

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INFORME DE TESIS

“ELABORACIÓN DE CURVAS DE DENSIDAD DE MUROS Y
RECOMENDACIONES PARA LA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD
SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS INFORMALES DEL DISTRITO DE
POCOLLAY – TACNA, 2019”

PARA OPTAR:
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:
BACH. ABRIL GÓMEZ, VÍCTOR RAÚL

TACNA – PERÚ
2019

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFECIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:

“ELABORACION DE CURVAS DE DENSIDAD DE MUROS Y
RECOMENDACIONES PARA LA REDUCCIÓN DE LA
VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS VIVIENDAS
INFORMALES DEL DISTRITO DE POCOLLAY – TACNA,
2019”

Tesis sustentada y aprobada el 11 de Diciembre del 2019, estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE:



MTRO. EDGAR HIPOLITO CHAPARRO QUISPE

SECRETARIO:



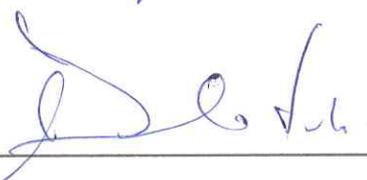
ING. ROLANDO GONZALO SALAZAR CALDERON JUAREZ

VOCAL:



ING. CESAR JULIO CRUZ ESPINOZA

ASESOR:



MTRO. DINA MARLENE COTRADO FLORES

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Víctor Raúl Abril Gómez, en calidad de bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 41495206.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy el autor de la tesis titulada:
“ELABORACION DE CURVAS DE DENSIDAD DE MUROS Y RECOMENDACIONES PARA LA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS VIVIENDAS INFORMALES DEL DISTRITO DE POCOLLAY – TACNA, 2019”, la misma que presente para optar el título de Ingeniero Civil.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, soy responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o

invento. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 11 de Diciembre de 2019



Bach. Víctor Raúl Abril Gómez

DNI 41495206

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis queridos Padres Jesús Alfredo Abril Alcocer y Noemi Eulogia Gómez de Abril, por su amor, trabajo y sacrificio de todos estos años, gracias a ustedes por haberme dado todo lo que soy como persona, con valores, principios y fortalezas para lograr mis objetivos.

A mi hermano, quien con su ejemplo de perseverancia, constancia y lucha ha reflejado en mi para seguir adelante por un camino exitoso.

A mis maestros les agradezco infinitamente por compartir sus conocimientos es mi formación profesional; por el tiempo y esfuerzo que dedicaron, permitiéndome llegar a este nivel.

ABRIL GÓMEZ, VÍCTOR RAÚL

AGRADECIMIENTOS

A Mis Docentes de la Universidad Privada de Tacna, por su orientación y apoyo durante toda mi etapa pre universitaria.

Al Ing. Fermín Garnica Tello por creer siempre en mi persona.

Al Ing. Hernán Ventura Cabana por brindarme su apoyo y aliento para alcanzar las metas trazadas.

Al Ing. Dina Cotrado por ayudarme en mi formación profesional.

A mi padre Jesús Alfredo Abril Alcocer por mostrarme el camino del esfuerzo, superación.

A mi madre Noemi Eulogia Gómez de Abril por sus consejos y enseñanza de los buenos valores.

A mi hermano Nelson Romain Abril Gómez por demostrarme el camino de la superación.

A mis amigos Ing. Rene Chura, Ing. Vicente Brañez, Ing. Roberto Morales, Ing. Edgar Chaparro, Ing. Henry Cañarí, Ing. Freddy Cohaila, Ing. Luis Sosa, Ing. Richard Peñaranda, Ing. Francisco Ramos, por brindarme su amistad sincera en estos años de la vida.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINA DE JURADO	
PÁGINA DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE DE CONTENIDOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE TABLAS	
ÍNDICE FIGURAS	
ÍNDICE ANEXOS	

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	12
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	16
1.4 OBJETIVOS.....	16
1.5 HIPÓTESIS	17
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	20
2.2 BASES TEÓRICAS.....	23
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	29
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	
3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	32
3.2 POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO.....	32
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	32
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	34
3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	35

CAPÍTULO IV: RESULTADOS**CAPÍTULO V: DISCUSIÓN**

5.1 TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA.....	40
5.2 ANÁLISIS SÍSMICO.....	50
5.3 PROPUESTA DE ELABORACIÓN DE CURVAS DE DENSIDAD DE MUROS.	57
5.4 EJEMPLO DE APLICACIÓN.....	62
5.5 RECOMENDACIONES PARA LA REDUCCION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS VIVIENDAS INFORMALES DE LA CIUDAD DE TACNA.	66

CONCLUSIONES**RECOMENDACIONES****REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de Operacionalización de Variables.....	33
Tabla 2. Resultados de periodos y modos de vibración para el edificio de 1 piso...	53
Tabla 3. Resultados de la distorsión (Drift) para la estructura de 1 piso, eje X-X.	54
Tabla 4. Resultados de la distorsión (Drift) para la estructura de 1 piso, eje Y-Y.	54
Tabla 5. Resultados de periodos y modos de vibración para el edificio de 2 pisos..	55
Tabla 6. Resultados de la distorsión (Drift) para la estructura de 2 pisos, eje X-X. ..	55
Tabla 7. Resultados de la distorsión (Drift) para la estructura de 2 pisos, eje Y-Y. ..	55
Tabla 8. Resultados de periodos y modos de vibración para el edificio de 3 pisos.	56
Tabla 9. Resultados de la distorsión (Drift) para la estructura de 3 pisos, eje X-X..	56
Tabla 10. Resultados de la distorsión (Drift) para la estructura de 3 pisos, eje Y-Y.	56
Tabla 11. Densidad de muros según la NTE E.030 del 2003.....	57
Tabla 12. Densidad de muros según la NTE E.030 del 2018 y NTE E.070.....	59
Tabla 13. Densidad de muros para el Hércules I, según la NTE E.030 del 2018	59
Tabla 14. Densidad de muros para el Blocker II, según la NTE E.030 del 2018	60
Tabla 15. Densidad de muros para la Bloqueta, según la NTE E.030 del 2018	60
Tabla 16. Cálculo de la densidad de muros para el Hércules I.....	63
Tabla 17. Cálculo de la densidad de muros para el Blocker II.	64
Tabla 18. Cálculo de la densidad de muros para la Bloqueta	64
Tabla 19. Densidad de muros para unidades de albañilería del Distrito de Pocollay Vs la NTE E.070.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Población Censada en la ciudad de Tacna.....	12
Figura 2. Material Predominante en la ciudad de Tacna.	13
Figura 3. Tabla 2 de la NTE E.070.....	14
Figura 4. Ubicación de Distrito de Pocollay.....	36
Figura 5. Espectro de pseudo aceleración dirección XX.	51
Figura 6. Espectro de pseudo aceleración dirección YY.	51
Figura 7. Modelo de la edificación de tres pisos en análisis.	52
Figura 8. Modelo de la edificación considerando 1 piso.	53
Figura 9. Modelo de la edificación considerando 2 pisos.	55
Figura 10. Curva de densidad de Muros según la NTE E.070.	61
Figura 11. Curva de densidad de Muros para el Hércules I.....	61
Figura 12. Curva de densidad de Muros para el Blocker II.	62
Figura 13. Curva de densidad de Muros para la Bloqueta.	62
Figura 14. Plano utilizado para el ejemplo	63
Figura 15. Densidad de muros para el ejemplo de la vivienda nro. 4.....	65

RESUMEN

La ciudad de Tacna y el Perú se encuentran ubicados en una de las zonas de más alta sismicidad a nivel mundial, sin embargo gran parte de los pobladores no cuentan con una vivienda segura. Por lo general las viviendas en nuestra ciudad son construidas solo por maestros de obra, quienes desconocen los requisitos mínimos establecidos en nuestras normas.

De lo anterior, esta tesis como objetivo principal proponer curvas de densidad de muros para realizar una evaluación rápida de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales del Distrito de Pocollay, las cuales han sido construidas con unidades de albañilería de baja calidad y resistencia como son: Bloqueta, Blocker II y Hércules I; asimismo daremos algunas recomendaciones para la reducción sísmica en base a la experiencia de sismos pasados.

Para el desarrollo de este trabajo, se ha tomado en cuenta los resultados de diferentes trabajos de investigación experimental, y con los resultados de ensayos en muretes (v'm) se ha establecido fórmulas para determinar la densidad de muros, las mismas que permitieron elaborar curvas de densidad de muros por cada piso, concluyéndose que la aplicación de estas curvas son muy sencillas de utilizar y sus valores en comparación con la NTE E.070 son muy variados. Así por ejemplo para un suelo S3 y una edificación de 3 pisos, según la NTE E.070 se requiere una densidad de muros de 3%, mientras que para una edificación similar pero construida con blocker II se requiere un valor de 6%.

Palabras Claves: Densidad de muros, Bloqueta, Blocker II, Hércules I, Bloqueta, vivienda informal.

ABSTRACT

The city of Tacna and Peru are located in one of the highest seismic areas in the world, however, a large part of the population does not have safe housing. In general, homes in our city are built only by construction teachers, who are unaware of the minimum requirements established in our regulations.

This thesis aims to propose wall density curves to perform a rapid evaluation of the seismic modification of the non engineering housing of the Pocollay District, which have been constructed with low quality and resistant masonry units such as: Bloqueta, Blocker II and Hercules I; specifically we will give some recommendations for seismic reduction based on past earthquake experience.

For the development of this work, the results of different experimental research works have been taken into account, and with the results of tests on walls (v'm) formulas have been established to determine the density of walls, the same ones that allowed to elaborate Wall density curves for each floor, concluding that the application of these curves are very simple to use and their values compared to the NTE E.070 are very varied. For example, for a S3 floor and a 3-story building, according to NTE E.070 a wall density of 3% is required, while for a similar but Blocker II a value of 8% is required.

Key Words: Wall density, Bloqueta, Blocker II, Hércules I, Bloqueta, non engineering housings.

INTRODUCCIÓN

Gran parte de la Costa Peruana se encuentra en una zona de alta sismicidad debido a la subducción entre las placas de Nazca y Sudamericana. En Tacna, según los especialistas el último sismo registrado fue la del año 1868. Desde esa fecha solo se ha presentado movimientos sísmicos leves y moderados, por lo que nos encontramos en silencio sísmico.

Por esta razón las edificaciones en nuestra ciudad deberían ser diseñadas y construidas respetando nuestros reglamentos vigentes, para garantizar un adecuado comportamiento sísmico y de esta manera evitar las pérdidas de vidas humanas.

Sin embargo, gran parte de los pobladores no cuentan con una vivienda segura. Por lo general las viviendas en nuestra ciudad son construidas solo por maestros de obra, quienes desconocen los requisitos mínimos establecidos en nuestras normas. A este tipo de construcciones sin asistencia técnica en su construcción y sin cumplir los requisitos mínimos de diseño se les denomina viviendas Informales.

Las viviendas constituyen para los seres humanos un lugar seguro, sin embargo ¿qué pasaría si estas colapsan después de ocurrido un sismo?, ¿De quién es responsabilidad que una vivienda sea segura?, ¿Cuántas viviendas son seguras en casos de sismos en la ciudad de Tacna?; este tipo de preguntas deben de plantearse nuestras autoridades, ya que la experiencia a nivel mundial de sismos severos pasados ha sido catastrófica.

Por ello he elaborado este trabajo titulado “ELABORACIÓN DE CURVAS DE DENSIDAD DE MUROS Y RECOMENDACIONES PARA LA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS INFORMALES DEL DISTRITO DE POCOLLAY – TACNA, 2019”. Considero que este trabajo es de mucha importancia, ya que puede servir de referencia para que nuestras autoridades establezcan planes de mitigación en casos de desastres por sismos.

La tesis está dividida en 05 capítulos.

En el capítulo I, se desarrolla el planteamiento del problema. En el capítulo II, se desarrolla el marco teórico el cual fue extraído de diferentes fuentes de información.

El capítulo III, contiene el marco metodológico. El capítulo IV, está referido a los resultados de la investigación.

En el capítulo V, se da a conocer la discusión de este trabajo de investigación.

Finalmente, se termina con la presentación de las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

El autor

Capítulo 1:

PLANTEAMIENTO DE

PROBLEMA

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La ciudad de Tacna se encuentra ubicada en el sur del Perú. Según el censo del 2017 realizado por el Instituto de Estadística e informática (INEI), albergamos a 329,332 habitantes de los cuales 18,627 son del distrito de Pocollay.

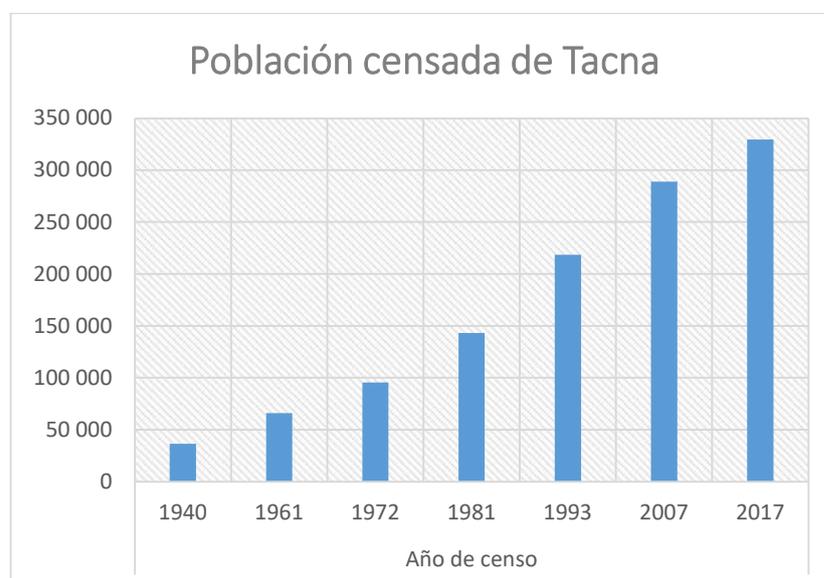


Figura 1. Población Censada en la ciudad de Tacna. Se observa un incremento de más de 50,000 habitantes en cada censo. Elaboración Propia, obtenida de estadística INEI. Recuperado de: <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda/>

Por otro lado, en la construcción de las viviendas predomina el uso de los muros de ladrillo o bloque con un total de 78,910 viviendas, de las cuales 4238 viviendas pertenecen al distrito de Pocollay.

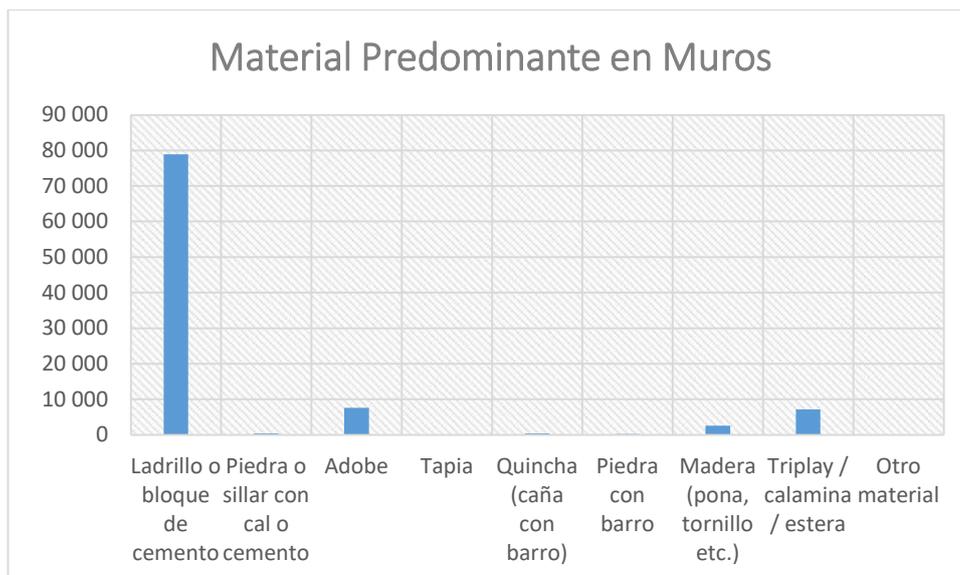


Figura 2. Material Predominante en la ciudad de Tacna.
 En su gran mayoría, predomina el uso de ladrillo en comparación con otros materiales. Elaboración Propia, obtenida de estadísticas INEI. Recuperado de: <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda/>

Las unidades de albañilería más utilizadas en nuestra ciudad son la Bloqueta, el Blocker I y II; y muy pocas construcciones utilizan el Hércules I y ladrillo pandereta. Sin embargo según la NTE E.070, en la tabla nro. 2 (Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales) se prohíbe el uso de las unidades huecas y tubulares en la construcción de los muros portantes en edificios de 1 a más pisos que estén ubicados en zonas altamente sísmicas como es el caso de la ciudad de Tacna, ya que estas unidades se trituran después de la fractura diagonal. Pero, esta condición podría cambiar dependiendo de la densidad de muros que presente la construcción, es decir, si tiene poca densidad de muros el daño será mayor en comparación con una construcción que presente una alta densidad de muros.

TABLA 2 LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES			
TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

*Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

Figura 3. Tabla 2 de la NTE E.070.

Muestra las limitaciones en el uso de la Unidad de albañilería para fines estructurales. *NTE E.070 Albañilería estructural (2006)*.

