



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Vulnerabilidad Sísmica de viviendas del centro poblado menor, Huanchaquito Bajo –
Huanchaco - Trujillo - La Libertad, 2018”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA CIVIL**

AUTOR:

Rivera Anhuamán, Lorena Sofía

ASESOR:

Dr. Herrera Viloche Alex Arquímedes

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño sísmico y estructural

TRUJILLO – PERÚ

2018

PÁGINA DEL JURADO

Mg. Hilbe Santos Rojas Salazar
Presidente

Mg. Marlon Gastón Farfán Córdova
Secretario

Dr. Alex Arquímedes Herrera Viloche
Vocal

DEDICATORIA

Dedico esta investigación principalmente a Dios, por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

Dedico todo esto a mi madre, por los valores impartidos de respeto, amistad, sinceridad, sencillez, responsabilidad dentro y fuera del hogar, la cual me ayudaron a cumplir muchas de mis metas trazadas.

A todos quienes creyeron en mí, a mis amigos, maestros y en especial a mi asesor por su tiempo y apoyo incondicional para poder concluir con la presente investigación.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por abrirme camino para llegar hasta aquí y poder concluir esta etapa de mi vida.

A mi madre, padre, tía y abuelita les dedico todo esto, en reconocimiento a todo el sacrificio puesto en mi desarrollo profesional. Darles gracias por los valores impartidos de respeto, amistad, sinceridad, sencillez, responsabilidad los cuales me ayudaron a cumplir muchas de mis metas trazadas.

A mi asesor por brindarme su tiempo y apoyo incondicional para poder concluir con la presente investigación.

Mi más profundo agradecimiento a mis amigos, maestros y más a todas aquellas personas que creyeron en mí, ya que sin su apoyo incondicional no hubiera logrado la presente investigación, a todos mis docentes por la orientación, seguimiento y supervisión continúa de la misma, pero sobre todo por la motivación y el apoyo recibido a lo largo de este proceso.

DECLARATORIA DE AUTENCIDAD

Yo, Lorena Sofía Rivera Anhuamán, estudiante de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 70032474; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, declaro bajo juramento que la tesis es de mi autoría y que toda la documentación, datos e información que en ella se presenta es veraz y auténtica.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto del contenido de la presente tesis como de información adicional aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, Diciembre de 2018

Lorena Sofía Rivera Anhuamán

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Título, de la Universidad César Vallejo de Trujillo, presento ante ustedes la tesis titulada: “Vulnerabilidad Sísmica de viviendas del centro poblado menor, Huanchaquito Bajo – Huanchaco - Trujillo - La Libertad, 2018”, con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Agradezco por los aportes y sugerencias brindadas a lo largo del desarrollo del presente estudio y de esta manera realizar una investigación más eficiente. El trabajo mencionado determina la importancia y la influencia que tiene el proyecto de Vulnerabilidad sísmica del centro poblado menor Huanchaquito del distrito de Huanchaco, por lo que constatamos que es necesario analizar el comportamiento dinámico estructural de las viviendas para plantear soluciones y recomendaciones que contribuyen a la mitigación del riesgo y desarrollo sostenible de la población.

Lorena Sofía Rivera Anhuamán

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| PÁGINA DEL JURADO | ii |
| DEDICATORIA | iii |
| AGRADECIMIENTO | iv |
| DECLARATORIA DE AUTENCIDAD | v |
| PRESENTACIÓN | vi |
| RESUMEN | xii |
| ABSTRACT | xiii |
| I. INTRODUCCIÓN | 14 |
| 1.1. Realidad Problemática | 14 |
| 1.1.1. Aspectos generales | 15 |
| 1.1.2. Aspectos socio económico..... | 17 |
| 1.2. Trabajos Previos | 20 |
| 1.3. Teorías relacionadas al tema:..... | 23 |
| 1.4. Formulación del Problema: | 29 |
| 1.5. Justificación del estudio | 29 |
| 1.5.1. Justificación técnica..... | 29 |
| 1.5.2. Justificación teórica | 29 |
| 1.5.3. Justificación metodológica | 29 |
| 1.5.4. Justificación práctica | 30 |
| 1.6. Hipótesis..... | 30 |
| 1.7. Objetivos | 30 |
| 1.7.1. Objetivo General | 30 |
| 1.7.2. Objetivos Específicos | 30 |
| II. MÉTODO | 31 |
| 2.1. Diseño de Investigación | 31 |
| 2.2. Variables y Operacionalización | 31 |
| 2.3. Población y muestra | 34 |
| 2.3.1. Población..... | 34 |
| 2.3.2. Muestra..... | 34 |
| 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad | 34 |
| 2.5. Método de análisis de datos | 34 |
| 2.6. Aspectos éticos | 35 |
| III. RESULTADOS | 36 |

| | | |
|----------|--|----|
| 3.1. | Estudio Topográfico | 36 |
| 3.2. | Tipología Estructural | 38 |
| 3.3. | Estudio de mecánica de suelos | 40 |
| 3.4. | Características Estructurales | 46 |
| 3.4.1. | Sistema Estructural | 46 |
| 3.4.1.1. | Concreto Armado | 46 |
| 3.4.1.2. | Albañilería | 46 |
| 3.4.1.3. | Tradicional..... | 47 |
| 3.4.2. | Material de Construcción..... | 47 |
| 3.4.3. | Número de Pisos..... | 48 |
| 3.4.4. | Patologías constructivas en las viviendas | 50 |
| 3.4.4.1. | Humedad | 50 |
| 3.4.4.2. | Erosión | 51 |
| 3.4.4.3. | Grietas | 51 |
| 3.4.4.4. | Fisuras | 52 |
| 3.4.4.5. | Corrosión..... | 52 |
| 3.4.5. | Identificación de Fallas Estructurales | 53 |
| 3.4.5.1. | Simetría del Sistema Estructural | 53 |
| 3.4.5.2. | Configuración Geométrica en Planta | 53 |
| 3.4.5.3. | Configuración Geométrica en Altura | 53 |
| 3.4.5.4. | Piso Blando..... | 53 |
| 3.4.5.5. | Columna Corta | 53 |
| 3.4.5.6. | Reducción Brusca en Planta | 54 |
| 3.4.5.7. | Excentricidad – Torsión..... | 54 |
| 3.4.5.8. | Impacto..... | 54 |
| 3.4.5.9. | Chicoteo | 55 |
| 3.5. | Estado de Conservación de las viviendas y Vida Útil de las estructuras | 56 |
| 3.6. | Análisis Sismorresistente..... | 57 |
| 3.6.1. | Zonificación Sísmica | 57 |
| 3.6.2. | Categoría de las edificaciones y Factor U | 58 |
| 3.6.3. | Perfiles del Suelo:..... | 59 |
| 3.6.4. | Factor de Amplificación Sísmica:..... | 59 |
| 3.6.5. | Periodo fundamental de vibración (T) | 60 |
| 3.6.6. | Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R)..... | 61 |
| 3.6.7. | Aceleración Espectral | 64 |

| | | |
|--------------|---------------------------------------|-----------|
| 3.6.8. | Metrado de Cargas..... | 64 |
| 3.6.9. | Verificación de desplazamientos | 66 |
| IV. | DISCUSIÓN..... | 79 |
| V. | CONCLUSIONES..... | 81 |
| VI. | RECOMENDACIONES | 83 |
| VII. | REFERENCIAS | 84 |
| VIII. | ANEXOS..... | 88 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Ubicación política del área de estudio..... | 15 |
| Figura 2: Vivienda de 1 nivel de albañilería confinada. | 38 |
| Figura 3: Vivienda de 1 nivel - columna y vigas de concreto, muro de ladrillo crudo..... | 38 |
| Figura 4: Vivienda de 2 niveles – 1 piso con muros de ladrillo crudo y el 2 piso con sistema estructural de albañilería. | 39 |
| Figura 5: Vivivenda de 3 pisos de albañilería confinada. | 40 |
| Figura 6 Pz 1- Nivel de napa freática 3.75m | 41 |
| Figura 7: Ubicación de Pz-1 de análisis de nivel de Napa Freática | 42 |
| Figura 8: C- 1 Profundidad de 3m..... | 42 |
| Figura 9: Ubicación de C-1 de análisis de nivel de Napa Freática..... | 43 |
| Figura 10: C- 2 Nivel de napa freática: 2.60 m..... | 43 |
| Figura 11: Ubicación de C-2 de análisis de nivel de Napa Freática..... | 44 |
| Figura 12: Pz- 2 - Nivel de napa freática: 1.65m..... | 44 |
| Figura 13: Ubicación de Pz-2 de análisis de nivel de Napa Freática | 45 |
| Figura 14: Estimación del nivel freático según la profundidad de perforación..... | 45 |
| Figura 15: Idealización de estructura aporticada | 46 |
| Figura 16: Vivienda de albañilería confinada y sus elementos estructurales. | 46 |
| Figura 17: Comparación de porcentajes de material predominante de las viviendas. | 47 |
| Figura 18: Análisis del máximo de niveles de las viviendas del área en estudio. | 49 |
| Figura 19: Contabilización de viviendas por su permanencia..... | 50 |
| Figura 20: Humedad en muro portante de vivienda de 1 piso. | 50 |
| Figura 21: Erosión en muro de albañilería confinada de vivienda de 1 nivel. | 51 |
| Figura 22: Grieta severa, indicador de colapso..... | 51 |
| Figura 23: Fisura en la losa aligerada de la vivienda. | 52 |
| Figura 24: Acero de la columna expuesto. | 52 |
| Figura 25: Iglesia en construcción del centro poblado menor Huanchaquito Bajo. | 54 |
| Figura 26: Junta Sísmica de 10 cm en vivienda de 1 piso. | 55 |
| Figura 27: Tanque elevado apoyado por una losa sobre una columna. | 55 |
| Figura 28: Espectro de Aceleración..... | 64 |
| Figura 29: Modelamiento de pórtico de 1 nivel..... | 66 |
| Figura 30: Modelamiento de pórtico de 2 niveles. | 68 |
| Figura 31: Modelamiento de pórtico de 3 niveles. | 69 |
| Figura 32: Modelamiento de vivienda de albañilería de 1 nivel. | 71 |
| Figura 33: Modelamiento de vivienda de albañilería de 2 pisos. | 72 |
| Figura 34: Modelamiento de vivienda de albañilería de 3 pisos. | 74 |
| Figura 35: Modelamiento de vivienda de 2 pisos con Ia: Piso Blando | 75 |
| Figura 36: Modelamiento de vivienda de 3 pisos con Ia, de Piso Blando..... | 76 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Valor agregado bruto por años, de La Libertad (miles de soles) | 18 |
| Cuadro 2. Resultado Económico 2013 – 2015 en la Municipalidad Distrital de Huanchaco | 18 |
| Cuadro 3: Clasificación por Orografía | 36 |
| Cuadro 4: Proceso de identificación de la orografía del terreno | 37 |
| Cuadro 5: Resultados de obtención del Tipo de Orografía | 37 |
| Cuadro 6: Ubicación de calcatas | 40 |
| Cuadro 7: Identificación de material de construcción predominante. | 47 |
| Cuadro 8: Total de viviendas habitadas y no habitadas sin distinción del material de construcción. | 49 |
| Cuadro 9: Vida útil de las estructuras según la Norma Española del Concreto Estructural. | 56 |
| Cuadro 10: Zonificación Sísmica | 57 |
| Cuadro 11: Factor de Zona “Z” | 58 |
| Cuadro 12: Categoría de las Edificaciones y Factor “U” | 58 |
| Cuadro 13: Clasificación de los Perfiles de Suelo. | 59 |
| Cuadro 14: Periodos..... | 60 |
| Cuadro 15: Periodos Fundamental de vibración según el nivel de pisos y sistema estructural. | 61 |
| Cuadro 16: Cálculo del Factor de Amplificación sísmica según condición. | 61 |
| Cuadro 17: Factor de amplificación sísmica, $C=2.5$ | 61 |
| Cuadro 18: Coeficiente Básico de Reducción- R_o | 62 |
| Cuadro 19: Identificación de Irregularidades | 62 |
| Cuadro 20: Identificación de irregularidades estructurales según el N° de pisos de la vivienda. | 62 |
| Cuadro 21: Cálculo del Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas - R | 63 |
| Cuadro 22: Pesos Unitarios | 65 |
| Cuadro 23: Identificación del Peso Propio según el espesor del aligerado. | 65 |
| Cuadro 24: Carga viva..... | 65 |
| Cuadro 25: Límite para la distorsión del entrepiso. | 66 |
| Cuadro 26: Verificación de desplazamientos en “x” del pórtico de 1 nivel. | 67 |
| Cuadro 27: Verificación de desplazamientos en “y” del pórtico de 1 nivel. | 67 |
| Cuadro 28: Verificación de desplazamientos en “x” de pórtico de 2 niveles. | 68 |
| Cuadro 29: Verificación de desplazamientos en “y” del pórtico de 2 niveles. | 69 |
| Cuadro 30: Verificación de desplazamientos en “x” del pórtico de 3 niveles. | 70 |
| Cuadro 31: Verificación de desplazamientos en “y” del pórtico de 3 niveles. | 70 |
| Cuadro 32: Verificación de desplazamientos en “x” de la vivienda de albañilería de 1 nivel. | 71 |
| Cuadro 33: Verificación de desplazamientos en “y” de la vivienda de albañilería de 1 nivel. | 72 |
| Cuadro 34: Verificación de desplazamientos en “x” de la vivienda de albañilería de 2 niveles. | 73 |
| Cuadro 35: Verificación de desplazamientos en “y” de la vivienda de albañilería de 2 niveles. | 73 |
| Cuadro 36: Verificación de desplazamientos en “x” de la vivienda de albañilería de 3 niveles. | 74 |
| Cuadro 37: Verificación de desplazamientos en "y " de la vivienda de albañilería de 3 niveles..... | 75 |
| Cuadro 38: Verificación de desplazamientos por en "x" de la vivienda. | 75 |
| Cuadro 39: Verificación de desplazamientos por en "y" de la vivienda. | 76 |
| Cuadro 40: Verificación de desplazamientos por en "x" de la vivienda. | 76 |
| Cuadro 41: Verificación de desplazamientos por en "y" de la vivienda. | 77 |
| Cuadro 42: Verificación de desplazamiento en "x" de la tipología de vivienda informal. | 77 |
| Cuadro 43: Verificación de desplazamiento en "y" de la tipología de vivienda informal. | 77 |

RESUMEN

Esta investigación está referida al estudio de la vulnerabilidad sísmica de viviendas del centro poblado menor, Huanchaquito Bajo; se realizaron estudios para determinar el índice de vulnerabilidad sísmica estudiando factores relevantes que comprometan al comportamiento estructural de la edificación. El objetivo general planteado para este trabajo es determinar vulnerabilidad sísmica estructural de las viviendas del centro poblado menor, Huanchaquito Bajo, para ello se realizó el análisis de la topografía y la mecánica del suelo del centro poblado en estudio. También se identificaron las características estructurales predominantes, se definió la tipología estructural de las viviendas, se evaluó el estado de conservación de las viviendas y vida útil de la estructura y por último se determinó la vulnerabilidad sísmica del sistema constructivo predominante analizando el comportamiento dinámico de viviendas de 1, 2 y 3 niveles. Todo ello, se realizó respetando las normas vigentes (RNE, NTP, DG 2018 y ASTM). Obteniendo que la topografía del centro poblado menor Huanchaquito Bajo presenta un terreno plano con pendientes transversales menores al 10 % y pendientes longitudinales menores al 3 %. El estudio de mecánica de suelos determinó que la capacidad portante se encuentra entre 0.6 a 0.9 kg/ cm². El sistema estructural predominante son las estructuras de albañilería confinada. La vida útil de las estructuras es un promedio de 50 años, se identificaron que las viviendas se encuentran con un promedio de 35 años de antigüedad y se identificó que su estado de conservación es regular, porque los agentes externos como el salitre, la corrosión, afectan a los elementos estructurales de la vivienda. Y finalmente, según el análisis sismo resistente complementando con los datos históricos e identificación de fallas estructurales se concluye que las viviendas del centro poblado menor Huanchaquito Bajo presentan vulnerabilidad media.

Palabras clave: Vulnerabilidad Sísmica, albañilería confinada, concreto armado, viviendas y resistencia.

ABSTRACT

This investigation refers to the study of seismic housing vulnerability of the town, Huanchaquito Bajo; Studies were carried out to determine the seismic vulnerability index, studying the relevant factors that compromise the structural behavior of the building. The general objective proposed for this work is to determine the seismic and structural vulnerability of Huanchaquito Bajo housing, for this purpose was carried out the analysis of the topography and soil mechanics of the center of the city under study. The predominant characteristics are also identified, the structural typology of the dwellings is defined, the state of conservation of the dwellings and the useful life of the structure are evaluated and finally the seismic utility of the predominant constructive system is determined by analyzing the dynamic behavior of the dwellings homes of 1, 2 and 3 levels. All this was done in accordance with current regulations (RNE, NTP, DG 2018 and ASTM). Obtaining that the topography of Huanchaquito Bajo presents a flat terrain with transversal slopes of less than 10% and longitudinal slopes of less than 3%. The study of soil mechanics determined that the load capacity is between 0.6 and 0.9 kg / cm². The predominant structural system is confined masonry structures. The useful life of the structures is an average of 50 years, it was identified that the houses have an average of 35 years and it was identified that their state of conservation is regular, since external agents, such as nitrate, corrosion, affect the structural elements of the house And finally, according to the analysis of resistant earthquakes, which is complemented with historical data and the identification of structural faults, it is concluded that the houses of the lower population center Huanchaquito Bajo present an average vulnerability.

Keywords: Seismic Vulnerability, confined masonry, reinforced concrete, housing and resistance.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

Según el Instituto Geofísico del Perú (IGP, 2018), la costa peruana es un área con probabilidades de grandes terremotos. Esta característica se debe a la convergencia de la placa tectónica de Nazca con la placa Sudamericana y complementando esta información, según el análisis del Mapa Sísmico del Perú elaborado por Tavera (2017), donde se muestra los sismos registrados en un periodo desde el año 1960 hasta los del año 2017, sugiere una alta peligrosidad sísmica en Perú, observándose actividad sísmica mayor en las regiones Centro y Sur, y en el Norte actividad sísmica moderada. Las viviendas en su mayoría son construidas por los mismos pobladores de la zona que con el tiempo fueron aprendiendo la labor de la construcción, en base a la experiencia de sus antepasados, construyen sus casas con el conocimiento básico sin tomar en cuenta aspectos ingenieriles importantes y seguros para sus edificaciones especificados en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, 2016).

Según el RNE (2016), el distrito de Huanchaco se encuentra en la zona 4 que es caracterizada por una aceleración máxima horizontal de 0.45 g y probabilidad de exceder un 10% en 50 años. Y estableciendo en el RNE parámetros de diseño para sismos raros con una excedencia del 10% con un periodo de retorno de 475 años. Diagnosticando que el centro poblado se ubica en una zona vulnerable ante un sismo, es por ello que se realizará esta investigación que contribuirá a conocer cuan vulnerable se encuentran las viviendas y así formar parte de estudios e investigaciones futuras que contribuyan a la prevención y mitigación de desastres naturales.

INDECI (2011) realizó un mapa de peligros, plan de usos del suelo ante desastres y medidas de mitigación en la ciudad de Huanchaco en el que identificó puntos más desfavorables en cuanto al nivel de la napa freática. Planteando así puntos estratégicos de tres manzanas del centro poblado, respecto al nivel de la napa freática a nivel descendente desde el norte hasta el sur. Teniendo en cuenta que en su mayoría son viviendas autoconstruidas que no fueron realizadas según los parámetros legislados en el RNE, por lo que con el estudio de mecánica de suelos, se determinará la capacidad portante del suelo y el comportamiento de la estructura ante un sismo severo.

La metodología de esta investigación considera los efectos de los eventos sísmicos y los problemas que se identificarán en cuanto al nivel de la napa freática como la desestabilización de la vivienda en cuanto a la debilitación de los cimientos, y configuración estructural de las viviendas para así poder identificar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de material de construcción predominante.

1.1.1. Aspectos generales

1.1.1.1. Ubicación Política

| | | |
|--------------|---|-------------|
| Distrito | : | Huanchaco |
| Provincia | : | Trujillo |
| Departamento | : | La Libertad |
| País | : | Perú |

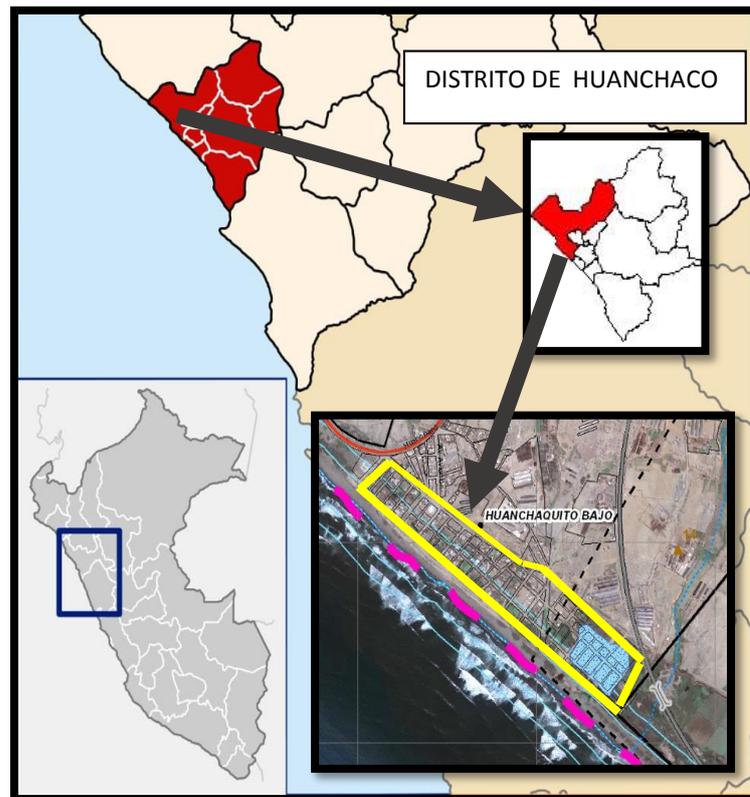


Figura 1: Ubicación política del área de estudio.

