P6-2</i>	1.88	0.09	<i>P5</i>	3.07	0.09
<i>P6-3</i>	3.88	0.09	<i>P9-1</i>	3.55	0.09
<i>P7*</i>	2.88	1.22	<i>P9-2</i>	3.07	0.09
			<i>P9-3</i>	1.10	0.09
			<i>P9-4</i>	2.70	0.09
			<i>P10-1</i>	3.55	0.09
			<i>P10-2</i>	3.07	0.09
			<i>P10-3</i>	1.10	0.09
			<i>P10-4</i>	2.70	0.09
			<i>P11-1</i>	3.07	0.09
			<i>P11-2</i>	2.70	0.09
			<i>P12</i>	3.07	0.09

\* Los muros con asterisco representan placas de concreto.

**Tabla 5.3** Lista de muros confinados existentes, vivienda 2

<i>Eje X-X</i>			<i>Eje Y-Y</i>		
<i>Muro</i>	<i>L (m)</i>	<i>t (m)</i>	<i>Pier</i>	<i>L (m)</i>	<i>t (m)</i>
<i>P2*</i>	3.10	1.22	<i>P1</i>	2.12	0.13
<i>P2-A*</i>	1.10	1.22	<i>P1-A</i>	2.74	0.13
<i>P2-B*</i>	2.27	1.22	<i>P3</i>	2.12	0.13
<i>P11</i>	3.10	0.13	<i>P4</i>	2.12	0.13
<i>P12</i>	3.37	0.13	<i>P4-A*</i>	2.74	1.22
<i>P18</i>	2.27	0.13	<i>P5</i>	2.12	0.13
<i>P19</i>	3.10	0.13	<i>P6</i>	2.74	0.13
<i>P20</i>	3.10	0.13	<i>P7</i>	2.12	0.13
			<i>P8</i>	2.74	0.13
			<i>P9</i>	3.07	0.13
			<i>P10</i>	2.81	0.13
			<i>P13</i>	2.81	0.13
			<i>P14</i>	3.07	0.13
			<i>P15</i>	2.74	0.13
			<i>P16</i>	2.12	0.13
			<i>P17</i>	1.65	0.13

\* Los muros con asterisco representan placas de concreto.

La E.070 indica que la densidad mínima de muros reforzados debe satisfacer la Ecuación 5.1.

**Ecuación 5.1** Densidad mínima de muros reforzados

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

Donde,

- L* longitud del muro, metros
- t* espesor efectivo del muro, metros
- A<sub>p</sub>* área de la planta típica, metros cuadrados
- N* número de pisos

Por lo tanto, la densidad de los muros existentes debe ser por lo menos igual a 0.02.

Verificando la cantidad de los muros en la Tabla 5.2 y Tabla 5.3, se observa que la dirección crítica es en X-X por ser donde existe menor cantidad de muros; a pesar de ello, el cociente resultante demuestra que la densidad de muros en el eje X-X es suficiente (Tabla 5.4 y 5.5).

**Tabla 5.4** Densidad de muros en la dirección X-X, vivienda 1

<i>Eje X-X</i>		<i>Ap (m<sup>2</sup>)</i> 85.02		
<i>Muro</i>	<i>L (m)</i>	<i>t (m)</i>	<i>Ac (m)</i>	<i>Nm</i>
<i>P1-1*</i>	2.00	1.22	2.44	1
<i>P1-2*</i>	1.88	1.22	2.30	1
<i>P1-3*</i>	1.00	1.22	1.22	1
<i>P1-4*</i>	2.88	1.22	3.52	1
<i>P6-1</i>	2.00	0.09	0.26	1
<i>P6-2</i>	1.88	0.09	0.24	1
<i>P6-3</i>	3.88	0.09	0.50	1
<i>P7*</i>	2.88	1.22	3.52	1
$\Sigma Ac * Nm = 14.00$				
$(\Sigma Ac * Nm) / Ap = 0.16$				

**Tabla 5.5** Densidad de muros en la dirección X-X, vivienda 2

<i>Eje X-X</i>		<i>Ap (m<sup>2</sup>)</i> 92.27		
<i>Muro</i>	<i>L (m)</i>	<i>t (m)</i>	<i>Ac (m)</i>	<i>Nm</i>
<i>P2*</i>	3.10	1.22	3.79	1
<i>P2-A*</i>	1.10	1.22	1.34	1
<i>P2-B*</i>	2.27	1.22	2.77	1
<i>P11</i>	3.10	0.13	0.40	1
<i>P12</i>	3.37	0.13	0.44	1
<i>P18</i>	2.27	0.13	0.30	1
<i>P19</i>	3.10	0.13	0.40	1
<i>P20</i>	3.10	0.13	0.40	1
$\Sigma Ac * Nm = 9.84$				
$(\Sigma Ac * Nm) / Ap = 0.11$				

A pesar que la dirección Y-Y posee una mayor cantidad de muros que la dirección perpendicular, el cálculo de la densidad de muros en esta dirección arroja un valor menor a la perpendicular. Esto se debe a la presencia de muros de concreto en la dirección corta, que al realizar la equivalencia entre propiedades posee un espesor equivalente elevado. Se evidencia que en caso exista una densidad menor a la requerida, reemplazar algunos muros por concreto puede ser una opción viable. (Tabla 5.6 y 5.7).

**Tabla 5.6** Densidad de muros en la dirección Y-Y, vivienda 1

<i>Eje Y-Y</i>		<i>Ap (m<sup>2</sup>) 85.02</i>		
<i>Muro</i>	<i>L (m)</i>	<i>t (m)</i>	<i>Ac (m)</i>	<i>Nm</i>
P2-1	3.55	0.13	0.46	1
P2-2	3.07	0.13	0.40	1
P3-2	3.55	0.13	0.46	1
P3-2	3.07	0.13	0.40	1
P4	3.07	0.09	0.40	1
P5	3.07	0.09	0.40	1
P9-1	3.55	0.09	0.46	1
P9-2	3.07	0.09	0.40	1
P9-3	1.10	0.09	0.14	1
P9-4	2.70	0.09	0.35	1
P10-1	3.55	0.09	0.46	1
P10-2	3.07	0.09	0.40	1
P10-3	1.10	0.09	0.14	1
P10-4	2.70	0.09	0.35	1
P11-1	3.07	0.09	0.40	1
P11-2	2.70	0.09	0.35	1
P12	3.07	0.09	0.40	1
		$\Sigma Ac * Nm = 6.38$		
		$(\Sigma Ac * Nm) / Ap = 0.08$		

**Tabla 5.7** Densidad de muros en la dirección Y-Y, vivienda 2

<i>Eje Y-Y</i>		<i>Ap (m<sup>2</sup>) 92.27</i>		
<i>Muro</i>	<i>L (m)</i>	<i>t (m)</i>	<i>Ac (m)</i>	<i>Nm</i>
P1	2.12	0.13	0.28	1
P1-A	2.74	0.13	0.36	1
P3	2.12	0.13	0.28	1
P4	2.12	0.13	0.28	1
P4-A*	2.74	1.22	3.35	1
P5	2.12	0.13	0.28	1
P6	2.74	0.13	0.36	1
P7	2.12	0.13	0.28	1
P8	2.74	0.13	0.36	1
P9	3.07	0.13	0.40	1
P10	2.81	0.13	0.37	1
P13	2.81	0.13	0.37	1
P14	3.07	0.13	0.40	1
P15	2.74	0.13	0.36	1
P16	2.12	0.13	0.28	1
P17	1.65	0.13	0.21	1
P12	3.07	0.09	0.40	1
		$\Sigma Ac * Nm = 8.17$		
		$(\Sigma Ac * Nm) / Ap = 0.09$		

## 5.4 Análisis sísmico estático

### 5.4.1 Periodo fundamental y cortante basal

Tras haber realizado el análisis por densidad de muros, y habiendo resultado que los muros satisfacen el análisis preliminar; se procede a modelar la estructura sabiendo que además del peso propio de los elementos estructurales, se deben considerar cargas muertas y vivas según indica la Norma E.020.

Los materiales esenciales que aportan mayor peso a la estructura son el concreto y la albañilería, con pesos volumétricos de  $2400\text{kg/m}^3$  para el concreto armado,  $2000\text{kg/m}^3$  para el concreto simple, y  $1800\text{kg/m}^3$  para la albañilería. Además de saberse que una losa aligerada de 0.20m posee un peso aproximado de 3.0kPa y para viviendas la sobrecarga aplicada a la estructura se puede considerar 2.0kPa para pisos típicos y 1.0kPa para azoteas.

Con estos datos, y haciendo uso del programa ETABS, se determinó el periodo fundamental de la estructura y los tres principales modos de vibración indicados en la Tabla 5.8 y 5.9.

**Tabla 5.8** Periodo y modos fundamentales de la estructura, vivienda 1

<i>Modo</i>	<i>Periodo (seg)</i>	<i>UX</i>	<i>UY</i>	<i>RX</i>	<i>RY</i>	<i>RZ</i>
1	0.087	<b>0.4763</b>	0.0056	0.0021	0.141	0.3928
2	0.059	0.0101	<b>0.8883</b>	0.2966	0.0038	1.745E-06
3	0.045	0.0448	0.0011	0.0013	0.6354	<b>0.4832</b>

**Tabla 5.9** Periodo y modos fundamentales de la estructura, vivienda 2

<i>Modo</i>	<i>Periodo (seg)</i>	<i>UX</i>	<i>UY</i>	<i>RX</i>	<i>RY</i>	<i>RZ</i>
1	0.065	<b>0.5830</b>	0.0128	0.0020	0.3636	0.1859
2	0.046	0.0020	0.3475	0.1127	0.3022	<b>0.3352</b>
3	0.037	0.0009	<b>0.4389</b>	0.4029	0.1124	0.2306

Para determinar las irregularidades de la estructura se adoptó una reducción del factor de zona (Z) equivalente a la mitad de su valor según lo indicado en el artículo 24 de la norma E.070. Esto se realiza con el objetivo de analizar los muros dentro de un estado elástico conocido ante un sismo moderado para después, de manera numérica,

proceder a evaluar ante un sismo severo. (San Bartolomé, A., 2018, p.219). Para ello se definió el coeficiente de la cortante basal como  $\frac{Z \times U \times S \times C}{R_0} = 0.19$ . Con esto se procede a calcular la fuerza cortante basal y la cortante por nivel, obteniendo primero las masas y pesos traslacionales de la vivienda, cuya combinación de cargas es  $P_g = 1.00 CM + 0.25 CV$  (Tabla 5.10).

**Tabla 5.10** Peso sísmico por piso

<i>Nivel</i>	<i>Vivienda 1</i>		<i>Vivienda 2</i>	
<i>Piso 2</i>	81.57	ton	47.45	ton
<i>Piso 1</i>	60.38	ton	57.55	ton

Siendo el cortante basal calculado mediante la Ecuación 5.2, se han considerado en un primer análisis las irregularidades como nulas, siendo  $R = R_0$ .

**Ecuación 5.2** Cortante basal

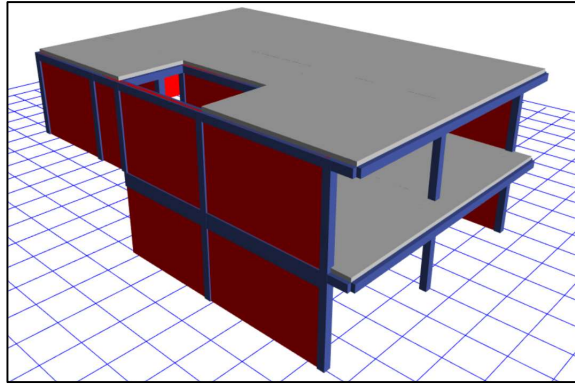
$$V = \frac{Z \times U \times C \times S}{R_0 \times I_a \times I_p} \times P$$

**Tabla 5.11** Fuerza cortante por piso y basal para sismo moderado,  $R=R_0$

<i>Nivel</i>	<i>Vivienda 1</i>		<i>Vivienda 2</i>	
	<i>X - X</i>	<i>Y - Y</i>	<i>X - X</i>	<i>Y - Y</i>
	<i>VE (kN)</i>	<i>VE (kN)</i>	<i>VE (kN)</i>	<i>VE (kN)</i>
<i>Piso 2</i>	190.50	190.50	120.18	120.18
<i>Piso 1</i>	228.65	125.30	134.48	96.84
<i>Basal</i>	261.02		193.06	

## 5.4.2 Irregularidades

Para determinar las irregularidades de la estructura se emplea el artículo 20 de la E.030. La norma diferencia los factores de irregularidad en dos: irregularidad en planta y en altura.



**Figura 5.5** Visualización 3D de las estructuras modeladas

En altura, la vivienda 1 (Tabla 5.12) presenta una pérdida de resistencia menor al 35%, pero mayor al 20%, en la dirección Y-Y del primer piso referente al piso superior; lo cual según la norma se debe aplicar una reducción del 25% por irregularidad de resistencia  $I_a=0.75$ . Sin embargo, en la vivienda 2 no existe esta pérdida de resistencia (Tabla 5.13) dado que el peso sísmico de su segundo nivel es menor al de la otra vivienda (Tabla 5.10) por no haber tabiquería en la azotea; pese a ello, de manera conservadora también se le aplicará irregularidad de piso débil a la vivienda 2. Otra irregularidad que podría presentarse en las viviendas por su diseño peculiar es por geometría vertical, pues la dimensión en planta del segundo nivel es mayor a la dimensión del primer nivel ( $I_a=0.90$ ). Sin embargo, se debe de recalcar la forma de la estructura, la cual si bien es cierto en el segundo nivel existe un aumento del área techada, ésta se encuentra apoyada sobre terreno firme.

**Tabla 5.12** Irregularidades en altura, vivienda 1

<i>Nivel</i>	<i>Fuerzas (kN) (1)</i>	<i>despl rel prom (m) (2)</i>	<i>deriva elástica (2/h)</i>	<i>Rigidez (kN/m) (1/2)</i>	<i>piso blando</i>	<i>piso débil</i>
<b>X-X</b>						
<i>Piso 2</i>	190.50	0.000209	0.000087	911498		
<i>Piso 1</i>	228.65	0.000123	0.000051	1858968	1.00	1.00
<b>Y-Y</b>						
<i>Piso 2</i>	190.50	0.000169	0.000070	1127237		
<i>Piso 1</i>	125.30	0.000093	0.000039	1347337	1.00	0.75

**Tabla 5.13** Irregularidades en altura, vivienda 2

<i>Nivel</i>	<i>Fuerzas (kN) (1)</i>	<i>despl rel prom (m) (2)</i>	<i>deriva elástica (2/h)</i>	<i>Rigidez (kN/m) (1/2)</i>	<i>piso blando</i>	<i>piso débil</i>
<b>X-X</b>						
<i>Piso 2</i>	120.18	0.000131	0.000055	917426		
<i>Piso 1</i>	134.48	0.000070	0.000029	1921093	1.00	1.00
<b>Y-Y</b>						
<i>Piso 2</i>	120.18	0.000094	0.000039	1278540		
<i>Piso 1</i>	96.84	0.000051	0.000021	1898739	1.00	1.00

A pesar de esperarse irregularidades de rigidez – piso blando en ambos sentidos, los desplazamientos promedios elásticos aumentan en cada entrepiso. Por tanto, pese a poseer menor cortante en el primer piso, desplazamientos pequeños conllevan a aumentar la rigidez de entrepiso en el piso inferior. Esto se puede justificar por la mayor densidad de muros en la dirección Y-Y, por lo cual la rigidez en este sentido es mayor a la del piso inmediato superior, o por emplearse concreto armado en la dirección X-X en los muros del primer nivel, aumentando la rigidez lateral del primer entrepiso pese a la poca presencia de muros (Tabla 5.12 y Tabla 5.13).

En planta no existe irregularidad torsional pese a presentar una distribución de diafragmas irregulares, o que en el primer nivel el centro de masa se encuentre alejado del centro de rigidez por las placas en la parte posterior. Esto ocurre por una consideración de la E.030, el cual indica que este criterio solo puede ser aplicado si la deriva máxima excede el 50% del desplazamiento permisible, el cual para la albañilería es 0.005 (El Peruano, 2018). En ambas viviendas (Tabla 5.14 y 5.15), las derivas máximas no superan el valor de 0.0025, por tanto, el criterio de irregularidad torsional no es aplicable para la estructura.

**Tabla 5.14** Irregularidades en planta, vivienda 1

<i>Nivel</i>	<i>h (m)</i>	<i>despl rel máximas (m)</i>	<i>derivadas máximas</i>	<i>derivadas promedio</i>	<i>irregularidad torsional</i>
<b>X-X</b>					
<i>Piso 2</i>	2.40	0.000348	0.000277	0.000222	1.00
<i>Piso 1</i>	2.40	0.000208	0.000166	0.000131	1.00
<b>Y-Y</b>					
<i>Piso 2</i>	2.40	0.000249	0.000198	0.000180	1.00
<i>Piso 1</i>	2.40	0.000114	0.000091	0.000099	1.00

**Tabla 5.15** Irregularidades en planta, vivienda 2

<i>Nivel</i>	<i>h (m)</i>	<i>despl rel máximas (m)</i>	<i>derivadas máximas</i>	<i>derivadas promedio</i>	<i>irregularidad torsional</i>
<i>X-X</i>					
<i>Piso 2</i>	2.40	0.000232	0.000218	0.000123	1.00
<i>Piso 1</i>	2.40	0.000104	0.000098	0.000066	1.00
<i>Y-Y</i>					
<i>Piso 2</i>	2.40	0.000136	0.000128	0.000088	1.00
<i>Piso 1</i>	2.40	0.000085	0.000080	0.000048	1.00

Con estas irregularidades, se obtiene que para las viviendas el coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas (R) es  $R = R_0 \times I_a \times I_p = 2.25$ . Por lo tanto, el nuevo coeficiente de cortante basal introducido  $\frac{Z \times U \times S \times C}{R_0} = 0.25$ .

### 5.5 Diseño sísmico de muros de albañilería

Para realizar la verificación de los muros de albañilería se indican en la Figura 5.6 y 5.7 las ubicaciones de todos los muros indicados anteriormente en la Tabla 5.2 y 5.3. Los muros de color blanco son de concreto de espesor 0.20m, los de color celeste son de ladrillo King Kong clase IV y los de color magenta son de ladrillo pandereta. Los otros muros que se indicaron en los planos de arquitectura fueron considerados como tabiques por no poseer confinamiento en sus cuatro bordes; sin embargo, en caso se requieran adicionar muros se considerarán para el análisis indicando las consideraciones a desarrollar para que estos sean muros confinados; estos muros fueron considerados en los modelos como carga muerta.

