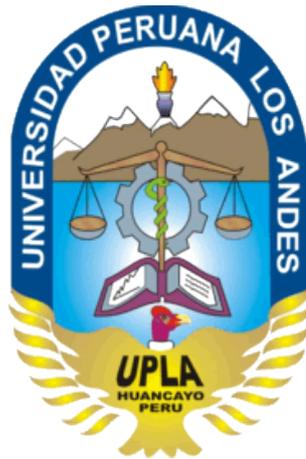


# UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE  
LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DE HUAYUCACHI –  
HUANCAYO - 2016”**

PRESENTADO POR:

**Bach. PABLO PRUDENCIO SALAS CCOYLLAR**

Línea de Investigación Institucional:

Transporte y Urbanismo

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

HUANCAYO-PERÚ

2019

**ASESORES:**

**ING. ALFREDO MIGUEL OTAÑE RODRIGUEZ**

**ARQ. DANTE PAUL MANSILLA VILLANUEVA**

## **DEDICATORIA**

A mi familia, por el infinito apoyo incondicional que me dieron durante toda mi vida, y depositaron su confianza en mí para lograr mis objetivos, siendo este uno de ellos por lo que les estaré eternamente agradecido.

El autor.

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, agradecer a Dios, por acompañarme en todo momento en mi vida, incluyendo esta nueva etapa en la que me desarrollo.

A mis padres, por depositar su confianza en mí y brindarme todo su apoyo para poder lograr mis objetivos.

A mis amigos y compañeros, con los cuales compartí gratos momentos durante nuestra formación como futuros profesionales, pues compartimos experiencias y diversas apreciaciones acerca de la carrera y la vida profesional misma.

A los docentes de la Facultad, los cuales me brindaron y enseñaron aspectos muy relevantes para mi desenvolvimiento profesional, inculcándome valores éticos y morales que primaran en el ejercicio de la profesión.

A la Universidad Peruana Los Andes, por albergarme y ser mi alma mater en la formación de profesionales capaces de desenvolverse en los distintos campos trayendo desarrollo a la sociedad.

El autor.

**HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS**

---

**DR. CASIO AURELIO TORRES LÓPEZ**  
**PRESIDENTE**

---

**ING. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO**  
**JURADO**

---

**ING. RANDO PORRAS OLARTE**  
**JURADO**

---

**ING. CHRISTIAN MALLAUPOMA REYES**  
**JURADO**

---

**MG. MIGUEL ÁNGEL CARLOS CANALES**  
**SECRETARIO DOCENTE**

# ÍNDICE

ÍNDICE .....	6
ÍNDICE DE TABLAS .....	10
ÍNDICE DE FIGURAS .....	12
RESUMEN .....	14
ABSTRACT.....	15
INTRODUCCIÓN.....	16
CAPÍTULO I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	18
1.1.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.2.    FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	21
1.2.1.    Problema General .....	21
1.2.2.    Problemas Específicos.....	21
1.3.    JUSTIFICACIÓN .....	21
1.3.1.    Practica o social.....	21
1.3.2.    Metodológica .....	22
1.4.    DELIMITACIÓN .....	22
1.4.1.    Espacial.....	22
1.4.2.    Temporal .....	23
1.4.3.    Económica .....	23
1.5.    OBJETIVOS.....	23
1.5.1.    Objetivo General .....	23
1.5.2.    Objetivos Específicos.....	23
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....	25
2.1.    ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	25
2.1.1.    Antecedentes Internacionales .....	25
2.1.2.    Antecedentes Nacionales.....	30
2.1.3.    Antecedentes locales .....	35
2.2.    BASES TEÓRICAS.....	37
2.2.1.    Sismos .....	37
2.2.1.1.    Medidas para calificar los sismos.....	38

2.2.1.2.	Acción de los sismos sobre las edificaciones .....	39
2.2.2.	Sistemas estructurales de las edificaciones .....	40
2.2.2.1.	Pórticos .....	40
2.2.2.2.	Muros estructurales .....	40
2.2.2.3.	Dual .....	42
2.2.3.	Vulnerabilidad sísmica en edificaciones .....	42
2.2.3.1.	Clases de vulnerabilidad.....	42
2.2.3.1.1.	Vulnerabilidad estructural .....	42
2.2.3.1.2.	Vulnerabilidad no estructural .....	43
2.2.3.1.3.	Vulnerabilidad funcional.....	45
2.2.3.1.4.	Amenaza y vulnerabilidad del entorno.....	45
2.2.3.1.5.	Vulnerabilidad funcional del establecimiento .....	46
2.2.3.2.	Métodos de análisis de vulnerabilidad sísmica.....	46
2.2.3.2.1.	Métodos analíticos.....	46
2.2.3.2.2.	Métodos cualitativos .....	50
2.2.3.2.3.	Métodos experimentales.....	55
2.2.3.3.	Aspectos generales del riesgo sísmico .....	55
2.2.3.4.	Factores que afectan la vulnerabilidad sísmica .....	56
2.2.3.5.	Características de una vivienda sismo resistente .....	62
2.2.3.6.	Forma adecuada de la vivienda .....	63
2.2.4.	Descripción del Distrito de Huayucachi - Huancayo .....	66
2.2.4.1.	Geografía.....	66
2.2.4.2.	Mapa político .....	66
2.2.4.3.	Clima.....	67
2.2.4.4.	Vías de acceso .....	67
2.3.	DEFINICIÓN DE CONCEPTOS .....	67
2.4.	HIPOTESIS.....	70
2.4.1.	Hipótesis General.....	70
2.4.2.	Hipótesis Específicas .....	70
2.5.	VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN .....	70
2.5.1.	Definición conceptual de la variable.....	71

2.5.2.	Definición operacional de la variable.....	71
2.5.3.	Operacionalización de la variable .....	72
CAPÍTULO III METODOLOGÍA .....		73
3.1.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	73
3.2.	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	73
3.3.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	74
3.4.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	74
3.5.	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	75
3.5.1.	Población.....	75
3.5.2.	Muestra.....	75
3.6.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	76
3.6.1.	Técnicas de recolección de datos .....	76
3.6.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	76
3.7.	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	77
3.8.	TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS.....	77
CAPÍTULO IV RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....		78
4.1.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	78
4.1.1.	Vulnerabilidad estructural .....	78
4.1.1.1.	Respecto a la Organización del Sistema Resistente.....	83
4.1.1.2.	Respecto a la Calidad del Sistema Resistente .....	85
4.1.1.3.	Respecto a la Resistencia convencional.....	86
4.1.1.4.	Respecto a la Posición de la vivienda y cimentación .....	87
4.1.1.5.	Respecto a los Diafragmas horizontales .....	88
4.1.1.6.	Respecto a la configuración en planta .....	89
4.1.1.7.	Respecto a la Configuración en elevación .....	90
4.1.1.8.	Respecto a la Distancia máxima entre los muros .....	91
4.1.1.9.	Respecto a los elementos no estructurales .....	92
4.1.1.10.	Respecto al Estado de conservación.....	93
4.1.1.11.	Índice de Vulnerabilidad Sísmica .....	94
4.1.2.	Vulnerabilidad no estructural .....	97
4.1.2.1.	Presencia de Gran Altura .....	100

4.1.2.2.	Mal mantenimiento de viviendas .....	102
4.1.2.3.	Irregularidad vertical.....	103
4.1.2.4.	Irregularidad en planta .....	104
4.1.2.5.	Colisión de edificaciones .....	106
4.1.2.6.	Presencia de columnas cortas.....	107
4.1.2.7.	Condiciones del Suelo .....	109
4.1.2.8.	Comportamiento sísmico (vulnerabilidad no estructural).....	110
4.1.3.	Vulnerabilidad funcional .....	112
4.1.3.1.	Vulnerabilidad Social.....	114
4.1.3.2.	Vulnerabilidad de Servicios Básicos .....	115
4.1.3.3.	Vulnerabilidad de ambiente.....	116
4.1.3.4.	Vulnerabilidad Funcional de las viviendas .....	117
4.1.3.4.1.	Vulnerabilidad de acceso .....	117
4.1.3.4.2.	Vulnerabilidad de zonas críticas .....	118
4.1.3.4.3.	Vulnerabilidad de medidas de protección .....	119
4.1.4.	Propuesta de vivienda sismo resistente .....	122
4.1.4.1.	Características de la vivienda .....	123
4.1.4.2.	Características del suelo de fundación .....	123
4.1.4.3.	Peso de la estructura por piso .....	123
4.1.4.4.	Características sismo resistentes (E 030).....	123
4.1.4.4.1.	Zonificación .....	123
4.1.4.4.2.	Condiciones geotécnicas: perfil de suelo.....	124
4.1.4.5.	Modelamiento.....	125
CAPÍTULO V DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....		139
5.1.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	139
CONCLUSIONES.....		143
RECOMENDACIONES.....		145
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		146
ANEXOS .....		150

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de calificación para el método del índice de vulnerabilidad .....	54
Tabla 2. Operacionalización de las variables .....	72
Tabla 3. Estadísticos generales de parámetros (primera parte).....	80
Tabla 4. Estadísticos generales de parámetros (segunda parte) .....	81
Tabla 5. Estadísticos generales de parámetros (tercera parte) .....	81
Tabla 6. Frecuencias del número de pisos de las viviendas.....	82
Tabla 7. Frecuencias de la organización del sistema resistente .....	83
Tabla 8. Frecuencias de la Calidad del Sistema Resistente.....	85
Tabla 9. Frecuencias de la Resistencia convencional.....	86
Tabla 10. Frecuencias de la Posición de la vivienda y cimentación .....	87
Tabla 11. Frecuencias de los Diafragmas horizontales .....	88
Tabla 12. Frecuencias de la configuración en planta .....	89
Tabla 13. Frecuencias de la Configuración en elevación .....	90
Tabla 14. Frecuencias de la Distancia máxima entre los muros .....	91
Tabla 15. Frecuencias de los Elementos no estructurales .....	92
Tabla 16. Frecuencias del Estado de conservación.....	93
Tabla 17. Estadísticos generales de los resultados .....	95
Tabla 18. Evaluación Índice de vulnerabilidad.....	95
Tabla 19. Estadísticos generales de los resultados .....	97
Tabla 20. Estadísticos generales de la Calificación y factores de modificación (primera parte) .....	99
Tabla 21. Estadísticos generales de la Calificación y factores de modificación (segunda parte).....	99
Tabla 22. Estadísticos generales de la Calificación y factores de modificación (tercera parte) .....	100
Tabla 23. Frecuencias de la Presencia de Gran Altura.....	101
Tabla 24. Frecuencias del Mal mantenimiento.....	102
Tabla 25. Frecuencias de la Irregularidad vertical .....	103
Tabla 26. Frecuencias de la Irregularidad en planta .....	105
Tabla 27. Frecuencias de colisión entre edificaciones.....	106
Tabla 28. Frecuencias de columnas cortas .....	108
Tabla 29. Frecuencias de comportamiento sísmico (no estructural) .....	110
Tabla 30. Estadísticos generales de vulnerabilidad funcional ATC -21 (primera parte) .....	112
Tabla 31. Estadísticos generales de vulnerabilidad funcional ATC -21 (segunda parte) .....	113
Tabla 32. Estadísticos generales de vulnerabilidad funcional ATC -21 (tercera parte) .....	113
Tabla 33. Frecuencias de la Vulnerabilidad Social .....	114
Tabla 34. Frecuencias de Servicios Básicos.....	115
Tabla 35. Frecuencias de la Vulnerabilidad de Ambiente.....	116
Tabla 36. Frecuencias de la Vulnerabilidad Acceso .....	117
Tabla 37. Frecuencias de la Vulnerabilidad de zonas críticas .....	118

Tabla 38. Frecuencias de la Vulnerabilidad de medidas de protección.....	120
Tabla 39. Frecuencias de la Vulnerabilidad Funcional de las viviendas.....	121

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Choque de placa de Nazca y Sudamérica.....	38
Figura 2. Esfuerzo de los muros antes, durante y después de un sismo. ....	39
Figura 3. Muros estructurales .....	41
Figura 4. Irregularidad en planta (vulnerabilidad baja, media y alta).....	57
Figura 5. Irregularidad en altura (vulnerabilidad baja, media y alta). ....	57
Figura 6. Calidad de juntas (vulnerabilidad baja, media y alta). ....	58
Figura 7. Disposiciones de unidad de mampostería (vulnerabilidad baja, media y alta). ....	58
Figura 8. Columnas y vigas de confinamiento (vulnerabilidad baja, media y alta).....	59
Figura 9. Entrepisos (vulnerabilidad baja, media y alta).....	60
Figura 10. Amarre de cubierta (vulnerabilidad baja, media y alta). ....	60
Figura 11. Cimentación (vulnerabilidad baja, media y alta). ....	61
Figura 12. Suelos (vulnerabilidad baja, media y alta). ....	61
Figura 13. Entorno (vulnerabilidad baja, media y alta).....	62
Figura 14. Simetría de la vivienda. ....	63
Figura 15. Continuidad de las losas de una vivienda. ....	64
Figura 16. Ubicación de puertas y ventanas de una vivienda.....	64
Figura 17. Cantidad de muros de una vivienda.....	65
Figura 18. Continuidad de muros de una vivienda. ....	65
Figura 19. Mapa político del Distrito de Huayucachi. ....	66
Figura 20: Diseño de la investigación.....	74
Figura 21. Distribución de frecuencias del número de pisos.....	82
Figura 22. Distribución de frecuencias de la organización del sistema resistente .....	84
Figura 23. Distribución de frecuencias de la Calidad del Sistema Resistente.....	85
Figura 24. Distribución de frecuencias de la Resistencia convencional.....	86
Figura 25. Distribución de frecuencias de la Posición de la vivienda y cimentación.....	87
Figura 26. Distribución de frecuencias de los Diafragmas horizontales .....	88
Figura 27. Distribución de frecuencias de configuración en planta.....	89
Figura 28. Distribución de frecuencias de la Configuración en elevación .....	90
Figura 29. Distribución de frecuencias de la Distancia máxima entre los muros .....	91
Figura 30. Distribución de frecuencias de los Elementos no estructurales .....	92
Figura 31. Distribución de frecuencias del Estado de conservación.....	93
Figura 32. Evaluación del Índice de Vulnerabilidad .....	96
Figura 33. Distribución de frecuencias del tipo de cubierta .....	98
Figura 34. Distribución de frecuencias de la Presencia de Gran Altura.....	101
Figura 35. Distribución de frecuencias del Mal mantenimiento.....	102
Figura 36. Distribución de frecuencias de la Irregularidad vertical .....	104
Figura 37. Distribución de frecuencias de la Irregularidad en planta .....	105
Figura 38. Distribución de frecuencias de colisión entre edificaciones.....	107
Figura 39. Distribución de frecuencias de columnas cortas .....	108
Figura 40. Distribución de frecuencias de condición de suelo.....	109

Figura 41. Distribución de frecuencias de comportamiento sísmico (no estructural) .....	111
Figura 42. Distribución de frecuencias de la Vulnerabilidad Social .....	114
Figura 43. Distribución de frecuencias de Servicios Básicos.....	115
Figura 44. Distribución de frecuencias de la Vulnerabilidad de Ambiente.....	116
Figura 45. Distribución de frecuencias de la Vulnerabilidad Acceso .....	118
Figura 46. Distribución de frecuencias de la Vulnerabilidad de zonas críticas .....	119
Figura 47. Distribución de frecuencias de la Vulnerabilidad de medidas de protección.....	120
Figura 48. Distribución de frecuencias de la Vulnerabilidad Funcional de las viviendas.....	122
Figura 49. Zonas sísmicas del territorio peruano.....	124
Figura 50. Sistema de unidades para el modelamiento.....	125
Figura 51. Número y altura de niveles de la vivienda.....	125
Figura 52. Profundidad de desplante.....	126
Figura 53. Edición de líneas auxiliares .....	127
Figura 54. Empotramiento de primer nivel.....	127
Figura 55. Asignación de material.....	128
Figura 56. Definición de sección .....	129
Figura 57. Asignación de secciones a los elementos estructurales .....	129
Figura 58. Asignación de factor de rigidez .....	130
Figura 59. Puntos en los centros de masa .....	130
Figura 60. Restricciones a los centros de masa .....	131
Figura 61. Asignación de sismos .....	131
Figura 62. Estados de carga .....	132
Figura 63. Amplificación de cargas .....	132
Figura 64. Análisis de la estructura .....	133
Figura 65. Desplazamiento de la estructura en X .....	135
Figura 66. Desplazamiento de la estructura en Y .....	136
Figura 67. Fuerzas axiales ocasionadas por el sismo en dirección X .....	137
Figura 68. Fuerzas axiales ocasionadas por el sismo en dirección Y.....	138

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como problema general: ¿Cuáles son los factores que determinan la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi?, el objetivo general fue: Determinar los factores de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi y la hipótesis general que se verificó fue: La vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi son determinados por factores estructurales, no estructurales y funcionales.

El método de investigación fue el científico, la investigación fue de tipo aplicada, el nivel de Investigación fue descriptivo-explicativo y el diseño no experimental. La población de estudio estuvo constituido por 2097 viviendas del distrito de Huayucachi. El tipo de muestreo fue el probalístico y la muestra fue de 322 viviendas.