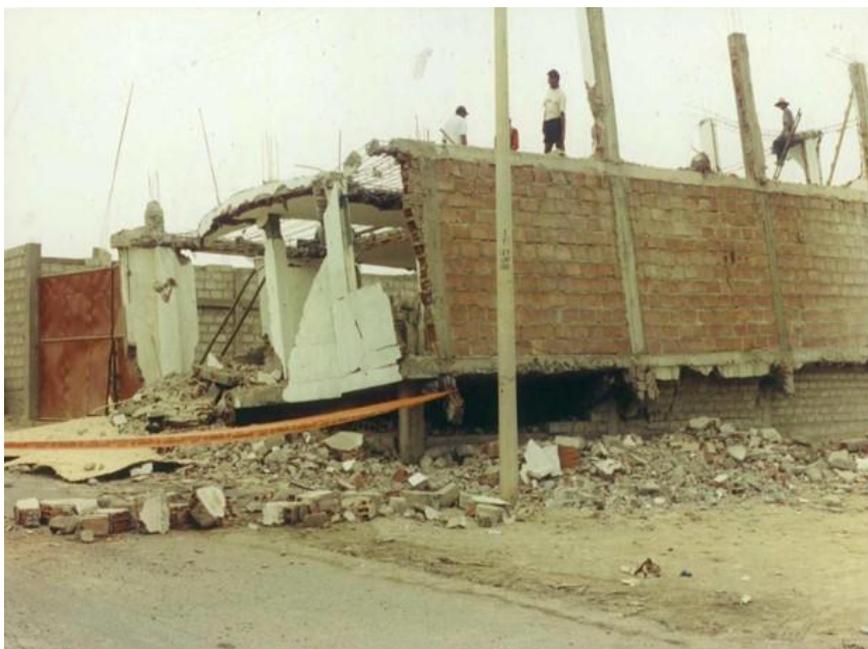


Foto 1. Vista de falla en una vivienda informal construida con unidades huecas. Las unidades huecas son muy frágiles por carga vertical y fuerza cortante, por lo que está prohibido su uso en zonas altamente sísmicas. *Apuntes de clase del curso de Albañilería Estructural, Ing. Dina Cotrado (2019)*.

Por otro lado, es importante también mencionar que muchas de las construcciones existentes en la ciudad de Tacna, ya han cumplido su tiempo de vida útil de 50 años y a la fecha solo han sido afectadas por sismos moderados. Todos estos factores también afectan el comportamiento sísmico de las viviendas informales, haciéndolas más vulnerables a eventos sísmicos severos tal como se ha pronosticado.

Por todo lo mencionado, presento esta investigación titulada “ELABORACIÓN DE CURVAS DE DENSIDAD DE MUROS Y RECOMENDACIONES PARA LA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS INFORMALES DEL DISTRITO DE POCOLLAY – TACNA, 2019”, el cual puede servir como información para la toma de decisiones de nuestras autoridades locales y regionales.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

De lo mencionado en el ítem 1.1, he planteado el siguiente problema principal:

¿Cómo se puede elaborar curvas de densidad de muros para viviendas informales del Distrito de Pocollay, construidas con Bloqueta, Blocker II y Hércules I, de tal manera que le permita al evaluador determinar de manera rápida si la vivienda posee una densidad de muros adecuada para resistir los efectos sísmicos a presentarse en la ciudad de Tacna?.

Para responder la interrogante principal, se ha planteado las siguientes interrogantes secundarias:

- ¿Cuáles son las tipologías constructivas de las viviendas informales para una manzana ubicada en el Distrito de Pocollay, de la ciudad de Tacna?
- ¿Cuál es el comportamiento sísmico del análisis sísmico de una vivienda informal típica, para los siguientes casos: 1 piso, dos pisos y tres pisos ubicada en el Distrito de Pocollay, de la ciudad de Tacna?
- ¿Qué recomendaciones se pueden seguir para mitigar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales del Distrito de Pocollay, de la ciudad de Tacna?

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Los estudios de vulnerabilidad y riesgo sísmico son muy importantes en nuestra ciudad, ya que mediante estos estudios se puede estimar las pérdidas materiales y de vidas humanas debido a un sismo severo.

Las experiencias de sismos pasados, han demostrado que uno de los factores más importante en el comportamiento sísmico de una edificación, es la densidad de muros. Así por ejemplo si la densidad de muros es óptima, entonces el nivel de seguridad y resistencia sísmica es adecuada.

De lo mencionado anteriormente, esta tesis se justifica:

Desde el punto de vista de riesgo sísmico; ya que según Tavera (2014), indica que la costa del Perú es la zona de más riesgo ante la ocurrencia de sismos de magnitud elevada. En los últimos 500 años de historia, las ciudades ubicadas cerca de la zona costera han sido afectadas por sismos en menor y mayor grado. Los sismos son cíclicos, los escenarios de sismos pasados se repetirán, pero ahora probablemente sea más crítico debido al aumento de la población y al desordenado desarrollo urbano de las ciudades.

Desde el punto de vista normativo; puesto que según la NTE E.070 indica claramente que no se debe hacer uso de unidades huecas ya que son unidades muy frágiles. Asimismo es necesario actualizar la información referente al cálculo de la densidad de muros, ya que la información existente se basa en normatividades pasadas como es el caso de la NTE E.030 del año 2003, y actualmente existe una nueva versión de dicha norma aprobada recientemente en el año 2018.

Desde el punto de vista de responsabilidad social; ya que este trabajo permite estrechar vínculos con los gobiernos locales y regionales, además beneficia a la población Tacneña, en especial al distrito de Pocollay.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar curvas de densidad de muros y propuesta de recomendaciones para la reducción de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales del Distrito de Pocollay.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantamiento de campo de las tipologías constructivas de las viviendas informales para una manzana ubicada en el Distrito de Pocollay, de la ciudad de Tacna.
- Evaluación del comportamiento sísmico a través de un análisis sísmico de una vivienda informal típica, para los siguientes casos: 1 piso, dos pisos y tres pisos ubicada en el Distrito de Pocollay, de la ciudad de Tacna.
- Establecer recomendaciones para mitigar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales del Distrito de Pocollay, de la ciudad de Tacna.

1.5 HIPÓTESIS

1.5.1 HIPÓTESIS GENERAL

Como hipótesis general se ha definido lo siguiente:

Con la elaboración de las curvas de densidad de muros se puede evaluar la seguridad y la resistencia sísmica necesaria de una edificación. Asimismo, se puede proponer recomendaciones para la reducción de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales del Distrito de Pocollay.

1.5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Como hipótesis específicas, se han considerado:

- HIPÓTESIS ESPECÍFICA 01

Realizando un levantamiento de campo visual de las características constructivas y estructurales se puede establecer las tipologías de las viviendas informales ubicadas en el Distrito de Pocollay, de la ciudad de Tacna.

- HIPÓTESIS ESPECÍFICA 02

Empleando como base modelos de viviendas tridimensionales y el cálculo dinámico modal espectral se pueden establecer el comportamiento sísmico de las construcciones existentes ubicadas en el Distrito de Pocollay, de la ciudad de Tacna.

- **HIPÓTESIS ESPECÍFICA 03**

Conociendo la tipología constructiva de una vivienda informal se puede establecer recomendaciones para mitigar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales del Distrito de Pocollay, de la ciudad de Tacna.

Capítulo 2:

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Como parte de este proyecto existen varios estudios que iniciaron su investigación referente a la determinación de la densidad de muros de las unidades que se fabrican y venden en la ciudad de Tacna, entre ellas tenemos:

Como antecedentes locales:

- **Cotrado y Acero (2016) en su trabajo de investigación “Propuesta de fórmula para la determinación de la densidad de muros construidos con Blocker II”, desarrollado en la Universidad Privada de Tacna.**

Se han desarrollado ensayos en prismas de albañilería compuestos por la unidad Blocker II de la ladrillera Martorell, y con la compilación de otros ensayos se ha determinado los valores de f'm y v'm del Blocker II. En base a estos ensayos se ha propuesto una fórmula de fácil aplicación que permite calcular la longitud mínima de muros que se necesita en una edificación de albañilería para que pueda resistir un sismo severo. La fórmula propuesta es:

$$\frac{\sum(L.t)}{A} \geq \frac{Z.U.S.N}{2}$$

Dónde: “Z”, “U” y “S” corresponden a los factores de zona sísmica, Importancia y de suelo, respectivamente, especificados en la NTE E.030 Diseño Sismo resistente.

“N” es el número de pisos del edificio;

“L” es la longitud total del muro (incluyendo columnas, sí existiesen); y,

“t” es el espesor efectivo del muro

- **Arbildo & Rojas (2017), en su tesis “Ensayo de Compresión Axial y Compresión Diagonal de especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna”, desarrollado en la Universidad Privada de Tacna.**

Mediante ensayos experimentales realizados en el en el Laboratorio de Estructuras del Centro Peruano-Japonés de Investigaciones sísmicas y mitigación de desastres (CISMID) de la UNI, se ha calculado los valores de resistencia a compresión axial y diagonal de especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna, para un espesor de mortero de 1cm y una proporción de mortero de 1:4.

Los materiales se llevaron desde Tacna a la ciudad de Lima. Se construyó un total de 5 pilas y 5 muretes. La tesis concluye en: El promedio de las resistencias características a la compresión axial ($f'm$) es igual a 49.30 kg/cm² y al corte ($v'm$) igual a 4.83 kg/cm², por otro lado el porcentaje de vacíos es de 39.30% mayor a lo esperado clasificándola como unidad hueca.

- **Cabrera (2018), en su tesis “Evaluación de resistencias en prismas de albañilería con mortero de espesor de 1.5 cm de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna”, desarrollado en la Universidad Privada de Tacna.**

En este trabajo también se ha evaluado las resistencias en prismas de albañilería con mortero de espesor de 1.5 cm de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna, el procedimiento fue similar al trabajo anterior desarrollado por Arbildo y Rojas, pero se ha empleado un espesor de mortero de 1.5cm. Como resultados se concluyó que el promedio de las resistencias características a la compresión axial ($f'm$) es igual a 48.60 kgf/cm² y al corte ($v'm$) igual a 5.92 kgf/cm².

Como antecedentes nacionales e internacionales:

- **Alferez & Quinto (2006), en su tesis de maestria “Reforzamiento estructural de muros de albañilería de bloques artesanales de concreto”, desarrollado en la Pontificia Universidad Católica del Perú.**

Esta tesis tuvo como objetivo conocer las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto artesanales fabricadas en Tacna y conocer la

condición estructural de las edificaciones informales en Tacna, la calidad de los materiales y las condiciones técnicas en que vienen edificándose.

Para ello se realizaron ensayos de resistencia a la compresión axial en pilas y muretes de albañilería de bloques de concreto. Los resultados obtenidos de los ensayos en pilas y muretes, muestran valores muy alejados a los mínimos especificados por la Norma E.070, para bloques tipo portante de concreto vibrado, obteniéndose valores de $f'm$ igual a 17Kg/cm² y $v'm$ de 2.59Kg/cm².

Con respecto al estudio de vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de las viviendas se concluyó que en las viviendas construidas con ladrillos de arcilla el 73% posee vulnerabilidad alta, 93% peligro alto y el 73% presenta riesgo sísmico alto. Asimismo estas viviendas pueden presentar problemas de asentamientos por estar sobre un suelo flexible o con pendiente elevada y sufrirán daños importantes en muros y tabiques.

- **Arroyo et al. (2006) en su ponencia “Construcción de curvas de densidad de muros y estrategias de reducción de la vulnerabilidad estructural de viviendas populares de mampostería en las ciudades de Acapulco y Chilpancingo” presentado en el XV Congreso Nacional de Ingeniería estructural, México.**

Se proponen curvas de densidad de muros (CDM) para viviendas de mampostería ubicadas en las ciudades de Chilpancingo y Acapulco, con el fin de emplearlas en un programa de protección civil y mitigación de desastres. Asimismo, se compararan los resultados con un análisis tridimensional de elemento finito. Los resultados muestran que pueden producirse daño extremo en las viviendas debido a que la mayoría presenta valores de densidad de muros extremadamente bajos, en especial en la dirección más largas. Finalmente se proponen medidas de refuerzo de bajo costo para mejorar el desempeño estructural y mitigar los desastres por sismos.

El proyecto de tesis que he desarrollado se basa en este trabajo de investigación efectuado en México, pero, tomando como referencia resultados de ensayos experimentales realizados en la ciudad de Tacna y la norma técnica de edificaciones NTE E.070 del Reglamento nacional de construcciones.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Comportamiento sísmico real de muros portantes (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011)

En nuestro país, los terremotos han ocasionado daños importantes, en especial en las construcciones sin asistencia técnica. Es por ello, que se describe el desempeño que han tenido las construcciones de albañilería en los eventos sísmicos ocurridos en el Perú como en el extranjero, entre los que se tiene:

- **Deslizamiento de la losa de techo.** Este tipo de falla se presenta cuando no existe refuerzo vertical, o no es suficiente. Las fuerzas de inercias se transmiten desde la losa a los muros, y producen un mecanismo de corte - fricción en la unión de la losa y la última hilada del muro.

- **Desgarramiento entre muros transversales y volcamiento.** Se produce cuando no hay una adecuada conexión dentada entre los muros transversales de una edificación, provocando un impacto entre ellos y un posterior volcamiento. Es por ello que se recomienda colocar una columna o una malla que conecte ambos muros transversales.

Asimismo, los diafragmas flexibles como son techos metálicos o de madera no arriostran a los muros ante cargas sísmicas perpendiculares al plano de los muros.

- **Agrietamiento diagonal.** Se presenta cuando la resistencia al corte del muro es menor que la fuerza cortante actuante. Es un tipo de falla frágil, la resistencia y la rigidez disminuyen violentamente produciendo el agrietamiento diagonal en los muros.

- **Dinteles discontinuos.** Al secar el concreto de la viga dintel, muchas veces se separa de la albañilería. Luego actúa como una barra simplemente apoyada sobre un material blando. La albañilería termina triturándose ante los sismos por las reacciones verticales, giros y golpes del dintel contra la albañilería. En estos casos, o se opta por eliminar el dintel incrementando la altura del vano de la puerta o ventana hasta alcanzar la base del techo, o se utiliza una viga dintel peraltada y continua en todos los muros de la edificación.

- **Punzonamiento de la albañilería.** Cuando el descanso de una escalera apoya sobre un muro de albañilería no reforzada, durante los sismos se generan empujes de la escalera contra el muro, que termina punzonando a la albañilería. En estos casos se recomienda que el empuje sea absorbido por columnas colocadas en los extremos del descanso, ya que la resistencia de la albañilería al Punzonamiento es muy baja. Esta situación podría también presentarse en la albañilería confinada, cuando las columnas se encuentran muy separadas y el descanso apoya en la zona central de la albañilería.

- **Choque entre edificios vecinos.** Se produce cuando dos edificios vecinos no presentan juntas sísmicas. Los edificios presentan diferentes propiedades dinámicas que originan un choque o impacto entre ellas.

- **Edificios antiguos con altura de piso muy elevada.** Los edificios con altura elevada son muy flexibles a cargas perpendiculares a su plano provocando una falla por flexión o pandeo.

- **Falta de continuidad vertical en los muros.** Este tipo de falla es muy común en las viviendas unifamiliares y se presenta cuando los muros del primer piso no son continuos al segundo piso o viceversa, ocasionando una mala transmisión de esfuerzos.

- **Distribución inadecuada de muros.** Cuando el centro de masas no coincide con el centro de rigideces debido a que la distribución de los muros no es simétrica se origina una falla por torsión.

- **Asentamientos diferenciales.** Esta falla se produce cuando los muros son alargados (más de 30m); cuando el suelo de cimentación es arena suelta susceptible de compactarse ante la acción vibratoria de los sismos.

2.2.2 Determinación de la densidad de muros según la NTE E.070 (San Bartolomé, 2005)

En comentarios a la Norma técnica de Edificaciones NTE E.070, publicado por Sencico y elaborada por el ing. Ángel san Bartolomé, dice:

“La fórmula 7.1.2b, debe emplearse tan solo con fines de predimensionamiento. La verdadera densidad de muros portantes para soportar sismos severos se determina con la fórmula 8.5.4.

$$\frac{\text{Área de Corte de los Muros Reforzados}}{\text{Área de la Planta Típica}} = \frac{\sum L \cdot t}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56} \quad (7.1.2b)$$

En la fórmula intervienen solo los muros reforzados con longitudes mayores que 1,2 m y proviene de igualar la fuerza cortante actuante en la base del edificio (V, según la Norma E.030), a la resistencia al corte proporcionada por los muros orientados en la dirección en análisis ($\sum(v \cdot L \cdot t)$). Para esto se supuso: un peso promedio de la planta típica (de área A_p) igual a 800 kg/m², una resistencia a fuerza cortante promedio $v = 3.7 \text{ kg/cm}^2$ (37 000 kg/m²) en la albañilería; además, se admitió que este tipo de edificios (rígidos) cae en la zona plana del espectro sísmico, donde $C = 2,5$, y que el factor de reducción de las fuerzas sísmica (R) era igual a 3, según se indica en la Norma E.030 para sismos severos que actúan en edificios de albañilería reforzada. Con lo cual:

Cortante actuante en la base (Norma E.030) = V

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot C \cdot P}{R}$$

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot 2.5 \cdot (800 \cdot A_p \cdot N)}{3}$$

Resistencia al corte promedio (en rotura): (v L t)

$$\sum (v \cdot L \cdot t) = v \sum (L \cdot t) = 37000 \sum (L \cdot t)$$

Igualando la resistencia al cortante actuante se obtiene:

$$37000 \text{ Kg/m}^2 \sum L \cdot t = \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot 2.5 \cdot (8 \frac{\text{K}}{\text{m}} \cdot A \cdot N)}{3}$$

$$111000 \sum (L \cdot t) = Z \cdot U \cdot S \cdot 2000 \cdot A_p \cdot N$$

$$\sum (L * t) = \frac{Z * U * S * A_p * N}{55.5}$$

$$\text{ó} \quad \frac{\sum(L.t)}{A} = \frac{Z.U.S.N}{5}$$

Cabe remarcar que una vez cumplida la fórmula 19.2b, el resto de muros puede ser portante de carga vertical y carecer de confinamientos o de relleno total (muro armado parcialmente relleno), puesto que ante los terremotos los desplazamientos laterales de los muros no reforzados se encontrarán controlados por los muros portantes de carga sísmica (confinados o armados con relleno total), a través del diafragma rígido.”

