

# **UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SISMICA DE VIVIENDAS INFORMALES  
DEL CENTRO POBLADO MENOCUCHO, DISTRITO DE LAREDO,  
PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD, 2018”**

**TESIS  
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

**Bach. QUIJANO MUÑOZ, DANTE FRANCISCO**

**Bach. TUNANTE QUIROZ, ANA EMPERATRIZ**

**ASESOR:**

**MG. ING. DURAND BAZÁN, ENRIQUE MANUEL**

**TRUJILLO – PERÚ**

**2020**



El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por los (las) **Bachiller Dante Francisco Quijano Muñoz y Bachiller Ana Emperatriz Tunante Quiroz**, denominada.

**“ANALISIS DE VULNERABILIDAD SISMICA DE VIVIENDAS INFORMALES  
DEL CENTRO POBLADO MENOCUCHO, DISTRITO DE LAREDO,  
PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD, 2018”**

**HOJA DE FIRMAS**

---

ASESOR

---

PRESIDENTE

---

SECRETARIO

---

VOCAL



## **DEDICATORIA**

Esta tesis esta dedicada en primer lugar a Dios por guiarnos en el camino del bien y por la oportunidad de seguir este camino, por llenarnos de coraje ante cualquier adversidad. A nuestros queridos Padres y familiares por su apoyo, consejos, y habernos encaminado y fortalecido para lograr nuestros objetivos profesionales.

**Quijano Muñoz Dante Francisco**

**Tunante Quiroz Ana Emperatriz**



## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por ser la guía de nuestras vidas y de este camino recorrido en toda nuestra etapa universitaria. A nuestras familias por la confianza y el apoyo que siempre nos han demostrado su amor, corrigiendo nuestros errores y felicitando nuestros aciertos. A nuestra casa de estudios Universidad Privada de Trujillo, quien nos brindó los conocimientos necesarios en nuestra formación académica, A los docentes de la escuela de Ingeniería Civil por inculcarnos los conocimientos necesarios para nuestra vida profesional. A nuestro asesor Mg. Ing. Enrique Durand Bazán, por el asesoramiento para poder llevar a cabo la realización de este proyecto.

**Los autores**



## INDICE

HOJA DE FIRMAS .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Realidad Problemática .....	6
1.2. Formulación del Problema.....	6
1.3. Justificación .....	8
1.4. Objetivos .....	8
1.5. Antecedentes .....	9
1.6. Bases Teóricas .....	12
1.6.1. Viviendas Informales en el Perú.....	12
1.6.1.1. Proceso Típico de las Construcciones Informales.....	16
1.6.1.2. Viviendas Informales ante un sismo.....	16
1.6.2. El Sismo.....	16
1.6.2.1. Definición.....	16
1.6.2.2. Clasificación.....	17
1.6.2.3. Causas.....	19
1.6.2.4. Características.....	21
1.6.3. Vulnerabilidad Sísmica.....	22
1.6.3.1. Tipos de Vulnerabilidad.....	23
1.6.3.2. Factores que influyen en la Vulnerabilidad Estructural.....	24
1.6.3.3. Métodos para Evaluar la Vulnerabilidad Sísmica.....	26
1.7. Definición de Términos Básicos .....	30
1.8. Formulación de la hipótesis .....	31
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	31
2.1. Material .....	31
2.2. Material de estudio.....	31
2.2.1. Población.....	31
2.2.1. Muestra.....	31
2.3. Técnicas, Instrumentos y Procedimientos de Recolección de datos.....	33
2.3.1. Para recolección de datos .....	33



2.3.2. Para procesar datos.....	34
2.4. Operacionalización de variables .....	50
2.5. DESARROLLO DE TESIS .....	51
III. RESULTADOS.....	51
1. Resultados de la densidad de muros .....	51
2. Resultados de la estabilidad de muros no portantes al volteo .....	53
3. Resultados de la Evaluación de la Mano de Obra .....	53
4. Resultados del Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica .....	53
IV. DISCUSIÓN. ....	55
V. CONCLUSIONES .....	57
VI. RECOMENDACIONES.....	58
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
VIII. ANEXOS. ....	61



## INDICE DE TABLAS Y GRAFICOS

### TABLAS

Tabla 1: Limitaciones Y Sus Soluciones En La Investigación.....	8
Tabla 2: Ejemplo De Una Matriz De Probabilidad De Daño Dpm.....	28
Tabla 3: Parámetros Para Evaluar La Vulnerabilidad Sísmica.....	47
Tabla 4: Rangos De La Vulnerabilidad Sísmica.....	47
Tabla 5: Combinaciones De Los Parámetros Para La Evaluación Vulnerabilidad Sísmica.....	48
Tabla 6: Densidad De Muros En La Dirección Paralela A Las Fachadas De Las Viviendas.....	50
Tabla 7: Densidad De Muros En La Dirección Perpendicular A Las Fachadas De Las Viviendas.....	51
Tabla 8: Resultados De La Evaluación De La Estabilidad De Muros No Portantes Al Volteo.....	52
Tabla 9: Resultados De La Evaluación De La Mano De Obra.....	53
Tabla 10: Vulnerabilidad Sísmica En El centro poblado Menocucho.....	53

### GRAFICOS

Gráfico 1: Densidad De Muros En La Dirección Paralela A Las Fachadas De Las Viviendas.....	52
Gráfico 2: Densidad De Muros En La Dirección Perpendicular A Las Fachadas De Las Viviendas.....	52
Gráfico 3: Resultados De La Evaluación De La Estabilidad De Muros Al Volteo.....	53
Gráfico 4: Resultados De La Evaluación De La Mano De Obra.....	54
Gráfico 5: Vulnerabilidad Sísmica en el centro poblado Menocucho.....	54



## RESUMEN

La presente investigación desarrolló el análisis de la vulnerabilidad sísmica de viviendas informales conformadas por sistema de albañilería confinada en el centro poblado Menocucho, Distrito de Laredo, Provincia Trujillo, Departamento La Libertad. El centro poblado Menocucho ha crecido considerablemente en los últimos años, existiendo una gran cantidad de viviendas informales que sus propietarios las construyeron sin ninguna asesoría profesional, entonces la presente investigación se realizó con la finalidad de determinar qué tan vulnerables son estas viviendas ante un evento sísmico, basando en las normas como la E-030 de diseño Sismorresistente y la E-070 de albañilería confinada.

Esta investigación es no experimental debido a que solo se observó la variable independiente, teniendo como muestra a 50 viviendas informales del centro poblado Menocucho y la técnica empleada es la Encuesta mediante el instrumento Cuestionario para la recolección de datos, y con respecto al análisis de datos, se usó el método la estadística descriptiva.

Para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales, en una primera etapa se aplicó ficha de recolección de datos, con la cual se logró tener información histórica que contempla la calidad de mano de obra usada en la construcción, e información estructural de las viviendas estudiadas, como la densidad de muros existentes en ambas direcciones de la estructura y la estabilidad al volteo de los muros no portantes como los divisorios, parapetos y perimétricos. Estos 3 factores se procesaron y se logró determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales.

Los resultados obtenidos fue que la densidad de muros en la dirección X se calificó como adecuado a 9 viviendas, aceptable a 2 viviendas e inadecuado a 39 viviendas; y con respecto a la dirección Y se calificó como adecuado a 45 viviendas, aceptable a 0 viviendas e inadecuado a 5 viviendas. La estabilidad de muros no portantes al volteo se obtuvo como estables a 2 viviendas, algunos estables a 34 viviendas y todos inestables a 14 viviendas. Con respecto a la evaluación de la mano de obra, se obtuvo como buena a 4 viviendas, regular a 25 viviendas y mala a 11 viviendas. Como conclusión principal fue que las viviendas del centro poblado Menocucho tienen una vulnerabilidad sísmica de categoría Alta un 80%, media un 12% y baja un 8%, así que las viviendas del centro poblado Menocucho tienen un grado alto de vulnerabilidad sísmica.





## ABSTRACT

The present investigation developed the analysis of the seismic vulnerability of informal housing conformed by a masonry system confined in the town center Menocucho, District of Laredo, Province Trujillo, Department La Libertad. The populated center Menocucho has grown considerably in recent years, there being a large number of informal homes that were built by their owners without any professional advice, so this research was carried out in order to determine how vulnerable these homes are to a seismic event, based on standards such as the E-030 earthquake-resistant design and the E-070 of confined masonry.

This research is non-experimental because only the independent variable was observed, having as a sample 50 informal homes of the Menocucho populated center and the technique used is the Survey using the Questionnaire instrument for data collection, and with respect to data analysis, the descriptive statistics method was used.

For the evaluation of the seismic vulnerability of the informal homes, in a first stage a data collection sheet was applied, with which it was possible to have historical information that contemplates the quality of labor used in the construction, and structural information of the homes studied, such as the density of existing walls in both directions of the structure and the stability of the non-bearing walls such as partitions, parapets and perimeter. These 3 factors were processed and the seismic vulnerability of informal housing was determined.

The results obtained were that the density of walls in the X direction was rated as adequate to 9 homes, acceptable to 2 homes and inadequate to 39 homes; and with respect to address Y, 45 homes were classified as adequate, acceptable to 0 homes and inadequate to 5 homes. The stability of non-bearing walls when turning was obtained as stable to 2 homes, some stable to 34 homes and all unstable to 14 homes. With respect to the evaluation of the workforce, 4 houses were obtained as good, regular 25 houses and 11 houses poor. The main conclusion was that the homes of the Menocucho populated center have an 80% seismic vulnerability, an average of 12% and an 8% decrease, so that the homes of the populated Menocucho center have a high degree of seismic vulnerability.



## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

Los terremotos de cualquier tamaño que ocurren en el planeta son realmente frecuentes y se estima que ocurren varios millones de ellos en la Tierra cada año, pero la gran mayoría no son siquiera detectados por los instrumentos, los sismógrafos, debido a que ocurren en zonas remotas o son de magnitudes muy pequeñas. En base de observaciones estadísticas realizadas desde 1900, nos indica que los movimientos sísmicos de magnitud superior a 6 que ocurren anualmente se han mantenido constantes. Si bien estas estadísticas no han variado, los grandes avances en las comunicaciones a nivel global sí, esto ha representado un cambio significativo en la percepción que tiene la población sobre la cantidad de movimientos sísmicos que se producen en la actualidad, (Ugalde, 2016). Los movimientos sísmicos producidos son significativos en edificaciones con una **vulnerabilidad sísmica** y/o peligrosidad sísmica alta, y en los últimos años, la humanidad ha sido testigo de la significativa ola de desastres que han provocado estos movimientos sísmicos de grandes magnitudes, es por ello que **la ingeniería antisísmica o ingeniería sismorresistente**, trata de dar algunos lineamientos que contrarresten este fenómeno y no repercuta tanto en la población. Esta rama de la ingeniería tiene como filosofía de diseño: evitar pérdidas de vidas humanas, asegurar la continuidad de los servicios básicos y minimizar los daños de la propiedad, ante la ocurrencia de un sismo; y como principios de diseño nos indica que una estructura no debería colapsar ante sismos severos y también la estructura debería soportar movimientos sísmicos moderados, experimentando posibles daños dentro de los límites permisibles. (Norma E030)

**En Chile**, el Departamento de Ingeniería Estructural y Geotécnica de la Universidad Católica (UC) dio a conocer los principales resultados de un estudio sobre *vulnerabilidad sísmica* de las edificaciones residenciales, tras estimar el número, la tipología y distribución de estas estructuras en el país. La iniciativa permitió generar un modelo de exposición sísmica de estructuras residenciales, que ayuda a mejorar los cálculos de riesgo frente a futuros sismos y a gestionar las capacidades técnicas de construcción de las viviendas. El estudio muestra que el 53% de las casas del país son de albañilería, un 34% de madera y un 8% de hormigón armado. El resto se distribuye en construcciones de adobe y otros materiales. Así mismo el ingeniero Hernán Santa María, académico UC, agregó que usando los datos de los censos del 2002 al 2012, se pudo definir 18 diferentes tipologías de estructuras residenciales en el país, esto permitirá una mejor evaluación de la vulnerabilidad.

**En Colombia**, la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS) ha elaborado el “Manual de Construcción, Evaluación y Rehabilitación Sismo Resistente de Viviendas de Mampostería”, donde en el capítulo 2 de dicho manual se da una serie de lineamientos para evaluar de forma sencilla la *vulnerabilidad sísmica* de viviendas de uno o dos pisos ya existentes. La metodología de este manual consiste en evaluar una serie de factores, tales como: aspectos geométricos, aspectos constructivos, aspectos estructurales, cimentación, entorno y el suelo.

**En República Dominicana**, fue creada en el 2001 la Oficina Nacional de Evaluación Sísmica y Vulnerabilidad de Infraestructura y Edificaciones (ONESVIE), dicha institución tiene como misión evaluar la capacidad sísmica de las edificaciones existentes, elaborar su diagnóstico y realizar propuestas de reforzamiento o demolición según sea el caso; y su visión es minimizar el riesgo sísmico de las edificaciones e infraestructuras públicas y privadas del país, así como proteger a los ciudadanos. Los trabajos realizados por la ONESVIE hasta enero del 2016, nos indican que ya se tiene conocimiento del estado del 40% de las edificaciones públicas y 10% de privadas. Entre los principales estudios de evaluación de las edificaciones existentes realizadas por esta entidad, tenemos los siguientes: la evaluación al edificio del Palacio Nacional y el Sistema Dominicano de la Seguridad Social el cual encontraron que está preparado para enfrentar un sismo fuerte, así como el de la Superintendencia de Bancos, Ministerio de Turismo, Medio Ambiente y de Deportes, por otro lado en San Cristóbal se evaluaron 328 escuelas, de las cuales, un 8% advirtieron en 2014 que necesitaba una intervención urgente. **En Perú**, se estima que cerca de un millón de casas no brindan las garantías ante un terremoto, así lo afirmó la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) y esto producto de la autoconstrucción, que es un proceso de construcción que carece de estudios técnicos, y que son ejecutados con materiales de mala calidad y bajo una mano de obra deficiente. El Centro Peruano-Japonés de Investigación Sísmica y Mitigación de Desastres (CISMID), de la Universidad Nacional de Ingeniería es una institución enfocada a las investigaciones sobre ingeniería sísmica, en el año 2014 culminó los estudios de *vulnerabilidad sísmica* realizadas a 14 hospitales de la capital del país bajo la administración del ministerio de salud (MINSAs).

**En Ica**, el ing. Ricardo Oviedo, especialista en ingeniería sismo resistente, realizó un estudio de vulnerabilidad sísmica en edificaciones educativas en el distrito de Ica (1999), encontrando que el riesgo sísmico es alto en un 14%, riesgo sísmico medio en un 73% y un riesgo sísmico bajo en un 13 %, además señaló que para mitigar este desastre, se debe

reducir la vulnerabilidad sísmica de la estructura, y esto se puede lograr de dos formas. La primera es para el caso de construcciones futuras, donde reducir la vulnerabilidad implica cumplir con todas las normas sísmo resistentes, mejorando la tecnología y teniendo una mejora en la calidad de la construcción; el segundo caso es aplicable a construcciones existentes, donde una reducción de vulnerabilidad se justifica evaluando la estructura, con el fin de decidir su posterior reforzamiento, rehabilitación o demolición.

**En Trujillo**, César Flórez, subgerente de Defensa Civil del Gobierno Regional de La Libertad (2016), advirtió que la ciudad de Trujillo y sus alrededores presenta alta *vulnerabilidad sísmica* ante la ocurrencia de un sismo de gran magnitud. Lugares como Alto Trujillo y Alto Salaverry tienen suelos arenosos y viviendas en estos sectores colapsarían. La vulnerabilidad sísmica es causada por varios factores, pero uno de las principales causas es la construcción informal, y según el arquitecto Juan Alcázar (2016), de producirse un sismo de grado 7 en la escala de Richter, el 60% de viviendas en Trujillo colapsaría, esto basándose en que el sector urbano ha crecido de manera desordenada y sin tomar en cuenta el tipo de suelo, ni siguiendo una adecuada planificación urbana.

En el Perú la vulnerabilidad sísmica de las Estructuras se puede controlar aplicando las Norma Técnica del Reglamento Nacional de Edificaciones, como: la E-030 de “Diseño Sismorresistente”, E-060 de “Concreto Armado”, E-070 “Albañilería”; es decir, cumpliendo con las normas de diseño que se nos proporcionan, se reduciría de manera considerable la vulnerabilidad sísmica.

(Florez, 2002) Encontró que en general, las viviendas autoconstruidas en los distritos de Villa el Salvador y Carabayllo presentan una calidad de construcción mediana. Sin embargo, muchas de las viviendas encuestadas presentan problemas estructurales, que podrían afectar adversamente su desempeño sísmico. Los factores adversos más comunes son las rajaduras en muros, la presencia de eflorescencia que destruye la albañilería y la corrosión del acero de refuerzo en elementos estructurales. Otro problema frecuente se debe a que muchas veces los pobladores, por desconocimiento, construyen sus viviendas en zonas que no son sísmicamente adecuadas, como suelo no consolidado, zonas de gran pendiente, quebradas entre cerros y rellenos.

(Lazares, 1994) Encontró que la zona de estudio presenta en general un alto riesgo de desastre sísmico, debido a la existencia de los niveles de vulnerabilidad alta y media en la mayoría de las edificaciones de las ciudades de Ilo, Moquegua y Tacna. Dicha vulnerabilidad está afectada por el peligro natural de ocurrencia de un sismo de gran magnitud que existe en la zona. De ocurrir dicho sismo se manifestaría probablemente en



intensidades entre VII, VIII y IX M.M.A-92 dependiendo de las condiciones locales en cada ciudad.

(Farfan & Díaz, 2009) En su investigación estimaron que un total de 1'131,813.74 m<sup>2</sup> de área construida en el sector 12 de la ciudad de Guatemala, equivalente al 43.80% del total del área construida en el sector evaluado, sufrirá daños severos por un fenómeno sísmico con aceleraciones del suelo del orden de 0.3g en la componente horizontal, cuya probabilidad de ocurrencia es de, al menos, una vez en cincuenta años. Así mismo señalaron que los índices de vulnerabilidad estructural de las 3,849 unidades estructurales del área evaluada dentro del sector en estudio se presentan en las siguientes proporciones: mínima 53.29%, Significativa 34.78%, Alta 8.41%, Muy alta 3.51%.

Las construcciones Informales en todo el Perú es básicamente producto del sub desarrollo del país. Muchas familias por la falta de recursos económicos y de las necesidades de tener un hogar, prefieren autoconstruir sus viviendas en lugar de buscar la ayuda profesional que se requiere para poder construir una vivienda segura. Otro aspecto importante es la falta de interés de las municipalidades distritales en orientar a su población para evitar la informalidad de viviendas.

