



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL EFECTO DE LAS IRREGULARIDADES EN
VIVIENDAS DE 3 O 4 NIVELES CON ESTRUCTURA TIPO CAJÓN (PLANTA Y PERFIL),
PARA EL DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**

Edgar Daniel Rodas Valenzuela

Asesorado por el Msc. Ing. Manuel Alberto Ávila

Guatemala, noviembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL EFECTO DE LAS IRREGULARIDADES EN
VIVIENDAS DE 3 O 4 NIVELES CON ESTRUCTURA TIPO CAJÓN (PLANTA Y PERFIL),
PARA EL DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDGAR DANIEL RODAS VALENZUELA
ASESORADO POR EL MSC. ING. MANUEL ALBERTO ÁVILA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADORA	Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
EXAMINADOR	Ing. Luis Manuel Sandoval Mendoza
EXAMINADOR	Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL EFECTO DE LAS IRREGULARIDADES EN
VIVIENDAS DE 3 O 4 NIVELES CON ESTRUCTURA TIPO CAJÓN (PLANTA Y PERFIL),
PARA EL DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudio de Postgrado, con fecha 11 de noviembre de 2020.

Edgar Daniel Rodas Valenzuela

Ref. EEPFI-0400-2021
Guatemala, 11 de marzo de 2021

Director
Armando Fuentes Roca
Escuela de Ingeniería Civil
Presente.

Estimado Mtro. Fuentes:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: EFECTO DE LAS IRREGULARIDADES EN VIVIENDAS DE 3 O 4 NIVELES CON ESTRUCTURA TIPO CAJÓN (PLANTA Y PERFIL), PARA EL DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**, presentado por el estudiante **Edgar Daniel Rodas Valenzuela** carné número **201314841**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Ciencias en Estructuras.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

MANUEL A. AVILA
INGENIERO CIVIL
MASTER EN INGENIERIA SANITARIA
COLEGIADO 8371

Mtro. Manuel Alberto Ávila
Asesor

"Id y Enseñad a Todos"

Mtro. Armando Fuentes Roca
Coordinador de Área de Infraestructura



Mtro. Edgar Darío Álvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP-EIC-003-2021

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **EFFECTO DE LAS IRREGULARIDADES EN VIVIENDAS DE 3 O 4 NIVELES CON ESTRUCTURA TIPO CAJÓN (PLANTA Y PERFIL), PARA EL DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**, presentado por el estudiante universitario Edgar Daniel Rodas Valenzuela, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Mtro. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela de Ingeniería Civil

Guatemala, marzo de 2021



DTG.691.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL EFECTO DE LAS IRREGULARIDADES EN VIVIENDAS DE 3 O 4 NIVELES CON ESTRUCTURA TIPO CAJÓN (PLANTA Y PERFIL), PARA EL DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**, presentado por el estudiante universitario: **Edgar Daniel Rodas Valenzuela**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, noviembre de 2021

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser una influencia importante en mi vida.
Mis padres	Armando Rodas y Brenda Valenzuela por el amor incondicional y formarme como persona honesta y ser los modelos por seguir.
Mis hermanos	Karla, Carlos y Javier Rodas, por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
Mi abuela paterna	Nery Aguilar (q. d. e. p.) por demostrarme su cariño incondicional y pedir por mi bienestar a Dios, este logro de mi vida sea una satisfacción donde se encuentre.
Mis abuelos maternos	Carlos Valenzuela y Mercedes Vela, por darme consejos necesarios para ser una persona correcta, además del amor incondicional dado
Mis tíos	Miriam, Claudia Valenzuela, Amílcar y Petroño Díaz por estar presentes a lo largo de mi vida.
Primos	Michael y Kevin Reyes, Ángel Ávila, Bella, Nataly, Mishel, y Jireh Díaz.

Amigos

José Tseng, Libny Hernández, Analy García,
Arlyn Castañeda, Anaite Escobar, Zandy
Monterroso, Margaret Porres, Iris Mayén,
Solmari Castillo.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser una importante influencia en mi carrera y por darme la gracia de ser un sancarlista.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme los programas y personas que hicieron posible mi formación académica.
Mis amigos de la Facultad	Brandon Estrada, Alejandra Ramírez, Fernando Sequen, Hannah Orozco, Carlos Andrade, Jose Luna, Rodolfo Miranda, Donis Ceto, Dulce Villalta, Williams Lou, Alexis Oliva, Diana Mérida Jonatan García y Oscar Rodas.
Mi asesor	Msc. Ing. Manuel Ávila por haberme asesorado en la creación de este trabajo de graduación.
Familia y amigos en general	

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
3.1. Delimitación del problema.....	7
3.2. Pregunta principal de investigación	7
3.2.1. Preguntas complementarias de investigación	8
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. OBJETIVOS	11
5.1. General	11
5.2. Específicos.....	11
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	13
7. MARCO TEÓRICO	15
7.1. Antiguas civilizaciones	15
7.2. Las placas tectónicas en Guatemala.....	17

7.3.	Consideraciones esenciales con la mampostería	19
7.4.	La mampostería en viviendas.....	21
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO.....	23
9.	METODOLOGÍA	25
9.1.	Tipo de estudio	25
9.2.	Fases del estudio.....	26
9.2.1.	Fase 1: exploración bibliográfica	26
9.2.2.	Fase 2: recopilación de datos.....	26
9.2.3.	Fase 3: análisis de los datos	26
9.2.4.	Fase 4: discusión de resultados	26
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	27
11.	CRONOGRAMA	29
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	31
13.	REFERENCIAS	33