1.1.1.2. Ubicación Geográfica

El centro poblado menor Huanchaquito Bajo se ubica a 8 m.s.n.m. en una latitud sur: 8° 05' 55.1678" y una longitud oeste: 79° 06' 26.6238" y cuenta con una superficie aproximada de 432.759 m².

1.1.1.3. Límites:

El centro poblado menor Huanchaquito Bajo limita:

Norte : Huanchaco (4.2 km)
 Santiago de Cao (24 km)
 Chicama (32.9km)

Sur : La Esperanza (9.3km)
 Buenos Aires (11.9km)
 Trujillo (12.9km)
 El Porvenir (13km)

Este : Chicama (32.9km)
 Simbal (49km)

Oeste : Con el Océano Pacífico (12m)

1.1.1.4. Clima:

En el distrito de Huanchaco, el clima es cálido primaveral; con un clima seco en los meses de diciembre a marzo, perteneciendo al verano, la temperatura alcanza los 32°C como máximo. En invierno los meses de mayo a setiembre, la temperatura promedio es entre 15 °C y 28 °C, llegando a alcanzar los 17 °C como mínimo.

Por el Fenómeno del niño, en los meses de enero a marzo del año 1998 la temperatura alcanzó los 42°C como máximo y como mínimo 18°C. En el año 2017 a causa del mismo fenómeno natural la temperatura alcanzó como máximo 32°C y como mínimo 18°C.

1.1.1.5. Vías de acceso

El centro poblado menor Huanchaquito Bajo colinda al norte con la Carretera que se dirige Huanchaco que se encuentra a 4.2 km de distancia, La carretera se dirige también a Santiago de Cao a 24 km, Chicama a 32.9km. Por el sur tiene acceso a la Carretera Panamericana Norte en dirección de Trujillo a Buenos Aires que se encuentra a 11.9 km hasta el Ovalo Huanchaco y acceso al Aeropuerto Carlos Martínez de Pinillos encontrándose a 4 km del área en estudio. (Ver Figura 2).

1.1.2. Aspectos socio económico

El balneario de Huanchaco tiene una diversidad de atractivos turísticos como: el muelle al que continuamente visitan turistas por el hermoso paisaje que complementa con el litoral costero; El Museo de peces que demuestra la biodiversidad de fauna marina; la Iglesia Colonial Virgen Candelaria del Socorro, santuario considerado en el Perú como la más antigua iglesia construida en el año 1540; los balsares de totora, planta acuática que ancestralmente la cultura Muchik utilizaba como medio de transporte marítimo que ahora son conocidos como los caballitos de totora, también el patacho que es una embarcación del mismo material de un tamaño proporcionalmente capaz de transportar a los pobladores en cada festividad de San Pedro apóstol de cada año. El balneario es conocido también por el fervor religioso, cada 5 años se realiza la procesión de la Virgen del Socorro que es acompañada por todos los fieles religiosos que realizan las danzas tradicionales desde el año 1681, como la de los diablos donde utilizan vistosas vestimentas, la de los negros y de las pallas. Siendo así conocida por su originalidad y diversidad de atractivos turísticos que benefician a la población contribuyendo a su economía.

1.1.2.1. Actividades económicas

La concentración de turistas conlleva a elevar el nivel económico del distrito por los servicios de hotelería, comercio, restaurants, etc. Aportando al desarrollo sostenible del balneario. Según el INEI (2017) muestra estadísticamente:

Cuadro 1. Valor agregado bruto por años, de La Libertad (miles de soles)

| Actividades | 2014 | 2015 | 2016P/ | 2017E/ |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Agricultura, Ganadería, Caza y Silvicultura | 2.799.839 | 2.872.620 | 2.914.461 | 2.929.452 |
| Pesca y Acuicultura | 63.194 | 61.374 | 98.353 | 150.127 |
| Extracción de Petróleo, Gas y Minerales | 2.425.129 | 2.466.791 | 2.246.230 | 2.225.250 |
| Manufactura | 3.312.366 | 3.233.839 | 3.203.390 | 3.246.388 |
| Electricidad, Gas y Agua | 187.850 | 226.151 | 243.686 | 221.864 |
| Construcción | 1.387.848 | 1.343.518 | 1.280.623 | 1.218.974 |
| Comercio | 2.145.787 | 2.200.796 | 2.262.398 | 2.297.493 |
| Transporte, Almacén., Correo y Mensajería | 1.227.742 | 1.273.762 | 1.302.538 | 1.350.349 |
| Alojamiento y Restaurantes | 481.449 | 494.899 | 506.558 | 509.931 |
| Telecom. y Otros Serv. de Información | 835.551 | 905.737 | 994.168 | 1.106.164 |
| Administración Pública y Defensa | 916.411 | 944.544 | 993.610 | 1.024.723 |
| Otros Servicios | 4.036.170 | 4.239.497 | 4.387.496 | 4.497.991 |
| Valor Agregado Bruto | 19.819.336 | 20.263.528 | 20.433.511 | 20.778.706 |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – 15 de setiembre del 2017

Cuadro 2. Resultado Económico 2013 – 2015 en la Municipalidad Distrital de Huanchaco

| | EJECUCIÓN (Miles S./.) | | |
|---------------------|------------------------|--------|---------|
| | 2013 | 2014 | 2015 |
| RESULTADO ECONÓMICO | 6144.6 | 5456.8 | 5160.9 |
| I. INGRESO TOTAL | 33948.6 | 17933 | 26716.8 |
| INGRESOS CORRIENTES | 21049.8 | 17933 | 17352.1 |
| INGRESO DE CAPITAL | 12898.8 | 0.0 | 9364.7 |

Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas

1.1.2.2. Salud

La Municipalidad de Huanchaquito Bajo dona el terreno mediante resolución de consejo, destinado a Salud mediante resolución N° 015-2009 MCPH el día 17 de agosto del año 2009, fue reconocido por la Gerencia Regional de la Libertad y la Gerencia Regional de Salud en la fecha 14 de diciembre del 2010 mediante resolución Gerencial Regional N° 1661-2010- GROLL-GGR/GRSS. Actualmente el Puesto de salud Huanchaquito tiene atención primaria sin internamiento, en el horario de lunes a sábado de 7 am a 2 pm.

1.1.2.3. Educación

El 6 de marzo del año 1965, la Municipalidad Distrital de Huanchaco donó un terreno de área de 18000 m² destinados a educación, registrado en la Mz. O Lote 25 de Huanchaquito Bajo; La Institución Educativa N° 80079 “Miguel Grau” que actualmente funciona en un horario de 8:00 am a 1:00 pm.

El centro poblado cuenta también con la Institución Educativa Particular “Manos Felices”, creado por la resolución gerencial N° 002098 de fecha 16 de marzo del 2012 atiende actualmente en un horario de 8:00 am a 1:00pm.

1.1.2.4. Servicios

El centro poblado cuenta con los servicios de luz, el servicio de agua es a través de la Asociación JAAPS “Progreso y desarrollo” Huanchaquito Bajo, fundada el 3 de julio del 2005 y cuenta con servicio de desagüe.

1.1.2.5. Vivienda

El centro poblado cuenta con un total de 1135 predios dentro de los cuales se encuentran 613 viviendas donde el material predominante es la albañilería confinada.

1.2.Trabajos Previos

Tito (2018) en su estudio titulado “Vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas mediante la aplicación del modelo estático no lineal en la Av. El Parral, Comas” como objetivo principal fue el determinar la razón por la que las viviendas de autoconstrucción presentan un elevado nivel de vulnerabilidad en la Av. El Parral. Consistió su estudio en analizar 3 viviendas de dos, tres y cuatro niveles de sistema estructural mixto. Prosiguiendo a generar la curva de desempeño para compararla con la curva de demanda sísmica y poder determinar el punto de intersección denominado como punto de desempeño. Obteniendo como resultado que las viviendas autoconstruidas son altamente vulnerables ante un sismo.

Abanto y Cárdenas (2017) en su estudio titulado “Determinación de la Vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti – Petrini en las Instituciones Educativas del Centro Histórico de Trujillo, provincia de Trujillo, región La Libertad” tuvieron como objetivo general el de determinar el índice de vulnerabilidad a través del método Benedetti – Petrini, obteniendo como resultados que las estructuras de las Instituciones Educativas presenta vulnerabilidad baja y en su mayoría son estructuras de albañilería confinada.

Lovon (2017) en su investigación titulada “Estimación de la vulnerabilidad sísmica de viviendas de albañilería confinada de Lima”, tuvo como objetivo principal plantear funciones de fragilidad y vulnerabilidad respecto a edificios informales de albañilería confinada, desarrollando futuros escenarios sísmicos, utilizaron la simulación de Montecarlo y posterior un método simplificado que les permitió calcular una curva de capacidad. También hicieron uso del método DBELA (Displacement – based Earthquake Loss Assessment) en el que determinaron el grado de daño de las viviendas con apoyo de registros sísmicos. Como resultado obtuvieron unos 10% de colapso en viviendas de 1 piso informales y un 40% de probabilidad de colapso en viviendas de 2 pisos.

Manuel (2017) en su estudio “Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de albañilería confinada según la norma E-070 del R. N. E. en la Ciudad de Juliaca - Puno” tuvo como objetivo principal evaluar e identificar el riesgo sísmico en viviendas de albañilería confinada construidas con materiales artesanales, inadecuado proceso constructivo y deficiente asesoría técnica en los sectores de Salida Cusco y Salida Huancané de la Ciudad de Juliaca – Puno, realizando un análisis que consistió en dos fases: la primera consistió en llenado de encuestas de 40 viviendas autoconstruidas, toma de fotografías de patologías constructivas y medición de terrenos. Y en la segunda fase hizo el análisis de los datos obtenidos en las fichas, tomando como base la guía de recomendaciones de Kuroiwa (2012), obteniendo como resultado la existencia de un riesgo sísmico elevado en caso de presentarse un sismo de intensidad media a alta. En las viviendas ubicadas en Salida Cusco presentan un riesgo sísmico del 65% y el 95% para el sector de salida Huancané.

Palacios y Tandaypan (2017) en su investigación “Análisis de la vulnerabilidad sísmica en las viviendas de albañilería confinada desde el punto de vista geotécnico – sísmico del centro poblado El Milagro – distrito de Huanchaco – provincia de Trujillo”, tuvieron como objetivo principal el de identificar el grado de vulnerabilidad sísmica desde el punto de vista geotécnico - sísmico, de las viviendas de albañilería confinada del C. P. El Milagro. Estableciendo una ficha de encuesta en la que evaluaron las tipologías de la estructura e hicieron 7 calicatas para un estudio de mecánica de suelos que les permitiría realizar una microzonificación geotécnica determinando que la zona de estudio posee un buen suelo. También realizaron una microzonificación de peligros, hallando aledaña a las viviendas el cauce de la quebrada León dormido. Obteniendo como resultado que a pesar de que cuenta con un buen suelo, el C. P. tiene un alto riesgo sísmico y el mapa de peligros permitió identificar que existen zonas vulnerables a inundaciones y socavación.

Poma (2017) en su estudio titulado “Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de autoconstrucción en la urbanización popular Minas Buenaventura – Huacho - 2017”, cuya investigación tuvo como objetivo principal de determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas en la Urbanización Popular Minas Buenaventura. Realizando estudios como análisis de suelos para determinar la capacidad portante y el tipo de suelo, también

un levantamiento topográfico y con ello elaboró un formulario para determinar la vulnerabilidad sísmica. Obtuvo como resultado que 73% de viviendas analizadas presentan una vulnerabilidad sísmica media y el 18% una vulnerabilidad sísmica alta, concluyendo que las viviendas de la Urbanización Minas Buenaventura la vulnerabilidad sísmica no es alta.

Plasencia (2015) en su artículo de investigación “Estudio del riesgo sísmico en la localidad de Buenos Aires, Trujillo” tuvo como objetivo el de determinar el nivel del riesgo sísmico tomando en cuenta la peligrosidad y vulnerabilidad sísmica en la localidad de Buenos Aires; realizando encuestas de identificación de fallas estructurales y referentes; llegando a la conclusión que el área en estudio presenta viviendas desde la época de la colonia por lo que actualmente su conservación se encuentra en mal estado concluyendo con este argumento a que las viviendas del área en investigación son ante desastres sísmicos, altamente vulnerables.

Quiroz y Vidal (2014) en su estudio titulado “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”, cuya investigación tuvo como objetivo principal el de evaluar el grado de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones que conforman los sistemas estructurales de albañilería confinada y aporticados en el sector de la Esperanza parte baja. Su investigación consistió en aplicar una encuesta para identificar las fallas constructivas, prosiguieron con la determinación del modelo típico de la edificación a la que se le realizaron pruebas estructurales en edificaciones de albañilería confinada y aporticados, posteriormente compatibilizaron los desplazamientos del análisis espectral con los del análisis estático no lineal pudiendo así identificar en función del desplazamiento generador del pre colapso, el grado de vulnerabilidad. Obteniendo como resultado que el 75.4% de viviendas presentan un alto grado de vulnerabilidad sísmica.

Velarde (2014) en su investigación titulada “Análisis de vulnerabilidad sísmica de viviendas de dos pisos de adobe existente en Lima”, tuvo como objetivo principal el estudio de la estabilidad estructural de las viviendas típicas de adobe de dos pisos en la zona rural de Canta; diagnosticando el estado actual y planteando lineamientos para su

estabilización sísmica. Realizó el análisis de vulnerabilidad de las viviendas de adobe y de los elementos estructurales que resistan los sismos de gran magnitud. Como resultado obtuvo que las viviendas presentan un buen estado de conservación, aun así, identificó que los muros del segundo nivel tienen mayores aceleraciones, por lo que en un sismo severo no están preparados para esfuerzos y desplazamientos por lo que debe de mejorarse la estabilidad de los muros longitudinales en el segundo nivel, por medio de la reducción del desplazamiento lateral y la unión de estos y así mejorar su comportamiento ante un sismo de gran magnitud.

Laucata (2013) en su estudio “Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales en la ciudad de Trujillo”, tuvo como objetivo principal contribuir en la disminución de la vulnerabilidad sísmica en las viviendas informales de albañilería confinada en el Perú. Su investigación consistió en elegir dos distritos distanciados entre sí como es el caso de Víctor Larco por su cercanía al mar y el Porvenir por encontrarse cerca a los inicios de la Sierra; determinando y analizando las características técnicas, errores constructivos, arquitectónicos y estructurales de viviendas construidas informalmente. Llegando a la conclusión que las construcciones informales en Trujillo frente a un sismo de magnitud considerable podrían llegar al colapso por la baja calidad y resistencia de los materiales a utilizar y la reducida inversión de los propietarios en mano de obra capacitada.

1.3. Teorías relacionadas al tema:

Para realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica es necesario conocer las siguientes teorías científicas que complementan su estudio y a la vez que se relacionan entre sí mejorando el entendimiento y desarrollo de la investigación.

Para Villanueva (2015), la topografía es una ciencia que permite realizar representaciones gráficas de las formas tanto naturales y artificiales que pertenecen a la superficie terrestre. Midiendo extensiones del terreno que se podrá representar a escala, forma y accidentes geográficos en un plano. Un levantamiento topográfico consiste en describir un terreno con instrumental especializado, de la superficie del terreno y procede a la toma de datos, generalmente con un teodolito o estación total.

Complementando a esta teoría; para toda edificación, proyecto a futuro se debe realizar un estudio de mecánica de suelos para analizar las medidas necesarias a incluir en la construcción. Es por ello Terzaghi (1965), se encargó en darle una fundamentación empírica de modo que está relacionado con conocimientos que se van adquiriendo en obra. Dando inicio a los métodos ahora conocidos por parte de su profunda y dedicada investigación.

Detallando que el suelo tiene diferentes variedades de componentes naturales debido a procesos naturales que se dan en el transcurso del tiempo, muchos de ellos imperceptibles sin embargo necesarios de conocer en el ámbito de la construcción. A ello cabe señalar que el estudio de suelos mediante pruebas de laboratorio podrían presentar errores en caso que no se hayan tomado las medidas necesarias, es por ello que en el proceso de estudio del suelo, las muestras deben ser inalteradas, manteniéndose sus propiedades.

Al conocer el suelo sobre el que se va a edificar a continuación se procede a realizar el diseño sísmico por lo que es necesario definir en primer lugar a un sismo; conocido como un fenómeno natural impredecible, originado por la interacción de la placa tectónica de Nazca con la Sudamericana. Según el IGP (2018) en Perú, en el año 2017 se registraron un total de 397 sismos reportados es decir, sentidos por la población, y en lo que va del año 2018 se registraron 561 sismos sentidos hasta el mes de noviembre corroborando la constante actividad sísmica. (Anexo 1)

La napa freática hace referencia a un acuífero subterráneo superficial limitado entre dos estratos del suelo, uno inferior caracterizado por ser impermeable y uno superior que puede ser impermeable o no. Según las investigaciones previas, reconocen que el suelo del centro poblado menor Huanchaquito Bajo es denominado SW, quiere decir arena bien graduada en estado saturado lo que proporcionalmente equivale a que el estrato superior es impermeable.

Una amenaza geotécnica de sitio que presentan los territorios de relieve plano y cercanía al mar, como se describe el área en estudio es la licuación de suelos. Ocurre cuando las ondas S pasan a través de los suelos granulares saturados y ocasionan la distorsión de

su estructura granular, generando que los grupos de partículas colapsen, así mismo, momentáneamente se da el aumento de la presión de los poros y por lo que ocasiona la pérdida de resistencia del suelo. Por ello el suelo se comporta como si fuese un líquido. Los sedimentos como la arena o limos que carecen de arcilla u otro cementante; son los más susceptibles a presenciar licuación de suelos.

El centro poblado menor Huanchaquito Bajo se encuentra ubicado sobre la convergencia de la Placa Tectónica de Nazca con la Placa Tectónica Sudamericana, ocurre el sismo cuando se desplazan de forma súbita dos bloques de la corteza terrestre. Se llama plano de falla o falla a la superficie de desliz; produciéndose la vibración de la tierra a causa del desprendimiento de energía, a causa de la presión y fricción en las rocas que se encuentran en la profundidad. Originando esfuerzos que superan la resistencia de los bloques de la corteza cuando hacen contacto y generan mayor liberación de energía a razón del mayor esfuerzo generado.

Destacan históricamente dos sismos severos atroces como el del 14 de Febrero del año 1619 a las 11:30 am; se dio en el Norte del Perú un terremoto que destruyó edificios en Trujillo, en las Villas de Saña y Santa. El Padre Calancha narra que el sismo fue sentido a 2000 km de Norte a Sur y 330 km de Este a Oeste aproximadamente, relata también que no fue sólo el colapso de las edificaciones si no también que ocasionó el agrietamiento de la tierra en varias partes y el surgimiento de un lodo negruzco. Aquel día murieron 350 personas de las cuales 130 fueron sepultadas por el derrumbe de las edificaciones.

El siguiente sismo severo se dió el del 31 de mayo de 1970, ocurrió el terremoto más catastrófico del Perú. Según el informe presentado por la Comisión de Reconstrucción y Rehabilitación de la Zona Afectada (CRYRZA), 50000 personas murieron, 20000 desaparecieron y 150000 personas quedaron heridas. Por efecto del terremoto la cornisa norte del Nevado Huascarán se desprendió, trayendo consigo rocas, hielo, lodo; cubriendo y destruyendo a Yungay y parte de Ranrahirca. De menor magnitud se produjeron también otros aludes sobre las Lagunas de Llanganuco y de Parón. En muchas áreas de la costa surgieron agrietamientos del terreno y en algunos de ellos surgieron agua, arena o lodo, hubo también surtidores de hasta 1m de altura. Afectó a los departamentos de Ancash y el sur de La Libertad y la región costera con Casma,

Chimbote sufrió grandes daños, menor destrucción en Trujillo y Huarney. Berg y Husid (1970) menciona que algunas edificaciones de concreto armado y de albañilería no colapsaron ante el movimiento, a diferencia de las viviendas rurales que se situaban en las vertientes de la Cordillera Negra y las que se encontraban en el lado oriental de la Cordillera Blanca. Lomnitz (1970) estima que entre Chimbote y Casma según el daño visible la intensidad llegó a grado IX, en el Callejón de Huaylas, intensidad de VII – VIII, en Huarney fue de grado VIII y en Trujillo en un intervalo de VI – VII.

La forma más conocida de medir la cantidad de energía liberada es la Magnitud. En 1935, Charles Francis Richter introdujo este término como comparación de la energía liberada en el foco por sismos diferentes. (Bozzo y Barbat, 2004), cabe señalar que sólo se tiene registro de la magnitud mayor de sismo conocido pero no significa que esto no podría aumentar.

El sismólogo Giuseppe Mercalli (1902) propuso a la Escala de Mercalli Modificada como una escala valga la redundancia, de doce grados en el que se mide la intensidad del sismo a través de la destrucción de las edificaciones, basándose en las consecuencias observadas, más no por la magnitud del sismo.