La conclusión principal de esta investigación fue que, la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi se determina por factores estructurales, no estructurales y funcionales. Del análisis de estos factores se determinó que las viviendas del distrito e Huayucachi se encuentran en un grado de vulnerabilidad sísmica alta.

**Palabras clave:** Vulnerabilidad sísmica, factores estructurales, factores no estructurales, factores funcionales.

## **ABSTRACT**

The present investigation had as a general problem: What are the factors that determine the seismic vulnerability of the homes of the Huayucachi district? The general objective was: To determine the factors of the seismic vulnerability of the homes of the Huayucachi district and the general hypothesis what was verified was: The seismic vulnerability of Huayucachi district homes is determined by structural, non-structural and functional factors.

The research method was scientific, the research was applied, the level of research was descriptive-explanatory. And the non-experimental design. The study population consisted of 2097 homes in the Huayucachi district. The type of sampling was probalistic and the sample was 322 homes.

The main conclusion of this investigation was that, the seismic vulnerability of Huayucachi district homes is determined by structural, non-structural and functional factors. From the analysis of these factors it was determined that the homes of the district and Huayucachi are in a high degree of seismic vulnerability.

**Keywords:** Seismic vulnerability, structural factors, non-structural factors, functional factors.

## INTRODUCCIÓN

El tema de vulnerabilidad sísmica es de coyuntura actual, puesto que hablar de vulnerabilidad sísmica verifica cuan propenso esta una edificación a sufrir daños debido a un posible evento sísmico suscitado en el lugar, de modo que se puedan optar medidas de prevención o mitigación frente a un posible desastre. Referirse a vulnerabilidad sísmica abarca múltiples aspectos siendo los más relevantes la vulnerabilidad estructural, la vulnerabilidad no estructural y la vulnerabilidad funcional de las edificaciones.

Para determinar cuál propenso se encuentra una vivienda a sufrir daños por un eventual sismo se hace uso de múltiples métodos, como son los analíticos, cualitativos y experimentales, de modo que al tratarse de un número considerables de edificaciones a analizar es necesario hacer uso de un método que se vea factible emplearse en todas ellas, tal como es el método cualitativo de índice de vulnerabilidad, describiendo características observables de las viviendas y mediante una operación con factores de peso se determina el índice de vulnerabilidad, adecuado para determinar la vulnerabilidad estructural de las viviendas inspeccionadas. Así también se hace uso de métodos analíticos como es el ATC 21, realizando calificaciones a partir de un juicio estructural, haciendo uso de la observación para realizar una calificación para saber cuan óptimo es el comportamiento que tendrán las viviendas frente a un sismo.

Si bien el distrito de Huayucachi es una zona con potencial turístico, se encuentra ubicada en la zona 3 según la normativa E 030, por lo que es propensa a que se susciten eventos sísmicos de regular intensidad, por lo cual es necesario conocer cuan vulnerable están las viviendas del distrito de Huayucachi a partir de una inspección visual empleando métodos analíticos y cualitativos, considerándose parámetros de irregularidades verticales como en planta.

Esta investigación está estructurado en 5 capítulos que se describen a continuación:

Capítulo I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN, aquí se desarrolla, planteamiento del problema, formulación y sistematización del problema, problema general y problemas específicos, justificación, práctica o social y metodológica, delimitación, espacial, temporal y económica, objetivos, objetivo general y objetivos específicos.

Capítulo II: MARCO TEÓRICO donde se estudia antecedentes del estudio, internacionales, nacionales, locales, bases teóricas, definición de conceptos, hipótesis, hipótesis general, hipótesis específicas, variables de la investigación, definición conceptual de las variables, definición operacional de la variable y operacionalización de la variable.

Capítulo III: METODOLOGÍA, aquí se presenta método de investigación, tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de la investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información, técnicas y análisis de datos.

Capítulo IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN, donde se enfoca presentación de resultados.

Capítulo V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Finalmente, se tiene las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

Bach: Pablo Prudencio Salas Ccoyllar

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Las edificaciones que están mal diseñadas y mal construidas son altamente vulnerable ante un sismo, este puede generar daños en los elementos de una estructura. Como por ejemplo, se pueden colapsar los parapetos, romper los vidrios de las ventanas o rajar los muros. Las viviendas que presentan problemas serios en su estructura, hasta pueden llegar a derrumbarse, produciendo pérdidas de materiales importantes y costosos, heridas graves a las personas quienes ocupan y hasta producir pérdidas de vidas humanas. (Blondet, 2005, pág. 8)

Actualmente, para determinar el comportamiento estructural ante un sismo determinado se enmarcan dentro del campo de vulnerabilidad sísmica, el cual es la parte más amplio de la ingeniería sísmica de la dinámica estructural. Por ende, este estudio tiene propósitos de planificación urbana y la protección civil. Sin embargo, su objetivo principal se encuentra en el cálculo y en la prevención del riesgo sísmico. Efectivamente, el riesgo sísmico es la combinación de la vulnerabilidad y la peligrosidad sísmica del sitio donde la estructura se encuentre. Debido a que la peligrosidad sísmica es un fenómeno que las

personas no pueden predecir y modificar, que ante ello, para reducir el riesgo sísmico en zonas urbanas existentes se enfoca en la búsqueda de estrategias adecuadas para minimizar la vulnerabilidad sísmica de las estructuras. Por lo que el estudio de la vulnerabilidad sísmica desempeña un papel muy importante. (Caicedo, Barbat, Canas, & Aguilar, 1994, pág. 1)

A nivel internacional, en la ciudad de México, siendo el 19 de setiembre del 2017, se presentó un sismo de 7.1 grados de magnitud causando la muerte de 369 personas en la capital mexicana, entre Puebla y Morelos. El sismo que ocasionó a 228 víctimas en el mismo lugar, coincidió con el aniversario 32 del mismo de 1985 en la ciudad. Todo esto es sucedió porque el México se encuentra en la zona altamente sísmico a nivel mundial, es decir, que en este país se registran cuatro sismos mayores de 3.5 grados por día. (Guerrero, 2018)

Por otro lado, dicen Castillo y Alva (1995), el Perú se encuentra en una de las regiones de más alta actividad sísmica que existe en la tierra, por lo que presenta alto peligro sísmico que puede producir la pérdida de vidas humanas y pérdidas materiales. Es importante estudiar el comportamiento de este fenómeno para poder prevenir y mitigar los grandes efectos que trae consigo. Con la evaluación del peligro sísmico se puede conocer el probable comportamiento de los sismos en un lugar, es decir, predecir las posibles aceleraciones que podrían ocurrir en un lugar. (pág. 1)

Ante ello, realizaron unos estudios a las viviendas construidas informalmente, llegando a concluir que de las 1 800,000 casas de Lima colapsarían más de 200,000 ante un sismo, lo cual ocasionaría la muerte de más de 51 mil personas. No obstante, si las casas fueran construidas adecuadamente, un sismo de 8 grados dejaría menos de 1 000 muertos. (Quesada , 2018)

En el lugar de estudio del presente trabajo de investigación, que es la ciudad de Huayucachi – Huancayo, se identificaron muchas viviendas construidas informalmente, quienes presentan fallas serias, que pueden colapsar frente a un sismo, las mismas, no cumplen con los parámetros sismo resistente, esto debido a que no hay mucho control de parte de la Municipalidad Distrital de Huayucachi, mal diseño de la estructura, viviendas autoconstruidas inadecuadamente por el desconocimiento de la Norma E.030. Así como menciona Vivanco (2018), que el Departamento de Junín, se ubica en la región sísmicamente alta y que cuenta con viviendas en la mayoría de casos de material de adobe, las cuales están construidas en los suelos débiles. Incluso, en el centro de Huancayo existen viviendas de este tipo que presentan rajaduras, por lo que se debería de tomar medidas. Todo este problema, a futuro puede ocasionar pérdidas de vidas humanas, perdidas económicas y materiales cuando no se previene ante un sismo severo.

Ante ello, se recomienda a la Municipalidad Distrital de Huayucachi, tener bastante control sobre la construcción de las viviendas por sus pobladores, capacitar a las personas sobre la Norma E.030, y a los especialistas quienes diseñan las edificaciones, tener mucho en cuenta los parámetros sismo resistente y realizar buenos planos de acuerdo a ello. El presente trabajo de investigación tiene como fin capacitar a las personas en temas de la construcción y seguridad estructural, para poder evaluar la vivienda de manera práctica, el grado de vulnerabilidad sísmica, así como analizar oportunamente los factores que deben mejorarse. Frente a ello se plantea los siguientes problemas.

## **1.2. FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema General**

¿Cuáles son los factores que determinan la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- a) ¿Cuáles son los parámetros que determinan el factor estructural de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi?
- b) ¿Cuáles son los parámetros que determinan el factor no estructural de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi?
- c) ¿Cuáles son los parámetros que determinan el factor funcional de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi?
- d) ¿Cuál es el diseño sismo resistente que corresponde a una vivienda en el distrito de Huayucachi?

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

### **1.3.1. Práctica o social**

Habiendo identificado a muchas viviendas que han sido construidas inadecuadamente en el Distrito de Huayucachi, las cuales no cumplen con los parámetros sismo resistente, por lo que a futuro pueden derrumbarse o presentar fallas graves ante los desastres naturales como los sismos. Frente a ello se realizó el presente trabajo de investigación con la finalidad de evaluar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas, que los resultados servirán

a la sociedad para prevenir pérdidas de vidas humanas, diseñar adecuadamente las viviendas bajo los parámetros sismo resistente como lo señala la Norma E.030

### **1.3.2. Metodológica**

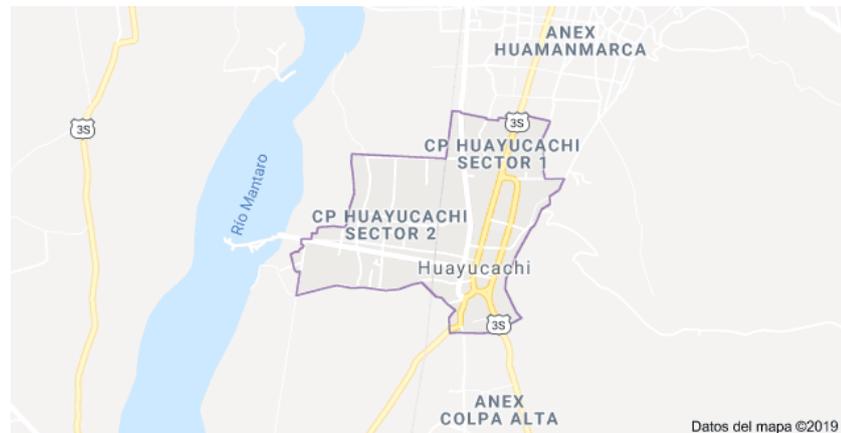
La información recolectada y procesada en esta investigación servirá de base y sustento para otras investigaciones de índole similar, enriqueciendo el marco teórico y/o cuerpo de conocimientos, ya que investigaciones relacionadas a la vulnerabilidad y riesgo sísmico son temas muy importantes en la ingeniería civil.

En la investigación se empleó la ficha de observación para la recolección de datos de campo. Para el análisis de datos se empleará el programa SPSS versión 23, así también, para el diseño de la vivienda sismo resistente se utilizó el programa SAP 2000 versión 2020. Esta investigación servirá para quienes deseen investigar en el área de estructuras.

## **1.4. DELIMITACIÓN**

### **1.4.1. Espacial**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Distrito de Huayucachi – Huancayo.



Mapa de Huayucachi

#### **1.4.2. Temporal**

Esta investigación se desarrolló en el periodo 2016-2017.

#### **1.4.3. Económica**

Este estudio se desarrolló con recursos propios, no se tuvo aporte externo.

### **1.5. OBJETIVOS**

#### **1.5.1. Objetivo General**

Determinar los factores de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi

#### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- a) Establecer los parámetros que determinan el factor estructural de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi.

- b) Precisar los parámetros que determinan el factor no estructural de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi.
- c) Definir los parámetros que determinan el factor funcional de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi.
- d) Describir una vivienda sismo resistente en el distrito de Huayucachi.

## **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO**

### **2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO**

Se tomaron en consideración trabajos de investigación que fueron considerados relevantes para la investigación, tanto a nivel internacional, nacional y local.

#### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

- Jair y Murcia (2018), realizaron la tesis titulada: “Desarrollo de una guía práctica para la construcción de vivienda social en zonas con alta vulnerabilidad sísmica de acuerdo con la NSR-10 - caso de estudio localidad USME - UPZ 57 Gran Yomasa”, en la Universidad Católica de Colombia, Bogotá – Colombia. Tuvieron como objetivo general: Elaborar una guía para la construcción de vivienda en zonas con alta vulnerabilidad sísmica. Como objetivos específicos tuvieron: 1) Identificar las condiciones del suelo en el sector de trabajo. 2) Realizar el análisis de riesgo para la zona a trabajar. 3) Diseñar dos viviendas. 4) Elaborar una guía para la construcción de vivienda. Llegaron a las siguientes conclusiones: 1) Con las visitas realizadas a la zona del estudio se identificaron los errores constructivos de la mayoría de las viviendas, por la que se plantea

implementar con una guía que les permite construir de manera adecuada bajo la norma NSR-10. 2) En la evaluación del presupuesto, el sistema estructural aporticado es más económico que un sistema confinado. 3) Se concluye que el sistema estructural aporticado es lo recomendable construir en el lugar del estudio. 4) El sistema estructural confinado se debe de construir de manera muy riguroso que permita garantizar el normal comportamiento de la estructura ante las cargas. 5) El sistema de pórticos disipa grandes cantidades de energía sísmica gracias a la ductilidad que poseen todos sus elementos. 6) Como las personas son de baja capacidad económica razón por la cual son autoconstructores en la zona del estudio, el Estado otorga los subsidios de la adquisición de vivienda como una alternativa de solución.

- Pilamunga (2016), elaboró el trabajo de investigación denominada: “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica según la Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC-SE-RE, 2015) del edificio de la Facultad de Ciencias Psicológicas de la Universidad Central del Ecuador”, en la Universidad Central del Ecuador, Quito – Ecuador, para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Objetivo general que tuvo: Evaluar la vulnerabilidad sísmica de la construcción (NEC-SE-RE, 2015). Teniendo los objetivos específicos: 1) Desarrollar un chequeo visual de la facultad de Ciencias Psicológicas de la Universidad de Central de Ecuador. 2) Diseñar nueva estructura respecto a la edificación utilizando un software estructural. 3) Proponer posibles correcciones respecto a las falencias existentes en la edificación. Llegó a las siguientes conclusiones: 1) Las estructuras que han sido construidas antes que aparezca la norma, presentan muchas falencias en sus elementos puesto que la norma actual es mucho más rigurosa por lo tanto presenta muchas diferencias. 2) Se encontraron columnas

cortas en las cuatro estructuras estudiadas mediante la inspección visual, por lo que son un grave problema para la estructura, ya que puede presentar falla frágil por cortante ante los sismos y ocasionar colapso de la estructura. 3) Las matemáticas no son exactos en el modelamiento de las estructuras, pero se pueden aproximarse a la realidad, por eso es necesario saber interpretar bien los resultados obtenidos. 4) Según el análisis realizado de las edificaciones, se puede concluir que las vigas y columnas de la estructura poseen una capacidad dúctil por la cantidad de aceros que llevan.

- Ospina y Díaz (2017), elaboraron la tesis denominada: “Manual y software con recopilación de funciones de vulnerabilidad para la evaluación ante amenazas sísmicas en Colombia”, en la Universidad Católica de Colombia, Bogotá – Colombia, para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Objetivo general: Recabar las fallas de las viviendas y el grado de vulnerabilidad sísmica, en base a ello desarrollar un programa que se enfoque e la evaluación de sismos en las estructuras. Objetivos específicos: 1) Recabar las funciones de vulnerabilidad. 2) Analizar el contenido de la norma que abala para la construcción de una vivienda sismo resistente. 3) Bajo las funciones de vulnerabilidad, elaborar un software con su manual respectivo. Las conclusiones a las que llegaron: 1) Se recopiló las informaciones de la zona de estudio teniendo en cuenta los tipos de funciones de vulnerabilidad, aplicabilidad, forma de obtención y sus componentes. 2) Se obtuvo las funciones de vulnerabilidad de acuerdo a tres autores: ERN, HAZUX y el programa PDAÑO, obteniendo un total de 418 funciones. 3) En la elaboración de las funciones de vulnerabilidad se tomó en cuenta las normas colombianas sismo resistente así como los parámetros que deben cumplir las edificaciones para ser considerada como sismo resistente. 4) Las funciones de la vulnerabilidad se enfoca en

el tipo de la estructura y el material de las edificaciones. 5) El manual que se elaboró ayudará al especialista a identificar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas: mampostería, adobe, tapia, acero, madera y concreto. Cabe decir que este manual permitirá saber el posible daño de acuerdo al nivel de diseño sísmico alto, medio, bajo y muy bajo.