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Placas tectónicas de Centroamérica	17
2.	Fallas existentes en Guatemala	19
3.	Cronograma de actividades	29

TABLAS

I.	Tipología.....	25
II.	Recursos para la investigación	31

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado

GLOSARIO

AGIES	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
Amenaza	Es la probabilidad que ocurra un fenómeno natural periódicamente que puede causar algún tipo de daño a la sociedad.
Bóveda	Estructura de una construcción con forma curva que cubre un espacio comprendido entre varias paredes o pilares.
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas.
FHA	Instituto de Hipotecas Aseguradas.
Mampostería	Sistema tradicional de construcción, hechas con unidades de bloque prefabricado y unidas con mortero.
MINECO	Ministerio de Economía.
Mocheta	Elementos verticales de concreto con refuerzo de acero.
Pineado	Varillas de acero que se colocan dentro del block.

Riesgo

La probabilidad de pérdida de vidas humanas, bienes materiales o ambientales como consecuencia de un fenómeno natural extremo con una determinada fuerza o intensidad.

Vulnerabilidad

Es una condición de fragilidad o susceptibilidad construida histórica y socialmente, determinada por factores socioculturales y ambientales.

RESUMEN

El departamento de Suchitepéquez, a lo largo de la historia ha demostrado los riesgos que se tienen por desconocimiento, malas prácticas, y falta de documentación donde establezcan parámetros que delimiten los procesos constructivos de la infraestructura de viviendas en mampostería reforzada. A pesar de que de esta tipología es la más utilizada en el lugar se evidencia no sigue ninguna regla urbanística ni regulatoria técnica, y ante la amenaza sísmica en el departamento, necesita fortalecer las debilidades en la construcción que se han caracterizado últimamente a causa de las irregularidades en planta y en perfil de la estructura, donde existe varios factores que originan que se obvie el desempeño estructural que tendrá las viviendas con este tipo de tipología.

La investigación tomará como fundamento la evaluación de asimetrías en rigidez y masas, bajo el concepto principal del análisis y diseño estructural de estructuras complejas, por lo que, es necesario identificar la mayoría de los efectos que conllevan las asimetrías de viviendas, así comprender, lo que se debe de permitir, delimitar y restringir para tener estructuras con un alto desempeño estructural, coherente con lo previsto a la realidad.

La presente investigación tiene como beneficiarios a ingenieros civiles, ingenieros estructurales, arquitectos, diseñadores, y maestros de obra enfocados en la construcción de viviendas de mampostería reforzada, además de estudiantes de carreras afines a la construcción que sirva de apoyo en acrecentar sus conocimientos, y al público en general que estén interesados en expandir sus conocimientos sobre el tema.

1. INTRODUCCIÓN

La alta vulnerabilidad que ocasionan los efectos irregulares en viviendas de 3 y 4 niveles son pocos estudiados en la región de Suchitepéquez, además de que el territorio tiene ciertas recurrencias ante las amenazas de desastre por medio de eventos sísmicos. Bajo esta situación, si se siguen promoviendo prácticas constructivas de viviendas muy esbeltas y asimétricas con poco o nada de estudios cuantitativos que certifiquen la calidad sismorresistente que debe de tener las casas habitacionales, y esto conllevará a elevar el riesgo habitacional, ocasionando pérdidas económicas y de seres vivos.

Al analizar las viviendas preexistentes se demarcarán los desaciertos y aciertos que se tienen en las asimetrías de las viviendas, ya que, en Suchitepéquez, se debe considerar que toda vivienda debe de tener cierta resistencia ante una amenaza sísmica y dado que no existe parámetro o manual alguno para viviendas de 4 niveles, se describirá la complejidad de estas viviendas para considerar como antecedentes para futuras viviendas. Para viviendas de 3 niveles ya están preestablecidas en manuales sus normas constructivas, pero es de considerar si se han adoptado estas medidas por lo que es necesario verificar si están dentro de lo establecido, por lo que al tener esta información se podrán hacer esquemas donde establezcan pasos a seguir para futuras viviendas en el departamento.

En la investigación, el capítulo 1, abarca parte de la historia de la mampostería hasta la actualidad, por otro lado, conocer los riesgos que conllevan el uso excesivo de asimetrías con la tipología estructural de mampostería ante

un evento sísmico considerando las placas tectónicas que influyen de manera directa al departamento.

El capítulo 2, hace referencia a las casas habitacionales tipo cajón construidos en el departamento, así como la recopilación de geometrías de las viviendas hechos con este tipo de tipología estructural, y las deficiencias que se originan con las asimetrías en las viviendas.

El capítulo 3, tiene como fin de buscar las referencias de los reglamentos municipales de los 21 municipios, así como referencias de manuales y normativos para establecer parámetros que delimiten, restrinjan y avalen condiciones en las construcciones de viviendas tipo cajón.

Por último, en el capítulo 4, se muestran los resultados obtenidos a través del sondeo de las viviendas para la verificación de errores y desaciertos en las construcciones, así como, la evaluación de las condiciones existentes y la verificación del desempeño estructura, por lo que concluirá si se deben de mejorar las asimetrías de las viviendas y las restricciones que esto conlleva.