Las investigaciones realizadas hasta la actualidad nos indican que las viviendas con mayor grado de vulnerabilidad sísmica autoconstruidas son realizadas por los mismos propietarios de la vivienda o por la contratación de un albañil o maestro de obra, lo cual resulta una mano de obra económica, pero que a su vez es deficiente. Los principales problemas de la autoconstrucción de viviendas observados son las rajaduras, la corrosión de las varillas, la incorrecta distribución de la densidad de muros. Todo ello contribuye a un mayor grado de vulnerabilidad Estructural de las viviendas ante la presencia de cualquier sismo de moderada intensidad.

No se encontró información de empresas que hayan realizado estudios o trabajos relacionados con la Vulnerabilidad sísmica, sin embargo, se consideró investigaciones realizadas en el Perú, las cuales se enfocan en el análisis y estudio de la vulnerabilidad sísmica en vivienda producto del proceso de la autoconstrucción o también denominadas construcciones informales.

La autoconstrucción o también denominada construcción informal es el proceso de construcción o edificación de una vivienda realizada directamente por sus propios

usuarios sin la asesoría técnica profesional adecuada, ni con los materiales de calidad idóneos para tal fin, lo que constituye en su mayoría viviendas de alta vulnerabilidad sísmica, generando un riesgo a los residentes de estas viviendas.

En la actualidad, la autoconstrucción sigue siendo una actividad muy practicada en el país por parte de personas que no cuentan con un correcto criterio de diseño ni una adecuada preparación técnica. Las construcciones de viviendas deben realizarse por un profesional (Arquitecto y/o Ingeniero Civil), para que supervise la calidad tanto de la mano de obra como de los materiales empleados.

El nivel socio-económico de la población hace que los mismos propietarios de la vivienda se vean en la necesidad de practicar esta actividad o en su defecto contratar una mano de obra barata de un albañil, para construir sus viviendas, evitándose así contar con el servicio de un profesional más capacitado. Las viviendas se construyen de acuerdo a las posibilidades económicas del propietario de la vivienda. En el departamento de La Libertad la tasa de crecimiento promedio anual según el último censo realizado en el año 2007 por el INEI fue de 1.7%, y una estimación realizada para el quinquenio 2010-2015 obtuvo un valor de 1.3%. Si bien es cierto el crecimiento poblacional ha disminuido con respecto a años anteriores, esto no quita el hecho de que la población igual sigue aumentando. Es por ello que el crecimiento anual de la población es otro factor ligado a la autoconstrucción, ya que origina un incremento en la demanda de viviendas para las nuevas familias que se van formando.

La planificación Urbana es un factor importante en las construcciones de viviendas, cuyo ente regulador son las municipalidades, ya que es cotidiano ver que estas entidades autorizan la construcción de estas edificaciones, sin realizar un riguroso control para ello y otras veces las entidades tienen un gran desconocimiento de dichas construcciones, debido a que esta actividad es realizada en invasiones de terreno (construcciones informales).

La calidad de los materiales también es un factor que interviene en la autoconstrucción, ya que para la realización de esta actividad se cuenta con materiales de una calidad de regular a deficiente. El almacenamiento de estos materiales en la mayoría de las veces es inadecuado, como por ejemplo el cemento es expuesto a la humedad natural del lugar, igualmente las varillas de fierro. Lo que conlleva a la obtención de elementos estructurales pocos resistentes.

En esta investigación, se quiere determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales de en el centro poblado Menocucho que por lo general son construidas de albañilería confinada. Para ello se analizará todo lo que concierne a la vivienda como errores arquitectónicos, análisis estructural y procesos constructivos de las viviendas



construidas informalmente ya que las construcciones de viviendas en el centro poblado Menocucho, se puede observar que la mayoría carecen de diseño arquitectónico, estructural y usan materiales de construcción de mala calidad. Además, las viviendas son construidas por pobladores de la misma zona, quienes no poseen los conocimientos necesarios para una buena práctica constructiva.

Con los análisis de vulnerabilidad sísmica de las viviendas del centro poblado Menocucho, se quiere determinar la clasificación de las viviendas informales en vulnerabilidad baja, vulnerabilidad media y vulnerabilidad alta, para poder estimar el grado de riesgo que se encuentran las viviendas.

Actualmente el centro poblado Menocucho no presenta alguna investigación sobre vulnerabilidad sísmica de sus viviendas en todo el distrito, la consecuencia principal de no hacer esta investigación y al no tener hecha otro tipo de investigación parecida es que las autoridades y la población del distrito no tomarán consciencia de lo grave que es permitir la construcción de viviendas informales, ya que al no tener los criterios técnicos, estas sufrirán grandes daños tanto las viviendas como sus habitantes durante la presencia de algún evento sísmico considerable. Otra consecuencia sería las grandes pérdidas económicas que se producirán si las personas del distrito siguen construyendo pisos superiores en sus viviendas de manera informal sin los conocimientos técnicos para tener una vivienda segura al no saber lo vulnerable que son sus viviendas; ya tenemos un claro ejemplo con los huaicos producidos en el 2017 en la ciudad de Trujillo y de algunos distritos donde sus viviendas colapsaron por acción del agua frente a viviendas deficientes dejando en total desamparo de sus habitantes que lo perdieron casi todo.

## **1.2. Formulación del Problema**

¿Cuál es el análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas construidas informalmente en el centro poblado Menocucho?

## **1.3. Justificación**

Esta investigación se justifica en determinar el grado de vulnerabilidad de las viviendas informales de albañilería confinada en el centro poblado Menocucho, distrito de Laredo ya que en la actualidad hay un alto índice de viviendas informales en el Distrito y en el País. Con el estudio que se realiza en esta presente investigación, se beneficiarán indirectamente los habitantes del centro poblado Menocucho, distrito de Laredo y la Municipalidad Distrital de Laredo, conociendo en que calidad de viviendas están viviendo y qué pasaría con ellas ante un evento sísmico.



Esta investigación nace con la necesidad de brindar información sobre la vulnerabilidad Sísmica del distrito, y así poder determinar el nivel de daño que presentaran los elementos estructurales en las viviendas que han seguido el proceso de la autoconstrucción, considerando además de que el lugar de estudio de la investigación está ubicado en la costa peruana, zona catalogada de alta sismicidad de acuerdo a la Norma E030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

La realización de esta investigación nos dará a conocer la influencia negativa que tiene el proceso de la autoconstrucción en las viviendas, debido a que esta mala praxis es realizada sin ningún asesoramiento profesional, otorgándonos como producto final una edificación vulnerable ante la ocurrencia de un sismo; es por ello que se pretende realizar algunas recomendaciones para que los moradores del distrito puedan realizar la construcción de sus viviendas con algunos requerimiento mínimos de diseño, así como del mejoramiento de sus viviendas.

Esta investigación es de gran importancia porque se enfoca en evaluar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales, donde todos los pobladores del centro poblado Menocucho, distrito de Laredo confían indirectamente sus vidas a estas construcciones ante cualquier tipo de fenómeno, en especial el de un sismo. La fortaleza de este proyecto de investigación es que busca tomar conciencia de la población y de las autoridades del centro poblado Menocucho, distrito de Laredo en que se debe mejorar todo lo referido a construir una vivienda para evitar pérdidas económicas y humanas.

En el desarrollo de esta tesis, se encontrará metodologías de la evaluación de las vulnerabilidades sísmicas de una vivienda de albañilería confinada; donde serán útiles para los futuros lectores de esta tesis en la búsqueda de información y evaluación de la vulnerabilidad. Los resultados obtenidos al final de esta investigación servirán para incrementar los estudios anteriormente realizados sobre la vulnerabilidad sísmica en el país. La presente investigación también contribuirá a los futuros tesisistas como un trabajo de investigación precedente el cual puede ser complementado, determinando el peligro sísmico y el riesgo sísmico del distrito en estudio, así como realizar un plan de mitigación de desastres.



### 1.3.1. Limitaciones

**Tabla 1: Limitaciones y sus Soluciones en la Investigación**

LIMITACIONES	SOLUCIONES
Uno de los puntos más importantes de esta investigación es ir a visitar las viviendas informales para la toma de datos, pero en la actualidad las personas son muy desconfiadas y será difícil lograr entrar a las viviendas con el permiso de los propietarios.	Para lograr ingresar a las viviendas, será necesario ir presentado plenamente identificado como alumno de la Universidad Privada de Trujillo, utilizando el chaleco de la Facultad de Ingeniería civil.
Laredo es un distrito no muy seguro, siendo probable sufrir algún asalto al paso durante la visita a las viviendas encuestadas.	Ir acompañado con algún amigo para poder disminuir la probabilidad de ser asaltados y también consultar cuales son las zonas menos peligrosas.

Fuente: Elaboración Propia

## 1.4. Objetivos

### 1.4.1 Objetivo General

- Analizar la vulnerabilidad sísmica de 50 viviendas informales en el centro poblado Menocucho, distrito de Laredo, Trujillo.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar las viviendas informales del centro poblado Menocucho, distrito de Laredo para recolectar datos.
- Identificar los principales problemas que presentan las viviendas del centro poblado Menocucho, distrito de Laredo.
- Evaluar la calidad de la mano de obra de las viviendas del centro poblado Menocucho, distrito de Laredo.
- Determinar la densidad de muros en las direcciones principales del sismo de las viviendas del centro poblado Menocucho, distrito de Laredo.
- Determinar la estabilidad al volteo de los muros no portantes de las viviendas del centro poblado Menocucho, distrito de Laredo.

## **1.5. Antecedentes**

### **1.5.1 “Evaluación del grado de Vulnerabilidad Sísmica Estructural en edificaciones conformadas por sistemas aporticados y de albañilería confinada en el sector de La Esperanza parte baja – Trujillo. 2014”**

(Quiroz & Vidal, 2014), Evaluar el grado de Vulnerabilidad Sísmica Estructural en edificaciones conformadas por sistemas estructurales aporticados y de albañilería confinada en el sector de La Esperanza parte baja – Trujillo, Se ejecutó con la aplicación de una encuesta a un aproximado de 300 edificaciones entre uso común y especial, recaudando información desde 1970 hasta el 2014 de las viviendas, para posteriormente procesar los datos y obtener las características de los elementos estructurales, de los materiales y de las condiciones de las construcciones, Registrándose así datos promedios de la densidad de muros, área de terreno y número de columnas generando una modelo de edificación típica, también se encontró que la conformación estructural de las viviendas no puede ser considerado como albañilería confinada debido a la escasa densidad de muros, Se determinó que el grado de vulnerabilidad sísmica estructural en el distrito de La Esperanza es alta en un 75.48%, media en un 11.04% y baja en un 13.67%, demostrándose que aquellas edificaciones construidas de manera tradicional por autoconstrucción influyen en la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones.

Este Estudio aportara a la presente investigación, para entender cómo repercute el proceso de la autoconstrucción en la vulnerabilidad sísmica de la edificación, considerando que el distrito en estudio está ubicado también en la Provincia de Trujillo, Departamento de La Libertad. Así mismo nos da un alcance de las características de la vivienda a evaluar como son la densidad de muros, el área del terreno, el número de columnas entre otros.

### **1.5.2 “Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las Viviendas informales en la ciudad de Trujillo”**

(Laucata, 2013), Evaluar la vulnerabilidad sísmica de unas 30 viviendas informales en Trujillo y Estimar su riesgo sísmico, Para ello se realizaron encuestas en 2 distritos de la ciudad de Trujillo, que se seleccionaron por sus características morfológicas y por la presencia de viviendas informales de albañilería, La información de campo se recolectó en fichas de encuesta, en las que se recopiló datos de ubicación, proceso constructivo,

estructuración, y calidad de la construcción y en el trabajo de gabinete se procesó la información en fichas de reporte donde se resume las características técnicas, elaborando un análisis sísmico simplificado por medio de la densidad de muros, determinando la vulnerabilidad y peligro y riesgo sísmico de las viviendas encuestadas, se encontró que los distritos del Porvenir y Víctor Larco Herrera solo un 10% contaron con un asesoramiento técnico tanto en las etapas de diseño y construcción, además se determinó que el 80% de viviendas encuestadas tiene una baja densidad de muros en el sentido paralelo a la fachada, el trabajo de investigación finaliza indicando que los distritos representativos de Trujillo usan construcciones informales en su mayoría lo que con lleva al colapso de las mismas ante la presencia de un sismo severo.

Este trabajo de investigación aportara, para entender el comportamiento sísmico de Trujillo en lugares con presencia de nivel freático como en el caso el distrito de Víctor Larco Herrera, así como el comportamiento sísmico en lugares con incidencia de pendientes cómo el distrito del Porvenir, También nos indicara el nivel de vulnerabilidad que presenta Trujillo, basándose en estudios de sus distritos más representativos.

### **1.5.3 “Vulnerabilidad, Peligro y Riesgo sísmico en viviendas Autoconstruidas del distrito de Samegua, región Moquegua”**

(Flores R. , 2015), Aportar mediante una base de datos, los errores estructurales y constructivos más incidentes de las viviendas autoconstruidas de albañilería, la metodología empleada fue recolectar información de las características arquitectónicas, estructurales y constructivas de 25 viviendas representativas del distrito en fichas de encuesta, para posteriormente procesarlas en fichas de reporte obteniendo la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico del distrito en estudio, como resultado de la investigación se obtuvo que la vulnerabilidad sísmica es alta en un 56% y media en un 44%, con un peligro sísmico de 100% y un riesgo sísmico con los mismo porcentajes que la vulnerabilidad encontrada. Se encontró de acuerdo a las encuestas realizadas que la mayoría de pobladores y/o albañiles no respetan los recubrimientos mínimos de los refuerzos de acero en las viviendas, esto trae consigo los problemas de corrosión que puede sufrir la estructura, también se encontró que no se realiza un correcto compactado del concreto generando cangrejeras.

Este trabajo de investigación aportara información acerca de los errores estructurales y constructivos más comunes que se observaran en las viviendas construidas producto del proceso de la Autoconstrucción luego de realizar las fichas de encuesta en el lugar de estudio y procesarlas en fichas de reporte.

#### **1.5.4 “Vulnerabilidad Sísmica del centro histórico de la ciudad de Jauja – Junín”**

(Castro, 2015), contribuir a la reducción de la vulnerabilidad sísmica en la ciudad de Jauja aportando herramientas para la toma de decisiones sobre los criterios de intervención, se utilizó el método de índice de vulnerabilidad que consiste en hacer una calificación de las edificaciones mediante la observación de sus características físicas, apoyándose en cálculos simplificados, identificando los parámetros más relevantes que controlan el daño en los edificios causados por un terremoto, la normalización de vulnerabilidad fue de 24,48% (249 edificaciones) del total de las edificaciones una vulnerabilidad Baja, el 51,13% (520 edificaciones) Vulnerabilidad Media y el restante 24,39% (248 edificaciones) Vulnerabilidad Alta, El método del índice de vulnerabilidad es el adecuado para ser implementado y adoptado en grandes ciudades (aplicación a centros urbanos), debido a que permite evaluar aspectos técnicos de una manera rápida, bastante aproximada y de bajo costo en su aplicación.

Esta investigación aporta una serie de métodos para poder evaluar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas, en esa tesis explica detalladamente cada uno de los métodos y luego explica cuáles son los métodos más precisos y recomendables para poder analizar la vulnerabilidad sísmica, siendo la recomendable el método del índice de vulnerabilidad.

#### **1.5.5 “Determinación de la vulnerabilidad en las casas coloniales ubicadas en el barrio de San Diego de la ciudad de Cartagena”**

(Barrera, 2015), Determinar la vulnerabilidad estructural cualitativa de las edificaciones de tipología colonial ubicadas en el barrio de San Diego, en el centro histórico de la ciudad de Cartagena, aplicando el método del índice de vulnerabilidad, con el fin de generar recomendaciones que permitan contribuir con el mejoramiento de estas estructuras de gran importancia histórica y cultural para la ciudad de Cartagena, Esta tesis se desarrolló en etapas que permitieron una ejecución adecuada y eficiente. Estas etapas fueron identificadas como a continuación se especifica: recopilación de información secundaria, análisis de la información secundaria, recopilación de información primaria, análisis de información primaria, análisis e interpretación de datos obtenidos y luego obtener el informe final, a través del estudio se encontró que dicho barrio presenta un índice de vulnerabilidad de 40,33%, por lo que se caracteriza con una vulnerabilidad alta, es decir, mayor al 35% que es el límite que expone el método, La mayoría de las edificaciones del barrio de San Diego no poseen diafragmas horizontales, esto se debe a

que las casas coloniales, es decir las construidas antes de inicios del siglo XIX, no se les construía rígidas, y esto incide en el índice de vulnerabilidad calculado.

En esta presente tesis, Barrera habla sobre un método de investigación cuantitativa, que es enfocada a edificaciones consideradas como patrimonio histórico; entonces, esta información es necesaria ya que en el centro poblado Menocucho, distrito de Laredo hay muchas casas construidas como patrimonios históricos en Trujillo y serán necesarios para tomarlas en cuenta en la investigación.

### **1.5.6 “Características típicas de la vivienda en sectores de población vulnerable en Bogotá”**

(Valvuela, Mena, & García, 2013), Establecer las características típicas de las viviendas construidas en barrios de bajos recursos en Bogotá, La información fue recopilada de varios estudios hechos por instituciones del distrito, la cual brindaba información sobre la vulnerabilidad de predios de algunas zonas de la ciudad y fue complementada por las visitas a campo, se obtuvo que los materiales predominantes en la edificación de las viviendas son: ladrillos de arcilla, acero corrugado, cementos usuales y económicos; además se observó que las viviendas no presentan un sistema estructural definido, puede considerarse una combinación de mampostería simple, confinada o pórticos de concreto. Se concluyó que dentro de las características de la vivienda de sectores vulnerables se encuentran numerosas prácticas deficientes en el proceso constructivo tales como: muros y columnas sin vigas de confinamiento en la base, pórticos improvisados e inadecuados, losas con acero expuesto, soporte de cubiertas hechas con materiales inadecuados.

Este trabajo de investigación contribuirá con darnos un alcance de las características que tiene una vivienda producto de la construcción informal, es decir, una construcción sin asesoramiento técnico, lo cual contribuye a generar edificaciones vulnerables ante la presencia de sismos.

## **1.6. Bases Teóricas**

### **1.6.1 Viviendas Informales en el Perú**

Según Montalvo (2017), Se estima que en Perú se edifican al menos 110 mil nuevas viviendas, de las cuales el 50% son construcciones denominadas informales pues no cuentan con título de propiedad, construyen sin permiso de construcción y son edificadas por maestros de obra autodidactas con material de construcción que no siempre cumple con los estándares nacionales.