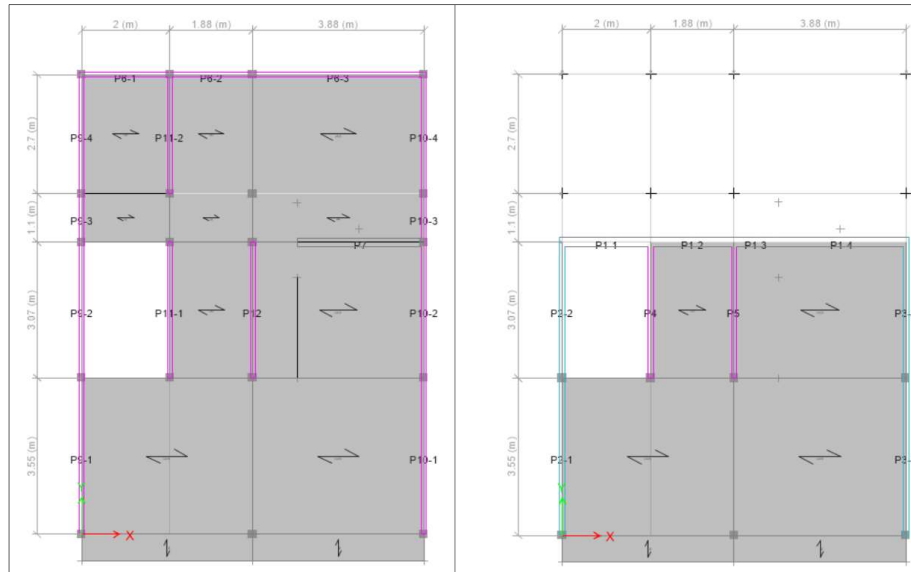


Figura 5.6 Plantas de los dos niveles, vivienda 1

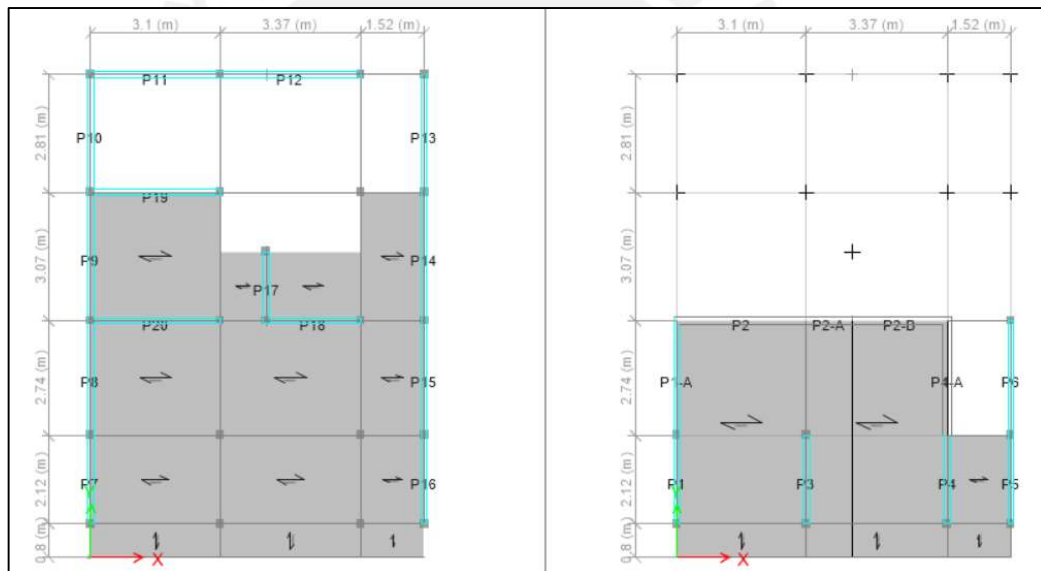


Figura 5.7 Planta de los dos niveles, vivienda 2

Con las irregularidades indicadas en el acápite anterior, las nuevas cortantes basal y las cortantes de entrepiso para el análisis por sismo moderado son:

Tabla 5.16 Fuerza cortante por piso y basal para sismo moderado,  $R=2.25$

Nivel	Vivienda 1		Vivienda 2	
	X - X	Y - Y	X - X	Y - Y
	VE (kN)	VE (kN)	VE (kN)	VE (kN)
Piso 2	254.00	254.00	160.24	160.24
Piso 1	304.87	167.07	179.30	129.11
Basal	348.02		257.42	

Para analizar el comportamiento de los muros ante sismo moderado ( $Z=0.45/2$ ) y verificar si pasan ante sismo severo ( $Z=0.45$ ), la E.070 indica que se debe calcular la resistencia al agrietamiento diagonal del muro, cuidando que este no se agriete ante sismo moderado, y ante uno severo se verifique la resistencia global.

Para determinar la resistencia al agrietamiento ( $V_m$ ), la norma propone la Ecuación 5.3.

**Ecuación 5.3** Resistencia al agrietamiento diagonal

$$V_m = 0.5 \times v'_m \times \alpha \times t \times L + 0.23 \times P_g \text{ (kN)}$$

Donde,

$v'_m$  resistencia característica al corte de la albañilería

\* afectado por el 15% de reducción por junta mayor a 15mm de espesor

$\alpha$  factor de reducción de resistencia por efecto de esbeltez

$$1/3 \leq \alpha = L/0.8H \leq 1$$

$t$  espesor del muro

$L$  longitud del muro incluido castillos

$P_g$  peso sísmico

Para corroborar que los muros no se agrieten ante sismo moderado se emplea la Ecuación 5.4, relacionando la cortante ante sismo moderado ( $V_e$ ) como un porcentaje de la resistencia al agrietamiento del muro.

**Ecuación 5.4** Control de fisuración ante sismo moderado

$$V_e \leq 0.55 \times V_m$$

Para analizar los muros de concreto, se empleó el artículo 11 de la E.060. La contribución del concreto ( $V_c$ ) se calcula por medio de la Ecuación 5.5. Estos muros se indican en la Tabla 5.17 y 5.18 con un (\*) al costado del nombre del muro, en general están concentrados en la parte posterior del primer piso de cada estructura.

**Ecuación 5.5** Resistencia del concreto

$$V_c = A_c \left( \alpha_c \times \sqrt{f'_c} \right) \text{ (kN)}$$

Donde,

$A_C$  área de corte de la sección transversal del muro  $A_C = 0.8 \times L \times t$

$\alpha_C$  factor de reducción de resistencia por efecto de esbeltez

$$h_m/l_m \leq 1.5; \alpha_C = 0.25$$

$$h_m/l_m \geq 2.0; \alpha_C = 0.17$$

Analizando las estructuras de forma independiente, la vivienda 2 (Tabla 5.18), de dos niveles y sin tabiquería sobre su segundo nivel, no presentaría problemas en sus muros ante sismos moderados, cumpliéndose que la fuerza cortante ante sismo moderado ( $V_e$ ) es menor al 55% de la resistencia al corte del muro ( $V_m$ ). Sin embargo, en la vivienda 1 (Tabla 5.17), que posee tabiquería sobre el techo del segundo nivel, presenta problemas en una cantidad significativa de muros en su segundo nivel. Estos problemas suscitados en los muros ante un sismo moderado se deben relacionar tanto con la geometría de la estructura, la carga adicional en la segunda planta y las propiedades de los muros de ladrillo pandereta.

Si se localizan los muros P9-3, P9-4, P10-3, P10-4 y P11-2 que se llegarían a agrietar (Tabla 5.17), en la Figura 5.6, estos se encuentran en la parte posterior de la edificación; es decir, sobre la sección apoyada directamente sobre el terreno. Pese a que la estructura presenta derivas pequeñas por tener dos niveles, en la segunda planta existe una torsión producto de su geometría al tener una zona de transmisión hacia los muros del primer nivel y otra donde las cargas van directamente al suelo. Si a esto se agrega el hecho de ser muros cuya resistencia al corte ( $v'm$ ) dada por el ladrillo pandereta es aproximadamente la mitad del ladrillo King Kong, conlleva a que dichos muros no soporten adecuadamente las solicitaciones de un sismo moderado y terminen agrietándose.

A partir de este análisis se puede inferir que: (a) siguiendo la historia de sismos desde la construcción del segundo nivel de la vivienda, los muros mencionados pueden encontrarse debilitados a la fecha, (b) los cinco muros fallarían ante un sismo severo y por consecuencia toda la planta por la reducción en la densidad de muros del piso. Por tanto, se espera que sean como mínimo estos muros sobre los cuales se evaluaría el desempeño de la malla electrosoldada como método de reforzamiento.

**Tabla 5.17** Análisis de sismo moderado, vivienda 1

<i>X-X</i>								
<i>Segundo nivel</i>								
<i>Muro</i>	<i>Ve (kN)</i>	<i>Me (kN-m)</i>	<i>α</i>	<i>α.final</i>	<i>v'm (MPa)</i>	<i>Pg = Pd+0.25Pl</i>	<i>Vm (kN)</i>	<i>Ve≤0.55Vm</i>
<i>P6-1</i>	8.28	10.86	1.04	1.00	0.31	12.89	37.56	<i>Cumple</i>
<i>P6-2</i>	8.51	10.55	0.98	0.98	0.31	16.23	35.57	<i>Cumple</i>
<i>P6-3</i>	16.63	24.75	2.02	1.00	0.31	33.97	74.93	<i>Cumple</i>
<i>P7(*)</i>	212.30	410.52	0.83	0.25		88.30	477.77	<i>Cumple</i>
<i>Primer nivel</i>								
<i>P1-1(*)</i>	77.84	101.72	1.20	0.25		69.10	331.78	<i>Cumple</i>
<i>P1-2(*)</i>	118.08	131.66	1.28	0.25		66.69	311.88	<i>Cumple</i>
<i>P1-3(*)</i>	61.96	72.83	2.40	0.17		38.36	112.81	<i>Cumple</i>
<i>P1-4(*)</i>	43.24	188.24	0.83	0.25		143.09	477.77	<i>Cumple</i>
<i>Y-Y</i>								
<i>Segundo nivel</i>								
<i>Muro</i>	<i>Ve (ton)</i>	<i>Me (ton-m)</i>	<i>α</i>	<i>α.final</i>	<i>v'm (ton/m²)</i>	<i>Pg = Pd+0.25Pl</i>	<i>Vm (ton)</i>	<i>Ve≤0.55Vm</i>
<i>P9-1</i>	16.20	20.49	1.85	1.00	0.31	42.54	71.19	<i>Cumple</i>
<i>P9-2</i>	19.67	22.64	1.60	1.00	0.31	26.74	59.25	<i>Cumple</i>
<i>P9-3</i>	9.98	12.07	0.57	0.57	0.31	8.72	12.91	<b>NO CUMPLE</b>
<i>P9-4</i>	30.14	38.87	1.41	1.00	0.31	20.59	51.44	<b>NO CUMPLE</b>
<i>P10-1</i>	24.50	31.32	1.85	1.00	0.31	47.61	72.36	<i>Cumple</i>
<i>P10-2</i>	26.40	31.57	1.60	1.00	0.31	26.64	59.23	<i>Cumple</i>
<i>P10-3</i>	14.75	17.70	0.57	0.57	0.31	7.12	12.54	<b>AGRIETA</b>
<i>P10-4</i>	43.76	55.12	1.41	1.00	0.31	22.62	51.90	<b>NO CUMPLE</b>
<i>P11-1</i>	13.72	18.35	1.60	1.00	0.31	26.73	59.25	<i>Cumple</i>
<i>P11-2</i>	32.24	42.87	1.41	1.00	0.31	25.04	52.46	<b>NO CUMPLE</b>
<i>P12</i>	15.50	21.03	1.60	1.00	0.31	46.42	63.78	<i>Cumple</i>
<i>Primer nivel</i>								
<i>P2-1</i>	28.37	40.71	1.85	1.00	0.67	92.92	176.32	<i>Cumple</i>
<i>P2-2</i>	24.39	30.07	1.60	1.00	0.67	40.62	143.34	<i>Cumple</i>
<i>P3-1</i>	36.72	53.95	1.85	1.00	0.67	104.06	178.88	<i>Cumple</i>
<i>P3-2</i>	34.99	43.37	1.60	1.00	0.67	53.97	146.41	<i>Cumple</i>
<i>P4</i>	16.66	24.30	1.60	1.00	0.31	33.20	60.74	<i>Cumple</i>
<i>P5</i>	18.03	26.07	1.60	1.00	0.31	69.70	69.13	<i>Cumple</i>

**Tabla 5.18** Análisis de sismo moderado, vivienda 2

<i>X-X</i>								
<i>Segundo nivel</i>								
<i>Muro</i>	<i>Ve (kN)</i>	<i>Me (kN-m)</i>	<i>α</i>	<i>α.final</i>	<i>v'm (MPa)</i>	<i>Pg = Pd+0.25Pl</i>	<i>Vm (kN)</i>	<i>Ve≤0.55Vm</i>
<i>P11</i>	7.58	11.84	1.61	1.00	0.67	16.04	139.00	<i>Cumple</i>
<i>P12</i>	9.64	12.94	1.76	1.00	0.67	19.89	151.67	<i>Cumple</i>
<i>P18</i>	35.39	47.61	1.18	1.00	0.67	23.67	104.52	<i>Cumple</i>
<i>P19</i>	47.16	66.53	1.61	1.00	0.67	27.00	141.52	<i>Cumple</i>
<i>P20</i>	51.05	68.16	1.61	1.00	0.67	35.25	143.41	<i>Cumple</i>

**Tabla 5.18 continuación** Análisis de sismo moderado, vivienda 2

<b>X-X</b>								
<b>Primer nivel</b>								
<i>Muro</i>	<i>Ve (kN)</i>	<i>Me (kN-m)</i>	<i>α</i>	<i>α final</i>	<i>v'm (MPa)</i>	<i>Pg = Pd+0.25Pl</i>	<i>Vm (kN)</i>	<i>Ve ≤ 0.55Vm</i>
<i>P2(*)</i>	77.78	141.87	0.77	0.25		139.12	514.26	<i>Cumple</i>
<i>P2-A(*)</i>	40.94	49.78	2.18	0.17		41.62	124.09	<i>Cumple</i>
<i>P2-B(*)</i>	58.09	88.96	1.06	0.25		61.19	376.57	<i>Cumple</i>
<b>Y-Y</b>								
<b>Segundo nivel</b>								
<i>Muro</i>	<i>Ve (ton)</i>	<i>Me (ton-m)</i>	<i>α</i>	<i>α final</i>	<i>v'm (ton/m<sup>2</sup>)</i>	<i>Pg = Pd+0.25Pl</i>	<i>Vm (ton)</i>	<i>Ve ≤ 0.55Vm</i>
<i>P7</i>	5.67	7.15	1.10	1.00	0.67	18.59	96.81	<i>Cumple</i>
<i>P8</i>	12.49	14.62	1.43	1.00	0.67	23.26	124.94	<i>Cumple</i>
<i>P9</i>	28.61	34.91	1.60	1.00	0.67	23.87	139.49	<i>Cumple</i>
<i>P10</i>	33.02	44.49	1.46	1.00	0.67	16.53	126.45	<i>Cumple</i>
<i>P13</i>	19.69	26.57	1.46	1.00	0.67	16.23	126.38	<i>Cumple</i>
<i>P14</i>	21.62	26.80	1.60	1.00	0.67	22.16	139.10	<i>Cumple</i>
<i>P15</i>	14.63	17.57	1.43	1.00	0.67	19.03	123.97	<i>Cumple</i>
<i>P16</i>	10.03	13.17	1.10	1.00	0.67	14.35	95.83	<i>Cumple</i>
<i>P17</i>	10.51	14.02	0.86	0.86	0.67	10.04	64.20	<i>Cumple</i>
<b>Primer nivel</b>								
<i>P1</i>	15.95	21.24	1.10	1.00	0.67	39.88	101.71	<i>Cumple</i>
<i>P1-A</i>	22.65	28.84	1.43	1.00	0.67	32.27	127.02	<i>Cumple</i>
<i>P3</i>	9.94	14.00	1.10	1.00	0.67	74.44	109.65	<i>Cumple</i>
<i>P4</i>	6.63	7.81	1.10	1.00	0.67	48.66	103.72	<i>Cumple</i>
<i>P4-A(*)</i>	55.62	94.20	0.88	0.25		104.48	454.54	<i>Cumple</i>
<i>P5</i>	2.14	3.54	1.10	1.00	0.67	24.08	98.07	<i>Cumple</i>
<i>P6</i>	4.62	6.97	1.43	1.00	0.67	28.28	126.10	<i>Cumple</i>

A pesar que una solución para los muros agrietados ante un sismo moderado es su reemplazo, la propuesta de reforzamiento con malla electrosoldada brinda la posibilidad de reforzar el muro al mejorar sus propiedades frente a futuros sismos. Sin embargo, como el refuerzo presenta un límite en la resistencia aportada, es necesario verificar por sismo severo el excedente de resistencia que requieren los muros para evitar su colapso. Y de esa forma determinar numéricamente si el aporte final del reforzamiento sería estructuralmente viable.

Tras la verificación por agrietamiento, el artículo 27 de la norma E.070 indica que se debe evaluar la condición de sismo severo. Para ello primero se debe determinar el factor de amplificación para así obtener las fuerzas internas ante sismo severo (Ecuación 5.7). El factor de amplificación se calcula como la relación entre el cortante

actuante en el muro y la resistencia al agrietamiento, ambos en el primer nivel: y no deberá ser menor a dos ni mayor a tres (Ecuación 5.6).

Dado que no todos los muros del primer nivel son continuos, existirán muros cuyo factor de amplificación se determine a partir del mismo muro de la segunda planta. En los casos donde el factor se encuentre entre los valores límites, el valor de la cortante última será igual a la resistencia del muro, caso en el cual el muro debería reforzarse para evitar fallas no controladas.

**Ecuación 5.6** Factor de amplificación para sismo severo

$$2 \leq V_{e1}/V_{m1} \leq 3$$

**Ecuación 5.7** Fuerzas internas para sismo severo

$$V_u = V_e \times \frac{V_{e1}}{V_{m1}} \quad M_u = M_e \times \frac{V_{e1}}{V_{m1}}$$

Como se esperaba, los muros que no cumplen con el control de agrietamiento ante el sismo moderado también fallarían ante un sismo severo. Sin embargo, además de los muros antes mencionados, en la vivienda 1 se evidencia nuevos muros que fallarían en un sismo severo (Tabla 5.19). Los muros P10-1 y P10-2 en la dirección Y-Y tendrían solicitaciones que exceden su resistencia al corte y el muro P9-2 se encontraría al límite de su capacidad; mientras que en la dirección perpendicular en el primer y segundo nivel fallarían muros de concreto. El muro P7 fallaría por ser el único muro que soporte las cortantes solicitadas en un área de influencia considerable pues los muros P6 se encuentran en la parte posterior de la edificación. Por tanto, los muros que fallan en la vivienda 1 se encuentran localizados en el segundo nivel, y cuyo motivo de falla se asocia principalmente por el tipo de ladrillo empleado en la dirección Y-Y, o por la escasez de muros en la dirección X-X.

Por otro lado, la vivienda 2 presenta solo dos muros que tendrían problemas en un sismo severo. Los muros P18 y P20 en la segunda planta, dirección X-X, fallarían principalmente por ser de albañilería cuando los muros contiguos del nivel inferior (P2 y P2-B respectivamente) son de concreto. Este cambio de material evaluado a nivel de densidad de muros logró que la cantidad de muros existentes sean suficientes, sin

embargo, dejando de lado los muros de concreto del primer nivel, la cantidad de muros de la segunda planta es deficiente; ocasionando que los muros indicados y adicionalmente el muro P19 se encuentren en el límite de su capacidad al corte. Por otro lado, los muros P11 y P12 al encontrarse sobre el borde posterior de la vivienda no poseen un área de influencia significativa, con lo cual las solicitaciones sísmicas de los mismos son menores a su  $V_m$ .