2.2.3 Determinación de la densidad de muros en el Blocker II (Cotrado & Acero, 2016)

En el estudio de investigación PROPUESTA DE FÓRMULA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE MUROS CONSTRUIDOS CON BLOCKER II, se indica que la determinación de la densidad de muros se obtiene de la siguiente manera:

“En concordancia con el ítem 26.4.a de la NTE E.070 en donde se indica: con la finalidad de otorgar una adecuada resistencia y rigidez al edificio, en cada entrepiso "i" y en cada dirección principal del edificio, se debe cumplir que la resistencia al corte sea mayor que la fuerza cortante producida por el sismo severo:

$$\sum V_{mi} > V_{Ei} \dots\dots\dots(1)$$

Para el primer piso:

V_E = Fuerza cortante en la base determinado del análisis estático.

V_m = Resistencia al corte del muro

Además, los valores de la Fuerza Cortante en la base, están definidos en la Norma Técnica de Edificaciones E.030 (Diseño sísmoresistente, 2003 y 2006) de la siguiente manera:

$$V_E = V = \frac{Z}{R} \dots\dots\dots(2)$$

Donde:

Z : Factor de zona

U : Factor de uso

- S : Factor de suelo.
 C : Factor de amplificación sísmica
 R : Factor de reducción
 P : Peso de la estructura

Por otro lado, en el ítem 8.5.3 de la NTE E.070, se especifica la resistencia al corte (V_m) de los muros de albañilería se calculará en cada entrepiso mediante:

$$V_m = 0.5v'm. .t.L + 0.23 P_g \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

$v'm$: resistencia característica al corte de la albañilería

P_g : Carga gravitacional de servicio, con sobrecarga reducida de la NTE E.030

Diseno Sismoresistente

t : espesor efectivo del muro

L : Longitud total del muro (incluyendo a las columnas en el caso de muros confinados)

λ = factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez, calculado como:

$$\lambda = (1/3) \sqrt{V_e L / M_e} \geq 1$$

V_e , es la fuerza cortante del muro obtenida del análisis elástico $R=6$

M_e , es el momento flector del muro obtenido del análisis elástico $R=6$

La condición más desfavorable para la ecuación (3) es que ambos miembros sean iguales, por lo tanto:

$$\Sigma V_m \cong V_E \dots\dots\dots(4)$$

Debido a la variabilidad de valores que se podría tener para la ecuación (3), se ha establecido despreciar el valor $(0,23P_g)$, así como también plantear un valor conservador para el factor de reducción por esbeltez ($\lambda = 1$). Esta condición se ha establecido conociendo que la resistencia admisible al corte es la mitad de la resistencia a la rotura, es decir V_m es $0.5v'm.L.t$

Luego, rescribiendo la ecuación (5), tenemos:

$$\sum(0.5v'm * L * t) \cong \frac{Z*U*S*C*P}{R}, \text{ ordenando:}$$

$$0.5 v'm \sum(L * t) \cong \frac{Z*U*S*C*P}{R} \dots\dots\dots (5)$$

De manera similar a la fórmula 19.2.b de la NTE E.070, se puede suponer: Un peso promedio de la planta típica (de área A_p) igual a 800 kg/m²; asimismo, se puede suponer que para edificios rígidos, "C" cae en la zona plana del espectro sísmico, donde $C = 2,5$, y el factor de reducción de las fuerzas sísmica (R) es igual a 3, según se indica en la Norma E.030 para sismos severos que actúan en edificios de albañilería reforzada. Con lo cual:

$$0.5 v'm \sum(L * t) \cong \frac{Z * U * S * 2.5 * (800 * A_p * N)}{3}$$

$$\frac{\sum L*t}{A} \cong \frac{Z*U*S*N}{0.0'0}; \text{ en } \frac{K}{m} \dots\dots\dots(6)$$

En la tabla 16 de este trabajo se obtuvo un $v'm$ igual a 2.834Kg/cm² o 28340Kg/m², entonces reemplazando este valor en (6), se obtiene la siguiente fórmula:

$$\frac{\sum(L*t)}{A} \geq \frac{Z.U.S.N}{2} \dots\dots(7)$$

Dónde: "Z", "U" y "S" corresponden a los factores de zona sísmica, Importancia y de suelo, respectivamente, especificados en la NTE E.030 Diseño Sismo resistente.

"N" es el número de pisos del edificio;

"L" es la longitud total del muro (incluyendo columnas, sí existiesen); y,

"t" es el espesor efectivo del muro

Como fórmula general también se podría trabajar para cualquier tipo de muro la ecuación (5), es decir:

$$0.5 v'm \sum(L * t) \cong \frac{Z * U * S * C * P}{R}$$

Aquí nuevamente podríamos suponer que P es $w \cdot A_p \cdot N$; donde w es 800Kg/m^2 para edificios de albañilería con diafragmas rígidos y 400Kg/m^2 para edificios con diafragmas flexibles. Además, se puede admitir que $C = 2,5$, y que el factor de reducción de las fuerzas sísmica (R) es igual a 3, entonces, en esta fórmula sólo es necesario conocer el valor de $v'm$ de cualquier muro de albañilería y está dada de la siguiente manera:

$$0.5 v'm \sum (L * t) \cong \frac{Z * U * S * 2.5 * w * A_p * N}{R}$$

$$\frac{\sum(L.t)}{A} \geq \frac{Z.U.S.w.N}{0.6 v' n}; \dots\dots(8) \text{ fórmula general}$$

Donde:

“Z”, es el factor de zona; “U” es el factor de uso o importancia; y “S” es el factor de suelo. Estos parámetros están dados en la NTE E.030 Diseño Sismo resistente.

“w” es el peso por unidad de área; para edificaciones con diafragma rígido w es 800Kg/m^2 y para edificaciones con diafragma flexible es 400Kg/m^2 .

“ A_p ” es el área de planta típica

“N” corresponde al número de pisos;

“ $v'm$ ” es la resistencia a corte de la albañilería en Kg/m^2

“L” es la longitud total del muro en metros (incluyendo columnas, sí existiesen).

Finalmente, “t” es el espesor efectivo del muro en metros.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

En la norma técnica de edificaciones NTE E.070 del año 2006, en el capítulo 2 se dan algunas definiciones, dentro de las que tenemos:

- **Albañilería o Mampostería:** Es un material estructural compuesto por "unidades de albañilería" asentadas con mortero o por "unidades de albañilería" apiladas, en cuyo caso en su interior están unidas con concreto líquido.
- **Albañilería Confinada:** Es la albañilería reforzada a través de elementos de concreto armado en todo su perímetro, los mismos que han sido vaciados posteriormente a la construcción de la albañilería.

- **Unidad de Albañilería Sólida (o Maciza):** Es una unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área hueca menor al 30% del área bruta en el mismo plano.
- **Unidad de Albañilería Hueca:** Es una unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área hueca mayor al 30% del área bruta en el mismo plano.
- **Muro Portante:** Es un muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas verticales y horizontales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deben tener continuidad vertical.
- **Columna.** Es un elemento de concreto armado diseñado y construido con el propósito de transmitir cargas horizontales y verticales a la cimentación. La columna también puede funcionar como elemento de arriostre o confinamiento.

Otros conceptos muy utilizados en este tipo de estudio son:

- **Peligro Sísmico:** Es la probabilidad de que ocurra un fenómeno físico como consecuencia de un terremoto, provocando efectos adversos a la actividad humana. Estos fenómenos además del movimiento de terreno pueden ser, la falla del terreno, la deformación tectónica, la licuefacción, inundaciones, tsunamis, etc. (Quispe, 2004).
- **Vulnerabilidad Sísmica:** Es un valor único que permite clasificar a las estructuras de acuerdo a la calidad estructural intrínseca de las mismas, dentro de un rango nada vulnerable a muy vulnerable ante la acción de un terremoto (Quispe, 2004).
- **Riesgo Sísmico:** Son las consecuencias sociales y económicas potenciales provocadas por un terremoto, como resultado de la falla de estructuras cuya capacidad resistente fue excedida por un terremoto (Quispe, 2004).

Capítulo 3:

MARCO METODOLÓGICO

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

- Según el tipo de investigación es descriptivo y explicativo.
- Según el diseño de la investigación es de campo y de laboratorio.

3.2 POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO

Población: La población está conformada por las viviendas informales del Distrito de Pocollay, Provincia y departamento de Tacna.

Muestra:

Viviendas informales de la Asoc. Fundo Damasco, del Distrito de Pocollay.

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Para elaborar la presente tesis, se ha identificado 2 variables que pueden ser medidas.

$$Y=f(X)$$

X=Variable independiente

Y=Variable Dependiente

A. VARIABLE DEPENDIENTE (VD)

Curva de densidad

- DEFINICIÓN OPERACIONAL

Curva de densidad de muros: Es una representación gráfica de la densidad de muros (índice adimensional que mide la relación entre la superficie transversal de muros y el área total construida de ese nivel). El empleo de la curva de densidad de muros, favorece la evaluación rápida para determinar si la vivienda posee una cantidad adecuada de muros para resistir los efectos sísmicos.

- **DIMENSIÓN**

Densidad en % Vs Nro. De pisos

- **INDICADORES**

Representación grafica

- **MÉTODO**

El método utilizado fue descriptivo y Explicativo.

B. VARIABLE INDEPENDIENTE (VI)

Viviendas informales

- **DEFINICIÓN OPERACIONAL**

Vivienda informal: Es una edificación sin asistencia técnica en su construcción y sin cumplir los requisitos mínimos de diseño de las normas peruanas.

- **DIMENSIÓN**

Tipo de unidad de albañilería

Propiedades mecánicas de los materiales

- **INDICADORES**

Unidad sólida o hueca

v'm en Kg/cm²

- **MÉTODO**

El método utilizado fue descriptivo.

A continuación mostramos la tabla de matriz de operacionalización de variables.

Tabla 1. Matriz de Operacionalización de Variables.

Variable	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Método
Variable Dependiente: Curva de Densidad	Es una representación grafica de la densidad de muros (índice	Densidad en % Vs Nro. De pisos	Representación grafica	

	adimensional que mide la relación entre la superficie transversal de muros y el área total construida de ese nivel) y el número de pisos. El empleo de la curva de densidad de muros, favorece la evaluación rápida para determinar si la vivienda posee una cantidad adecuada de muros para resistir los efectos sísmicos.			Descriptivo
				Explicativo
Variable Independiente: Viviendas informales	Es una edificación sin asistencia técnica en su construcción y sin cumplir los requisitos mínimos de diseño de las normas peruanas.	Tipo de unidad de albañilería. Propiedades mecánicas de los materiales.	- Unidad sólida o hueca. - Resistencia al corte de un murete v'm en kg/cm ² .	Descriptivo

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Para ejecutar el presente estudio se realizaron las siguientes actividades:

a. Investigación bibliográfica

Se recopiló información relacionada al proyecto de investigación.

b. Levantamiento de la tipología constructiva y estructural en campo

En base a una inspección visual se determinó las características constructivas y estructurales de las viviendas informales de la Asoc. Los Fundos, ubicada en el Distrito de Pocollay.

c. Análisis sísmico

Se realizó el análisis dinámico modal espectral de una vivienda informal, para tres casos: de 01, 02 y 03 pisos. Para facilidades del análisis se ha utilizado el Programa etabs Vs.17.

d. Propuesta de curvas de densidad

En base a la formula dada en la NTE E.070 y a los resultados obtenidos experimentalmente en otros trabajos de investigación se ha podido determinar fórmulas de densidad de muros para la Bloqueta, Blocker II y Hércules I. Con el uso de esta formulas y los parámetros sísmicos de la NTE E.030 (2018) se han elaborado curvas de densidad de muros para 1, 2, 3, 4 y 5 pisos.

e. Elaboración de informe final

Finalmente con toda la información se ha elaborado la presente tesis y se propuso recomendaciones para la mitigación de riesgos por sismos y se elaboró el informe final.

Como instrumentos se utilizó:

- Computadora e Impresora.
- Software de ETABS
- Software Office Word
- Software Excel

3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Para el procesamiento y análisis de datos se tuvo en cuenta lo siguiente las características de la zona de estudio:

a. Ubicación y límites de zona en estudio

El Distrito de Pocollay es uno de los 11 distritos que forman la Provincia de Tacna. Según el censo del año 2017 tiene una población de 18,627 habitantes y una densidad poblacional de 64,4 por km². Abarca un área total de 265,65 km².

El distrito de Pocollay se encuentra en el sur del Perú, dentro de la zona costera. Sus coordenadas son 17°59'49"S 70°13'17"O y presenta una altitud de 670 m.s.n.m,



Figura 4. Ubicación de Distrito de Pocollay
 Muestra la ubicación de la zona en estudio.
 Recuperado de:
https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Pocollay#/media/Archivo:Distrito_de_Pocollay.svg

Límites del Distrito de Pocollay:

Por el SUR - ESTE y SUR – OESTE: Con los Distritos de Tacna y Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa.

Por el NOR – ESTE y NOR – OESTE: Con los Distritos de Pachía, Palca y Calana,

Por el OESTE: Con los Distritos de Ciudad Nueva y Tacna.

b. Clima y Meteorología

Según la actualización del plan de desarrollo local concertado del Distrito de Pocollay 2012-2021, El Distrito por su ubicación geográfica, comprende las zonas climáticas Costa y Yunga, asimismo, presenta características propias de una zona árida intertropical, por lo cual tiene un clima semi-cálido muy seco. Sus principales características son la humedad relativa cuyo promedio histórico muestra niveles moderados, y sus escasas precipitaciones debido al fenómeno de inversión térmica, la que se observa en años normales con precipitaciones inferiores a los 150mm; y son originados por las densas neblinas que se levantan del litoral, existe alta nubosidad por lo que solamente se registran finas garúas o lloviznas insignificantes e irregulares en los meses de invierno (Junio-Julio). y se perciben dos estaciones bien contrastantes: el verano (Diciembre – Marzo) y el invierno (Julio – Septiembre), mientras que el otoño y la primavera son estaciones intermedias.

c. Morfología

Según la actualización del plan de desarrollo local concertado del Distrito de Pocollay 2012-2021, por su morfología el Distrito de Pocollay cuenta con dos zonas bien marcadas las cuales se diferencian por la regularidad en sus superficies:

- La primera, corresponde al pueblo tradicional de Pocollay el mismo que presenta una superficie regular con leves inclinaciones;
- La otra zona está conformada por los terrenos de AAPITAC Manco Cápac, la asociación de vivienda Intiorko, Nueva Jerusalén Nueva Esperanza, Las Colmenas, y Sol Naciente; todas ellas se encuentran dentro de las torrenteras con una probabilidad de peligro por deslizamiento de tierra y lodo. Estas zonas presentan una gran extensión dentro del Distrito de Pocollay por lo que se recomienda realizar su proyección con mucho cuidado ya que se encuentran en alto peligro.

El Distrito de Pocollay presenta un suelo con condiciones de cimentación de regular a malo, con capacidades portantes que varían entre 1 a 1.5 kg/cm² en estado seco. Asimismo, su estratigrafía está conformado por un primer estrato de rellenos, arenas y anillos con alto contenido de sales, formando uno o varios estratos hasta una profundidad de 0.50 m, y a continuación la toba volcánica con una potencia indeterminada.

d. Evolución Urbana

Según la actualización del plan de desarrollo local concertado del Distrito de Pocollay 2012-2021, El distrito de Pocollay fue fundado un 25 de Noviembre de 1858. Los primeros edificios públicos construidos fueron la Iglesia y las escuelas que se encontraban inmediatas a ésta.

La primera expansión urbana de Pocollay fue denominada Bolognesi y Alto Bolognesi. Actualmente el distrito de Pocollay tiene una morfología urbana irregular, delimitada físicamente al Sur-Este por los terrenos eriazos del estado en las pampas del cerro Arunta; al Nor-Este por los límites con el distrito de Calana; y por el Nor-Oeste por los límites con el distrito de Ciudad Nueva, por la Av. Artesanal, y la Av. Jorge B. G. y por los límites con el distrito de Tacna, por la Calle Cahuide, por la Av. Celestino Vargas, por la Av. Basadre y Forero, y por la Av. Collpa La Paz. Ello ha definido una configuración urbana longitudinal, generando además en todo el sector

del cerro Arunta y en los límites con el distrito de Ciudad Nueva una posesión informal de terrenos con vulnerabilidad sísmica.

El distrito de Pocollay está conformado por 56 Zonas de distinto tipo de vivienda entre Urbanizaciones, Asociaciones de Vivienda, Junta de Compradores, etc. desarrollándose en ellos centros comerciales e industria artesanal.

e. Tendencias de Densificación y Expansión Urbana:

En el Distrito de Pocollay, las tendencias de densificación urbana se vienen dando en forma progresiva, en especial en el sector de cono norte el cual posee un tipo de suelo S3 ya que su capacidad portante varía de 0.5 a 1.5 Kg./cm².

Actualmente existen asentamientos urbanos en la periferia, como son Asociaciones de Vivienda, Villas, Programas Municipales de Vivienda, y las Juntas de Compradores entre otros. Todos estos asentamientos están expuestos a un alto peligro sísmico.

En el Distrito de Pocollay se observa tres zonas bien diferenciadas: la zona agrícola ubicada entre y en forma colateral a los canales de regadío Caplina y Uchusuma; la zona central o del cercado de Pocollay y las zonas áridas (descampadas, desérticas, cuyo terreno es llano u ondulado). Es en esta última zona en forma paulatina se ha ido asentando la población en los llamados asentamientos marginales, llamados también cono norte y cono sur; la ocupación de dichos territorios no están en su totalidad formalizados y aprobados, adquiriendo diferentes nombres su organización: junta de compradores, asociaciones de vivienda, etc.