2. ANTECEDENTES

Los hechos históricos que se han suscitado en Guatemala en el siglo 20, nos ha demostrado que el país es altamente vulnerable ante situaciones de movimientos telúricos, los que quedan datados del año 1917 y 1918 que denotaron las carencias del uso estructurales con el adobe como elemento de mampostería, originando pérdidas materiales y vidas humanas; ante ello la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (2018) menciona que la reconstrucción de la ciudad de Guatemala, fue hecha a través de constructores que eran simultáneamente arquitectos e ingenieros, inmigrantes europeos, y guatemaltecos, que se dieron la tarea de identificar otro material que estuviera disponibles en la región, lo que obtuvieron amalgamar el ladrillo de la época con el concreto y el acero de refuerzo.

En los años 60's, el Instituto de Hipotecas Aseguradas (FHA), promovió reglas básicas en la forma de construcción para asegurar prestamos de viviendas, las cuales tuvieron una grande aceptación en el país, las cuales hoy en día siguen siendo una herramienta útil para la construcción. Pero con la dinámica de construcción que se ha desarrollado por toda Guatemala se necesitan instrumentos adicionales, tanto para ingenieros como para técnicos de la construcción (Monzón y AGIES, 2014).

Ante el evento telúrico del año 1976 gran parte de las estructuras que fallaron seguían siendo de adobe y por otra parte las estructuras normalizadas por FHA, demostraron indicios de las calidades mínimas eran las adecuadas para aquel entonces, además de, que existe un arduo camino para comprender con exactitud el comportamiento estructural de las viviendas tipo cajón ante un sismo,

el cual hoy en día es primordial conocer la forma adecuada de diseñar y construir con los materiales actuales. Ante ello se creó la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) es el ente encargado de la estandarización de procesos de industrialización y comercio, el sector de la construcción está regido ante esta comisión la tecnificación de los materiales de forma individual fue creada por el Ministerio de Economía para establecer un rol participativo del comercio guatemalteco, contribuyendo a mejorar la competitividad (MINECO, 2019).

El comportamiento de la vivienda de mampostería depende de varios factores, siendo la calidad de las unidades de mampostería, las dimensiones que tendrá los elementos estructurales, la cuantía de refuerzo que se utilizará en los confinamientos, además del trabajo en conjunto que tendrán de por sí todos estos elementos, agregando a ello, otro factor influyente es el conocimiento que tendrá el constructor para la edificación de viviendas.

El autor de sismica afirma lo siguiente:

La vivienda deberá de resistir tanto las tracciones que producen los momentos de flexión debido a las acciones que actúan en el plano del muro como los esfuerzos de flexión y corte que producen las cargas perpendiculares al plano del muro.

Parte principal de estas construcciones es que los muros de carga están formados como elementos primordiales y deben de cumplir su característica de soportar cargas gravitacionales permanentes, a la vez se considera los efectos adversos de la acción de sismos, siendo esta última la que controla el diseño de los muros. (Sismica, 2004, pp. 59-60)

La arquitectura de las viviendas de mampostería reforzada deberá de comprender como módulos, que se le denominan cajones, de modo que a pesar que exista asimetría existen aberturas comunes por puertas y ventanas, con ello el comportamiento de una vivienda es diferente a un caso típico en las cuales es exactamente sin aberturas, por lo que es importante que el ingeniero responsable del diseño y construcción de este tipo de viviendas sepa cuantificar el efecto de las aberturas en el comportamiento de los muros y de la vivienda (ICA, 2003).

Hoy en día la caracterización de personal de construcción lo estima el Dr. Monzón en tres sectores claramente demarcados; los cuales son: sector profesional, en el abarca a los profesionales como ingenieros y arquitectos y las construcciones son seguras. El sector empírico menciona que son los maestros de obra, acá dependerá del grado de conocimiento que tenga el maestro de obra y que tanto se tecnifique para tener un claro conocimiento en la materia, y el sector de la autoconstrucción es la más peligrosa, ya que les faltan nociones básicas en el desempeño estructural (Monzón, 2010).

El normativo argentino establece una serie de parámetros de evaluación como requerimientos mínimos para el diseño y construcción de estructuras de mampostería compuestas por mampuestos asentados con mortero así tener una sustentabilidad con la memoria de cálculo, además se complementa con la información con el reglamento de Inpres-Cirsoc 103, el cual ha sido actualizado en el año 2018, el cual detalla las estructuras de mampostería en construcciones sismorresistentes emplazadas en las zonas sísmicas. (CIRSOC, 2007, p. 1)

En la tesis del ingeniero estructural Zúñiga, estable que la mampostería ha sido cuestionada su utilización, por el mal comportamiento que se ha observado durante la excitación sísmica severas, en su mayoría de casos el mal detallado y

defectos en su estructuración conlleva a la fallas, debido que pruebas experimentales llevadas a cabo, han mostrados datos consistentemente aceptables para la mampostería como material sismorresistentes cuando se utilizan los niveles de seguridad aceptables, al considerar lo anterior, es necesario establecer métodos de análisis que tomen en cuenta el comportamiento adecuado ante estos tipos de eventos sísmicos (Zuñiga, 2005).

Un factor influyente en el desempeño de los edificios es la colocación de los muros diafragma de mampostería, en una mala posición crea asimetrías en planta, lo que genera vibraciones torsionales creado por la geometría de los elementos globales, concentrando sobres-esfuerzos en algunos elementos estructurales produciendo su falla. Si se llega a una gran discontinuidad en plantas bajas producirá el efecto de piso débil (Centro Nacional de Desastres, 2014).