Las viviendas se clasifican según su sistema estructural, tal es el caso cuando son de concreto armado como los pórticos, es decir, estructuras que funcionan como elemento estructural las columnas y las vigas. La Norma Técnica E – 030 menciona que actúan sobre las columnas un 80% de cortante en la base. Y dispone que todo sistema estructural perteneciente a concreto armado debe cumplir con lo dispuesto en la Norma Técnica E -030. Y en el caso de la albañilería, técnica de construcción en donde los muros funcionan como elementos portantes, sismorresistentes.

Así mismo, en el centro poblado se identificó viviendas de adobe o ladrillo crudo, en ciertos casos el primer nivel de la vivienda tiene columnas de concreto y muro de adobe o ladrillo crudo Por lo que se realizó el análisis a la estructura tomando en cuenta primer nivel como pórtico y segundo nivel como albañilería.

El RNE (2016) estipula que la edificación no debe colapsar y a la vez debe ser capaz de resistir a todo tipo de sollicitación para la que ha sido diseñada, tener un buen comportamiento ante sismos moderados y en el caso de las edificaciones esenciales ante un sismo severo deben permanecer operativas; todo ello con la finalidad de salvaguardar vidas humanas. La vulnerabilidad sísmica se define como la predisposición de una estructura a sufrir daño ante la ocurrencia de un sismo severo. Es imprescindible la seguridad de una edificación por lo que se analizan la edificación tal como está construida identificando posibles fallas estructurales.

San Bartolomé (1998), menciona que ante un sismo leve, la edificación, no debe sufrir ningún daño, en el caso de sismos moderados pueden presentarse fallas en los sistemas no estructurales y en un sismo severo pueden ocurrir daños en elementos estructurales pero sin que afecte la seguridad del edificio.

Según la “Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción”, la patología constructiva de la edificación es la ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen en el edificio o en alguna de sus unidades con posterioridad a su ejecución. Suele reflejarse a través de patologías que aparecen en las edificaciones, ocasionando múltiples efectos, desde pequeños daños y molestias para sus ocupantes, hasta grandes fallas que pueden causar el colapso de la edificación o parte de ella.

Las lesiones físicas como la humedad y la erosión comprometen en el caso del sistema estructural de albañilería a los muros portantes, o en el caso de concreto, a los elementos estructurales principales ocasionando su debilitamiento y pérdida de resistencia del material. Así mismo, las lesiones mecánicas como las grietas son el indicador principal de que la estructura está fallando, sus dimensiones son mayores a 1 cm y deberían de arreglarse de inmediato o en todo caso la estructura puede llegar al colapso; otra lesión que presentan las viviendas son las fisuras que no comprometen a la estructura y su dimensión es menor a 1 cm de abertura. La corrosión es una lesión mecánica importante que indica debilitamiento estructural, cuando el acero se encuentra expuesto.

Entre las irregularidades de las edificaciones más comunes tenemos la de Piso Blando, denominado así cuando en edificios se presenta menor rigidez en la planta baja a

diferencia de las plantas superiores. Generando una discontinuidad de rigidez y resistencia de una estructura vertical de un piso frente con el resto de la estructura. Se produce también cuando los elementos verticales que se deberían colocar en dirección de la cimentación, dejan de colocarse en niveles superiores con intención de ampliar espacios, creando así variaciones de rigidez y resistencia en los puntos de cambio. Las fuerzas sísmicas y las deformaciones de la estructura tienden a concentrarse en el piso de menor rigidez o en donde halla puntos de discontinuidad; diferente sería que se distribuyan uniformemente entre cada uno de los pisos. (Morales, 2002, p. 9)

Las estructuras deberían ser simétricas por que reducen el impacto de las ondas del sismo y disminuye el peligro de colapso. En caso contrario, la estructura tiende a fallar en las irregularidades generadoras de fallas de los elementos estructurales y no estructurales, contribuyendo al colapso. Por ello se deben realizar distribuciones proporcionales que permitan a la estructura resistir eventos sísmicos.

Asimismo la estructura debería proyectarse hasta el máximo de pisos que requieran, sin realizar cambios bruscos que alteren la distribución de cargas de la edificación y generen mayor rigidez, agrietamiento y colapso. En todo caso realizar una distribución en que los centros de masa y rigidez coincidan.

Morales (2002) señala que la Irregularidad de Masa se origina cuando la masa de un piso supera el 150% que la de un piso adyacente. Los pisos con mayor masa concentran mayor fuerza sísmica y cuando se da una mayor concentración de masa en los pisos superiores, ocasiona momentos de volteo. A ello San Bartolomé (1998), refiere que el sismo genera efectos de volteo cuando la edificación es esbelta, produciéndose esfuerzos sísmicos mayores en las columnas, siendo el elemento estructural más importante que debería resistir.

Toda estructura que pierde rigidez por diferentes factores como la resistencia de los elementos que forman parte tiende a deformarse. Las reducciones bruscas generan amplificación de las ondas sísmicas en los pisos superiores y en otros, concentración de esfuerzos (Bazán y Meli, 2001).

1.4. Formulación del Problema:

¿Cuál es el índice de vulnerabilidad sísmica estructural de las viviendas del centro poblado menor Huanchaquito Bajo?

1.5. Justificación del estudio

1.5.1. Justificación técnica

Esta Investigación se justifica en realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica ya que hasta ahora no se cuenta con dicho estudio, generando así la falta de conocimiento e interés de los moradores por construir viviendas que cumplan con los requerimientos técnicos necesarios establecidos en la norma técnica peruana.

1.5.2. Justificación teórica

Esta investigación se justifica teóricamente por que analiza la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del centro poblado menor Huanchaquito conforme a los parámetros técnicos del Reglamento Nacional de Edificaciones E-030 Diseño Sismorresistente y E-070 Albañilería Confinada, así como también tesis referentes a la investigación.

1.5.3. Justificación metodológica

El presente trabajo de investigación se fundamenta en el deseo de conocer la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del centro poblado menor Huanchaquito Bajo, debido a que el sismo registrado en el año 1970 afectó al centro poblado y según lo narrado por los pobladores las casas eran de adobes y sus techos con torta de barro y quincha; algunas sufrieron desprendimiento y deformaciones de sus muros, poniendo esteras por el miedo a que las casas colapsen.

Se analizará el índice de vulnerabilidad a través del método de inspección y puntaje que analiza el estado actual de las viviendas y posterior un análisis sísmico que permite conocer el comportamiento de la estructura en función a sus desplazamientos del suelo a través de un estudio de mecánica de suelos de las viviendas vulnerables.

1.5.4. Justificación práctica

Se realiza esta investigación de vulnerabilidad sísmica para poder identificar medidas de mitigación de desastres que eviten el colapso de las viviendas ante sismo de gran magnitud con la finalidad de salvaguardar vidas humanas.

1.6. Hipótesis

Las estructuras de las viviendas presentan un índice de vulnerabilidad sísmica media en el centro poblado menor Huanchaquito Bajo.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

Determinar la vulnerabilidad sísmica estructural de las viviendas del centro poblado menor Huanchaquito Bajo.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Analizar la topografía del área en estudio.
- Definir la tipología estructural de las viviendas.
- Analizar el estudio de mecánica de suelos del centro poblado en estudio.
- Identificar características estructurales predominantes a las viviendas.
- Evaluar el estado de conservación de las viviendas y vida útil de la estructura.
- Realizar análisis sísmico a tipologías de viviendas de 1, 2 y 3 niveles.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de Investigación

En la investigación se utilizará el diseño no experimental, transversal, descriptivo simple; cuyo esquema es:



G: Viviendas del centro poblado menor Huanchaquito Bajo.

O: Levantamiento topográfico, medición del índice de vulnerabilidad sísmica, mecánica de suelos, análisis sísmico.

2.2. Variables y Operacionalización

Las Variables son:

Variable Independiente: Viviendas

Variable Dependiente: Vulnerabilidad sísmica

Matriz de Operacionalización:

| VARIABLE | DIMENSIONES | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | INDICADORES | ESCALA DE MEDICIÓN |
|------------------------|-------------------------------|--|---|--|--------------------|
| Vulnerabilidad Sísmica | Levantamiento topográfico | Consiste en describir un terreno con instrumental especializado, de la superficie del terreno y procede a la toma de datos, generalmente con un teodolito o estación total. | Se realizará un levantamiento topográfico del centro poblado. | Área de estudio Levantamiento altimétrico Perfil Longitudinal | Razón |
| | Índice de Vulnerabilidad | Método cualitativo en el que relaciona el daño esperado en una edificación. | Por medio de Fichas Técnicas se obtendrá el índice de vulnerabilidad sísmica. | Vulnerabilidad Media Vulnerabilidad Alta Vulnerabilidad Baja | Ordinal |
| | Estudio de Mecánica de Suelos | Son estudios que se realizan al suelo mediante ensayos de laboratorio que lo clasificarán para poder tomar las medidas necesarias en función de proporcionar estabilidad en las obras y por ende calidad en la edificación a realizarse. RNE (2006). | Se realizará un estudio para determinar las características generales del suelo y el nivel de la napa freática para analizar las viviendas seleccionadas. | Análisis Granulométrico Límite Líquido Límite Plástico Contenido de Humedad Clasificación Suelos SUCS Clasificación de Suelos AASHTO Peso Específico Capacidad portante | Razón |

| | | | | | |
|--|------------------|---|---|---|-------|
| | Análisis Sísmico | Método de análisis que permite predecir el comportamiento de la estructura ante sollicitaciones sísmicas (RNE, 2016). | Se realizará basándose en la norma técnica peruana y según los parámetros establecidos en el RNE. | Análisis Estático o de Fuerzas Estáticas Equivalente. Análisis Dinámico Modal Espectral. | Razón |
|--|------------------|---|---|---|-------|

2.3.Población y muestra

2.3.1. Población

La población abarca a todas las viviendas existentes del centro poblado menor Huanchaquito Bajo del distrito de Huanchaco, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad.

2.3.2. Muestra

Tipologías de viviendas representativas de Huanchaquito Bajo: I Etapa y II Etapa.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnicas

Las técnicas a utilizarse para la recolección de datos será la observación directa y mediante una ficha técnica se detallará lo observado para luego ser analizado junto con documentos relacionados a la investigación.

2.4.2. Instrumentos

Guía de observación que servirá para analizar el índice de vulnerabilidad de las viviendas.

En el levantamiento topográfico se utilizarán los equipos: estación total, prismas, GPS y wincha.

Para el estudio de mecánica de suelos se utilizarán instrumentos de laboratorio como: hornos, tamices, bandejas, espátulas, copa de Casagrande y balanzas así como también se utilizará equipos computarizados para el procesamiento de datos.

2.5.Método de análisis de datos

Para el análisis de datos, con la metodología descrita se hará uso de: Hojas de cálculos (MS EXCEL), que se emplearán para la evaluación según parámetros descritos en el Reglamento Nacional de Edificaciones, para determinar el grado de vulnerabilidad

sísmica. El Reglamento Nacional de Edificaciones y las normas vigentes como es el caso de la norma técnica peruana E 030, se empleará durante todo el proceso de análisis y la verificación de los parámetros de control.

2.6.Aspectos éticos

Con el permiso de la Municipalidad del Centro Poblado Menor Huanchaquito Bajo, me comprometo a realizar una investigación con datos y resultados veraces, que cumplan con lo estipulado en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

III. RESULTADOS

3.1. Estudio Topográfico

Para identificar la topografía del terreno, se realizó el análisis según las condiciones orográficas y sus parámetros porcentuales indicados en el Manual de Carreteras D.G.-2018.

Cuadro 3: Clasificación por Orografía

| CARRETERA | CONDICIONES OROGRÁFICAS | DENOMINACIÓN (TOPOGRAFÍA) |
|-----------|-------------------------|---------------------------|
| TIPO 1 | 0 - 10 % | Terreno Plano |
| TIPO 2 | 11 - 50% | Terreno ondulado |
| TIPO 3 | 51 - 100% | Terreno accidentado |
| TIPO 4 | Mayor a 100% | Terreno escarpado |

Fuente: Manual de Carreteras D.G. -2018

Se realizó las siguientes ecuaciones para determinar el tipo de Orografía del área de investigación, contando con 20 puntos de identificación con la finalidad de obtener el rango de la pendiente transversal según cada condición que permitió obtener el tipo de terreno.

$$\Delta H = Cota Superior - Cota Inferior$$

$$DH = Distancia entre cotas$$

$$Pendiente: I\% = \left(\frac{\Delta H}{DH}\right) \times 100$$

Cuadro 4: Proceso de identificación de la orografía del terreno

| PUNTO | COTA SUPERIOR | COTA INFERIOR | ΔH | DH | I % | OROGRAFÍA |
|-------|---------------|---------------|------------|-------|-------|------------------|
| 1 | 16 | 12 | 4 | 27,29 | 14,66 | Terreno Ondulado |
| 2 | 20 | 16 | 4 | 71,53 | 5,59 | Terreno Plano |
| 3 | 6 | 2 | 4 | 60,76 | 6,58 | Terreno Plano |
| 4 | 12 | 8 | 4 | 33,59 | 11,91 | Terreno Ondulado |
| 5 | 16 | 12 | 4 | 82,79 | 4,83 | Terreno Plano |
| 6 | 14 | 10 | 4 | 80,52 | 4,97 | Terreno Plano |
| 7 | 20 | 16 | 4 | 43,47 | 9,20 | Terreno Plano |
| 8 | 6 | 4 | 2 | 34,80 | 5,75 | Terreno Plano |
| 9 | 12 | 8 | 4 | 53,75 | 7,44 | Terreno Plano |
| 10 | 12 | 8 | 4 | 51,42 | 7,78 | Terreno Plano |
| 11 | 14 | 10 | 4 | 52,42 | 7,63 | Terreno Plano |
| 12 | 20 | 16 | 4 | 26,42 | 15,14 | Terreno Ondulado |
| 13 | 16 | 14 | 2 | 18,67 | 10,71 | Terreno Ondulado |
| 14 | 18 | 16 | 2 | 36,94 | 5,41 | Terreno Plano |
| 15 | 22 | 20 | 2 | 27,81 | 7,19 | Terreno Plano |
| 16 | 10 | 6 | 4 | 32,56 | 12,29 | Terreno Ondulado |
| 17 | 22 | 18 | 4 | 79,91 | 5,01 | Terreno Plano |
| 18 | 12 | 8 | 4 | 78,10 | 5,12 | Terreno Plano |
| 19 | 16 | 12 | 4 | 35,57 | 11,25 | Terreno Ondulado |
| 20 | 20 | 16 | 4 | 28,55 | 14,01 | Terreno Ondulado |

Cuadro 5: Resultados de obtención del Tipo de Orografía

| OROGRAFÍA | Nº DE REPETICIÓN | % |
|-----------|------------------|------|
| TIPO 1 | 13 | 68% |
| TIPO 2 | 6 | 32% |
| TIPO 3 | 0 | 0% |
| TIPO 4 | 0 | 0% |
| TOTAL | 19 | 100% |

Como se indica, la orografía es analizada porcentualmente por las pendientes y el rango en que se encuentran. Identificando en el plano de curvas de nivel, obtuvimos que la orografía del terreno es Tipo 1: Terreno Plano; caracterizado por presentar pendientes transversales menores a 10% y pendientes longitudinales de hasta 3%. Demandando movimiento de tierras de forma mínima.

3.2. Tipología Estructural

Se identificó módulos de albañilería confinada representativos los que se analizó para viviendas de 1 nivel.



Figura 2: Vivienda de 1 nivel de albañilería confinada.

Se identificó viviendas de 1 nivel donde la estructura conforma muros de adobe y columnas y vigas de concreto armado, por lo que se analizarán como aporticado. Se considera al adobe o ladrillo crudo como material de construcción altamente vulnerable.



Figura 3: Vivienda de 1 nivel - columna y vigas de concreto, muro de ladrillo crudo.

Para 2 niveles como tipología representativa se identificó viviendas donde el primer nivel utiliza muros de ladrillo crudo junto con columnas de concreto armado por lo que se analizó al primer nivel como pórtico de concreto armado y al segundo nivel como albañilería confinada.



Figura 4: Vivienda de 2 niveles – 1 piso con muros de ladrillo crudo y el 2 piso con sistema estructural de albañilería.

La tipología de viviendas de 3 niveles se analizó como albañilería confinada en su totalidad.



Figura 5: Vivivenda de 3 pisos de albañilería confinada.

3.3. Estudio de mecánica de suelos

INDECI PNUD PER / 02 / 051 Programa Ciudades Sostenibles realizó el Mapa de Peligros, Plan de Usos del Suelo ante Desastres y Medidas de Mitigación en el que se excavaron 4 calicatas en la zona en estudio; ubicadas estratégicamente para el reconocimiento del suelo en las siguientes coordenadas:

Cuadro 6: Ubicación de calicatas

| UBICACIÓN DE LAS CALICATAS | | |
|----------------------------|--------------|--------------|
| CALICATA | COORDENADA X | COORDENADA Y |
| C-1 | 709159 | 9103612 |
| C-2 | 709290 | 9103354 |
| C-3 | 708345 | 9104062 |
| C-4 | 708515 | 9104262 |

Fuente: INDECI PNUD PER / 02 / 051 Programa Ciudades Sostenibles

Obteniendo como resultado según la Clasificación de Suelos (SUCS), que el centro poblado menor Huanchaquito Bajo posee un suelo denominado SW, es decir Arena bien graduada en estado saturado e identificaron que la capacidad portante se encuentra entre 0.6 a 0.9 kg/ cm², atribuyendo a un suelo de poca resistencia en el que es recomendable aislar el suelo de la nueva edificación es decir sus cimientos. Así mismo, se realizó calicatas para determinar el nivel de napa freática y se identificó también con pozos existentes dentro y adyacentes de las viviendas.

Se verificó el nivel de la napa freática con apoyo de los pobladores que permitieron el ingreso a las viviendas para medir en sus pozos el nivel de la napa freática. Para el cálculo se hizo desde el nivel del terreno natural hasta el nivel de napa, descontando la altura sobresaliente del pozo sobre el terreno.



Figura 6 Pz 1- Nivel de napa freática 3.75m

Descontando la variación de altura de 0.50 m obtuvimos el nivel de napa de 3.75m.



Figura 7: Ubicación de Pz-1 de análisis de nivel de Napa Freática

Fuente: Google Earth.



Figura 8: C- 1 Profundidad de 3m

En esta calicata no se encontró nivel de napa freática



Figura 9: Ubicación de C-1 de análisis de nivel de Napa Freática

Fuente: Google Earth.



Figura 10: C- 2 Nivel de napa freática: 2.60 m



Figura 11: Ubicación de C-2 de análisis de nivel de Napa Freática

Fuente: Google Earth.



Figura 12: Pz- 2 - Nivel de napa freática: 1.65m

Descontando la variación de altura de 0.35 m obtuvimos el nivel de napa de 1.65m.



Figura 13: Ubicación de Pz-2 de análisis de nivel de Napa Freática

Fuente: Google Earth.

La Norma Técnica E-050: Suelos y Cimentaciones menciona que el nivel de profundidad de perforación para la edificación de una vivienda debe ser como mínimo 3 m. Por lo que se realizaron calicatas de dicha dimensión tomando las medidas de seguridad necesarias.

Complementando la información de INDECI en el Mapa de Peligros, Plan de usos del suelo ante desastres y medidas de mitigación; La verificación en campo permitió conocer el nivel de la napa freática en la zona de estudio y se realizó una gráfica según el nivel de profundidad de napa freática desde la altura del nivel del terreno.

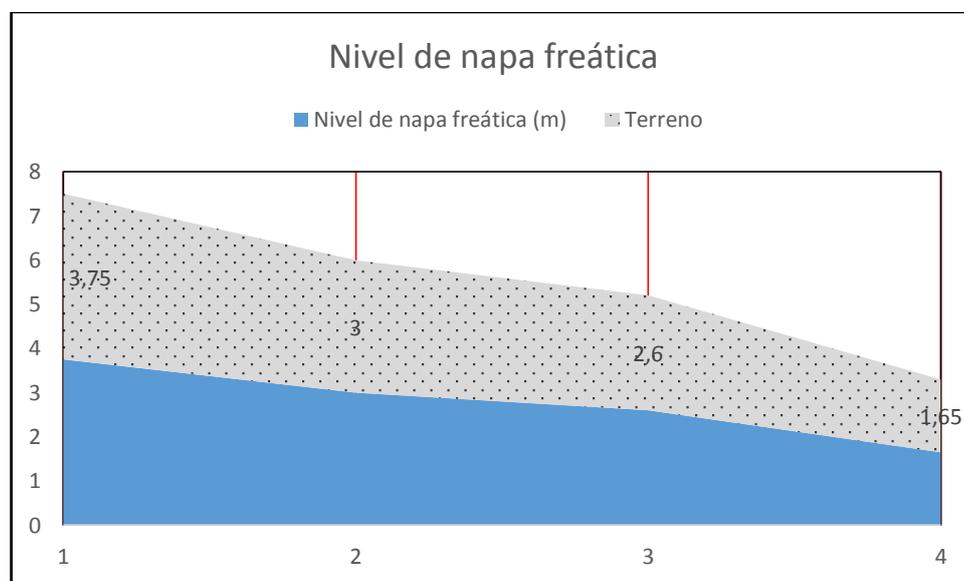


Figura 14: Estimación del nivel freático según la profundidad de perforación

3.4. Características Estructurales

3.4.1. Sistema Estructural

3.4.1.1. Concreto Armado

Pórticos:

Estructuras de concreto armado donde funcionan como elemento estructural los pórticos y las vigas. La Norma Técnica E – 030 menciona que actúan sobre las columnas un 80% de cortante en la base. Y dispone que todo sistema estructural perteneciente a concreto armado debe cumplir con lo dispuesto en la Norma Técnica E -030.