- Mercado y Sabogal (2016), realizaron la tesis titulada: “Análisis de vulnerabilidad sísmica en edificaciones aporricadas de concreto reforzado en la ciudad de Cartagena”, en la Universidad de Cartagena, Cartagena, previa obtención del título profesional de Ingeniero Civil. Tuvieron como objetivo general: Evaluar el grado de vulnerabilidad de las dos edificaciones emblemáticas de concreto reforzado. Tuvieron como los siguientes objetivos específicos: 1) Seleccionar entre 15 y 20 pisos de altura en pórtico de hormigón armado para modelos representativos de edificaciones. 2) Analizar la vulnerabilidad de las dos edificaciones aplicando el método de ATC 40 y la FEMA. 3) Analizar el comportamiento de las estructuras ante un sismo. Las conclusiones a las que llegaron: 1) Con la aplicación del método de Pushover, se identificó la vulnerabilidad de los elementos estructurales aún en el rango inelástico. 2) Se encontró una variación visible en el comportamiento estructural entre dos edificios que son Banco del Estado y Concasa a través del método Pushover. 3) La aplicación de la Norma sismo resistente colombiana presentó algunas deficiencias en el análisis de vulnerabilidad de los elementos estructurales como columnas y vigas. 4) Con la comparación de los resultados de ambos métodos aplicados, se puede concluir que el edificio Concasa presenta un mejor comportamiento que el Banco del estado. 5) En el momento de realizar el modelamiento se

detectaron problemas en diagramas de momento – curvatura en el análisis.

- Quizpilema (2017), desarrolló el trabajo de investigación con el título: “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del edificio de aulas de la facultad de ingeniería de la Universidad Central del Ecuador, utilizando la norma ecuatoriana de la construcción (NEC-SE-RE, 2015)”, en la Universidad Central del Ecuador, Quito – Ecuador, previa obtención del título profesional de Ingeniero Civil. Tuvo como objetivo general: Analizar la vulnerabilidad sísmica de las aulas de la carrera de ingeniería, Universidad Central del Ecuador. Objetivos específicos: 1) Identificar las patologías que presenta las aulas. 2) Determinar el grado de vulnerabilidad sísmica de las aulas utilizando el método FEMA 154. 3) Identificar las falencias en los elementos estructurales como la resistencia y la rigidez. Resultados obtenidos: 1) Se identificaron las patologías existentes en las aulas como: el acero está expuesto, presencia de grietas en vigas y losas, presencia de humedad en el exterior e interior del edificio, presencia de oxidación y fisuras considerables. 2) Según el método FEMA 154 se obtuvo que: los bloques estructurales el 1, 2 y 3 presentan vulnerabilidad alta con 0.3, 1.3 y 0.8 de puntaje final, el cuarto bloque presenta vulnerabilidad media con un puntaje de 2.3. 3) Todos los bloques en estudio están expuestos a la licuación, hundimiento e inundación. Llegó a las siguientes conclusiones: 1) La presencia de las patologías en la estructura de edificios conlleva a que sean vulnerables ante un sismo. 2) Las patologías como la presencia de columnas cortas y la pérdida de la sección del acero de refuerzo, conllevan a que la edificación presenta vulnerabilidad alta ante la presencia de un sismo severo. 3) Mediante la utilización del programa SAP 2000 se comprobó que la edificación es vulnerable respecto a la flexibilidad horizontal.

### 2.1.2. Antecedentes Nacionales

- Rodríguez (2018), desarrolló el trabajo de investigación titulada: “Vulnerabilidad sísmica del sector E y J del Hospital Regional de Cajamarca”, en la Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca – Perú, previa obtención del título profesional de Ingeniero Civil. Como objetivo general se tuvo: Hallar el grado de vulnerabilidad sísmica que presenta el sector E y J del HRC. Se tuvo como objetivos específicos: 1) Hallar el grado de vulnerabilidad estructural que presenta el sector E y J del HRC. 2) Hallar el grado de vulnerabilidad no estructural que presenta el sector E y J del HRC. 3) Hallar el grado de vulnerabilidad funcional que presenta el sector E y J del HRC. La investigación fue de tipo aplicada, de nivel descriptivo, diseño no experimental transversal, como muestra se tuvo al sector E y J del HRC. Los resultados que obtuvo: 1) Se evaluó los sectores E y J con el método ATC 21, con la que se obtuvo el 0.9 del puntaje estructural para la E y para la J de 1.3. 2) Se calculó el índice de vulnerabilidad para cada piso del E y J obteniendo  $I_s=1.134$  para el primer piso en la dirección X para la E,  $I_s=0.847$  en la dirección Y, para el sector J el  $I_s=0.284$  y  $0.284$  en la dirección X y. 3) Se calculó el grado de vulnerabilidad no estructural obteniendo el mayor porcentaje en el cuarto piso del sector E en criterio alta con un 33% de los demás pisos. 4) Asimismo se obtuvo el grado de vulnerabilidad funcional con 94% en criterio alta en el sector E del tercer piso. Las conclusiones a las que se llegó: 1) El grado de vulnerabilidad sísmica del sector E y J es baja, de acuerdo a los componentes estructural, no estructural y funcional. 2) Con la aplicación de los métodos como FEMA 154, ATC 21 y de Hirosawa, se obtuvo que el grado de vulnerabilidad estructural es baja para el sector E y J. 3) Con la aplicación del método de la OPS/OMS, se determinó la media vulnerabilidad no

estructural del sector E y es baja para el sector J, la vulnerabilidad funcional es alta para el sector E y baja para el sector J.

- Capani y Huamaní (2018), elaboraron la tesis titulada: “Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada construidas informalmente en el Distrito de Yauli, Provincia de Huancavelica, Región de Huancavelica”, en la Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica – Perú, previa obtención del título profesional de Ingeniero Civil. Como objetivo general tuvieron: Identificar el grado de vulnerabilidad de las viviendas de albañilería confinada. Tuvieron como objetivos específicos: 1) Evaluar la vulnerabilidad sísmica, peligro y riesgo sísmico de las 40 viviendas construidas informalmente. 2) Identificar las posibles fallas que existen en las 40 viviendas confinadas. 3) Proponer nuevas recomendaciones para rehabilitación, reforzamiento y construcción de las viviendas. Metodología de la investigación; tipo aplicada, nivel descriptivo, diseño no experimental, la técnica utilizada para la recolección de datos fue la evaluación visual, los instrumentos utilizados son; cinta métrica, calculadora y cámara fotográfica. Resultados obtenidos: 1) Con la visita a la zona de estudio se encontró viviendas sobre rellenos de nivel, viviendas sobre suelo no consolidado y viviendas en pendiente. 2) Se identificó los problemas estructurales de las viviendas; muros portantes de ladrillo pandereta, muros con empuje lateral, viviendas sin junta sísmica y losa de techo a desnivel. 3) Se encontró problemas constructivos; cangrejeras y acero de refuerzo, muros de adobe, juntas de construcción mal ubicada y unión muro techo deficiente. Las conclusiones a las que llegaron: 1) Se identificó las fallas que presentan las viviendas del estudio; el 17% de las viviendas están construidas sobre el suelo mal consolidado, el 88% de las viviendas no presentan juntas sísmicas, el 98% de las

viviendas presentan cangrejeras, el mayor problema que se encontró fue que el 100% de las viviendas han sido construidas utilizando ladrillos de baja calidad. 2) Se logró determinar el grado de vulnerabilidad sísmica teniendo que el 2% que presenta la vulnerabilidad alta, el 100% de las viviendas presentan el peligro sísmico alto y el 2% de las viviendas presentan el riesgo sísmico alto.

- Mosqueira (2018), desarrolló el trabajo de investigación titulada: “Análisis de vulnerabilidad sísmica de las instituciones educativas públicas de adobe en el Centro Histórico de Cajamarca”, en la Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca - Perú, previa obtención del título profesional de Ingeniero Civil. Tuvo como objetivo general: Identificar el grado de vulnerabilidad sísmica de las dos edificaciones Educativas Públicas de adobe. Como objetivos específicos se tuvo: 1) Determinar la densidad de muros. 2) Evaluar el estado actual de las edificaciones. 3) Evaluar la estabilidad de muros de portantes al volteo. 4) Determinar la resistencia a compresión de las edificaciones analizadas. La investigación fue de tipo inductiva, tuvo como diseño no experimental. Los resultados que se obtuvo: 1) Se calculó la resistencia máxima promedio a compresión de las muestras dando un 5.645 kg/cm<sup>2</sup> y la resistencia mínima indicada por la norma es de 10.2 kg/cm<sup>2</sup>, por lo tanto la muestra se encuentra en 55.34% por debajo de lo indicado en la Norma actual referente al adobe. 2) Las dos edificaciones en estudio presentan una vulnerabilidad sísmica alta. Esto es producido debido a que: las edificaciones tienen inadecuada densidad de muros. Las conclusiones: 1) Los centros educativos estudiados presentan una vulnerabilidad alta, a causa de la inestabilidad de los muros portantes e inadecuada de densidad del mismo. 2) Los centros educativos se encuentran en

un estado de conservación regular, por causa de la antigüedad, calidad de material, continuos trabajos de remodelación y otros factores medioambientales. 3) Se calculó la resistencia a compresión obteniendo un valor de 5.645 kg/cm<sup>2</sup> que se encuentra muy por debajo del mínimo admisible según la Norma E.080 (2017) “10.2 kg/cm<sup>2</sup>”.

- Rojas (2017), realizó el trabajo de investigación titulada: “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de albañilería confinada del asentamiento humano San Marcos de Ate, Santa Anita, 2017”, en la Universidad César Vallejo, Lima – Perú, previa obtención del título profesional de Ingeniero Civil. Como objetivo general se tuvo: Analizar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de albañilería confinada. Objetivos específicos: 1) Analizar la densidad de muros de las edificaciones estudiadas. 2) Evaluar la calidad de material y la mano de obra en las edificaciones estudiadas. 3) Analizar la estabilidad de los parapetos y tabiques de las edificaciones de albañilería confinada. La investigación fue de modalidad descriptivo, diseño no experimental, como muestra se tuvo a las viviendas de un piso con albañilería confinada, se utilizó la encuesta, recopilación bibliográfica, sensibilización como técnica, los instrumentos utilizados fue la ficha de encuesta. Resultado que obtuvo: Se calculó la vulnerabilidad sísmica de las viviendas teniendo; vulnerabilidad estructural con 60% de densidad de muros y 30% de calidad de mano de obra y materiales, vulnerabilidad no estructural con 10% de estabilidad de tabiques y parapetos. Conclusiones: 1) El 60% de las viviendas confinadas presentan vulnerabilidad sísmica alta. 2) El 60% de las viviendas estudiadas presentan densidad inadecuada por la falta de asesoría técnica. 3) La calidad de mano de obra y de materiales de las edificaciones confinadas presenta el 87% con regular

calidad. 4) Las viviendas que se encuentran en el Distrito de Santa Anita están en una zona de alta sismicidad por lo que requiere un estudio detallado de vulnerabilidad sísmica.

- Tito (2018), desarrolló la tesis titulada: “Vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas mediante la aplicación del modelo estático no lineal en la Av. El Parral, Comas”, en la Universidad César Vallejo, Lima – Perú, para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Se tuvo como objetivo general: Identificar el por qué las viviendas autoconstruidas presentan una vulnerabilidad sísmica alta. Objetivos específicos: 1) Analizar los efectos producidos por la inadecuada autoconstrucción de las viviendas. 2) Evaluar los efectos que puede producir un sismo con un periodo de retorno de 475 años en las viviendas autoconstruidas. La investigación fue de tipo aplicada, de nivel explicativo, diseño no experimental, como técnica se utilizó a la observación de campo, los instrumentos utilizados son: guía de recolección de datos, quipo para el corte directo de suelos y el programa ETABS versión 17. Los resultados obtenidos: Se calculó la capacidad portante admisible del suelo dando 1.46 kg/cm<sup>2</sup>. 2) Se realizó el modelamiento de las tres viviendas autoconstruidas con el programa ETABS. Las conclusiones a las que se llegó: 1) La escasa redundancia estructural es la causa principal para que la vivienda presenta un elevado nivel de vulnerabilidad sísmica. 2) Los procedimientos inadecuados de construcción provocan alto nivel de vulnerabilidad en las edificaciones autoconstruidas. 3) Según los eventos sísmicos con un periodo de retorno de 475 años, causarán que las viviendas autoconstruidas queden severamente dañadas. 4) La propuesta de reforzamiento en las columnas seleccionadas aumenta la resistencia a la flexión.

### 2.1.3. Antecedentes locales

- Fernández y Parraga (2013), desarrollaron la investigación denominada: “Vulnerabilidad sísmica de centros educativos de Huancayo Metropolitano”, en la Universidad Nacional Centro del Perú, Huancayo – Perú, para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Tuvieron como objetivo general: Determinar el grado de vulnerabilidad sísmica de centros educativos de Huancayo Metropolitano. Como objetivos específicos tuvieron: 1) Determinar la vulnerabilidad sísmica en relación de los pisos. 2) Determinar la vulnerabilidad sísmica en relación de antigüedad de construcción. 3) Determinar la vulnerabilidad sísmica en relación al sistema estructural. La investigación fue de tipo aplicada, de nivel descriptivo. Obtuvieron el siguiente resultado: Con la aplicación del método ATC 21, se determinó altamente vulnerable al C.E. Nuestra Señora del Cocharcas. Llegaron a las siguientes conclusiones: 1) De acuerdo a la evaluación que se realizó a los centros educativos de Huancayo Metropolitano, se obtuvo que el 69% son vulnerables, el 17% son altamente vulnerables y el 14% no son vulnerables ante los sismos severos. 2) El tipo de sistema estructural es la característica principal para identificar si una vivienda es o no vulnerable. 3) Los módulos que han sido construidos antes de la aparición de la Norma sismo resistente, son los más vulnerables. 4) Los módulos mixtos son los más vulnerables que representan el 57% del total, el promedio del calificador estructural es  $S=0.7$  que significa un nivel de riesgo vulnerable. 5) Todas las metodologías que sirven para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica, tales como; el método ATC 21, japonés e italiano, obtienen resultados similares.
- Rojas (2017), desarrolló la tesis titulada: “Análisis del riesgo sísmico en las edificaciones informales en el sector 5 lado este de

Chupaca”, en la Universidad Peruana los Andes, Huancayo – Perú, para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Tuvo como objetivo general: Determinar el grado del riesgo sísmico en las viviendas informales. Como objetivos específicos se tuvo: 1) Determinar el grado del peligro sísmico en las viviendas informales. 2) Determinar el grado de la vulnerabilidad sísmico en las viviendas informales. 3) Identificar las pérdidas económicas que se pueden generar en las viviendas informales ante la presencia de un sismo. La investigación fue de tipo aplicada, de nivel descriptivo-explicativo, diseño no experimental, como muestra tuvo a 15 edificaciones informales. Los resultados obtenidos: 1) La evaluación del riesgo sísmico es de nivel alto en las edificaciones informales. 2) El grado de peligro sísmico es muy alto en las edificaciones informales de Chupaca. 3) El grado de vulnerabilidad es alto en las viviendas del sector 5 lado este de Chupaca. 4) El presupuesto calculado por la pérdida de la economía es de s/. 2116069.86 ante un sismo. Concluyó: 1) El riesgo sísmico es alto en las edificaciones informales del sector 5 lado este de Chupaca. 2) La topografía y pendiente del sector es el factor que genera el peligro sísmico alto. 3) De la misma forma, la topografía y la pendiente de la zona de estudio son los parámetros que producen una vulnerabilidad muy alta en las viviendas del sector 5 lado este de Chupaca.

- Ortega (2014), realizó el trabajo de investigación denominada: “Determinación de la vulnerabilidad estructural de edificaciones por efecto de sismo en el centro urbano del Distrito de Villa Rica”, en la Universidad Nacional Centro del Perú, Huancayo – Perú, para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Como objetivo general se tuvo: Determinar el grado de vulnerabilidad estructural de las edificaciones utilizando el método ATC 21 y el índice de

vulnerabilidad ante un sismo. Objetivos específicos: 1) Evaluar las características arquitectónicas actuales de las viviendas. 2) Analizar las condiciones actuales de los elementos estructurales de las edificaciones. 3) Desarrollar un mapa de peligro de las edificaciones más vulnerables ante un sismo. El resultado que obtuvo: Se analizaron 201 viviendas de mampostería no reforzada, de las cuales el 51 son no vulnerables, 117 presentan poco vulnerable, 27 presentan medianamente vulnerable y las 6 son muy vulnerables. Conclusiones: 1) Con la utilización del índice de vulnerabilidad se calculó la vulnerabilidad de las edificaciones de mampostería no reforzada teniendo el 9.95% pertenecen al tipo 4 que son construcciones sismo resistentes, el 85.57% son de tipo tres que son construcciones normales y el 4.48% son de tipo 2 que son construcciones símicamente débiles. 2) Para la determinación del índice de vulnerabilidad de las edificaciones son importantes las características arquitectónicas ya que refleja el comportamiento estructural ante un evento sísmico dado. 3) De las 201 edificaciones evaluadas el 88% de mampostería no reforzada presentan un diafragma horizontal rígido que cumple con la Norma sismo resistente, el 11% son rígidas deficientes que no cumplen con la Norma sismo resistente y el 1% que no presenta diafragma rígida.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Sismos**

Son vibraciones de la corteza terrestre generada por la presión y la liberación de la energía elástica acumulada al intermedio de dos placas tectónicas. Estas vibraciones pueden generar grandes daños a las edificaciones construidas por el hombre, cuando no han diseñado adecuadamente de acuerdo a los parámetros sismo resistente, cuando

no hubo un adecuado proceso de construcción y la utilización de los mejores materiales (Ramírez, 2007, pág. 2).