**Tabla 5.19** Análisis de sismo severo, vivienda 1

<i>X-X</i>								
<i>Segundo nivel</i>								
<i>Muro</i>	<i>Ve (kN)</i>	<i>Me (kN-m)</i>	<i>Vm (kN)</i>	<i>Vm1/Ve1</i>	<i>factor final</i>	<i>Vu (kN)</i>	<i>Mu (kN-m)</i>	<i>Vm&gt;Vu</i>
<i>P6-1</i>	8.28	10.86	37.56	4.53	3.00	24.85	32.59	<i>Cumple</i>
<i>P6-2</i>	8.51	10.55	35.57	4.18	3.00	25.52	31.64	<i>Cumple</i>
<i>P6-3</i>	16.63	24.75	74.93	4.50	3.00	49.90	74.24	<i>Cumple</i>
<i>P7(*)</i>	212.30	410.52	477.77		3.00	636.91	1231.56	<b>NO CUMPLE</b>
<i>Primer nivel</i>								
<i>P1-1(*)</i>	77.84	101.72	331.78	4.26	3.00	233.51	305.15	<i>Cumple</i>
<i>P1-2(*)</i>	118.08	131.66	311.88	2.64	2.64	311.88	347.73	<i>Límite</i>
<i>P1-3(*)</i>	61.96	72.83	112.81	1.82	2.00	123.92	145.66	<b>NO CUMPLE</b>
<i>P1-4(*)</i>	43.24	188.24	477.77	11.05	3.00	129.71	564.71	<i>Cumple</i>
<i>Y-Y</i>								
<i>Segundo nivel</i>								
<i>Pier</i>	<i>Ve (kN)</i>	<i>Me (kN-m)</i>	<i>Vm (kN)</i>	<i>Vm1/Ve1</i>	<i>factor final</i>	<i>Vu (kN)</i>	<i>Mu (kN-m)</i>	<i>Vm&gt;Vu</i>
<i>P9-1</i>	16.20	20.49	71.19		3.00	48.59	61.47	<i>Cumple</i>
<i>P9-2</i>	19.67	22.64	59.25		3.00	59.00	67.93	<i>Límite</i>
<i>P9-3</i>	9.98	12.07	12.91	1.29	2.00	19.97	24.15	<b>NO CUMPLE</b>
<i>P9-4</i>	30.14	38.87	51.44	1.71	2.00	60.28	77.74	<b>NO CUMPLE</b>
<i>P10-1</i>	24.50	31.32	72.36		3.00	73.49	93.96	<b>NO CUMPLE</b>
<i>P10-2</i>	26.40	31.57	59.23		3.00	79.20	94.70	<b>NO CUMPLE</b>
<i>P10-3</i>	14.75	17.70	12.54	0.85	2.00	29.50	35.40	<b>NO CUMPLE</b>
<i>P10-4</i>	43.76	55.12	51.90	1.19	2.00	87.53	110.23	<b>NO CUMPLE</b>
<i>P11-1</i>	13.72	18.35	59.25		3.00	41.17	55.04	<i>Cumple</i>
<i>P11-2</i>	32.24	42.87	52.46	1.63	2.00	64.47	85.75	<b>NO CUMPLE</b>
<i>P12</i>	15.50	21.03	63.78		3.00	46.50	63.09	<i>Cumple</i>
<i>Primer nivel</i>								
<i>P2-1</i>	28.37	40.71	176.32	6.21	3.00	85.12	122.13	<i>Cumple</i>
<i>P2-2</i>	24.39	30.07	143.34	5.88	3.00	73.16	90.20	<i>Cumple</i>
<i>P3-1</i>	36.72	53.95	178.88	4.87	3.00	110.16	161.84	<i>Cumple</i>
<i>P3-2</i>	34.99	43.37	146.41	4.18	3.00	104.96	130.11	<i>Cumple</i>
<i>P4</i>	16.66	24.30	60.74	3.65	3.00	49.97	72.90	<i>Cumple</i>
<i>P5</i>	18.03	26.07	69.13	3.83	3.00	54.10	78.22	<i>Cumple</i>

**Tabla 5.20** Análisis de sismo severo, vivienda 2

<i>X-X</i>								
<i>Segundo nivel</i>								
<i>Pier</i>	<i>Ve (kN)</i>	<i>Me (kN-m)</i>	<i>Vm (kN)</i>	<i>Vm1/Ve1</i>	<i>factor final</i>	<i>Vu (kN)</i>	<i>Mu (kN-m)</i>	<i>Vm&gt;Vu</i>
<i>P11</i>	7.58	11.84	139.00	18.33	3.00	22.74	35.52	<i>Cumple</i>
<i>P12</i>	9.64	12.94	151.67	15.74	3.00	28.91	38.82	<i>Cumple</i>
<i>P18</i>	35.39	47.61	104.52		3.00	106.18	142.82	<b>NO CUMPLE</b>
<i>P19</i>	47.16	66.53	141.52	3.00	3.00	141.47	199.60	<i>Límite</i>
<i>P20</i>	51.05	68.16	143.41		3.00	153.14	204.47	<b>NO CUMPLE</b>
<i>Primer nivel</i>								
<i>P2(*)</i>	77.78	141.87	514.26	6.61	3.00	233.33	425.61	<i>Cumple</i>
<i>P2-A(*)</i>	40.94	49.78	124.09	3.03	3.00	122.81	149.34	<i>Límite</i>
<i>P2-B(*)</i>	58.09	88.96	376.57	6.48	3.00	174.28	266.87	<i>Cumple</i>
<i>Y-Y</i>								
<i>Segundo nivel</i>								
<i>Pier</i>	<i>Ve (kN)</i>	<i>Me (kN-m)</i>	<i>Vm (kN)</i>	<i>Vm1/Ve1</i>	<i>factor final</i>	<i>Vu (kN)</i>	<i>Mu (kN-m)</i>	<i>Vm&gt;Vu</i>
<i>P7</i>	5.67	7.15	96.81		3.00	17.00	21.46	<i>Cumple</i>
<i>P8</i>	12.49	14.62	124.94		3.00	37.48	43.86	<i>Cumple</i>
<i>P9</i>	28.61	34.91	139.49	4.87	3.00	85.84	104.73	<i>Cumple</i>
<i>P10</i>	33.02	44.49	126.45	3.83	3.00	99.06	133.48	<i>Cumple</i>
<i>P13</i>	19.69	26.57	126.38	6.42	3.00	59.07	79.72	<i>Cumple</i>
<i>P14</i>	21.62	26.80	139.10	6.43	3.00	64.86	80.39	<i>Cumple</i>
<i>P15</i>	14.63	17.57	123.97		3.00	43.90	52.72	<i>Cumple</i>
<i>P16</i>	10.03	13.17	95.83		3.00	30.10	39.51	<i>Cumple</i>
<i>P17</i>	10.51	14.02	64.20	6.11	3.00	31.53	42.07	<i>Cumple</i>
<i>Primer nivel</i>								
<i>P1</i>	15.95	21.24	101.71	6.38	3.00	47.85	63.73	<i>Cumple</i>
<i>P1-A</i>	22.65	28.84	127.02	5.61	3.00	67.94	86.52	<i>Cumple</i>
<i>P3</i>	9.94	14.00	109.65	11.03	3.00	29.81	41.99	<i>Cumple</i>
<i>P4</i>	6.63	7.81	103.72	15.65	3.00	19.88	23.43	<i>Cumple</i>
<i>P4-A(*)</i>	55.62	94.20	454.54	8.17	3.00	166.85	282.61	<i>Cumple</i>
<i>P5</i>	2.14	3.54	98.07	45.82	3.00	6.42	10.61	<i>Cumple</i>
<i>P6</i>	4.62	6.97	126.10	27.30	3.00	13.86	20.90	<i>Cumple</i>

De ambos análisis, para sismo moderado y severo, se evidencia lo siguiente:

- Pese a que los muros hayan sido construidos con materiales adecuados, a partir de lo indicado en la norma peruana, una baja cantidad de muros ocasionará que aquellos con una mayor área de influencia sean exigidos más allá de su capacidad portante (muro P-7 de la Tabla 5.19 y muros P18, P19 y P20 de la Tabla 5.20). Esto puede darse a pesar que el análisis por densidad de muros sea positivo por la existencia de muros de concreto.

- La baja calidad del ladrillo empleado y las sobrecargas exigidas a la estructura en la vivienda 2 conlleva a tener muros que no cumplen el control de agrietamiento ante sismos moderados y el segundo nivel de la misma falle ante sismo severo. La geometría peculiar de las viviendas puede llegar a ser un factor incidente pese a que la vivienda 2 no presenta una situación similar.

## 5.6 Reforzamiento de muros con malla electrosoldada

San Bartolomé y Castro (2007) realizaron un ensayo de rehabilitación de un muro confinado de ladrillo King Kong industrial previamente ensayado. Para este ensayo se empleó una malla electrosoldada QE-106 de 4.5mm con cocada cuadrada de 150mm, con la cual se obtuvo un aumento de la resistencia al corte equivalente al 40% del valor del muro original, una recuperación de la rigidez inicial del 85%, y un incremento del 33% del módulo de corte. Por otro lado, UNI y CISMID (2017) realizaron ensayos sobre muros de mampostería a escala real con ladrillo pandereta reforzados con malla QE-106. En estos ensayos se evaluó la capacidad de recuperación del muro reforzado evidenciando que el muro original soportó una carga lateral máxima de 70kN mientras que el muro reforzado fue de 200kN, es decir la resistencia del muro casi se triplica. Sin embargo, UNI y CISMID encontraron además que el aumento del esfuerzo entre los muros reforzados y originales fue solo del 80%. Ambas investigaciones fueron realizadas sobre simuladores de cargas laterales cíclicas, sin carga axial adicional.

Pese a tener los valores referenciales de investigaciones experimentales, se ha previsto determinar numéricamente la capacidad de recuperación de la resistencia de los muros siguiendo las recomendaciones dadas en las NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería de México. En esta norma se evalúa de forma independiente el aporte del muro original del aporte de la malla electrosoldada, identificándose pues que la resistencia última del muro reforzado es la suma de ambos aportes:  $V_R = V_{mR} + V_{sR}$ . Donde la fuerza cortante que toma el refuerzo horizontal ( $V_{sR}$ ) se calcula mediante la Ecuación 5.8.

**Ecuación 5.8** Fuerza cortante de la malla electrosoldada

$$V_{sR} = F_R \times \eta \times \rho_h \times f_{yh} \times A_T \text{ (kN)}$$

Donde,

$F_R$	factor de resistencia de la malla, 0.7 para muros confinados
$\eta$	factor de eficiencia
$\rho_h$	cuantía del acero horizontal de la malla
$f_{yh}$	esfuerzo de fluencia de la malla electrosoldada, 500MPa
$A_T$	área transversal del muro $A_T = L \times t$ , incluyendo el espesor del mortero

La cuantía horizontal se determina como el área de acero horizontal  $a_{sh}$  en una separación  $s_h$ , entre el producto de la separación  $s_h$  por el espesor del muro  $t$  sin incluir la malla y el mortero (Ecuación 5.9).

**Ecuación 5.9** Cuantía del acero horizontal de la malla electrosoldada

$$\rho_h = \frac{a_{sh}}{s_h \times t}$$

El factor de eficiencia se determina a partir del producto del factor de reducción de la resistencia a fuerza cortante de la mampostería que depende de la cuantía de refuerzo ( $k_1$ ), por el factor parcial de eficiencia del refuerzo horizontal que depende de la resistencia a compresión de la mampostería ( $\eta_s$ );  $\eta = k_1 \times \eta_s$ . El valor de  $\eta_s$  para el análisis del aporte de la malla será igual a 0.5; mientras que  $k_1$  se calculará a partir de la siguiente ecuación:  $k_1 = 1 - \alpha \times \rho_h \times f_{yh}$ , donde  $\alpha = 0.45 \text{ MPa}^{-1}$ . Ambas variables, así como  $\eta$ , son adimensionales.

Además, para determinar cuánto soporta el muro de albañilería, Ruiz y Alcocer (1998) propusieron que la resistencia al cortante remanente ( $V_{mR}$ ) puede ser expresada por medio de la Ecuación 5.10 (Ruíz, J., 2007, p.18).

**Ecuación 5.10** Resistencia al cortante remanente de la mampostería (Ruiz, J., 2007)

$$V_{mR} = F_R \times V_R$$

Donde,

$F_R$	factor de reducción de la resistencia al cortante
$V_R$	resistencia al cortante del muro

Finalmente, la NTC indica que la ecuación 5.10 se puede expresar de manera similar a la ecuación 5.3 propuesta por la norma peruana E.070 para la resistencia al agrietamiento de muros de mampostería confinada:

*Ecuación 5.11* Resistencia al cortante remanente de la mampostería para estructuras tipo I

$$V_{mR} = F_R(0.5v'_m \times A_T + 0.3P) \leq 1.5F_R \times v'_m \times A_T \text{ (kN)}$$

Donde,

$F_R$  factor de reducción de la resistencia al cortante, 0.7

$v'_m$  resistencia a compresión diagonal referida al área bruta

$A_T$  área transversal del muro  $A_T = L \times t$

$P$  carga axial total sobre el muro

Con la finalidad de lograr comparar el porcentaje de incremento de la resistencia del muro reforzado sobre el muro original, se vio prudente elegir como primera opción de reforzamiento la malla QE-106 empleada en ambas investigaciones. Como se describió anteriormente, esta malla presenta barras de 4.5mm de diámetro y una cocada de 150mm, y se encuentra presente en el mercado peruano en planchas de 2.40x5.00m. Caso contrario, si la malla empleada no lograra cubrir las sollicitaciones sísmicas ( $V_u$ ) de las Tablas 5.19 y 5.20, se evaluará el uso de mallas con diámetros mayores; siendo la siguiente malla a evaluar la Q-188 con características similares que la malla QE-106 salvo que las barras son de 6.0mm de diámetro.

Dado que la cuantía de acero empleada en el muro depende del diámetro de la barra de la malla y el número de caras recubiertas, las investigaciones preliminares se realizaron con mallas que cubrían ambas caras del muro, y la eficiencia de la misma disminuye a medida que aumenta la cuantía; emplear mallas de diámetros elevados no supone un incremento de la resistencia aportada por la misma como se podría esperar.

Así pues, empleando la malla QE-106, la cuantía crítica (Ecuación 5.9) empleada en la vivienda 1 es de 0.48MPa, y en la vivienda 2 de 0.41MPa, valores superiores a la cuantía mínima requerida de 0.30MPa según la NTC mexicana.

El criterio de selección para el uso de las mallas en los diversos muros de las viviendas se centra fundamentalmente en la capacidad de los mismos en soportar las

solicitaciones sísmicas que inciden sobre los mismos. Sin embargo, otro parámetro a considerar será el ladrillo empleado. Se recomienda que aquellos muros de ladrillo pandereta sean reforzados a pesar que los muros soporten las solicitaciones sísmicas. Se sabe que un muro original de ladrillo pandereta soporta aproximadamente 70kN (CISMID & UNI, 2017, p. 55) contra los 200kN del muro de ladrillo King Kong (San Bartolomé, A., & Castro, A., 2007, p. 6). Adicionalmente, los muros de borde por encontrarse en límite con las viviendas colindantes no podrán reforzarse en ambas caras, sin embargo, los muros interiores se evaluarán con un reforzamiento en sus dos caras. En caso el refuerzo con mallas se requiera en un muro del segundo nivel que continúe hasta el piso inferior, se deberán reforzar ambos pisos. Se evaluará el incremento de la resistencia del muro con el uso de la malla frente a la resistencia original del muro. En las Tablas 5.21 y 5.22 se presenta el incremento obtenido al reforzar los muros con la malla electrosoldada QE-106.

En ambas viviendas, el primer piso no cuenta con muros de albañilería confinada en la dirección X-X, por lo que solo se aplica el reforzamiento con malla electrosoldada en la dirección perpendicular. En el mismo nivel, en la dirección Y-Y, el tipo de ladrillo predominante es el King Kong de 18 huecos; encontrándose que, para muros con este tipo de ladrillos, al aplicarse el refuerzo por una cara, el incremento porcentual de la resistencia al corte del muro se encuentra entre 8-10% de su resistencia original. Esta misma proporción se mantiene en el piso superior al aplicarse el refuerzo por una cara sobre muros de ladrillos King Kong, sin embargo, al emplearse malla a dos caras el incremento llega a ser del 40% hasta el 65% de la resistencia original. Comparando los resultados obtenidos con la investigación de San Bartolomé y Castro, donde el incremento fue del 40%, los resultados no discrepan considerablemente, salvo el muro P17 de la vivienda 2, muro que presentó el incremento máximo de 65%.

Respecto a los muros de ladrillo pandereta de la vivienda 1, al aplicarse el refuerzo por una cara, los muros presentaron un aumento de su resistencia del orden del 60% al 70%, con excepción de los muros P9-3 y P10-3 cuyos valores aumentaron más del doble de su capacidad inicial. Además, al aplicarse refuerzo en ambas caras, la resistencia al corte de los muros aumentó hasta un máximo de 130%. Al comparar los resultados obtenidos con la investigación de CISMID y UNI, el aumento porcentual es

menor al valor experimental de aproximadamente 185% (200kN con refuerzo vs 70kN del muro original).