En general, en las edificaciones predominan los muros de albañilería de arcilla cocida y bloques de concreto, los techos son de losa aligerada, aunque también existen viviendas con material de adobe y techo de torta de barro o calamina, la altura de edificación predominante es de un piso con proyección a un segundo nivel, siguiendo edificaciones de dos pisos y de tres pisos a más. Las construcciones antiguas son de adobe con techo tipo mojinete, las mismas que presentaron graves daños en el sismo del 23 de Junio del 2001, por las deficiencias constructivas con que fueron edificadas mayoritariamente sin criterio antisísmico.

Capítulo 4:

RESULTADOS

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

5.1 TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA

Para tener una idea de las características constructivas más utilizadas en dicho distrito, se realizó una inspección visual en campo. Así por ejemplo se ha analizado la Asoc. Fundo los Damasco, que comprende 14 viviendas construidas y en proceso de construcción, y 2 terrenos vacíos.

Las tipologías constructivas más comunes son:

Muros: La totalidad de viviendas se construyeron con la unidad de albañilería Blocker II.

Columnas y Vigas: De concreto armado con 4 o 6 varillas de 1/2", estribos de 1/4".

Techos: Losas aligeradas unidireccionales.

Cercos: de Blocker II y en algunos casos se observa cercos de Bloqueta, sin vigas de amarre.

Cimentación: No se pudo verificar ya que en su mayoría estas ya estaban construidas

Nro. de Pisos: Varía de 1 a 3 pisos como máximo.

Juntas sísmicas: Sin Juntas sísmicas

Tipo de suelo: Se observa un suelo flexible S3.

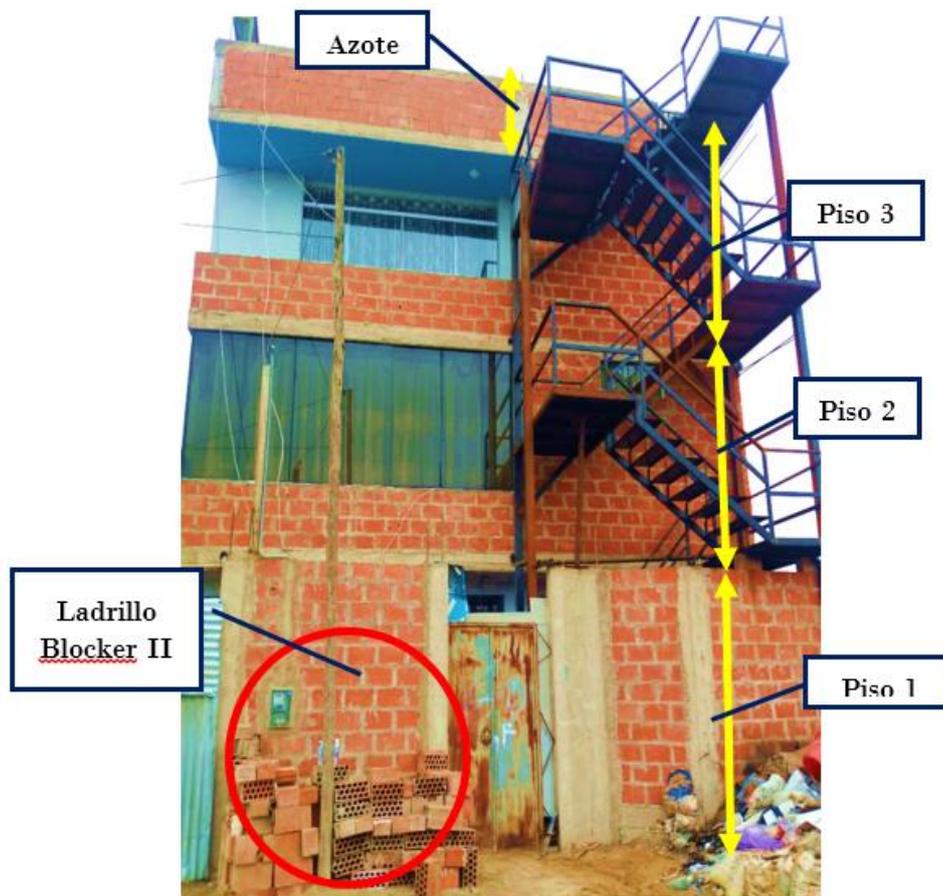


Foto 2. Vista de vivienda 01. Se observa que es una vivienda recientemente edificada con la unidad de albañilería de arcilla cocida Blocker II, presenta 3 pisos con azotea.



Foto 3. Vista de vivienda 02. Se observa una vivienda que está en proceso constructivo con la unidad de albañilería de arcilla Blocker II, presenta 2 pisos sin azotea.



Foto 4. Vista de vivienda 03. Terreno vacío.



Foto 5. Vista de vivienda 04. Vivienda recientemente edificada con la unidad de albañilería de arcilla cocida Blocker II, presenta 2 pisos con azotea.



Foto 6. Vista de vivienda 05. Vivienda recientemente edificada con la unidad de albañilería de arcilla cocida Blocker II, presenta 2 pisos sin azotea.



Foto 7. Vista de vivienda 06. Vivienda edificada con la unidad de albañilería de arcilla cocida Blocker II, presenta 1 pisos sin azotea, techo flexible.



Foto 8. Vista de vivienda 07. Vivienda edificada con la unidad de albañilería de arcilla cocida Blocker II, presenta 2 pisos con azotea.



Foto 9. Vista de vivienda 08. Vivienda edificada con la unidad de albañilería de arcilla cocida Blocker II, presenta 1 piso con azotea.



Foto 10. Vista de vivienda 09. Vivienda construida con Blocker II, presenta 2 pisos con azotea.



Foto 11. Vista de vivienda 10. Vivienda edificada con la unidad de albañilería de arcilla cocida Blocker II, presenta 1 piso.

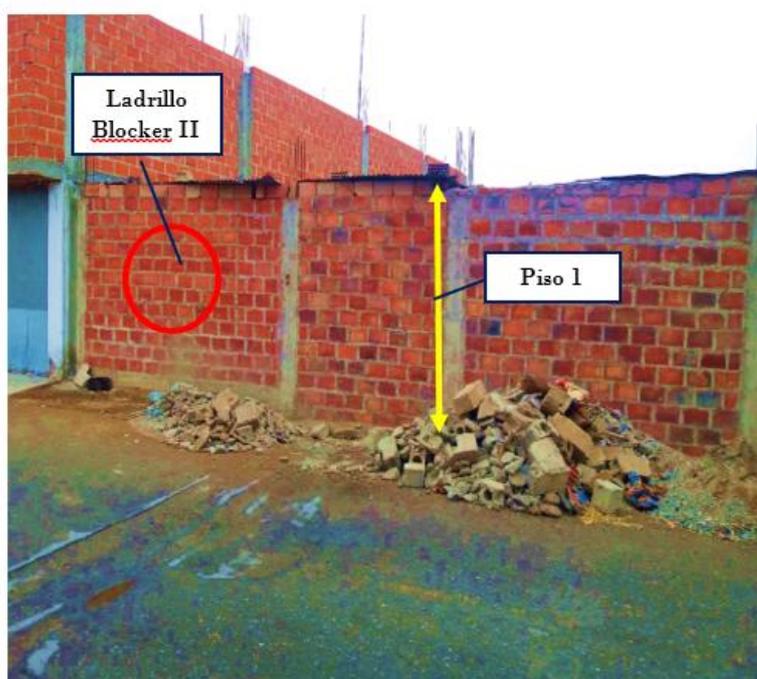


Foto 12. Vista de vivienda 11. Vivienda construida con Blocker II, presenta 1 piso con diafragma flexible.



Foto 13. Vista de vivienda 12. Vivienda edificada con la unidad de albañilería de arcilla cocida Blocker II, presenta 1 piso terminado y el otro piso en proceso de construcción.



Foto 14. Vista de vivienda 13. Terreno vacío.

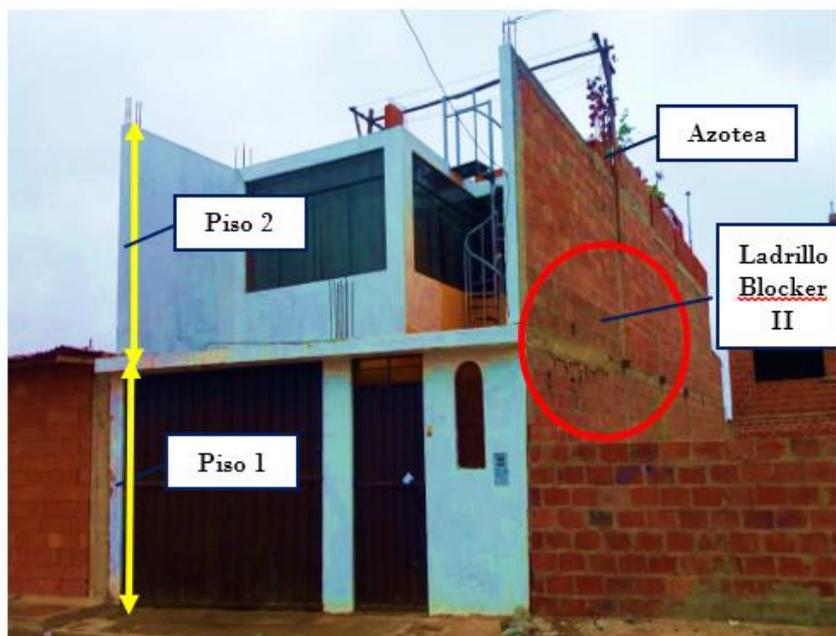


Foto 15. Vista de vivienda 14. Vivienda construida con Blocker II, presenta 2 pisos y 1 azotea.



Foto 16. Vista de vivienda 15. Vivienda construida con la unidad de albañilería Bloqueta de 1 pisos y diafragma flexible.



Foto 17. Vista de vivienda 16. Vivienda edificada con la unidad de albañilería de arcilla cocida Blocker II, presenta 1 pisos sin azotea y se observa el cerco de Bloqueta.

5.2 ANÁLISIS SÍSMICO

Para efectos del análisis sísmico se va a considerar una vivienda típica del Distrito de Pocollay. En este caso se usará la vivienda nro. 4 de la asoci. Los Fundos. La vivienda en estudio está conformada por dos sistemas estructurales: Albañilería y pórticos de concreto armado.

Las características de Resistencia son: $f'm=49.53\text{Kg/cm}^2$ para el Blocker II y $f'c=175\text{Kg/cm}^2$ para el concreto Armado. Asimismo, se está considerando que la edificación se encuentra sobre un suelo blando S3.

Para el análisis sísmico de la vivienda se utilizó el programa ETABS2000 (Extended 3D Analysis of Building Systems), nonlinear versión 17. Actualmente, el ETABS es uno de los programas más versátiles para realizar el análisis estructural y diseño de estructuras de una edificación.

Para realizar el análisis se utilizó la norma vigente NTE E-030 (2018) del Reglamento Nacional de Edificaciones. Los parámetros sísmicos y espectros de respuestas se detallan a continuación:

- Factor de Zona: $Z = 0.45$ (Zona 4, Tacna-Pocollay)
- Factor de suelo: $S = 1.1$ (S3, suelo flexible)
- Periodo de la plataforma $T_p = 1.0$ seg.
- Periodo T_L $T_L = 1.6$ seg.
- Factor de Uso o importancia: $U = 1.0$ (Edificación común)
- Coeficiente de reducción dirección horizontal $R_x = 8$
- Coeficiente de reducción dirección vertical $R_y = 3$

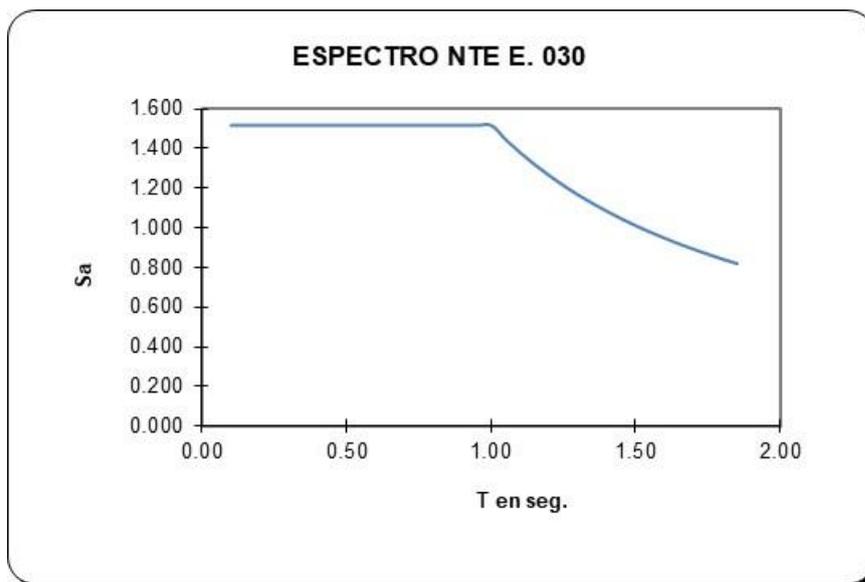


Figura 5. Espectro de pseudo aceleración dirección XX. Muestra el espectro para la dirección XX, considerando un valor de $R=8$ (pórticos de concreto armado) y un suelo S3. *Elaboración propia.*

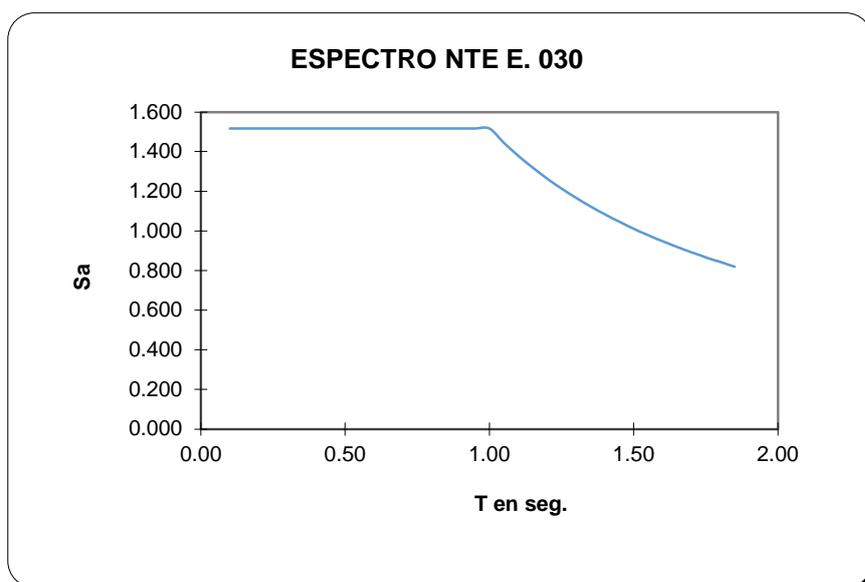


Figura 6. Espectro de pseudo aceleración dirección YY. Muestra el espectro para la dirección YY, considerando un valor de $R=3$ (muros de albañilería) y un suelo S3. *Elaboración propia.*

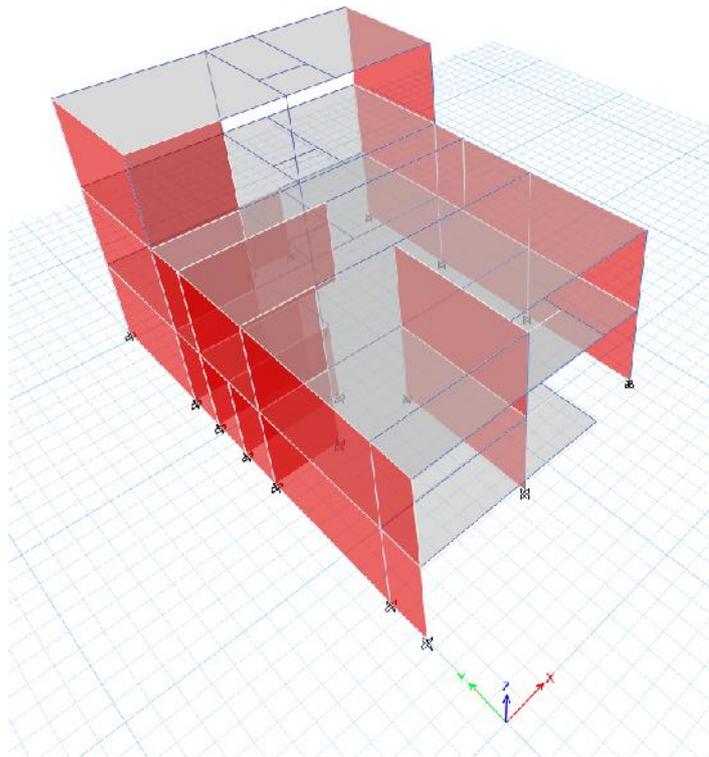


Figura 7. Modelo de la edificación de tres pisos en análisis. Muestra que existe predominantemente muros en el eje YY (dirección perpendicular a la fachada), lo cual es muy usual en las construcciones informales de nuestra ciudad.

Para el análisis, las masas de todos los elementos modelados como son: muros, columnas y vigas fueron calculados por el programa ETABS 2000 a través de sus valores de peso específico asignados al programa. Las masas de los elementos no modelados se calcularon a partir de los siguientes pesos:

CARGAS MUERTAS:

Peso de acabados: 100 Kg/m²

Peso de losa: 300 Kg/m²

Peso específico de tabiquería: 1350Kg/m²

CARGAS VIVAS:

Vivienda: 200Kg/m²

Techo y azotea: 100Kg/m²

Es necesario mencionar que para el cálculo de los periodos de vibración las cargas vivas se han reducido al 25% tal como lo especifica la NTE E-030.

5.2.1 Resultados:

Para la estructura de 1 piso:

Para la estructura mostrada, el periodo de vibración más alto se presenta en el eje XX, en donde se obtiene un valor de 0.094 seg, con un 97.98% de masa participante. Mientras que para el eje YY el valor disminuye a 0.054 seg, con un 100% de masa participante. Asimismo, en lo que se refiere a las distorsiones de entrepiso estos valores son de 0.00162 para el eje XX y 0.00015 para el eje YY, es decir se encuentran muy por debajo de máximo permitido en la NTE E.030 (0.007 para XX y 0.005 para YY).