Ante el alto grado de zona sísmica que existe, solo se permite el uso de mampostería reforzada, ya que el comportamiento de la estructura será dúctil, por lo que se garantiza el buen desempeño estructural que tendrá. Esto es similar al comportamiento de las estructuras de concreto reforzado (Fuentes, 2008).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Delimitación del problema

Con el bajo criterio para los requisitos de construcción que se exigen las municipalidades, se ha demostrado que las construcciones de las viviendas mampostería reforzada la mayoría de veces lo diseñan en el momento de la ejecución los albañiles; lo que abunda es el empirismo, los cuales no presentan planos fidedignos que certifiquen lo construido, asimismo, la construcción presentan varias irregularidades, como; asimetrías en planta, cambios abruptos en los elementos estructurales, la transmisión de cargas no se lleva a cabo en los elementos idóneos, sobredimensionamiento en elementos estructurales y en otros carencias de dimensionamiento, por lo tanto, se desconocen el tipo de comportamiento estructural que se produce por la excentricidades por masas y rigideces ante efectos adversos de los sismos.

Mientras que las municipalidades no establezcan una estandarización en las documentaciones y exigir un control de calidad en la ejecución de las obras, las viviendas presentaran deficiencias estructurales.

3.2. Pregunta principal de investigación

¿Cómo incrementar la calidad de las construcciones de viviendas, previniendo las irregularidades geométricas?

3.2.1. Preguntas complementarias de investigación

- ¿Qué relación existen entre la vulnerabilidad de una vivienda con asimetrías en planta y perfil, y como la vulnerabilidad puede disminuirse?
- ¿Los parámetros establecidos en la región para la construcción de viviendas tienen el correcto desempeño ante sismos?
- ¿Cómo están relacionado las irregularidades con el correcto funcionamiento de los elementos de una vivienda de mampostería reforzada?

4. JUSTIFICACIÓN

El departamento de Suchitepéquez, a lo largo de la historia ha demostrado los riesgos que se tienen por desconocimiento, malas prácticas, y falta de documentación donde establezcan parámetros que delimiten los procesos constructivos de la infraestructura de viviendas en mampostería reforzada. A pesar de que de esta tipología es la más utilizada en el lugar que se evidencia no sigue ninguna regla urbanística ni regulatoria técnica, y ante la lata amenaza sísmica que tiene el departamento, necesita fortalecer las debilidades en la construcción que se han caracterizado últimamente a causa de las irregularidades en planta y en perfil de la estructura, donde existe varios factores que originan que se obvie el desempeño estructural que tendrá las viviendas con este tipo de tipología.

La investigación tomará como fundamento la evaluación de asimetrías en rigidez y masas, bajo el concepto principal del análisis y diseño estructural de estructuras complejas, por lo que, es necesario identificar la mayoría de los efectos que conllevan las asimetrías de viviendas, así comprender, lo que se debe de permitir, delimitar y restringir para tener estructuras con un alto desempeño estructural, coherente con lo previsto a la realidad.

La presente investigación tiene como beneficiarios a ingenieros civiles, ingenieros estructurales, arquitectos, diseñadores, y maestros de obra enfocados en la construcción de viviendas de mampostería reforzada, además de estudiantes de carreras afines a la construcción que sirva de apoyo en acrecentar sus conocimientos, y al público en general que estén interesados en expandir sus conocimientos sobre el tema.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Determinar las irregularidades constructivas en viviendas de 3 o 4 niveles tipo cajón y cómo afecta su comportamiento ante un evento sísmico.

5.2. Específicos

- Demostrar la vulnerabilidad por asimetría en las viviendas construidas en el departamento de Suchitepéquez.
- Establecer el correcto funcionamiento de las estructuras para la construcción de viviendas tipo cajón.
- Conocer el desempeño estructural de las viviendas asimétricas de mampostería reforzada.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Se investigará las viviendas de 3 y 4 niveles tipo cajón del departamento de Suchitepéquez, las irregularidades que pudieran presentar por discontinuidades estructurales las cuales generan vulnerabilidad y qué consecuencias conlleva si se sigue promoviendo dichas irregularidades ante la amenaza sísmica existente en el departamento.

Para mitigar el riesgo lo que se prevé es documentar las viviendas existentes del departamento y hacer el comparativo de buenas prácticas mediante normativos constructivos actuales, de manera que en el futuro se disminuya el riesgo en futuras construcciones de viviendas en el departamento.

7. MARCO TEORICO

A lo largo de la historia de la humanidad, el hombre ha utilizado el propio entorno para moldear los materiales que tiene en abundancia para crear elementos útiles para su supervivencia, a la vez su fragilidad física del ser humano fue compensado con el intelecto y la relación social, con ello sobrevivir ante las adversidades que se han suscitado con el pasar del tiempo, con su ingenio se empezó a utilizar la unidad de mampostería para crear viviendas seguras, al principio era una masa de barro con algún elemento orgánico, para aglutinar y crear las primeras formas de vivienda con este elemento, su deficiencia era de consideración por lo que se ha ido perfeccionando hasta hoy en día.

7.1. Antiguas civilizaciones

Según ICA (2003) establece algunas civilizaciones que le dieron uso a las unidades de mamposterías fueron:

Sumeria, el cual fue la primera civilización en datarse, la mampostería era formada a mano y secadas al sol, la geometría se lo daban a través de moldes de madera los cuales daban la geometría de paralelepípedo.

Culturas mayas y olmecas, se desarrollaron en lo que hoy se encuentra México y Centroamérica, los mayas utilizaron la mampostería en los techos de las tumbas y se generalizo para los edificios ceremoniales, por otra parte, los olmecas con la construcción denominada la venta, el cual son muros hechos de bloque de barro rojo y amarillo unidos con barro.