**Tabla 5.21** Reforzamiento de la vivienda 1 aplicando malla QE-106

<b>X-X</b>									
<b>Segundo nivel</b>									
<b>Ladrillo</b>	<b>Pier</b>	<b>V<sub>m</sub> (kN)</b>	<b>V<sub>mR</sub> (kN)</b>	<b>k<sub>l</sub></b>	<b>η</b>	<b>N° caras</b>	<b>V<sub>sR</sub> (kN)</b>	<b>VR (kN)</b>	<b>Incr %</b>
Pandereta	P6-1	37.56	26.92	0.78	0.39	1	35.67	62.59	67%
Pandereta	P6-2	35.57	26.17	0.78	0.39	1	33.53	59.70	68%
Pandereta	P6-3	74.93	54.11	0.78	0.39	1	69.19	123.31	65%
<b>Y-Y</b>									
<b>Segundo nivel</b>									
<b>Ladrillo</b>	<b>Pier</b>	<b>V<sub>m</sub> (kN)</b>	<b>V<sub>mR</sub> (kN)</b>	<b>k<sub>l</sub></b>	<b>η</b>	<b>N° caras</b>	<b>V<sub>sR</sub> (kN)</b>	<b>VR (kN)</b>	<b>Incr %</b>
Pandereta	P9-1	71.19	51.92	0.78	0.39	1	63.31	115.23	62%
Pandereta	P9-2	59.25	42.79	0.78	0.39	1	54.75	97.54	65%
Pandereta	P9-3	12.91	15.15	0.78	0.39	1	19.62	34.77	169%
Pandereta	P9-4	51.44	37.02	0.78	0.39	1	48.15	85.17	66%
Pandereta	P10-1	72.36	52.98	0.78	0.39	1	63.31	116.29	61%
Pandereta	P10-2	59.23	42.77	0.78	0.39	1	54.75	97.51	65%
Pandereta	P10-3	12.54	14.81	0.78	0.39	1	19.62	34.43	175%
Pandereta	P10-4	51.90	37.44	0.78	0.39	1	48.15	85.59	65%
Pandereta	P11-1	59.25	42.79	0.57	0.28	2	93.83	136.62	131%
Pandereta	P11-2	52.46	37.95	0.57	0.28	2	82.53	120.48	130%
Pandereta	P12	63.78	46.92	0.57	0.28	2	93.83	140.75	121%
<b>Primer nivel</b>									
KK Industrial	P2-1	176.32	127.98	0.82	0.41	1	64.13	192.10	9%
KK Industrial	P2-2	143.34	102.33	0.82	0.41	1	55.45	157.78	10%
KK Industrial	P3-1	178.88	130.32	0.82	0.41	1	64.13	194.44	9%
KK Industrial	P3-2	146.41	105.13	0.82	0.41	1	55.45	160.59	10%
Pandereta	P4	60.74	44.15	0.57	0.28	2	93.83	137.98	127%
Pandereta	P5	69.13	51.81	0.57	0.28	2	93.83	145.64	111%

**Tabla 5.22** Reforzamiento de la vivienda 2 aplicando malla QE-106

<b>X-X</b>									
<b>Segundo nivel</b>									
<b>Ladrillo</b>	<b>Pier</b>	<b>V<sub>m</sub> (kN)</b>	<b>V<sub>mR</sub> (kN)</b>	<b>k<sub>l</sub></b>	<b>η</b>	<b>N° caras</b>	<b>V<sub>sR</sub> (kN)</b>	<b>VR (kN)</b>	<b>Incr %</b>
KK Industrial	P11	139.00	98.08	0.82	0.41	1	56.00	154.08	11%
KK Industrial	P12	151.67	107.14	0.82	0.41	1	60.87	168.02	11%
KK Industrial	P18	104.52	74.33	0.63	0.32	2	73.83	148.16	42%
KK Industrial	P19	141.52	100.38	0.63	0.32	2	100.83	201.21	42%
KK Industrial	P20	143.41	102.12	0.63	0.32	2	100.83	202.94	42%

**Tabla 5.22 continuación** Reforzamiento de la vivienda 2 aplicando malla QE-106

<b>Y-Y</b>									
------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

<b>Segundo nivel</b>									
<i>Ladrillo</i>	<i>Pier</i>	<i>V<sub>m</sub> (kN)</i>	<i>V<sub>mR</sub> (kN)</i>	<i>k<sub>l</sub></i>	<i>η</i>	<i>N° caras</i>	<i>V<sub>sR</sub> (kN)</i>	<i>V<sub>R</sub> (kN)</i>	<i>Incr %</i>
<i>KK Industrial</i>	<i>P7</i>	96.81	68.68	0.82	0.41	1	38.29	106.97	10%
<i>KK Industrial</i>	<i>P8</i>	124.94	88.60	0.82	0.41	1	49.49	138.09	11%
<i>KK Industrial</i>	<i>P9</i>	139.49	98.81	0.82	0.41	1	55.45	154.27	11%
<i>KK Industrial</i>	<i>P10</i>	126.45	89.33	0.63	0.32	2	91.39	180.72	43%
<i>KK Industrial</i>	<i>P13</i>	126.38	89.26	0.63	0.32	2	91.39	180.66	43%
<i>KK Industrial</i>	<i>P14</i>	139.10	98.45	0.82	0.41	1	55.45	153.91	11%
<i>KK Industrial</i>	<i>P15</i>	123.97	87.71	0.82	0.41	1	49.49	137.21	11%
<i>KK Industrial</i>	<i>P16</i>	95.83	67.79	0.82	0.41	1	38.29	106.08	11%
<i>KK Industrial</i>	<i>P17</i>	64.20	52.52	0.63	0.32	2	53.67	106.19	65%
<b>Primer nivel</b>									
<i>KK Industrial</i>	<i>P1</i>	101.71	73.15	0.82	0.41	1	38.29	111.44	10%
<i>KK Industrial</i>	<i>P1-A</i>	127.02	90.49	0.82	0.41	1	49.49	139.99	10%
<i>KK Industrial</i>	<i>P3</i>	109.65	80.41	0.82	0.41	1	38.29	118.70	8%
<i>KK Industrial</i>	<i>P4</i>	103.72	74.99	0.82	0.41	1	38.29	113.29	9%
<i>KK Industrial</i>	<i>P5</i>	98.07	69.83	0.82	0.41	1	38.29	108.12	10%
<i>KK Industrial</i>	<i>P6</i>	126.10	89.65	0.82	0.41	1	49.49	139.15	10%

Con los valores de resistencia de los muros reforzados, se procede a contrastarlos con las solicitaciones sísmicas obtenidas del análisis de las viviendas ante evento sísmico severo (Tablas 5.23 y 5.24).

**Tabla 5.23** Aceptación de la malla QE-106 en la vivienda 2

<b>Y-Y</b>						
<b>Segundo nivel</b>						
<i>Ladrillo</i>	<i>Pier</i>	<i>V<sub>m</sub> (kN)</i>	<i>V<sub>R</sub> (kN)</i>	<i>V<sub>u</sub> (kN)</i>	<i>V<sub>R</sub>&gt;V<sub>u</sub></i>	
<i>KK Industrial</i>	<i>P7</i>	96.81	106.97	17.00	<i>Cumple</i>	
<i>KK Industrial</i>	<i>P8</i>	124.94	138.09	37.48	<i>Cumple</i>	
<i>KK Industrial</i>	<i>P9</i>	139.49	154.27	85.84	<i>Cumple</i>	
<i>KK Industrial</i>	<i>P10</i>	126.45	180.72	99.06	<i>Cumple</i>	
<i>KK Industrial</i>	<i>P13</i>	126.38	180.66	59.07	<i>Cumple</i>	
<i>KK Industrial</i>	<i>P14</i>	139.10	153.91	64.86	<i>Cumple</i>	
<i>KK Industrial</i>	<i>P15</i>	123.97	137.21	43.90	<i>Cumple</i>	
<i>KK Industrial</i>	<i>P16</i>	95.83	106.08	30.10	<i>Cumple</i>	
<i>KK Industrial</i>	<i>P17</i>	64.20	106.19	31.53	<i>Cumple</i>	
<b>Primer nivel</b>						
<i>KK Industrial</i>	<i>P1</i>	101.71	192.10	47.85	<i>Cumple</i>	
<i>KK Industrial</i>	<i>P1-A</i>	127.02	157.78	67.94	<i>Cumple</i>	
<i>KK Industrial</i>	<i>P3</i>	109.65	194.44	29.81	<i>Cumple</i>	
<i>KK Industrial</i>	<i>P4</i>	103.72	160.59	19.88	<i>Cumple</i>	
<i>KK Industrial</i>	<i>P5</i>	98.07	137.98	6.42	<i>Cumple</i>	
<i>KK Industrial</i>	<i>P6</i>	126.10	145.64	13.86	<i>Cumple</i>	

**Tabla 5.23 continuación** Aceptación de la malla QE-106 en la vivienda 2

<b>X-X</b>						
------------	--	--	--	--	--	--

<i>Segundo nivel</i>					
<i>Ladrillo</i>	<i>Pier</i>	<i>Vm (kN)</i>	<i>VR (kN)</i>	<i>Vu (kN)</i>	<i>VR&gt;Vu</i>
<i>KK Industrial</i>	<i>P11</i>	139.00	154.08	22.74	<i>Cumple</i>
<i>KK Industrial</i>	<i>P12</i>	151.67	168.02	28.91	<i>Cumple</i>
<i>KK Industrial</i>	<i>P18</i>	104.52	148.16	106.18	<i>Cumple</i>
<i>KK Industrial</i>	<i>P19</i>	141.52	201.21	141.47	<i>Cumple</i>
<i>KK Industrial</i>	<i>P20</i>	143.41	202.94	153.14	<i>Cumple</i>

**Tabla 5.24** Aceptación de la malla QE-106 en la vivienda 1

<i>X-X</i>					
<i>Segundo nivel</i>					
<i>Ladrillo</i>	<i>Pier</i>	<i>Vm (kN)</i>	<i>VR (kN)</i>	<i>Vu (kN)</i>	<i>VR&gt;Vu</i>
<i>Pandereta</i>	<i>P6-1</i>	37.56	62.59	24.85	<i>Cumple</i>
<i>Pandereta</i>	<i>P6-2</i>	35.57	59.70	25.52	<i>Cumple</i>
<i>Pandereta</i>	<i>P6-3</i>	74.93	123.31	49.90	<i>Cumple</i>
<i>Y-Y</i>					
<i>Segundo nivel</i>					
<i>Ladrillo</i>	<i>Pier</i>	<i>Vm (kN)</i>	<i>VR (kN)</i>	<i>Vu (kN)</i>	<i>VR&gt;Vu</i>
<i>Pandereta</i>	<i>P9-1</i>	71.19	115.23	48.59	<i>Cumple</i>
<i>Pandereta</i>	<i>P9-2</i>	59.25	97.54	59.00	<i>Cumple</i>
<i>Pandereta</i>	<i>P9-3</i>	12.91	34.77	19.97	<i>Cumple</i>
<i>Pandereta</i>	<i>P9-4</i>	51.44	85.17	60.28	<i>Cumple</i>
<i>Pandereta</i>	<i>P10-1</i>	72.36	116.29	73.49	<i>Cumple</i>
<i>Pandereta</i>	<i>P10-2</i>	59.23	97.51	79.20	<i>Cumple</i>
<i>Pandereta</i>	<i>P10-3</i>	12.54	34.43	29.50	<i>Cumple</i>
<i>Pandereta</i>	<i>P10-4</i>	51.90	85.59	87.53	<b><i>Vu excede VR</i></b>
<i>Pandereta</i>	<i>P11-1</i>	59.25	136.62	41.17	<i>Cumple</i>
<i>Pandereta</i>	<i>P11-2</i>	52.46	120.48	64.47	<i>Cumple</i>
<i>Pandereta</i>	<i>P12</i>	63.78	140.75	46.50	<i>Cumple</i>
<i>Primer nivel</i>					
<i>KK Industrial</i>	<i>P2-1</i>	176.32	192.10	85.12	<i>Cumple</i>
<i>KK Industrial</i>	<i>P2-2</i>	143.34	157.78	73.16	<i>Cumple</i>
<i>KK Industrial</i>	<i>P3-1</i>	178.88	194.44	110.16	<i>Cumple</i>
<i>KK Industrial</i>	<i>P3-2</i>	146.41	160.59	104.96	<i>Cumple</i>
<i>Pandereta</i>	<i>P4</i>	60.74	137.98	49.97	<i>Cumple</i>
<i>Pandereta</i>	<i>P5</i>	69.13	145.64	54.10	<i>Cumple</i>

Pese a que todos los muros al estar reforzados incrementaron su resistencia al corte, el muro P10-4 de la vivienda 1 (Tabla 5.24) no logró cubrir la cortante solicitada por el sismo severo; por tanto, como se describió anteriormente, a este muro se le supondrá un reforzamiento con la malla Q-188 de 6mm de diámetro. Con esta malla colocada a una cara, la resistencia del muro se duplica hasta los 104.60kN (Tabla 5.25), superando de esta forma la sollicitación máxima al muro de 87.53kN proveniente de un sismo severo (Tabla 5.24).

**Tabla 5.25** Reforzamiento del muro P10-4, vivienda 1, con malla Q-188

<i>Ladrillo</i>	<i>Pier</i>	<i>V<sub>m</sub> (kN)</i>	<i>V<sub>mR</sub> (kN)</i>	<i>k1</i>	<i>η</i>	<i>N° caras</i>	<i>V<sub>sR</sub> (kN)</i>	<i>VR (kN)</i>	<i>Incr %</i>
<i>Pandereta</i>	<i>P10-4</i>	51.90	37.44	0.61	0.31	1	67.16	104.60	102

Por otro lado, al volver a analizar el muro P17, de la vivienda 2, teniendo como límite porcentual de aumento los 40% obtenidos del análisis de San Bartolomé y Castro, la resistencia al corte del muro reforzado disminuye a 89.88kN, que de igual manera supera la sollicitación última de 31.53kN del sismo severo. También, de acuerdo a los lineamientos de reforzamiento descritos anteriormente, en la vivienda 2 los muros de albañilería con excepción de los muros P18, P19 y P20 no serían necesarios reforzar puesto que las sollicitaciones de sismo severo no exceden los valores de resistencia al corte de los muros. Sin embargo, en la vivienda 1, al ser todos sus muros de ladrillo pandereta se ve en la necesidad de reforzarlos.

Con relación a los muros P9-3 y P10-3 de la vivienda 1, cuyos resultados discrepan notoriamente de los obtenidos en otros muros de condiciones similares, la relación de esbeltez de ambos muros es casi de 1:2 (ancho:altura) y el ancho de los mismos con los castillos se encuentra en el mínimo permitido por la norma peruana para ser considerado como un muro confinado. Por lo cual, al disminuir el factor de reducción  $\alpha$  de ambos muros, la resistencia al corte también decrece. Sin embargo, dado que la norma mexicana en la ecuación 5.11 no contempla la relación por esbeltez de los muros, en ambos casos se encuentra que el valor de la resistencia remanente de los muros obtenida a partir de dicha ecuación es mayor que la propuesta por la norma E.070 con la ecuación 5.3 (Tabla 5.21). Por tanto, para estos casos donde además la resistencia al corte de la malla ( $V_{sR}$ ) excede por si misma al valor de  $V_m$  del muro en 1.5 veces, el incremento porcentual de la malla será mucho mayor a los obtenidos para muros cuya esbeltez es de 1:1.

Respecto a los muros de concreto que en la vivienda 1 no lograron satisfacer las sollicitaciones últimas, se propone analizar un posible reforzamiento de los mismos con las mallas electrosoldadas empleadas en los muros de albañilería.

# CAPÍTULO VI

## REPARACIÓN DE MUROS

---

Es importante mencionar que, como todo proceso constructivo, este tiene incidencia directa con el resultado final y sobre todo en las propiedades estructurales ante una sollicitación sísmica. De esta manera, existen métodos de reforzamiento estructural como la que describe la Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural (SMIE), el Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile (MINVU) o el propuesto por el ingeniero Ángel San Bartolomé. En el presente capítulo se presentará una propuesta del proceso constructivo y se complementará con un estimado del costo de instalación.

### 6.1 Manual de reparación

Trabajos previos como la preparación del muro para recibir el refuerzo, es decir, el resane de alguna posible falla y la correcta instalación del refuerzo son algunos procesos que garantizarán un comportamiento estructural adecuado del muro ante cualquier sollicitación sísmica. Por ello, es recomendable seguir las recomendaciones expuestas en este acápite.

El proceso inicia con la remoción de todo tipo de acabado como se muestra en la Figura 6.1. Esto con la finalidad de obtener una superficie limpia y rugosa. Esta última se puede obtener mediante un martilleo suave en el plano (la profundidad debe ser aproximadamente de 5mm). A continuación, se procede a resanar el muro con mortero de proporción cemento:arena fina 1:3 (San Bartolomé, A., 2010, p.4). Como referencia se puede reparar las grietas con grosor inferior a los 0.5 milímetros con una mezcla líquida de agua y cemento (SMIE, 2007, p.20). Además, es necesario reemplazar aquellas unidades que se encuentren muy dañadas como lo ejemplifica la Figura 6.2(a) ya que estas no tendrán una adecuada respuesta ante una sollicitación sísmica. Finalmente, el muro reparado debería tener un aspecto similar a la Figura 6.2(b).



**Figura 6.1** Remoción de acabados del muro a reforzar (Quatatis, 2017)



(a)

(b)

**Figura 6.2** Reparación de muro: (a) Reemplazo de unidades dañadas, (b) Muro reparado (SMIE, 2007)

Es importante mencionar que durante un sismo es muy probable que falle el acero en los nudos, esto debido a efectos combinados de carga axial y momento flexionante sobre las columnas. En este caso es recomendable reemplazar el acero en la zona afectada, respetando las longitudes de empalme establecidas en la norma E.060. Además, se debe emplear un concreto de alta resistencia conjuntamente con un puente de adherencia. Este último para garantizar una correcta adherencia entre los concretos y evitar posibles fisuras. (Figura 6.3).



**Figura 6.3** Reparación de nudos (SMIE, 2007)

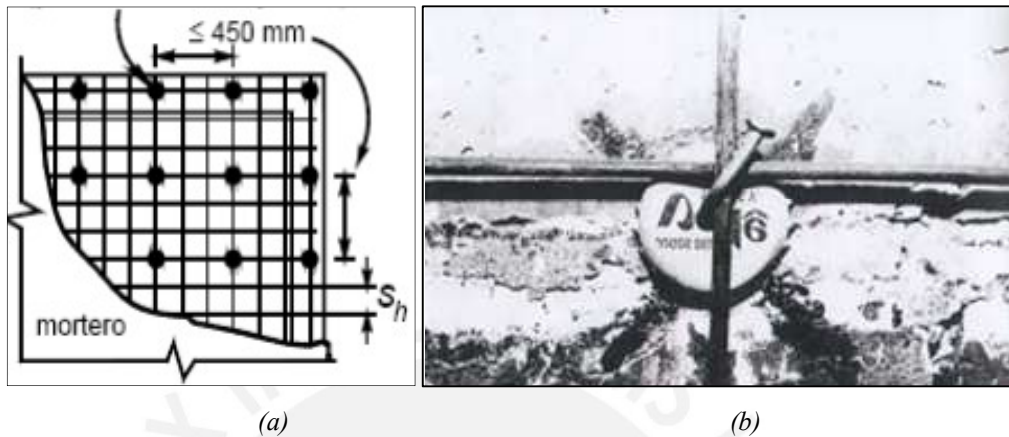
Concluido el proceso de reparación de las fallas, se recomienda cubrir el muro con mortero cuya proporción cemento:arena gruesa es del orden 1:4 (San Bartolomé, 2010, p.4). Ello con la finalidad de proteger las reparaciones durante la instalación del refuerzo estructural.



**Figura 6.4** Pañeteo de muro reparado (Google, 2014)

Como siguiente paso se debe lograr una adecuada interacción muro-malla. Para ello, se debe emplear anclajes adecuados. La SMIE sugiere contar con una densidad mínima de 9 anclajes por metro cuadrado, esto para garantizar una correcta distribución de los esfuerzos. Para los anclajes sugieren emplear clavos de acero para madera de hasta 64mm de longitud con una separación de no menor de 0.45m. Por otro lado, en la guía de reparación de muros confinados del Ingeniero San Bartolomé (2010, p.4), propone interconectar el refuerzo de ambos planos mediante perforaciones de aproximadamente  $\frac{1}{4}$ " de diámetro separadas cada tres cocadas de la malla a emplear. Por estas perforaciones se introduce alambre de construcción #8 para que este, conjuntamente con la malla, sean amarrados con otro alambre de similares

características, #16. Finalmente, estas perforaciones deben ser rellenadas con mortero que guarde la relación cemento:arena fina 1:3. En la Figura 6.5, se muestra lo sugerido por la SMIE y en la Figura 6.6 la recomendación de la guía de reparación de muros confinados.