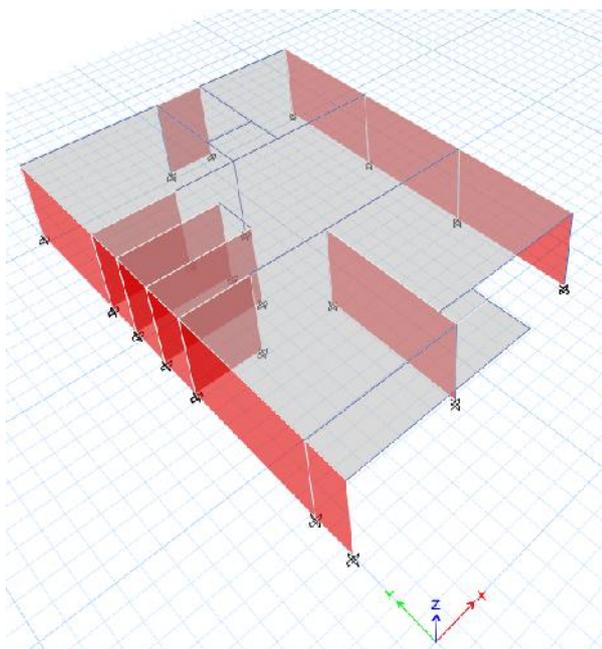


Figura 8. Modelo de la edificación considerando 1 piso.

Tabla 2. Resultados de periodos y modos de vibración para el edificio de 1 piso.

Mode	Period sec	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
1	0.094	0.9798	5.86E-06	0.9798	5.86E-06	0.0186	0.0186
2	0.063	0.0201	5.27E-07	1	6.38E-06	0.981	0.9996
3	0.054	6.24E-06	1	1	1	0.0004	1

Tabla 3. Resultados de la distorsión (Drift) para la estructura de 1 piso, eje X-X.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	Drift*0.75*R
Story1	SISMO XX Max	X	0.000277	19	0.001662

Tabla 4. Resultados de la distorsión (Drift) para la estructura de 1 piso, eje Y-Y.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	Drift*0.75*R
Story1	SISMO YY Max	Y	6.70E-05	39	0.00015075

Para la estructura de 2 pisos:

El periodo de vibración más alto se presenta en el eje XX, en donde se obtiene un valor de 0.20 seg, con un 81.61% de masa participante. Mientras que para el eje YY el valor disminuye a 0.091 seg, con un 93.44% de masa participante. Asimismo, en lo que se refiere a las distorsiones máximas de entrepiso estos valores son de 0.0054 para el eje XX y 0.00030 para el eje YY, ambos resultados también se encuentran muy por debajo de máximo permitido en la NTE E.030 (0.007 para XX y 0.005 para YY).

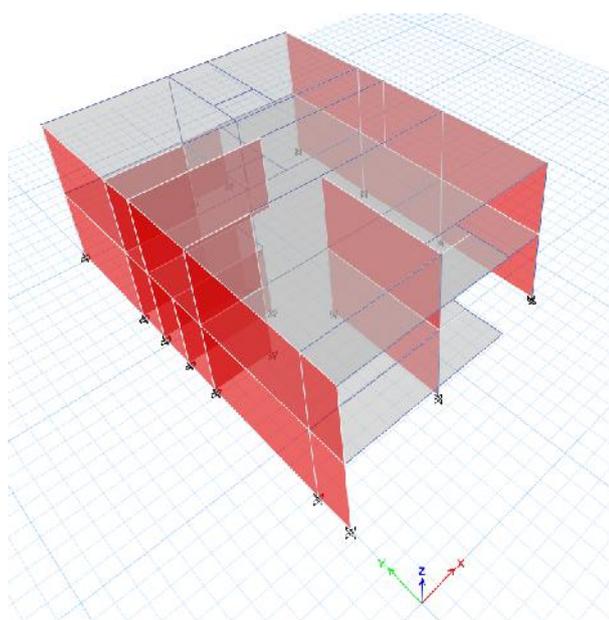


Figura 9. Modelo de la edificación considerando 2 pisos.

Tabla 5. Resultados de periodos y modos de vibración para el edificio de 2 pisos.

Mode	Period sec	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
1	0.205	0.8161	0	0.8161	0	0.0039	0.0039
2	0.108	0.0014	0.0001	0.8175	0.0001	0.9224	0.9263
3	0.091	6.24E-07	0.9344	0.8175	0.9345	4.98E-06	0.9263
4	0.066	0.1809	5.86E-07	0.9984	0.9345	0.0008	0.9272
5	0.042	0.0016	4.84E-05	1	0.9346	0.0728	1
6	0.035	0	0.0654	1	1	6.88E-06	1

Tabla 6. Resultados de la distorsión (Drift) para la estructura de 2 pisos, eje X-X.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	Drift*0.75*R
Story2	SISMO XX Max	X	0.000903	45	0.005418
Story1	SISMO XX Max	X	0.000602	19	0.003612

Tabla 7. Resultados de la distorsión (Drift) para la estructura de 2 pisos, eje Y-Y.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	Drift*0.75*R
Story2	SISMO YY Max	Y	9.80E-05	2	0.00022
Story1	SISMO YY Max	Y	0.000137	19	0.00030

Para la estructura de 3 pisos:

El periodo de vibración más alto se presenta en el eje XX, en donde se obtiene un valor de 0.26 seg, con un 73.98% de masa participante. Mientras que para el eje YY el valor disminuye a 0.11 seg, con un 85.19% de masa participante. Asimismo, en lo que se refiere a las distorsiones máximas de entrepiso estos valores son de 0.00708 para el eje XX y 0.00041 para el eje YY. Estos resultados nos indican que en el eje XX se ha llegado al límite máximo indicado en la NTE E.070, que es de 0.007; sin

embargo en el eje YY su valor no sobrepasa el límite de 0.005, por lo que es aceptable en este eje.

Tabla 8. Resultados de periodos y modos de vibración para el edificio de 3 pisos.

Mode	Period sec	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
1	0.261	0.7398	1.72E-05	0.7398	1.72E-05	0.019	0.019
2	0.135	0.0618	0.0001	0.8016	0.0001	0.7318	0.7508
3	0.111	0.0004	0.8519	0.802	0.8521	0.0002	0.751
4	0.092	0.0941	0.0014	0.8961	0.8535	0.1614	0.9123
5	0.063	0.0994	2.70E-06	0.9955	0.8535	0.0137	0.9261
6	0.057	4.22E-05	0.1013	0.9956	0.9548	0.0004	0.9264
7	0.051	0.0036	0.0003	0.9992	0.9552	0.0406	0.967
8	0.04	0.0008	4.00E-05	1	0.9552	0.033	1
9	0.035	0	0.0448	1	1	2.82E-06	1

Tabla 9. Resultados de la distorsión (Drift) para la estructura de 3 pisos, eje X-X.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	Drift*0.75*R
Story3	SISMO XX Max	X	0.00118	13	0.00708
Story2	SISMO XX Max	X	0.001164	12	0.006984
Story1	SISMO XX Max	X	0.000613	27	0.003678

Tabla 10. Resultados de la distorsión (Drift) para la estructura de 3 pisos, eje Y-Y.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	Drift*0.75*R
Story3	SISMO YY Max	Y	0.000186	13	0.0004185
Story2	SISMO YY Max	Y	0.00013	2	0.0002925
Story1	SISMO YY Max	Y	0.000153	39	0.0003442

5.2.2 Evaluación del comportamiento sísmico:

Realizando el análisis sísmico con el apoyo de un software se ha obtenido resultados aceptables en comparación con la NTE E.030. Sin embargo muchos especialistas indican que no es recomendable que la distorsión de la edificación sobrepase el valor

de la distorsión de la dirección de análisis del sistema estructural de muros, es decir, a pesar que la NTE E.030 indica que la distorsión máxima es de 0.007 para el caso del concreto armado, lo más recomendable es que esta distorsión sea menor a lo máximo permitido en el sistema estructural del otro eje, para nuestro caso ese valor debería de ser de 0.005.

En la tabla 6 y 9 se observa que dichos valores de distorsión máxima sobrepasan el valor de 0.005, por lo que la estructura es muy flexible, y por lo tanto no se espera que tenga un adecuado comportamiento sísmico.

En comentarios de la NTE E.070, el autor Angel San Bartolome indica: *“En nuestro medio, usualmente las edificaciones presentan plantas alargadas con pocos muros en la dirección de la fachada, estas edificaciones han mostrado mal comportamiento sísmico, por lo que es necesario la inclusión de placas de concreto en esa dirección”*.

De lo anterior y considerando que toda esta zona está ubicada sobre un suelo flexible, se estima que los edificios de más de dos pisos tengan fallas como la mostrada en la foto 1 de esta tesis.

5.3 PROPUESTA DE ELABORACIÓN DE CURVAS DE DENSIDAD DE MUROS

En el manual Construyendo en albañilería con tecnologías apropiadas (2004), se indica:

La verificación de la densidad de muros se realiza a través de un cálculo preliminar a nivel de anteproyecto o dimensionamiento de la vivienda. Este cálculo consiste en determinar la densidad de muros en cada piso, la cual está definido como la relación del área de los muros y el área de la planta del piso en estudio. No se considera muros menores de 30cm.

Tabla 11. Densidad de muros según la NTE E.030 del 2003

Suelo Tipo	Zona 3	Zona 2	Zona 1
S1	4%	3%	1%
S2	4%	3%	2%
S3	5%	4%	2%

Fuente. manual Construyendo en albañilería con tecnologías apropiadas (2004)

Cabe mencionar que esta relación de densidad de muros está basada en la NTE E.070, considerando el caso más crítico que es de 5 pisos y tomando como base la NTE E.030 del año 2003, por lo que es necesario también actualizar este cuadro.

Por otro lado, también tomaremos como referencia la fórmula propuesta por Acero&Cotrado (2016), en la que se tiene:

$$\frac{\sum(L.t)}{A} \geq \frac{Z.U.S.w.N}{0.6 v'm} ; \dots\dots \text{fórmula general}$$

Donde:

“Z”, es el factor de zona; “U” es el factor de uso o importancia; y “S” es el factor de suelo. Estos parámetros están dados en la NTE E.030 Diseño Sismo resistente.

“w” es el peso por unidad de área; para edificaciones con diafragma rígido w es 800Kg/m² y para edificaciones con diafragma flexible es 400Kg/m².

“Ap” es el área de planta típica

“N” corresponde al número de pisos;

“v'm” es la resistencia a corte de la albañilería en Kg/m²

“L” es la longitud total del muro en metros (incluyendo columnas, sí existiesen).

Finalmente, “t” es el espesor efectivo del muro en metros.

Con todos estos datos se pueden elaborar tablas para cada zona considerando los siguientes casos:

Caso I, para la NTE E.070:

$$\frac{\sum(L.t)}{Ap} \geq \frac{Z.U.S.N}{56}$$

Caso II, para el Hércules I:

Según ensayos anteriores a la presente tesis se han obtenido 2 valores v'm de 4.83Kg/cm² y v'm de 5.92Kg/cm², lo cual nos da un promedio de v'm=5.375 Kg/cm², reemplazando este valor en la formula general se obtiene:

$$\frac{\sum(L.t)}{Ap} \geq \frac{Z.U.S.800.N}{0.6 (53750)}$$

$$\frac{\sum(L. t)}{A_p} \geq \frac{Z. U. S. N}{40.35}$$

Caso III, para el Blocker II:

Según el proyecto de Acero & Cotrado (2016):

$$\frac{\sum(L. t)}{A_p} \geq \frac{Z. U. S. N}{22}$$

Caso IV, para la Bloqueta Artesanal:

También, según ensayos anteriores a la presente tesis se han obtenido un valor de v_m de 2.59, reemplazando este valor en la fórmula general se obtiene:

$$\frac{\sum(L. t)}{A_p} \geq \frac{Z. U. S. 800. N}{0.6 (25900)}$$

$$\frac{\sum(L. t)}{A_p} \geq \frac{Z. U. S. N}{19.45}$$

Con todos los datos anteriores se obtienen los siguientes resultados:

Para $A_m/A_p=ZUSN/56$, dada en la NTE E.070:

Tabla 12. Densidad de muros según la NTE E.030 del 2018 y NTE E.070

Suelo Tipo	Zona 4	Zona 3	Zona 2	Zona 1
S1	4%	3%	2%	1%
S2	4%	4%	3%	1%
S3	4%	4%	3%	2%

Fuente: Elaboración Propia

Para $A_m/A_p=ZUSN/40.35$, Hércules I:

Tabla 13. Densidad de muros para el Hércules I, según la NTE E.030 del 2018

Suelo Tipo	Zona 4	Zona 3	Zona 2	Zona 1
S1	6%	5%	3%	1%
S2	6%	5%	4%	2%

S3	6%	5%	4%	2%
----	----	----	----	----

Fuente: Elaboración Propia

Para Am/Ap=ZUSN/22, Blocker II:

Tabla 14. Densidad de muros para el Blocker II, según la NTE E.030 del 2018

Suelo Tipo	Zona 4	Zona 3	Zona 2	Zona 1
S1	10%	8%	6%	2%
S2	11%	9%	7%	4%
S3	11%	10%	8%	5%

Fuente: Elaboración Propia

Para Am/Ap=ZUSN/19.45, Bloqueta artesanal:

Tabla 15. Densidad de muros para la Bloqueta, según la NTE E.030 del 2018

Suelo Tipo	Zona 4	Zona 3	Zona 2	Zona 1
S1	12%	9%	6%	3%
S2	12%	10%	8%	4%
S3	13%	11%	9%	5%

Fuente: Elaboración Propia

Asimismo se ha elaborado las curvas de densidad de muros empleando como base el valor $v'm$ obtenido de los resultados experimentales de diferentes trabajos de investigación, de tal manera que estos sean aplicables a edificaciones existentes en la ciudad de Tacna y del Distrito de Pocollay, obteniéndose los siguientes gráficos:

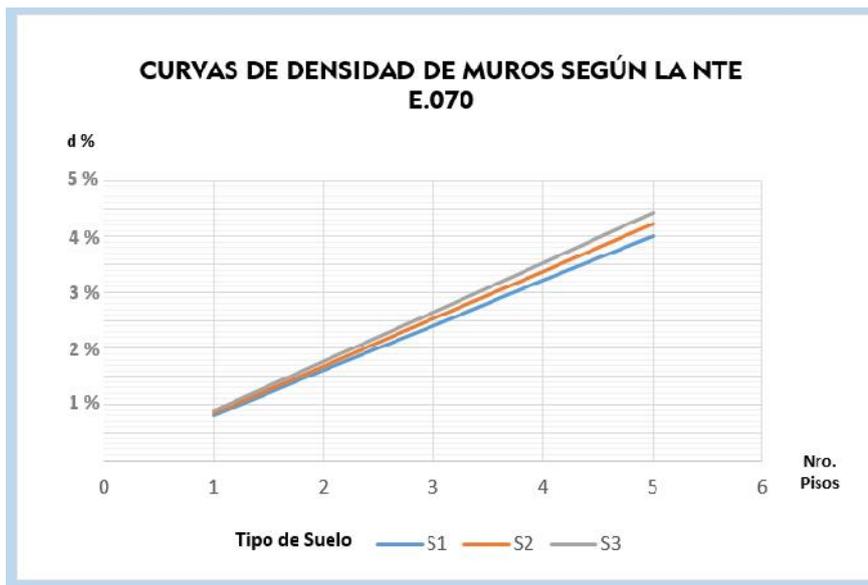


Figura 10. Curva de densidad de Muros según la NTE E.070.

Fuente: Elaboración propia

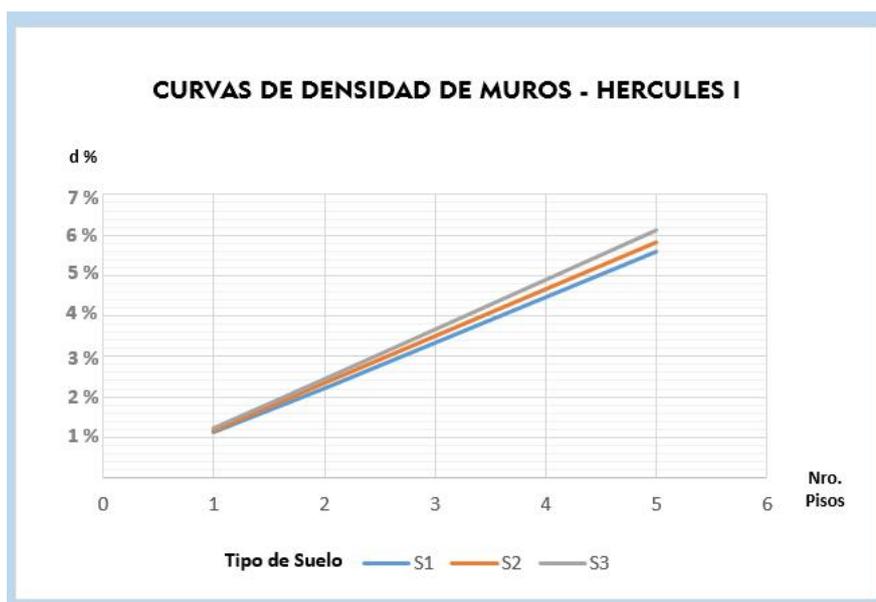


Figura 11. Curva de densidad de Muros para el Hércules I.