### 1.6.1.1 Proceso Típico de las Construcciones Informales De acuerdo a Laucata (2013) y Flores (2002):

El poblador con la necesidad de habitar una vivienda, y no cuenta con la capacidad económica de poder contratar los servicios de una persona capacitada para el diseño y construcción de su vivienda, recurre a su propia mano de obra para la construcción de su edificación, usando su tiempo libre para tal fin, y en periodos de tiempos largos y variables. Generalmente el proceso de la autoconstrucción sigue las siguientes etapas:

**A. Ocupación, lotización, y habitación en viviendas provisionales** Luego de la ocupación del lote, generalmente las familias en su conjunto proceden a realizar los trabajos de nivelación del terreno, luego realizan la demarcación del terreno usando estacas y yeso. Posteriormente tratan de darle una habitabilidad provisional a su vivienda a través de un modelo de vivienda tipo rustica, empleando para ello esteras, piedras, mantas de plástico, maderas u otro tipo de material.



*Figura 1: Nivelación del Lote*

*Fuente: Diagnostico Preliminar de la vulnerabilidad sísmica de las autoconstrucciones en Lima., Flores, R. (2002).*

### **B. Construcción de la cimentación y armado de columnas**

Esta etapa inicia con la excavación de zanjas para la cimentación, previo al trazado para dicha actividad. En el armado de columnas se hace necesaria la participación de un especialista o de una persona conocedora de esta actividad, el vaciado se realiza en su gran mayoría con concreto ciclópeo.



*Figura 2: cimentación y armado de columnas*

*Fuente: Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas informales en la ciudad de Trujillo. Laucata, J. (2013).*

### **C. Construcción de muros y llenado de columnas.**

Esta etapa requiere de varias actividades tales como la preparación de morteros, la preparación de concreto simple para el vaciado de columnas, así mismo como el encofrado de las mismas, todo ello con el fin de construir el cerco perimétrico de la vivienda y muros que dividan los ambientes en la edificación. También esta etapa muchas veces involucra la construcción de dinteles y vigas soleras, posterior a ello la etapa culmina con la colocación de un techo provisional que puede ser de diferentes materiales tales como esteras, calaminas, o cañas chancadas con tartas de barro.



*Figura 3: construcción de muros y llenado de columnas*

*Fuente: Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas informales en la ciudad de Trujillo. Laucata, J. (2013).*

#### **D. Construcción del Techo**

Esta se caracteriza por requerir la mayor inversión económica en el proyecto de la construcción de la vivienda por parte del dueño de la edificación, y esto debido a que se requiere de distintos materiales tales como: cemento, agregados, varillas de acero, tuberías para las instalaciones eléctricas y sanitarias, además de contratar la mano de obra (albañiles). Por su gran inversión que se necesita, a veces los propietarios deciden techar sus viviendas por partes, esto implica realizarlos en diferentes tiempos.



*Figura 4: Encofrado del Techo*

*Fuente: Diagnostico Preliminar de la vulnerabilidad sísmica de las autoconstrucciones en Lima., Flores, R. (2002).*

#### **E. Construcción de Muros en el Segundo Piso**

Esta etapa incluye el tarrajeo de la fachada y la construcción propia en el segundo nivel. A partir de esta etapa, el ciclo de la autoconstrucción empieza nuevamente en la etapa de construcción de muros y llenado de columnas, hasta llegar a la etapa de la construcción del techo,



*Figura 5: construcción de muros en el segundo piso*

*Fuente: Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas informales en la ciudad de Trujillo. Laucata, J. (2013).*



### 1.6.1.2. Viviendas informales ante un sismo

El terremoto que ha sacudido a Chile nos hizo revivir el horror que soportó Pisco en el 2007 y nos dejó una pregunta flotando en el aire: ¿qué pasará cuando se presente un nuevo terremoto en el país? El decano de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Jorge Alva Hurtado, refiere que en términos probabilísticos de presentarse un sismo lo hará con una mayor severidad en la costa sur, y un poco menor en la costa centro. Y en Lima, debido a su suelo de grava duro y rígido en la mayor parte de la ciudad, como el que tienen

Cercado o los distritos de San Isidro, Miraflores, el daño no sería de gran magnitud. Pero en las zonas periféricas, como Barranco, los Pantanos de Villa de Chorrillos, La Molina o La Punta (Callao), que tienen otras particularidades bajo sus viviendas, habría un grado más alto de daños, justamente por el tipo de suelos que tienen. (Conzuelo, 2010)

Hay otros factores que influyen en la vulnerabilidad de las edificaciones, dice Alva, como son la antigüedad de la vivienda o la naturaleza de la misma. Es decir, aquellas que han sido construidas con adobes e incluso con ladrillos, pero sin cumplir las normas antisísmicas o autoconstruidas sin vigas o columnas, y también aquellas de quincha que han sufrido deterioros por las roturas de sus tuberías. Esa es nuestra gran debilidad en Lima. Lo mismo que aquellos edificios antiguos con instalaciones precarias, sin mantenimiento, como los que hay en el Rímac o La Victoria. Pero también las edificaciones en zonas muy peligrosas como las que se levantan en Lomo de Corvina (Villa El Salvador) u otros arenales, pues allí además de tener un pésimo suelo las construcciones carecen de la colaboración

“ingenieril”. (Conzuelo, 2010)

## 1.6.2. El Sismo

### 1.6.2.1. Definición

*El concepto de sismo es uno de los sinónimos más comunes de la palabra terremoto. Se trata de un fenómeno natural que consiste en un temblor de la corteza terrestre y que está provocado por los desplazamientos internos de la misma, y que es transmitido a grandes distancias en formato de ondas. Podemos describir al sismo como un fenómeno que se produce a partir del movimiento de las placas terrestres y que produce daños de diversa intensidad a los espacios habitados por el ser humano ya que siempre implican cierta destrucción material y peligros a la vida. (Julian, 2010)*

Sismos, temblores y terremotos son términos usuales para referirse a los movimientos de la corteza terrestre, sin embargo, técnicamente hablando, el nombre de *sismo* es más

utilizado (terremoto se refiere a sismos de grandes dimensiones). Los sismos se originan en el interior de la tierra y se propaga por ella en todas direcciones en forma de ondas. Son de corta duración e intensidad variable y son producidos a consecuencia de la liberación repentina de energía. Paradójicamente, poseen un aspecto positivo que es el de proporcionarnos información sobre el interior de nuestro planeta. Actualmente, gracias a la técnica conocida como *tomografía sísmológica* o *sísmica*, se conoce con gran detalle el interior de nuestro planeta. (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

#### **1.6.2.2. Clasificación**

*En el mundo hay muchos países con alta actividad sísmica, es por eso que los sismos se clasifican Según el Dr. Zúñiga (2011), en 4 clases generales, que son las siguientes:*

##### **1.6.2.2.1. Según su Origen**

- *Sismos Naturales: Son aquellos sismos que al generarse llegan a liberar una gran cantidad de energía, causando así un menor daño en la superficie* (Dr. Zúñiga, 2011)
- *Sismos Artificiales: Estos son producidos por el hombre a través de explosiones nucleares y convencionales.* (Dr. Zúñiga, 2011)

##### **1.6.2.2.2. De acuerdo a su magnitud y daños que causan**

- *Microsismos: Se trata de sismos que no superan los 3.0 de magnitud, y que no ocasionan ningún daño.* (Dr. Zúñiga, 2011)
- *Sismo Menos: Son sismos que se mantienen en una escala de 3.0 a 3.9, y que no ocasionan daño, y si lo hacen es muy poco.* (Dr. Zúñiga, 2011)
- *Sismo Ligero: Concepto dado a los sismos que se registran en una magnitud de 4.0 a 4.9, y que tienden a generar un daño moderado* (Dr. Zúñiga, 2011)
- *Sismo Moderado: Estos se reconocen por mantener una escala entre los 5.0 y los 5.9, y a la vez tienden a producir un daño considerable.* (Dr. Zúñiga, 2011)
- *Sismo fuerte: Su magnitud siempre se mantiene entre la escala de 6.0 y 6.9, ocasionando un daño muy severo.* (Dr. Zúñiga, 2011)
- *Sismo Mayor: Refiere a los movimientos de tierra que se mantienen en una magnitud de 7.0 y 7.9, y que ocasionan un daño muy amplio y a la vez fuerte.* (Dr. Zúñiga, 2011)

- **Gran Sismo:** Es el sismo más fuerte, peligroso y el más dañino de todos, este supera la escala de magnitud de los 8.0 grados. (Dr. Zuñiga, 2011)

#### 1.6.2.2.3. De acuerdo a su origen

- **Sismo Preliminar:** Son movimientos de gran intensidad que ocurren antes de los terremotos. Estos se generan al liberarse energía del grueso que constituye el escape principal. (Dr. Zuñiga, 2011)
- **Preliminar Perimétrico:** Estos siempre ocurren antes de un terremoto perimétrico. Posee una alta intensidad y siempre se originan por procesos espontáneos. (Dr. Zuñiga, 2011)
- **Sismo Perimétrico:** Es el tipo de sismo que se crea en el interior de las placas continentales u oceánicas, en el momento en que la profundidad libera energía de la que posee acumulada. Su hipocentro siempre se encuentra en una de las cavidades de esta estructura. (Dr. Zuñiga, 2011)
- **Preliminar Tectónico:** Estos siempre anteceden a los terremotos tectónicos que presentan una alta intensidad. Se originan por procesos espontáneos. (Dr. Zuñiga, 2011)
- **Sismos Tectónicos:** Estos sismos se producen por la interacción ocurrida en las placas tectónicas. De estos hay dos tipos: los sismos interplaca, que aparecen cuando se genera en las zonas de contacto una fricción entre las placas; y los sismos de intraplaca, los cuales se generan retirados de los límites de las placas, por el choque de estas. Los sismos de intraplaca tienen mucho menos magnitud, y son menos frecuentes que los sismos de interplaca. (Dr. Zuñiga, 2011)
- **Preliminar Volcánico:** Estos aparecen previo a los terremotos volcánicos de alta intensidad. Se desarrollan de procesos espontáneos. (Dr. Zuñiga, 2011)
- **Sismos Volcánicos:** Estos sismos aparecen cuando las rocas se fracturan con el movimiento del magma, por lo tanto siempre están acompañados de las erupciones volcánicas. Es un sismo natural donde su magnitud no es tan grande como el sismo tectónico. Estos se originan dentro de un volcán cuando la profundidad de este deja escapar energía por su chimenea. (Dr. Zuñiga, 2011)
- **Maremotos:** Refiere a los sismos que se originan en las profundidades del océano por una falla tectónica submarina, o por un punto que varía en dicha

*placa. Se desarrollan espontáneamente, donde se llega a liberar energía en las profundidades del mar. (Dr. Zuñiga, 2011)*

- *Sismo de Colapso: Estos sismos naturales se generan cuando cae el techo de las minas y de las cavernas. Estos casi no se sienten, y se generan próximo a la superficie. (Dr. Zuñiga, 2011)*
- *Sismos Locales: Estos sismos solo se llegan a sentir en un espacio muy pequeño, los cuales aparecen por el hundimiento de las cavidades y cavernas subterráneas, causados por problemas de disolución de la sal, y de extractos de yeso. También se originan por el deslizamiento de tierra que se encuentra sobre las capas arcillosas. Este sismo es reconocido como artificial cuando es provocado por el ser humano, debido al colapso o explosiones de galerías durante las explotaciones de minas, también por el almacenamiento de agua en represas, por experimentos nucleares, y por los lagos artificiales. (Dr. Zuñiga, 2011)*
- *Replicas: Tienen una intensidad baja y siempre aparecen luego de un sismo que ocasionó un gran daño. Estos siempre se muestran con el escape de energía luego del escape principal, lo que ocasiona leves movimientos de tierra. (Dr. Zuñiga, 2011)*

#### 1.6.2.2.4. Según el movimiento de la tierra

- *Sismo Oscilatorio: Refiere a los a los temblores que al generarse propagan sus ondas en diversas direcciones, dando a lugar un movimiento de tierra horizontal. En este tipo de sismo se produce un balanceo dando la sensación a la persona de que la tierra se mueve de un lugar a otro. (Dr. Zuñiga, 2011)*
- *Sismo Trepidatorios: Refiere a los sismos que al producirse genera un movimiento vertical, por lo cual las personas sienten que la tierra se mueve de arriba hacia abajo, o viceversa. Este movimiento hace que los objetos sean lanzados al aire. (Dr. Zuñiga, 2011)*

#### 1.6.2.3 Causas

Cuando una roca se deforma acumula en su interior energía elástica de deformación; si el esfuerzo aplicado es relativamente pequeño la roca se comporta elásticamente, mientras que, si el esfuerzo aplicado es muy grande producirá deformaciones demasiado grandes, y llega a romper la roca, esta ruptura súbita origina una **falla**. Un plano de falla (por donde corre la falla) está relativamente libre de esfuerzos por lo que puede

desplazarse casi con libertad en ambos lados generando que la roca vuelva a tomar su forma original aproximada de manera nuevamente súbita, este movimiento repentino de grandes masas de roca, produce *ondas sísmicas* que viajan a través y por la superficie de la Tierra, dando lugar a un sismo. El movimiento dependerá del tipo de falla produciendo efectos distintos para distintas direcciones. (Servicio Geológico Mexicano, 2017) En las zonas de subducción es en donde se registran los temblores más profundos. A lo largo de las trincheras generalmente existe una gran cantidad de sismos, delimitando una zona que se conoce como “zona de Benioff”. Las trincheras, en sí, se asocian a una gran cantidad de sismos y volcanes. (Servicio Geológico Mexicano, 2017)

#### **1.6.2.3.1. Zona de Subducción**

La placa subducida avanza sin resbalar, la deformación aumenta hasta que los esfuerzos son más grandes que la fricción entre ellas, el contacto se rompe y ambos lados de la ruptura se desplazan (dando lugar a un sismo) permitiendo el avance de las placas; posteriormente, el contacto entre las placas sana y comienzan de nuevo a acumular energía de deformación y el ciclo se repite. La explicación a muchos de los fenómenos sísmicos y volcánicos que han ocurrido en los últimos años es que son consecuencia de Fallas Tectónicas y obviamente del movimiento de las Placas Tectónicas.

Desde al punto de vista geológico, las zonas conocidas como las más activas del mundo en estos términos forman dos grandes alineaciones de miles de kilómetros de longitud y sólo unos pocos de ancho: (Servicio Geológico Mexicano, 2017)

- **Cinturón Circumpacífico (conocido como "Cinturón de Fuego").**

Rodea casi totalmente el Pacífico, se extiende a lo largo de las costas de América del Sur, México y California hasta Alaska; después continúa por las islas Aleutianas, antes de dirigirse hacia el sur a través de Japón y las Indias orientales. La mayor parte de la energía sísmica se libera en esta región, libera entre 80 y 90% de la energía sísmica anual de la Tierra. (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

- **Cinturón Eurasiático-Melanésico, (Alpino-Himalaya).** que incluye las cordilleras alpinas de Europa y Asia, conectando con el anterior en el archipiélago de Melanesia. Desde España se prolonga por el Mediterráneo hasta Turquía, el Himalaya y las Indias Orientales. Esta inmensa falla se produce por las plataformas africana e India que se mueven hacia el norte rozando levemente la plataforma Euroasiática. Aunque la energía liberada aquí es menor que en el

del Pacífico, a lo largo de los años ha producido devastadores terremotos, como el ocurrido en China en 1976, donde murieron más de 650 mil personas. (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

- Una tercera región altamente sísmica la formaría la Dorsal Mesoatlántica ubicada en el centro del Océano Atlántico. (Servicio Geológico Mexicano, 2017)

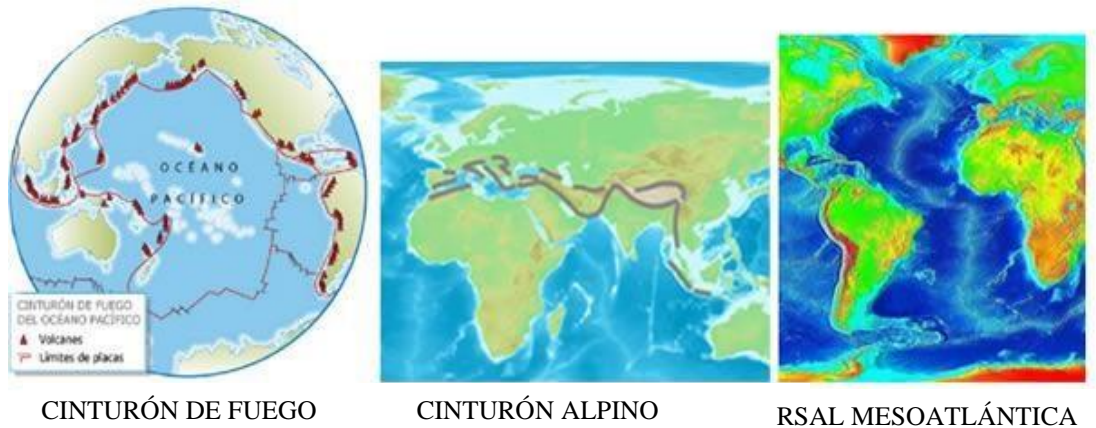


Figura 01: Zonas altamente sísmica en el planeta.

Fuente: <http://cienciamasciencia.blogspot.mx/2010/05/el-cinturon-de-fuego-ocircumpacifico.html>

#### 1.6.2.4. Características

El punto exacto en donde se origina el sismo se llama **foco o hipocentro**, se sitúa debajo de la superficie terrestre a unos pocos kilómetros hasta un máximo de unos 700 km de profundidad. El **epicentro** es la proyección del foco a nivel de tierra, es decir, el punto de la superficie terrestre situada directamente sobre el foco, donde el sismo alcanza su mayor intensidad. La falla de una roca es causado precisamente por la liberación repentina de los esfuerzos (compresión, tensión o de cizalla) impuestos al terreno, de esta manera, la tierra es puesta en vibración; esta vibración se debe a que las **ondas sísmicas** se propagan en todas las direcciones y transmiten la fuerza que se genera en el foco sísmico hasta el epicentro en proporción a la intensidad y magnitud de cada sismo. (Servicio Geológico Mexicano, 2017)

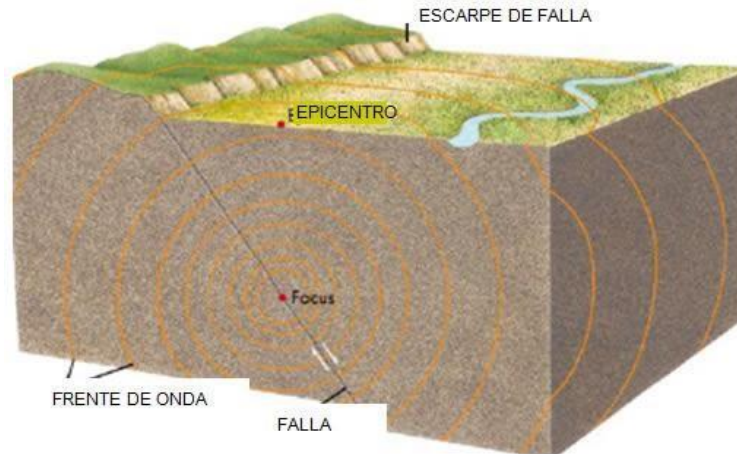


Figura 02: Características de un sismo.  
Fuente: <http://gfrojas.blogspot.mx/2008/08/sismos.html>

### 1.6.3. Vulnerabilidad Sísmica

La definición de Vulnerabilidad proporcionada por un grupo de expertos de la United National Disaster Relief Office (UNDRO), puede encontrarse en “Natural Disasters and Vulnerability Analysis”, 1979; que además dicho informe incluyó la definición de términos interrelacionados entre sí en la ingeniería sísmica y estos son:

- **Grado de Pérdida:** Significa las consecuencias negativas que puedan producirse debido a la ocurrencia de un fenómeno natural. Estas consecuencias pueden ser: pérdidas de vida, daños materiales, etc. También al nivel estructural las consecuencias negativas pueden ser por ejemplo la disminución de la rigidez o la disminución de la capacidad de disipación de energía de los elementos estructurales.
- **Elementos en Riesgo:** son la población, edificios, obras públicas, actividades económicas, servicios públicos, infraestructura, etc.; susceptibles de ser afectados por un fenómeno natural en un área determinada.
- **Peligrosidad Natural:** Es la probabilidad de ocurrencia, dentro de un periodo específico de tiempo y dentro de un área dada, de un fenómeno natural potencialmente dañino.
- **Vulnerabilidad:** significa el grado de pérdida de un elemento en riesgo o de un conjunto de tales elementos resultantes de la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud dada. La vulnerabilidad se puede expresar en una escala desde 0 (sin daño) hasta 1 (colapso total) o en cualquier otra escala proporcionada a esta.
- **Riesgo específico:** es la probabilidad esperada de pérdida debidas a un fenómeno natural expresado como una función de la peligrosidad y de la vulnerabilidad.