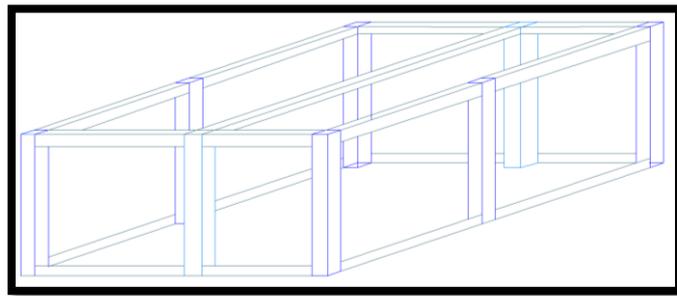


Figura 15: Idealización de estructura aporticada

3.4.1.2. Albañilería

La albañilería es una técnica de construcción comúnmente utilizada para la edificación de viviendas, donde los muros funcionan como elementos portantes, sismorresistentes. La Norma Técnica E -030 no diferencia en si es armada o confinada para el proceso de análisis. Se realizó el análisis dinámico espectral a viviendas de albañilería confinada por ser el material predominante.

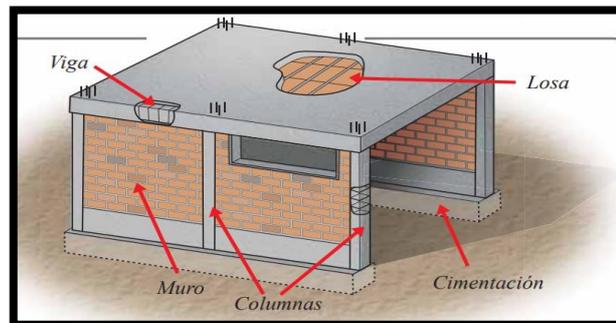


Figura 16: Vivienda de albañilería confinada y sus elementos estructurales.

Fuente: Manual del maestro constructor de Aceros Arequipa

3.4.1.3.Tradicional

En el centro poblado se identificó viviendas de adobe o ladrillo crudo, en ciertos casos el primer nivel de la vivienda funciona como pórtico. Se analizó a la estructura tomando en cuenta primer nivel como pórtico y segundo nivel como albañilería.

3.4.2. Material de Construcción

Según la contabilización en campo se registró que el material de construcción predominante es el de albañilería confinada con un total de 613 viviendas que equivalen al 95.78% y con menor porcentaje del 4.22% viviendas de adobe y ladrillo crudo en total 27. Disminuyendo el nivel de vulnerabilidad sísmica porque este sistema estructural tiene mejor comportamiento que el de adobe o ladrillo crudo.

Cuadro 7: Identificación de material de construcción predominante.

| Material de construcción | Cantidad | % |
|--------------------------|----------|---------|
| Ladrillo - concreto | 613 | 95,78% |
| Adobe | 27 | 4,22% |
| Total | 640 | 100,00% |

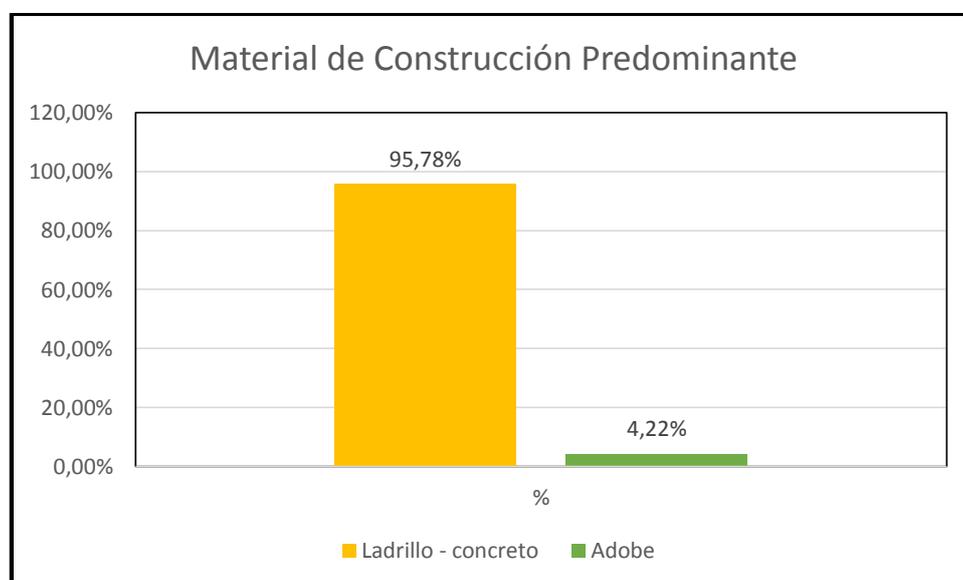


Figura 17: Comparación de porcentajes de material predominante de las viviendas.

3.4.3. Número de Pisos

En la zona de estudio, la configuración estructural denota que la altura de las edificaciones varía según los parámetros establecidos en Reglamento de Zonificación de usos del suelo del Subsector A-1: Huanchaco – Huanchaquito (2006) En zonas donde el riesgo sísmico es alto, como es el caso del área en estudio; se establecieron límites en la altura de los edificios no mayor de tres pisos por motivo de la elevada napa freática y tipo de suelo. (Anexo 2)

Se realizó una contabilización donde se obtuvo un total de 1135 predios, de los cuales 613 son las viviendas habitadas de material ladrillo – concreto. Se encuentran ubicados en un área aproximada de 432.759 m². Estableciendo un número de pisos como máximo de 3 niveles con una cantidad de 29 viviendas que equivale al 4.7%, un total de 124 viviendas de 2 niveles que porcentualmente son 20.3% y 460 viviendas de 1 nivel.

Cuadro 3- Contabilización de viviendas habitadas de albañilería confinada según su nivel.

| Nivel de viviendas | | |
|--------------------|----------|---------|
| Nivel | Cantidad | % |
| 1 | 460 | 75,04% |
| 2 | 124 | 20,23% |
| 3 | 29 | 4,73% |
| Total | 613 | 100,00% |

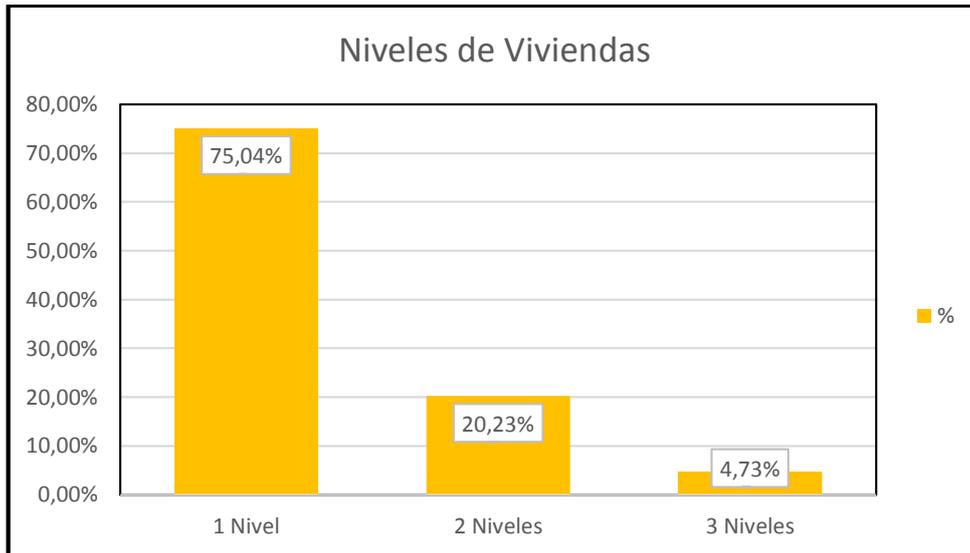


Figura 18: Análisis del máximo de niveles de las viviendas del área en estudio.

Cuadro 8: Total de viviendas habitadas y no habitadas sin distinción del material de construcción.

| Predios – viviendas | | |
|---------------------|----------|---------|
| Viviendas | Cantidad | % |
| Habitadas | 640 | 56,99% |
| No Habitadas | 483 | 43,01% |
| Total | 1123 | 100,00% |

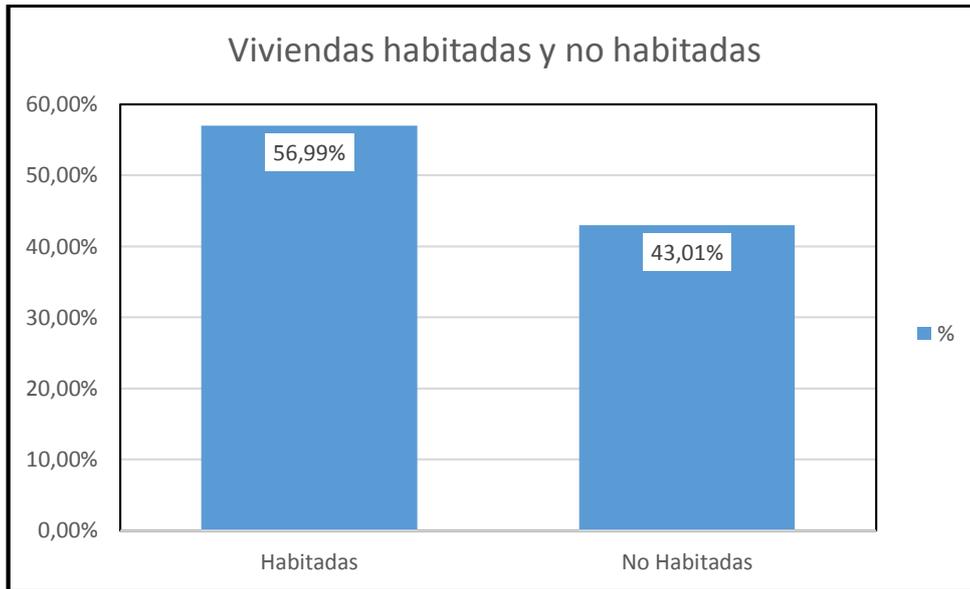


Figura 19: Contabilización de viviendas por su permanencia.

3.4.4. Patologías constructivas en las viviendas

3.4.4.1. Humedad

La humedad puede causar a diferentes factores que deben ser analizados, se identificó esta patología que en dimensiones mayores puede comprometer los muros portantes en las viviendas de albañilería confinada ocasionando debilitamiento de la estructura y pérdida de resistencia del material.



Figura 20: Humedad en muro portante de vivienda de 1 piso.

3.4.4.2.Erosión

Esta patología debilita a la edificación, como se muestra en la figura ocurrieron desprendimientos de la unidad que conforma el muro de albañilería, comprometiéndola a debilitamiento estructural.



Figura 21: Erosión en muro de albañilería confinada de vivienda de 1 nivel.

3.4.4.3.Grietas

Las grietas son el indicador principal de que la estructura está fallando. Las dimensiones son mayores a 1 cm para poder distinguirlas. Deben de arreglarse de inmediato o en todo caso la estructura puede llegar al colapso.



Figura 22: Grieta severa, indicador de colapso.

3.4.4.4.Fisuras

Las fisuras no comprometen a la estructura, son menores a 1 cm de abertura. Y deben arreglarse para que no aumente su longitud y pueda comprometer a la estructura.



Figura 23: Fisura en la losa aligerada de la vivienda.

3.4.4.5.Corrosión

El acero de la columna se encuentra expuesto y en proceso de corrosión. La corrosión indica debilitamiento estructural y afecta a su comportamiento.



Figura 24: Acero de la columna expuesto.

3.4.5. Identificación de Fallas Estructurales

3.4.5.1. Simetría del Sistema Estructural

Las estructuras deberían ser simétricas por que reducen el impacto de las ondas del sismo y disminuye el peligro de colapso. En caso contrario, la estructura tiende a fallar en las irregularidades generadoras de fallas de los elementos estructurales y no estructurales, contribuyendo al colapso. Por ello se deben realizar distribuciones proporcionales que permitan a la estructura resistir eventos sísmicos.

3.4.5.2. Configuración Geométrica en Planta

El RNE, establece según comprobaciones las dimensiones de las columnas, por ejemplo las columnas de 0.25 x 0.25 carecen de resistencia para soportar cargas en una edificación de 2 niveles. Por ello es recomendable dimensionar a partir de 0.30 x0.30 m a más. Para estabilizar y disminuir los modos de vibración de la estructura ante sismos.

3.4.5.3. Configuración Geométrica en Altura

Asimismo la estructura debería proyectarse hasta el máximo de pisos que requieran, sin realizar cambios bruscos que alteren la distribución de cargas de la edificación y generen mayor rigidez, agrietamiento y colapso. En todo caso realizar una distribución en que los centros de masa y rigidez coincidan.

3.4.5.4. Piso Blando

Generalmente se da en edificaciones con cocheras en el primer piso, actualmente no está permitido que se realicen este tipo de edificaciones por que tienden al colapso ante un sismo por la escasa concentración de rigidez lateral en un piso respecto a los demás pisos.

3.4.5.5. Columna Corta

Se produce en elementos verticales como en la intersección de la columna con el muro, el muro no llega hasta la viga, ocasionando mayor rigidez y ante un sismo genera fallas de corte, por lo que es recomendable separar la columna del muro para que se desplacen por sí solos.



Figura 25: Iglesia en construcción del centro poblado menor Huanchaquito Bajo.

3.4.5.6. Reducción Brusca en Planta

Toda estructura que pierde rigidez por diferentes factores como la resistencia de los elementos que forman parte tiende a deformarse. Las reducciones bruscas generan amplificación de las ondas sísmicas en los pisos superiores y en otros, concentración de esfuerzos (Bazán y Meli, 2001).

3.4.5.7. Excentricidad – Torsión

La excentricidad y torsión se da por la variación del centro de rigidez con el centro de masa generando la torsión de la estructura. Por lo que es recomendable que las estructuras tengan simetría permitiendo la distribución proporcional de la estructura en cuanto a cargas y los centros de masa y rigidez simultáneamente coincidan.

3.4.5.8. Impacto

Juntas Sísmicas

Se recomienda segmentar las edificaciones y colocar juntas que permitan a los bloques moverse independientemente durante un sismo. Ocurre en caso contrario que colapsa la edificación de menor rigidez. Se puede distinguir esta falla cuando los edificios colindantes están sin una separación que les permita deformarse libremente. El espacio entre viviendas colindantes debería ser mayor a 10 cm, incluso en un intervalo entre 3 y 10 cm, o hasta de 3cm. Las juntas sísmicas permitirán el desplazamiento de la estructura sin establecer contacto con las otras

viviendas para disminuir el nivel de vulnerabilidad sísmica al que está expuesta el comportamiento dinámico de todas las viviendas.



Figura 26: Junta Sísmica de 10 cm en vivienda de 1 piso.

3.4.5.9. Chicoteo

Esta falla ocurre, en postes, tanques elevados, cuando no tiene una buena cimentación o apoyo que lo resista por ejemplo en el tanque elevado que se muestra a continuación, solo se encuentra sobre una columna, la que soporta el peso tanto del tanque como de la estructura. Por ello se recomienda que el tanque elevado se encuentre apoyado por 2 o más columnas, permitiendo que la estructura no concentren cargas para la que no ha sido diseñada.



Figura 27: Tanque elevado apoyado por una losa sobre una columna.

3.5. Estado de Conservación de las viviendas y Vida Útil de las estructuras

Se estudiaron según la antigüedad de las viviendas. El 23 de marzo de 1890, año en que empezaron a habitar el centro poblado y las construcciones fueron de adobe, bloques de 0.40x 0.20 y un espesor de 0.13 m. Estas viviendas en el sismo de 1970 no llegaron al colapso, solo ocurrieron desprendimientos de los muros entre las uniones con las mochetas, señalan los pobladores de la zona en investigación. Ocurrió en el año 1996 el Fenómeno del Niño, ocasionando el colapso de las viviendas por que el material de adobe al hacer contacto con el agua pierde su forma y se convierte en lodo. Por ello reconstruyeron sus viviendas con material noble. Actualmente existen viviendas que aún tienen muros de separación con las viviendas colindantes, de adobe de las longitudes antes mencionadas. Se distinguió también que existen viviendas que comparten el material de construcción entre adobe y material noble, o estructuras de concreto. Por estudios antes realizados se conoce que el adobe de por sí presenta alta vulnerabilidad sísmica ocasionando un peligro latente para las viviendas que tienen este material de construcción. Así mismo se conoce que las viviendas de concreto armado, albañilería confinada tienen un mejor comportamiento ante un sismo.

Como se indicó en el centro poblado menor Huanchaquito, las viviendas de albañilería confinada, siendo el material predominante de construcción; y concreto armado tienen en su mayoría 35 años de antigüedad.

Cuadro 9: Vida útil de las estructuras según la Norma Española del Concreto Estructural.

| Tipo de estructura | Vida útil |
|--|--------------|
| Estructuras temporales. | 3 a 10 años |
| Elementos reemplazables. | 10 a 25 años |
| Edificios o instalaciones | 15 a 50 años |
| Viviendas, oficinas, obras de paso u puentes menores a 10 m y obras de repercusión económica media y baja. | 50 años |
| Puentes de longitud mayor de 10 m y obras de repercusión económica alta. | 100 años |

Fuente: Norma Española del Concreto Estructural

3.6. Análisis Sismorresistente

3.6.1. Zonificación Sísmica

El Perú se encuentra dividido en 4 zonas sísmicas establecidas según estudios realizados de: sismicidad, movimientos sísmicos, atenuación, con la distancia epicentral y la información neotectónica. El distrito de Huanchaco según el Cuadro 1, pertenece al Departamento de La Libertad, provincia de Trujillo correspondiéndole la zona sísmica 4 con un factor Z que indica la aceleración horizontal máxima de un suelo rígido con probabilidad de exceder un 10% en 50 años; de 0.45g mayor a diferencia de las otras zonas. Generándose mayor aceleración a causa de que se ubica sobre la interacción de las placas tectónicas de Nazca y la Sudamericana.

Cuadro 10: Zonificación Sísmica

| REGIÓN (DPTO.) | PROVINCIA | DISTRITO | ZONA SÍSMICA | ÁMBITO |
|----------------|-----------|----------------------|--------------|---------------------|
| LA LIBERTAD | TRUJILLO | EL PORVENIR | 4 | TODOS LOS DISTRITOS |
| | | FLORENCIA DE MORA | | |
| | | HUANCHACO | | |
| | | LA ESPERANZA | | |
| | | LAREDO | | |
| | | MOCHE | | |
| | | POROTO | | |
| | | SALAVERRY | | |
| | | SIMBAL | | |
| | | TRUJILLO | | |
| | | VÍCTOR LARCO HERRERA | | |

Fuente: Norma Técnica E - 030 "Diseño Sismorresistente"

Cuadro 11: Factor de Zona “Z”

| FACTOR DE ZONA "Z" | |
|--------------------|------|
| ZONA | Z |
| 4 | 0.45 |
| 3 | 0.35 |
| 2 | 0.25 |
| 1 | 0.10 |

Fuente: Norma Técnica E - 030 “Diseño Sismorresistente”

3.6.2. Categoría de las edificaciones y Factor U

El RNE, en la Norma Técnica E – 030 categoriza a las edificaciones según su uso y capacidad de servicio ante desastres naturales como también daños a causa de su colapso. Por lo que en el proceso del cálculo de análisis sísmico le corresponde un factor “U”. Esta investigación analizó a las viviendas del centro poblado, correspondiéndole la Categoría C de Edificaciones comunes, por lo que se usó el Factor de Uso “U” igual a 1.

Cuadro 12: Categoría de las Edificaciones y Factor “U”

| CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR “U” | | |
|---|---|------------|
| CATEGORÍA | DESCRIPCIÓN | FACTOR U |
| A | A1:Salud | Ver nota 1 |
| Edificaciones Esenciales | A2: Edificaciones que deben seguir en funcionamiento ante un sismo severo | 1.5 |
| B | Edificaciones donde constantemente se encuentran gran cantidad de personas | 1.3 |
| Edificaciones Importantes | | |
| C | Viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales. | 1 |
| Edificaciones Comunes | | |
| D | Construcciones provisionales. | Ver nota 2 |
| Edificaciones Temporales | | |

Fuente: Norma Técnica E - 030 “Diseño Sismorresistente”

3.6.3. Perfiles del Suelo:

INDECI PNUD PER / 02 / 051 PROGRAMA CIUDADES SOSTENIBLES realizó el Mapa de Peligros, Plan de Usos del Suelo ante Desastres y Medidas de Mitigación en el que se excavaron 4 calicatas en la zona en estudio; ubicadas estratégicamente para el reconocimiento del suelo. Según la Clasificación de Suelos (SUCS), el C. P. M. Huanchaquito Bajo posee un suelo denominado SW, es decir Arena bien graduada en estado saturado y la capacidad portante se encuentra entre 0.6 a 0.9 kg/cm², atribuyendo a un suelo de poca resistencia en el que se debe aislar el suelo de la nueva edificación. La conversión a kiloPascal (kPa) resulta entre 58,84 kPa a 88.25 kPa. La tabla de Clasificación de suelos indica que el Perfil del Suelo es S₂: suelo intermedio.

Cuadro 13: Clasificación de los Perfiles de Suelo.

| CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO | | | |
|--|--------------------------------|----------------|------------------|
| Perfil | \bar{V}_s | \bar{N}_{60} | \bar{S}_u |
| S ₀ | > 1500 m/s | - | - |
| S ₁ | 500 m/s a 1500 m/s | > 50 | >100 kPa |
| S ₂ | 180 m/s a 500 m/s | 15 a 50 | 50 kPa a 100 kPa |
| S ₃ | < 180 m/s | < 15 | 25 kPa a 50 kPa |
| S ₄ | Clasificación basada en el EMS | | |

Fuente: Norma Técnica E - 030 "Diseño Sismorresistente"

3.6.4. Factor de Amplificación Sísmica:

Este factor se halla según el tipo de suelo categorizado como un suelo S₂- Suelo Intermedio identificamos los Periodos según la tabla siguiente y se realiza la operación para determinar el factor de amplificación y así mismo cumplir con la comprobación posteriormente a mencionar.