Fuente: Elaboración propia

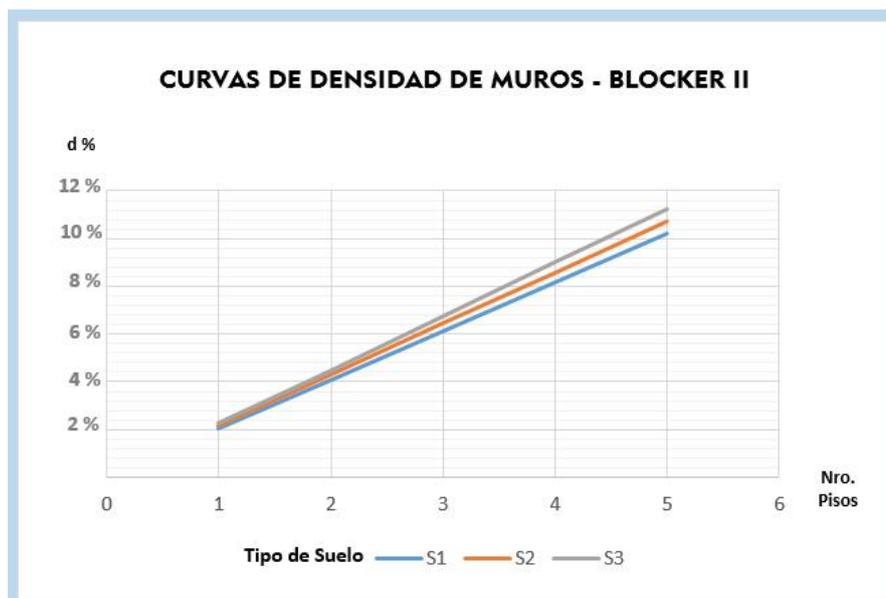


Figura 12. Curva de densidad de Muros para el Blocker II.

Fuente: Elaboración propia

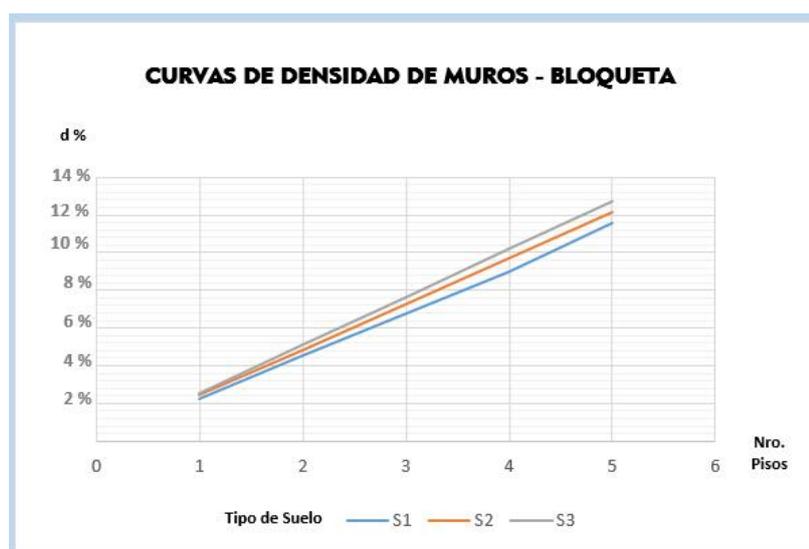


Figura 13. Curva de densidad de Muros para la Bloqueta.

Fuente: Elaboración propia

5.4 EJEMPLO DE APLICACIÓN

Para el cálculo de la densidad de muros, se debe determinar el área de los muros en el eje de análisis y estos valores se deben dividir entre el área en planta.

Por ejemplo, para el eje Y-Y se va a determinar la densidad de muros suponiendo que se va a utilizar el Hércules I, Blocker II y Bloqueta. La edificación estará ubicada

sobre un S3, en el Distrito de Pocollay (Z4). En todos los casos se ha asumido el uso de muros de sogá, se obtiene los siguientes resultados:

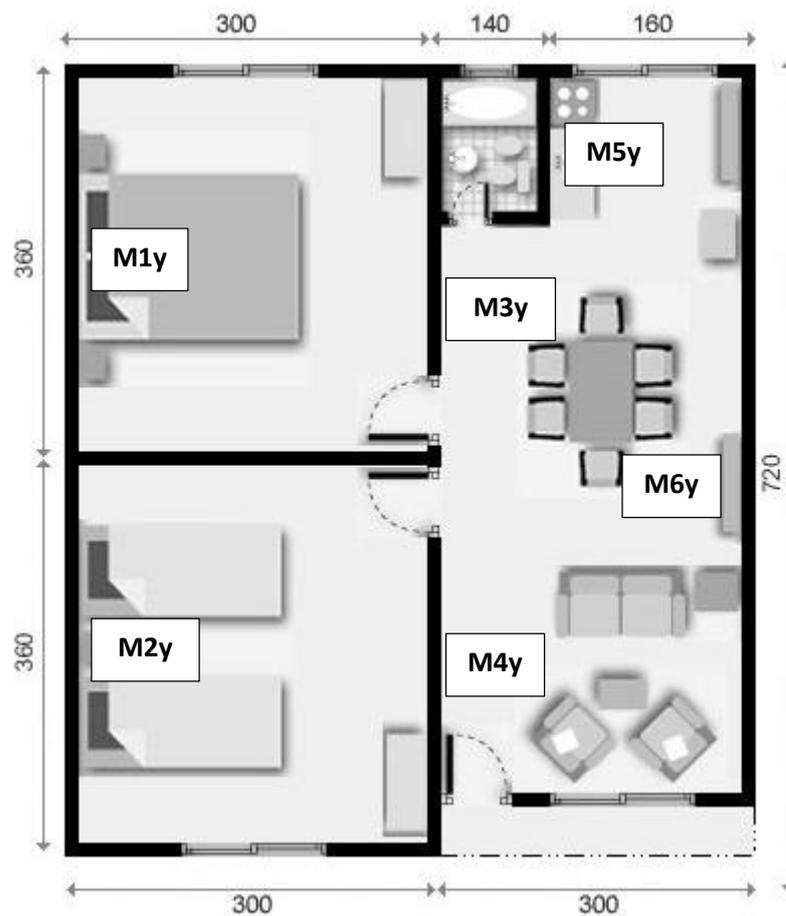


Figura 14. Plano utilizado para el ejemplo

Fuente: Recuperado de:

<https://www.pinterest.at/pin/835769643324236298/>

Tabla 16. Cálculo de la densidad de muros para el Hércules I

Muro	Largo en cm	t en cm	Total en cm ²
M1y	360	14	5040
M2y	360	14	5040
M2y	260	14	3640
M4y	260	14	3640
M5y	130	14	1820
M6y	670	14	9380
		Am	28560 cm ²

Si el Área en planta es 41.70m² o 417000cm², entonces:

$$Am/Ap = 28560/417000 = 0.06848$$

Am/Ap= 7%, Si comparamos con la tabla 4, entonces es suficiente la densidad de muros, ya que solo es necesario una densidad de muros de 6%.

Aplicando el mismo caso, pero utilizando el Blocker II, se tiene:

Tabla 17. Cálculo de la densidad de muros para el Blocker II.

Muro	Largo en cm	t en cm	Total en cm²
M1y	360	12	4320
M2y	360	12	4320
M2y	260	12	3120
M4y	260	12	3120
M5y	130	12	1560
M6y	670	12	8040
		Am	24480 cm²

Si el Área en planta es 41.70m² o 417000cm², entonces:

$$Am/Ap = 24480/417000 = 0.05870$$

Am/Ap= 6%, Si comparamos con la tabla 5, entonces es insuficiente la densidad de muros, ya que se requiere un densidad de muros de 11%.

Finalmente, si utilizamos la Bloqueta, se tiene:

Tabla 18. Cálculo de la densidad de muros para la Bloqueta

Muro	Largo en cm	t en cm	Total en cm²
M1y	360	10	3600
M2y	360	10	3600
M2y	260	10	2600
M4y	260	10	2600

M5y	130	10	1300
M6y	670	10	6700
		Am	20400 cm²

Si el Área en planta es 41.70m² o 417000cm², entonces:

$$Am/Ap = 20400/417000 = 0.04892$$

Am/Ap = 5%, Si comparamos con la tabla 6, entonces es insuficiente la densidad de muros, ya que se requiere un densidad de muros de 13%.

Otro ejemplo: podría ser el aplicado a nuestro edificio en estudio, es decir el edificio ubicado en la Asoc. Los fondos al que habíamos denominado vivienda nro. 4.

Para el eje YY, Como datos tenemos:

Área de muros: 26.1m*0.14m=3.654m²

Área en planta: 92.34m²

$$\text{Densidad en \%} = 3.654/95.34$$

$$\text{Densidad en \%} = 3.8$$

En la curva de densidad de muros, para 3 pisos y con blocker II, se tiene un valor mínimo de 6%, lo cual está muy por encima de la densidad de muros existente, por lo que se considera que la estructura es flexible.

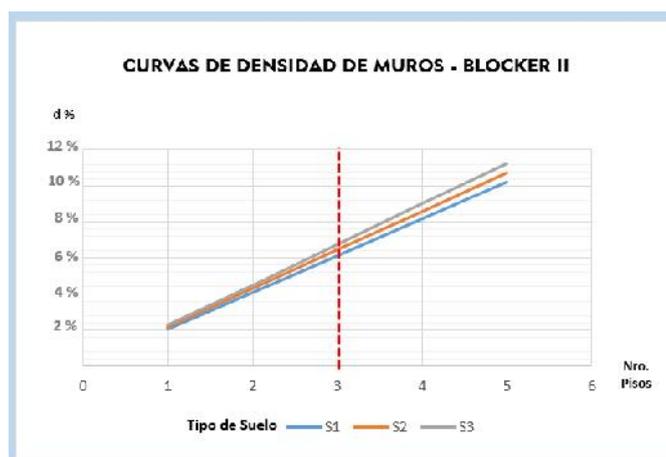


Figura 15. Densidad de muros para el ejemplo de la vivienda nro. 4

Se observa que para un suelo s3, se requiere un valor mínimo de 6% de densidad de muros.

Fuente. Elaboración propia.

5.5 RECOMENDACIONES PARA LA REDUCCION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS VIVIENDAS INFORMALES DE LA CIUDAD DE TACNA.

¿Cómo se puede lograr reducir la vulnerabilidad sísmica y el riesgo sísmico de las construcciones existentes en Pocollay? Resulta una tarea muy compleja, ya que involucra diferentes aspectos económicos, sociales, políticos, etc.

Pero existe a la vez un importante legado por parte de otros países, quienes elaboraron planes de mitigación en base a experiencias de sismos pasados.

En tal sentido, las recomendaciones que daremos se basan en la experiencia de expertos y son:

Los especialistas indican que **“es Importante las características de sitio en el desarrollo de las viviendas sismoresistentes”**

Después del sismo del 23 de Junio del 2001, muchas construcciones quedaron seriamente dañadas y otras colapsadas, pero en su gran mayoría estos daños se concentraron en los distritos donde el suelo es de baja capacidad portante.

Las condiciones locales tienen una gran influencia en el grado de daños, así como en su distribución geográfica. Algunos ejemplos son el Terremoto de México 1985, Terremoto de Loma prieta 1989 (las áreas con edificaciones asentadas sobre suelos no compactos los daños fueron mucho más severos que en sectores cercanos al epicentro)

En tal sentido la **primera recomendación** sería:

- Elaborar mapas de peligro sísmico del Distrito de Pocollay, de tal manera que le permita regular la densificación de la población y planificar adecuadamente la expansión del distrito, así como para ubicar las obras importantes de infraestructura por ejemplo colegios, hospitales, etc.

Referente a los **Aspectos constructivos**, podemos tomar como referencia las recomendaciones dadas en el reglamento nacional de edificaciones NTE E.070.

- No emplear unidades huecas ni ladrillo pandereta en la construcción de los muros portantes
- En suelos húmedos o salitrosos es recomendable, antes de construir la cimentación, impermeabilizar las superficies del suelo con el que estará en contacto.
- El grosor del mortero no debe ser mayor a 1.5cm para evitar pérdidas de resistencia en la albañilería.
- Utilizar una conexión columna albañilería: la conexión debe ser dentada o al ras.

Finalmente, en relación a los **Aspectos estructurales**, podemos mencionar:

- A fin de que los esfuerzos se transmitan adecuadamente es necesario que los muros sean continuos y evitar los volados como se ha visto en la mayoría de las construcciones.
- En edificaciones nuevas se debe emplear juntas sísmicas.
- Es necesario aislar los parapetos o tabiques, de tal manera que se evite fisuras en el encuentro de un muro portante y un alfeizer debido a la carga vertical.

Capítulo 5: DISCUSIÓN

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

En este trabajo de tesis hemos determinado diferentes valores de densidad de muros para las diferentes unidades que se producen y fabrican en la ciudad de Tacna y el Distrito de Pocollay. De la revisión bibliográfica se observa que existe información desactualizada debido a que los parámetros sísmicos de la NTE E.030 recientemente han sido modificados en el año 2018, así por ejemplo antes solo se tenía 3 zonas (Z1, Z2 y Z3) y actualmente existen hasta 4 zonas, del cual el Distrito de Pocollay se encuentra en la zona 4 o Z4. Esto evidencia que mi trabajo de tesis es un aporte más para futuros profesionales.

Por otro lado se debe tener sumo cuidado en el uso de las fórmulas de densidad de muros dadas por la NTE E.070, ya que estas solo deben ser empleadas para unidades sólidas. En la tabla 19, se puede apreciar que no existe mucha diferencia de resultados aplicando la NTE E.070 y el Hércules I, pero, si comparamos los resultados de la densidad de muros de la NTE E.070 y la bloqueta o el Bloquer II, se requiere casi el triple de la densidad de muros.

Tabla 19. Densidad de muros para unidades de albañilería del Distrito de Pocollay Vs la NTE E.070.

Tipo de Suelo	NTE E.070	Hércules I	Blocker II	Bloqueta
S1	4%	6%	10%	12%
S2	4%	6%	11%	12%
S3	4%	6%	11%	13%

Fuente: Elaboración Propia

De la inspección en campo se ha podido apreciar que casi todas las construcciones emplean unidades huecas y no sólidas. Asimismo no se siguen recomendaciones dadas en nuestras normatividades como es el caso del uso de muros continuos. Las construcciones existentes emplean dos sistemas estructurales que son Muros de Albañilería en la dirección perpendicular a la fachada y pórticos de concreto armado en la dirección paralela a la fachada. Los mismo se muestra en los resultados del

análisis sísmico, así por ejemplo para para una edificación de 3 pisos, la dirección XX (pórticos de concreto armado, paralela a la fachada) presenta una distorsión de 0.007, en comparación con la dirección YY (muros de albañilería, perpendicular a la fachada) en donde se obtienen distorsiones de 0.0004, lo que indica que la dirección YY es 1750 veces más rígida que el eje YY.

Esto aunado a la mala calidad de los materiales y mal proceso constructivo, hacen que sean muy vulnerables frente a un evento sísmico, por lo que las autoridades del Distrito de Pocollay deben tomar conciencia y establecer planes de mitigación, pues si revisamos el plan de desarrollo de la Municipalidad de Pocollay 2012-2021, no hay actividades o ejes estratégicos en lo que se refiere a la gestión del riesgo de Desastres.

Asimismo, es necesario mencionar que según los especialistas. para reducir el riesgo, además de utilizar materiales de buena calidad, es necesario ubicar a las viviendas en zonas de peligro bajo.

CONCLUSIONES

Las conclusiones en base a los objetivos generales y específicos son:

PRIMERA CONCLUSIÓN

Se ha elaborado curvas de densidad de muros para diferentes tipos de unidades de albañilería que se utilizan en el Distrito de Pocollay de la ciudad de Tacna. Los resultados demuestran que comparado con la NTE E.070, la unidad de albañilería Hércules I presenta casi resultados similares (4% y 6% respectivamente), sin embargo, la densidad de muros para el Blocker II y Bloqueta es casi el triple de lo que se requiere según la NTE E.070 (4% vs 11 y 13%).

SEGUNDA CONCLUSIÓN

De la inspección en campo se observa similar tipología constructiva, entre los más importantes se tiene: uso de unidades Blocker II en la construcción de los muros portantes, viviendas sin juntas sísmicas, construcciones que varían de 1 a 3 pisos, predominancia de dos sistemas estructurales (Albañilería y Pórticos de Concreto armado), inadecuada conexión columna-muro, losa aligerada, alfeizers integrados a los muros portantes, y falta de continuidad de muros portantes.

TERCERA CONCLUSIÓN

Del análisis sísmico, para el edificio de tres pisos se ha obtenido un valor de 0.00708 para el eje XX y 0.00041 para el eje YY. Estos resultados nos indican que en el eje XX se ha llegado al límite máximo indicado en la NTE E.070, que es de 0.007; sin embargo en el eje YY su valor no sobrepasa el límite de 0.005 establecido en la NTE E.030. La diferencia entre ambas distorsiones indican que el eje de los muros de albañilería es muy rígido en comparación con el eje del pórtico de concreto armado, por lo cual esta condición nos indica que el edificio no tendrá un adecuado comportamiento sísmico, produciéndose la falla en el sentido paralelo a la fachada.

CUARTA CONCLUSIÓN

Dentro de las recomendaciones para la mitigación del Riesgo, y en base a lo observado en campo se puede mencionar lo siguiente: Elaborar mapas de peligro sísmico del Distrito de Pocollay, de tal manera que le permita regular la densificación de la población y planificar adecuadamente la expansión del distrito. Desde el punto de vista constructivo se recomienda no emplear unidades huecas; en suelos húmedos o salitrosos es recomendable, antes de construir la cimentación, impermeabilizar las superficies del suelo con el que estará en contacto; el grosor del mortero no debe ser mayor a 1.5cm para evitar pérdidas de resistencia en la albañilería y es recomendable utilizar una conexión columna albañilería ya sea al ras o dentada.