**Figura 6.5** Anclaje del refuerzo: (a) Distribución de los anclajes, (b) Foto referencial (SMIE, 2007)

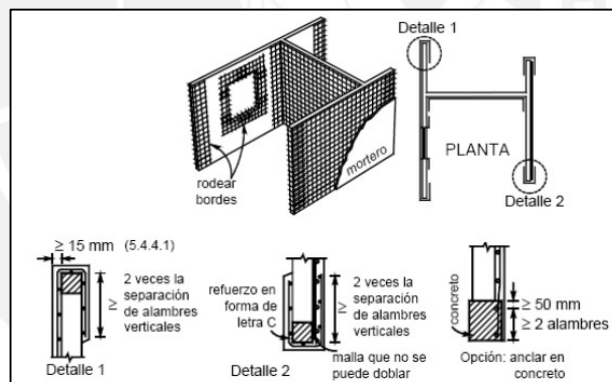


**Figura 6.6** Anclaje del refuerzo: (a) Perforación de muro, (b) Amarre del muro a través de malla #16. (San Bartolomé, 2010)

Cabe mencionar que existe una alternativa de anclaje probada por la SMIE, la cual emplea una pistola neumática conjuntamente con conectores comerciales. Esta alternativa queda descartada para el medio peruano debido a la poca información que se cuenta del artefacto y, sobre todo, al encarecimiento del procedimiento. Se recomienda investigar el rendimiento de la instalación con esta alternativa de anclaje, ya que el ahorro en tiempo de ejecución se traduce en disminución de horas hombre, lo cual podría compensar el precio de adquisición.

Respecto a las propuestas de anclaje, se concluye que la opción propuesta por San Bartolomé es la más adecuada en el supuesto que el muro necesite reforzarse por ambos planos, caso contrario es viable emplear lo sugerido por la SMIE. Cabe recalcar además que lo sugerido por San Bartolomé es la opción más conservadora debido a que en una eventual sollicitación sísmica el muro podría fallar y agrietarse, en consecuencia, el desprendimiento del anclaje propuesto por la SMIE se vuelve inminente. Sin embargo, se sugiere profundizar el estudio de estos anclajes para poder determinar el método más adecuado.

De la colocación de la malla, la SMIE sugiere que la malla debe rodear los nudos, bordes de puertas y ventanas como lo ejemplifica la Figura 6.7. Con respecto a las longitudes de empalme estas deben ser de acuerdo a la Norma E.060 de Concreto Armado, pero se puede asumir que para aquellas mallas con diámetros menores a 8mm, la longitud de empalme debe ser 30cm y para superiores hasta 9mm pueden ser traslapadas 35cm (PRODAC, 2019, pp.10-12).



**Figura 6.7** Disposición para la colocación de refuerzo (NTCM, 2004)

Como paso final, la colocación del mortero sobre las mallas puede ser realizada de dos maneras. La primera, es mediante el uso del shotcrete, el cual se descarta debido al encarecimiento del método de reforzamiento. La segunda, es la manera tradicional, es decir, de forma manual. En este acabado húmedo se debe emplear un mortero de relación cemento:arena fina 1:4 (San Bartolomé, 2010, pp. 4-5). El espesor final del muro de unidades de albañilería será de 0.15 o 0.18m, dependiendo si el muro intervenido se reforzará por uno o ambos planos.

## 6.2 Costo de reparación

El presente apartado busca aproximar un presupuesto, el cual permitirá brindar un panorama cercano del costo de un procedimiento de reforzamiento estructural de muros de albañilería confinada con mallas electrosoldadas.

Respecto a los morteros, en la etapa de reparación de grietas se empleará un mortero de relación 1:3. Para esta etapa, el uso aproximado es de media bolsa de cemento y 0.10 m<sup>3</sup> de arena gruesa. Además, subsanar los nudos implica el uso de un concreto de adecuada resistencia para lo cual se estima el uso de media bolsa de cemento, 0.08 m<sup>3</sup> de piedra y 0.06 m<sup>3</sup> de arena. En caso se requiera usar otro tipo de dosificación se deberá seguir las indicaciones de la Tabla 6.1.

**Tabla 6.1** Dosificación para diferentes elementos estructurales, por m<sup>3</sup> de concreto (UNACEM, 2014)

TIPO	F'C	TAMAÑO PIEDRA	PESO			
			CEMENTO kg (bolsas)	AGUA (litros)	ARENA (kg)	PIEDRA (kg)
COLUMNAS y PLACAS	210	1"	375 (8.8)	230	735	1035
		3/4"	385 (9.1)	235	780	955
		1/2"	388 (9.1)	237	849	841
	280	1"	443 (10.4)	222	629	990
		3/4"	460 (10.8)	230	655	924
		1/2"	463 (10.9)	232	730	810
VIGAS, LOSAS MACIZAS y TECHOS ALIGERADOS	210	1"	375 (8.8)	230	735	1035
		3/4"	385 (9.1)	235	780	955
		1"	443 (10.4)	222	629	990
	280	3/4"	460 (10.8)	230	924	655
		1/2"	463 (10.9)	232	810	730

Las perforaciones generadas para poder interconectar ambas mallas, deben ser rellenadas con mortero de relación 1:3 (cemento:arena fina). Para este cálculo se puede emplear el área de una circunferencia multiplicado por el espesor del muro. En un metro cuadrado de refuerzo se emplean aproximadamente 9 perforaciones, es decir se necesitará aproximadamente 74100 mm<sup>3</sup> de mortero. El tarrajeo se debe realizar con un mortero de relación volumétrica cemento:arena de 1:4, obteniendo como producto final un muro de 0.15 o 0.18m de espesor. En un metro cuadrado de tarrajeo, basado en un producto final de 20mm de espesor, se empleará 0.04m<sup>3</sup> de mortero. En la tabla

6.2 se muestra en un resumen de los morteros a emplear en cada etapa del reforzamiento.

**Tabla 6.2** Tabla resumen de uso de morteros

<i>ETAPA</i>	<i>PESO</i>			
	<i>CEMENTO (bolsas)</i>	<i>ARENA FINA (m3)</i>	<i>ARENA GRUESA (m3)</i>	<i>PIEDRA (m3)</i>
<i>REPARACION DE GRIETAS</i>	0.25	-	0.10	-
<i>REPARACION DE NUDOS</i>	0.50	0.06	-	0.08
<i>RELLENO DE PERFORACIONES</i>	0.05	0.02	-	-
<i>LECHADA</i>	0.10	-	-	-
<i>TARRAJEO</i>	1.70	0.18	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>2.60</b>	<b>0.26</b>	<b>0.10</b>	<b>0.08</b>

Respecto al elemento de reforzamiento, se empleará el uso de las mallas electrosoldadas Q-188 y QE-106 (Tabla 6.3).

**Tabla 6.3** Especificaciones técnicas de las mallas electrosoldadas (PRODAC, 2019)

<i>MALLA ELECTROSOLDADA</i>	<i>MEDIDAS (m)</i>	<i>COCADA (mm)</i>	<i>DIAMETRO (mm)</i>	<i>PESO (kg/m2)</i>
<i>QE-106</i>	2.40 x 5.00	150 x 150	4.5	1.66
<i>QE-188</i>	2.4. x 6.00	150 x 150	6.00	2.96

Estas mallas son comercializadas en rollos de 6 metros con 2.40 metros de alto.

Para la mano de obra, es necesaria la guía de un técnico especializado y este sea apoyado por un ayudante. El tiempo empleado es calculado en base un jornal de 8.5 horas de trabajo al día (Tabla 6.4).

**Tabla 6.4** Tiempo empleado para realizar el trabajo de reforzamiento

<i>ETAPA</i>	<i>DÍAS</i>	<i>HH</i>
<i>PICADO DE FISURAS</i>	0.67	5.70
<i>RESANE DE FISURAS</i>	0.67	5.70
<i>REPARACION DE NUDOS</i>	0.33	2.81
<i>PAÑETEO</i>	0.33	2.81
<i>PERFORACION Y COLOCACION DE MALLA</i>	0.67	5.70
<i>TARRAJEO</i>	0.50	4.25
<b>TOTAL</b>	<b>3.17</b>	<b>26.95</b>

El costo por jornal de trabajo es de S/. 92.55 por el personal técnico y S/. 67.46 por el personal de apoyo. Entonces, el procedimiento de refuerzo de un muro de 2.40 x 2.60m toma aproximadamente 27 hh, con lo que el procedimiento cuenta con un rendimiento de 3.17 hh/m<sup>2</sup>.

**Tabla 6.5** Presupuesto de reforzamiento estructural con malla electrosoldada por metro cuadrado

<b>TIPO</b>	<b>ELEMENTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P.U</b>	<b>COSTO (S/.)</b>
	<i>CEMENTO</i>	bol.	2.60	22.90	59.54
	<i>ARENA FINA</i>	m3	0.26	50.00	13.00
<i>MATERIALES</i>	<i>ARENA GRUESA</i>	m3	0.10	58.00	5.80
	<i>PIEDRA</i>	m3	0.08	63.90	5.11
	<i>MALLA Q-188</i>	rl	0.08	207.90	16.63
	<i>TECNICO</i>	hh	3.17	10.89	34.52
<i>PERSONAL</i>	<i>AYUDANTE</i>	hh	3.17	7.94	25.17
<b>TOTAL</b>					<b>159.78</b>

Se toma como referencia la investigación sobre el uso de cuatro alternativas de reforzamiento (Yascila, J., Tarque, N., & Manchego, A., 2017, pp. 4-5), la cual indica que construir un muro de 2.40 x 2.60 con elementos de confinamiento, tiene un costo de S/. 272.44 soles por metro cuadrado.

Finalmente, el precio de reforzar un metro cuadrado muro de albañilería representa aproximadamente el 59% del costo de construir la misma área de un muro completamente nuevo.

# CAPÍTULO VII

## CONCLUSIONES

---

### 7.1 Del análisis de reforzamiento

- En los muros de albañilería confinados se encontraron dos tipos de ladrillo empleados para su construcción, el primero ladrillo King Kong de 18 huecos macizo (ladrillo clase IV industrial) y el segundo ladrillo pandereta. Es el ladrillo pandereta el que por ser ladrillo tubular no cumple con las propiedades mecánicas que debe poseer para ser utilizado como material de muros portantes de albañilería. Con la finalidad de obtener las propiedades mecánicas de los ladrillos panderetas ( $f'm$  y  $v'm$ ) se utilizaron fuentes independientes que ensayaron muros con estos elementos. Sin embargo, los resultados obtenidos distaron muchos entre cada investigación, con la similitud de tener un déficit marcado al compararlo con el ladrillo King Kong. Por tanto, los muros construidos con ladrillo pandereta serían aquellos que necesariamente se debería de evaluar su reforzamiento.
- Las dos viviendas estudiadas presentaron una densidad de muros satisfactoria. Se esperaba que, para el primer nivel de ambas viviendas, la dirección corta X-X presentara una densidad menor a la dirección perpendicular; sin embargo, dado que en ambas viviendas se emplearon muros de contención de concreto en dicha dirección, la densidad de muros de la dirección corta fue mucho mayor a la dirección Y-Y. Queda claro que el cambio de materialidad de ladrillo a concreto solucionaría problemas de déficit de densidad de muros. En el segundo nivel dada la predominancia del ladrillo pandereta, la densidad de muros no representa un parámetro del comportamiento de las viviendas ya que su fórmula está pensada para ladrillos macizos mas no tubulares.
- La estructura de las viviendas fue similar, con un primer nivel con un área construida pequeña, y un segundo nivel que aumentó su área al excavar sobre la ladera del cerro, llegando a tener una forma escalonada. Este cambio de geometría en altura ocasionó que en la dirección Y-Y, los muros posteriores apoyados sobre la parte escalonada se encontraran más solicitados que aquellos con continuidad al

piso inferior. Esto además conllevó que la cortante del primer piso fuera menor al del segundo piso en la dirección mencionada; de tal forma que la vivienda 1 terminaría teniendo problemas de piso débil, y la vivienda 2 de manera conservadora también se le aplique los factores de reducción por irregularidad pese al encontrarse la relación de cortantes entre ambos pisos ligeramente superior al 80% que dicta la norma E.030.

- A parte de la irregularidad por piso blando, las viviendas poseen irregularidad por geometría vertical; sin embargo, el factor de reducción por esta irregularidad no es significativo como la irregularidad por piso débil. No se evidenció irregularidad por piso blando ya que la mayor concentración de muros del primer nivel permitió que tenga mayor rigidez que el piso superior. En planta no se determinaron irregularidades pese a la geometría de las viviendas, donde se esperaría irregularidad torsional, al tener derivas máximas menores al 50% de la deriva límite propuesta por la norma para muros de albañilería (5/1000).
- El análisis por sismo moderado de las viviendas indica la presencia de muros que no cumplen el control de agrietamiento, estos muros son de ladrillo pandereta y se encuentran ubicados en la parte posterior del segundo nivel de la vivienda 1, sentido Y-Y. Al combinarse ambos casos, cortantes elevadas por geometría irregular y el uso del ladrillo pandereta, la baja resistencia al corte de estos muros involucra además que ante sismos severos estos muros no soporten las sollicitaciones sísmicas y fallen. Por tanto, resalta la urgencia de reforzar estos muros de baja resistencia al corte.
- Con el análisis por sismo severo se refuerza la conclusión llegada con el análisis anterior al fallar estos muros de ladrillo pandereta y aumentar otros muros de borde en la dirección Y-Y principalmente en el segundo piso. En contraparte, la vivienda 2 que cuenta con muros de ladrillo King Kong en la dirección Y-Y no presenta problemas ante sollicitaciones severas.
- En la dirección X-X ambas viviendas presentan muros que fallan en los dos niveles, localizados en el centro de las viviendas. Fundamentalmente en el segundo nivel fallan por la poca cantidad de muros que existen, a pesar que en la verificación por densidad de muros esta dirección tenía una mayor densidad que la ortogonal. En el primer nivel de ambas viviendas, los muros de concreto de la parte posterior también llegan a fallar por la transmisión de las cargas del nivel superior.

- En el análisis de reforzamiento con la norma mexicana 2017 se comprueba que el refuerzo con la malla electrosoldada QE-106 logra incrementar la resistencia al corte de los muros, excediendo las solicitaciones de sismo severo salvo en el muro P10-4 de la vivienda 1, muro que se vio necesario colocar la malla Q-188 con un diámetro de barra mayor.
- En los muros de ladrillo King Kong se obtuvo que en aquellos donde solo podía reforzarse a una cara, el incremento de la resistencia al corte ( $V_R$ ) fue del orden del 10% de la resistencia del muro original; mientras que con un refuerzo a dos caras el valor aumentó al 40%. En los muros de ladrillo pandereta, el refuerzo a una cara logró un incremento porcentual de  $V_R$  del 60% respecto a la resistencia original del muro. El refuerzo a dos caras logró incrementar el valor en un 130%, demostrándose que en muros de ladrillo pandereta la malla electrosoldada mejora significativamente la resistencia del muro. Sin embargo, la esbeltez de los muros influye en el aumento de la resistencia del muro, ya que en muros esbeltos la norma exige una disminución de su resistencia al corte; dicha disminución de  $V_{mR}$  conlleva a un aporte de la malla más significativo como se demuestra en los muros P9-3 y P10-3 de la vivienda 1.
- Finalmente, se concluye que independientemente del tipo de ladrillo empleado, en la dirección Y-Y, los muros de la parte posterior de este tipo de viviendas deben reforzarse por tener mayores solicitaciones sísmicas. Además, los muros de ladrillo pandereta deben ser reforzados pese a no presentar problemas en los análisis sísmicos por su fragilidad y bajas propiedades mecánicas. Y, se recomienda evitar construir viviendas de más de dos niveles en condiciones similares por el hecho de evitar incrementar las solicitaciones en los pisos inferiores, más aún si fuera el caso de presentar muros con ladrillos pandereta pues se corre el riesgo de ser insuficiente el reforzamiento con mallas electrosoldadas.

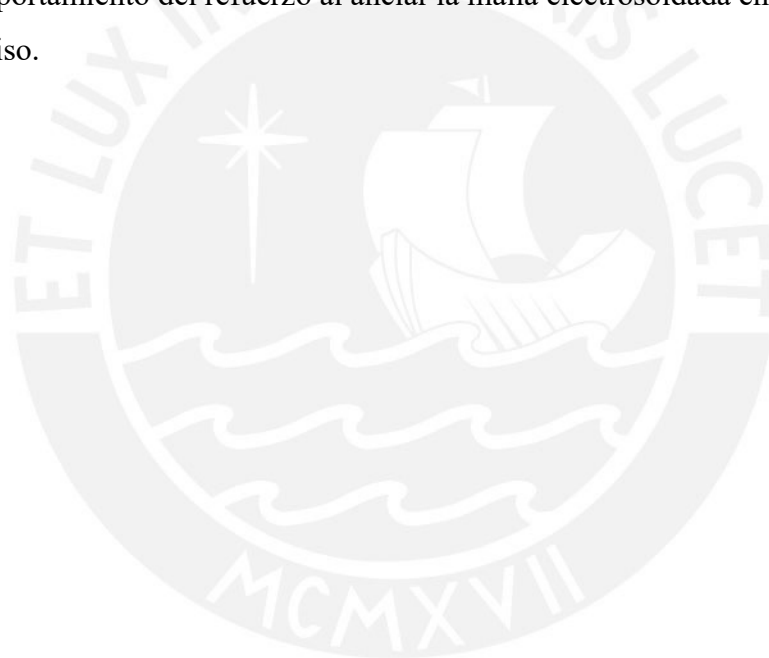
## **7.2 Del proceso constructivo y costo de reparación**

- Respecto a la reparación, se definió que el tiempo demandado para reparar un metro cuadrado de muro comprometido es aproximadamente de 4 horas. Dado que el proceso de preparación e instalación del refuerzo es repetitivo y de baja complejidad, éste puede ser aprendido de manera rápida y didáctica, permitiendo la masificación en la enseñanza de esta técnica de reforzamiento.
- Respecto al método de anclaje de las mallas, se concluye que el método propuesto por San Bartolomé, es el más adecuado y conservador, ya que en una eventual sollicitación sísmica se garantiza que la malla no perderá contacto con el muro.
- Respecto al costo de reparación y reforzamiento, se concluyó que este es equivalente a aproximadamente el 60 % del costo de construir un metro cuadrado de un muro completamente nuevo, lo cual puede resultar muy elevado. Pero, considerando que el Gobierno Peruano cuenta con un apoyo económico a través del fondo Mi Vivienda bajo el nombre de bono de reforzamiento estructural, este procedimiento se convierte en una opción viable para aquellas familias interesadas en preparar sus viviendas ante cualquier sollicitación sísmica.
- Finalmente, respecto a los materiales necesarios para llevar a cabo el procedimiento de reforzamiento. Estos son de fácil acceso, es decir, pueden ser obtenidos en cualquier centro minorista de venta de materiales de construcción. Con esto se refuerza la conclusión de que este procedimiento puede ser replicado de manera masiva sin mayor problema.

## **7.3 Línea futura de investigación**

- Se propone como alternativas para darle solución a los problemas encontrados en las viviendas: Evaluar el desempeño de la vivienda 1 bajo la suposición de reemplazar los muros de ladrillo pandereta por ladrillo King Kong, para de esa forma comparar el costo beneficio que puede conllevar, ya que dicha vivienda posee un tercer nivel con tabiquería construida. Abrir líneas de investigación sobre el comportamiento de muros de concreto de baja calidad o con problemas estructurales que sean sometidos a sollicitaciones sísmicas y posteriormente reforzados con mallas electrosoldadas para definir su eficiencia.