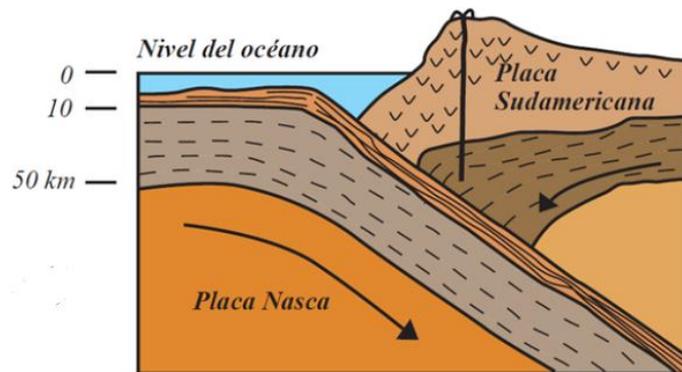


Figura 1. Choque de placa de Nazca y Sudamérica.

Fuente: Aceros Arequipa.

En la figura se puede observar dos placas en contacto produciendo energía elástica por la presión para luego ser liberado generando ondas de movimiento por el desplazamiento de los mismos.

#### 2.2.1.1. Medidas para calificar los sismos

##### a) Intensidad

La intensidad mide los daños producidos en las viviendas por un sismo. Se mide con escala de Mercalli, la cual, califica los daños generados en las construcciones por un sismo y la percepción de las personas. La escala de Mercalli tiene doce grados de medición expresados en números romanos (I al XII) (Instituto Nacional de Prevención Sísmica, pág. 1).

##### b) Magnitud

Mide la energía elástica liberada por el sismo, a la que se propaga en la superficie de la tierra y utiliza instrumentos llamado sismógrafos. A este fenómeno se mide con la escala de Richter, que comienza en 0 y no tiene límite superior (Instituto Nacional de Prevención Sísmica, pág. 1).

#### 2.2.1.2. Acción de los sismos sobre las edificaciones

Según Patricia (2015), cuando se presenta un sismo en la superficie de la tierra, esto se propaga a las estructuras mediante el cimiento. La masa de la edificación resiste las fuerzas sísmicas que se concentra en la base y genera esfuerzos que se propagan principalmente en las columnas y muros de la vivienda.

La magnitud de daño que puede producir un movimiento sísmico en las viviendas depende de las características de la dinámica del mismo, de las características situacionales de las viviendas y de la respuesta del terreno. Al combinar estas tres características determina el peligro que tienen los elementos estructurales de una vivienda construida por el hombre. (pág. 1)

Esfuerzos de los muros durante un sismo:

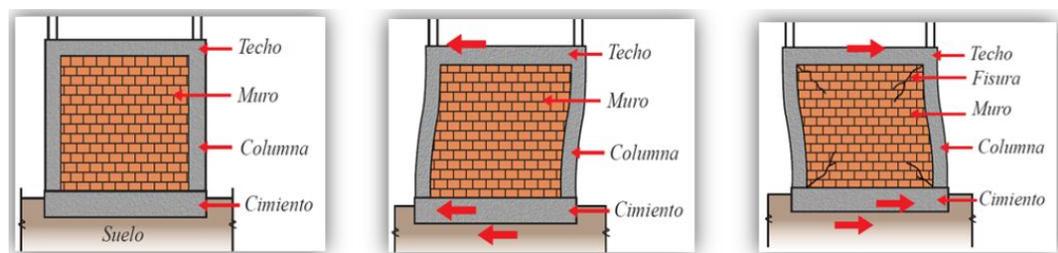


Figura 2. Esfuerzo de los muros antes, durante y después de un sismo.

Fuente: AVYSU, calidad en tu obra.

Antes que llegue las fuerzas del sismo, la vivienda solo soporta su propio peso, y cuando inicia el movimiento del sismo, el suelo comienza a moverse juntamente con la estructura produciendo deformaciones en los muros y columnas, durante el sismo el suelo se mueve en sentido contrario que la parte superior de la vivienda ocasionando mayores esfuerzos y deformaciones. Después de varios movimientos las paredes comienzan a fisurarse.

## **2.2.2. Sistemas estructurales de las edificaciones**

### *2.2.2.1. Pórticos*

Dice la Norma E.030 (2018), son estructuras en las que el 80% de la fuerza cortante en la base son concentrados en las columnas del pórtico. Cuando se diseñan muros portantes juntamente con este tipo de edificación, estos deberán diseñarse para soportar una fracción de las fuerzas sísmicas de acuerdo con su rigidez. (pág. 14)

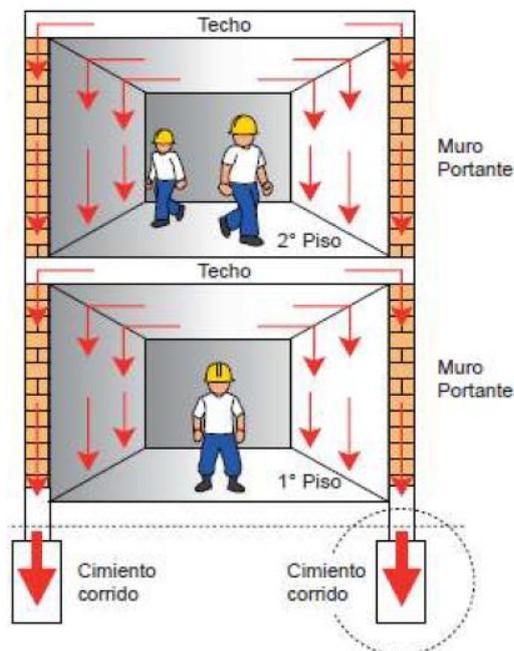
### *2.2.2.2. Muros estructurales*

Son estructuras en la cual las fuerzas sísmicas se concentran en los muros estructurales en la cual se concentra por lo menos el 70% de la fuerza cortante en la base (pág. 14).

Los muros de carga son elementos sujetos a la compresión, se puede construir en una sola dirección o una combinación de muros de carga en dos direcciones. Esta combinación tiene fin de refuerzo sísmico (Técnicas de la Construcción, pág. 4).

Este tipo de estructuras de cumplir con las siguientes condiciones:

- El área total de los vanos para un muro portante no debe ser mayor al 35% de su área total.
- Considerar mochetas de mínimo 50 cm de ancho entre vanos.
- La viga de amarre superior siempre debe ser como dintel.
- La altura de enrase para dinteles debe ser como máximo de 2.10 m. (Técnicas de la Construcción, pág. 5).



*Figura 3. Muros estructurales*

Fuente: Técnicas de la Construcción.

En la figura 3 se puede observar una estructura con los muros portantes. Las carga muertas y vivas son transmitidas al suelo por los muros, las columnas, el sobre cimiento y las zapatas de la estructura.

#### 2.2.2.3. *Dual*

Son estructuras que soportan las fuerzas sísmicas por una combinación de pórticos y muros estructurales. Los muros soportan las fuerzas cortantes entre el 20% a 70% en la base del edificio. Los pórticos deberán ser diseñados por lo menos para que soporten el 30% de las fuerzas cortantes en la base. (pág. 14)

### **2.2.3. Vulnerabilidad sísmica en edificaciones**

Según el Centro Nacional de Prevención de Desastres (s.f.), la vulnerabilidad sísmica es la susceptibilidad de la edificación a sufrir daños estructurales cuando exista la probabilidad de que se presente un evento sísmico determinado. Esta vulnerabilidad depende de las condiciones actuales de las viviendas como la geometría y la ubicación, factores estructurales y la utilización de la calidad de materiales, factores constructivos y la calidad de mano de obra. (pág. 5)

La vulnerabilidad sísmica en edificaciones debe contemplar aspectos físicos y funcionales de las estructuras capaces de poner de manifiesto los diversos niveles de afectación y daño que se puede producir en los elementos estructurales a causa de un sismo. En ese sentido, es muy importante conocer las clases de vulnerabilidad, las cuales son: la vulnerabilidad estructural, no estructural y funcional. (Caicedo, Barbat, Canas, & Aguilar, 1994, pág. 2)

#### 2.2.3.1. *Clases de vulnerabilidad*

##### 2.2.3.1.1. Vulnerabilidad estructural

Define Arrieta (2014), la vulnerabilidad estructural es la probabilidad de que los elementos de una estructura sufran daños que pueden ocasionar los movimientos sísmicos, lo que se conoce como daño estructural. Dicho de otro modo, daño que se

puede generar en los elementos estructurales que conforma una edificación. La cantidad de daño de una estructura es depende del comportamiento de ello ante las fuerzas sísmicas, la cual está relacionado con la calidad de los materiales empleados en la construcción, las especificaciones técnicas de los elementos estructurales, su configuración, esquema resistente juntamente con las cargas vivas y muertas. Asimismo, son las columnas, vigas, losas y muros quienes están expuestos a ser susceptibles ante un posible sismo. (pág. 7)

Principales puntos de evaluación de daños en edificios:

- Cimentación; losas corrida, pilotes, zapatas corridas y zapatas independientes.
- Sistema de soporte de carga vertical; columnas, muros de concreto, acero, madera, tabiquería.
- Sistema de soporte de carga lateral; muros de concreto, acero, madera, muros con columna corte.
- Tipo de estructura según la Norma E.030.
- Marcos con vigas altas, planas.
- Sistema de entrepiso; losa de concreto, prefabricado.
- Estructura de techo; madera, acero, losa.
- Cubierta de techo; teja, losa. (pág. 8)

#### 2.2.3.1.2. Vulnerabilidad no estructural

Es la susceptibilidad a daños que los elementos no estructurales de la vivienda puedan presentar. Se sabe que cuando se presenta un sismo la estructura puede dañarse y

quedar inhabilitada debido a daños no estructurales, sean por colapso de los elementos arquitectónicos, colapso de equipos, etc., mientras que la edificación permanezca en pie. (Ramirez, 1997, pág. 40)

De la misma forma afirma la Organización Panamericana de la Salud (s.f.), los elementos no estructurales de la vivienda están conformado por los muros exteriores no portantes, tabiquería interior, puertas, ventanas, paredes divisorias, equipos mecánicos eléctricos, la dotación de la vivienda ya sea agua y luz. Los daños estructurales son los causantes de pérdidas de vidas humanas y económicas cuando se presenta un sismo. La estructura del edificio está conformada entre 15% a 20% en cuando al costo de toda la estructura, por lo que genera mayores costos ante las amenazas sísmicas. Por ende, los ocupantes de la vivienda correrán mayores riesgos cuando los elementos no estructurales de la vivienda presentan alta vulnerabilidad y habrá mayores pérdidas esperadas. (pág. 30)

Principales puntos de evaluación de daños:

- Instalaciones básicas y equipos. - volcamiento del generador de electricidad, caída de equipos de laboratorio, rotura de tuberías al interior de la vivienda.
- Elementos arquitectónicos. - revestimiento de muros, vigas y columnas.
- Muros no estructurales.- paredes de mampostería, tabiquerías.
- Cielos rasos.- planchas, lámparas, paneles.

- Ventanas.- colapso de vidrio. (Organización Panamericana de la Salud, s.f.)

#### 2.2.3.1.3. Vulnerabilidad funcional

Cuando se refiere de la vulnerabilidad funcional, es necesario realizar una referencia a los aspectos externos de la vivienda, ya sean los servicios públicos, la selección del terreno, las restricciones ambientales, las vías adyacentes y su conexión con el entramado urbano. En el mismo sentido, la vulnerabilidad funcional busca determinar la susceptibilidad de una vivienda a sufrir un colapso funcional a causa de un sismo. Esto solo es observado al momento en que ocurra una emergencia ante un sismo. Ante esta situación, los más vulnerables son los suministros de agua y de energía eléctrica. También son vulnerables las tuberías de alcantarillado, gas y combustibles. (Organización Panamericana de la Salud, s.f., pág. 10)

Asimismo, estos aspectos funcionales incluyen las vías que conecta con el resto de la ciudad; las circulaciones primarias y secundarias, privadas y públicas. Se evalúa la posibilidad de inutilización de ascensores, tráfico en las escaleras y pasillos, así como el atascamiento de puertas. (Organización Panamericana de la Salud, s.f., pág. 11)

La evaluación se sitúa en dos ámbitos:

#### 2.2.3.1.4. Amenaza y vulnerabilidad del entorno

Dice Ríos (s.f.), es muy importante que las edificaciones esenciales no solo tengan una adecuada ubicación y funcionalidad, sino que su entorno presenta condiciones que sean capaces de desarrollar su actividad de la manera más eficiente posible (pág. 3).

- Lo urbano. - pequeñas industrias que contienen materiales inflamables que pueden ocasionar incendios. Los puentes pueden colapsar dividiendo en dos la ciudad (pág. 4).
- La vulnerabilidad social.- el incremento poblacional, hundimiento de viviendas que ocasionan daños en las redes de agua y alcantarillado. Los factores que expresan y conforman una alta vulnerabilidad social son en resumen; la pobreza, desocupación, déficit de servicios públicos básicos. (pág. 5)
- Instalaciones aledañas importantes.- edificaciones y ambientes que presenta la asistencia sanitaria o seguridad, como los grandes parques y establecimientos educativos (pág. 6).

#### 2.2.3.1.5. Vulnerabilidad funcional del establecimiento

- Descripción general del establecimiento.- la antigüedad, viabilidad, ingresos, señalización e identificación.
- Áreas críticas.- zonas donde se puede permanecer después del desastre.
- Medidas generales de protección adoptadas contra desastres.- mitigación, preparativos, capacitación, redes externas y plan ciudadano. (Ríos, s.f., págs. 9-10)

#### 2.2.3.2. *Métodos de análisis de vulnerabilidad sísmica*

##### 2.2.3.2.1. Métodos analíticos

Este método es similar al diseño sismo resistente, es decir, para la evaluación de vulnerabilidad de edificaciones se

considera como un estudio por medio de un método analítico, el cual permite un análisis dinámico inelástico de la estructura para luego conocer el proceso de plastificación y el colapso de la estructura de una vivienda. (Programa de Capacitación para la estimación del riesgo, 2010, pág. 332)

A continuación se describen algunos métodos analíticos para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica.

#### A. Método ATC – 21

Este método consiste en la inspección visual rápida de las edificaciones existentes para los peligros sísmicos potenciales, para poder determinar si el edificio está en condiciones de soportar las fuerzas sísmicas que se pueden presentarse en un determinado tiempo y lugar. Es un método que tiene como fin darle una calificación inicial de una edificación. Los puntajes se van incrementando o restando de acuerdo de las características estructurales que se evalúan, la cual depende del tipo de estructura y resistencia sísmica que tenga el edificio. (Programa de Capacitación para la estimación del riesgo, 2010, pág. 332)

El análisis de vulnerabilidad inicia con la identificación del sistema estructural que resiste las fuerzas sísmicas así como los materiales de los que está compuesto. El puntaje se van sumando o restando a partir de las condiciones iniciales de la vivienda. A continuación de detallas los factores tales como:

- Tiene una altura significativa.

- Los elementos estructurales presentan deterioros.
- Si presenta irregularidades geométricas.
- Si hay suelos flexibles en donde está apoyada la estructura.
- Si existe torsión en planta.

En este método la escala va desde 0 hasta 6. Donde la estructura está en 0 significa mal comportamiento sísmico y cuando está en 6, muy buen comportamiento. Si resulta una calificación menor a 2, se necesita una evaluación más detallada. (pág. 333)

#### B. Método FEMA - 273

Este método, se enfoca solamente en la evaluación de los elementos estructurales (columnas y vigas) que se encuentran deficientes en cuanto a su capacidad o resistencia. Asimismo, el mismo método adicionalmente ofrece una estrategia para el rehabilitación o reforzamiento de la estructura que se encuentra altamente vulnerable. (pág. 333)

Con la utilización del método FEMA – 273 se calcula los cortantes en la base, por piso y las cargas gravitacionales de la estructura, modificados por torsión accidental. Para este cálculo se utiliza la siguiente formula:

$$mkQ_{ce} \geq Q_{ud}$$

$$mkQ_{ci} \geq Q_{uf}$$

Donde:

m: factor de modificación de las cargas axiales y cortantes.

k: factor de conocimiento de la estructura.

Qce: resistencia axial, corte y flexión.

Qud: deformación de la estructura debido a las cargas vivas y muertas.

Qci: resistencia mínima de la estructural.

Quf: es la rigidez y la resistencia de la estructura. (pág. 334)

#### C. Método NSR 98

Dice Paralta (2002), este método tiene como objetivo comprobar si la estructura diseñada cumple con los parámetros sismo resistente. El procedimiento para la calificación consiste en la identificación de una serie de parámetros con la que se ha construido una edificación en todo los elementos estructurales, el tipo de cimentación y las propiedades de los materiales utilizados, entre otros. (pág. 220)

Pasos necesarios para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica con el método NSR 98:

- Recolección de los datos de la edificación como los planos y las memorias descriptivas.
- Inspección visual de la vivienda.