Cuadro 14: Periodos

| Periodos | T_P y T_L | | | |
|----------|------------------|-------|-------|-------|
| | Perfil del Suelo | | | |
| | S_0 | S_1 | S_2 | S_3 |
| T_P | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 1 |
| T_L | 3 | 2,5 | 2 | 1,6 |

Fuente: Norma Técnica E - 030 “Diseño Sismorresistente”

3.6.5. Periodo fundamental de vibración (T)

$$T = \frac{hn}{C_T}$$

El Factor hn :

El factor se halla según la altura de la vivienda. Se realizó el cálculo con los datos obtenidos en campo, la altura de las viviendas de 1 nivel es de 2.5 m, las viviendas de 2 niveles 5m y las de 3 niveles 7.5 m. Obteniendo:

$$1\text{ piso: } hn = 2.5 \text{ m}$$

$$2 \text{ pisos: } hn = 5 \text{ m}$$

$$3 \text{ pisos: } hn = 7.5 \text{ m}$$

El Factor C_T :

Se identifica según el sistema estructural:

C_T : 35 en caso se refiera a pórticos de concreto armado.

C_T : 60 para edificaciones de albañilería confinada.

Por lo tanto el periodo fundamental de vibración según el sistema estructural y número de pisos:

Cuadro 15: Periodos Fundamental de vibración según el nivel de pisos y sistema estructural.

| PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN | | | |
|----------------------------------|--------|-------------------------------|-----------------|
| Clasificación | | Sistema Estructural | |
| Nº Pisos | Altura | Concreto armado: pórticos (T) | Albañilería (T) |
| 1 | 2,5 | 0,071428571 | 0,041666667 |
| 2 | 5 | 0,142857143 | 0,083333333 |
| 3 | 7,5 | 0,214285714 | 0,125 |

Cuadro 16: Cálculo del Factor de Amplificación sísmica según condición.

| Condición: $T < T_p$ $C = 2.5$ | | | | |
|--------------------------------|--------------|-----|------------------|-----|
| Periodos | T en Pórtico | C | T en Albañilería | C |
| TP : 0,6 | 0,071428571 | 2.5 | 0,041666667 | 2.5 |
| TL : 2 | 0,142857143 | 2.5 | 0,083333333 | 2.5 |
| | 0,214285714 | 2.5 | 0,125 | 2.5 |

La primera condición de $T < T_p$ $C = 2.5$ indica que según el $T_p = 0.6$ es mayor que los Periodos fundamentales de vibración, por lo que coinciden en el factor de amplificación sísmica $C = 2.5$

Cuadro 17: Factor de amplificación sísmica, $C=2.5$

| Condición | | Nº Pisos | Factor de Amplificación Sísmica | |
|-----------------|---|----------|---------------------------------|-------------|
| | | | Pórtico | Albañilería |
| $T < T_p$ | $C = 2.5$ | 1 | 2.5 | 2.5 |
| $T_p < T < T_L$ | $C = 2.5 \left(\frac{T_p}{T} \right)$ | 2 | 2.5 | 2.5 |
| $T > T_L$ | $C = 2.5 \left(\frac{T_p \times T_L}{T^2} \right)$ | 3 | 2.5 | 2.5 |

3.6.6. Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R)

Se realizó el análisis dinámico modal espectral para estos dos sistemas estructurales predominantes.

Cuadro 18: Coeficiente Básico de Reducción- R0

| Sistema Estructural | Coeficiente Básico de Reducción R0 |
|---------------------------------|------------------------------------|
| Concreto Armado: Pórticos | 8 |
| Albañilería armada o confinada: | 3 |

Fuente: Norma Técnica E - 030 “Diseño Sismorresistente”

Cuadro 19: Identificación de Irregularidades

| IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA | Factor de Irregularidad Ia |
|---|----------------------------|
| Irregularidad de rigidez - Piso Blando | 0.75 |
| Irregularidad de masa o peso | 0.9 |
| IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA | Factor de Irregularidad Ip |
| Esquinas entrantes. | 0.90 |
| Discontinuidad de Diafragma. | 0.85 |

Cuadro 20: Identificación de irregularidades estructurales según el N° de pisos de la vivienda.

| N° Pisos | Irregularidades estructurales | Sistema estructural | | | |
|----------|-------------------------------|--------------------------|-----|-------------|-----|
| | | Concreto Armado: Pórtico | | Albañilería | |
| 1 | Irregularidad en altura | 0.75 | - | 0.75 | - |
| | Irregularidad en planta | - | - | - | - |
| 2 | Irregularidad en altura | 0.75 | 0.9 | 0.75 | 0.9 |
| | Irregularidad en planta | 0.85 | 0.9 | 0.85 | 0.9 |
| 3 | Irregularidad en altura | 0.75 | 0.9 | 0.75 | 0.9 |
| | Irregularidad en planta | 0.85 | 0.9 | 0.85 | 0.9 |

El coeficiente de Reducción de las fuerzas sísmicas se halla con la fórmula:

$$R = R_0 \times I_a \times I_p$$

Los valores fueron reemplazados según el sistema estructural y número de pisos de la tipología de vivienda representativa correspondiente:

3.6.6.1. Vivienda de 1 piso de Concreto Armado: Pórtico

$R_0 = 8, I_a = 0.75, I_p = 1$: porque no se considera irregularidades en planta

3.6.6.2. Vivienda de 1 piso de Albañilería:

$R_0 = 3, I_a = 0.75, I_p = 1$: porque no se considera irregularidades en planta.

3.6.6.3. Viviendas de 2 y 3: Concreto Armado: Pórtico

Se consideran los mismos valores, se identificaron 2 irregularidades estructurales, por lo que se considera la irregularidad estructural menos próxima a la unidad.

$$R_0 = 8, I_a = 0.75, I_p = 0.85$$

3.6.6.4. Viviendas de 2 y 3 pisos: Albañilería:

Se consideran los mismos valores, se identificaron 2 irregularidades estructurales, por lo que se considera la irregularidad estructural menos próxima a la unidad.

$$R_0 = 3, I_a = 0.75, I_p = 0.85$$

Reemplazamos cada valor según el sistema estructural y obtenemos como resultado las cifras mostradas en el Cuadro 21.

Cuadro 21: Cálculo del Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas - R

| Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas - R y comprobación | | | | | |
|---|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|
| C | N° de Pisos | R | | C/R ≥ 0,125 | |
| | | Concreto: Pórtico | Albañilería | Concreto: Pórtico | Albañilería |
| 2,5 | 1 | 6 | 2,25 | 0,416666667 | 1,111111111 |
| 2,5 | 2 | 5,1 | 1,9125 | 0,490196078 | 1,307189542 |
| 2,5 | 3 | 5,1 | 1,9125 | 0,490196078 | 1,307189542 |

3.6.7. Aceleración Espectral

Se realizó el análisis con el espectro inelástico de pseudoaceleración en cada una de las direcciones horizontales definido por la siguiente fórmula:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} \times g$$

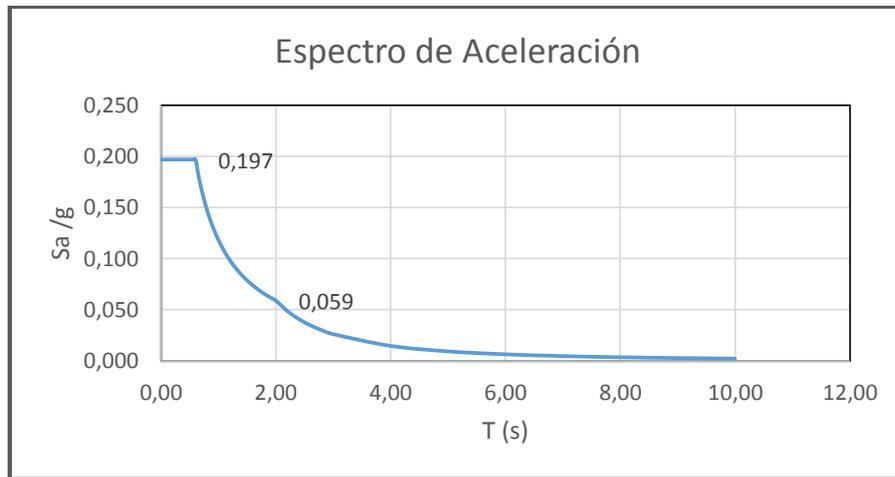


Figura 28: Espectro de Aceleración

3.6.8. Metrado de Cargas

La Norma Técnica E – 020: Cargas, complementa el proceso del análisis sísmico en su Norma Técnica E -030: Diseño Sismorresistente. Los elementos estructurales y no estructurales deben ser capaces de soportar las cargas según su uso. Y no causar deformaciones ni esfuerzos según lo que su norma especifica. E indica no utilizar valores mínimos a los establecidos.

Para el metrado de cargas se identifican los pesos de Carga Muerta, propios de la estructura en su estado estático que conformar a la estructura, a diferencia de la Carga Viva que es el peso de los elementos en movimiento que la edificación soporta.

Cuadro 22: Pesos Unitarios

| PESOS UNITARIOS | |
|--|---|
| MATERIALES | PESO KN/M3(KG/M3) |
| Albañilería de | |
| Adobe | 16,0(1600) |
| Unidades de albañilería cocida sólidas | 18,0(1800) |
| Unidades de albañilería cocida huecas | 13,5(1350) |
| Concreto simple de | |
| Cascote de ladrillo | 18,0 (1800) |
| Grava | 23 (2300) |
| Pómez | 16 (1600) |
| Concreto Armado | Añadir 1,0 (100) al peso del concreto simple. |

Fuente: Norma Técnica E - 020: Cargas

Cuadro 23: Identificación del Peso Propio según el espesor del aligerado.

| Espesor del aligerado (m) | Espesor de losa superior en metros | Peso Propio kPa (kgf/m ²) |
|---------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| 0.17 | 0.05 | 2.8 (280) |
| 0.20 | 0.05 | 3.0 (300) |
| 0.25 | 0.05 | 3.5 (350) |
| 0.30 | 0.05 | 4.2 (420) |

Fuente: Norma Técnica E - 020: Cargas

Cuadro 24: Carga viva

| Cargas Vivas Mínimas Repartidas | |
|---------------------------------|--|
| Ocupación o Uso | Cargas Repartidas kPa(kgf/m ²) |
| Viviendas | 2.0(200) |
| Corredores y escaleras | 2.0(200) |

Fuente: Norma Técnica E - 020: Cargas

3.6.9. Verificación de desplazamientos

La Norma Técnica E: 030 estipula el límite de distorsión de entrepiso según material predominante, aclarado y especificado en el siguiente cuadro.

Cuadro 25: Límite para la distorsión del entrepiso.

| LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO | |
|--|-----------------------|
| Material Predominante | (Δ_i / h_{ei}) |
| Concreto Armado | 0,007 |
| Acero | 0,010 |
| Albañilería | 0,005 |
| Madera | 0,010 |
| Concreto armado con muros de ductilidad limitada | 0,005 |

Fuente: Norma Técnica E - 030 “Diseño Sismorresistente”

3.6.9.1. Modelamiento de pórtico 1 piso:

Se realizó en análisis dinámico espectral para 1 vivienda aporticada de 1 piso con dimensiones de columnas de 0.25 x 0.25 y columnas centrales de 0.30 x 0.30 y con vigas secundarias de 0.25 x 0.20 m y vigas principales de 0.30 x 0.20 con un espesor de losa de 0.20 m. Se hizo la comparación de la deriva máxima según desplazamiento de cada eje.

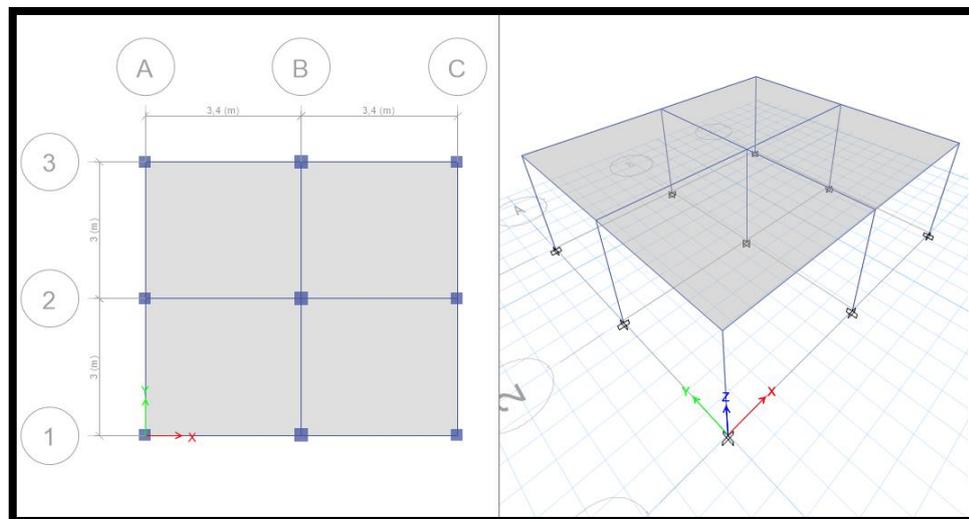


Figura 29: Modelamiento de pórtico de 1 nivel

Fuente: Programas ingenieril Etabs v.16.2.1

Cuadro 26: Verificación de desplazamientos en “x” del pórtico de 1 nivel.

| NIVELES | DESPLAZ. ABSOLUTO XX | MAX. DESPLAZ ABSOLUTO. EN AZOTEA (m) XX | DESPLAZ. RELATIVO XX | MAX. DESPLAZ RELATIVO. DE ENTREPISO (m) XX | H(ALTURA) ESTREPISO | DERIVA X (Drel /h) | DERIVA MAX NORMA E030 | OBSERVACION |
|----------------|----------------------|---|----------------------|--|---------------------|--------------------|-----------------------|--|
| | | 0,0048 | | 0,0048 | | | 0,007 | Desplazamiento Lateral Permisible en Concreto Armado |
| PISO 1 | 0,004847 | | 0,004847 | | 2,5 | 0,001939 | | |
| Max. Deriva xx | | | | | | 0,00194 | < 0,007 | |

Cuadro 27: Verificación de desplazamientos en “y” del pórtico de 1 nivel.

| NIVELES | DESPLAZ. ABSOLUTO YY | MAX. DESPLAZ ABSOLUTO. EN AZOTEA (m) YY | DESPLAZ. RELATIVO YY | MAX. DESPLAZ RELATIVO. DE ENTREPISO (m) YY | H(ALTURA) ESTREPISO | DERIVA Y (Drel /h) | DERIVA MAX NORMA E030 | OBSERVACION |
|----------------|----------------------|---|----------------------|--|---------------------|--------------------|-----------------------|--|
| | | 0,0054 | | 0,0054 | | | 0,007 | Desplazamiento Lateral Permisible en Concreto Armado |
| PISO 1 | 0,005446 | | 0,005446 | | 2,5 | 0,002178 | | |
| Max. Deriva yy | | | | | | 0,0022 | < 0,007 | |

Las derivas del Piso 1 cumplen con la verificación según la Norma Técnica E: 030 donde parametriza en un rango menor a 0.007 como deriva máxima permitida en Concreto Armado: Pórtico.

3.6.9.2. Modelamiento de Pórtico 2 Pisos:

Se realizó en análisis dinámico espectral para 1 vivienda apartada de 2 pisos con dimensiones de columnas de 0.35 x 0.35 y vigas de 0.35 x 0.50. Se hizo la comparación de la deriva máxima según desplazamiento de cada eje, que debe cumplir y se obtuvo que es menor al límite máximo.

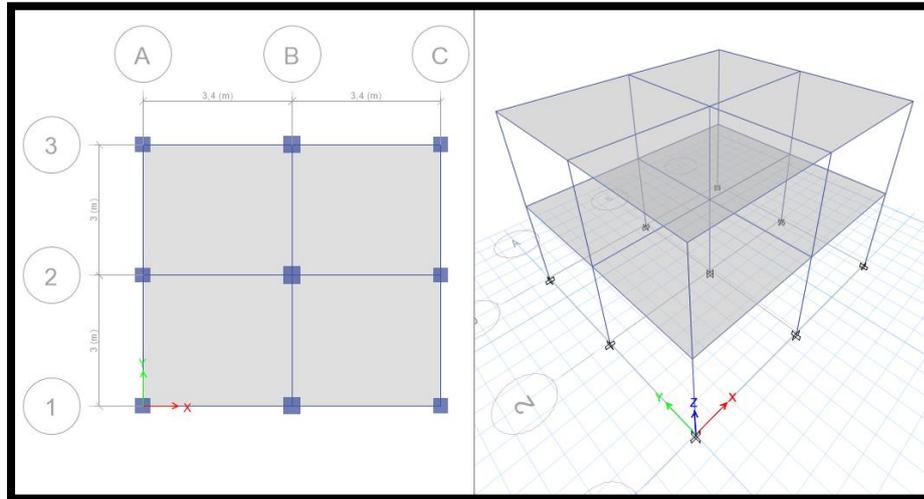


Figura 30: Modelamiento de pórtico de 2 niveles.

Fuente: Programas ingenieril Etabs v.16.2.1

Cuadro 28: Verificación de desplazamientos en “x” de pórtico de 2 niveles.

| NIVELES | DESPLAZ. ABSOLUTO XX | MAX. DESPLAZ ABSOLUTO. EN AZOTEA (m) XX | DESPLAZ. RELATIVO XX | MAX. DESPLAZ RELATIVO. DE ENTREPISO (m) XX | H(ALTURA) ESTREPISO | DERIVA X (Drel/h) | DERIVA MAX NORMA E030 | OBSERVACION |
|---------|----------------------|---|----------------------|--|---------------------|-------------------|-----------------------|--|
| | | | | 0,0051 | | | 0,007 | |
| | | 0,0097 | | | | | | Desplazamiento Lateral Permisible en Concreto Armado |
| PISO 2 | 0,009668 | | 0,00458 | | 2,5 | 0,001832 | | |
| PISO 1 | 0,005088 | | 0,005088 | | 2,5 | 0,002035 | | |
| | | | | Max. Deriva xx | | 0,00204 | < 0,007 | SI CUMPLE |

Cuadro 29: Verificación de desplazamientos en “y” del pórtico de 2 niveles.

| NIVELES | DESPLAZ. ABSOLUTO YY | MAX. DESPLAZ ABSOLUTO. EN AZOTEA (m) YY | DESPLAZ. RELATIVO YY | MAX. DESPLAZ RELATIVO. DE ENTREPISO (m) YY | H(ALTURA) ESTREPISO | DERIVA Y (Drel/h) | DERIVA MAX NORMA E030 | OBSERVACION |
|----------------|----------------------|---|----------------------|--|---------------------|-------------------|-----------------------|--|
| | | 0,0081 | | 0,0043 | | | 0,007 | Desplazamiento Lateral Permisible en Concreto Armado |
| PISO 2 | 0,008084 | | 0,003812 | | 2,5 | 0,001525 | | |
| PISO 1 | 0,004272 | | 0,004272 | | 2,5 | 0,001709 | | |
| Max. Deriva yy | | | | | | 0,0017 | < 0,007 | SI CUMPLE |

Las derivas del piso 1 y 2, cumplen con la verificación según la Norma Técnica E: 030 donde parametriza en un rango menor a 0.007 como deriva máxima permitida en Concreto Armado: Pórtico.

3.6.9.3. Modelamiento de Pórtico 3 pisos:

Se realizó en análisis dinámico espectral para 1 vivienda apartada de 3 pisos con dimensiones de columnas de 0.35 x 0.35 y vigas de 0.35 x 0.50. Se hizo la comparación de la deriva máxima según desplazamiento de cada eje, que debe cumplir y se obtuvo que es menor al límite máximo.

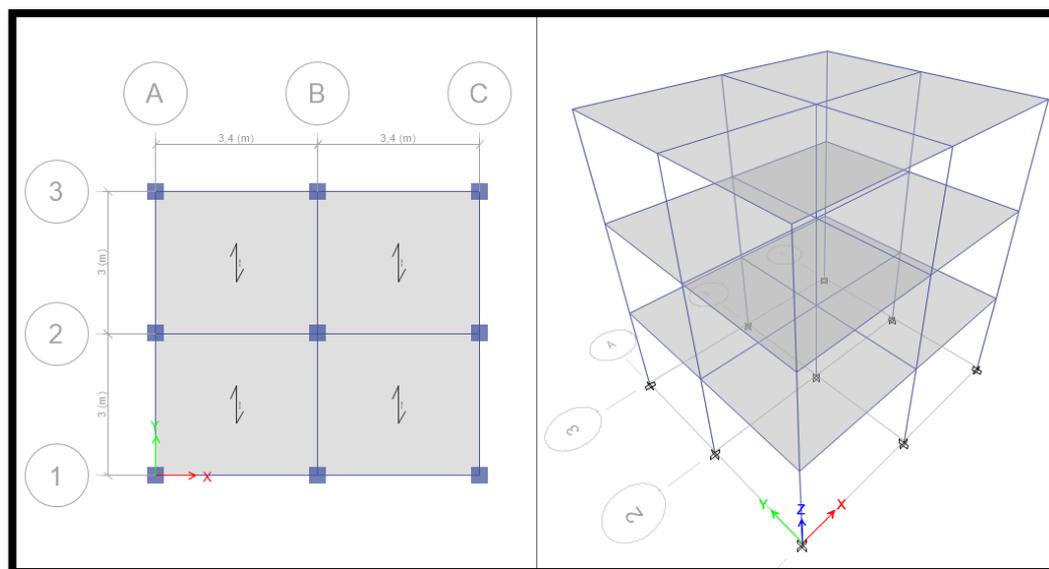


Figura 31: Modelamiento de pórtico de 3 niveles.