Egipto y Grecia, por su lado Egipto por su abundancia en la materia prima de calizas, arenisca, granitos, basaltos y alabastro, fue su fuente para crear los bloques que fueron colocados en las pirámides y eran asentadas por morteros de cal y yeso. Grecia, se desarrolló por su belleza en su arquitectura, pero la abundancia de mármol lo que utilizó para revestir su gruesa mampostería de piedra caliza asentadas con morteros de cal.

Roma, por su parte la civilización romana utilizó piedra importada de diferentes canteras de Egipto y Grecia. Además de la creación del mortero de cemento y del concreto.

Los grandes avances que se dio en Roma con la creación del mortero de cemento y del concreto, hubo un tiempo de retroceso ya que se perdió la continuación de los materiales de construcción, sino después de tres siglos Smeaton en el año 1756 en Inglaterra, el fundador de la ingeniería civil incentivo en usar la unión de cal y puzolana italiana. (pp. 4-16)

Con el pasar del tiempo los materiales han tenido nuevas funciones estructurales, a través de la ciencia, se conocen atributos en sus propiedades mecánicas y con ello nuevas modernizaciones se han creado. Por ello el estilo gótico y a la bóveda prolifero lo que transformó los gruesos muros por muros esbeltos y las pequeñas ventanas en grandes luces, el cual se da gracias a la mampostería de arcilla o piedra con juntas gruesas de morteros de cal.

Con el pasar del tiempo se ha tecnificado los materiales de construcción para obtener mejores características en sus propiedades físicas y mecánicas.

7.2. Las placas tectónicas en Guatemala

La Mampostería en Guatemala se remonta desde los mayas hasta nuestra actualidad, es un elemento primordial en las construcciones de viviendas en Guatemala, su uso esta expandido en todos los departamentos.

Debido que Guatemala está delimitado por tres placas tectónica: la placa del Coco, la de Norteamérica y la del Caribe, como se demuestra en la figura 1. Lo que propicia que el territorio nacional sea altamente vulnerable ante los sismos.

Figura 1. **Placas tectónicas de Centroamérica**



Fuente: Burgos. (2013). *Geografía física y división política de América*. Consultado el 11 de septiembre de 2020. Recuperado de <https://es.slideshare.net/jorgeagarcia1428/sesion-de-repaso-geografa-fsica-y-divisin-poltica-de-amrica>.

Las microfallas que existen en Guatemala son varias las cuales algunas están inactivas, pero en cualquier momento pueden activarse y dañar significativamente las estructuras del país. Se establece daño estructural considerable sale a la luz durante un sismo por lo cual es necesario saber por

qué y cómo se producen estos embates de la naturaleza conocido en nuestro medio como terremotos (Granizo y Malusín, 2013).

Cabe destacar que el uso del adobe en las primeras construcciones denotaba problemas estructurales en las viviendas y edificios de la época. Debido su bajo nivel en sus propiedades mecánicas, así mismo, la utilización de la teja que es un elemento pesado para los techos hizo entrever que no era lo mejor para la construcción, por lo que su discontinuación ya era más que evidente.

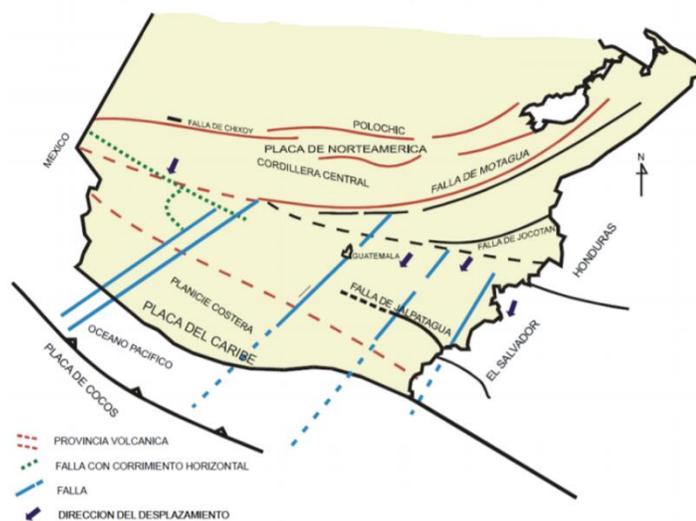
La unidad de mampostería usadas en la actualidad: tabique de barro cocido, tabique de barro con huecos verticales, bloque de concreto, y tabique de concreto.

Debido que Guatemala utiliza en los últimos años los tabiques de concreto, se le denomina con el nombre de block y son las más utilizadas en el país, el Ministerio Economía para mejorar la calidad de los materiales, creo un ente; el cual se le designo como COGUANOR en un su apartado en la NTG 41054 establece las especificaciones de geometría y sus propiedades mecánicas los cuales menciona una calidad de resistencia de 133 kg/cm², 100 kg/cm² y el mínimo de 66 Kg/cm² (Comisión Guatemalteca de Normas de Ministerio de Economía, 2012).

Cabe mencionar que COGUANOR tiene como objeto desarrollar actividades de normalización que contribuyan a mejorar la competitividad de las empresas nacionales y elevar la calidad de los productos y servicios que dichas empresas ofertan en el mercado nacional e internacional. Su ámbito de actuación abarca todos los sectores económicos (MINECO, 2019).

El departamento de Suchitepéquez se encuentra en el suroccidente del país, por su ubicación geográfica contribuye enormemente a que sea uno de los departamentos con alta sismicidad del territorio nacional. En la figura 2 se muestra parte del territorio, y en ello todas las fallas que están presentes.