- Si no tiene planos, elaborarla.
- Estudio del sistema estructural.
- Estudio del suelo.
- Dimensiones de elementos estructurales y localización de refuerzos.
- Evaluar la resistencia del agregado.
- Analizar la elasticidad lineal.
- Identificación de los índices de sobre esfuerzo en los elementos de la estructura.
- Identificación de los índices de flexibilidad de pisos y estructuras. (pág. 221)

#### 2.2.3.2.2. Métodos cualitativos

##### A. Método NAVFAC

Este método analiza los daños ocasionados por una posible existencia de un sismo. Los procedimientos básicos de calificación son:

- Recolección de datos de la estructura.
- Estudio detallado de la estructura, in-situ.
- Identificación del espectro de respuesta elástica.
- Cálculo del índice de daño.
- Cálculo del índice global de daño. (Paralta , 2002, pág. 209)

El índice global de daños de la estructura se calcula con la siguiente ecuación:

$$I = \left(\frac{D}{C}\right) \times 100\%$$

Donde:

I = índice de daños.

(D/C) = relación de demanda sobre capacidad resistente.

El índice de daños es la tercera parte del índice de daño en la dirección más crítica. (Paralta , 2002, pág. 209)

## B. Método Japonés

Este método se utiliza en edificios de hormigón armado y albañilería, de seis a ocho pisos estructurados con muros o pórticos, de altura media existentes o dañados. Para la evaluación de la seguridad se hace por tres pasos sucesivos, para obtener como resultado dos índices que miden la seguridad sísmica de la construcción. (Chavarra & Gómez, 2012).

El índice sísmico de la estructura es calculado de por el producto de cuatro subíndices, que a continuación se detalla la ecuación:

$$I_s = E_0 \times G_x \times S_d \times T$$

Donde:

I<sub>s</sub> = Índice sísmico de la estructura.

$E_o$  = Subíndice sísmico de la estructura.

$G$  = Subíndice sísmico del terreno.

$S_d$  = Subíndice sísmico que corresponde a la concepción estructural.

$T$  = Subíndice sísmico relacionado al deterioro a través del periodo. (Chavarra & Gómez, 2012)

### C. Método venezolano

Dice Paralta (2002), este método es aplicable a las viviendas bajos de hormigón armado o mampostería. Evalúa los cortes que se han producido en la estructura de una vivienda y después se halla un índice global de entepiso. Los procedimientos básicos para su cálculo son:

- Evaluación de los planos y memorias de diseño de la edificación.
- Dimensionamiento de la estructura del edificio, las especificaciones de los elementos resistentes a las fuerzas laterales.
- Localización de las columnas cortas, revisión de agrietamientos, arriostramiento y condición general de paredes.
- Localización de los elementos no estructurales que son susceptibles a caerse durante la presencia de un sismo.

- Evaluación de las salidas de emergencia y los dispositivos contra el incendio.
- Se calcula las fuerzas sísmicas cortantes que actúan en la base de la estructura ( $V_u$ ).
- Calcular las fuerzas cortantes resistentes del entrepiso ( $V_{ur}$ ).
- Halla la relación  $E = V_{ur}/V_u$ .
- Cálculo del índice sísmico ( $I_s$ ). (pág. 210)

#### D. Método del índice de vulnerabilidad

Según Reyes, Sarria y Maltez (s.f.), el índice de vulnerabilidad halla sumando los valores de los sismos de cada uno de los parámetros estructurales y no estructurales, quienes son importantes para el buen comportamiento sísmico de las estructuras de mampostería. En el mismo sentido, cada parámetro es multiplicado por el peso del elemento estructural  $W_i$ , este varía de 0.25 a 1.5. Este coeficiente representa la importancia de cada uno de los parámetros dentro del sistema resistente del edificio. (pág. 3)

Por otra parte, este método se aplica para edificios de mampostería no estructural y para edificios en hormigón armado. En cada una de las dos tipos de estructuras, se evalúan once parámetros dándole la calificación parcial  $K_i$  a cada uno, desde A hasta D, donde A es óptimo y D es pésimo. Cada vez que suba la medida del índice, la edificación es más vulnerable. (pág. 4)

Tabla 1. Matriz de calificación para el método del índice de vulnerabilidad

Ítem	Parámetros	Clase Ki				Peso
		A	B	C	D	Wi
1	Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1.50
2	Calidad del sistema resistente	0	5	25	45	1.00
3	Resistencia convencional	0	5	25	45	1.00
4	Posición del edificio y cimentación	0	5	25	45	1.00
5	Diafragma horizontales	0	5	25	45	0.50
6	Configuración en planta	0	5	25	45	1.00
7	Configuración en elevación	0	5	25	45	1.00
8	Distancia máxima entre los muros	0	5	25	45	0.75
9	Tipo de cubierta	0	15	25	45	0.25
10	Elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25
11	Estado de conservación	0	5	25	45	0.25

Fuente: Metodología para la determinación de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones, Reyes, Sarria y Maltez.

En la tabla mostrada se plasma los diferentes parámetros para la evaluación del índice de vulnerabilidad con sus respectivos valores.

El índice de vulnerabilidad se calcula con la siguiente fórmula:

$$IV = \sum_{i=1}^{11} Ki * Wi$$

De la ecuación mostrada se puede decir que la vulnerabilidad varía en una escala continua de valores desde 0 hasta 382.5. A este máximo valor se divide entre

3.825 para obtener un rango de  $0 < IV < 100$ . A continuación se define los rangos de vulnerabilidad. (Reyes, Sarria, & Maltez, s.f., pág. 4)

- Vulnerabilidad < 15%: BAJA
- 15% <= vulnerabilidad < 35%: MEDIA
- Vulnerabilidad >= 35%: ALTA

#### 2.2.3.2.3. Métodos experimentales

Estos metidos determinan el comportamiento dinámico de la estructura por modelos matemáticos o por medición directa de vibraciones sísmicas. En la mayoría de los casos, estos métodos deben ser complementados con técnicas analíticas, porque no aportan información a las propiedades dinámicas de la estructura bajo las fuerzas sísmicas, lo cual no aporta con la resistencia del esfuerzo y disipación de energía. (Paralta , 2002, pág. 221)

#### 2.2.3.3. Aspectos generales del riesgo sísmico

##### a) Peligro sísmico

La peligrosidad sísmica de una región es la probabilidad de que se produzcan en ella movimientos sísmicos de una cierta importancia en un plazo determinado. La amenaza sísmica es igual a la sismicidad más la exposición sísmica. (Zenón, s.f., pág. 2)

##### b) Vulnerabilidad sísmica

Según Arrieta (2014), es el grado de resistencia de un grupo de elementos de una estructura bajo las fuerzas sísmicas. También es un conjunto de parámetros que pueden predecir el

daño de una estructura, el modo de falla y la capacidad resistente de una estructura ante un probable de sismo. Se mide generalmente en una escala que va desde cero a uno (0 sin daño y 1 daño total). (pág. 6)

c) Riesgo sísmico

Es una medida que combina la peligrosidad sísmica con la vulnerabilidad sísmica de que exista la probabilidad de que se genere daños y pérdidas físicas, sociales y económicas que afecta a la población por la posible existencia de un sismo en un determinado momento. (Gaslonde & Pérez, s.f., pág. 1)

2.2.3.4. *Factores que afectan la vulnerabilidad sísmica*

d) Geométrico

- **Irregularidad de planta**

La forma geométrica en planta debe ser regular y aproximadamente simétrica. El largo debe ser menor a tres veces el ancho ( $L < 3$  ancho). Las diferentes formas de vulnerabilidad con respecto a irregularidad de planta son: Presenta vulnerabilidad baja (la forma geométrica es regular y aproximadamente simétrica), vulnerabilidad media (presenta algunas irregularidades no pronunciadas) y vulnerabilidad alta (la forma es irregular donde el largo es mayor que tres veces el ancho) respectivamente (ver figura 4). (Centro Nacional de Prevención de Desastres, s.f., pág. 9)

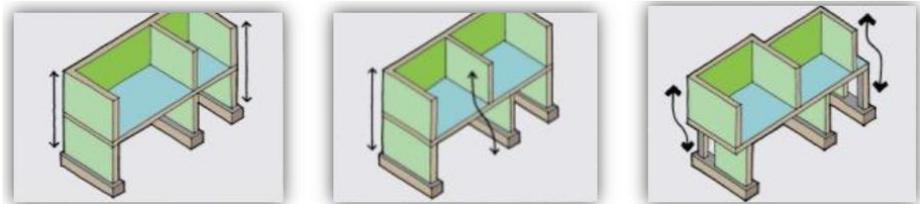


*Figura 4.* Irregularidad en planta (vulnerabilidad baja, media y alta).

Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres.

- **Irregularidad en altura**

Los muros estructurales deben ser continuos desde la cimentación hasta la cubierta. En la figura 5 se observa la vulnerabilidad baja, media y alta respectivamente por irregularidad en altura. (Centro Nacional de Prevención de Desastres, s.f., pág. 13)



*Figura 5.* Irregularidad en altura (vulnerabilidad baja, media y alta).

Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres.

e) Constructivos

- **Calidad de juntas unidas con mortero de pega**

Presenta vulnerabilidad baja cuando la junta está entre 0.7 y 1.3 cm, vulnerabilidad media cuando es mayor a 1.3

cm o menor de 0.7 cm, vulnerabilidad alta cuando las juntas verticales y horizontales no existen en zonas de muro (ver figura 6). (Gaslonde & Pérez, s.f., pág. 4)

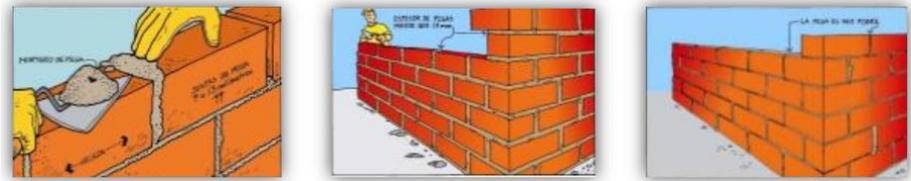


Figura 6. Calidad de juntas (vulnerabilidad baja, media y alta).

Fuente: Mitigación del riesgo sísmico, Gaslonde y Pérez.

#### - Disposiciones de unidad de mampostería

Presenta vulnerabilidad baja cuando las unidades de albañilería están colocadas de manera uniforme y continúa hilada tras hilada, vulnerabilidad media es cuando existe agrietamientos moderados, vulnerabilidad alta cuando presenta agrietamientos muy altos. Las unidades no están colocadas de manera uniforme (ver figura 7). (Gaslonde & Pérez, s.f., pág. 4)

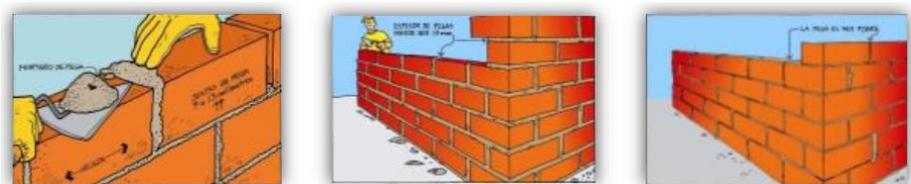


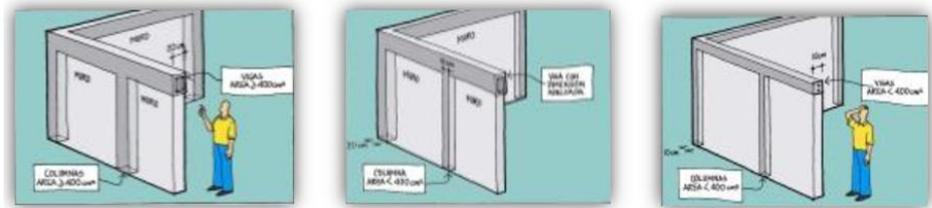
Figura 7. Disposiciones de unidad de mampostería (vulnerabilidad baja, media y alta).

Fuente: Mitigación del riesgo sísmico, Gaslonde y Pérez.

f) Estructurales

- **Detalles de columnas y vigas de confinamiento**

Se debe conectar adecuadamente los muros con las columnas. El refuerzo longitudinal de las columnas y vigas debe estar anclado adecuadamente en la cimentación. En la figura 8 se observa la vulnerabilidad baja, media y alta de los detalles de columnas y vigas de confinamiento. (Centro Nacional de Prevención de Desastres, s.f., pág. 20)

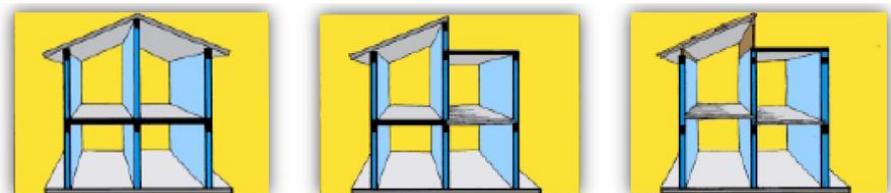


*Figura 8.* Columnas y vigas de confinamiento (vulnerabilidad baja, media y alta).

Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres.

- **Tipo y disposición de pisos**

El entrepiso debe estar conformado por placas de concreto fundidas en el sitio o placas prefabricadas. La placa del entrepiso es continua, de una sola pieza y uniforme en relación con los materiales que la componen. La vulnerabilidad del entrepiso se observa en la figura 9. (Centro Nacional de Prevención de Desastres, s.f., pág. 24)

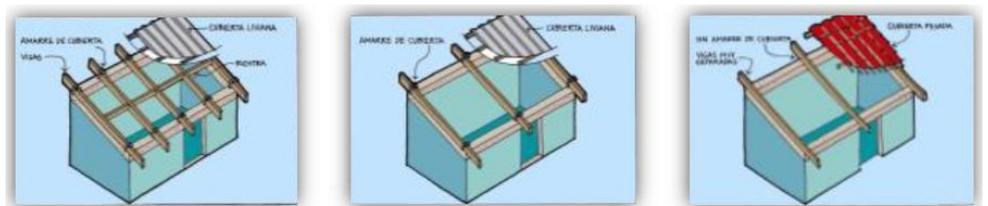


*Figura 9. Entrepisos (vulnerabilidad baja, media y alta).*

Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres.

- **Amarre de cubiertas**

Las cubiertas deben de estar amarrados con alambres o tornillos. La cubierta es de peso ligero y está amarrada y apoyada a la estructura de cubierta. En la figura 10 se muestra la vulnerabilidad baja, media y alta debido a los amarres de cubierta. (Centro Nacional de Prevención de Desastres, s.f., pág. 26)



*Figura 10. Amarre de cubierta (vulnerabilidad baja, media y alta).*

Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres.

g) **Cimentación**

La cimentación debe ser con vigas de cimentación, la cual debe ser de concreto armado, empotrados por lo menos a 50 cm dentro del terreno. Las vigas de cimentación conforman anillos amarrados. En la figura 11 se observa que en la primera imagen la vivienda presenta una vulnerabilidad baja por encontrarse correctamente construida, la segunda imagen presenta una vulnerabilidad media debido a que la cimentación no está debidamente amarrada, y la tercera imagen presenta

una vulnerabilidad alta ya que no cuenta con una cimentación adecuada. (Gaslonde & Pérez, s.f., pág. 7)

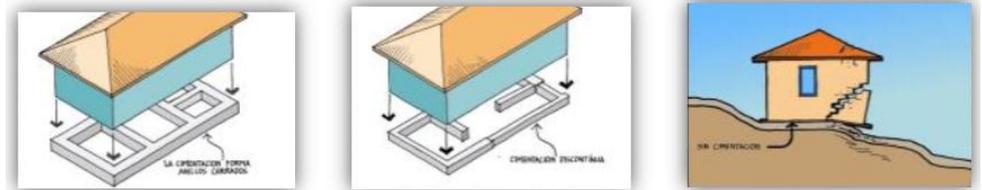


Figura 11. Cimentación (vulnerabilidad baja, media y alta).

Fuente: Mitigación del riesgo sísmico, Gaslonde y Pérez.

#### h) Suelos

El suelo donde se va a construir una edificación debe ser duro y compacto. Alrededor de la vivienda no debe de existir hundimientos. Observar que las viviendas de la zona no presenten agrietamientos o daños generales. En la figura 12 se observa: la vulnerabilidad es baja (el suelo es duro, no existe hundimiento y no se siente vibraciones por al paso de vehículos), vulnerabilidad media (el suelo presenta media resistencia, existe hundimientos y se siente vibraciones pequeñas por el paso de vehículos) y vulnerabilidad alta (el suelo es muy blando, se siente vibraciones y la mayoría de las viviendas presentan agrietamiento). (Gaslonde & Pérez, s.f., pág. 7)



Figura 12. Suelos (vulnerabilidad baja, media y alta).