Fuente: Programas ingenieril Etabs v.16.2.1

Cuadro 30: Verificación de desplazamientos en “x” del pórtico de 3 niveles.

| NIVELES | DESPLAZ. ABSOLUTO XX | MAX. DESPLAZ ABSOLUTO. EN AZOTEA (m) XX | DESPLAZ. RELATIVO XX | MAX. DESPLAZ RELATIVO. DE ENTREPISO (m) XX | H(ALTURA) ESTREPISO | DERIVA X (Drel/h) | DERIVA MAX NORMA E030 | OBSERVACION | |
|---------|----------------------|---|----------------------|--|---------------------|-------------------|-----------------------|--|-----------|
| | | | | 0,0108 | | | 0,007 | | |
| PISO 3 | 0,026577 | 0,0266 | 0,00623 | | 2,5 | 0,002492 | | Desplazamiento Lateral Permisible en Concreto Armado | |
| PISO 2 | 0,020347 | | 0,010781 | | 2,5 | 0,004312 | | | |
| PISO 1 | 0,009566 | | 0,009566 | | 2,5 | 0,003826 | | | |
| | | | Max. Deriva xx | | | | 0,00431 | < 0,007 | SI CUMPLE |

Cuadro 31: Verificación de desplazamientos en “y” del pórtico de 3 niveles.

| NIVELES | DESPLAZ. ABSOLUTO YY | MAX. DESPLAZ ABSOLUTO. EN AZOTEA (m) YY | DESPLAZ. RELATIVO YY | MAX. DESPLAZ RELATIVO. DE ENTREPISO (m) YY | H(ALTURA) ESTREPISO | DERIVA Y (Drel/h) | DERIVA MAX NORMA E030 | OBSERVACION | |
|---------|----------------------|---|----------------------|--|---------------------|-------------------|-----------------------|--|-----------|
| | | | | | | | 0,007 | | |
| | | 0,0251 | | 0,0101 | 2,5 | | | Desplazamiento Lateral Permisible en Concreto Armado | |
| PISO 3 | 0,025121 | | 0,005824 | | 2,5 | 0,002330 | | | |
| PISO 2 | 0,019297 | | 0,010126 | | 2,5 | 0,004050 | | | |
| PISO 1 | 0,009171 | | 0,009171 | | 2,5 | 0,003668 | | | |
| | | | Max. Deriva yy | | | | 0,0041 | < 0,007 | SI CUMPLE |

Las derivas del piso 1 y 2 y 3, cumplen con la verificación según la Norma Técnica E: 030 donde parametriza en un rango menor a 0.007 como deriva máxima permitida en Concreto Armado: Pórtico.

3.6.9.4. Modelamiento de vivienda de albañilería de 1 piso

Se realizó en análisis dinámico espectral para 1 vivienda de albañilería de 1 piso con dimensiones de columnas de 0.25 x 0.25 y columnas centrales de 0.30 x 0.30 y con vigas secundarias de 0.25 x 0.20 m y vigas principales de 0.30 x 0.20 con un espesor de losa de 0.20 m. Se hizo la comparación de la deriva máxima según desplazamiento de cada eje.

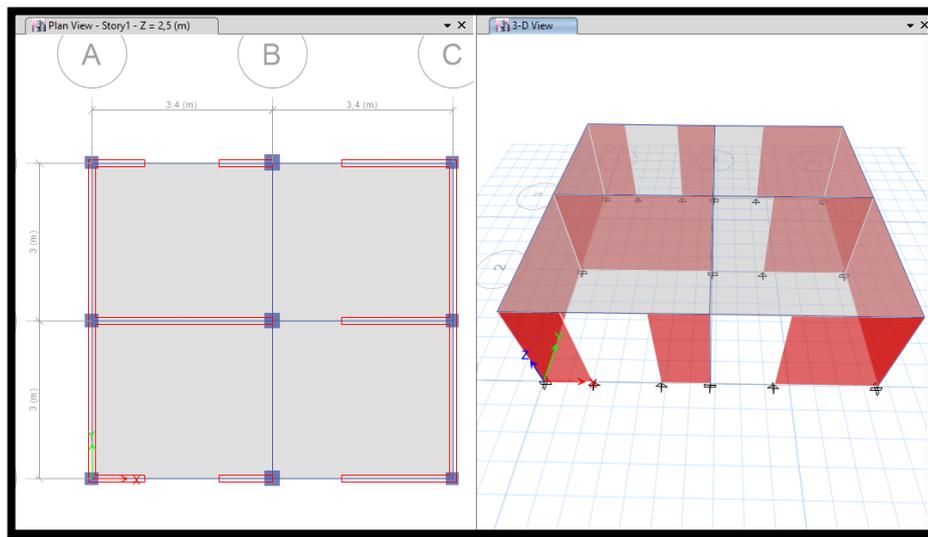


Figura 32: Modelamiento de vivienda de albañilería de 1 nivel.

Fuente: Programas ingenieril Etabs v.16.2.1

Cuadro 32: Verificación de desplazamientos en “x” de la vivienda de albañilería de 1 nivel.

| NIVELES | DESPLAZ. ABSOLUTO XX | MAX. DESPLAZ ABSOLUTO. EN AZOTEA (m) XX | DESPLAZ. RELATIVO XX | MAX. DESPLAZ RELATIVO. DE ENTREPISO (m) XX | H(ALTURA) ESTREPISO | DERIVA X (Drel/h) | DERIVA MAX NORMA E030 | OBSERVACION |
|---------|----------------------|---|----------------------|--|---------------------|-------------------|-----------------------|---|
| | | 0,0003 | | 0,0003 | | | 0,005 | |
| PISO 1 | 0,000316 | | 0,000316 | | 2,5 | 0,000126 | | Desplazamiento Lateral Permissible en Albañilería |
| | | | | Max. Deriva xx | | 0,00013 | < 0,005 | SI CUMPLE |

Cuadro 33: Verificación de desplazamientos en “y” de la vivienda de albañilería de 1 nivel.

| NIVELES | DESPLAZ. ABSOLUTO YY | MAX. DESPLAZ ABSOLUTO EN AZOTEA (m) YY | DESPLAZ. RELATIVO YY | MAX. DESPLAZ RELATIVO DE ENTREPISO (m) YY | H(ALTURA) ESTREPISO | DERIVA Y (Drel /h) | DERIVA MAX NORMA E030 | OBSERVACION |
|----------------|----------------------|--|----------------------|---|---------------------|--------------------|-----------------------|---|
| | | 0,0003 | | 0,0003 | | | 0,005 | Desplazamiento Lateral Permissible en Albañilería |
| PISO 1 | 0,000317 | | 0,000317 | | 2,5 | 0,000127 | | |
| Max. Deriva yy | | | | | | 0,0001 | < 0,005 | SI CUMPLE |

Las derivas del piso 1 cumplen con la verificación según la Norma Técnica E: 030 donde parametriza en un rango menor a 0.005 como deriva máxima permitida en Albañilería.

3.6.9.5. Modelamiento de vivienda de albañilería de 2 pisos

Se realizó en análisis dinámico espectral para 1 vivienda de albañilería de 2 pisos con dimensiones de columnas de 0.35 x 0.35 y vigas de 0.35 x 0.50. Se hizo la comparación de la deriva máxima según desplazamiento de cada eje, que debe cumplir y se obtuvo que es menor al límite máximo.

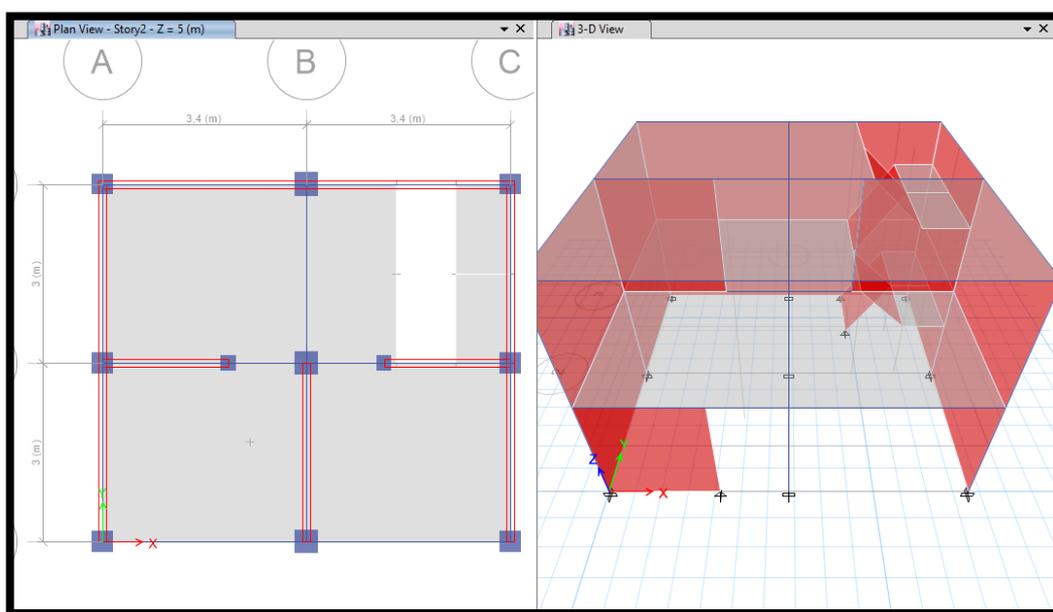


Figura 33: Modelamiento de vivienda de albañilería de 2 pisos.

Fuente: Programas ingenieril Etabs v.16.2.1

Cuadro 34: Verificación de desplazamientos en “x” de la vivienda de albañilería de 2 niveles.

| NIVELES | DESPLAZ. ABSOLUTO XX | MAX. DESPLAZ ABSOLUTO. EN AZOTEA (m) XX | DESPLAZ. RELATIVO XX | MAX. DESPLAZ RELATIVO. DE ENTREPISO (m) XX | H(ALTURA) ESTREPISO | DERIVA X (Drel /h) | DERIVA MAX NORMA E030 | OBSERVACION |
|---------|----------------------|---|----------------------|--|---------------------|--------------------|-----------------------|---|
| | | | | 0,0015 | | | 0,005 | |
| | | 0,0025 | | | | | | Desplazamiento Lateral Permissible en Albañilería |
| PISO 2 | 0,002529 | | 0,001056 | | 2,5 | 0,000422 | | |
| PISO 1 | 0,001473 | | 0,001473 | | 2,5 | 0,000589 | | |
| | | | Max. Deriva xx | | | 0,00059 | < 0.005 | SI CUMPLE |

Cuadro 35: Verificación de desplazamientos en “y” de la vivienda de albañilería de 2 niveles.

| NIVELES | DESPLAZ. ABSOLUTO YY | MAX. DESPLAZ ABSOLUTO. EN AZOTEA (m) YY | DESPLAZ. RELATIVO YY | MAX. DESPLAZ RELATIVO. DE ENTREPISO (m) YY | H(ALTURA) ESTREPISO | DERIVA Y (Drel /h) | DERIVA MAX NORMA E030 | OBSERVACION |
|---------|----------------------|---|----------------------|--|---------------------|--------------------|-----------------------|---|
| | | | | 0,0008 | | | 0,005 | |
| | | 0,0014 | | | | | | Desplazamiento Lateral Permissible en Albañilería |
| PISO 2 | 0,001354 | | 0,000519 | | 2,5 | 0,000208 | | |
| PISO 1 | 0,000835 | | 0,000835 | | 2,5 | 0,000334 | | |
| | | | Max. Deriva yy | | | 0,0003 | < 0.005 | SI CUMPLE |

Las derivas del piso 1 y 2 cumplen con la verificación según la Norma Técnica E: 030 donde parametriza en un rango menor a 0.005 como deriva máxima permitida en Albañilería.

3.6.9.6. Modelamiento de vivienda de albañilería de 3 pisos

Se realizó en análisis dinámico espectral para 1 vivienda de albañilería de 3 pisos con dimensiones de columnas de 0.35 x 0.35 y vigas de 0.35 x 0.50. Se hizo la comparación de la deriva máxima según desplazamiento de cada eje, que debe cumplir y se obtuvo que es menor al límite máximo.

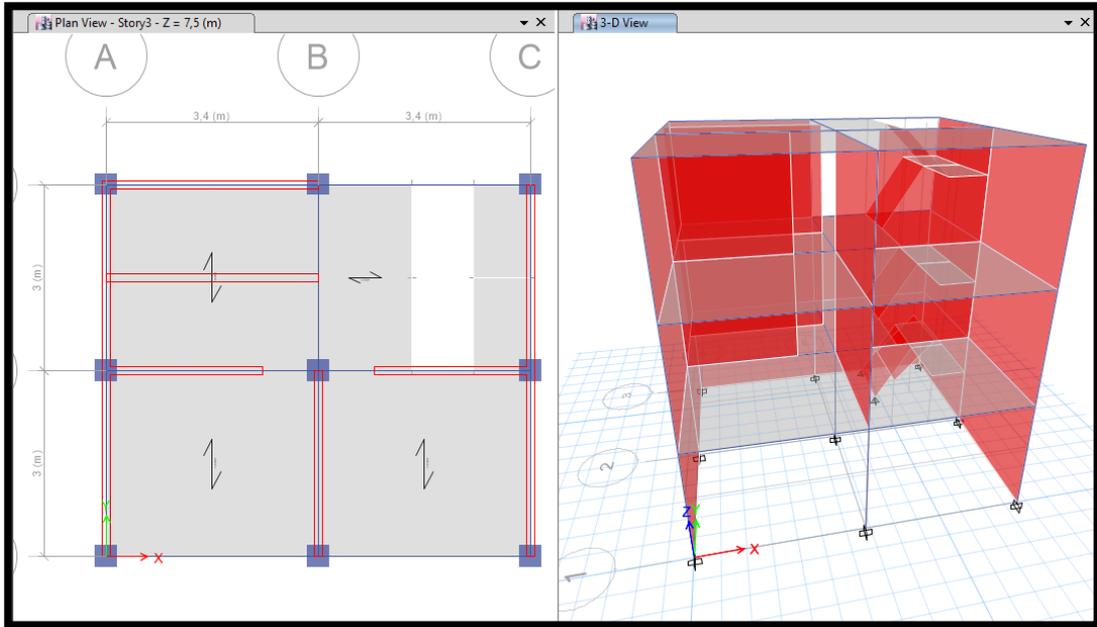


Figura 34: Modelamiento de vivienda de albañilería de 3 pisos.

Fuente: Programas ingenieril Etabs v.16.2.1

Cuadro 36: Verificación de desplazamientos en “x” de la vivienda de albañilería de 3 niveles.

| NIVELES | DESPLAZ. ABSOLUTO XX | MAX. DESPLAZ ABSOLUTO. EN AZOTEA (m) XX | DESPLAZ. RELATIVO XX | MAX. DESPLAZ RELATIVO. DE ENTREPISO (m) XX | H(ALTURA) ESTREPISO | DERIVA X (Drel/h) | DERIVA MAX NORMA E030 | OBSERVACION |
|---------|----------------------|---|----------------------|--|---------------------|-------------------|-----------------------|---|
| | | | | 0,0033 | | | 0,005 | |
| PISO 3 | 0,006722 | 0,0067 | 0,001375 | | 2,5 | 0,000550 | | Desplazamiento Lateral Permissible en Albañilería |
| PISO 2 | 0,005347 | | 0,002014 | | 2,5 | 0,000806 | | |
| PISO 1 | 0,003333 | | 0,003333 | | 2,5 | 0,001333 | | |
| | | | Max. Deriva xx | | | 0,00133 | < 0,005 | SI CUMPLE |

Cuadro 37: Verificación de desplazamientos en "y" de la vivienda de albañilería de 3 niveles.

| NIVELES | DESPLAZ. ABSOLUTO YY | MAX. DESPLAZ ABSOLUTO. EN AZOTEA (m) YY | DESPLAZ. RELATIVO YY | MAX. DESPLAZ RELATIVO. DE ENTREPISO (m) YY | H(ALTURA) ESTREPISO | DERIVA Y (Drel /h) | DERIVA MAX NORMA E030 | OBSERVACION |
|---------|----------------------|---|----------------------|--|---------------------|--------------------|-----------------------|--|
| | | | | | | | 0,005 | |
| | | 0,0040 | | 0,0017 | | | | Desplazamiento Lateral Permisible en Albañilería |
| PISO 3 | 0,003997 | | 0,000911 | | 2,5 | 0,000364 | | |
| PISO 2 | 0,003086 | | 0,001408 | | 2,5 | 0,000563 | | |
| PISO 1 | 0,001678 | | 0,001678 | | 2,5 | 0,000671 | | |
| | | | Max. Deriva yy | | | 0,0007 | < 0.005 | SI CUMPLE |

Las derivas del piso 1,2 y 3 cumplen con la verificación según la Norma Técnica E: 030 donde parametriza en un rango menor a 0.005 como deriva máxima permitida en Albañilería.

3.6.9.7. Modelamiento de vivienda de 2 pisos con Irregularidad de Piso Blando.

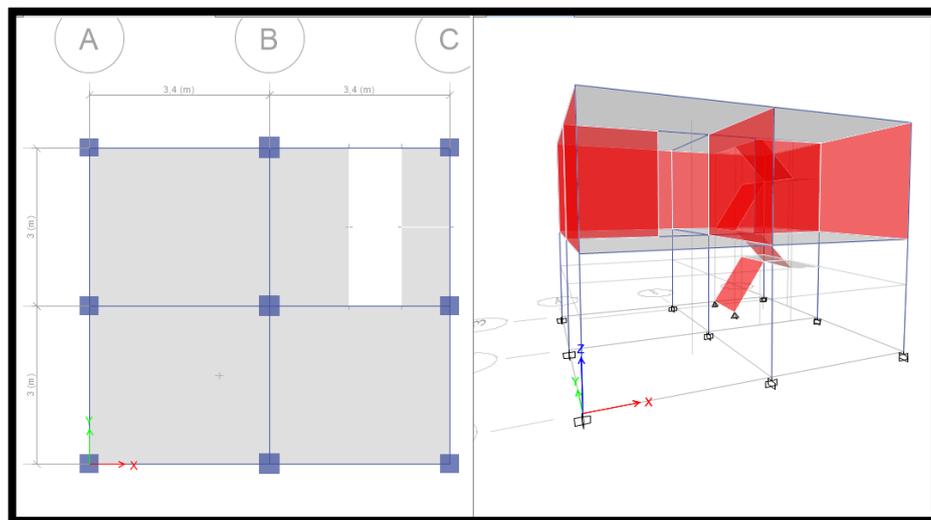


Figura 35: Modelamiento de vivienda de 2 pisos con Ia: Piso Blando

Fuente: Programas ingenieril Etabs v.16.2.1

Cuadro 38: Verificación de desplazamientos por en "x" de la vivienda.

| NIVELES | DESPLAZ. ABSOLUTO XX | MAX. DESPLAZ ABSOLUTO. EN AZOTEA (m) XX | DESPLAZ. RELATIVO XX | MAX. DESPLAZ RELATIVO. DE ENTREPISO (m) XX | H(ALTURA) ESTREPISO | DERIVA X (Drel /h) | DERIVA MAX NORMA E030 | OBSERVACION |
|---------|----------------------|---|----------------------|--|---------------------|--------------------|-----------------------|--|
| | | | | 0,0046 | | | 0,005 | |
| | | 0,0058 | | | | | | Desplazamiento Lateral Permisible en Albañilería |
| PISO 2 | 0,005776 | | 0,001175 | | 2,5 | 0,000470 | | |
| PISO 1 | 0,004601 | | 0,004601 | | 2,5 | 0,001840 | | |
| | | | Max. Deriva xx | | | 0,00184 | < 0.005 | SI CUMPLE |

Cuadro 39: Verificación de desplazamientos por en "y" de la vivienda.

| NIVELES | DESPLAZ. ABSOLUTO YY | MAX. DESPLAZ ABSOLUTO. EN AZOTEA (m) YY | DESPLAZ. RELATIVO YY | MAX. DESPLAZ RELATIVO. DE ENTREPISO (m) YY | H(ALTURA) ESTREPISO | DERIVA Y (Drel/h) | DERIVA MAX NORMA E030 | OBSERVACION |
|-----------------------|----------------------|---|----------------------|--|---------------------|-------------------|-----------------------|---|
| | | 0,0027 | | 0,0023 | | | 0,005 | Desplazamiento Lateral Permissible en Albañilería |
| PISO 2 | 0,002656 | | 0,000402 | | 2,5 | 0,000161 | | |
| PISO 1 | 0,002254 | | 0,002254 | | 2,5 | 0,000902 | | |
| Max. Deriva yy | | | | | | 0,0009 | < 0,005 | SI CUMPLE |

Las derivas del piso 1 y 2 cumplen con la verificación según la Norma Técnica E: 030 donde parametriza en un rango menor a 0.005 como deriva máxima permitida en Albañilería.