RECOMENDACIONES

PRIMERA RECOMENDACIÓN

Se recomienda a los gobiernos locales, e instituciones de carácter científico desarrollar más ensayos experimentales en pilas y muretes de las unidades de albañilería que se utilizan en la ciudad de Tacna, de tal manera que estos puedan servir de información para elaborar curvas de vulnerabilidad y establecer fórmulas de densidad de muros.

SEGUNDA RECOMENDACIÓN

Se recomienda a la autoridad local del Distrito de Pocollay establecer un mayor control en la supervisión de las construcciones, ya que estas actualmente no cumplen con nuestras normatividades ni estructural ni constructivamente.

TERCERA RECOMENDACIÓN

Se recomienda al Colegio de Ingenieros del Perú y a la Universidad Privada de Tacna, realizar más difusión de las fallas presentadas en los edificios en sismos pasados, ya que hasta la actualidad los pobladores de Tacna y del Distrito de Pocollay siguen cometiendo los mismos errores, por lo que se debe hacer un mayor énfasis en que la densidad de muros en ambos ejes X e Y debe ser similar, para evitar fallas como las presentadas en el sismo del 23 de Junio del 2001.

CUARTA RECOMENDACIÓN

Se recomienda a la autoridad local del Distrito de Pocollay, revisar su plan de desarrollo y establecer como una línea estratégica la reducción o mitigación del Riesgo sísmico, ya que por su ubicación y por el tipo de proceso constructivo las viviendas informales actualmente son altamente vulnerables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acero & Cotrado (2016). *Propuesta de fórmula para la determinación de la densidad de muros contruidos con blocker II*. Universidad Privada de Tacna.
- Aliaga Rodriguez, I. J., & Brañez Gonzales, V. M. (2009). *Estudio comparativo del módulo de elasticidad en las unidades típicas de arcilla aplicado en el análisis sísmico de una vivienda unifamiliar del distrito de Ciudad Nueva del Departamento de Tacna*, Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Alferez & Quinto (2006). *Reforzamiento estructural de muros de albañilería de bloques artesanales de concreto*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Arbildo & Rojas (2017). *Ensayo de Compresión Axial y Compresión Diagonal de especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna*. Universidad Privada de Tacna.
- Arroyo et al. (2006). Construcción de curvas de densidad de muros y estrategias de reducción de la vulnerabilidad estructural de viviendas populares de mampostería en las ciudades de Acapulco y Chilpancingo. XV Congreso Nacional de Ingeniería estructural, México.
- Cabrera (2018). *Evaluación de resistencias en prismas de albañilería con mortero de espesor de 1.5 cm de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna*. Universidad Privada de Tacna.
- Comentarios a la Norma técnica de Edificaciones E.070, inform final capítulos 1 al 10.
Recuperado de www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=201
- Municipalidad de Distrital de Pocollay. *Actualización del plan de desarrollo concertado del Distrito de Pocollay 2012-2021*. Recuperado de <http://www.munidepocollay.gob.pe/media/normativa/1388/1388-plan-de-desarrollo-2012-2021-43a08f7ba329054d.pdf>

- Quispe (2004). *Evaluación del riesgo sísmico en la ciudad de Ayacucho*.
Universidad Nacional de Ingeniería.
- San Bartolomé, A., Quinn, D. & Silva, W.(2011). Diseño y construcción de estructuras sismoresistentes de albañilería. Fondo editorial PUCP. Lima.
- Tarqui Mamani, H. V., & Copaja Quispe, N. W. (2007). *Módulo de Elasticidad en las Unidades Típicas de Albañilería del distrito de Ciudad Nueva del departamento de Tacna*, Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Tavera (2014). *Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Peru*.
Recuperado de <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/fil20140926131431.pdf>

ANEXO 01
MATRIZ DE CONSISTENCIA

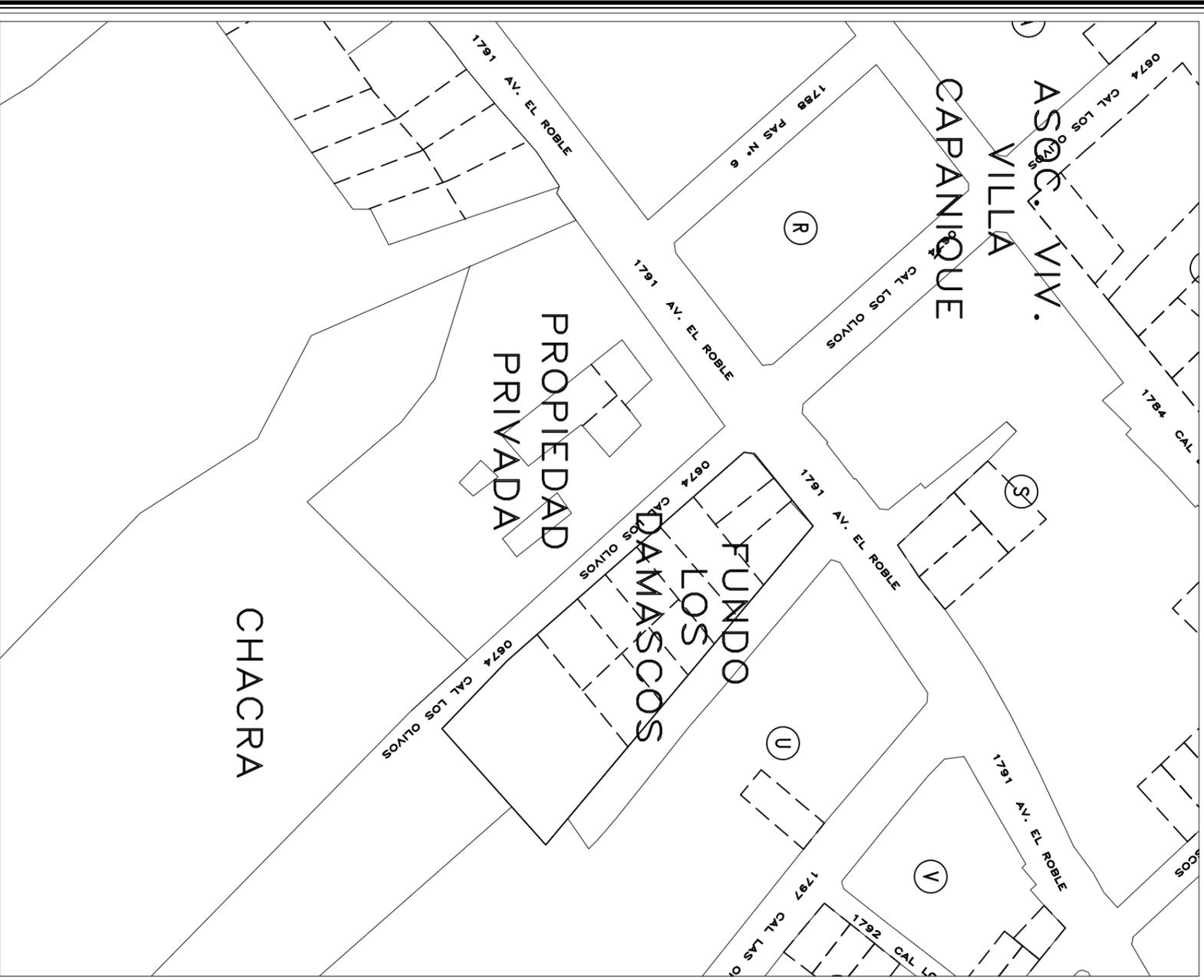
MATRIZ DE CONSISTENCIA

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVO	VARIABLE	INDICADOR	MÉTODO
¿Cómo se puede elaborar curvas de densidad de muros para viviendas informales del Distrito de Pocollay, construidas con Bloqueta, Blocker II y Hércules I, de tal manera que le permita al evaluador determinar de manera rápida si la vivienda posee una densidad de muros adecuada para resistir los efectos sísmicos a presentarse en la ciudad de Tacna?	Propuesta de curvas de densidad de muros para viviendas informales del Distrito de Pocollay, construidas con Bloqueta, Blocker II y Hércules I, de tal manera que le permita al evaluador determinar de manera rápida si la vivienda posee una densidad de muros adecuada para resistir los efectos sísmicos a presentarse en la ciudad de Tacna.	La densidad de muros, es un índice adimensional de fácil determinación que ofrece valiosa información para evaluar la seguridad y la resistencia sísmica necesaria de una edificación. El empleo de la curva de densidad de muros, favorece la evaluación rápida para determinar si la vivienda es vulnerable o no frente a un evento sísmico.	Variable Dependiente: Curva de densidad	Densidad en % Vs Nro. De pisos	Descriptivo Explicativo
¿Cuáles son las tipologías constructivas de las viviendas informales para una manzana ubicada en el Distrito de Pocollay, de la ciudad de Tacna?	Levantamiento de campo de las tipologías constructivas de las viviendas informales para una manzana ubicada en el Distrito de Pocollay, de la ciudad de Tacna.	Realizando un levantamiento de campo visual de las características constructivas y estructurales se puede establecer las tipologías de las viviendas informales ubicadas en el Distrito de Pocollay, de la ciudad de Tacna.			
¿Cuál es el comportamiento sísmico del análisis sísmico de una vivienda informal típica, para los siguientes casos: 1 piso, dos pisos y tres	Evaluación el comportamiento sísmico a través de un análisis sísmico de una vivienda informal típica, para los siguientes casos: 1 piso, dos pisos y tres pisos	Empleando como base modelos de viviendas tridimensionales y el cálculo dinámico modal espectral se pueden establecer el			

pisos ubicada en el Distrito de Pocollay, de la ciudad de Tacna?	ubicada en el Distrito de Pocollay, de la ciudad de Tacna.	comportamiento sísmico de las construcciones existentes ubicadas en el Distrito de Pocollay, de la ciudad de Tacna.	Variable Independent e: Viviendas informales	<ul style="list-style-type: none"> - Unidad sólida o hueca. - Resistencia al corte de un murete v'm en kg/cm2. 	Descriptivo
¿Qué recomendaciones se pueden seguir para mitigar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales del Distrito de Pocollay, de la ciudad de Tacna?	Establecer recomendaciones para mitigar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales del Distrito de Pocollay, de la ciudad de Tacna	Conociendo la tipología constructiva de una vivienda informal se puede establecer recomendaciones para mitigar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales del Distrito de Pocollay, de la ciudad de Tacna.			

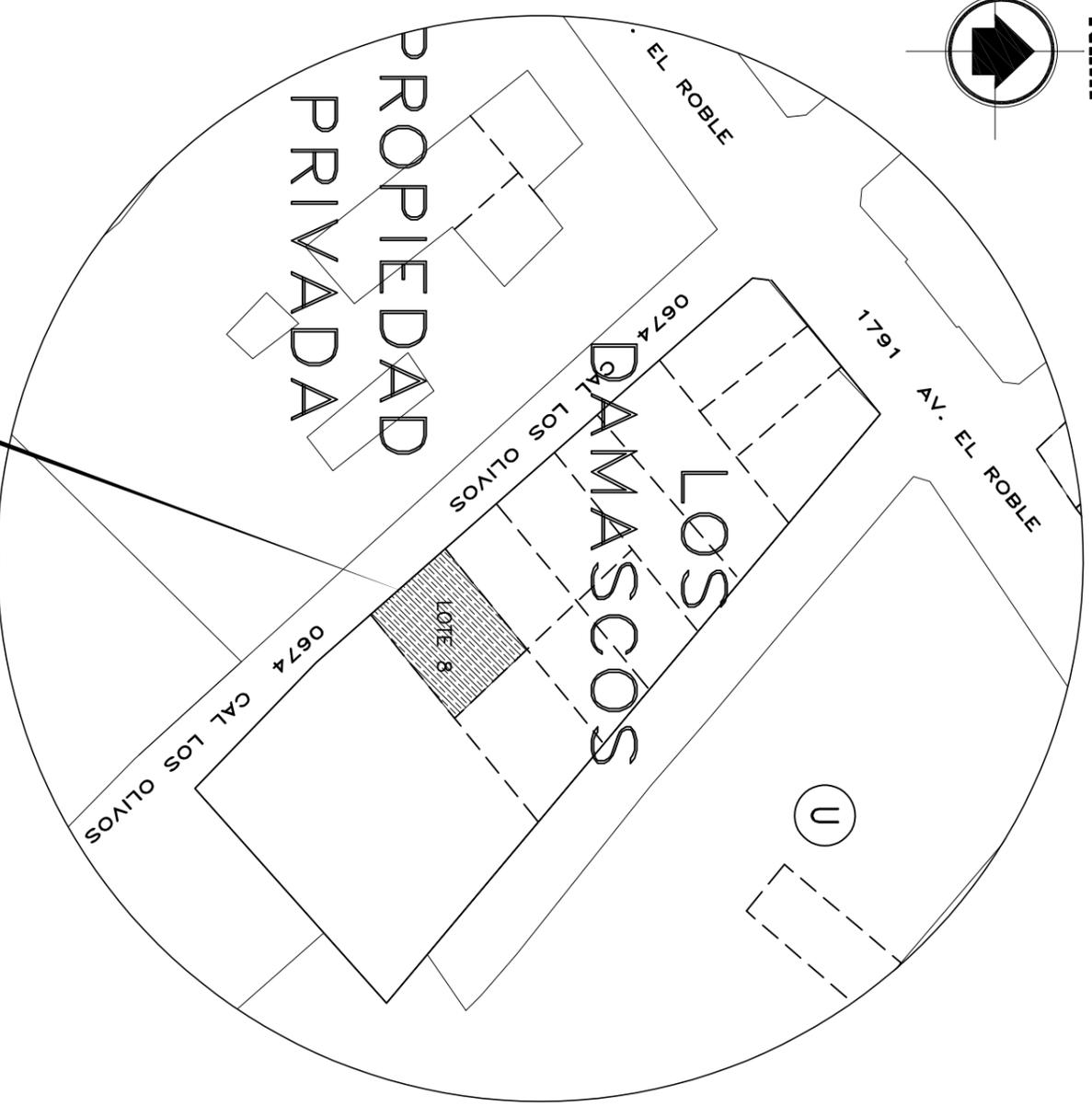
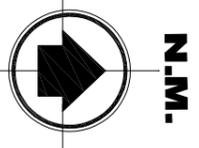
ANEXO 02

PLANOS



UBICACIÓN

Esc: 1/2000



Sra. ROSA MARIA ESTAÑA AYALA

LOCALIZACIÓN

Esc: 1/5000



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

Plano: PLANO UBICACION

Propietario: Sra. Rosa Maria Estaña Ayala

Ubicación: FUNDO LOS DAMASCOS-POCOLLAY

Tesis: Elaboración de curvas de densidad de muros y recomendaciones para la reducción de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales del Distrito de Pocolay - Tacna, 2019