Fuente: Mitigación del riesgo sísmico, Gaslonde y Pérez.

i) Entorno

La topografía donde se encuentra la vivienda debe ser plana o muy poco inclinada. En la figura 13 se observa que: las viviendas presentan vulnerabilidad baja (la topografía es adecuada para la construcción), vulnerabilidad media (el plano es inclinado a 20 y 30 grados respecto a la superficie) y vulnerabilidad alta (la vivienda se encuentra en una topografía con una pendiente mayor a 30 grados respecto a la horizontal). (Centro Nacional de Prevención de Desastres, s.f., pág. 29)

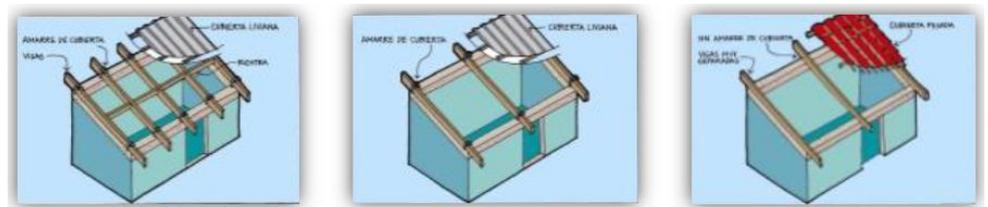


Figura 13. Entorno (vulnerabilidad baja, media y alta).

Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres.

2.2.3.5. Características de una vivienda sismo resistente

Una vivienda sismo resistente es aquella que puede soportar las fuerzas sísmicas. Para ello se debe cumplir tres condiciones:

j) Buenos planos

Según Orihuela, Orihuela, Lazo y Ulloaydie (2010), La vivienda antes de ser construida debe contar con un plano adecuado de estructuras, en la cual se detallan las dimensiones del cimiento, los muros, las columnas, las vigas y los techos; así también se debe especificar los materiales con los que se construirán. La estructura solo resistirá las fuerzas sísmicas

siempre en cuando estén construidas de acuerdo a las Normas y que cumplan lo indicado en este plano. (pág. 8)

k) Buenos especialistas

Los maestros y los obreros deben de conocer bien los procesos constructivos de una vivienda, con la finalidad de plasmar correctamente lo indicado en los planos (pág. 8).

l) Buenos materiales

Los materiales que se utilizan en la construcción de una vivienda deben de alcanzar la resistencia adecuada para soportar las fuerzas sísmicas y que garantice la durabilidad de la estructura de la sin deteriorarse a través del tiempo (pág. 8).

2.2.3.6. *Forma adecuada de la vivienda*

Para que una vivienda sea sísmicamente resistent, debe cumplir con las siguientes características: simetría, continuidad de las losas, ubicación de puertas y ventanas, cantidad de muros y continuidad de los muros (Orihuela, Orihuela, Lazo, & Ulloaydie, 2010, pág. 9).

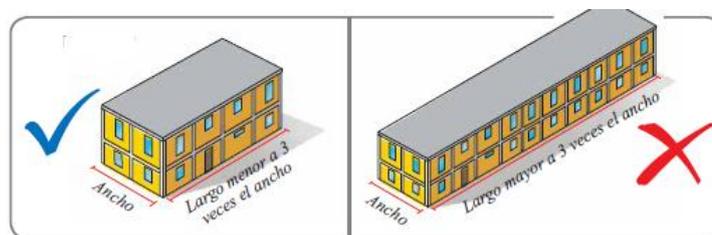


Figura 14. Simetría de la vivienda.

Fuente: Manual de construcción sismo resistente de viviendas, Cardona O., (1984).

En la figura 14 se puede ver que una vivienda se debe construir lo más idéntica posible tanto en la planta como en elevación. De la misma forma, no se debe construir viviendas que cuyo largo sea mayor a tres veces el ancho.

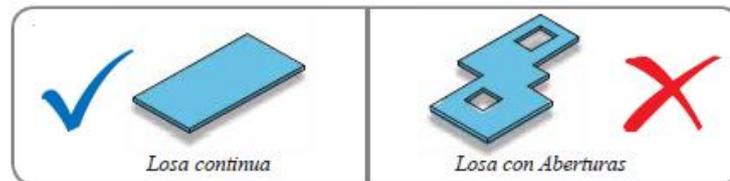


Figura 15. Continuidad de las losas de una vivienda.

Fuente: Manual del Maestro Constructor, Orihuela, Orihuela, Lazo, & Ulloaydie, (2010).

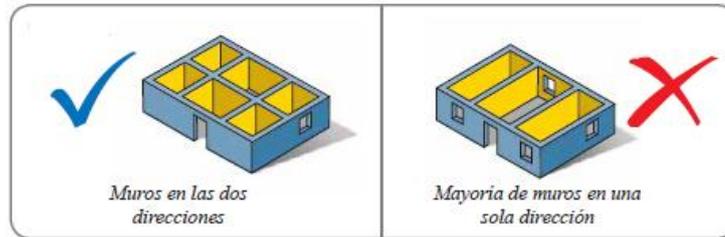
Según la figura 15, en el diseño de una vivienda se debe evitar grandes aberturas o muchas aberturas pequeñas en los techos o en losas.



Figura 16. Ubicación de puertas y ventanas de una vivienda.

Fuente: Manual del Maestro Constructor, Orihuela, Orihuela, Lazo, & Ulloaydie, (2010).

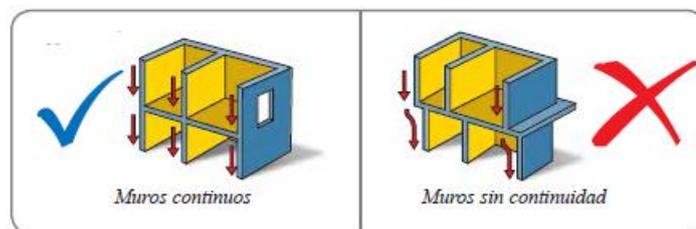
Según la figura 16, la ubicación de las puertas y ventanas deben estar en el mismo sitio en todos los pisos de una edificación. Asimismo, se deben de construir sin dinteles, es decir, las ventanas y puertas deben llegar hasta la viga.



*Figura 17. Cantidad de muros de una vivienda.*

Fuente: Manual del Maestro Constructor, Orihuela, Orihuela, Lazo, & Ulloaydie, (2010).

Los muros se deben construir en las dos direcciones de una vivienda tal como se muestra en la figura 17, tratando de que la cantidad de dichos muros sea lo mismo. En el sistema de construcción confinada, los muros son las que soportan los sismos que pueden venir en cualquier momento.



*Figura 18. Continuidad de muros de una vivienda.*

Fuente: Manual de construcción sismo resistente de viviendas, Cardona O., (1984).

Los muros se deben de construir continuamente en todos los pisos de una vivienda, es decir, los muros de pisos superiores deben estar ubicados sobre los muros de pisos inferiores.

## 2.2.4. Descripción del Distrito de Huayucachi - Huancayo

El distrito de Huayucachi es uno de los veintiocho distritos de la Provincia de Huancayo, ubicado en el Departamento de Junín, Perú. Limita por el sur con el Distrito Viquez, por el norte con el distrito de Huancán, por el este con el distrito de Sapallanga, por el oeste con la Provincia de Chupaca. Este distrito fue creado por el Presidente Ramón Castilla en el año 1857 por la Ley sin número. (Municipalidad Distrital de Huayucachi, 2014).

### 2.2.4.1. Geografía

Geográficamente el Distrito de Huayucachi tiene un área de 13.3 km<sup>2</sup>, ubicado a una altura de 3201 metros sobre el nivel del mar. Su capital es el poblado de Huayucachi. Este distrito está dividido en centros poblados menor como Huamanmarca, Centro, Colpa, La Libertad, Mantaro, Chanchas, Miraflores, Manya, Yacus y Quillispata. (Municipalidad Distrital de Huayucachi, 2014).

### 2.2.4.2. Mapa político

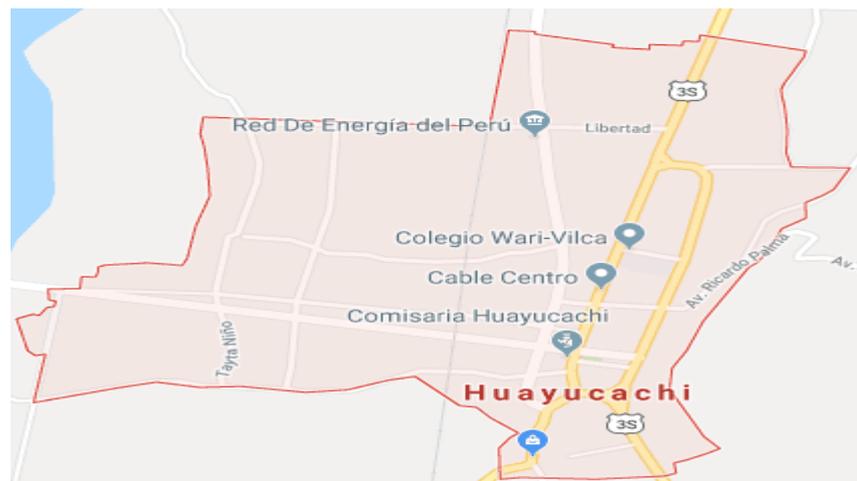


Figura 19. Mapa político del Distrito de Huayucachi.

Fuente: Mapas del Perú

#### 2.2.4.3. *Clima*

Su clima es templado, frío y seco del Distrito de Huayucachi, la temperatura se diferencia entre el día y la noche, y son variables en los diferentes periodos del año (Municipalidad Distrital de Huayucachi, 2014).

#### 2.2.4.4. *Vías de acceso*

Tiene dos medios de entrada al Distrito de Huayucachi, los cuales son: mediante vías terrestres (carretera central que es el Panamericana Sur, Huancayo – Huancavelica – Ayacucho, Carretera tramo Pilcomayo, Sapallanga, Chupaca, Chupuro, Carretera Chupuro y las carreteras de Viques y Huayucachi), mediante ferroviarios (Ferrocarril Huancayo – Huancavelica). (Municipalidad Distrital de Huayucachi, 2014)

### **2.3. DEFINICIÓN DE CONCEPTOS**

#### – **Sismos**

Son vibraciones de la corteza terrestre por causa de la liberación de la energía elástica por dos placas tectónicas. Estos pueden producir grandes daños en las edificaciones, si no se han construido bajo las normas sismo resistente. (Orihuela, Orihuela, Lazo, & Ulloaydie, 2010, pág. 4)

#### – **Vulnerabilidad sísmica de las viviendas**

Es la susceptibilidad de las edificaciones a sufrir daños estructurales cuando se presenta un evento sísmico determinado. Esta vulnerabilidad se da debido a los factores como la geometría de la vivienda, factores constructivos y factores estructurales. (Centro Nacional de Prevención de Desastres, s.f., pág. 4)

– **Vulnerabilidad estructural**

Es la susceptibilidad de las viviendas a sufrir daños estructurales ante un sismo. Los elementos estructurales deben ser considerado durante la etapa de diseño y construcción, cuando se construye una nueva edificación, o durante el periodo de reparación, remodelación o mantenimiento, cuando se refiere de una vivienda ya construida. (Organización Panamericana de la Salud, s.f., pág. 28)

– **Vulnerabilidad no estructural**

Una vivienda puede permanecer en pie luego de un severo sismo y quedar inhabilitado debido a daños no estructurales. El estudio de la vulnerabilidad no estructural se basa en los daños de los componentes de una estructura, las cuales pueden ser afectados por un sismo severo durante la vida útil de la edificación. (Centro Regional de Información Sobre Desastres, 2004, pág. 83)

– **Vulnerabilidad funcional**

Cuando se refiere a la vulnerabilidad funcional se enfoca en los aspectos externos, relativos a la selección del terreno, los servicios públicos, las vías adyacentes, las restricciones ambientales, la conexión de vías con el entramado urbano. También se refiere a la zonificación general (Organización Panamericana de la Salud, s.f., pág. 10).

– **Vivienda confinada**

Edificación en la que sus muros reciben y soportan cargas verticales de la estructura transmitiendo a la cimentación, mediante esfuerzos de compresión (Técnicas de la Construcción, pág. 4).

– **Método ATC 21**

Consiste en la revisión rápida de peligros sísmicos potenciales en edificaciones existentes, se fundamenta simplemente en realizar una evaluación inicial a la vivienda, en la cual, se van filtrando las características estructurales de la vivienda, a la vez se van sumando o restando puntos a la calificación inicial. (Paralta , 2002, pág. 220)

– **Método de índice de vulnerabilidad**

El índice de vulnerabilidad se halla sumando los valores de la calidad sísmica de cada una de los elementos con sus respectivos parámetros estructurales y no estructurales, quienes son los principales soportes para un buen comportamiento estructural ante un sismo. (Reyes, Sarria, & Maltez, s.f., pág. 3)

– **Vivienda sismo resistente**

Una vivienda sismo resistente es aquella que está construida bajo los parámetros de la Norma E.030, y que puede soportar los efectos dañinos de los sismos. (Orihuela, Orihuela, Lazo, & Ulloaydie, 2010, pág. 8)

– **Norma E.030**

Es una norma que establece los parámetros mínimos para que las edificaciones diseñadas soporten los sismos para evitar pérdida de vidas humanas, prevenir la continuidad de servicios básicos y reducir los daños a la vivienda (Norma Técnica E.030, 2018, pág. 4).

## **2.4. HIPOTESIS**

### **2.4.1. Hipótesis General**

La vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi son determinados por factores estructurales, no estructurales y funcionales.

### **2.4.2. Hipótesis Específicas**

- a) Los parámetros que determinan el factor estructural de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi son configuración en planta, configuración en elevación, estado de conservación entre otros.
- b) Los parámetros que determinan el factor no estructural de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi son gran altura, colisión entre edificaciones, mal mantenimiento entre otros. .
- c) Los parámetros que determinan el factor funcional de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi son de servicios básicos, de ambiente, con respecto a zonas críticas entre otros.
- d) El diseño sismo resistente de una vivienda en el distrito de Huayucachi muestra deformaciones poco significativas.

## **2.5. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN**

Variable Independiente (X):

Factores estructurales, no estructurales y funcionales.

Variable Dependiente (Y):

## Vulnerabilidad Sísmica

### 2.5.1. Definición conceptual de la variable

Variable Independiente(X):

Factores estructurales, no estructurales y funcionales son aquellas condiciones o parámetros que influyen directamente en el comportamiento de una vivienda ante un evento sísmico.

Variable Dependiente (Y):

Vulnerabilidad Sísmica es la susceptibilidad de las edificaciones a sufrir daños cuando se presenta un evento sísmico determinado

### 2.5.2. Definición operacional de la variable

$$Y=f(X)$$

La vulnerabilidad sísmica está determinada por **Factores Estructurales**: organización del sistema resistente, calidad del sistema resistente, resistencia convencional, posición del edificio y cimentación, diafragma horizontales, configuración en planta, configuración en elevación, distancia máxima entre muros, elementos no estructurales, estado de conservación, **Factores No Estructurales**: gran altura, mal mantenimiento, irregularidad vertical, irregularidad planta, colisión entre edificaciones, presencia de columnas cortas, condiciones del suelo. Y **Factores Funcionales**: social, de servicios básicos, de ambiente, respecto al acceso, respecto a las zonas críticas, respecto a las medidas de protección

Se establece una relación función entre estas variables, es decir, relación de causa-efecto.

### 2.5.3. Operacionalización de la variable

Tabla 2. Operacionalización de las variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Independiente (X): Factores Estructurales Factores No estructurales Factores Funcionales	Estructural	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organización del sistema resistente</li> <li>- Calidad del sistema resistente</li> <li>- Resistencia Convencional</li> <li>- Posición del edificio y cimentación</li> <li>- Diafragma horizontales</li> <li>- Configuración en planta</li> <li>- Configuración en elevación</li> <li>- Distancia máxima ente muros</li> <li>- Elementos no estructurales</li> <li>- Estado de conservación</li> </ul>
	No estructural	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gran altura</li> <li>- Mal mantenimiento</li> <li>- Irregularidad vertical</li> <li>- Irregularidad planta</li> <li>- Colisión entre edificaciones</li> <li>- Presencia de columnas cortas</li> <li>- Condiciones del suelo</li> </ul>
	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Social</li> <li>- De servicios básicos</li> <li>- De ambiente</li> <li>- Respecto al acceso</li> <li>- Respecto a las zonas críticas</li> <li>- Respecto a las medidas de protección</li> </ul>
Dependiente(Y): Vulnerabilidad Sísmica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Método del Índice de Vulnerabilidad</li> <li>- Método ATC-21</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta</li> <li>- Media</li> <li>- Baja</li> </ul>

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

### **3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

En el presente trabajo de investigación se empleó el **método científico**, este método se utiliza para seguir el procedimiento de investigación con la finalidad de contestar las preguntas sobre diversos fenómenos que se presentan en la naturaleza y los problemas que afectan a la sociedad.

Se utilizó el método científico con el objetivo de seguir los procedimientos adecuados que una investigación requiere para llegar a solucionar los problemas sociales, como el caso del presente trabajo de investigación que se enfoca identificar el grado de vulnerabilidad sísmica de las viviendas construidas inadecuadamente

### **3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Esta investigación fue de tipo **aplicada**, este tipo de investigación busca conocer, construir, actuar y modificar una realidad problemática. Asimismo, tiene el interés de aplicar los conocimientos teóricos sobre una problemática. Los trabajos de investigación de

ingeniería civil están focalizados dentro de este tipo de clasificación, siempre en cuando solucionen alguna problemática.