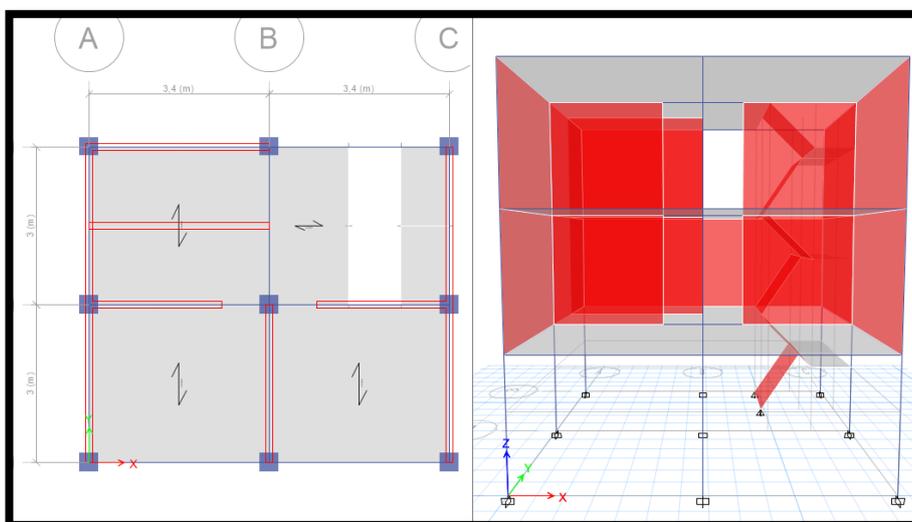


Figura 36: Modelamiento de vivienda de 3 pisos con Ia, de Piso Blando

Fuente: Programas ingenieril Etabs v.16.2.1

Cuadro 40: Verificación de desplazamientos por en "x" de la vivienda.

| NIVELES | DESPLAZ. ABSOLUTO XX | MAX. DESPLAZ ABSOLUTO. EN AZOTEA (m) XX | DESPLAZ. RELATIVO XX | MAX. DESPLAZ RELATIVO. DE ENTREPISO (m) XX | H(ALTURA) ESTREPISO | DERIVA X (Drel/h) | DERIVA MAX NORMA E030 | OBSERVACION |
|-----------------------|----------------------|---|----------------------|--|---------------------|-------------------|-----------------------|---|
| | | 0,0122 | | 0,0086 | | | 0,005 | Desplazamiento Lateral Permissible en Albañilería |
| PISO 3 | 0,012245 | | 0,001423 | | 2,5 | 0,000569 | | |
| PISO 2 | 0,010822 | | 0,002228 | | 2,5 | 0,000891 | | |
| PISO 1 | 0,008594 | | 0,008594 | | 2,5 | 0,003438 | | |
| Max. Deriva xx | | | | | | 0,00344 | < 0,005 | SI CUMPLE |

Cuadro 41: Verificación de desplazamientos por en "y" de la vivienda.

| NIVELES | DESPLAZ. ABSOLUTO YY | MAX. DESPLAZ ABSOLUTO. EN AZOTEA (m) YY | DESPLAZ. RELATIVO YY | MAX. DESPLAZ RELATIVO. DE ENTREPISO (m) YY | H(ALTURA) ESTREPISO | DERIVA Y (Drel /h) | DERIVA MAX NORMA E030 | OBSERVACION | |
|---------|----------------------|---|-----------------------|--|---------------------|--------------------|-----------------------|---|------------------|
| | | 0,0066 | | 0,0048 | | | 0,005 | | |
| PISO 3 | 0,006564 | | 0,000633 | | 2,5 | 0,000253 | | Desplazamiento Lateral Permissible en Albañilería | |
| PISO 2 | 0,005931 | | 0,001105 | | 2,5 | 0,000442 | | | |
| PISO 1 | 0,004826 | | 0,004826 | | 2,5 | 0,001930 | | | |
| | | | Max. Deriva yy | | | | 0,0019 | < 0,005 | SI CUMPLE |

Las derivas del piso 1,2 y 3 cumplen con la verificación según la Norma Técnica E: 030 donde parametriza en un rango menor a 0.005 como deriva máxima permitida en Albañilería.

3.6.9.8. Modelamiento de vivienda informal con factores de irregularidad.

Se realizó el análisis para edificaciones irregulares e informales obteniendo que no cumple con el requerimiento mínimo, a diferencia de los análisis anteriores de verificación de desplazamiento tanto en "x" como en "y".

Cuadro 42: Verificación de desplazamiento en "x" de la tipología de vivienda informal.

| NIVELES | DESPLAZ. ABSOLUTO XX | MAX. DESPLAZ ABSOLUTO. EN AZOTEA (m) XX | DESPLAZ. RELATIVO XX | MAX. DESPLAZ RELATIVO. DE ENTREPISO (m) XX | H(ALTURA) ESTREPISO | DERIVA X (Drel /h) | DERIVA MAX NORMA E030 | OBSERVACION | |
|---------|----------------------|---|-----------------------|--|---------------------|--------------------|-----------------------|---|------------------|
| | | | | 0,0182 | | | 0,005 | | |
| PISO 3 | 0,022562 | 0,0226 | 0,001993 | | 2,5 | 0,000797 | | Desplazamiento Lateral Permissible en Albañilería | |
| PISO 2 | 0,020569 | | 0,002419 | | 2,5 | 0,000968 | | | |
| PISO 1 | 0,01815 | | 0,01815 | | 2,5 | 0,007260 | | | |
| | | | Max. Deriva xx | | | | 0,00726 | < 0,005 | NO CUMPLE |

Cuadro 43: Verificación de desplazamiento en "y" de la tipología de vivienda informal.

| NIVELES | DESPLAZ. ABSOLUTO YY | MAX. DESPLAZ ABSOLUTO. EN AZOTEA (m) YY | DESPLAZ. RELATIVO YY | MAX. DESPLAZ RELATIVO. DE ENTREPISO (m) YY | H(ALTURA) ESTREPISO | DERIVA Y (Drel /h) | DERIVA MAX NORMA E030 | OBSERVACION | |
|---------|----------------------|---|-----------------------|--|---------------------|--------------------|-----------------------|---|------------------|
| | | | | | | | 0,005 | | |
| | | 0,0113 | | 0,0097 | 2,5 | | | Desplazamiento Lateral Permissible en Albañilería | |
| PISO 3 | 0,011314 | | 0,000667 | | 2,5 | 0,000267 | | | |
| PISO 2 | 0,010647 | | 0,000913 | | 2,5 | 0,000365 | | | |
| PISO 1 | 0,009734 | | 0,009734 | | 2,5 | 0,003894 | | | |
| | | | Max. Deriva yy | | | | 0,0039 | < 0,005 | SI CUMPLE |

Según la tipología estructural se identificó una falla recurrente en la dimensión de columnas a diferencia de la cantidad de pisos, obteniendo el mínimo permisible en albañilería. Por ser de interacción entre concreto armado y albañilería se asume como el límite menor de desplazamiento permisible. Por lo que en “x” no cumple con lo reglamentado. Al producirse esta falla e irregularidad, trae consigo deformación de elementos estructurales ocasionando asentamientos e hundimientos de la edificación, por lo que se debe priorizar a reforzar y organizar de forma simétrica los componentes estructurales y no estructurales que conformen la vivienda.

IV. DISCUSIÓN

La investigación de Tito (2018) titulada “Vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas mediante la aplicación del modelo estático no lineal en la Av. El Parral, Comas” como objetivo principal fue el determinar la razón por la que las viviendas de autoconstrucción presentan un elevado nivel de vulnerabilidad en la Av. El Parral. Consistió su estudio en analizar 3 viviendas de dos, tres y cuatro niveles de sistema estructural mixto, La cual tuvo una vulnerabilidad alta. La cual, según el análisis sismorresistente complementando con los datos históricos e identificación de fallas estructurales se identifica que las viviendas del centro poblado menor Huanchaquito Bajo presentan vulnerabilidad media.

En su estudio, Manuel (2017) “Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de albañilería confinada según la norma E-070 del R. N. E. en la Ciudad de Juliaca - Puno” tuvo como objetivo principal evaluar e identificar el riesgo sísmico en viviendas de albañilería confinada construidas con materiales artesanales. Obteniendo como resultado la existencia de un riesgo sísmico elevado en caso de presentarse un sismo de intensidad media a alta. En las viviendas ubicadas en Salida Cusco presentan un riesgo sísmico del 65% y el 95% para el sector de salida Huancané. En la presente investigación las estructuras son de albañilería confinada, es decir en las viviendas con esta característica, los muros funcionan como portantes y de tabiquería. Teniendo así una vulnerabilidad sísmica media, no obstante, por su estado de conservación es regular, porque los agentes externos como el salitre, la corrosión, afectan a los elementos estructurales de la vivienda.

Poma (2017) en su estudio titulado “Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de autoconstrucción en la urbanización popular Minas Buenaventura – Huacho - 2017”, cuya investigación tuvo como objetivo principal de determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas en la Urbanización Popular Minas Buenaventura. Obtuvo como resultado que 73% de viviendas analizadas presentan una vulnerabilidad sísmica media y el 18% una vulnerabilidad sísmica alta, concluyendo que las viviendas de la Urbanización Minas Buenaventura la vulnerabilidad sísmica no es alta. La cual, en la presente investigación la vida útil de las estructuras es un promedio de 50 años, la cual se identificaron que las viviendas se encuentran con un promedio de 35 años de antigüedad y su estado de

conservación es regular, porque los agentes externos como el salitre, la corrosión, afectan a los elementos estructurales de la vivienda. Todo ello conlleva a que se obtuvo una vulnerabilidad sísmica media.

V. CONCLUSIONES

La topografía del centro poblado menor Huanchaquito Bajo presenta un terreno plano con pendientes transversales menores al 10 % y pendientes longitudinales menores al 3 %. El área de estudio se encuentra a 8 m.s.n.m. y cercanía del mar promedio de 90m. Por su localización se define como altamente vulnerable ante un sismo severo.

En el centro poblado se identificó viviendas de concreto armado, albañilería y de adobe o ladrillo crudo; en ciertos casos el primer nivel de la vivienda tiene columnas de concreto y muro de adobe o ladrillo. Las construcciones informales utilizan materiales de construcción que carecen de la resistencia necesaria para la carga a la que son sometidos, provocando riesgo de colapso ante un sismo severo. Teniendo en cuenta la dosificación del concreto, las losas aligeradas de las viviendas de construcción informal son próximas a deformaciones visibles imposibilitando la carga de un piso más, causando vulnerabilidad sísmica estructural alta.

El estudio de mecánica de suelos determina que el área de estudio posee un suelo denominado SW, es decir Arena bien graduada en estado saturado y capacidad portante entre 0.6 a 0.9 kg/ cm², atribuyendo a un suelo de poca resistencia en el que es recomendable aislar el suelo de la nueva edificación y utilizar cimientos corridos, zapatas conectadas, plateas de cimentación; siendo capaces de distribuir uniformemente las cargas de los pisos superiores.

Se identificó que el sistema estructural predominante son las viviendas de albañilería confinada y alcanzan un máximo de 3 pisos. La humedad en los muros portantes, la corrosión del acero debido al material erosionado y grietas por asentamiento vulnera la estructura de la vivienda. Se identificó que las construcciones informales presentan fallas estructurales a causa de que son sometidas a sobrecargas para las que los materiales no son diseñados.

El estado de conservación de las viviendas es promedio de 35 años de antigüedad. Las viviendas de materiales de construcción de baja resistencia como el adobe y ladrillo crudo

presentan mayores daños visibles de elementos que cumplen la función de elementos estructurales.

Según el análisis sismorresistente complementando con los datos históricos e identificación de fallas estructurales se concluye que las viviendas del centro poblado menor Huanchaquito Bajo en la I Etapa, presentan vulnerabilidad media y en la II Etapa, vulnerabilidad sísmica Alta de acuerdo al nivel de napa freática. Por cercanía al mar, el área en estudio presenta vulnerabilidad sísmica alta. Recalcando que es en función a la ocurrencia de un sismo severo.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda que las construcciones a futuro sean guiadas y diseñadas por un profesional técnico responsable que analizará de acuerdo al tipo de uso de la edificación y estudiará el suelo para el cimiento apropiado como zapatas conectadas por que son capaces de transmitir las cargas proporcionalmente de todos los elementos estructurales como las dimensiones necesarias de la vivienda. Según los parámetros y actualizaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Se recomienda que el acero de refuerzo en elementos de confinamiento, sea mediante canastillas de barras de acero electrosoldadas para viviendas de 1 piso, en caso sean de 2 pisos; en las viviendas de 2 pisos, debe ser en el primer piso deberá tener armadura de acero convencional. Así mismo se recomienda supervisar las dosificaciones del concreto, para seguridad de las familias que habitarán; disminuyendo el riesgo de colapso y deformación de la losa aligerada, protegiendo y salvaguardando la vida.

Se recomienda realizar capacitaciones por parte de las autoridades municipales y el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú para informar a los pobladores sobre las mejoras constructivas de reforzamiento y diseño de sus viviendas con la finalidad de disminuir la vulnerabilidad sísmica y salvaguardar vidas humanas ante la ocurrencia de un sismo severo.

VII. REFERENCIAS

ABANTO, Sarita y CARDENAS, Deysi. Determinación de la vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedeti – Petrini en las instituciones educativas del centro histórico de Trujillo, Provincia de Trujillo, Región La Libertad. Tesis (Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería, 2016.

AGUILAR, Roberto. Análisis Sísmico de Edificios. Quito. [En línea]. Abril 2008, n. °1. [Fecha de consulta: 27 de abril de 2018].

Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/279188057>

ISBN-978-9978-30-104-3

ALVARADO A., AUDIN L., NOCQUET M., LAGREULET S., SEGOVIA M., FONT Y., LAMARQUE G., YEPES H., MOTHE P., ROLANDONE F., JARRÍN P., and QUIDELLEUR X., “Active tectonics in Quito, Ecuador, assessed by geomorphological studies, GPS data, and crustal seismicity”, *Tectonics* . Quito. [On line]. January 2014, n. °1. [Date of consultation: 14 de June de 2018].

Disponible en: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/2012TC003224>

ISBN - 10.1002/2012TC003224

ANDINO, Fernando y BEDON, David. Evaluación del comportamiento estructural de viviendas construidas sobre suelos colapsables (turberas) en un área de 13,23 ha en el sector del Garrochal ubicado en el sur del distrito metropolitano de Quito. Tesis (Ingeniero Civil). Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2017.

AVENDAÑO, Jorge. Análisis Sismorresistente de un edificio de cinco niveles ubicado en la comuna de Tomé. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Concepción: Universidad Católica de la Santísima Concepción, Facultad de Ingeniería Civil, 2016. 105 pp.

BOZZO, Luis y BARBAT, Alex. Diseño sismorresistente de edificios – Técnicas convencionales y avanzadas. Lima. Editorial Reverté, S.A. 2004.

CASAVERDE L. y VARGAS J. “Zonificación Sísmica del Perú”, II Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sismo-Resistente, Organización de Estados Americanos y Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 1980.

Causes, Evaluation, and Repair of Cracks in Concrete Structure. Reported by ACI Comitee 224 (ACI 224.1R – 90).

COBEÑA, Miguel. Análisis comparativo dinámico modal espectral en una estructura de uso mixto con hormigón armado en tres diferentes zonas sísmicas del Ecuador. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Guayaquil: Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Matemáticas y Física, Carrera de Ingeniería Civil, 2016. 129 pp.

Control of Cracking in Concrete Structures, Reported by ACI Comitee 224 (ACI 224 R-80).

Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015 [En línea]. Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Septiembre 2016, n. °1. [Fecha de consulta: 27 de abril de 2018].

Disponible en:

<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/GUIA-5-EVALUACION-Y-REHABILITACION1.pdf>

ISBN.9942-951-49

GARCÍA, Mario y MOSCOSO, Darwin. Análisis comparativo de la respuesta sísmica de distorsiones de entrepiso - deriva y fuerzas cortantes de una edificación de concreto armado con sistema dual, mediante los análisis sísmico dinámico, aplicado con la norma de diseño sismorresistente E.030 del 2016 y la norma chilena de diseño sísmico de edificios NCH 433. Of 1996 modificada en 2012. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Cusco: Universidad Andina del Cusco, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2016. 214 pp.

GRASES, José. La Amenaza Sísmica. Estrategias Preventivas [En línea]. Noviembre 2014. [Fecha de consulta: 27 de abril de 2018].

Disponible en: <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/896>

ISBN 978-980-7644-86-0

JARAMILLO, Gabriela y ROCHA, Maritza. Comparación entre la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 y la Norma American Society of Civil Engineers 07 – 10 para diseño sismo - resistente: corte basal. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, 2013. 207 pp.

KUROIWA, Julio. “Reducción de desastres – Viviendo en armonía con la naturaleza”. Lima: Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD), 2002.

LAUCATA, Johan. Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales en la ciudad de Trujillo. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ingeniería, 2013.

LEZAMA, Erwin. Comparación de derivas por solicitaciones sísmicas según normas E-030 de 2003 y 2016 en proyecto de una nueva edificación. Tesis (Título de Ingeniero Agrícola). Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Ingeniería Agrícola, 2017. 190 pp.

LOVON, Mario. Estimación de la vulnerabilidad sísmica de viviendas de albañilería confinada de Lima. Tesis (Magíster en Ingeniería Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ingeniería, 2017.

MANUEL, Laura. Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de albañilería confinada según la norma E – 070 del RNE en la ciudad de Juliaca Puno. Tesis (Ingeniero Civil). Juliaca: Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería, 2017.

Mapa Sísmico del Perú, periodo 1960 – 2017. Instituto Geofísico del Perú. Escala: 1/8000. Lima: Instituto Geofísico del Perú. 2018.1.

MUÑOZ, William. Determinación del índice de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de Ciudad Bolívar evaluadas por el método cualitativo. Bolívar. [En línea]. Julio del 2007, n. °1. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2018].

Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/article/view/361/548>

NELSON y MCCORMAC. Análisis de estructuras. 3era edición. México, Alfaomega. 2006.

Normas Legales (Perú). Reglamento Nacional de Edificaciones E 030. Diseño sismorresistente. Lima: RNE, 2017. 79 pp.

PALACIOS, Heiner y TANDAYPAN, Cristhian. Análisis de la vulnerabilidad sísmica en las viviendas de albañilería confinada desde el punto de vista geotécnico – sísmico del centro poblado El Milagro - distrito de Huanchaco- provincia de Trujillo. Tesis (Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería, 2017.

POMA, Cecilia. Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de autoconstrucción en la Urbanización Popular Minas Buenaventura – Huacho – 2017. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2017.

Re-evaluación del peligro sísmico probabilístico para el Perú por Hernando Tavera [et al] [En línea]. 2014. [Fecha de consulta: 18 de junio del 2018].

Disponible en:

http://intranet.igp.gob.pe/productopeligrosismico/files/re_evaluacion_peligro_sismico_per_u_igp.pdf

ISBN: 2.2.29589.01769

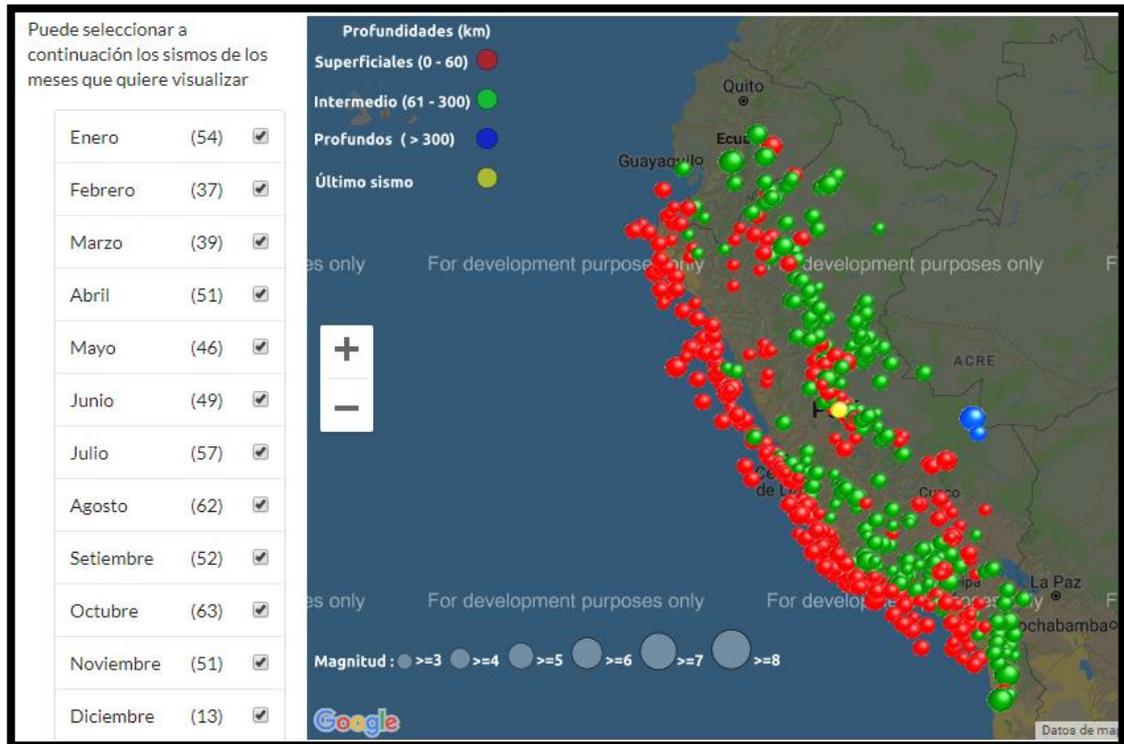
RIVERA, Julio, PIQUÉ, Javier y MORALES, Roberto. Diseño estructural sismorresistente. Lima. Fondo editorial ICG. 2002.

SAN BARTOLOME, A. y QUIUN D. y SILVA, W. “Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería”. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ingeniería, 2011.