- Pese a demostrarse que el uso de la malla electrosoldada mejora la resistencia al corte de las viviendas, los ensayos realizados por los autores citados en la investigación remarcan el cambio del tipo de falla presentado en los muros al ser reforzados respecto a los muros originales. Por tanto, surge la necesidad de evaluar el comportamiento de las viviendas con el refuerzo y si cabe la posibilidad de presentarse fallas ortogonales al plano de los muros o de existir problemas de interacción entre las columnas de amarre y los muros.
- Respecto al método adecuado para garantizar la correcta interacción muro-reforzamiento, se propone profundizar la investigación con respecto a los dos métodos de anclaje descritos en el capítulo VI. Además, se recomienda evaluar el comportamiento del refuerzo al anclar la malla electrosoldada en la losa de techo y de piso.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Álvarez, J., & Alcocer, S. (2001). *Estudio analítico sobre el comportamiento sísmico de muros de mampostería confinada con aperturas*. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería.
- Angulo, W. (2017, septiembre 26). Capeco: El 70% de viviendas en Lima son informales y vulnerables a un terremoto. *RPP Noticias*. Retrieved from <http://rpp.pe/economia/economia/capeco-el-70-de-viviendas-en-lima-son-construidas-sin-normas-tecnicas-noticia-1078934>
- Araoz, T. & Velezmoro, J. (2012). *Reforzamiento de viviendas existentes hechas con ladrillos pandereta*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Asociación Peruana de Empresas de Investigación de Mercados. (2016). *Niveles socioeconómicos 2016*. Lima.
- Astroza, M., & Schmidt, A. (2004). Capacidad de deformación de muros de albañilería confinada para distintos niveles de desempeño. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 70, 59–75. ISSN: 0185-092X.
- Barbat, A. & Pujades, L. (2004). Evaluación de la vulnerabilidad y del riesgo sísmico en zonas urbanas, aplicación a Barcelona. *6º Congreso Nacional de Sismología e Ingeniería Sísmica*, 229-252.
- Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO). (2018, marzo). *Informe económico de la construcción*, 17.
- Castro, A. (2002). *Reparación de un muro de albañilería confinada*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Castro, M. (2001). *Efecto de cinco variables sobre la resistencia de la albañilería*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

En el 2017 se registraron más de 6 mil sismos en el país. (2018, enero 10). *El Comercio*. Retrieved from <https://elcomercio.pe/peru/2017-registraron-6-mil-sismos-pais-noticia-487847>

Fondo Mi Vivienda. Bono de reforzamiento estructural, Pub. L. No. R.M. 352-2014-VIVIENDA –VMVU-DNV (2014). Perú.

Flores, L., Ríos, M., & Reyes, C. (2004). Rehabilitación con malla y mortero de muros de mampostería con aberturas. *XIV Congreso Nacional de Ingeniería Estructural*.

Google. (2013). Mapa del distrito de Villa María del Triunfo. Retrieved junio 26, 2018, from <https://www.google.com/maps/place/Villa+María+del+Triunfo/@-12.1442941,-76.9395237,15z/data=!4m5!3m4!1s0x9105b92b9e02c189:0x4e31ea20f4c5e783!8m2!3d-12.1590715!4d-76.9297354>

Instituto Nacional de Defensa Civil, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Oficina de Ayuda Humanitaria y Protección Civil de la Comisión Europea, & Municipalidad de Villa María del Triunfo. (2011). *Riesgo sísmico y medidas de reducción del riesgo en Villa María del Triunfo*. Lima: Instituto Nacional de Defensa Civil.

Instituto Nacional de Defensa Civil. (2011). *Estudio para determinar el nivel de vulnerabilidad física ante la probable ocurrencia de un gran sismo de gran magnitud: Villa María del Triunfo. Estudio técnico N°23*. Lima: Instituto Nacional de Defensa Civil.

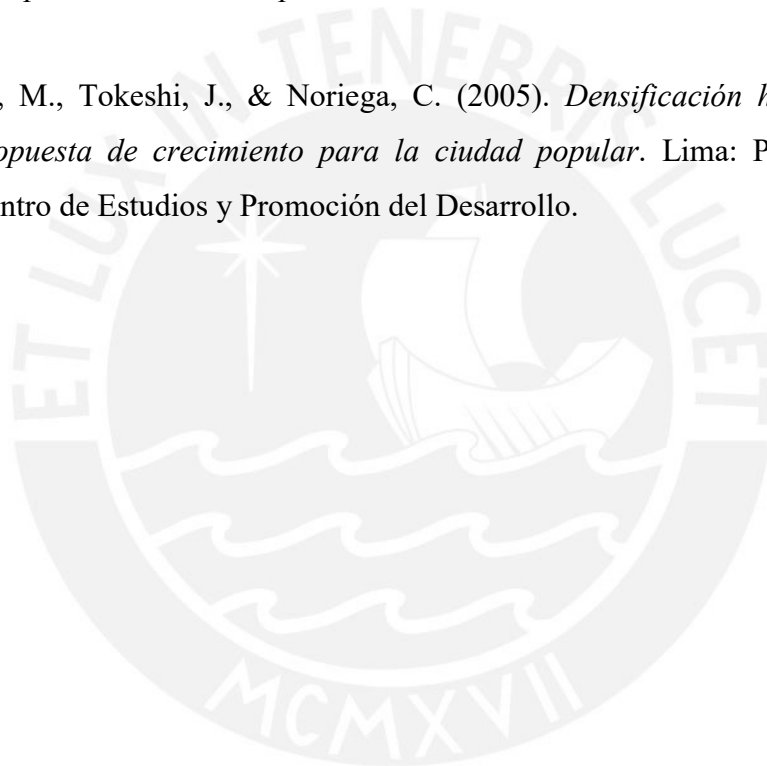
Instituto Nacional de Defensa Civil. (2011). *Evaluación del impacto socioeconómico y ambiental del sismo ocurrido el 15 de agosto de 2007*. Lima: Instituto Nacional de Defensa Civil.

- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2009). *Perú: Mapa del Déficit Habitacional a Nivel Distrital, 2007*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). *Provincia de Lima: Compendio estadístico 2017*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (n.d.). Series Nacionales. Retrieved junio 10, 2018, from <http://webapp.inei.gob.pe:8080/sirtod-series/>
- Luján, M. (2016). *Reforzamiento de los muros de albañilería confinada con mallas de acero*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Maldonado, E., Jaspón, N., & Chio, G. (2010, abril). Funciones de vulnerabilidad calculadas para edificaciones en muros de hormigón reforzado. *Revista ingeniería de la construcción, 1*, 63–82.
- Mamani, P. (2015). *Comportamiento mecánico de muros de albañilería tubular confinada reforzados con malla electrosoldada ante cargas sísmicas y gravitacionales*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.030 Diseño sismorresistente (2018). Perú.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.060 Concreto Armado (2009). Perú.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.070 Albañilería (2006). Perú.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Propuesta de Norma Técnica E.070 Albañilería (2019). Perú.

- Mosqueira, M., & Tarque, N. (2005). *Recomendaciones técnicas para mejorar la seguridad sísmica de viviendas de albañilería confinada de la costa peruana*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Muñoz, A. (2004). Objetivos de la ingeniería sismorresistente. En *Ingeniería sismorresistente* (pp. 52–58). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Observatorio Urbano DESCO. (2016). Galería de mapas. Retrieved April 12, 2018, from <http://observatoriourbano.org.pe/mapoteca/>
- Osorio, F. (2015). *Modelo de exposición sísmica de viviendas del departamento de Antioquia, Colombia*. Medellín: Universidad EAFIT.
- Páez, D., Parra, S., & Montaña, C. (2009, enero/junio). Alternativa de refuerzo horizontal en muros de mampostería. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 14, 51-69. ISSN: 1692-3324.
- Parral, G. (2007). *Influencia del espesor de la junta en las propiedades mecánicas de muros de mampostería de tabique*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pérez, J. (2011). Análisis lineal de estructuras de mampostería. *Séptimo Simposio Nacional Sobre Estructural En La Vivienda*, 50.
- PREDES Centro de Estudios y Prevención de Desastres. (2005). Fenómenos naturales peligrosos. Retrieved abril 4, 2018, from <http://www.predes.org.pe/predes/terremotos.htm>
- Prodac. (2014). Malla electrosoldada. Retrieved octubre 15, 2018, from <https://prodac.bekaert.com/es-MX/infraestructura/refuerzo-de-concreto/malla-electrosoldada>
- Pontificia Universidad Católica de Chile. (2010). Manual para la reparación de viviendas dañadas. N° 336.

- Quiroz, E. (2017). *Vulnerabilidad sísmica de una edificación escolar típica módulo 780 Pre NDSR-1997 mediante modelos no lineales*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Romero, A. (2018, enero 19). Las ciudades crecerán por inversión no por invasión. *Gestión*. Retrieved from <https://gestion.pe/blog/tacosfuertes/2018/01/las-ciudades-creceran-por-inversion-y-no-por-invasion.html?ref=gesr>
- Ruiz, J. (2007). Rehabilitación sísmica de edificaciones de mampostería para vivienda. *V Simposio Nacional de Ingeniería Estructural En La Vivienda*, 20–24.
- Ruiz, J. & Alcocer, S. (1998). Desempeño experimental de estructuras de mampostería confinada rehabilitadas mediante el uso de malla de alambre. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 59, 59-79.
- San Bartolomé, Á. (2018). *Diseño y Construcción de Estructuras Sismorresistentes de Albañilería* (Segunda ed). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Sáenz, L. (2016). *Comportamiento sísmico de tabiques contruidos con ladrillo pandereta*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Sáenz, M. (2016). *Influencia del espesor de la junta de mortero en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería*. Universidad Privada del Norte.
- Salsavilca, J., Yacila, J., Tarque, N., & Manchego, A. (2018). Análisis del uso de 4 alternativas de refuerzo sísmico en muros de albañilería confinada. *XXXVIII Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural*.
- Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción. (2015). *Elaboración de un diagnóstico de las condiciones estructurales de la vivienda en el distrito de Villa María del Triunfo - Sector de José Carlos Mariátegui - AAHH El Paraíso*. Lima: Autor.




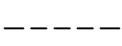
- Servicio Nacional de la Capacitación para la Industria de la Construcción. (2017). *Evaluación técnica y económica sobre metodologías existentes de reforzamiento sísmico de muros de albañilería confinada*. Lima.
- Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural (SMIE). Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería (2017). México.
- Torrealva, D. (2014). *Guía para evaluación y refuerzo de viviendas informales de mampostería de ladrillo para reducir su vulnerabilidad sísmica*. Lima.
- Zolezzi, M., Tokeshi, J., & Noriega, C. (2005). *Densificación habitacional. Una propuesta de crecimiento para la ciudad popular*. Lima: Programa Urbano. Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo.

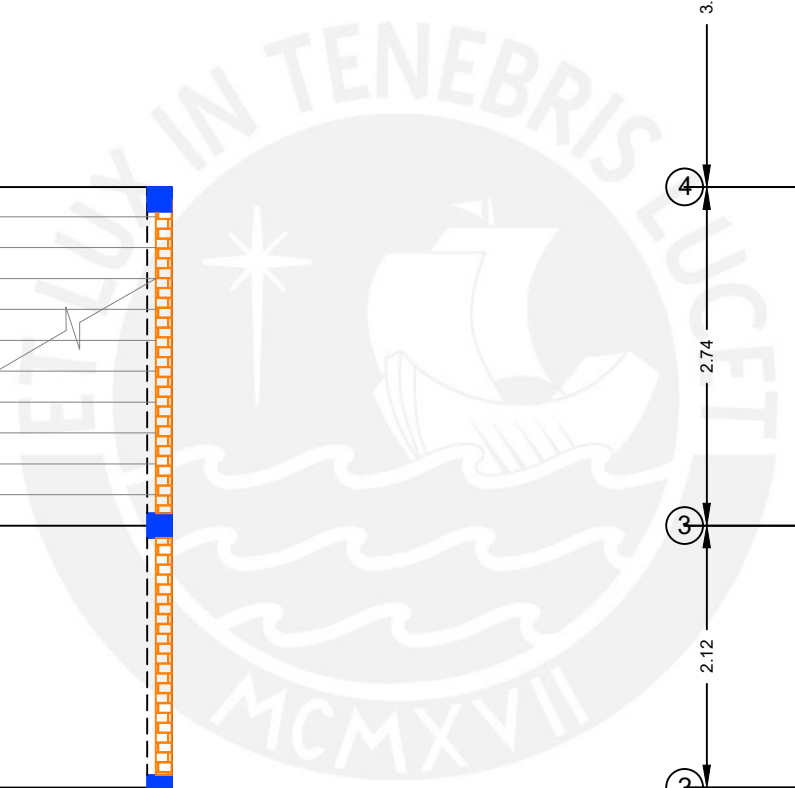
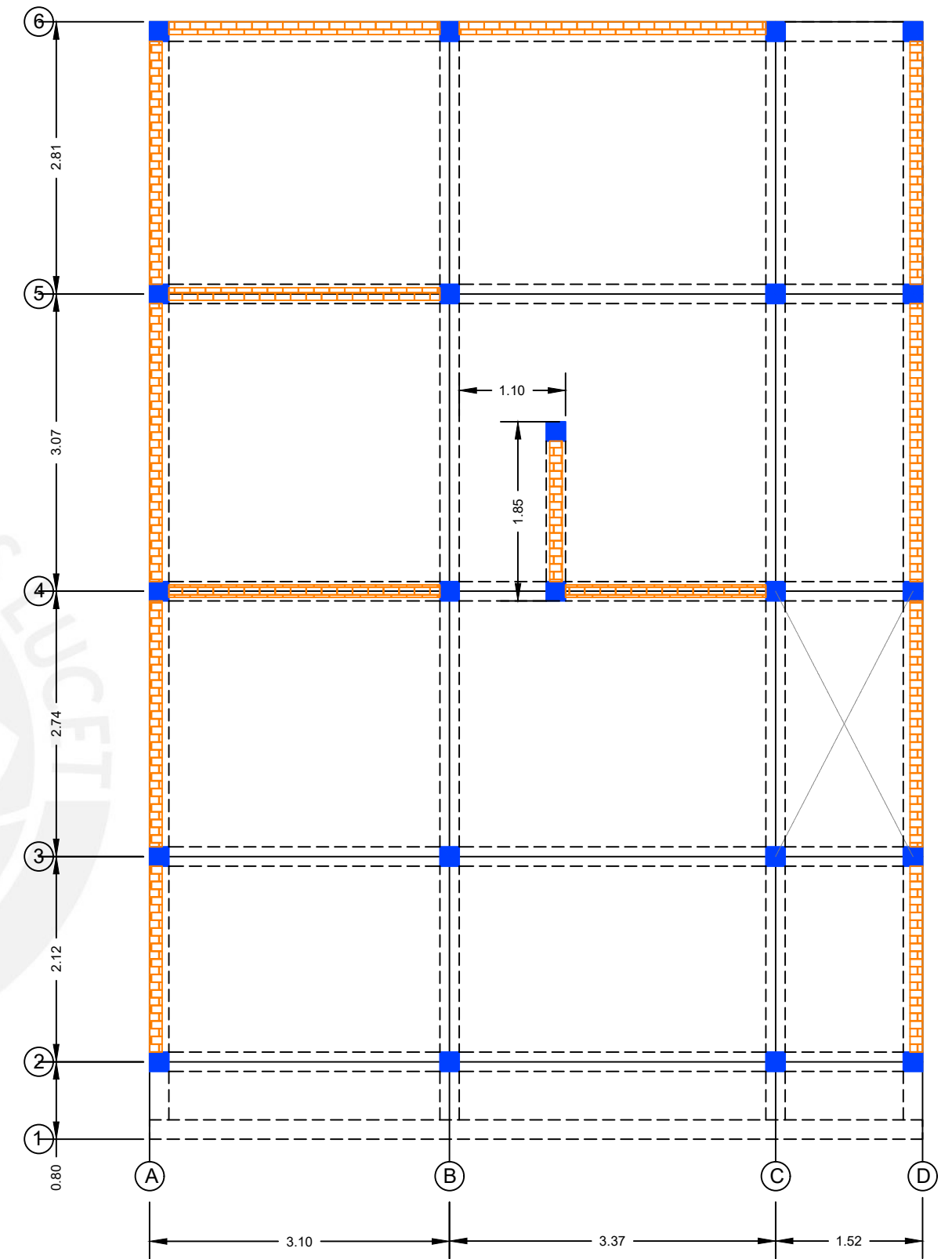
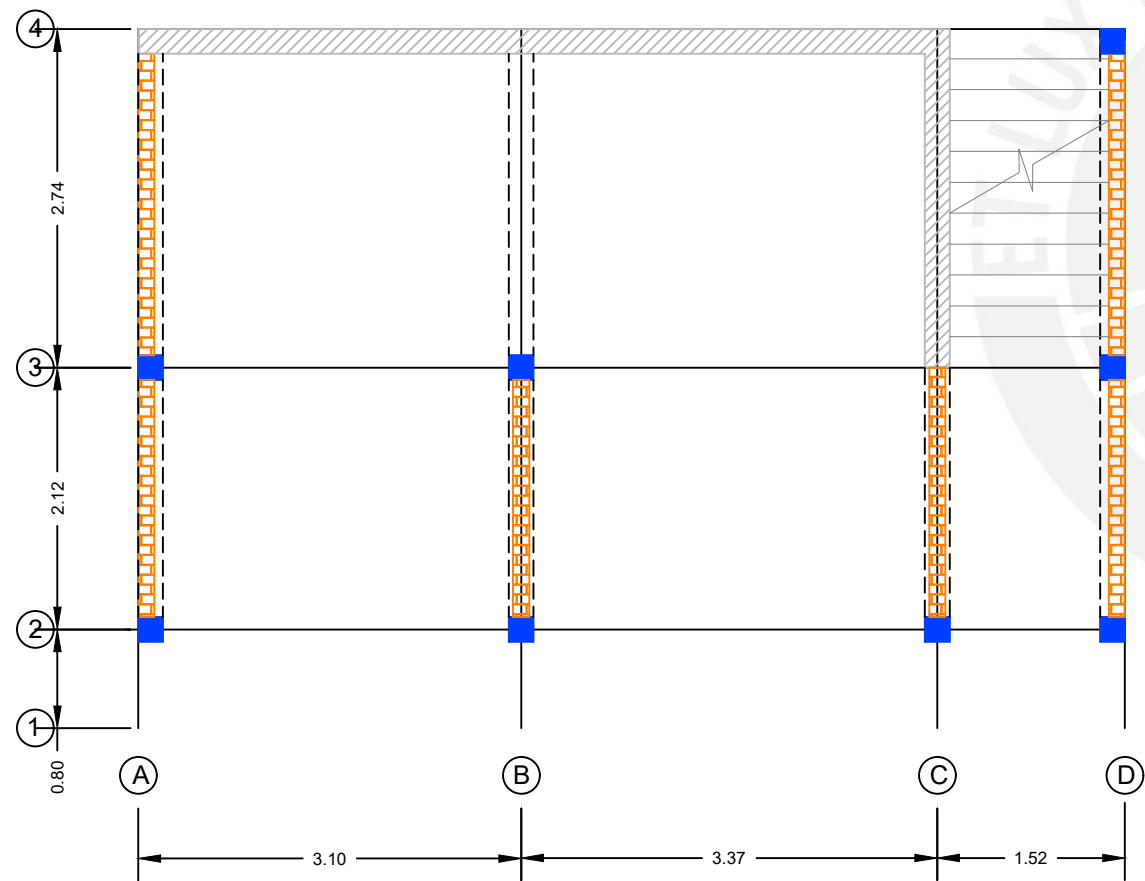