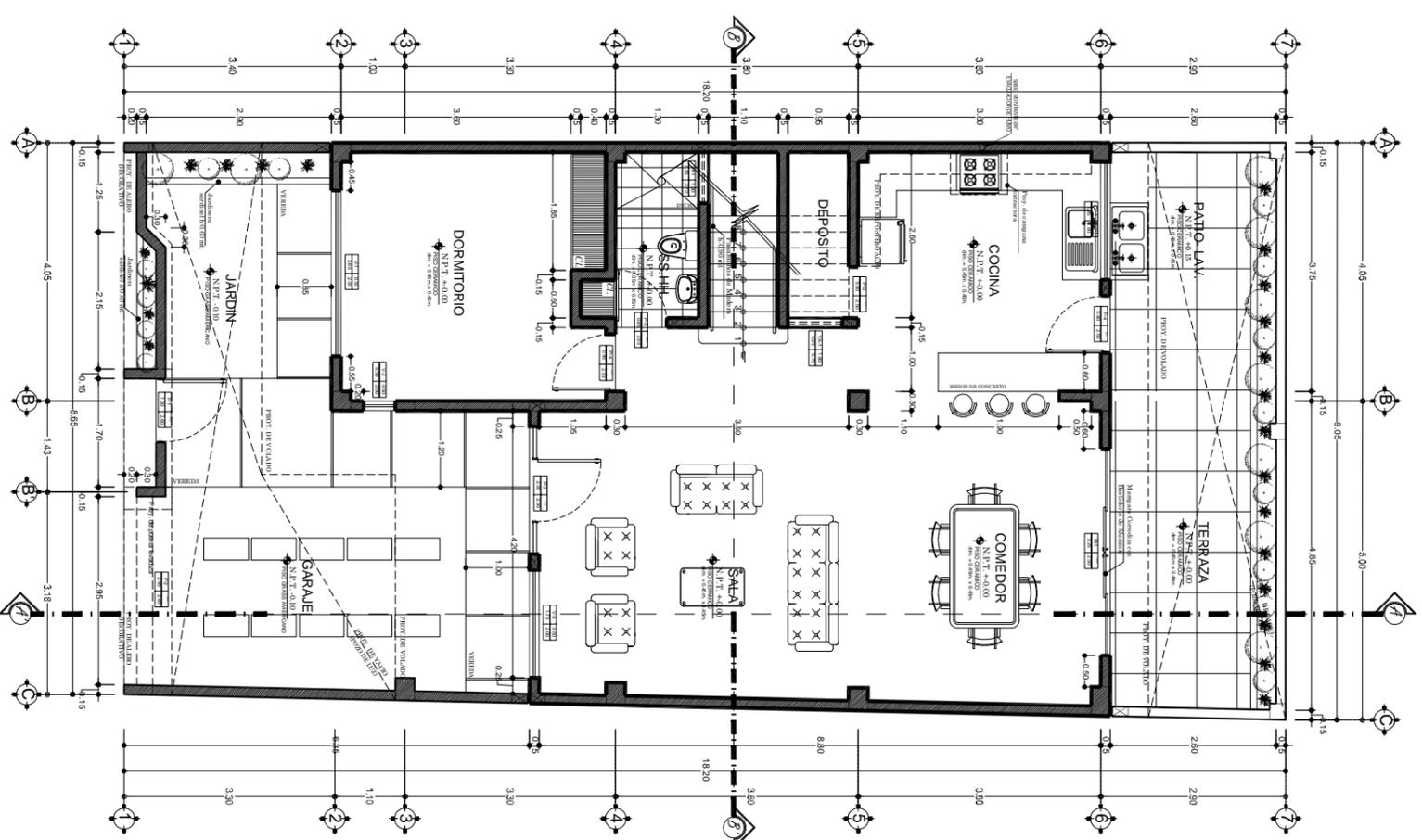
Escala: 1/1000

Realizado: Víctor R. Abril Gomez

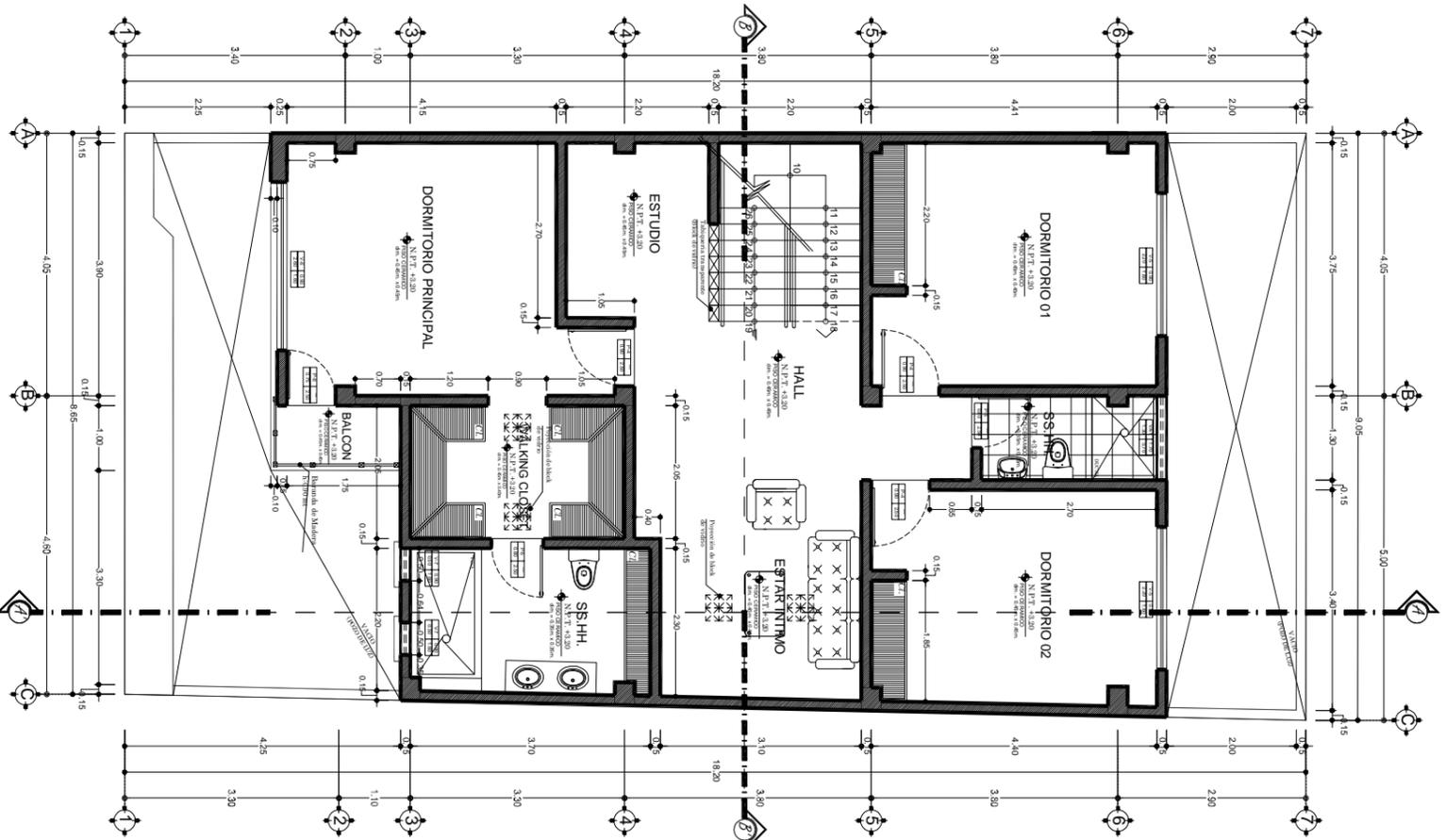
Fecha de entrega: NOV. 2019

U-01

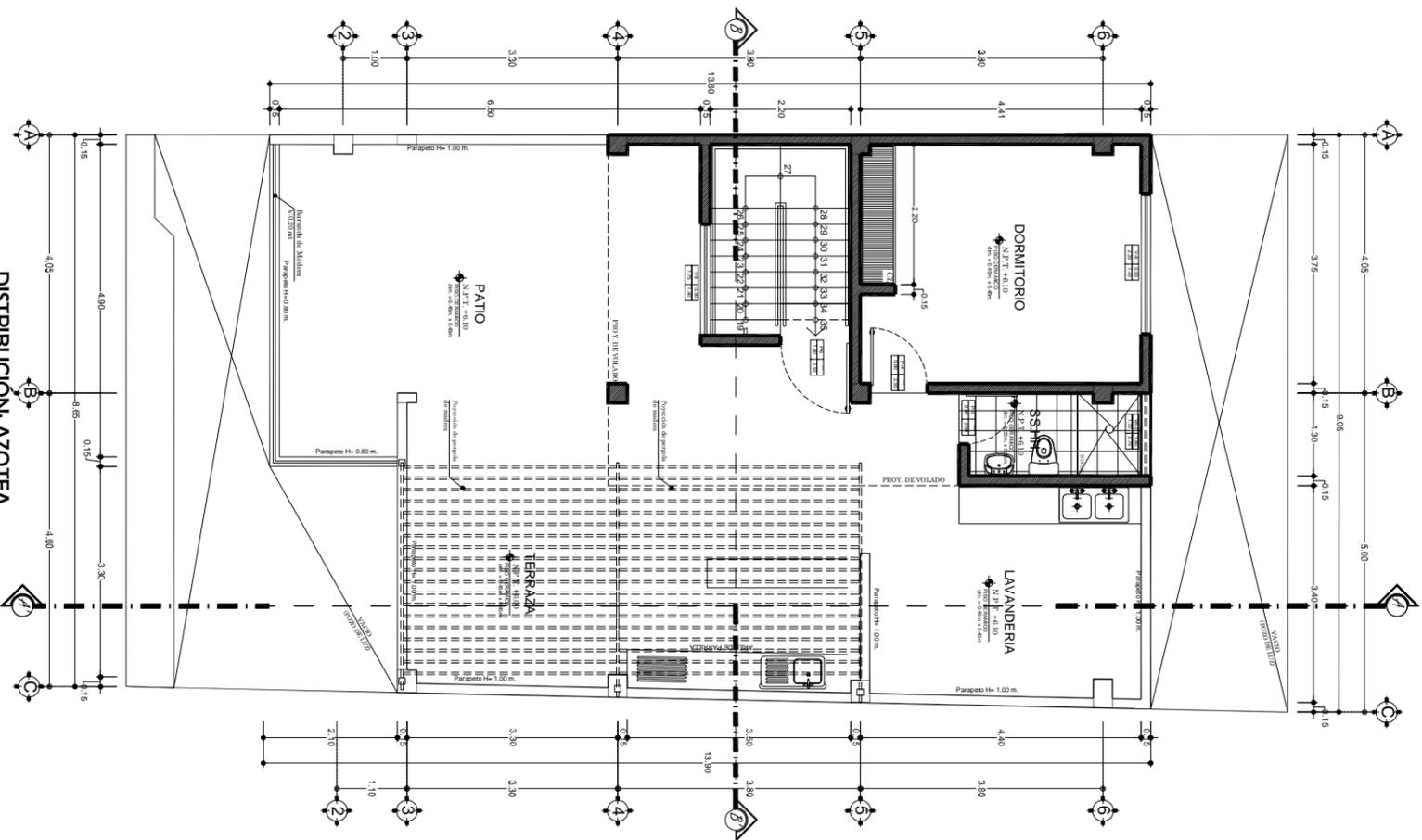
Lámina:



DISTRIBUCIÓN: PRIMER PISO



DISTRIBUCIÓN: SEGUNDO PISO



DISTRIBUCIÓN: AZOTEA

CLAVE DE
 VANDOS PERIMÉTRICOS
 ANCHO ALTO

CLAVE DE
 VANDOS INTERNOS
 ANCHO ALTO



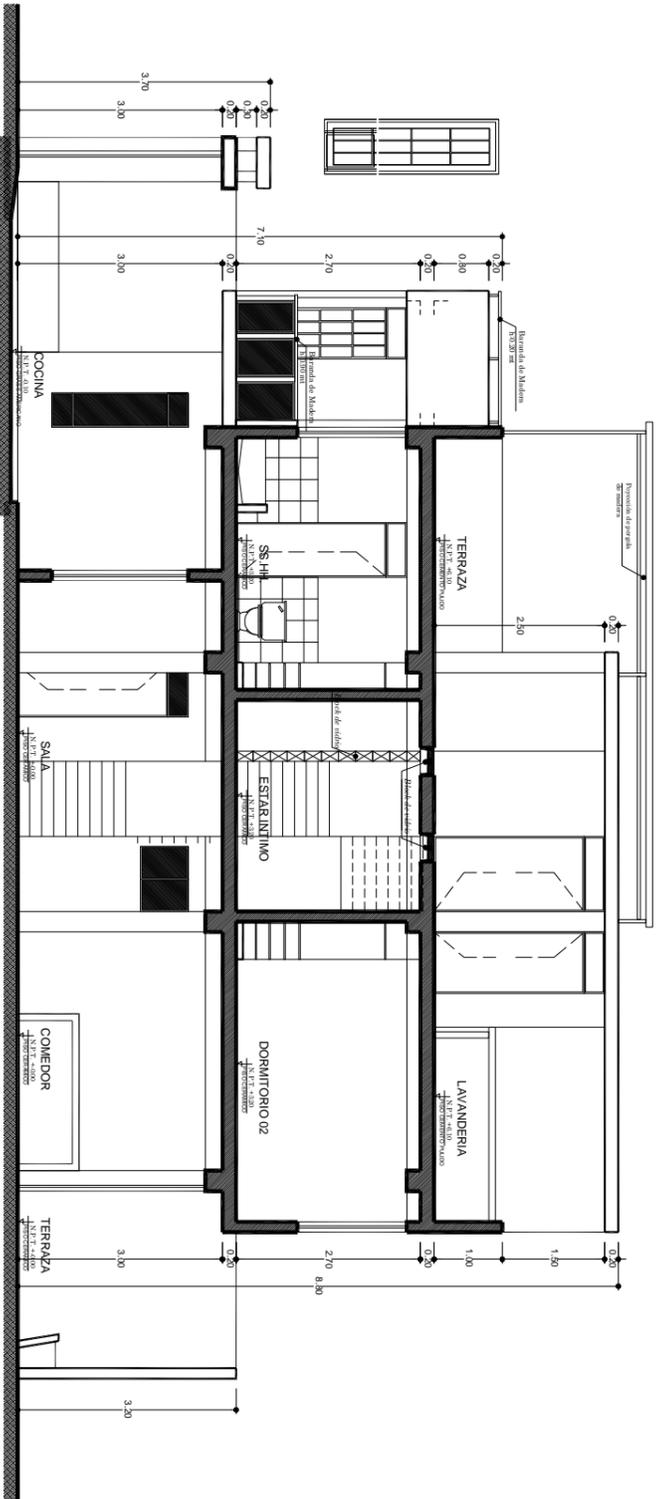
VIVIENDA UNIFAMILIAR
 DISTRIBUCIÓN Ter. 2do PISO y AZOTEA

Sra. ROSA MARIA ESTIANA AYVALA
 LOS DAMASCOS, CALLE LOS OLIVOS, LOTE 8
 DISTRITO DE POCOLOMIV, PROVINCIA DE DEPARTAMENTO DE ITAPUA

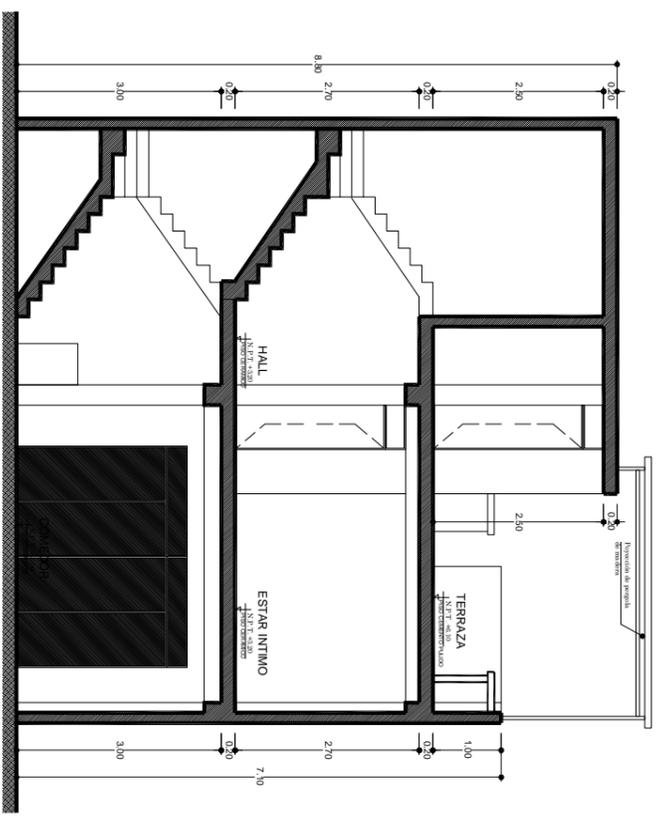
Elaboración de planos de distribución de muros y recomendaciones para la redacción de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas referidas del Distrito de Pocolomiv - Itapúa 2009

Víctor R. Avilán Gamero
 INVI (Instituto Nacional de Vivienda)

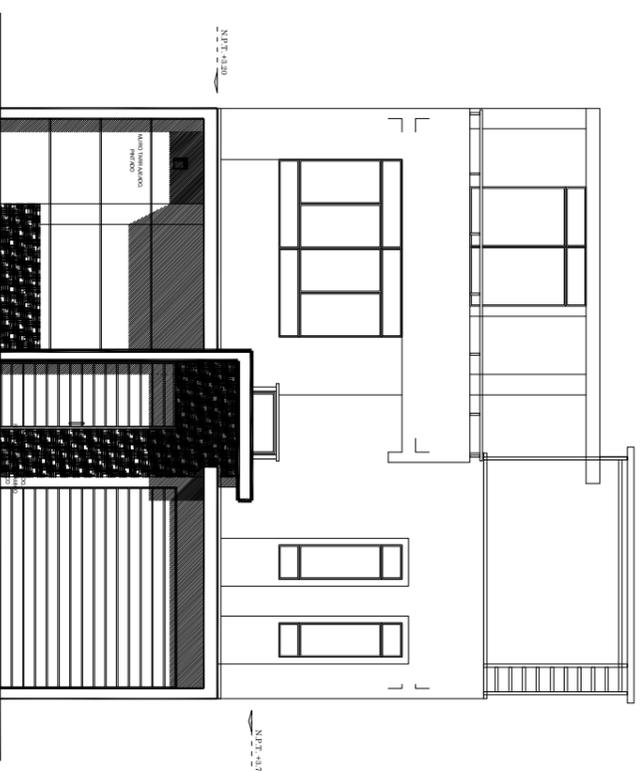
AR-01



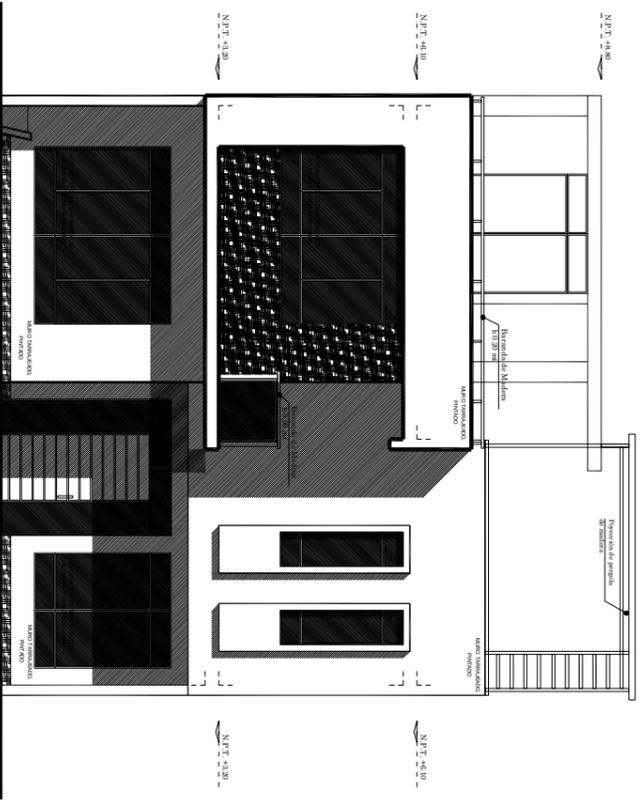
CORTE A-A'



CORTE B-B'



ELEVACIÓN DE CERCO



ELEVACIÓN FRONTAL



VIVIENDA UNIFAMILIAR
CORTES Y ELEVACIONES
 Sra. ROSA MARIA ESTANA AYALA
 LOS DAMASCOS, CALLE LOS OLIVOS, LOTE 8
 ESTADIO POLICIAL, MANABITA (ESTADÍSTICO DE MANABITA)
 Ejecución de planos de cantidad de muros y
 recomendaciones para la redacción de la
 vulnerabilidad frente de las viviendas informales
 del Distrito del Pasadizo - Versión 2019
 Víctor R. Abait Gómez | 11 de Noviembre 2019