VELARDE, Guillermo. Análisis de vulnerabilidad sísmica de viviendas de dos pisos de adobe existentes en Lima. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ingeniería, 2014.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Sismos sentidos hasta el mes de Noviembre del año 2018



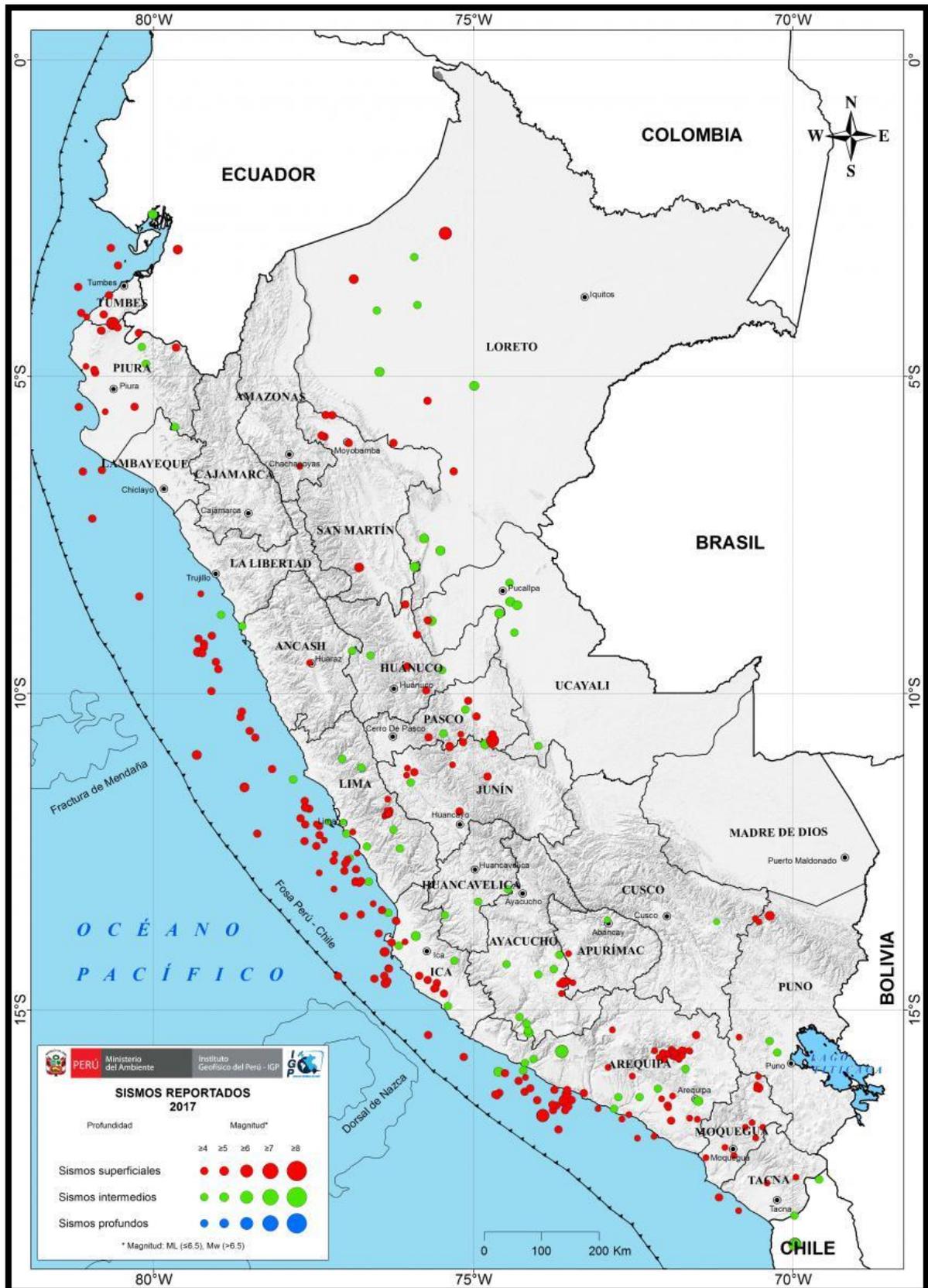
Fuente: Instituto Geofísico del Perú, 2018

Anexo 2: Zonificación Residencial del centro poblado menor Huanchaquito Bajo

| NORMAS GENERALES | | | | | NORMAS PARA EDIFICACIONES Aplicable en casos de habilitaciones nuevas, en zonas en proceso de consolidación y/o en zonas consolidadas. | | | | |
|---|------------------------|-----------------|------------------------------|-------------|---|---------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------|
| Densidad Media | Usos Predominantes | Densidad Hab/Há | Dimensiones de Lote (Mínimo) | | Máximo Coeficiente Edificación | Altura Máxima Edificación | Área Libre Mínima (%) | | |
| | | Neta | Área (m2) | Frente (ml) | | | Total | Ancho mínimo ducto (ml/ m2) | |
| | | | | | | | | 2 y 3 pisos | 4 pisos |
| RDM-1 (Huanchaquito Bajo I y II Etapa, Bello Horizonte y Villa Aeropuerto) | Unifamiliar Bifamiliar | 300 | 200 | 8 | 2.1 | 3 pisos | 30 % | 2.20/ 4.84 | 2.50/6.25 |

Fuente: Reglamento de Zonificación de usos del Suelo del Sub Sector A -1: Huanchaco -Huanchaquito

Anexo 3: Mapa sísmico reportado del año 2017



Fuente: Instituto Geofísico del Perú, 2018.

Anexo 4: Parámetros sísmicos.

| Escala de Mercalli | Escala de Richter |
|---|---|
| I. Casi nadie lo ha sentido. | 2,5 En general no sentido, pero registrado en los sismógrafos. |
| II. Muy pocas personas lo han sentido. | 3,5 Sentido por mucha gente. |
| III. Temblor notado por mucha gente que, sin embargo, no suele darse cuenta de que es un terremoto. | |
| IV. Se ha sentido en el interior de los edificios por mucha gente. Parece un camión que ha golpeado el edificio. | |
| V. Sentido por casi todos; mucha gente se despierta. Pueden verse árboles y postes oscilando. | |
| VI. Sentido por todos; mucha gente corre fuera de los edificios. Los muebles se mueven, pueden producirse pequeños daños. | 4,5 Pueden producirse algunos daños locales pequeños. |
| VII. Todo el mundo corre fuera de los edificios. Las estructuras mal construidas quedan muy dañadas; pequeños daños en el resto. | |
| VIII. Las construcciones especialmente diseñadas dañadas ligeramente, las otras se derrumban. | 6,0 Terremoto destructivo. |
| IX. Todos los edificios muy dañados, desplazamientos de muchos cimientos. Grietas apreciables en el suelo. | |
| X. Muchas construcciones destruidas. Suelo muy agrietado. | 7,0 Terremoto importante. |
| XI. Derrumbe de casi todas las construcciones. Puentes destruidos. Grietas muy amplias en el suelo. | 8,0 Grandes terremotos. |
| XII. Destrucción total. Se ven ondulaciones sobre la superficie del suelo, los objetos se mueven y voltean. | o más |

Anexo 5: Salida a campo a recolección de datos



Anexo 6: Identificación de fallas estructurales de las viviendas.



Anexo7: Carta de presentación a la municipalidad.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Trujillo, 11 de mayo del 2018

Oficio N° 0580-2018/FI-UCV

Señor(a):

DE LA CRUZ AGUILAR ROBERT EVER

ALCALDE

MUNICIPALIDAD DEL CENTRO POBLADO HUANCHAQUITO

TRUJILLO – LA LIBERTAD

Presente.



Asunto: Apoyo para estudiante que desea desarrollar su Proyecto de Tesis.

De mi consideración.

Es grato dirigirme a Ud. y manifestarle que la estudiante, **RIVERA ANHUAMÁN LORENA SOFÍA**, se encuentra cursando el IX ciclo de la carrera profesional de Ingeniería Civil en nuestra Universidad.

Dentro de su currícula vigente los estudiantes deberán llevar el curso Proyecto de Tesis; motivo por el cual solicito a Ud. tenga la bondad de brindar el apoyo necesario a la referida estudiante, permitiéndole realizar su proyecto de investigación denominado: “**VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS DEL CENTRO POBLADO MENOR HUANCHAQUITO BAJO DEL DISTRITO DE HUANCHACO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD, 2018**”, proyecto que, a su vez, beneficiará a su Institución por el aporte que podría brindarles para su comunidad.

Seguro de contar con su apoyo, aprovecho la oportunidad para expresarle las muestras de mi consideración y estima personal,

Atentamente,

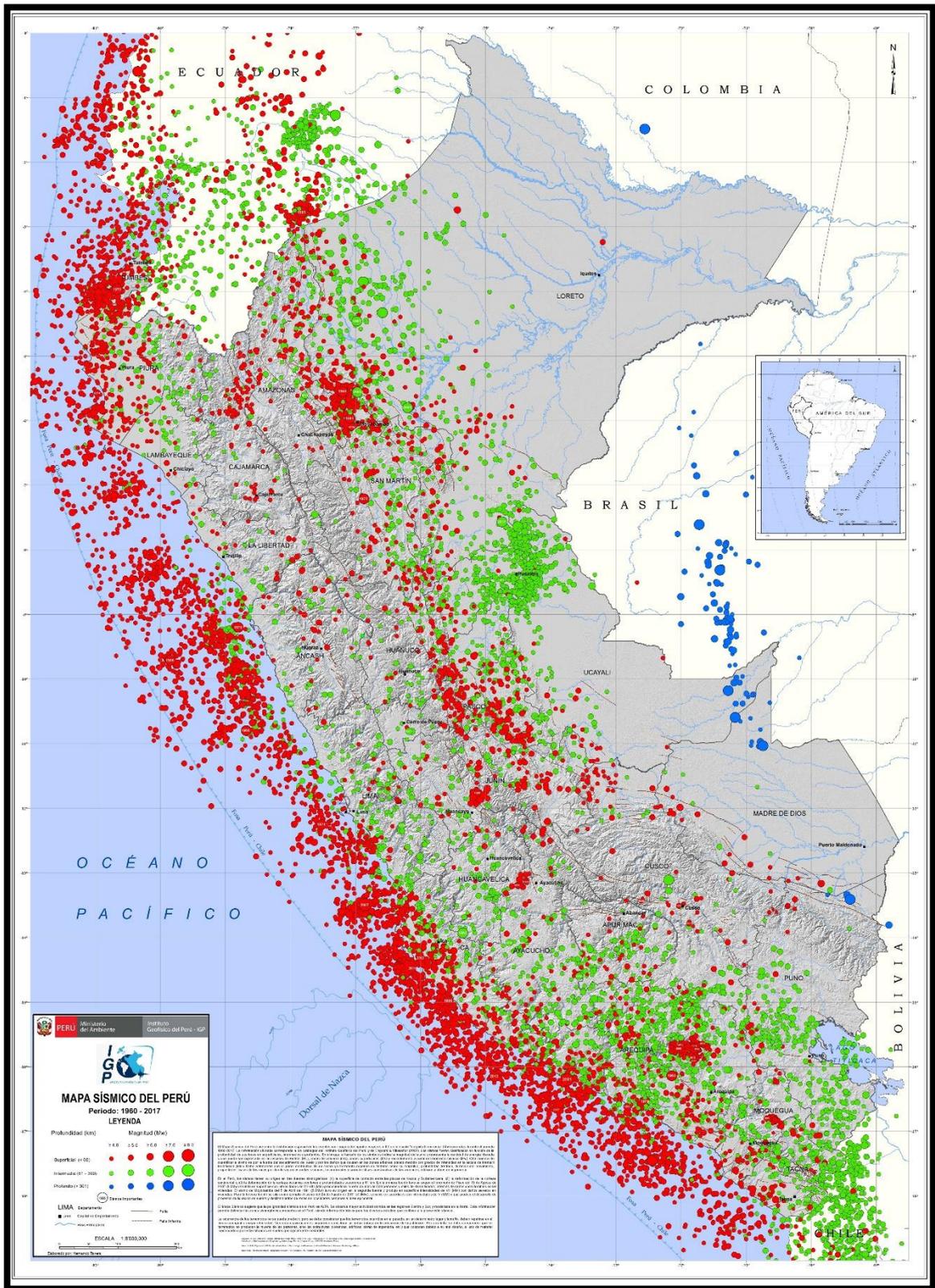
Dr. Jorge Adán Salas Ruíz
DECANO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DNI: 17834309

C.C. File
JASR/kgp

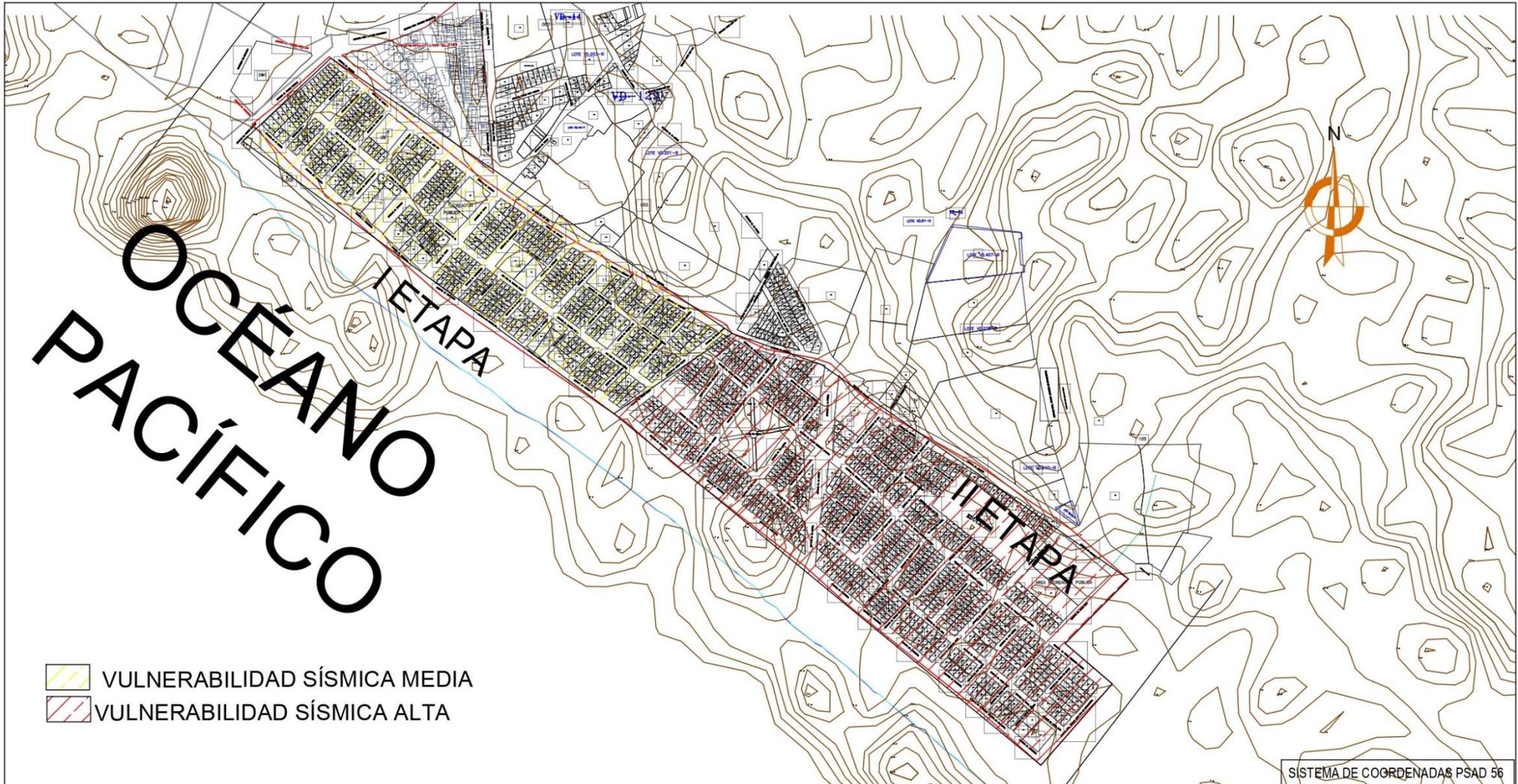
CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

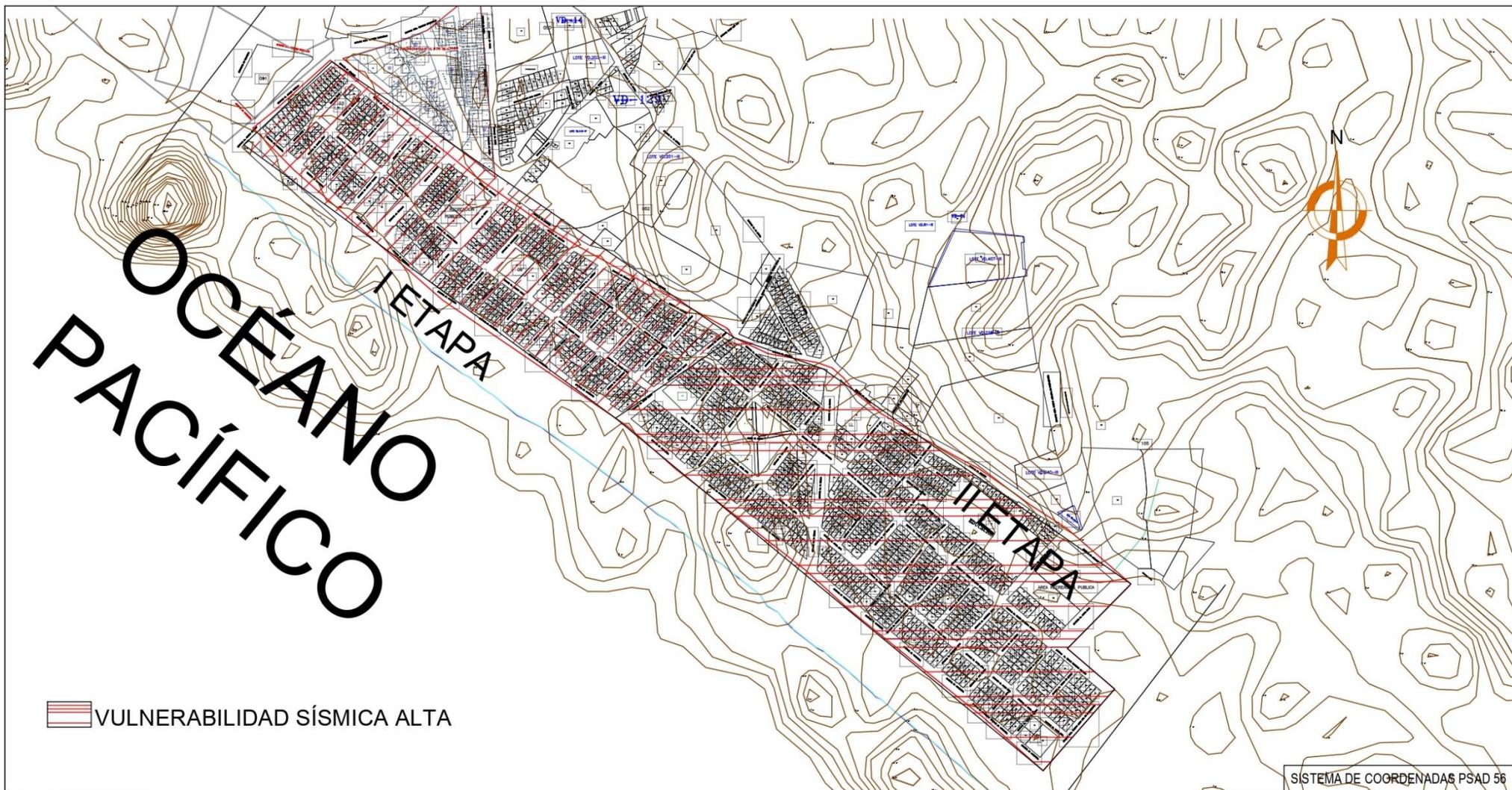
Anexo 8: Mapa Sísmico del Perú, periodo 1960 – 2017



Fuente: Instituto Geofísico del Perú, 2018



| | | | | | | | | | |
|--|--|--|---|---------|---------|----------------------------|--------|-------|--|
| <p>PLANO:</p> <p>VULNERABILIDAD SISMICA DE VIVIENDAS DEL CENTRO POBLADO MENOR, HUANCHAQUITO BAJO TRUJILLO LA LIBERTAD, 2018.</p> | <p>ALUMNO: Rivera Anhuamán, Lorena Sofia</p> <hr/> <p>ASESOR: ING. Alex Arquimedes Herrera Viloche</p> | <p> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p> | <p>SISTEMA DE COORDENADAS PSAD 56</p> <p style="text-align: center; font-size: 24px;">VS -02</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td data-bbox="1691 1340 1769 1372">DIBUJO:</td> <td data-bbox="1769 1340 1848 1372">ESCALA:</td> <td data-bbox="1848 1340 2094 1372">Por nivel de napa freática</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">21.8 X</td> <td style="text-align: center;">1:800</td> <td></td> </tr> </table> | DIBUJO: | ESCALA: | Por nivel de napa freática | 21.8 X | 1:800 | |
| DIBUJO: | ESCALA: | Por nivel de napa freática | | | | | | | |
| 21.8 X | 1:800 | | | | | | | | |



PLANO:
VULNERABILIDAD SISMICA DE VIVIENDAS
 DEL CENTRO POBLADO MENOR, HUANCHAQUITO BAJO TRUJILLO LA LIBERTAD, 2018.

ALUMNO: Rivera Anhuamán, Lorena Sofia

ASESOR: ING. Alex Arquimedes Herrera Viloche

 **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE
 INGENIERIA CIVIL

SISTEMA DE COORDENADAS PSAD 56

VS -3

DIBUJO:
1/100

ESCALA:
1/100

Cercanía al mar aprox 90m