- **Riesgo:** es el grado esperado de pérdida debidas a un fenómeno natural expresado como una función del riesgo específico y del valor de los elementos en riesgo.

Para el caso particular de un fenómeno sísmico, la vulnerabilidad de una estructura, grupo de estructuras o de una zona urbana completa, es la predisposición intrínseca a sufrir daño ante la ocurrencia de un movimiento sísmico y está asociada directamente con sus características físicas y estructurales (Barbat, 1998).

La vulnerabilidad es una característica intrínseca de las estructuras, dependiente de la forma como hayan sido diseñadas pero independiente de la peligrosidad sísmica del sitio donde están ubicadas”. (Caicedo, Barbat, Canas, & Aguiar, 1994, pág. 7). Esta afirmación nos da a entender que la vulnerabilidad de una estructura ante la presencia de un sismo depende de varios parámetros tale como el tipo de construcción, sistema estructural y se expresa en términos de pérdidas o daños esperados según la magnitud del evento.

### **1.6.3.1. Tipos de Vulnerabilidad**

#### **6.3.1.1 Vulnerabilidad Estructural**

La vulnerabilidad estructural se refiere a que tan susceptibles a ser afectados o dañados son los elementos estructurales de una edificación o estructura frente a las fuerzas sísmicas inducidas en ella y actuando en conjunto con las demás cargas habidas en dicha estructura. Los elementos estructurales son aquellas partes que sostienen la estructura de una edificación, encargados de resistir y transmitir a la cimentación y luego al suelo; las fuerzas causadas por el peso del edificio y su contenido, así como las cargas provocadas por los sismos. Entre estos elementos se encuentran las columnas, vigas, placas de concreto, losas, etc. Debido a ello como se dirá que un buen diseño estructural es la clave para que la integridad del edificio sobreviva aún ante desastres naturales severos como lo son los terremotos (Fernandez & Parraga, 2013, pág. 73).

#### **1.6.3.1.2. Vulnerabilidad No Estructural.**

Este tipo de vulnerabilidad busca determinar la susceptibilidad a daños que estos elementos puedan presentar. Sabemos que al ocurrir un sismo la estructura puede quedar inhabilitada debido a daños no estructurales, sean por colapso de equipos, elementos arquitectónicos, etc., mientras que la estructura permanece en pie. Dentro del colapso de equipos podríamos mencionar las líneas tuberías, apoyos de equipos, la conexión de los equipos, etc. De igual forma, dentro de los elementos





arquitectónicos tenemos las fachadas, vidrios, tabiques, mamparas, puertas, ventanas, escaleras, etc.; (Fernandez & Parraga, 2013, pág. 81)

#### **1.6.3.1.3. Vulnerabilidad Funcional**

Un estudio de la vulnerabilidad funcional busca determinar la susceptibilidad de una estructura al sufrir un “colapso funcional” como consecuencia de un sismo. Esto es sólo visible en el momento en que ocurre una emergencia. A fin de determinar la vulnerabilidad funcional, se evalúa lo referente a la infraestructura. En primer lugar, el sistema de suministro de agua y de energía eléctrica, que son las partes más vulnerables. También son afectadas por los sismos las tuberías de alcantarillado, gas y combustibles, para lo cual se realizan investigaciones sobre su resistencia y flexibilidad. Estos aspectos funcionales incluyen también un análisis detallado de las áreas externas, vías de acceso a exteriores y su conexión con el resto de la ciudad; las interrelaciones, circulaciones primarias y secundarias, privadas y públicas y los accesos generales y particulares de las áreas básicas en que se subdivide el hospital. Se analiza la posibilidad de inutilización de ascensores, acumulación de escombros en escaleras y pasillos, como así también el atascamiento de puertas. (Fernandez & Parraga, 2013, pág. 81)

#### **1.6.3.2. Factores que influyen en la Vulnerabilidad Estructural**

La vulnerabilidad estructural como ya se indicó está asociada a la susceptibilidad de los elementos o componentes estructurales de sufrir daño debido a un sismo. El nivel de daño que sufrirá una edificación depende de tanto el comportamiento global como local de la estructura. De acuerdo a Alonso (2014) la vulnerabilidad estructural depende de distintos factores.

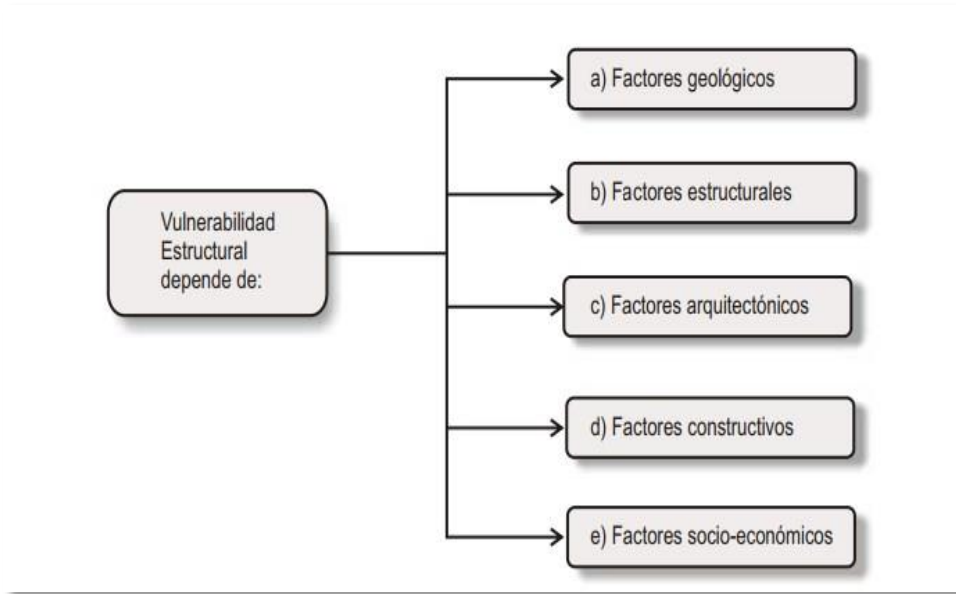


Figura 6: Factores que influyen en la vulnerabilidad estructural de edificaciones

Fuente: vulnerabilidad sísmica en edificaciones, José Luis Alonso

Dentro de los principales Factores Geológicos que contribuyen al incremento de la vulnerabilidad estructural podemos mencionar como por ejemplo la sismicidad de la zona, la interacción suelo-estructura, características geotécnicas locales y la magnitud de los terremotos. Así mismo los Factores Estructurales que contribuyen a la vulnerabilidad de una edificación en estudio son: la tipología estructural de la edificación, el tipo de material predominante en la estructura (acero, concreto armado, madera, etc.), los cambios bruscos de rigidez, presencia de pisos blandos, columnas cortas, problemas torsionales, la colindancia con edificaciones vecinas, distribución asimétrica de rigideces y de masas. Los Factores Arquitectónicos tales como: geometría irregular en planta, uso indiscriminable de materiales inflamables, uso excesivo de espacios abiertos, ubicación asimétrica del núcleo de escaleras y ascensores y distribución errónea en la tabiquería, todo ello influye en el aumento de la vulnerabilidad de la estructura. Por otra parte los factores constructivos comunes e influyentes en la vulnerabilidad estructural de la edificación son: el encofrado deficiente, mala calidad de materiales, incompatibilidad de los materiales usados, mano de obra defectuosa, defectos de vaciado y del curado del concreto, falta de recubrimiento para evitar la corrosión. Finalmente los factores económicos tales como: viviendas de bajos recursos, no apropiadas para zonas sísmicas, remuneración deficiente a profesionales responsables del proyecto, cambios previstos en la edificación original, falta de planes de contingencia durante desastres, entre otros, influyen moderadamente en la vulnerabilidad de la edificación. (Alonso, 2014)

### **1.6.3.3. Métodos para Evaluar la Vulnerabilidad Sísmica**

De acuerdo a (Caicedo, Barbat, Canas, & Aguiar, 1994), Los métodos existentes para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica es extensa, sin embargo, se pueden agrupar en dos grandes ramas o categorías: los de vulnerabilidad calculada y los de vulnerabilidad observada. En el primero se usan técnicas de modelación analítica de estructuras para simular su comportamiento bajo la acción de fuerzas dinámicas, este método requiere también el uso de ensayos de laboratorio, que permiten analizar los elementos estructurales aislados tales como viga-columna con el fin de reportar su índice global de daño, este índice por sí solo no reporta el comportamiento sísmico del edificio, para ello su valor numérico tiene que ser calibrado con el daño real observado en la estructura, después de la ocurrencia de un terremoto.

La segunda categoría se basa en la observación del daño ocurrido en las estructuras durante terremotos o por la opinión subjetiva de expertos. Sin embargo, muchas veces se usan características objetivas desde el punto de vista estructural, así tenemos: la utilización del coeficiente sísmico como una medida de la capacidad de la estructura de resistir fuerzas horizontales o el uso de un parámetro de respuesta tal como el desplazamiento del último piso para determinar el daño en la estructura.

Desde el punto de vista de aplicación práctica los métodos observacionales son los más apropiados para la evaluación de la vulnerabilidad de edificios de gran escala, como por ejemplo en la evaluación de zonas urbanas, debido a la relativa facilidad de estos para analizar una gran cantidad de estructuras a un costo bajo. Por otro lado, la aplicación práctica de la vulnerabilidad analítica es apropiada en el análisis de edificaciones particulares o estructuras que requieran un estudio especial. (págs. 8-9)

#### **A. Métodos Analíticos**

De acuerdo (Caicedo, Barbat, Canas, & Aguiar, 1994), la evaluación de la vulnerabilidad por métodos analíticos se basa en los mismos principios utilizados para el diseño de construcciones y se concentra en la evaluación principalmente de edificios de concreto armado, empleando un modelo mecánico para representar su comportamiento histerético, con el fin de determinar el nivel de daño para los elementos estructurales o de la estructura misma en su conjunto.

Los problemas asociados a este método, provienen de las dificultades intrínsecas de la modelización matemática de las estructuras reales, esto debido a la presencia de múltiples incertidumbres en la evaluación de daño, como por ejemplo la hipótesis del modelo para el análisis estructural y la selección del movimiento sísmico del terreno. Respecto a lo primero se puede señalar que en el caso de las propiedades actuales de

los materiales y de los elementos estructurales pueden llegar a ser muy diferentes a los asumidos para el análisis del método y en otros casos desconocidas. Con respecto al segundo punto, movimiento sísmico del terreno, es difícil identificar sus características que describan la capacidad destructiva de un terremoto, por esta razón el movimiento del terreno representa una fuente de incertidumbre mayor.

Todas estas incertidumbres deben ser incluidas durante la fase de interpretación de los resultados del método, con el objeto de deducir las propiedades de daño que puedan ser aplicadas a casos reales y que dichas propiedades resulten en una evaluación confiable de la vulnerabilidad sísmica de edificios.

En conclusión, debido al gran número de incertidumbres que presenta este método y al impreciso e incompleto entendimiento del comportamiento de edificios de concreto armado, no es posible predecir analíticamente con suficiente confiabilidad la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en estudio. (págs. 13-28)

## **B. Métodos Subjetivos**

De acuerdo a Caicedo et al. (1994) La evaluación de la vulnerabilidad por métodos subjetivos es aplicable al estudio de un gran número de edificaciones dentro una zona urbana, esto debido a la obtención rápida de resultados de un sin número de tipologías constructivas. Este método no conlleva a la obtención de resultados precisos, sino que se realiza con el objeto de estimar o tener una idea del comportamiento sísmico en toda la zona en estudio, esto con planes de mitigación de desastres.

Una de las características más importantes del método es introducir la opinión subjetiva de un experto y generalmente este método usa formularios de encuesta o de levantamientos (survey forms), los cuales son aplicados y rellenados por personas capacitadas e involucradas en el campo de la investigación. Existen 2 tipos de formularios: uno de levantamiento de daños, que son usados para la recolección de datos de los daños sufridos por las estructuras, después de la ocurrencia de un sismo; y el otro de levantamiento de vulnerabilidad, que se usa para la toma de datos sobre las características de las estructuras, tales como sus dimensiones, tipo de material, etc. Este tipo de metodología se puede clasificar a su vez en dos grupos: los métodos que predicen el daño y los métodos que evalúan la capacidad. (págs. 31-32).

### **1. Métodos que predicen el Daño**

De acuerdo a (Caicedo, Barbat, Canas, & Aguiar, 1994):

Este método permite la estimación de daño de una estructura a través de dos tipos de relaciones matemáticas: la primera es una relación discreta, basada en matrices de

probabilidades de daño y la segunda es una relación continua, basada en funciones de vulnerabilidad.

### 1.1 Método basado en la probabilidad de daño

Una forma de expresar la vulnerabilidad de una estructura es a través de una matriz de probabilidad de daño DPM (damage probability matrix), la cual expresa la probabilidad discreta de daño para una tipología de estructura y una intensidad de sismo dada.

Las matrices DPM se deducen por medio de un análisis estadístico de los daños observados post-sismos o también por el juicio subjetivo de expertos (págs. 33-35).

En la Tabla 2 se representa un ejemplo de DPM para una estructura hipotética, donde cada columna representa un nivel distinto de intensidad sísmica y cada fila un nivel distinto de daño.

Nivel de daño j	Intensidad del sismo i		
	0.06 g	0.12 g	0.24 g
1. ninguno, menor	0.75	0.24	0.1
2. ligero, moderado	0.24	0.6	0.45
3. serio, grave	0.01	0.155	0.4
4. colapso	0	0.005	0.05

Tabla 2: Ejemplo de una matriz de probabilidad de daño DPM

Fuente: *Vulnerabilidad Sísmica de Edificios*. Caicedo, C., Barbat, A., Canas, J., & Aguiar, R. (1994)

### 1.2 Método basado en funciones de vulnerabilidad

La función de vulnerabilidad es una relación matemática que expresa de forma continua el daño que experimenta una estructura ante la presencia de un evento sísmico. Dicha función se deduce a través de una regresión estadística de los datos observados durante un terremoto o generados artificialmente por una simulación. Generalmente las funciones de vulnerabilidad se expresan en curvas que relacionan el grado de daño del edificio con un parámetro de respuesta estructural o del movimiento del terreno; dichos parámetros comúnmente evaluados son el desplazamiento horizontal del edificio y el coeficiente sísmico, que se define como el factor entre la capacidad lateral del edificio dividido por el peso total de la edificación, mientras que por otro lado los parámetros que expresan el movimiento del terreno son la aceleración máxima del terreno o de las escalas de intensidad sísmica. (págs. 35-37) En la figura 7 se puede observar un ejemplo de una función

de vulnerabilidad para edificios de mampostería, donde VI es el índice de vulnerabilidad el cual describe la capacidad del edificio y D representa el grado de daño sísmico observado en la estructura para un sismo de intensidad I, cabe señalar que esta

funciona sido deducida de una regresión estadística de un terremoto en Italia.

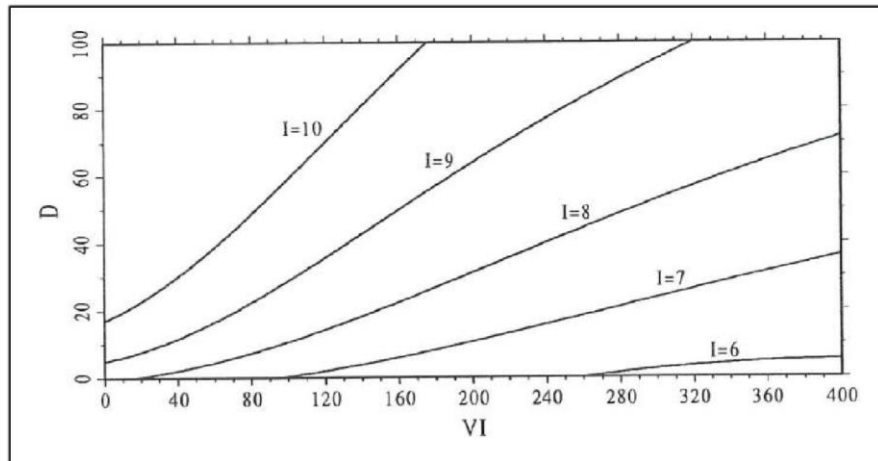


Figura 7 Ejemplo de una función de vulnerabilidad

Fuente: Vulnerabilidad Sísmica de Edificios. Caicedo, C., Barbat, A., Canas, J., & Aguiar, R. (1994)

## 2. Métodos que evalúan la Capacidad

La finalidad de este tipo de método es indicar la capacidad relativa de la estructura para resistir fuerzas sísmicas, por lo que puede afirmarse que no describen la vulnerabilidad como tal, y existen dos tipos: los métodos basados en un sistema de calificación y los métodos basados en códigos de construcción.

(Caicedo, Barbat, Canas, & Aguiar, 1994, pág. 37).