Sector José Carlos Mariategui - AAHH EL PARAISO - EL PARAISO ALTO			
Distrito Villa María del Triunfo			
Levantamiento de información: Estructuras			
UBICACIÓN:			
PROPIETARIO:		OBSERVACIONES	
ENCUESTA DE ESTRUCTURAS			
VIVIENDA DE UNA PLANTA		VIVIENDA DE MÁS DE UNA PLANTA	
DIRECCIÓN:			
1	De que material esta construida la vivienda donde habita? (detallar)		
	Ladrillo y concreto	Madera / prefabricada	
	Ladrillo sin columnas	Cañas Esteras con madera	
		Otro Material	
2	La vivienda se construyó con planos?		
	Si, de una Asociación	Elaborado por profesionales	
	prestados por vecinos	No, sin planos, solo un maestro	
3	Participó en la construcción de su casa?		
	Si	X	El maestro trajo obreros
4	Apoyaron los vecinos a construir?		
	Si, para hacer zanjas y pircas	Si, para vaciar techo	
	Si, para construir muros o pisos	No, no apoyaron	
5	Su vivienda está terminada o continúa construyendo		
	Si está terminada	No está terminada, pero así quedará	
	No está terminada, en breve continuará la construcción		
7	Su casa tiene pircas para nivelar el suelo ?		
	Si	No	Pirca con cemento vaciado
8	Su casa tiene muros de contención, de concreto armado?		
	Si	No	Solo de concreto, sin fierro
9	Su casa tiene muros de madera ?		
	Ladrillo Macizo	Ladrillo pandereta	
	Ladrillo Perforado 18 h.	Bloquetas de concreto	
10	Su casa tiene techado provisional ?		
	Si	No	madera con cobertura liviana de...
OBSERVACIONES DE PARTE DE LOS ENCUESTADORES			
11	Tipo de suelo de cimentación		
	Arenas sueltas	Otros	
	grava fracturada suelta		
12	Hay posibilidad de deslizamientos o empuje de construcciones vecinas?		
	Si	En accesos cercanos	
	No		
13	La planta tiene forma:		
	Regular cuadrada o rectangular L/A < 2.5	Rectangular L/A > 2.5	
	Elevación		
	Altura/Base < 2.5	Tiene volados de piso superior	
14	Simetría		
	Eje X	Observación	
	Eje Y		





15	Alineamiento entre losas de edificaciones	<table border="1"> <tr> <td>Casa vecina lado derecho</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Casa vecina lado izquierdo</td> <td></td> </tr> </table>	Casa vecina lado derecho		Casa vecina lado izquierdo		<table border="1"> <tr> <td>Casa vecina lado posterior</td> <td></td> </tr> </table>	Casa vecina lado posterior								
Casa vecina lado derecho																
Casa vecina lado izquierdo																
Casa vecina lado posterior																
16	Separación de casas	<table border="1"> <tr> <td>Casa vecina lado derecho</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Casa vecina lado izquierdo</td> <td></td> </tr> </table>	Casa vecina lado derecho		Casa vecina lado izquierdo		<table border="1"> <tr> <td>Casa vecina lado posterior</td> <td></td> </tr> </table>	Casa vecina lado posterior								
Casa vecina lado derecho																
Casa vecina lado izquierdo																
Casa vecina lado posterior																
<b>MUROS DE ALBAÑILERÍA DE LADRILLO</b>																
17	Densidad de muros	<table border="1"> <tr> <td>Eje X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Eje Y</td> <td></td> </tr> </table>	Eje X		Eje Y		<table border="1"> <tr> <td>Observación</td> <td></td> </tr> </table>	Observación								
Eje X																
Eje Y																
Observación																
18	Muros de ladrillo confinados con	<table border="1"> <tr> <td>columnas</td> <td></td> </tr> <tr> <td>vigas</td> <td></td> </tr> </table>	columnas		vigas		<table border="1"> <tr> <td>losa aligerada</td> <td></td> </tr> <tr> <td>presenta fisuras</td> <td></td> </tr> </table>	losa aligerada		presenta fisuras						
columnas																
vigas																
losa aligerada																
presenta fisuras																
19	Encuentros de muros con columnas	<table border="1"> <tr> <td>Bien dentado</td> <td></td> </tr> <tr> <td>poco dentado de &lt; 5 cm</td> <td></td> </tr> </table>	Bien dentado		poco dentado de < 5 cm		<table border="1"> <tr> <td>Ha tenido mechas?</td> <td></td> </tr> <tr> <td>No muestra integración de M&lt; &gt;C</td> <td></td> </tr> </table>	Ha tenido mechas?		No muestra integración de M< >C						
Bien dentado																
poco dentado de < 5 cm																
Ha tenido mechas?																
No muestra integración de M< >C																
20	Juntas de mortero con diferentes espesores	<table border="1"> <tr> <td>de &lt; 1.5 cm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>entre 1.5 cm y 2.0 cm</td> <td></td> </tr> </table>	de < 1.5 cm		entre 1.5 cm y 2.0 cm		<table border="1"> <tr> <td>entre 2.0 cm y 3.0 cm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>más de 3.0 cm</td> <td></td> </tr> </table>	entre 2.0 cm y 3.0 cm		más de 3.0 cm						
de < 1.5 cm																
entre 1.5 cm y 2.0 cm																
entre 2.0 cm y 3.0 cm																
más de 3.0 cm																
21	Columnas de concreto	<table border="1"> <tr> <td>acero expuesto a corrosión</td> <td></td> </tr> <tr> <td>acero sin N° de estribos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>adecuado</td> <td></td> </tr> <tr> <td>presenta cangrejas</td> <td></td> </tr> </table>	acero expuesto a corrosión		acero sin N° de estribos		adecuado		presenta cangrejas		<table border="1"> <tr> <td>presenta fisuras</td> <td></td> </tr> <tr> <td>medidas irregulares</td> <td></td> </tr> </table>	presenta fisuras		medidas irregulares		
acero expuesto a corrosión																
acero sin N° de estribos																
adecuado																
presenta cangrejas																
presenta fisuras																
medidas irregulares																
22	Vigas de concreto	<table border="1"> <tr> <td>acero expuesto a corrosión</td> <td></td> </tr> <tr> <td>acero sin N° de estribos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>adecuado</td> <td></td> </tr> <tr> <td>presenta cangrejas</td> <td></td> </tr> </table>	acero expuesto a corrosión		acero sin N° de estribos		adecuado		presenta cangrejas		<table border="1"> <tr> <td>presenta fisuras</td> <td></td> </tr> <tr> <td>medidas irregulares</td> <td></td> </tr> </table>	presenta fisuras		medidas irregulares		
acero expuesto a corrosión																
acero sin N° de estribos																
adecuado																
presenta cangrejas																
presenta fisuras																
medidas irregulares																
23	Encuentros de Vigas con columnas	<table border="1"> <tr> <td>acero expuesto a corrosión</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Concreto con cangrejas</td> <td></td> </tr> </table>	acero expuesto a corrosión		Concreto con cangrejas		<table border="1"> <tr> <td>medidas irregulares</td> <td></td> </tr> </table>	medidas irregulares								
acero expuesto a corrosión																
Concreto con cangrejas																
medidas irregulares																
24	Losas aligeradas de concreto	<table border="1"> <tr> <td>viguetas no uniformes</td> <td></td> </tr> <tr> <td>acero sin recubrimiento</td> <td></td> </tr> </table>	viguetas no uniformes		acero sin recubrimiento		<table border="1"> <tr> <td>presenta cangrejas</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ladrillos irregulares</td> <td></td> </tr> </table>	presenta cangrejas		ladrillos irregulares						
viguetas no uniformes																
acero sin recubrimiento																
presenta cangrejas																
ladrillos irregulares																
<b>INSTALACIONES SANITARIAS</b>																
25	Columnas de concreto con tuberías de PVC junto a muro	<table border="1"> <tr> <td>corta unión de muro con columna</td> <td></td> </tr> <tr> <td>tiene arrollamiento de alambre N° 16</td> <td></td> </tr> </table>	corta unión de muro con columna		tiene arrollamiento de alambre N° 16		<table border="1"> <tr> <td>tiene mechas de acero</td> <td></td> </tr> </table>	tiene mechas de acero								
corta unión de muro con columna																
tiene arrollamiento de alambre N° 16																
tiene mechas de acero																
26	Tuberías de desague o ventilación dentro del muro	<table border="1"> <tr> <td>tiene arrollamiento de alambre N° 16</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tiene mechas de acero c/hilada</td> <td></td> </tr> </table>	tiene arrollamiento de alambre N° 16		Tiene mechas de acero c/hilada		<table border="1"> <tr> <td>muro endentado</td> <td></td> </tr> </table>	muro endentado								
tiene arrollamiento de alambre N° 16																
Tiene mechas de acero c/hilada																
muro endentado																
27	Cuenta con Cisterna y Tanque elevado	<table border="1"> <tr> <td>Cisterna</td> <td></td> </tr> </table>	Cisterna		<table border="1"> <tr> <td>Tanque elevado</td> <td></td> </tr> </table>	Tanque elevado										
Cisterna																
Tanque elevado																
28	Presenta filtraciones de agua	<table border="1"> <tr> <td>en pisos y afloran</td> <td></td> </tr> <tr> <td>en muros</td> <td></td> </tr> </table>	en pisos y afloran		en muros		<table border="1"> <tr> <td>en losa de techo de primer piso</td> <td></td> </tr> <tr> <td>afecta acero de estructura</td> <td></td> </tr> </table>	en losa de techo de primer piso		afecta acero de estructura						
en pisos y afloran																
en muros																
en losa de techo de primer piso																
afecta acero de estructura																

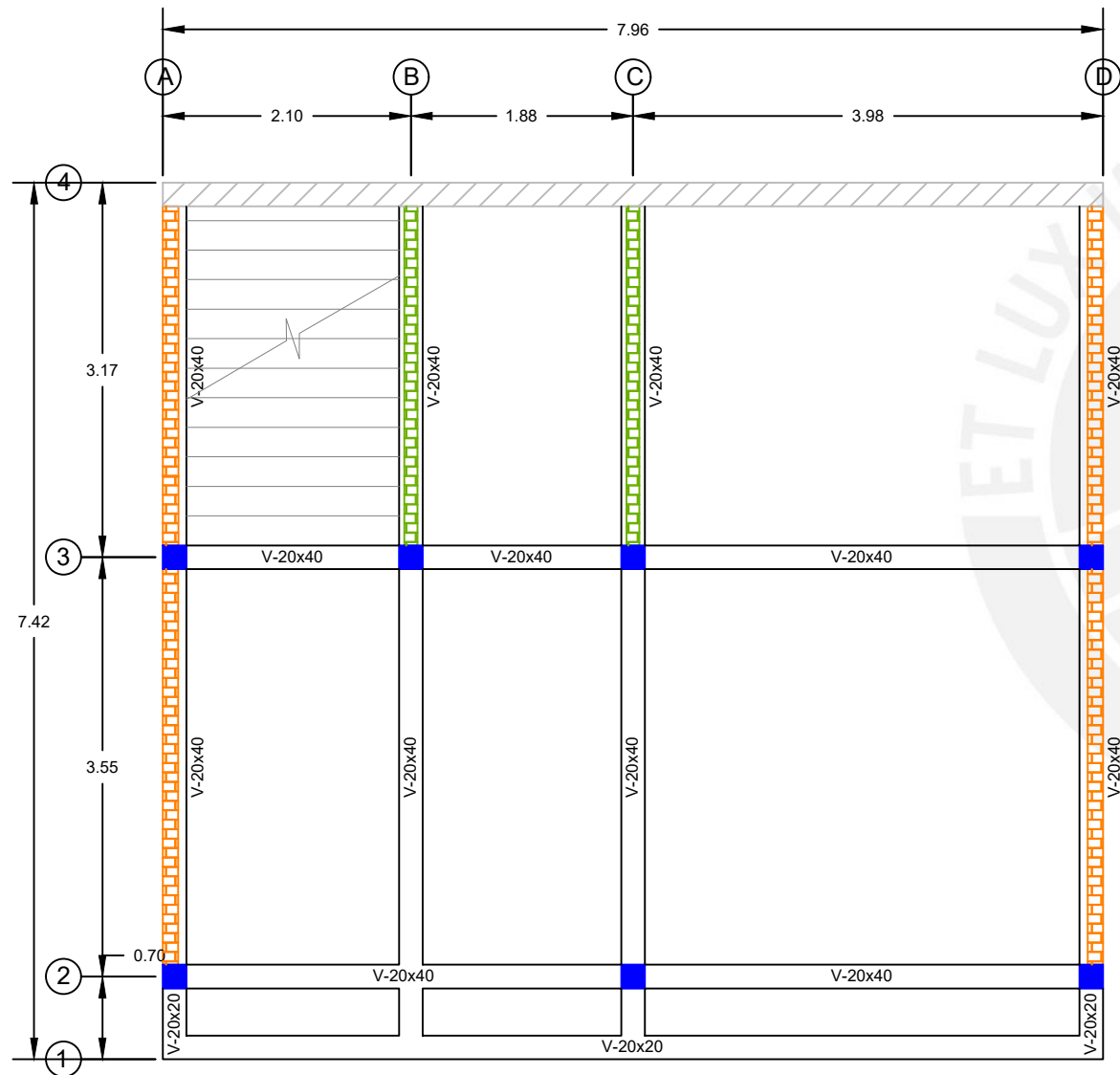
# LEYENDA

-  Muro de albañilería industrial e = 0.13 m
-  Placa de concreto armado e = 0.20 m
-  Columna cuadrada de 0.20 m de lado
-  Viga peraltada 0.20 x 0.30 m

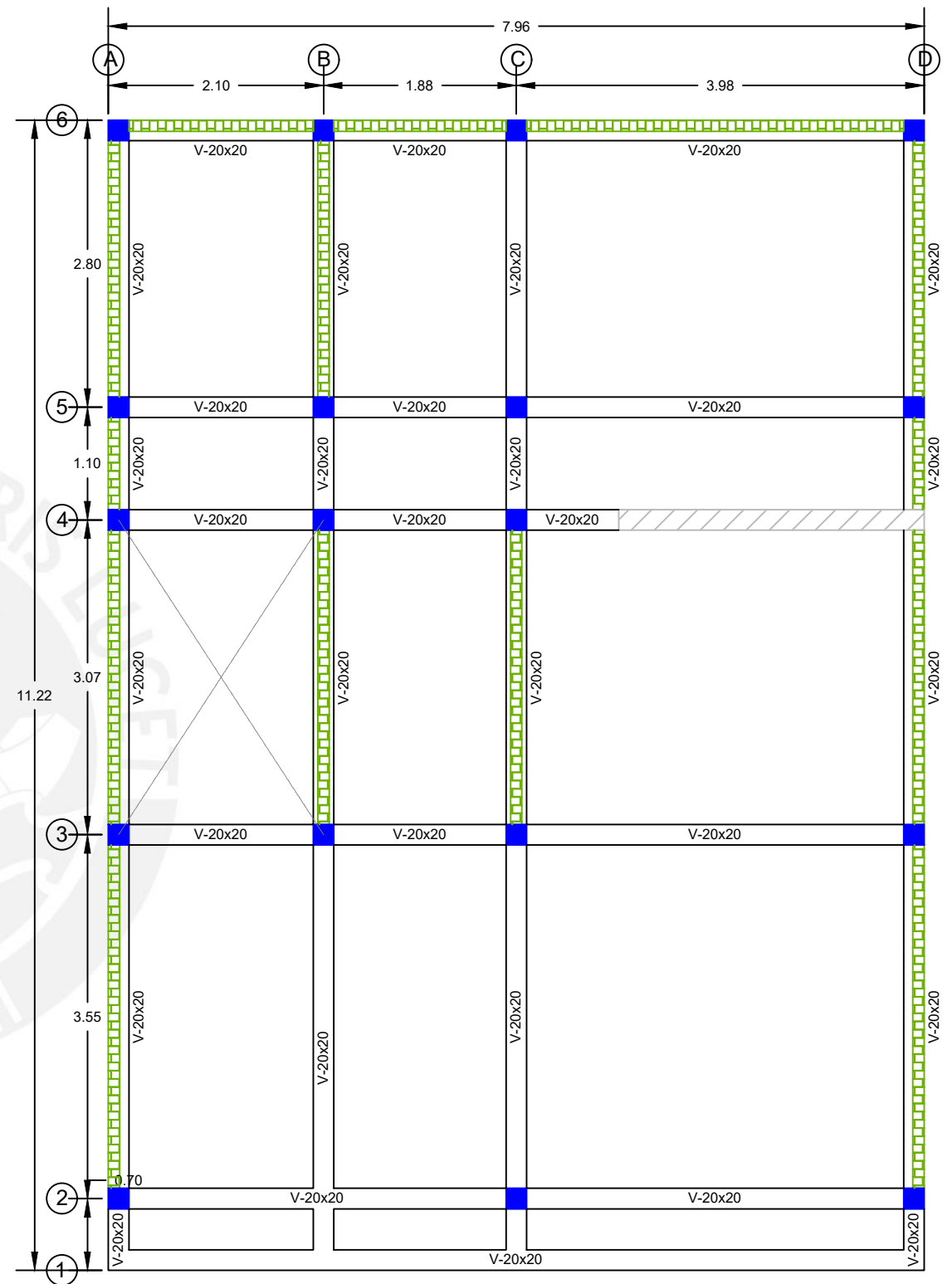


# LEYENDA

-  Muro de albañilería industrial e = 0.13m
-  Muro de albañilería industrial e = 0.11m
-  Placa de concreto armado e = 0.20 m
-  Columna cuadrada de 0.20 m de lado



PRIMERA PLANTA



SEGUNDA PLANTA



PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA EN EL DISTRITO DE VILLA MARIA DEL TRIUNFO

VIVIENDA MZ X LOTE 4  
AAHH EL PARAISO ALTO

ASESOR:  
PhD NICOLA TARQUE RUIZ

TESISTAS:  
HIDEKI YASUKISHI YABUTA BARTUREN  
KENNY JOSUE FARJE PULACHE

PLANO N°	TFY-02 - 08.2019
PROPIETARIO DE LA VIVIENDA:	ROSA AGUILAR ROJAS
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	01/SEP/2019
DOCUMENTO N°:	2019-TFY-PUCP-FACI-IC-002
NÚMERO DE REVISIÓN:	0



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ

## MEMORIA DESCRIPTIVA ESTRUCTURAL

**PROPUESTA DE  
REFORZAMIENTO EN  
VIVIENDAS DE  
ALBAÑILERÍA CONFINADA  
EN EL DISTRITO DE VILLA  
MARIA DEL TRIUNFO**

Tesistas:

HIDEKI YABUTA

KENNY FARJE

Asesor:

NICOLA TARQUE

Fecha:

28/08/2019

Elaborado por:

SENCICO

VIVIENDA:

MZ H2 LOTE 3

### Tabla de contenido

1.	Datos del propietario	2
2.	Aspectos generales	2
3.	Evaluación estructural	2
3.1	Descripción general	2
3.2	Sistema constructivo	3
4.	Conclusiones	4

## **1. Datos del propietario**

El predio en estudio es de propiedad del señor Solio Conde Barrientos.