Figura 2. **Fallas existentes en Guatemala**



Fuente: Ministerio de Energía y Minas. (2018). *Energía geotérmica*. Consultado el 13 de febrero del 2020. Recuperado de <https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2018/09/Energ%C3%ADa-Geot%C3%A9rmica.pdf>.

7.3. Consideraciones esenciales con la mampostería

Según Alcocer, Muriá y Peña (1999):

La mayor parte de las actividades de edificación dentro de la industria de la construcción tiene lugar en el ámbito de la vivienda, y dentro de el, en lo relacionado con la de tipo económico o de interés social. La insuficiente

oferta de vivienda es uno de los problemas sociales más serios que deberá enfrentar el país en el futuro inmediato. Se deberán procurar soluciones que satisfagan los diversos requisitos de una casa habitación, entre los cuales se encuentra la seguridad estructural. (p. 1)

Para que las viviendas de mampostería soporten las cargas de sismos dentro de un periodo de oscilación, es necesario reforzarlas con acero y estribos de confinamiento, su función esencial es resistir los esfuerzos de tensión y cortantes, creando un elemento que disipe la energía ocasionada por el sismo, el trabajando en conjunto del acero con la mampostería será capaz de resistir los esfuerzos de pandeo y fuerzas de corte horizontales que actúan sobre los muros. (Jiménez, 2004).

La configuración y diseño de una edificación está relacionada con la forma, el tipo, la disposición, la resistencia, la geometría, entre otros aspectos que puedan presentar los diferentes elementos estructurales o la edificación completa, como un conjunto dentro de un enfoque global (Zigurat Global Institute of Technology, 2019).

Con la relación de las fuerzas de inercia con la masa de las viviendas son directamente proporcionales. Deben evitarse fuertes diferencias en los pesos de pisos sucesivos, porque generan variaciones bruscas en las fuerzas de inercia y en la forma de vibrar de la edificación (Ardón, Dardón y Torres, 2007).

Las estructuras deberán de ser lo más regulares posibles en la geometría, ya que en un evento sísmico el elemento estructural con poca rigidez será la que generalmente se dañe. Si estas están en los niveles inferiores puede conllevar al efecto de piso suave o piso blando es una condición muy recurrente en las edificaciones y produce un comportamiento inadecuado por cambio abrupto de

rigidez y masa, más aún, por capacidad de deformación reducida abruptamente, funcionando todo ese nivel como fusible (Gonzalez y Gómez, 2008).

7.4. La mampostería en viviendas

La mampostería para viviendas tiene ventajas, ya que son buenas como aislantes del calor térmico, sonido, resistentes al fuego y basan su seguridad sísmica en la resistencia a carga lateral proporcionada por una muy elevada área transversal de pared en cada dirección, su bajo costo económico se vuelve accesible su utilización (Alvarado, Jimenez y Pineda, 2008).

El centro de masas de cada nivel coincide con el centroide del área en planta, sin embargo, cuando existe una concentración de muros hacia un lado de la planta, el centro de masas se correrá hacia esa zona, lo que deberá contemplarse en el análisis estructural. Incluso, la masa del tanque de agua elevado podría causar el desplazamiento del centro de masas hacia esa zona, generando torsión que afecta a todos los pisos (San Bartolome, 2005).

El exceso de derivas en la edificación de mampostería ante la carga de sismo puede definirse como la susceptibilidad a sufrir grandes deformaciones laterales de los diferentes pisos, conocidas como derivas. Las principales causas de este problema residen en la excesiva distancia entre los elementos de soporte (claros o luces), las alturas libres y la rigidez de los mismos (Mayorga, 2017).

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

- 1.1. Antiguas civilizaciones
- 1.2. Las placas tectónicas en Guatemala
- 1.3. Consideraciones esenciales con la mampostería
- 1.4. La mampostería en viviendas

2. DESCRIPCIÓN DE LAS VIVIENDAS EN EL DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ

- 2.1. Diseños hechos en el departamento
- 2.2. Recopilación de Información de las viviendas del departamento
- 2.3. Identificación de las asimetrías en viviendas de mampostería en la región
- 2.4. Deficiencias en elementos estructurales en viviendas tipo cajón en la región
- 2.5. Geometrías adecuadas para mampostería

3. REGLAMENTOS DE CONSTRUCCIÓN

- 3.1. Reglamentos municipales de construcción en el departamento
- 3.2. Requerimientos mínimos para construcción
- 3.3. Parámetros de delimitación o restricción en viviendas

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

- 4.1. Errores y desaciertos en la construcción
- 4.2. Evaluación de condiciones existentes
- 4.3. Desempeño estructural de las viviendas
- 4.4. Resultados de investigación

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICE

9. METODOLOGÍA

9.1. Tipo de estudio

La presente investigación es tipo descriptivo y considera elementos cuantitativos al considerar en obtener información esencial de las asimetrías de las viviendas de 3 o 4 niveles del departamento de Suchitepéquez, además un alcance explicativo para demostrar los riesgos que tendrá las asimetrías ante un evento sísmico.

Tabla I. **Tipología**

Campo	Variable	Tipo	Definición teórica	Definición operativa	Indicadores
Asimetrías en perfil y planta en viviendas tipo cajón.	El número de viviendas de 3 y 4 niveles, del departamento de Suchitepéquez con geometrías irregulares.	Descriptivo.	Describir las viviendas de la región para obtener los parámetros de las viviendas con riesgos y cómo prevenir a futuras viviendas considerando que la región es altamente sensible a sismos.	Por medio de investigación presencial en las viviendas y documentación de las municipalidades sus normativos de construcción para obtener los datos de importancia.	Irregularidades. Desempeño estructural.