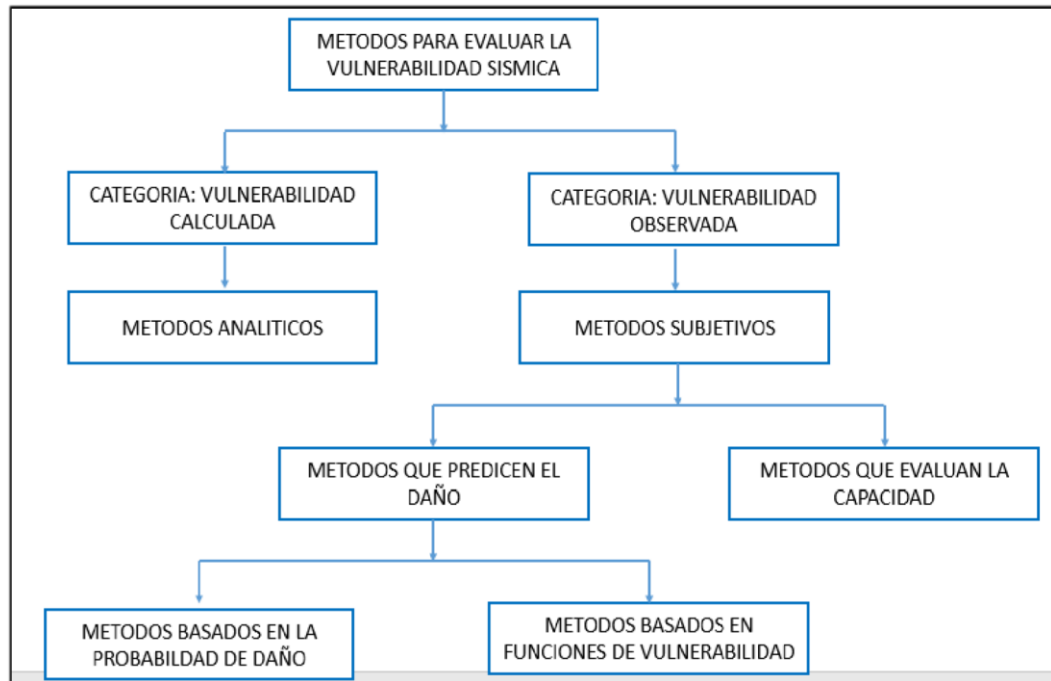


Figura 8: Métodos para Evaluar la Vulnerabilidad Sísmica  
Fuente: Elaboración propia

## 1.7. Definición de Términos Básicos

- **Distrito:** La palabra distrito se refiere a cada una de las demarcaciones en que se subdivide un territorio o una población, ya sea en forma administrativa, estadística o jurídica con la finalidad de obtener una distribución adecuada de sus servicios administrativos y organizar el ejercicio de su gobierno
- **Centro poblado Menocucho:** Es el uno de los seis centro poblados que pertenecen al distrito de Laredo en la Provincia de Trujillo , ubicado en el Departamento de La Libertad, bajo la administración del Gobierno regional de La Libertad, en el Perú.
- **Distrito de Laredo:** Es el uno de los once distritos de la Provincia de Trujillo, ubicada en el Departamento de La Libertad, bajo la administración del Gobierno regional de La Libertad, en el Perú.
- **Vivienda:** Se entiende como vivienda al lugar cerrado y cubierto, que se construye para ser habitado por personas, y cuya función principal es dar habitación y refugio a dichas personas, protegiéndolas del clima y de distintas amenazas.
- **Viviendas Informales:** se llama así a la construcción de viviendas en las cuales no existe un asesoramiento técnico de ingeniero, y que la construcción se lleva a cabo por albañiles o maestros de obra que no conocen la normatividad requerida para construir una vivienda como lo especifica el reglamento nacional de edificaciones.



- **Vulnerabilidad:** Se refiere a la pérdida o daño de un bien que puede darse ante la ocurrencia de un evento natural, tales como terremotos, tsunamis, Huracanes, etc.
- **Vulnerabilidad Sísmica:** Se refiere al grado de pérdida o daño que pueden sufrir los diferentes elementos estructurales como: vigas, columnas, losas, placas; y elementos no estructurales como: muros de albañilería (tabiquería), puertas y ventanas (vanos), entre otros, ante la presencia de un evento sísmico.

## 1.8. Formulación de la hipótesis

La presente investigación es de tipo no experimental descriptiva por lo tanto no es pertinente la elaboración de la hipótesis.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Material:

#### 1.1. Materiales

- |                       |              |            |                   |
|-----------------------|--------------|------------|-------------------|
| - Papel A-4           | - CD         | - Fólderes | - Sobre de Manila |
| - Corrector           | - Bolígrafos | - Lápiz    | - Fotocopias      |
| - Tintas de Impresora | - anillados  |            |                   |

#### 1.2. Humanos

- Tesista: -Bach. Dante Quijano Muñoz
- Bach. Ana Tunante Quiroz

#### 1.3 Servicio

- Se requerirá los servicios tecnológicos: USB, servicio de Internet.

### 2.2. Material de estudio.

#### Diseño de Investigación.

La presente investigación es No Experimental, debido a que no manipulamos variables y también porque la investigación se centra a contemplar el estado de las viviendas informales, para posteriormente analizar su vulnerabilidad sísmica. Dentro de este tipo de diseño, la presente investigación se puede contemplar dentro de la categoría de



Diseños Transversales, ya que la recolección de datos para poder describir la variable y su comportamiento se realizarán en un mismo lapso de tiempo. Finalmente podemos clasificar la presente investigación como un Diseño Transversal del tipo Descriptiva, ya que la investigación pretende observar las viviendas autoconstruidas de un determinado lugar y describir su comportamiento sísmico de los diferentes elementos estructurales de la edificación (Vulnerabilidad Sísmica).



*Figura 9: Tipo de diseño de Investigación*  
*Fuente: Elaboración propia*

### **Unidad de Estudio.**

01 vivienda informal del Distrito de Menocucho.

#### **2.2.1 Población.**

La presente investigación tiene como población a todas las viviendas del Centro Poblado de Menocucho en el Distrito de Laredo, y de acuerdo al último censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en el año 2007, las viviendas en el distrito de Laredo eran en total 8,462.

#### **2.2.2 Muestra.**

La presente investigación tiene un diseño no experimental y una técnica de muestreo No Probabilística debido a que no se puede asegurar una muestra representativa de toda la población, ya que en la búsqueda de las viviendas informales se seleccionaran aquellas en especial donde predomine un sistema estructural de albañilería confinada. Dentro de este tipo de técnica de muestreo también la podemos clasificar como un muestreo por conveniencia, debido a que los investigadores de la presente investigación elegirán por conveniencia la cantidad de viviendas a estudiar, además porque la aceptación y disponibilidad de estudiar las viviendas del Centro Poblado de Menocucho, dependen de los propietarios de dichas viviendas. Se seleccionarán 50 viviendas para analizar la vulnerabilidad sísmica en las viviendas informales del Centro Poblado de Menocucho en el Distrito de Laredo.



Figura 11: Tipo de Muestreo  
Fuente: Elaboración propia

### 2.3. Técnicas, Instrumentos y Procedimientos de Recolección de datos.

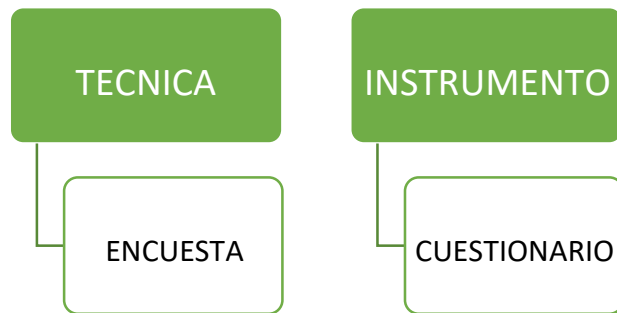


Figura 12: Técnica e Instrumento de Recolección de datos

#### 2.3.1. Técnicas de recolección de datos

La técnica utilizada en esta investigación es la “ENCUESTA”, ya que se utilizarán formularios impresos para obtener respuesta acerca de datos necesarios como los aspectos estructurales, aspectos no estructurales y aspectos constructivos que necesariamente serán proporcionados por el residente de la vivienda encuestada, además de las observaciones que el encuestador crea relevantes anotarlas, para poder evaluar su vulnerabilidad sísmica.

##### 2.3.1.1. Instrumentos de recolección de datos

El instrumento que se utilizara en esta presentación será el “CUESTIONARIO” debido a que se pretende recabar información relevante de la vivienda que nos permita evaluar su vulnerabilidad, teniendo en cuenta las dimensiones principales de la variable que son aspecto constructivo, aspecto estructural y aspecto no estructural, el mismo cuestionario servirá para anotar todo lo relevante que el investigador perciba como por ejemplo: fallas estructurales y no estructurales presentes en la vivienda, calidad de los materiales empleado y de la mano de obra, entre otros.

##### 2.3.1.2. Validación del Instrumento

El instrumento de Investigación ha sido validado por el Ingeniero Civil Josualdo Villar Quiroz, egresado de la Universidad Privada Antenor Orrego, Especialista en el área de

estructuras, Colegiado y Habilitado, en el Colegio de Ingenieros del Perú, Consejo Departamental de La Libertad con CIP 106997. (ANEXO II)

### 2.3.1.3. Procedimiento de recolección de datos

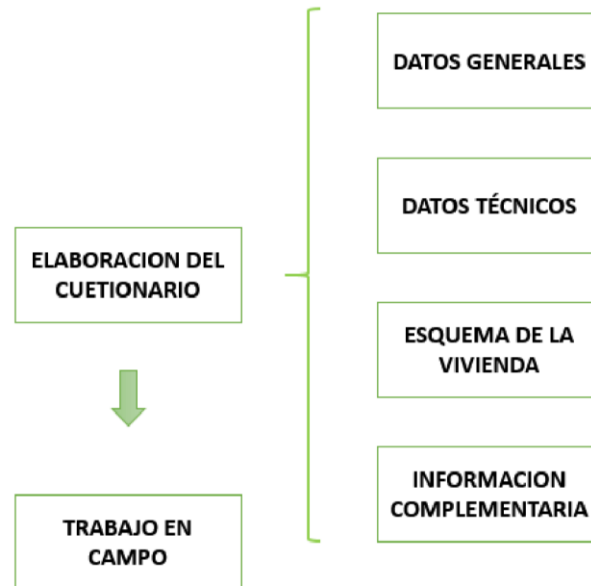


Figura 16: Procedimiento de Recolección de datos Fuente: Elaboración propia

Para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en el Centro Poblado de Menocucho en el Distrito de Laredo, se tiene que elaborar un cuestionario, para posteriormente realizar el trabajo en campo que consiste en la recolección de toda la información necesaria para el estudio de la vulnerabilidad sísmica. La Agencia Federal para la Gestión de Emergencias o conocido por sus siglas en inglés como FEMA (Federal Emergency Management Agency), nos proporciona un manual

FEMA P-154 “Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook”, (2015); en el cual se mencionan los puntos a considerar para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica. Sin embargo, se ha decidido recurrir metodología aplicadas ya en el país, como investigaciones de tesis de la Pontificia Universidad Católica del Perú, cuyas investigaciones tienen el respaldo del Dr. Marcial Blondet Saavedra especialista en la ingeniería sísmica y dinámica de estructuras. Estas investigaciones realizadas cuentan con un formato de recolección de datos, el cual se usará en la presente investigación.

#### A. Elaboración de la Ficha de Encuesta - Cuestionario

La ficha de encuesta se desarrolló para recopilar información necesaria en la evaluación de las viviendas informales en el Centro Poblado de Menocucho en el Distrito de Laredo. La ficha de encuesta comprende: datos generales, datos técnicos, esquemas de la vivienda,

información complementaria y fotos que ayudarán a observar el estado de la vivienda. A continuación, se describe cada punto considerado en la ficha de encuesta.

## 1. Datos Generales

- 1.1 Número de vivienda: El número correlativo de la vivienda encuestada.
- 1.2 Fecha de encuesta: El día, mes y año en que se realizó la encuesta.
- 1.3 Familia: Los apellidos de la familia que reside en la vivienda encuestada
- 1.4 Número de habitantes: Número de personas que residen en la vivienda encuestada.
- 1.5 Ubicación de la vivienda: La dirección de la vivienda, incluye el distrito, la zona en que se ubica: urbana o periurbana; el tipo y nombre de vía: avenida, calle, pasaje, jirón, carretera.
- 1.6 ¿Recibió asesoría técnica para la construcción de su vivienda y por qué?: Si algún profesional de la rama, dirigió la asesoría de la construcción de la vivienda. Adicionalmente las personas que participaron en su construcción.
- 1.7 Fecha de inicio y término de la construcción: Período de construcción de la vivienda encuestada.
- 1.8 Tiempo de residencia de la familia: Para tener conocimiento si habitó en la vivienda mientras la construían o después de haber sido terminada.
- 1.9 Pisos existentes y proyectados en la vivienda Para tener presente cuantos pisos más podrían ampliarse la vivienda.
- 1.10 Secuencia de construcción de los ambientes. Si realizaron la construcción por partes o la hicieron toda al mismo tiempo.

## 2. Datos Técnicos

- 2.1 Entorno de la vivienda: La ubicación en manzana, pendiente y características de la zona.
- 2.2 Tipo de suelo: El tipo de suelo clasificado, sobre el cual se encuentra la vivienda. Los tipos de suelo son: rígidos, intermedios y flexibles. Además, si es necesario, agregar información acerca de algunos componentes característicos observados, como gravas, arcillas, limos, etc.
- 2.3 Características de los principales elementos de las viviendas
  - Cimentación: Las dimensiones y profundidad aproximadas de la cimentación que el propietario pueda proporcionar. La información de los materiales empleados en su construcción.

- Muros: Las dimensiones de la unidad de albañilería utilizada, ya sea ladrillos macizos, pandereta u otros si lo hubiera. También se incluirá la medida aproximada de las juntas entre las unidades de albañilería y el espesor de los muros.
- Columnas y Vigas: Las dimensiones de la sección de los diferentes elementos y el tipo de refuerzo de los mismos de ser visible. En caso de haber otros materiales diferentes al concreto se indicará el tipo y sus dimensiones.
- Techo o Entrepiso: Se especifica si se utilizó diafragma rígido, como losa aligerada o losa maciza. Se especifica la altura de la losa. En caso de haber otros materiales diferentes al concreto, se indica el tipo y sus dimensiones.

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

### **3. Esquema de la Vivienda**

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

### **4. Información Complementaria**

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

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

- 4.2 Problemas de estructuración: Son los principales errores estructurales encontrados, fuera de la inadecuada densidad de muros. Los problemas de configuración como: losa a desnivel con vecino, insuficiencia de junta sísmica, reducción en planta, juntas frías o torsión en planta. Los problemas en los muros abarcan: muros portantes de ladrillos pandereta, unión muro y techo, muros sin viga solera, muros resistentes a sismo sin confinar o muros inadecuados para soportar empuje lateral. U otros problemas estructurales como: columnas cortas, losas no monolíticas, tabiquería sin arriostre o cercos no aislados de la estructura. Todos estos problemas incrementan de manera significativa la vulnerabilidad de la vivienda.
- 4.3 Factores degradantes: Son los principales factores degradantes en las viviendas: las armaduras expuestas y corroídas por intemperismo, la humedad en muros o losas, la eflorescencia en muros y los muros agrietados. Estos problemas pueden generar la degradación de la resistencia estructural de las viviendas con el paso del tiempo.
- 4.4 Mano de obra: El encuestador, de acuerdo con la calidad de construcción de muros y elementos de concreto armado, califica la mano de obra como buena, regular o de mala calidad, considerando lo siguiente:
- Mala calidad, corresponde a presencia de juntas entre unidades de albañilería mayores a 3cm, elementos desaplomados, cangrejas en los elementos de concreto.
  - Regular calidad, son viviendas con elementos de albañilería con juntas de 2 a 3 cm, presencia de elementos más o menos desaplomados y unas pocas cangrejas en los elementos de concreto.
  - Buena calidad, presencia de albañilería con juntas de 1 a 2 cm en elementos aplomados. No existen cangrejas en los elementos de concreto.
- 4.5 Materiales deficientes: Se califica la calidad de los materiales de construcción empleados en la vivienda, en especial la calidad de los ladrillos de arcilla. El encuestador verificará si los ladrillos son de fabricación artesanal o industrial. Generalmente los artesanales son de mala calidad, tienen mucha variabilidad dimensional, se rayan fácilmente con un clavo. Además, no presentan un color parejo por una falta de una cocción uniforme y completa de la unidad.
- 4.6 Otros: De existir otro problema en la vivienda no descrito anteriormente que influya en el buen comportamiento sísmico, se procede a anotar y describir adecuadamente.

## B. Trabajo de Campo

El trabajo en campo consiste en ir a la zona de estudio, en este caso el Centro Poblado de Menocucho en el Distrito de Laredo se aplicó la ficha de encuesta a 50 viviendas, seleccionando aquellas viviendas cuyo sistema estructural predominante en la vivienda sea albañilería confinada. Para una mejor selección de las viviendas a analizar, primero se procedió a realizar un recorrido por los alrededores del distrito, para posteriormente realizar la elección de las mismas.

### 2.3.2 Para Procesar Datos

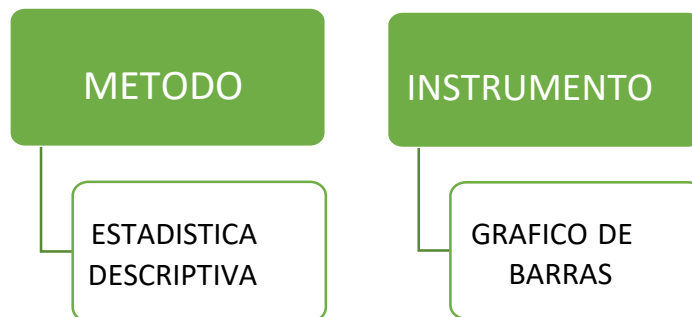


Figura 18: Método e Instrumento de Análisis de datos Fuente: Elaboración propia

#### 3.2.1 Método de Análisis de Datos

La presente investigación es del tipo No experimental, por lo tanto se utilizará como técnica matemática, la estadística descriptiva, ya que del conjunto de datos que se obtengan al realizar el cuestionario en el Centro Poblado de Menocucho en el Distrito de Laredo, se organizarán y presentarán al final en diagramas de barras que resumirán todos los datos resultados en dichos cuestionarios.

#### 3.2.2 Instrumento de Análisis de Datos

El tipo de gráfico que se usará en la presente investigación, es el gráfico de barras, ya que este tipo de gráfico se adecua al tipo de variable que tenemos, que es una variable cualitativa ordinal. Este tipo de gráficos realiza un resumen de un conjunto de datos por categorías. Cada categoría o clase de la variable se le asocia a una variable cuya altura representa la frecuencia de esa clase, siendo la altura lo que hace diferir entre cada clase.