Este trabajo de investigación sirvió para identificar los peligros y riesgos sísmicos que corren las edificaciones del Distrito de Huayucachi, la investigación sirve para conocer la realidad y las problemáticas que tiene una sociedad.

### 3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Este trabajo de investigación fue de nivel **descriptivo-explicativo**, este nivel de investigación tiene por objetivo de describir las características, propiedades y rasgos esenciales de los hechos y fenómenos de la realidad, todos ellos en un momento determinado.

Se realizó un análisis descriptivo de las situaciones actuales de la viviendas construidas inadecuadamente, identificándose las fallas, los riesgos y el peligro sísmico.

Así mismo se estableció la relación causa-efecto entre las variables en estudio.

### 3.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación fue **no experimental**, como dice Carrasco (2006), son aquellos diseños de investigación que sus variables independientes carecen de manipulación intencional, no tienen un grupo de control, por lo tanto no se experimenta. Estudian los hechos y fenómenos de la realidad después de su ocurrencia (pág. 21).

Por lo tanto, el diseño de la investigación fue de la siguiente manera:



*Figura 20:* Diseño de la investigación.

Fuente: Metodología de la investigación, Carrasco S., 2006.

Donde:

M Muestra

O Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas.

### **3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.5.1. Población**

La población estuvo constituida por las 2097 viviendas del distrito de Huayucachi.

#### **3.5.2. Muestra**

El tipo de muestreo fue el probabilístico o aleatorio.

Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó la fórmula siguiente:

$$n_0 = \frac{Z^2 pqN}{S^2(N-1) + Z^2 pq}$$

Reemplazando los valores

$\gamma = 95\%$

$Z = 1.95$  (valor de la normal estándar)

$p = 0.5$  (nivel de conocimiento del problema)

$q = 0.5$  (nivel de desconocimiento del problema)

$S = 0.05$  (nivel de error máximo permisible)

$N = 2097$  (tamaño de la población)

Reemplazando en la ecuación se tiene:

$$n_0 = \frac{1.95^2 * 0.5 * 0.5 * 2097}{0.05^2(2097 - 1) + 1.95^2 * 0.5 * 0.5}$$
$$n_0 = 322.013 \approx 322$$

Por lo tanto, en la investigación se trabajó con 322 viviendas del distrito de Huayucachi.

## **3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **3.6.1. Técnicas de recolección de datos**

Como técnica de recolección de datos se empleó la observación, definida por Cerda (1991), que esta técnica es la más utilizada en la investigación científica, debido a que es fácil de aplicar. Consiste en mirar con cierta atención un sujeto, actividad o fenómeno, es decir, concentrarse en algo que particularmente se interesa. El observador fija su atención en una finalidad de la que se quiere conocer. (pág. 237)

### **3.6.2. Instrumentos de recolección de datos**

Para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas se utilizará como instrumento a la ficha de observación, como dice Carrasco (2006), es una ficha que tiene bastante utilidad y es de fácil de manejo. Se emplea para registrar datos que se producen como resultado del contacto directo entre el observador y la realidad que se observa (pág. 313).

También, para el diseño sismo resistente de la vivienda se empleó el programa SAP 2000 versión 20 conjuntamente la Norma E.030 2018.

### **3.7. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Una vez realizado la recolección de datos del campo llenando las fichas de observación, se desarrolló el procesamiento de la información plasmando al Microsoft Excel versión 2013, para luego ser procesado en SPSS versión 22 quien hará conocer el grado de vulnerabilidad sísmica de las viviendas.

Teniendo los planos arquitectónicos de la vivienda y los parámetros del estudio de suelo, se proseguirá a redimensionar las columnas, vigas y losas. Luego se hará un modelamiento con el programa SAP 2000 versión 20 bajo los parámetros sismo resistente de la Norma E.030.

### **3.8. TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS**

Se desarrolló una base de datos de forma estadística de la vulnerabilidad estructural, no estructural y funcional. Con esta base de datos se calculó la vulnerabilidad sísmica general de las viviendas del Distrito de Huayucachi.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

Se realizó las visitas respectivas al lugar de estudio a fin para hacer la inspección a las viviendas seleccionadas mediante un método de muestreo probabilístico, obteniéndose en total 322 viviendas inspeccionadas, además de la obtención de un estudio de suelos del lugar para conocer parámetros físico-mecánicos del suelo predominante del distrito de Huayucachi, es así que se primeramente se identificó y detalló los parámetros generales del lugar, los cuales involucran aspectos sismo resistentes basados en la normativa vigente de Diseño Sismo resistente E 030 2018, esto servirá para hacer el modelamiento de la propuesta de edificación que tenga un desempeño adecuado frente al accionar de un posible evento sísmico bajo las condiciones del lugar.

##### **4.1.1. Vulnerabilidad estructural**

Para analizar la vulnerabilidad estructural que presentan las viviendas del distrito de Huayucachi, se consideró solamente de las

edificaciones de categoría C, pues conforme a lo especificado en el título de la investigación: “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi – Huancayo”, lo cual cumple plenamente a las viviendas comunes según lo señalado por la Norma de Diseño Sismo resistente E 030.

Por lo que se aplicó el método del Índice de Vulnerabilidad, método en el cual consiste en realizar una sumatoria del producto de parámetros sismoresistentes multiplicados por los valores del peso estructural, obteniéndose un porcentaje de vulnerabilidad.

Los parámetros inspeccionados fueron once, los cuales se mencionan a continuación según como se especificó en el instrumento de investigación empleado para el análisis de la vulnerabilidad estructural:

- m) Organización del sistema resistente
- n) Calidad del sistema resistente
- o) Resistencia convencional
- p) Posición del edificio y cimentación
- q) Diafragma horizontales
- r) Configuración en planta
- s) Configuración en elevación
- t) Distancia máxima entre los muros
- u) Tipo de cubierta
- v) Elementos no estructurales

w) Estado de conservación

Detallándose a continuación características estadísticas generales de los datos recopilados.

*Tabla 3. Estadísticos generales de parámetros (primera parte)*

		<b>Estadísticos</b>			
		Organización del sistema resistente	Calidad del sistema resistente	Resistencia convencional	Posición del edificio y cimentación
N	Válido	322	322	322	322
	Perdidos	0	0	0	0
Media		22.44	22.19	21.51	16.35
Desviación estándar		12.243	11.665	11.640	12.195
Asimetría		.068	.015	.028	.566
Error estándar de asimetría		.136	.136	.136	.136
Suma		7225	7145	6925	5265
Percentiles	25	5.00	20.00	5.00	5.00
	50	25.00	25.00	25.00	25.00
	75	25.00	25.00	25.00	25.00

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018.

Tabla 4. Estadísticos generales de parámetros (segunda parte)

		<b>Estadísticos</b>			
		Diafragma horizontales	Configuración en planta	Configuración en elevación	Distancia máxima entre los muros
N	Válido	322	322	322	322
	Perdidos	0	0	0	0
Media		19.27	15.47	15.98	30.62
Desviación estándar		11.058	11.968	12.532	11.638
Asimetría		-.019	.649	.690	-.154
Error estándar de asimetría		.136	.136	.136	.136
Suma		6205	4980	5145	9860
Percentiles	25	5.00	5.00	5.00	25.00
	50	25.00	5.00	5.00	25.00
	75	25.00	25.00	25.00	45.00

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

Tabla 5. Estadísticos generales de parámetros (tercera parte)

		<b>Estadísticos</b>		
		Tipo de cubierta	Elementos no estructurales	Estado de conservación
N	Válido	322	322	322
	Perdidos	0	0	0
Media		15.12	12.30	13.45
Desviación estándar		12.151	10.185	11.180
Asimetría		.773	.835	.744
Error estándar de asimetría		.136	.136	.136
Suma		4870	3960	4330
Percentiles	25	5.00	5.00	5.00
	50	5.00	5.00	5.00
	75	25.00	25.00	25.00

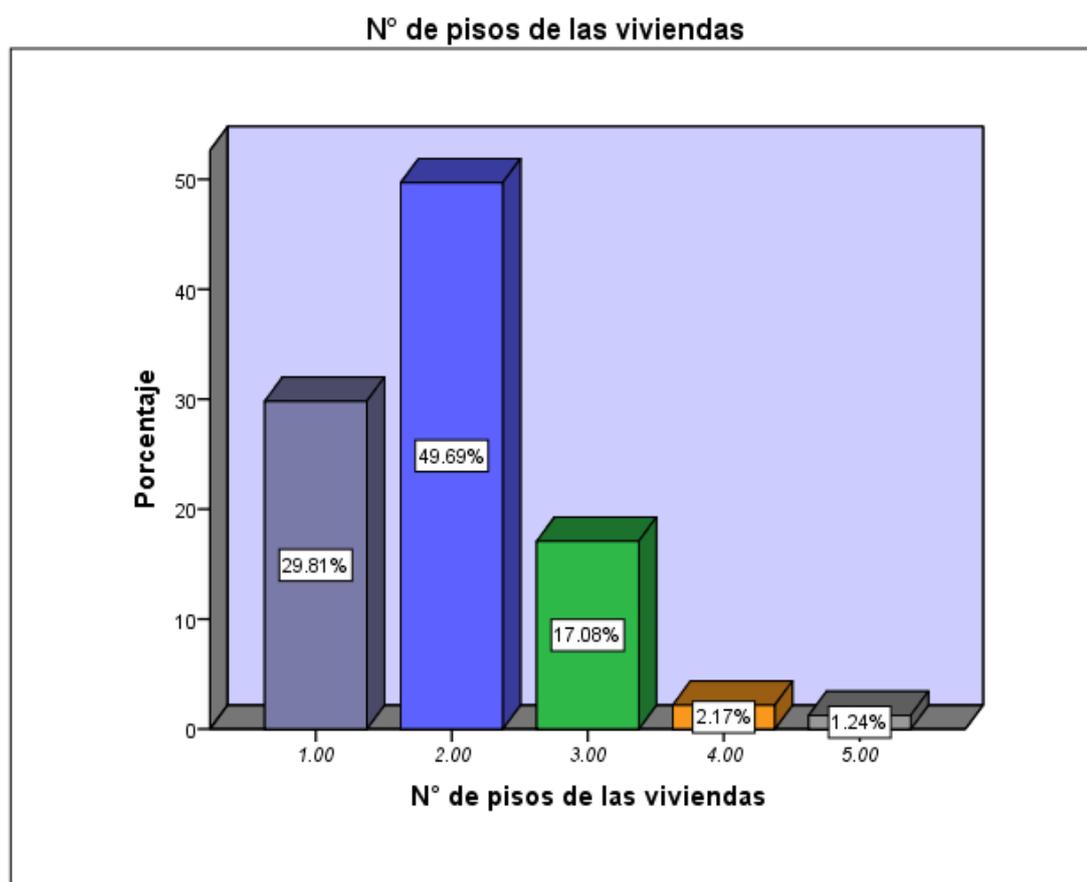
Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018.

Respecto al número de viviendas inspeccionadas y el número de pisos que estas poseen se detallan a continuación:

*Tabla 6. Frecuencias del número de pisos de las viviendas*

<b>N° de pisos de la vivienda</b>		
	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)
1.00	96	29.8
2.00	160	49.7
3.00	55	17.1
4.00	7	2.2
5.00	4	1.2
Total	322	100.0

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018



*Figura 21. Distribución de frecuencias del número de pisos*

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

Del número total de viviendas inspeccionadas el 49.69% tan solo tenían 2 niveles en la edificación, seguido de un 29.81% que contaba solo con el primer nivel, solo el 17.08% poseían viviendas con 3 niveles, y solo una minoría viviendas mayores o iguales a 4 pisos, de modo que se evidencia que es una zona en pleno desarrollo constructivo con proyección urbanística debido a potencial turístico del lugar.

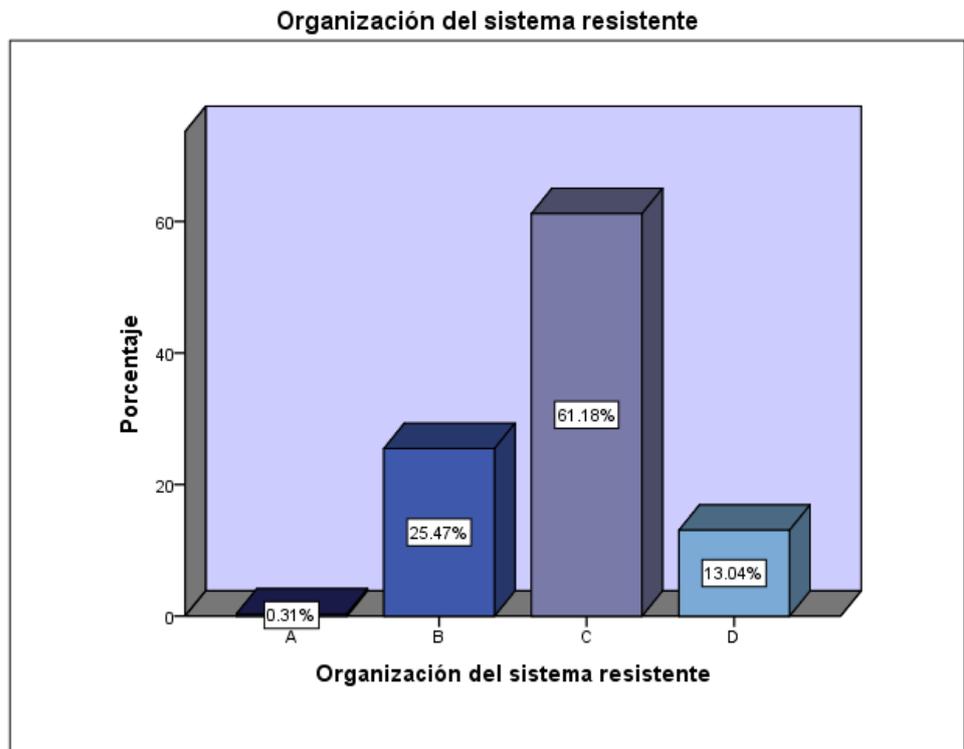
Se realizó una calificación de A hasta D en cada uno de los parámetros anteriormente mencionados, donde A representa un estado óptimo (de valor 0) y D un estado pésimo (de valor 45), es así que cada uno de estos valores ( $K_i$ ) de acuerdo a la calificación realizada previa observación y análisis de las viviendas seleccionadas se multiplicó con los valores de los pesos asignados ( $W_i$ ). Es así que se obtuvieron las siguientes tablas de frecuencia.

#### 4.1.1.1. Respecto a la Organización del Sistema Resistente

Tabla 7. Frecuencias de la organización del sistema resistente

<b>Organización del sistema resistente</b>		
	Frecuencia ( $f_i$ )	Porcentaje (%)
A	1	.3
B	82	25.5
C	197	61.2
D	42	13.0
Total	322	100.0

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018



*Figura 22. Distribución de frecuencias de la organización del sistema resistente*

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

Viene a referirse al tipo de organización estructural de las edificaciones, las cuales son las que soportan las cargas que actúan sobre la estructura de modo que según lo observado en la figura 22, la organización del sistema resistente de las viviendas del distrito de Huayucachi en un 61.18% poseen una calificación C notándose que existe serias deficiencias en respecto a la Organización del Sistema Resistente de las viviendas, y solo un 25.47% posee un estado regular.

#### 4.1.1.2. Respecto a la Calidad del Sistema Resistente

Tabla 8. Frecuencias de la Calidad del Sistema Resistente

Calidad del sistema resistente		
	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)
A	1	.3
B	79	24.5
C	207	64.3
D	35	10.9
Total	322	100.0

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

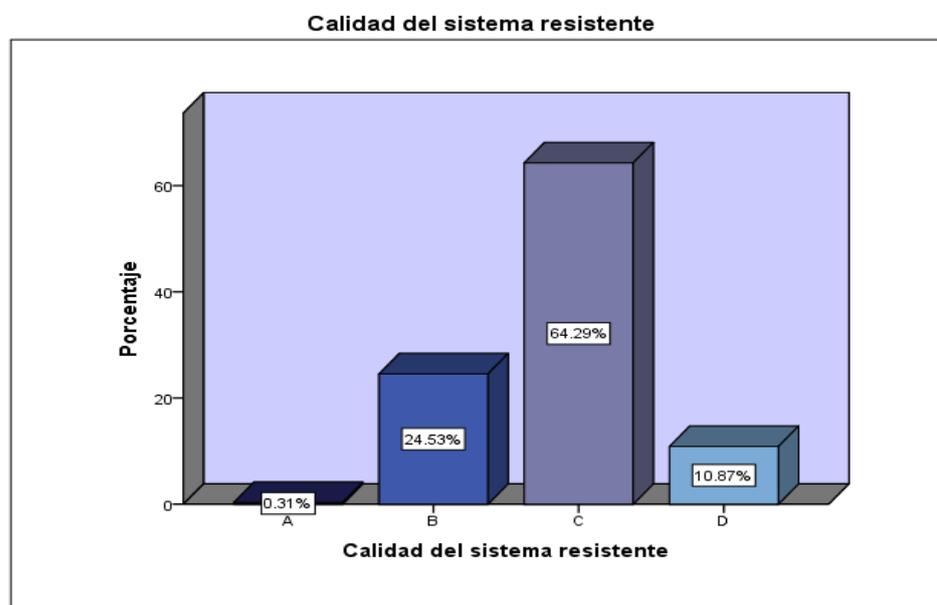


Figura 23. Distribución de frecuencias de la Calidad del Sistema Resistente

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

Existe deficiencias respecto al estado de la calidad del sistema resistente de las viviendas del distrito de Huayucachi, esto lo demuestra el 64.29% del total de viviendas que poseen un estado de calidad deficiente, y apenas un 24.53% posee un estado regular en la calidad de los sistemas resistentes, descuidado el mantenimiento correspondiente a las edificaciones, esto involucra al curado adecuado realizado durante el proceso constructivo.