Fuente: elaboración propia

9.2. Fases del estudio

A continuación, se detallan las fases más importantes de la propuesta:

9.2.1. Fase 1: exploración bibliográfica

En esta fase se obtendrá información relacionada a los temas de interés respecto al tema de las viviendas de mampostería, su origen hasta su actualidad. En base a ello, se tendrá una comprensión del tema amplia para las futuras fases.

9.2.2. Fase 2: recopilación de datos

En la fase 2, se prevé la recolección de datos en la geometría de viviendas de 3 o 4 niveles existentes en el departamento de Suchitepéquez, para comprender si las asimetrías están en el rango aceptado, o están en parámetros que incrementa la vulnerabilidad ante un evento sísmico.

9.2.3. Fase 3: análisis de los datos

En esta fase se detallará la incidencia de las viviendas de mampostería en asimetrías y comparación de los datos previstos en las normas en irregularidades en planta y elevación.

9.2.4. Fase 4: discusión de resultados

En esta fase se procederá a la discusión de los resultados de las viviendas de 3 y 4 niveles construidas en el departamento y cómo prevenir construcciones con alto riesgo.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Por medio de un análisis inferencial, se investigará las asimetrías que se dan en las viviendas de 3 y 4 niveles tipo cajón en los 21 municipios que corresponden al departamento de Suchitepéquez, y además de obtener los datos de los requisitos y formularios de construcción de las municipalidades para describir los riesgos de las viviendas, considerando que el departamento el índice de sismicidad es elevado, determinar el grado de vulnerabilidad presentes en las viviendas.

A partir de lo recopilado en campo de las viviendas se analizará con lo propuesto en normativos internacionales y de documentos de filosofía de diseño de mampostería, para la comprobar si las viviendas están en el parámetro de lo recomendado y además de hacer descripciones de lo admisible, delimitaciones y restricciones.

Se tomará en consideración los conocimientos del personal de la construcción del departamento para observar sus experiencias en las asimetrías de las viviendas de la región.

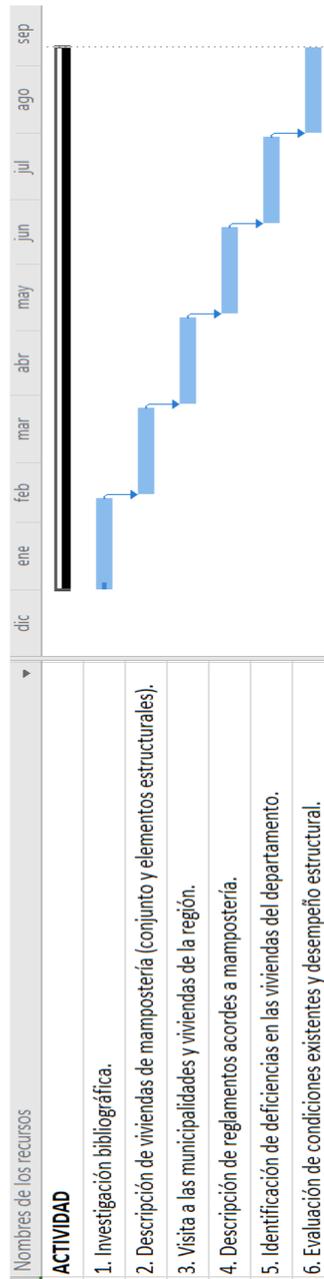
Al establecer los parámetros de construcción dados por normativos y estudios técnicos sobre las viviendas de mampostería, se comparará con las viviendas existentes en el departamento.

A partir de la investigación en las irregularidades de las viviendas se contemplará las siguientes etapas.

- Investigación preliminar de viviendas de mampostería.
- Información municipal de documentación.
- Información de campo de las viviendas.
- Información a través de personal de construcción del departamento sobre asimetrías.
- Investigación de normativos y manuales.
- Análisis comparativo.
- Descripción de diseño de viviendas tipo cajón delimitaciones o restricciones.
- Discusión de resultados.

11. CRONOGRAMA

Figura 3. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

A continuación, se presenta la factibilidad del estudio:

Tabla II. Recursos para la investigación

Núm.	Actividad	Unidad	Precio	Total
1	Asesoramiento de tesis	Global	Q. 2,500.00	Q. 2,500.00
2	Depreciación del Carro (2 meses)	Global	Q. 4,633.33	Q. 4,633.33
3	Viáticos	Global	Q. 2,100.00	Q. 2,100.00
4	Software Revit	Global	Q. 3,682.16	Q. 3,682.16
Total				Q. 12,915.49

Fuente: elaboración propia

La investigación científica es técnicamente factible ya que se considerará que el tiempo establecido cumple con los requisitos preestablecidos por la escuela de postgrado. Así mismo, es económicamente viable patrocinado por mi persona para culminar la iniciación y finalización de la misma.