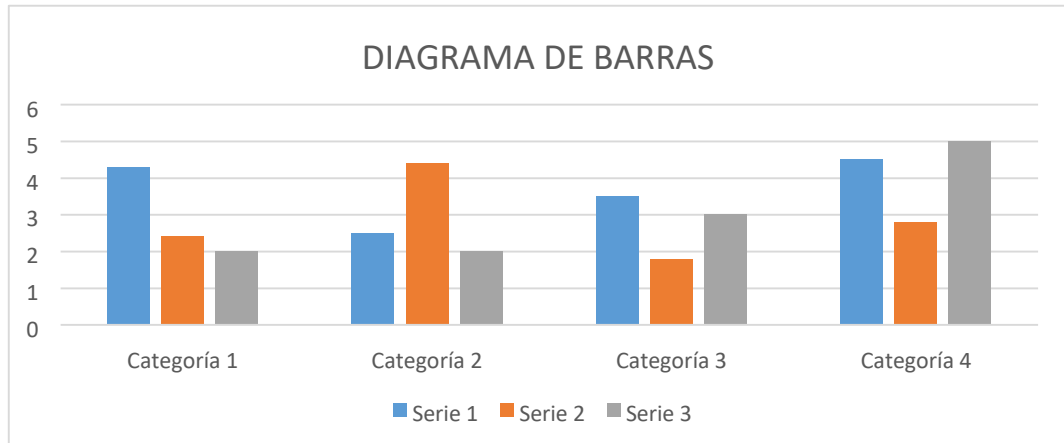


Figura 17: Diagrama de barras  
Fuente: Elaboración propia

### 3.2.3 Procedimiento de Análisis de datos

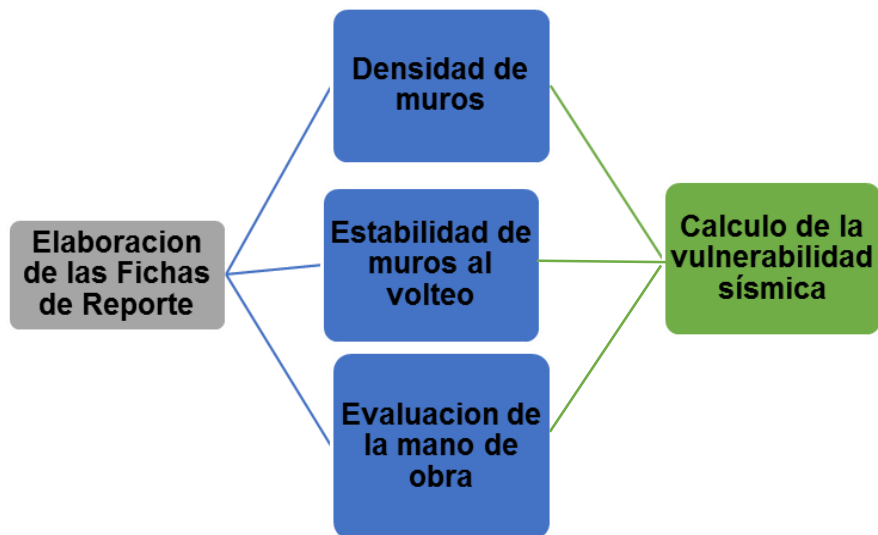


Figura 19: Procedimiento de análisis de datos.  
Fuente: Elaboración propia

#### A. Elaboración de las Fichas de Reporte

Las Fichas de reporte son hojas realizadas en Ms Excel donde se procesarán los datos obtenidos en los cuestionarios por cada vivienda encuestada, y al igual que las fichas de encuestas, las fichas de reporte también han sido tomadas de la investigación Johan Edgar Laucata Luna (2005). La ficha de reporte se muestra en el Anexo III y dentro de su contenido tenemos los siguientes puntos:



1. **Antecedentes:** Se sintetiza datos de la encuesta obtenidos y recolectados en la parte de datos generales del cuestionario como la ubicación de las viviendas, si recibió el asesoramiento en el diseño o construcción de la vivienda, etc.
2. **Aspectos Técnicos:** en este punto se detalla los elementos estructurales y materiales usados en la construcción de la vivienda; así mismo se describen los problemas más comunes encontrados tales como problemas de ubicación, problemas constructivos o problemas estructurales, etc.
3. **Análisis Sísmico:** En esta parte se realiza el análisis de densidad de muros y estabilidad al volteo de tabiques o parapetos, además de la calificación del encuestador de la calidad de la mano de obra y de materiales empleados, todo ello con el fin de obtener la vulnerabilidad sísmica de la vivienda en estudio.

#### a. Densidad de Muros

La densidad de muros de acuerdo a la Norma E070 de albañilería se analiza en las direcciones principales del sismo. Para este análisis en particular se compara la densidad de muros existentes con la densidad mínima requerida para que las viviendas soporten sismos de 0.4g, y para determinar ello se ha supuesto que la fuerza cortante actuante, producto de un sismo raro, dividida entre el área de muros requerida debe ser menor que la sumatoria de las fuerzas cortantes resistentes de los muros dividida entre el área existente de muros.

$$\frac{V}{A_m} \leq \frac{\sum VR}{A_e} \quad \dots \dots \dots \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

V = Fuerza cortante basal (kN) actuante

VR = Fuerza de corte resistente (kN) de los muros.

A<sub>m</sub> = Área (m<sup>2</sup>) requerida o necesaria de muros

A<sub>e</sub> = Área (m<sup>2</sup>) existente de muros confinados

La fuerza cortante basal V producida por los sismos se expresa como (Norma E 030 de diseño sismorresistente):

$$V = \frac{Z.U.S.C}{R} P \quad \dots \dots \dots \quad \text{Ecuación 2}$$



Donde:

Z = Factor de zona

U = Factor de uso que para viviendas es 1

S = Factor de suelo (Suelo rígido = 1; Suelo intermedio = 1,2 o  
Suelo flexible = 1,4)

C = Factor de amplificación sísmica = 2,5

R = Factor de reducción por ductilidad = 3

P = Peso de la estructura (kN)

Para determinar el peso P de la vivienda se ha asumido que el peso está en función al área techada, que es aproximadamente 8 kN/m<sup>2</sup> para viviendas de albañilería confinada (Arango, 2002)

$$P = A_{tt} \cdot \gamma \quad \dots \dots \dots \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

A<sub>tt</sub> = Suma de las áreas techada (m<sup>2</sup>) de todos los pisos de la vivienda.

γ = 8 kN/m<sup>2</sup>

La fuerza de corte resistente de cada muro se expresa como (E070)

$$V_R = 0,5 \times v'm \cdot \alpha \cdot t \cdot l + 0.23 \times P_g \quad \dots \dots \dots \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

v'm = Resistencia a compresión diagonal de los muretes de albañilería. Para ladrillo de fabricación artesanal v'm = 510 kPa (San Bartolomé 1998)

α = Factor de reducción por esbeltez varía entre  $1/3 \leq \alpha \leq 1$

t = Espesor (m) del muro en análisis

l = Longitud (m) del muro en análisis

P<sub>g</sub> = Carga gravitacional (kN) de servicio más sobrecarga reducida

La condición más desfavorable para que las viviendas no colapsen se da cuando la fuerza sísmica (fuerza actuante) sea igual a la fuerza resistente de todos los muros de la estructura. Entonces ambos términos de la ecuación 1 serán iguales.

$$\frac{V}{Am} \leq \frac{\Sigma VR}{Ae} \quad \dots \dots \dots \quad \text{Ecuación 5}$$

Para calcular VR se ha realizado una simplificación en la ecuación 4, donde nos basamos en los cálculos realizados por la investigación de Laucata en el 2005 en el cual se llega a sintetizar los valores de  $\alpha = 1$  y en  $0,23Pg = 0$ . Por lo tanto la ecuación queda reducida a la siguiente expresión:

$$VR = 0,5 \times v'm \cdot t \cdot l \quad \dots \dots \dots \quad \text{Ecuación 6}$$

Despejando de la ecuación 5 en término de Am, reemplazando las ecuaciones

2, 3 y 6 e igualando  $\Sigma(t \cdot l) = Ae$ , se tiene:

$$Am \approx \frac{Z \cdot S \cdot A_{tt} \times 8}{300} \quad \dots \dots \dots \quad \text{Ecuación 7}$$

La ecuación 7 determina el área mínima de muros en cada dirección que debe tener el primer piso de las viviendas para asegurar un buen comportamiento sísmico. En el proceso de datos en las fichas de reporte se calculó Am con la ecuación 7 y Ae en base a las fichas de encuesta. Luego, se calificó la relación Ae/Am en base a los siguientes rangos de valores:

- Si  $Ae / Am \leq 0,80$  se concluye que la vivienda no tiene adecuada densidad de muros.
- Si  $Ae / Am \geq 1,1$  se concluye que la vivienda tiene adecuada densidad de muros.
- Si  $0,8 < Ae / Am < 1,1$  se necesita calcular con mayor detalle la suma de fuerzas cortantes resistente de los muros de la vivienda ( $\Sigma VR$ ) y el cortante actuante (V).

**b. Estabilidad de Muros al Volteo**

La estabilidad de muros al volteo no se analizaran en muros portantes, si no en muros no portantes que son los tabiques, cercos y parapetos de las viviendas. Para analizar la estabilidad al volteo de un determinado tabique se compara el momento actuante debido a sismo (Ma) y el momento resistente (Mr) que actúa en el tabique. Ambos momentos son calculados en la base de los muros y son momentos paralelos a los planos de los muros.

Para el cálculo de  $M_a$  se establece primero la carga sísmica  $V$  que actúa durante un sismo perpendicular al plano del muro (Norma E070)

$$V = Z \cdot U \cdot C_1 \cdot P \dots \dots \dots \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

$Z$  = Factor de zona

$U$  = Factor de uso (vivienda = 1)

$C_1$  = Coeficiente sísmico

$P$  = Peso del muro por unidad de área del plano del muro (kN/m<sup>2</sup>) El peso

$P$  está dado por la siguiente expresión:

$$P = \gamma_m \cdot t \dots \dots \dots \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

$\gamma_m$  = Peso específico del muro

Para muro de ladrillo macizo  $\gamma_m = 18$  kN/m<sup>3</sup>

Para muro de ladrillo pandereta  $\gamma_m = 14$  kN/m<sup>3</sup>

$t$  = Espesor del muro (m)

Los valores de  $C_1$  están dados por la actual norma E030 de diseño sismorresistente: 1,3 para parapetos; 0,9 para tabiques y 0,6 para cercos. El momento actuante perpendicular al plano del muro de acuerdo a San Bartolomé (1998) está dado por la siguiente expresión:

$$M_a = m \cdot V \cdot a^2 \dots \dots \dots \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

$m$  = Coeficiente de momentos  $a$  = Dimensión crítica (m)

$V$  = carga sísmica perpendicular

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

- Muros con 4 bordes arriostrados (Figura N° 20)

a = menor dimensión.

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

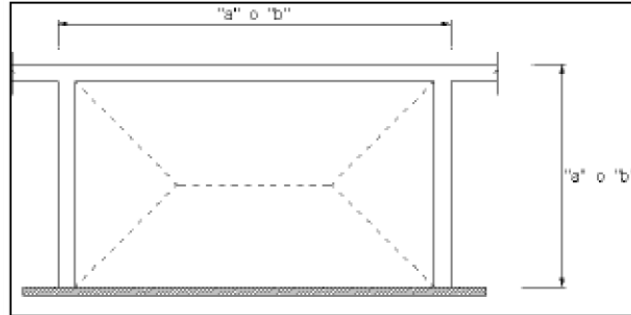


Figura 20: Muro con 4 bordes arriostrados  
Fuente: Norma E070 de Albañilería

- Muros con 3 bordes arriostrados (Figura N° 21)

a = Longitud del borde libre.

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

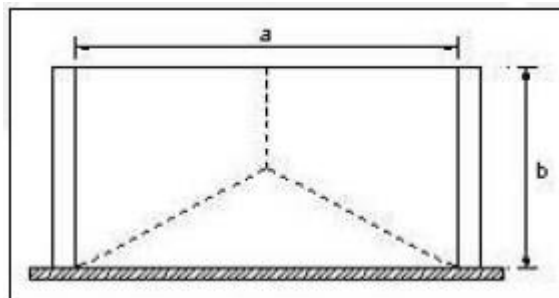


Figura 21: Muro con 3 bordes arriostrados  
Fuente: Norma E070 de Albañilería

- Muros arriostrados en sus muros horizontales a=altura del muro m=0.125
- Muros en voladizo a=altura del muro m=0.5

Al reemplazar la ecuación 8 en la ecuación 10 se tiene

$$M_a = Z \cdot U \cdot C_1 \cdot P m \cdot a^2 \dots \dots \dots \text{Ecuación 11}$$

Para determinar el momento resistente a tracción por flexión ( $M_r$ ) del muro se sabe por resistencia de materiales que el esfuerzo de un elemento sometido a flexión es:

$$\sigma_{\max} = \frac{Mr \cdot c}{I} \quad \dots \dots \dots \text{Ecuación 12}$$

Donde:

$\sigma_{\max}$  = Esfuerzo por flexión (kN/m<sup>2</sup>)

$Mr$  = Momento resistente a tracción por flexión (kN-m)  $c$  =

Distancia del eje neutro a la fibra extrema (m)

$I$  = Momento de inercia de superficie (m<sup>4</sup>) de la sección, paralela al eje del momento

El momento resistente a tracción por flexión (Figura 22) es expresado como:

$$M_r = \frac{f_t \cdot I}{c} \quad \dots \dots \dots \text{Ecuación 13}$$

Donde:  $f_t$  = Esfuerzo de tracción por flexión de la albañilería = 100 kN/m<sup>2</sup>,

(Arango 2002)

$I$  = Momento de inercia (m<sup>4</sup>) de la sección del muro  $c$  = Distancia

(m) del eje neutro a la fibra extrema de la sección

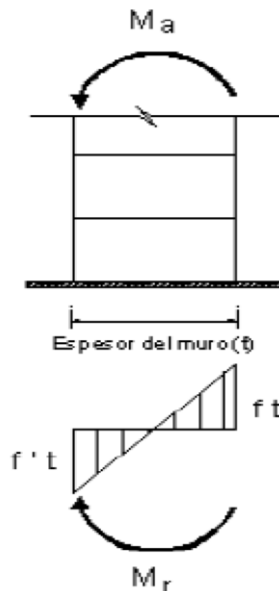


Figura 22: Momento Resistente en un muro de albañilería Fuente: Elaboración Propia

Al remplazar el valor de  $f_t$  y desarrollar el momento de inercia de superficie para una longitud de un metro de muro, se tiene la expresión del momento resistente por metro de longitud de muro.

$$Mr = 100 * \frac{t^3}{12} * \frac{1}{t/2}$$
$$Mr = \frac{100}{6} * t^2$$
$$Mr = 16.7 * t^2 \quad \dots \dots \dots \text{Ecuación 14}$$

Finalmente se compara el valor de las ecuaciones 11 y 14 y se concluye en las siguientes relaciones:

Si  $Ma \leq Mr$  el muro es estable pues el momento actuante es menor que el momento resistente.

Si  $Ma > Mr$  el muro es inestable pues el momento actuante es mayor que el momento resistente y fallara por volteo ante un sismo de 0.4 g.

### c. Evaluación de la Mano de Obra

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

- Mala calidad, corresponde a presencia de juntas entre unidades de albañilería mayores a 3cm, elementos desaplomados, cangrejeras en los elementos de concreto.
- Regular calidad, son viviendas con elementos de albañilería con juntas de 2 a 3 cm, presencia de elementos más o menos desaplomados y unas pocas cangrejeras en los elementos de concreto.
- Buena calidad, presencia de albañilería con juntas de 1 a 2 cm en elementos aplomados. No existen cangrejeras en los elementos de concreto.

### B. Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica

De acuerdo a Kuroiwa (2002) Para determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas se ha analiza la vulnerabilidad estructural y la vulnerabilidad no estructural. La vulnerabilidad estructural se estima en función de los siguientes Parámetros: la densidad de muro y la calidad de mano de obra. La vulnerabilidad no estructural está en función de un solo parámetro: la estabilidad de muros al volteo. A cada uno de los parámetros se les asigna un valor numérico.

VULNERABILIDAD					
ESTRUCTURAL			NO ESTRUCTURAL		
Densidad (60%)		Mano de obra y Materiales (30%)		Tabiquería y Parapetos (10%)	
Adecuada	1	Buena Calidad	1	Todos Aceptables	1
Aceptable	2	Regular Calidad	2	Algunos Aceptables	2
Inadecuada	3	Mala Calidad	3	Todos Inestables	3

Tabla 3: Parámetros para evaluar la vulnerabilidad sísmica  
Fuente: Mosqueira y Tarquez (2005)

Los valores asignados a cada parámetro se reemplazan en la siguiente ecuación para calificar numéricamente la vulnerabilidad sísmica de las viviendas. Se ha considerado un 60% de participación de la densidad de muros porque la densidad es calculada en las fichas de reporte para cada vivienda. En cambio, un 30% de participación a la calidad de la mano de obra y materiales porque su evaluación es visual y depende mucho del criterio del encuestador. Además, sólo se ha considerado un 10% de participación de la vulnerabilidad no estructural dentro de la evaluación de la vulnerabilidad.

$$Vulnerabilidad\ Sísmica = 0,6 \times Densidad\ de\ muros + 0,3 \times Mano\ de\ obra + 0,1 \times Estabilidad\ de\ muros$$

En la Tabla 4 se pueden ver los rangos numéricos para vulnerabilidad sísmica baja, media y alta.

Vulnerabilidad Sísmica	Rango
Baja	1 a 1,4
Media	1,5 a 2,1
Alta	2,2 a 3

Tabla 4: Rangos de la vulnerabilidad sísmica  
Fuente: Mosqueira y Tarquez (2005)

Los rangos mostrados en la tabla 4 encierran todas las posibles combinaciones de los Parámetros (Tabla 5) que califican la vulnerabilidad sísmica.