## **2. Aspectos generales**

La vivienda está ubicada en la manzana H2 lote 3 del séptimo comité del sector El Paraíso Alto, perteneciente al AAHH El Paraíso del distrito de Villa Maria del Triunfo.

## **3. Evaluación estructural**

### **3.1 Descripción general**

El lote donde se ubica la vivienda cuenta con un área de 53.13m<sup>2</sup>, el primer nivel tiene un área techada de 40.80m<sup>2</sup> y la segunda planta de 92.32m<sup>2</sup>. Los propietarios decidieron perforar la roca del cerro con la cual limita el lote para en el segundo nivel poder ampliar el metraje de la vivienda. Es importante mencionar que la dirección y ejecución del proyecto estuvo a cargo de un maestro de obra local.



Imagen 1.1 Frontis de la vivienda

### 3.2 Sistema constructivo

El sistema empleado en esta vivienda fue el convencional, es decir, muros de albañilería y confinamiento con vigas y columnas en ambos niveles. La vivienda cuenta con 6 años de antigüedad.

Respecto a las losas, estas son aligeradas de 0.20m de espesor y el segundo nivel cuenta con un volado de 0.80m.



Imagen 1.2 Elementos estructurales de la vivienda

Respecto a los muros, estos son de ladrillo King Kong industrial, asentados en sentido soga con un espesor final de 0.13m.



Imagen 1.3 Muros de ladrillo King Kong

Respecto al confinamiento, se emplearon columnas cuadradas de 0.20m de lado y vigas peraltadas de 0.20 x 0.30m.



Imagen 1.4 Elementos estructurales

#### 4. Conclusiones

El acero expuesto en las vigas columnas debe ser cubierto con mortero, esto para evitar posibles complicaciones con el óxido.

Se debe realizar un mejor vaciado en los empalmes de columnas y vigas; y de preferencia emplear algún tipo de aditivo que sirva de puente entre concreto nuevo y viejo.

Se debe reforzar los paños que el estudio de esta tesis concluya.

Se recomienda tarrajear todos los paños esto con la finalidad de proteger los elementos estructuras de agentes nocivos presentes en el medio ambiente.



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ

## MEMORIA DESCRIPTIVA ESTRUCTURAL

### PROPUESTA DE REFORZAMIENTO EN

### VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA EN EL DISTRITO DE VILLA MARIA DEL TRIUNFO

Tesistas:

HIDEKI YABUTA

KENNY FARJE

Asesor:

NICOLA TARQUE

Fecha:

28/08/2019

Elaborado por:

SENCICO

VIVIENDA:

MZ X LOTE 4

### Tabla de contenido

1.	Datos del propietario	2
2.	Aspectos generales	2
3.	Evaluación estructural	2
3.1	Descripción general	2
3.2	Sistema constructivo	3
4.	Conclusiones	4

## **1. Datos del propietario**

El predio en estudio es de propiedad de los señores Rosa Aguilar Rojas y Juan Jamanca Durán.

## **2. Aspectos generales**

La vivienda está ubicada en la manzana X lote 4 del séptimo comité del sector El Paraíso Alto, perteneciente al AAHH El Paraíso del distrito de Villa Maria del Triunfo.

## **3. Evaluación estructural**

### **3.1 Descripción general**

El lote donde se ubica la vivienda cuenta en el primer nivel con un área techada de 55m<sup>2</sup> y en la segunda planta de 85m<sup>2</sup>. Los propietarios decidieron perforar la roca del cerro con la cual limita el lote para en el segundo nivel poder ampliar el metraje de la vivienda. Es importante mencionar que la dirección y ejecución del proyecto estuvo a cargo de un maestro de obra local.



Imagen 1.1 Frontis de la vivienda

### 3.2 Sistema constructivo

El sistema empleado en esta vivienda fue el convencional, es decir, muros de albañilería y confinamiento con vigas y columnas en ambos niveles. La vivienda cuenta con 8 años de antigüedad.

Respecto a las losas, estas son aligeradas de 0.20m de espesor y el segundo nivel cuenta con un volado de 0.60m.



Imagen 1.2 Elementos estructurales de concreto armado

Respecto a los muros, estos son de ladrillo King Kong industrial, asentados en sentido soga con un espesor final de 0.13m en los muros perimetrales del primer piso. Los muros interiores y todos los muros del segundo y tercer nivel son de ladrillo pandereta industrial de espesor 0.11m.

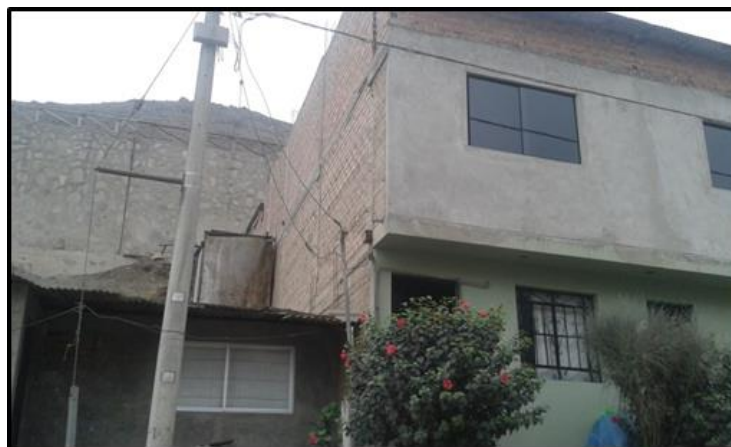


Imagen 1.3 Muros de ladrillo

Respecto al confinamiento, se emplearon columnas cuadradas de 0.20m de lado y vigas peraltadas de 0.20 x 0.40m.

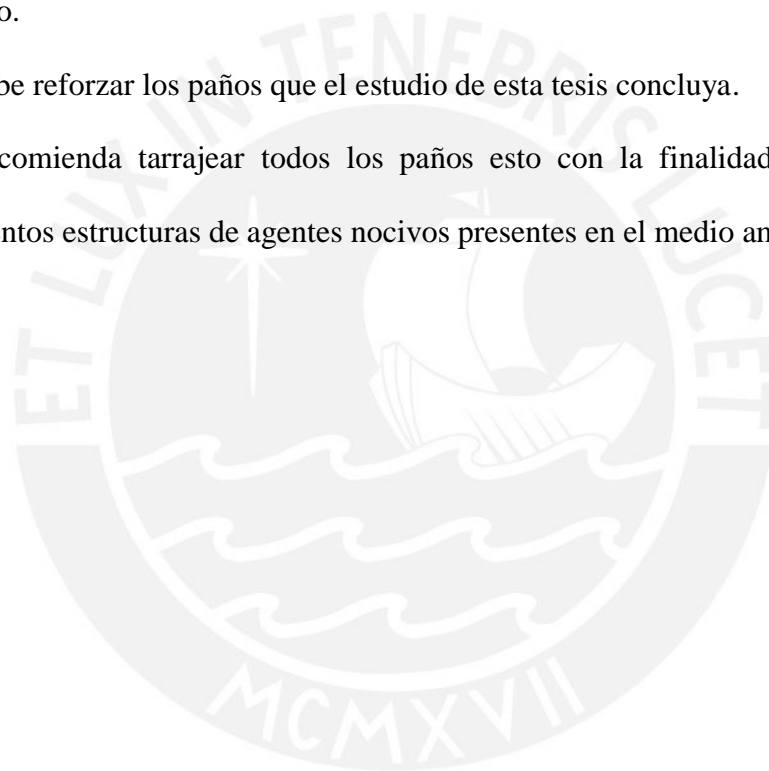
#### **4. Conclusiones**

El acero expuesto en las vigas columnas debe ser cubierto con mortero, esto para evitar posibles complicaciones con el óxido.

Se debe realizar un mejor vaciado en los empalmes de columnas y vigas; y de preferencia emplear algún tipo de aditivo que sirva de puente entre concreto nuevo y viejo.

Se debe reforzar los paños que el estudio de esta tesis concluya.

Se recomienda tarrajear todos los paños esto con la finalidad de proteger los elementos estructuras de agentes nocivos presentes en el medio ambiente.



OK

Sector José Carlos Mariátegui - AAHH EL PARAISO - EL PARAISO ALTO		
Distrito Villa María del Triunfo		
Levantamiento de información: Estructuras		
<b>ENCUESTA DE ESTRUCTURAS</b>		
VIVIENDA DE UNA PLANTA	<input checked="" type="checkbox"/>	VIVIENDA DE MÁS DE UNA PLANTA <b>2 pisos</b>
DIRECCIÓN: <b>MZ: H2 LT: 3 AA.HH. PARAISO ALTO</b>		
1 De que material esta construida la vivienda donde habita? (detallar)		
Ladrillo y concreto	<input checked="" type="checkbox"/>	Madera / prefabricada
Ladrillo sin columnas		Cañas Esteras con madera
		Otro Material
2 La vivienda se construyó con planos?		
Si, de una Asociación prestados por vecinos		Elaborado por profesionales
		No, sin planos, solo un maestro
3 Participó en la construcción de su casa?		
Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No
		El maestro trajo obreros
4 Apoyaron los vecinos a construir?		
Si, para hacer zanjas y pircas		Si, para vaciar techo
Si, para construir muros o pisos		No, no apoyaron
5 Su vivienda está terminada o continúa construyendo		
Si está terminada	<input checked="" type="checkbox"/>	No está terminada, pero así quedará
No está terminada, en breve continuará la construcción		
7 Su casa tiene pircas para nivelar el suelo ?		
Si		No
		<input checked="" type="checkbox"/> Pirca con cemento vaciado
8 Su casa tiene muros de contención, de concreto armado?		
Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No
		Solo de concreto, sin fierro
9 Su casa tiene muros de madera? <b>No</b>		
		lo drillo macizo
		Ladrillo perforado
		Bloques de concreto
		<b>18 pircas</b>
		<input checked="" type="checkbox"/>
10 Su casa tiene <b>techo provisional?</b>		
		Si
		No
		maderas con <b>Cobertura liv.</b>
		<b>Calaminas</b>
		<input checked="" type="checkbox"/> <b>en 2do piso</b>
<b>OBSERVACIONES DE PARTE DE LOS ENCUESTADORES</b>		
11 Tipo de suelo de cimentación		
		Arenas sueltas
		grava fracturada suelta
		Otros
		<input checked="" type="checkbox"/>
12 Hay posibilidad de deslizamientos o empuje de construcciones vecinas?		
		Si
		No
		En accesos cercanos
		<input checked="" type="checkbox"/>
13 La planta tiene forma:		
		Regular cuadrada o rectangular L/A < 2.5
		Rectangular L/A > 2.5
Elevación		Altura/Base < 2.5
		Tiene volados de piso superior
		<b>8/10 &lt; 2.5 ✓</b>
		<b>0.72m</b>
14 Simetría		
		Eje X
		Eje Y
		Observación
		<input checked="" type="checkbox"/>
15 Alineamiento entre losas de edificaciones		
		Casa vecina lado derecho
		Casa vecina lado izquierdo
		Casa vecina lado posterior
		<b>No</b>
		<b>No</b>
		<b>No</b>

140

16	Separación de casas	Casa vecina lado derecho	0 cm
		Casa vecina lado izquierdo	0 cm
		Casa vecina lado posterior	NO cm
<b>MUROS DE ALBAÑILERIA DE LADRILLO</b>			
17	Densidad de muros	Eje X	
		Eje Y	
		Observación	
18	Muros de ladrillo confinados con	columnas	SI
		vigas	SI
		losa aligerada	SI
		presenta fisuras	NO
19	Encuentros de muros con columnas	Bien dentado	NO
		poco dentado de < 5 cm	SI
		Ha tenido mechas?	SI
		No muestra integración de M < > C	
20	Juntas de mortero con diferentes espesores	de < 1.5 cm	
		entre 1.5 cm y 2.0 cm	
		entre 2.0 cm y 3.0 cm	X
		más de 3.0 cm	
21	Columnas de concreto	acero expuesto a corrosión	NO
		acero sin N° de estribos adecuado	NO
		presenta cangrejas	SI
		presenta fisuras	NO
		medidas irregulares	NO
22	Vigas de concreto	acero expuesto a corrosión	SI
		acero sin N° de estribos adecuado	NO
		presenta cangrejas	SI
		presenta fisuras	NO
		medidas irregulares	NO
23	Encuentros de Vigas con columnas	acero expuesto a corrosión	SI
		Concreto con cangrejas	SI
		medidas irregulares	NO
24	Losas aligeradas de concreto	viguetas no uniformes	NO
		acero sin recubrimiento	NO
		presenta cangrejas	NO
		ladrillos irregulares	NO
<b>INSTALACIONES SANITARIAS</b>			
25	Columnas de concreto con tuberías de PVC junto a muro	corta unión de muro con columna	NO
		tiene arrollamiento de alambre N° 16	SI
		Tiene mechas de acero	SI
26	Tuberías de desague o ventilación dentro del muro	tiene arrollamiento de alambre N° 16	SI
		Tiene mechas de acero c/hilada	SI
		muro endentado	SI
27	Cuenta con Cisterna y Tanque elevado	Cisterna	SI / NO
		Tanque elevado	SI / (NO)
28	Presenta filtraciones de agua	en pisos y afloran	NO
		en muros	NO
		en losa de techo de primer piso	NO
		afecta acero de estructura	NO

der piso

Sector José Carlos Mariátegui - AAHH EL PARAISO - EL PARAISO ALTO		
Distrito Villa María del Triunfo		
Levantamiento de información: Estructuras		
ENCUESTA DE ESTRUCTURAS		
VIVIENDA DE UNA PLANTA		VIVIENDA DE MÁS DE UNA PLANTA <input checked="" type="checkbox"/>
DIRECCIÓN: M21 X L1:9 AAHH: PARAISO ALTO CA: LOS CEDROS		
1 De que material esta construida la vivienda donde habita? (detallar)		
Ladrillo y concreto	<input checked="" type="checkbox"/>	Madera / prefabricada
Ladrillo sin columnas	<input type="checkbox"/>	Cañas Esteras con madera
		Otro Material
2 La vivienda se construyó con planos?		
Si, de una Asociación prestados por vecinos	<input type="checkbox"/>	Elaborado por profesionales
		No, sin planos, solo un maestro <input checked="" type="checkbox"/>
3 Participó en la construcción de su casa?		
Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No
		El maestro trajo obreros <input type="checkbox"/>
4 Apoyaron los vecinos a construir?		
Si, para hacer zanjas y pircas	<input checked="" type="checkbox"/>	Si, para vaciar techo
Si, para construir muros o pisos	<input type="checkbox"/>	No, no apoyaron <input checked="" type="checkbox"/>
5 Su vivienda está terminada o continúa construyendo		
Si está terminada	<input type="checkbox"/>	No está terminada, pero así quedará
No está terminada, en breve continuará la construcción	<input checked="" type="checkbox"/>	
7 Su casa tiene pircas para nivelar el suelo ?		
Si	<input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>
		Pirca con cemento vaciado <input type="checkbox"/>
8 Su casa tiene muros de contención, de concreto armado?		
Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No
		Solo de concreto, sin fierro <input type="checkbox"/>
9 Su casa tiene muros de madera ?		
	<input type="checkbox"/>	Ladrillo macizo <input checked="" type="checkbox"/>
		Ladrillo perforado <input checked="" type="checkbox"/>
		Bloquetas de concreto <input type="checkbox"/>
10 Su casa tiene techado provisional		
	<input type="checkbox"/>	Si <input checked="" type="checkbox"/>
		No <input type="checkbox"/>
		madera con cobertura de Calamina <input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES DE PARTE DE LOS ENCUESTADORES		
11 Tipo de suelo de cimentación		
	<input type="checkbox"/>	Arenas sueltas
	<input type="checkbox"/>	grava fracturada suelta
	<input checked="" type="checkbox"/>	Otros
12 Hay posibilidad de deslizamientos o empuje de construcciones vecinas?		
	<input type="checkbox"/>	Si
	<input checked="" type="checkbox"/>	No
		En accesos cercanos <input type="checkbox"/>
13 La planta tiene forma:		
	<input type="checkbox"/>	Regular cuadrada o rectangular L/A < 2.5
	<input type="checkbox"/>	Rectangular L/A > 2.5
Elevación	<input type="checkbox"/>	Altura/Base < 2.5
	<input type="checkbox"/>	Tiene volados de piso superior
		0,90
		0,160m
14 Simetría		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Eje X
	<input checked="" type="checkbox"/>	Eje Y
		Observación Jardín libre
15 Alineamiento entre losas de edificaciones		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Casa vecina lado derecho
	<input checked="" type="checkbox"/>	Casa vecina lado izquierdo
	<input checked="" type="checkbox"/>	Casa vecina lado posterior

OK

(18heos)

3er piso.

3er piso.

hay muros de contención

1er piso:  $\frac{3,5}{8} < 2,5$  (R. Rect.)

2º y 3º piso:  $\frac{1,6}{8} < 2,5$  (R. Rect.)

Alineado.  
 muro con tenación

16	Separación de casas	Casa vecina lado derecho	0.00 cm
		Casa vecina lado izquierdo	0.00 cm
		Casa vecina lado posterior	0.00 cm
MUROS DE ALBANILERIA DE LADRILLO			
17	Densidad de muros	Eje X	
		Eje Y	
18	Muros de ladrillo confinados con	columnas	X
		vigas	X
		losa aligerada	X
		presenta fisuras	No
19	Encuentros de muros con columnas	Bien dentado	
		poco dentado de < 5 cm	X
		Ha tenido mechas?	No
		No muestra integración de M < > C	
20	Juntas de mortero con diferentes espesores	de < 1.5 cm	
		entre 1.5 cm y 2.0 cm	
		entre 2.0 cm y 3.0 cm	X
		más de 3.0 cm	
21	Columnas de concreto	acero expuesto a corrosión	No
		acero sin N° de estribos adecuado	
		presenta cangrejas	No
		presenta fisuras	No
22	Vigas de concreto	acero expuesto a corrosión	No
		acero sin N° de estribos adecuado	
		presenta cangrejas	X
		presenta fisuras	X
23	Encuentros de Vigas con columnas	medidas irregulares	X
		acero expuesto a corrosión	X
		Concreto con cangrejas	X
		medidas irregulares	Si
24	Losas aligeradas de concreto	viguetas no uniformes	X
		acero sin recubrimiento	X
		presenta cangrejas	X
		ladrillos irregulares	X
INSTALACIONES SANITARIAS			
25	Columnas de concreto con tuberías de PVC junto a muro	corta unión de muro con columna	
		tiene arrollamiento de alambre N° 16	✓
		Tiene mechas de acero	✓
26	Tuberías de desagüe o ventilación dentro del muro	tiene arrollamiento de alambre N° 16	✓
		Tiene mechas de acero c/hilada	✓
		muro endentado	✓
27	Cuenta con Cisterna y Tanque elevado	Cisterna	Si No
		Tanque elevado	Si No
28	Presenta filtraciones de agua	en pisos y afloran	No
		en muros	No
		en losa de techo de primer piso	No
		afecta acero de estructura	No

(3-4m).

adecuado.

adecuado.