13. REFERENCIAS

1. Alcocer, S., Muriá, D. y Peña, I. (1999). *Comportamiento Dinámico de Muros de Mampostería Confinada*. México: UNAM. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/David-Vila-3/publication/324825641_COMPORTAMIENTO_DINAMICO_DE_MUROS_DE_MAMPOSTERiA_CONFINADA/links/5ae4f9e9a6fdcc3bea95db02/COMPORTAMIENTO-DINAMICO-DE-MUROS-DE-MAMPOSTERiA-CONFINADA.pdf.
2. Alvarado, O., Jiménez, R. y Pineda, S. (2008). *Influencia de la Estructuración Sísmica en el Proceso del Diseño Estructural en Edificios* (Tesis de licenciatura). Universidad de El Salvador. El Salvador. Recuperado de <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4384/1/PDFsamTMPbufferNRHWR1.pdf>.
3. Ardón, E., Dárdon, M., y Torres, Á. (2007). *Guía para el Control de Calidad del Diseño Estructural y de la Construcción de Viviendas de Una y Dos Plantas de Mampostería de Bloque de Concreto*. Salvador: Universidad de El Salvador. Recuperado de <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4509/1/Gu%C3%ADa%20para%20el%20control%20de%20calidad%20del%20dise%C3%B1o%20estructural%20y%20de%20la%20construcci%C3%B3n%20de%20viviendas%20de%20una%20y%20dos%20plantas%20de%20mamposter%C3%ADa%20de%20bloque%20de%20concreto.pdf>.

4. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, (2018). *NSE 7.4 Diseño de Mampostería Reforzada, Actualización 2020*. Guatemala. Recuperado de <https://www.agies.org/wp-content/uploads/2020/08/NSE-7.4-2018-Disen%CC%83o-de-Mamposteri%CC%81a-Reforzada.pdf>.
5. Burgos, J. (23 de febrero de 2013). *Geografía física y división política de América*. [Diapositiva de PowerPoint]. SlideShare. Recuperado de <https://es.slideshare.net/jorgeagarcia1428/sesion-de-repaso-geografa-fsica-y-divisin-poltica-de-amrica>.
6. Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para Obras Civiles. (2007). *Reglamento Argentino de Estructuras de Mampostería*. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
7. Centro Nacional de Desastres. (2014). *Seguridad Sísmica de la Vivienda Económica*. México: CENAPRED. Recuperado el 25 de agosto de 2020, de <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/204CUADERNODEINVESTIGACINSEGURIDADSSMICADELAVIENDAECONMICA.PDF>.
8. Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía. *NTG 41054 Bloques huecos de concreto para muros*. Guatemala: COGUANOR.
9. Fuentes, N. (2008). *Análisis y Diseño Estructural de Edificios de Mampostería de Bloques de Concreto*. (Tesis de licenciatura). Universidad de El Salvador, El Salvador. Recuperado de <http://opac.fmoues.edu.sv/infolib/tesis/50107169.pdf>.

10. Gonzalez, R. y Gómez, M. (2008). *Efectos de la irregularidad en planta por forma arquitectónica*. Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural. Veracruz, México. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/261642084_Efectos_de_la_irregularidad_en_planta_por_forma_arquitectonica.
11. Granizo, S. y Masulín, G. (2013). *Estudio de la Configuración Estructural en Planta y Elevación y su Incidencia en la Estabilidad de un Edificio*. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
12. ICA, F. (2003). *Edificaciones de Mampostería para Vivienda*. México.
13. Jiménez, C. G. (2004). *Análisis de las causas que dieron origen a los daños estructurales, en las edificaciones del Estado de Puebla, provocados por el sismo del 15 de junio de 1999*. Puebla, México: Universidad de las Américas Puebla. Recuperado de http://caterina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/murillo_j_cg/.
14. Mayorga, J. (2017). *Elaboración de un Manual del Proceso Constructivo de Mampostería en Nicaragua*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Unan-Managua, Nicaragua. Recuperado de <https://repositorio.unan.edu.ni/1105/1/73583.pdf>.
15. Ministerio de Economía de Guatemala (2019). *Catalogo COGUANOR 2019*. Economía. Guatemala. Obtenido de https://www.mineco.gob.gt/sites/default/files/contenido_catalogo_coguanor_2019.pdf.

16. Ministerio de Energía y Minas. (2018). *Energía geotérmica*. Guatemala. Consultado el 13 de febrero del 2020. Recuperado de <https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2018/09/Energ%C3%ADa-Geot%C3%A9rmica.pdf>.
17. Monzón, H. (2010). *Aún no nos ha tocado lo peor*. Guatemala. Prensa Libre. Recuperado el 25 de agosto de 2020, de <https://www.agies.org/wp-content/uploads/2018/02/A%D0%B3n-no-nos-ha-tocado-lo-peor.pdf>.
18. Monzón, H. y Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, (2014). *Manual de Diseño Sismo-Resistente Simplificado Mampostería de Block de Concreto para Guatemala*. Guatemala. Recuperado de <https://www.agies.org/wp-content/uploads/2018/02/Manual-de-Disen%C3%A9o-Sismo-Resistente-Simplificado-para-Guatemala-Mamposteri%C3%A1a-de-Block-de-Concreto.pdf>.
19. San Bartolomé, Á. (2005). *Comentarios a la Norma Técnica de Edificación E.070 Albañilería (Capítulos 1 a 10)*. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de https://es.slideshare.net/roy_foker01/comentarios-norma-e-070-52914355.
20. Sísmica. (2004). Capacidad de Deformación de Muros de Albañilería Confinada para Distintos Niveles de Desempeño. Revista de Ingeniería Sísmica, núm. 70. México. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/26506098_Capacidad_d

e_deformacion_de_muros_de_albanileria_confinada_para_distintos_niveles_de_desempeno.

21. Zigurat Global Institute of Technology. (16 de agosto, 2019). Engineers & Architects Blog. Recuperado de <https://www.e-zigurat.com/blog/es/configuracion-estructural-problematica/>.
22. Zuñiga, O. (2005). *Evaluación Analítica de la respuesta Sísmica de las Edificaciones de Mampostería*. (Tesis de Postgrado). Universidad Autónoma Metropolitana, México. Recuperado de <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/5728>.