VULNERABILIDAD SISMICA	Estructural						No estructural			Valor numérico
	Densidad (60%)			Calidad M.O. y Materiales (30%)			Estabilidad de parapetos (10%)			
	Adecuada	Aceptable	Inadecuada	Buena	Regular	Media	Estables	Algunos estables	Inestables	
BAJA	X			X			X			1.0
	X			X				X		1.1
	X			X					X	1.2
	X				X		X			1.3
	X				X		X	X		1.4
MEDIA	X				X				X	1.5
	X					X	X			1.6
	X					X		X		1.7
	X					X			X	1.8
		X		X			X			1.6
		X		X				X		1.7
		X		X					X	1.8
		X			X		X			1.9
		X			X			X		2.0
ALTA		X				X	X			2.2
		X				X		X		2.3
		X				X			X	2.4
			X				X			2.2
			X	X				X		2.3
			X	X					X	2.4
			X	X			X			2.5
			X		X			X		2.6
			X		X				X	2.7
			X			X	X			2.8
			X			X		X		2.9
		X			X			X	3.0	

Tabla 5: Combinaciones de los parámetros para la evaluación vulnerabilidad sísmica Fuente: Mosqueira y Tarquez (2005)

#### 4. Operacionalización de variables

La presente investigación es del tipo Descriptiva y por lo tanto cuenta con una sola variable en estudio, siendo esta “VULNERABILIDAD SISMICA”. Dicha variable se puede clasificar de la siguiente manera:

- Por su relación es una **variable independiente**, ya que su estudio no depende de ninguna otra variable, sin embargo si depende de varias dimensiones inherentes a la propia vivienda, que son los aspectos constructivos, aspectos estructurales y los aspectos no estructurales.
- Por su naturaleza es una **variable cualitativa**, ya que la variable no está estandarizada numéricamente, sin embargo se puede expresar mediante una característica o atributo, y su medición es precisamente clasificar dicho atributo. Para este caso en particular la variable también es politómicas, porque puede asumir tres valores o atributos diferentes, que son: vulnerabilidad alta, vulnerabilidad media o vulnerabilidad baja.
- Por su escala de medición es una **variable ordinal**, ya que la característica y/o atributos estudiada de la variable, presenta un orden en sus categorías, pero sin embargo no hay

un grado de distancias iguales entre ellas. Así tenemos en la presente investigación que la vulnerabilidad sísmica de viviendas Informales en el Centro Poblado de Menocucho en el Distrito de Laredo puede ser baja, media o alta.

- Por su forma de medición se puede considerar una **variable indirecta**, ya que es una variable que no se puede medir directamente con un instrumento, sino que se recurrirá a otros factores que determinen el estudio en dicha variable.

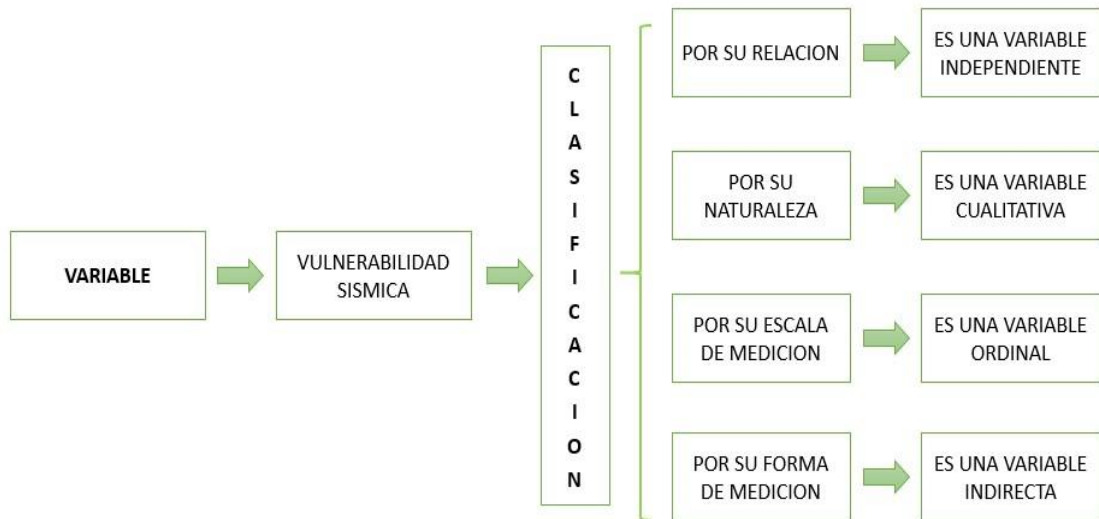


Figura 10: Clasificación de la Variable de Estudio “Vulnerabilidad Sísmica”  
Fuente: Elaboración propia

## 2.4. Operacionalización de variables

**Tabla N.º 6:** Operacionalización de la Variables de Estudio.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
Vulnerabilidad Sísmica	Es el grado de pérdida o daño que pueden sufrir los diferentes elementos estructurales como: vigas, columnas, losas, placas; y elementos no estructurales como: muros de albañilería (tabiquería), puertas y ventanas (vanos), entre otros, ante la presencia de un evento sísmico.	Se realizará el análisis de 50 viviendas informales en el Centro Poblado de Menocucho del Distrito de Laredo, recolectando y procesando los datos con fichas de encuesta y fichas de reporte, respectivamente.	Evaluación de los Aspectos Estructurales	Densidad de muros en dirección “X” y “Y”	Espesor efectivo de los muros
					Longitud de muros
					Área de planta Típica de la vivienda
					Parámetros Sísmicos (Factor de Zona. Factor de Uso y Factor de suelo)
					Número de pisos de la vivienda
			Evaluación de los Aspectos Constructivos	Mano de obra	Observación
			Evaluación de los Aspectos No Estructurales	Estabilidad de muros al volteo en muros no portantes	Parámetros Sísmicos (Factor de Zona. Factor de Uso, Coeficiente sísmico)
					Peso del muro
					Momento de Inercia del muro

## 2.5. DESARROLLO DE TESIS

Para lograr el desarrollo de esta tesis, se tuvo que ir al Centro Poblado de Menocucho del Distrito de Laredo, y se tocó las puertas a muchas viviendas hasta que logramos estudiar 50 de estas. En muchas casas, los propietarios no nos permitieron ingresar a sus viviendas por algún tipo de temor o desconfianza, pero a las que tuvimos acceso, hicimos una entrevista mediante un cuestionario a los dueños de las viviendas para recolectar información histórica y el tipo de asesoramiento que recibieron durante la construcción de sus viviendas; así como también observamos todos elementos estructurales que contaban las viviendas como los muros, columnas y vigas de confinamiento, losas, cimentaciones; y también de algunos detalles erróneos producidos durante la construcción, como por ejemplo, aceros expuestos al medio ambiente, concreto de mala calidad, muros sin confinar, mala conexión de muros portantes con los elementos de confinamiento, etc. Luego se elaboró planos de las viviendas para poder tener una mejor referencia al momento de analizar su configuración estructural de cada vivienda. Obtenidos los datos, se analizó puntos importantes en la estructura de cada vivienda como la densidad de muros en ambas direcciones, y que estos deberían cumplir con la cantidad mínima requerida; Momento de volteo de muros no portantes como muros divisorios, tabiques y muros perimétricos; y también evaluamos la calidad de mano de obra que recibió cada vivienda estudiada. Cuando analizamos estos puntos, nos basamos en las normas E-030 y E070 del reglamento nacional de edificaciones. Cuando obtuvimos los datos procesados, se clasificó la vulnerabilidad sísmica de cada vivienda en 3 niveles (baja, media y alta), y así logramos determinar la vulnerabilidad sísmica promedio de 50 viviendas informales del Centro Poblado de Menocucho del Distrito de Laredo.

### III. RESULTADOS.

#### 1. Resultados de la densidad de muros

Densidad de Muros Ae/Ar	En el Centro Poblado de Menocucho	
En la Dirección X	N° de Viviendas	%
Paralelo a la Fachada		
Adecuado	9	18
Aceptable	2	4
Inadecuado	39	78
<b>Total General</b>	<b>50</b>	<b>100</b>

Tabla 7: Densidad de muros en la dirección Paralela a las fachadas de las viviendas  
Fuente: Elaboración Propia

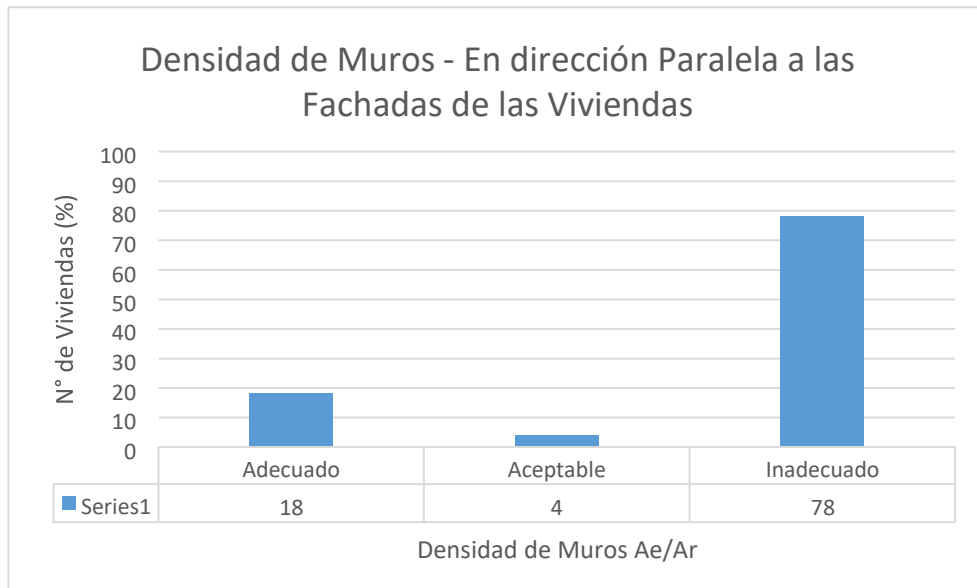


Gráfico 1: Densidad de muros en la dirección Paralela a las fachadas de las viviendas  
Fuente: Elaboración Propia

Densidad de Muros Ae/Ar En la Dirección Y Perpendicular a la Fachada	En el Centro Poblado de Menocucho	
	N° de Viviendas	%
Adecuado	45	90
Aceptable	0	0
Inadecuado	5	10
<b>Total General</b>	<b>50</b>	<b>100</b>

Tabla 8: Densidad de muros en la dirección Perpendicular a las fachadas de las viviendas  
Fuente: Elaboración Propia

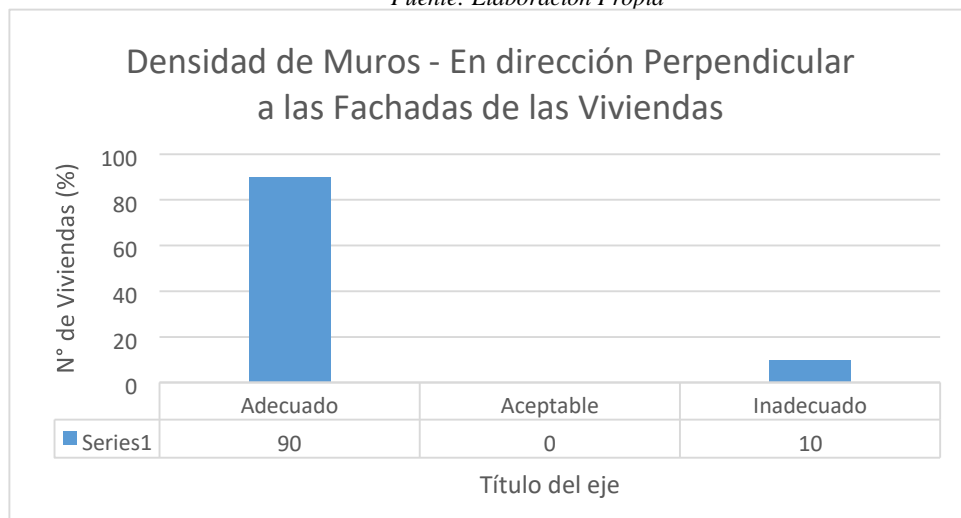


Gráfico 2: Densidad de muros en la dirección Perpendicular a las fachadas de las viviendas

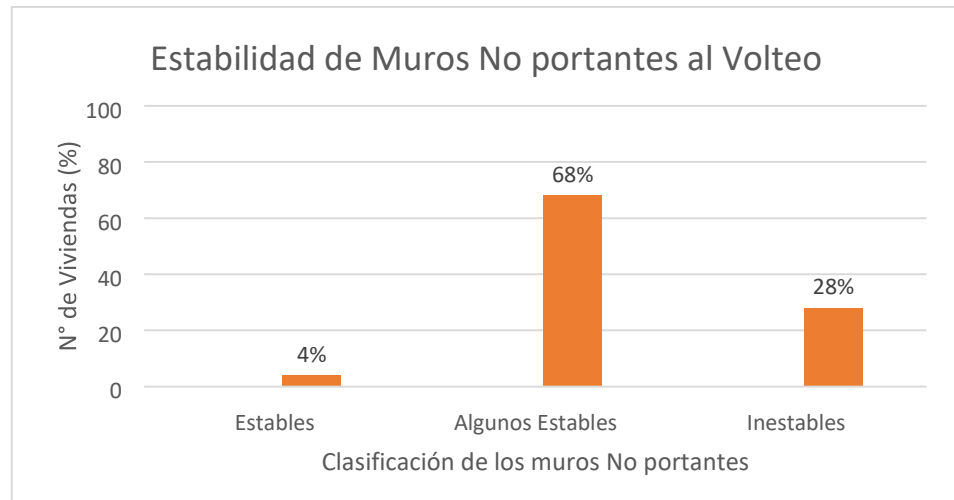


Gráfico 3: Resultados de la Evaluación de la estabilidad de muros al volteo  
Fuente: Elaboración Propia

## 2. Resultados de la estabilidad de muros no portantes al volteo

Estabilidad de Muros al Volteo		
Descripción	Nº de viviendas	%
Todos Estables	2	4
Algunos Estables	34	68
Todos Inestables	14	28
<b>Total en General</b>	<b>50</b>	<b>100</b>

Tabla 9: Resultados de la Evaluación de la estabilidad de muros no portantes al volteo  
Fuente: Elaboración Propia

## 3. Resultados de la Evaluación de la Mano de Obra

Mano de Obra		
Descripción	Nº de viviendas	%
Buena	4	8
Regular	35	70
Mala	11	22
<b>Total en General</b>	<b>50</b>	<b>100</b>

Tabla 10: Resultados de la Evaluación de la mano de Obra  
Fuente: Elaboración Propia

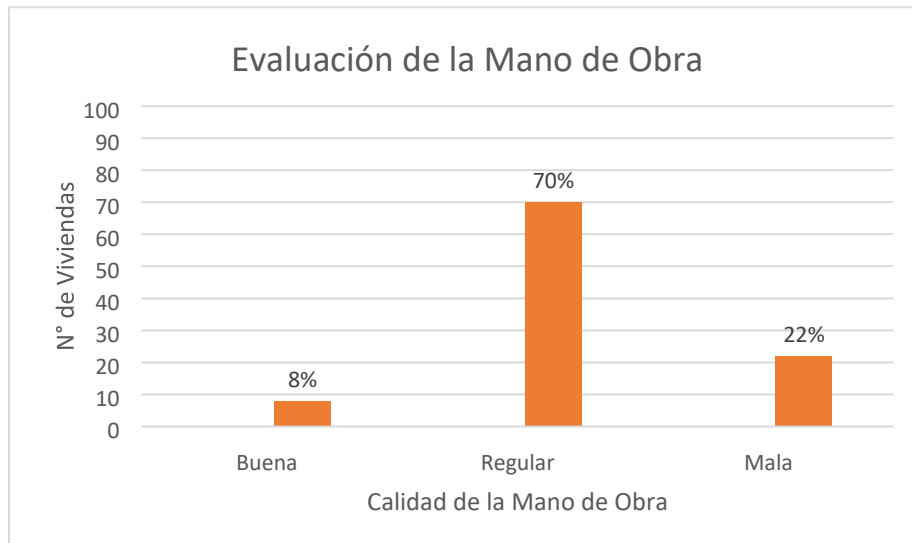


Gráfico 4: Resultados de la Evaluación de la mano de Obra  
Fuente: Elaboración Propia

#### 4. Resultados del Análisis de la Vulnerabilidad sísmica

VULNERABILIDAD SISMICA		
Descripción	Nº de viviendas	%
Alta	40	80
Media	6	12
Baja	4	8
<b>Total en General</b>	<b>50</b>	<b>100</b>

Tabla 10: Vulnerabilidad Sísmica en el Centro Poblado de Menocucho  
Fuente: Elaboración Propia

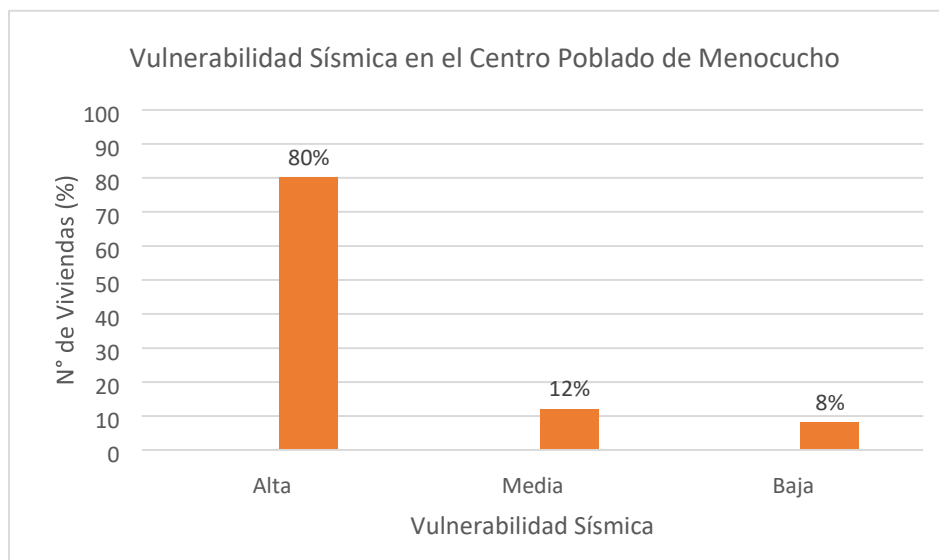


Gráfico 5: Vulnerabilidad Sísmica en el Centro Poblado de Menocucho  
Fuente: Elaboración Propia

#### IV. DISCUSIÓN.

La tabla 6 se muestra la densidad de muros en la dirección paralela a la fachada de las viviendas del Centro Poblado de Menocucho, donde el análisis individual de cada vivienda nos conduce a clasificar dicha edificación con una densidad de muros adecuada, aceptable e inadecuada; todo ello depende de la relación  $A_e/A_r$  (Área existente/Área requerida). Tal como se aprecia en el gráfico 1 la densidad de muros en el sentido paralelo a la fachada (sentido X) es baja, siendo inadecuadas un 78% de las viviendas y solo un 18% de viviendas posee una densidad de muros adecuada y resistente ante la presencia de sismos en esa dirección. El gran porcentaje de viviendas con densidad de muros inadecuada en la dirección paralela a la fachada de la vivienda es debido a que en esta dirección se coloca pocos muros resistentes; en lugar de ellos se suele colocar, divisiones de ambientes, ventanas y puertas. Las dimensiones del terreno de la vivienda, por lo general el largo es 2 a 3 veces mayor que su ancho, esto es un detalle menor, pero influyente del porque la densidad de muros es baja en este sentido.

En La tabla 7 se muestran la densidad de muros en la dirección perpendicular a la fachada de las viviendas del Centro Poblado de Menocucho. En este análisis a diferencia del sentido paralelo, hay un cambio significativo en cuanto a los resultados mostrados en dicha Tabla. En el gráfico 2, podemos apreciar que las viviendas que tienen una adecuada densidad de muros es un 90%, este porcentaje es un valor aceptable, ya que como se pudo contrastar con el trabajo de campo, las viviendas cuentan con muros perimetrales con la misma longitud del largo del terreno, lo que contribuye a una alta densidad de muros en este sentido. Sin embargo hay un 10% que no cumple con la densidad de muros en esta dirección, y por lo general esta situación se presenta en viviendas ubicadas en las esquinas de las manzanas. Al estar algunas viviendas ubicadas allí, arquitectónicamente colocan más ventanas con el fin de dar mayor ventilación e iluminación, sin embargo al colocar estos elementos, reducen la longitud de los muros que contribuyen a la resistencia, de acuerdo a la Norma E070 aquellos muros que tengan longitudes menores a 1.20m no se consideraran en el análisis de la densidad de muros.

En La tabla 8 se muestra los resultados del análisis de todos los muros no portantes de cada vivienda encuestada, sobre la estabilidad del muro al volteo. En el análisis, se considera que el muro es estable, si el momento actuante es menor o igual al momento resistente ( $M_a \leq M_r$ ), si no se cumple esta relación el muro clasifica como un muro inestable. Si en una vivienda existían muros estables e inestables en la misma proporción, entonces se concluía que dicha edificación tenía estabilidad solo en algunos muros. En el gráfico 3 podemos apreciar que solo un 4% de las viviendas encuestadas posee estabilidad en la mayoría de sus





muros, un 68% tienen muros estables e inestables a la vez y un 28% representa a la totalidad de muros inestables dentro de una edificación. Estos resultados nos indican que ante un eventual sismo de magnitud importante y/o considerada, hay una gran probabilidad de que algunos muros se vuelquen.

En La tabla 9 se muestra los resultados sobre la calidad de la mano de obra, clasificándolo como buena, regular o mala, basándose en el espesor de las juntas, muros aplomados y la presencia o no de cangrejeras en elementos de concreto. En el gráfico 4 se muestra que la buena calidad de la mano de obra es tan solo un 8%, dato relevante que nos da a conocer la realidad sobre las construcciones en el distrito, este porcentaje representa la informalidad en Centro Poblado de Menocucho con respecto a las construcciones, que en su mayoría son realizadas por los propios propietarios de las viviendas o albañiles, los cuales no cuentan con criterios de construcción. Por otro parte hay viviendas en un 70% con una mano de obra regular y un 22% con una mala mano de obra, lo que implica presencia de cangrejeras en elementos estructurales como columnas, vigas, varillas de acero expuestas a la intemperie, presencia de fisuras, etc.

En La tabla 10 se muestra los resultados sobre la variable en estudio, Vulnerabilidad Sísmica, que su clasificación como alta, media o baja; depende de acuerdo a Kuroiwa (2002) del análisis de su vulnerabilidad estructural (densidad de muros y mano de obra) y su vulnerabilidad no estructural (Análisis de Muros al Volteo). En el gráfico 5 se muestra, que la vulnerabilidad ante la presencia de sismos severos es alta en un 80%. Si bien actualmente estas viviendas siguen en pie, esto es porque Trujillo presenta un gran tiempo de silencio sísmico, es decir no se ha producido un sismo considerable que ocasione un colapso en dichas edificaciones. Los resultados son alarmantes, y esto es producto de la autoconstrucción, que como ya se mencionó esta mala praxis realizada por personas sin criterios de diseño y construcción ocasionan este efecto en las viviendas.



## V. CONCLUSIONES

Se logró analizar la vulnerabilidad sísmica de 50 viviendas en el Centro Poblado de Menocucho. Los resultados obtenidos nos indican que el Centro Poblado de Menocucho presenta una vulnerabilidad alta en un 80%, vulnerabilidad media en un 12% y una vulnerabilidad baja igual a 8%, demostrándose que las construcciones informales, de una manera u otra contribuyen al incremento en la vulnerabilidad de las estructuras.

Se logró identificar las viviendas a estudiar en el Centro Poblado de Menocucho, accediendo a las primeras 50. Algunas viviendas previstas no se pudieron analizar por desconfianza de los propios propietarios de esos hogares, sin embargo, si se llegó a analizar a la cantidad de viviendas que esta investigación se puso como objetivo.

Se identificó diferentes problemas que presentan las viviendas en el Centro Poblado de Menocucho, entre los más comunes y resaltantes a la vista del encuestador fueron los siguientes: presencia de cangrejeras en elementos estructurales como vigas y columnas, acero de refuerzo corroídas y expuesta, los materiales empleados son de calidad deficiente, muros de albañilería con materiales no homogéneos, etc. Todos estos problemas contribuyen a la disminución de la resistencia y rigidez a la edificación.

Se obtuvo que la calidad de la mano de obra empleada en las construcciones en el Centro Poblado de Menocucho son buenas solo en un 8%, quedando claro que predomina una mano de obra de regular a mala. Esto es generado por el proceso informal de construcciones en el distrito, la poca capacitación y la reducida inversión de los propietarios en mano de obra capacitada. Se logró determinar la densidad de muros tanto en la dirección X (paralela a las fachadas de las viviendas) y en la dirección Y (perpendicular a las fachadas de las viviendas), encontrándose una mala distribución de los elementos estructurales en la vivienda, esto debido a una falta de orientación y conocimiento por parte de los constructores y diseñadores. La rigidez de las viviendas es mayor en el sentido perpendicular a la calle presentando una mayor densidad de muros. En cambio en el sentido de la calle existe una insuficiente cantidad de muros para soportar un evento sísmico. Los daños en estos muros pueden afectar importantemente en la estructura de la vivienda. Los altos valores de densidad de muros en la dirección perpendicular a la fachada encontrados, están muy por encima de lo requerido. Esto ha demostrado que es la falta de conocimiento técnico y asesoría oportuna de profesionales, la causa principal que exista la deficiencia en la otra dirección.

Se determinó también la estabilidad de los muros al volteo, siendo estos solo un 4%, las demás viviendas en su mayoría cuentan con un gran porcentaje de inestabilidad en sus muros. Resultados nada alentadores que nos indican que, ante un eventual sismo de magnitud importante, hay una gran probabilidad de que estos muros se vuelquen.



## **VI. RECOMENDACIONES.**

Se recomienda realizar un reforzamiento estructural a las viviendas existentes con la finalidad de reducir la vulnerabilidad sísmica. El estado debería intervenir en este aspecto proponiendo soluciones económicas, de fácil proceso constructivo y que pueda ser acogida por los propietarios mediante la creación de programas destinados a la prevención ante sismos.

Se recomienda que las municipalidades distritales y provinciales tomen mayor interés en la reducción de viviendas vulnerables ante sismos; exigiendo obligatoriamente licencias de construcción, planos de todas las especialidades de la vivienda y la supervisión durante el proceso constructivo.

Se recomienda que las municipalidades y otras instituciones relacionadas a la construcción, capaciten a los trabajadores que construyen viviendas; así como también, a los propietarios de las viviendas para que futuras generaciones no cometan el error de construir informalmente sus viviendas, reduciendo la vulnerabilidad sísmica de futuras viviendas.

Se recomienda que en futuras planificaciones urbanas, los lotes sean de dimensiones en ambas direcciones sean iguales o cercanas, con la finalidad proporcionar una adecuada densidad de muros en ambas direcciones de las futuras viviendas, reduciendo la vulnerabilidad sísmica de futuras viviendas a construir.

Se recomienda a los futuros tesisistas, realizar investigaciones a profundidad sobre el problema de las viviendas informales en los pueblos menores pertenecientes al Centro Poblado de Menocucho como Cerro San Borja, Santa Rosa, Jesús María y Ciudad de Dios; que estas cuentan con un gran número de viviendas informales; así como también de otros distritos de Trujillo que no cuentan con investigaciones de este tipo.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Agency, F. E. (2015). FEMA P-154 "Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook".
- Alonso, J. (2014). Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones. Caracas.
- Barbat. (1998). El riesgo sísmico en el diseño de edificios.
- Barrera, E. (2015). Determinacion de la vulnerabilidad en las casas coloniales ubicadas en el barrio san diego de la ciudad decartagena.
- Caicedo, C., Barbat, A., Canas, J., & Aguiar, R. (1994). Vulnerabilidad Sísmica de Edificios. España: A.H. Barbat.
- Castro. (2015). Vulnerabilidad Sísmica del centro Histórico de la ciudad de Jauja - Junín. LIMA.
- Conzuelo. (2010). ¿Vulnerables ante los sismos?
- Dr. Zuñiga, R. (2011). Sismología. UNAM -Campus Juriquilla.
- Farfan, J., & Díaz, E. (2009). Estudio de la Vulnerabilidad Sísmica Estructural de un Sector de la zona 12 de la ciudad de Guatemala.
- Fernandez, A., & Parraga, C. (2013). Vulnerabilidad sísmica en centros educativos de Huancayo Metropolitano. Huancayo.
- Flores, R. (2002). Diagnostico Preliminar de la vulnerabilidad sísmica de las autoconstrucciones en Lima.
- Flores, R. (2015). Vulnerabilidad, Peligro y Riesgo Sísmico en Viviendas Autoconstruidas del distrito de sameagua, region Moquegua.
- Florez, R. (2002).
- hic-al.org. (3 de Agosto de 2017). Obtenido de [http://www.hic-al.org/glosario\\_definicion.cfm?id\\_entrada=6](http://www.hic-al.org/glosario_definicion.cfm?id_entrada=6)
- Julian, P. y. (2010). Definición de Sismo. Definiciones.
- Laucata, J. (2013). Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas informales en la ciudad de Trujillo.



- Lazares, F. (1994). Estudio de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en los departamentos de Moquegua y Tacna. Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).
- Mosqueira, M., & Tarque, S. (2005). Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana. Lima.
- Norma E030. (2017). En Reglamento Nacional de Edificaciones-Norma E030 "Diseño Sismorresistente".
- Quiroz, L., & Vidal, L. (2014). Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica Estructural en Edificaciones conformadas por Sistemas Aporticados y de Albañilería Confinada en el sector de la Esperanza parte baja-Trujillo.2014.
- Servicio Geológico Mexicano, J. (2017).
- Ugalde, A. (2016). Terremotos: ¿con qué frecuencia ocurren?
- Valvuela, S., Mena, M., & García, C. (Diciembre de 2013). Características Típicas de la Vivienda en sectores de Población Vulnerable en Bogotá. Tecnura, 17(2), 113-121.

## VIII. ANEXOS

## ANEXO I

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TÍTULO:** “ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SISMICA DE VIVIENDAS INFORMALES DEL CENTRO POBLADO MENOCUCHO, DISTRITO DE LAREDO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD 2018”

**AUTORES:** Quijano Muñoz, Dante Francisco / Tunante Quiroz, Ana Emperatriz

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>¿Cuál es el análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales en el Centro Poblado de Menocucho?</p> <p>En la actualidad, Centro Poblado de Menocucho ha crecido desmesuradamente en los últimos 20 años, donde los pobladores optan por construir sus viviendas sin la ayuda de profesionales ya sea por temas económicos o por falta de conocimiento, recurriendo solo a los maestros de obra; y estos los construyen sin criterio técnico, creando viviendas muy vulnerables ante un fenómeno sísmico.</p>	<p><b>O. General:</b> Analizar la vulnerabilidad sísmica de 50 viviendas informales en el distrito de Centro Poblado de Menocucho.</p> <p><b>O. Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar las viviendas informales del Centro Poblado de Menocucho para recolectar datos.</li> <li>Identificar los principales problemas que presentan las viviendas del Centro Poblado de Menocucho.</li> <li>Evaluar la calidad de la mano de obra de las viviendas en el Centro Poblado de Menocucho.</li> <li>Determinar la densidad de muros en las direcciones principales del sismo de las viviendas en el Centro Poblado de Menocucho.</li> <li>Determinar la estabilidad al volteo de los muros no portantes de las viviendas en el Centro Poblado de Menocucho.</li> </ul>	<p>(Quiroz &amp; Vidal, 2014) En su tesis titulada “Evaluación del grado de Vulnerabilidad Sísmica Estructural en edificaciones conformadas por sistemas apertados y de albañilería confinada en el sector de La Esperanza parte baja – Trujillo. 2014”</p> <p>(Laucata, 2013) En su tesis titulada “Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las Viviendas informales en la ciudad de Trujillo”.</p> <p>(Flores R. , 2015), en su tesis titulada “Vulnerabilidad, Peligro y Riesgo sísmico en viviendas Autoconstruidas del distrito de Samegua, región Moquegua”.</p> <p>(Valvuen, Mena, &amp; García, 2013) En su tesis titulada “Características típicas de la vivienda en sectores de población vulnerable en Bogotá”.</p> <p>(CASTRO, 2015), En su tesis titulada “Vulnerabilidad Sísmica del centro histórico de la ciudad de Jauja – Junín”</p> <p>(BARRERA, 2015) En su tesis titulada: “Determinación de la vulnerabilidad en las casas coloniales ubicadas en el barrio de san diego de la ciudad de Cartagena”</p>	<p><b>H. General:</b> La presente investigación no presenta Hipótesis porque es de tipo DESCRIPTIVO; es decir, que no existe una relación entre dos o más variables para describir o explicar un problema. Ésta investigación se limita a observar, describir; para luego analizar la vulnerabilidad sísmica que presentan las viviendas de Centro Poblado de Menocucho, sin buscar contrastar algo en específico.</p>	<p><b>V. Independiente:</b></p> <p><b>1. Vulnerabilidad Sísmica.</b></p> <p>A partir de esta variable se determinará la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales del Centro Poblado de Menocucho.</p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluación de Aspectos Estructurales (densidad de muros)</li> <li>Evaluación de aspectos constructivos (mano de obra)</li> <li>Evaluación de aspectos no estructurales (Estabilidad de Muros)</li> </ul>	<p><b>Diseño de Investigación:</b> No experimental-transversal.</p> <p><b>Unidad de Estudio:</b> 01 Vivienda informal del Centro Poblado de Menocucho.</p> <p><b>Población:</b> 6,794 Viviendas informales del Centro Poblado de Menocucho (INEI, 2007).</p> <p><b>Muestra:</b> 50 viviendas informales del Centro Poblado de Menocucho.</p> <p><b>Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos:</b></p> <p><b>Técnica:</b> Encuesta.</p> <p><b>Instrumento:</b> Cuestionario.</p> <p><b>Métodos e instrumentos de análisis de datos:</b></p> <p><b>Método:</b> estadística descriptiva.</p> <p><b>Instrumento:</b> Diagrama de barras.</p>



## ANEXO II FICHAS DE ENCUESTAS

ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS VIVIENDAS INFORMALES DEL DISTRITO DE MOCHE, TRUJILLO.2017					
(CUESTIONARIO)					
<b>FAMILIA</b>		<b>Fecha de Encuesta</b>			
		<b>N° de Vivienda</b>			
<b>DIRECCION</b>		<b>N° de personas de la Vivienda</b>			
A. DATOS GENERALES					
1. ¿ Recibió Asesoría técnica para construir su vivienda?			SI ( ) NO ( )		
2. ¿ Cuándo empezó a construirla?			¿ Cuándo término ?		
Tiempo de Residencia de Vivienda					
N° de pisos actuales			N° de pisos proyectados		
3. Secuencia de construcción de los ambientes					
B. DATOS TECNICOS					
Parámetros del Suelo			Observaciones		
Rígidos ( ) Intermedios ( ) Flexibles ( )					
Características de los Principales elementos de la Vivienda					
Elementos	Características			Observaciones	
Cimiento (m)	Cimiento corrido		Zapata		
	Profundidad		Profundidad		
	Ancho		Seccion		
(cm)	Ladrillo macizo		Ladrillo pandereta		
	Dimensiones		Dimensiones		
	Juntas		Juntas		
(m)	Diafragma Rígido		Otro		
	Tipo		Tipo		
	Peralte		Peralte		
Columna (cm)	Concreto		Otro		
	Dimensiones		Dimensiones		
(cm)	Concreto		Otro		
	Dimensiones		Dimensiones		
Observaciones y comentarios					



C. ESQUEMA DE LA VIVENDA		
VISTA EN PLANTA		
ELEVACION PRINCIPAL	OTROS	
D. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA		
Problemas de Ubicación	Estructuración	Factores Degradantes
<i>Viviendas ubicadas ...</i>	( ) Columnas Cortas	( ) Armaduras Expuestas
( ) Sobre Relleno Natural	( ) Losas No Monolíticas	( ) Armaduras Corroídas
( ) En Quebrada	( ) Insuficiencia de Junta Sísmica	( ) Eflorescencia
( ) En pendientes Pronunciadas	( ) Losa de techo a desnivel con vecino	( ) Humedad en muros
( ) Nivel Freático Superficial	( ) cercos no aislados de la estructura	( ) Muros Agrietados
( ) Otros	( ) tabiquería no arriostrada	( ) Otros
	( ) Reducción en planta	
	( ) Muros portantes de ladrillos pandereta	
	( ) Unión muro y techo	
Materiales Deficientes	( ) Juntas frías	Mano de Obra
( ) Ladrillo k.k artesanal	( ) Otros	( ) Muy mala
( ) Otros		( ) Mala
		( ) Regular
		( ) Buena
D. FOTOS REPRESENTATIVAS DE LA VIVIENDA		





### ANEXO III FICHA DE REPORTE

#### EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE VIVIENDAS INFORMALES EN EL CENTRO POBLADO DE MENOCUCHO

**FICHA DE REPORTE**

Vivienda N° : \_\_\_\_\_

**Antecedentes:**

**Ubicación:** .....

**Dirección técnica en el diseño:** ..... **Dirección técnica en la construcción:**  
.....

**Pisos construidos:** ..... **Pisos proyectados:** ..... **Antigüedad de la vivienda:** .....

**Estado de la vivienda:**  
.....  
.....  
.....  
.....



**Aspectos técnicos:**

**Elementos de la vivienda:**

Elemento	Características
Cimientos	
Muros	
Techo	
Columnas	
Vigas	

**Deficiencias de la estructura:**

Problemas de ubicación:	Problemas constructivos:
Problemas estructurales:	
	Mano de obra:
	Otros:



**Análisis por sismo (Z=0.4g, U=1, C=2.5, R=3)**

Resistencia característica a corte (kPa):  $v'm =$

Factor de Suelo S =

$VR = \text{Resistencia al corte (kN)} = Ae (0.5v'm \cdot \alpha + 0.23fa)$

Área	Cortante Basal		Área de muros		Densidad	Resistencia	VR/V	Resultado	
	Peso acum.	V=ZUCSP/R	Existente:Ae	Requerida:Ar					Ae / Ar
m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Adimensional	Ae/Area piso 1	VR	Adimensional	
Análisis en el sentido "X"									
Análisis en el sentido "Y"									