#### 4.1.1.3. Respecto a la Resistencia convencional

Tabla 9. Frecuencias de la Resistencia convencional

Resistencia convencional		
	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)
A	1	.3
B	86	26.7
C	204	63.4
D	31	9.6
Total	322	100.0

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

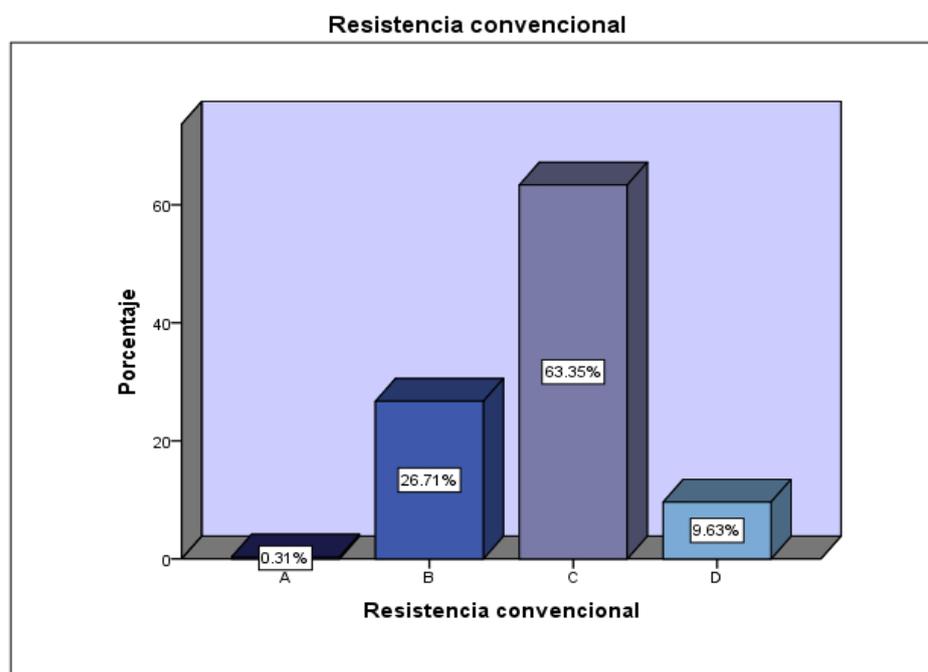


Figura 24. Distribución de frecuencias de la Resistencia convencional

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

La resistencia convencional a la cual están sujetas las viviendas que fueron inspeccionada no fueron de todo optimas puesto que la mayor parte de ella poseen una resistencia convencional deficiente, tal como se muestra en la figura 22 donde el 63.35% poseen una calificación C (de valor 20) encontrándose en estado deficiente.

#### 4.1.1.4. Respecto a la Posición de la vivienda y cimentación

Tabla 10. Frecuencias de la Posición de la vivienda y cimentación

Posición del edificio y cimentación		
	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)
A	1	.3
B	158	49.1
C	143	44.4
D	20	6.2
Total	322	100.0

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

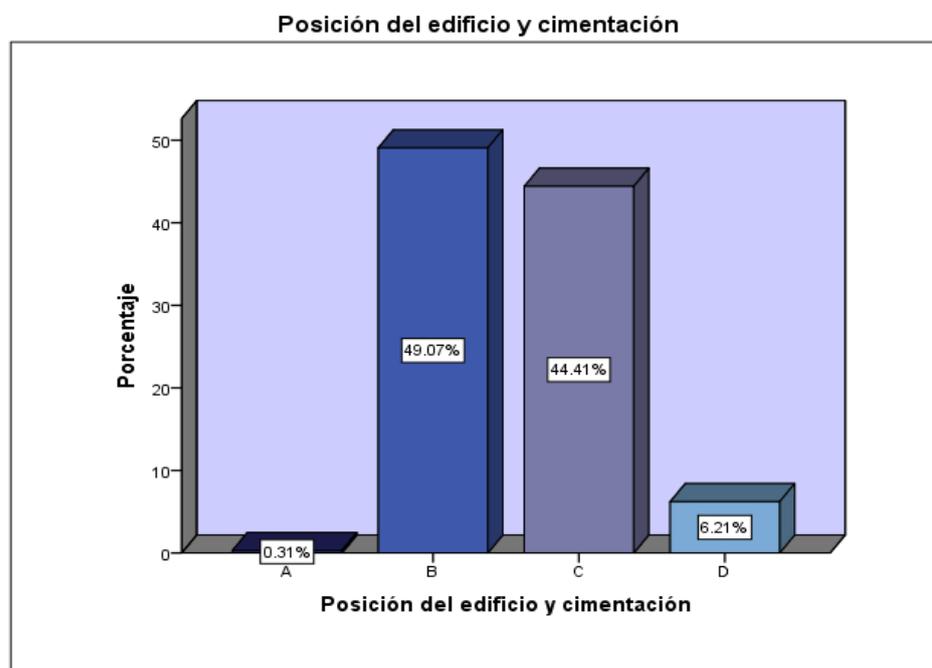


Figura 25. Distribución de frecuencias de la Posición de la vivienda y cimentación

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

Respecto a la posición de las viviendas así como la cimentación que se realizó en ellas muestras puntos a favor para un estado regular, mas no del todo optimó, pues el 49.07% así lo demuestra; mientras que un 44.41% del total de viviendas inspeccionadas presentan ciertas deficiencias en cuanto a su cimentación.

#### 4.1.1.5. Respecto a los Diafragmas horizontales

Tabla 11. Frecuencias de los Diafragmas horizontales

Diafragma horizontales		
	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)
A	1	.3
B	107	33.2
C	198	61.5
D	16	5.0
Total	322	100.0

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

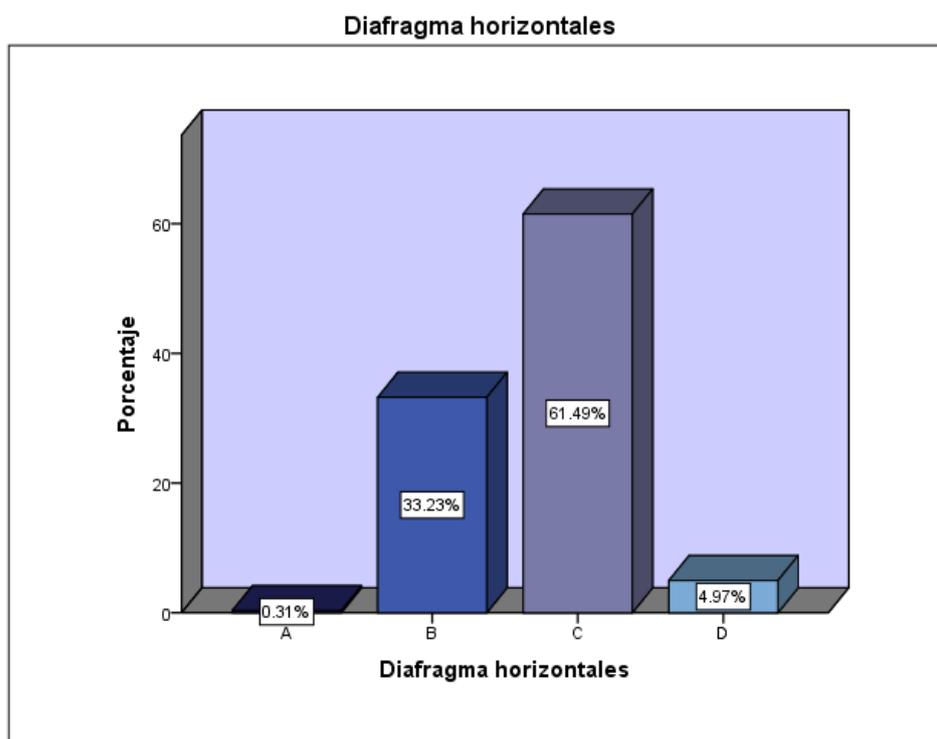


Figura 26. Distribución de frecuencias de los Diafragmas horizontales

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

En cuanto a los diafragmas horizontales, el 61.49% del total de viviendas inspeccionadas muestran un estado regular con deficiencias puesto que las vigas y viguetas de amarre que unen los muros no se encuentran óptimamente ejecutadas (visualmente); mientras que un 33.23% tienen un estado regular.

4.1.1.6. Respecto a la configuración en planta

Tabla 12. Frecuencias de la configuración en planta

Configuración en planta		
	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)
A	2	.6
B	168	52.2
C	135	41.9
D	17	5.3
Total	322	100.0

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

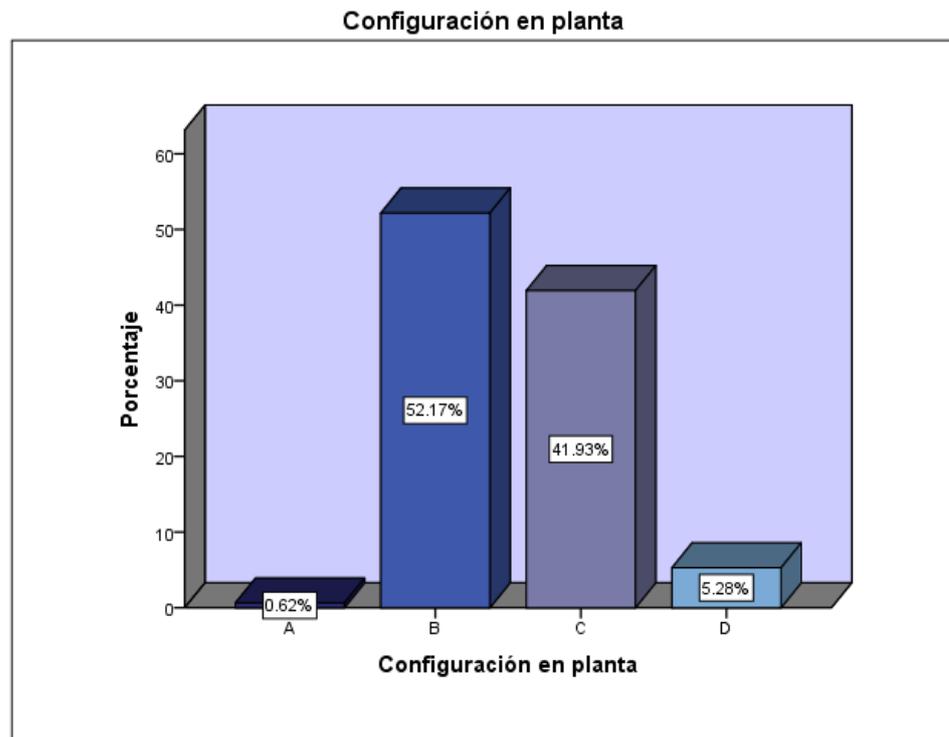


Figura 27. Distribución de frecuencias de configuración en planta

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

El 52.17% del total de viviendas inspeccionada muestran que no existe notorias irregularidades respecto a su configuración en planta, por lo que reduce de este modo la vulnerabilidad estructural ante el accionar de un evento sísmico; mientras que un 41.93% presentan mayor riesgo por la configuración poco regular en planta.

4.1.1.7. Respecto a la Configuración en elevación

Tabla 13. Frecuencias de la Configuración en elevación

Configuración en elevación		
	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)
A	1	.3
B	167	51.9
C	131	40.7
D	23	7.1
Total	322	100.0

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

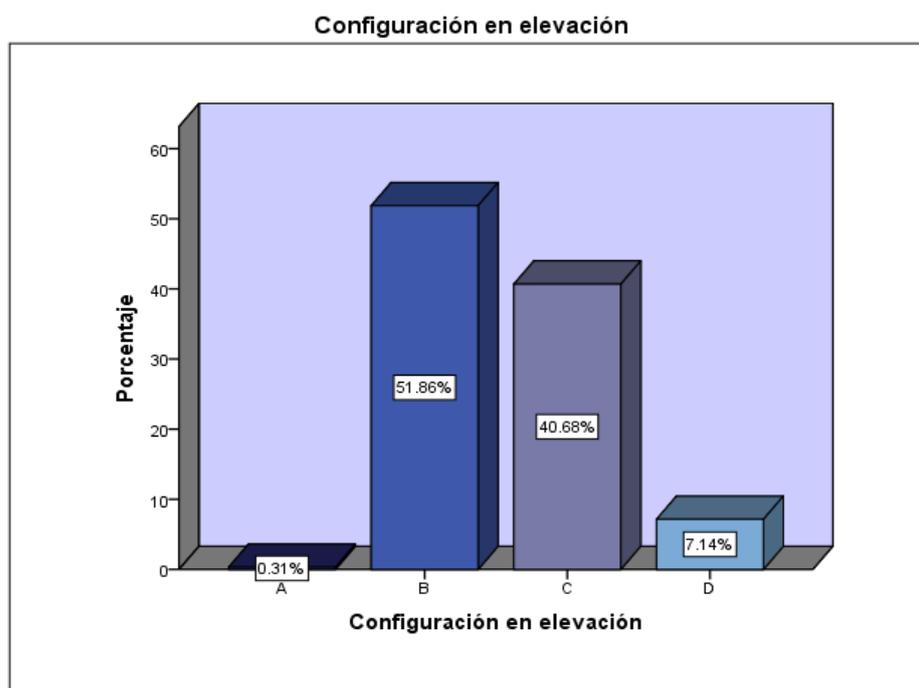


Figura 28. Distribución de frecuencias de la Configuración en elevación

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

Conforme a lo que se muestra en la figura 28, el 51.86% del total de viviendas inspeccionada no presentan mayor riesgo por su configuración de elevación, puesto que la mayor parte de viviendas no sobrepasan los 2 pisos, por lo que no se presentan irregularidades verticales considerable que puedan llegar a comprometer a la estructura en sí.

4.1.1.8. Respecto a la Distancia máxima entre los muros

Tabla 14. Frecuencias de la Distancia máxima entre los muros

Distancia máxima entre los muros		
	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)
A	2	.6
B	19	5.9
C	189	58.7
D	112	34.8
Total	322	100.0

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

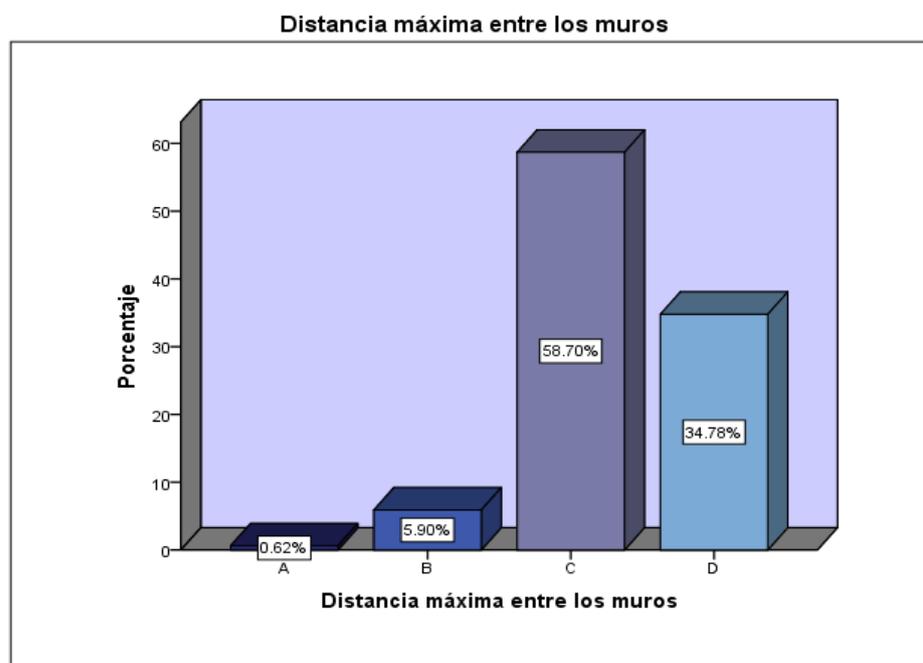


Figura 29. Distribución de frecuencias de la Distancia máxima entre los muros

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

El 58.70% del total de viviendas que fueron inspeccionadas muestran un estado deficiente respecto a la distancia máxima entre muros de las viviendas, así también un 34.78% muestran un estado pésimo respecto a este punto, lo que pone en un riesgo mayor la seguridad de los habitantes de suscitarse fallas en los muros ante un sismo.

4.1.1.9. *Respecto a los elementos no estructurales*

Tabla 15. *Frecuencias de los Elementos no estructurales*

<b>Elementos no estructurales</b>		
	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)
A	2	.6
B	206	64.0
C	110	34.2
D	4	1.2
Total	322	100.0

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

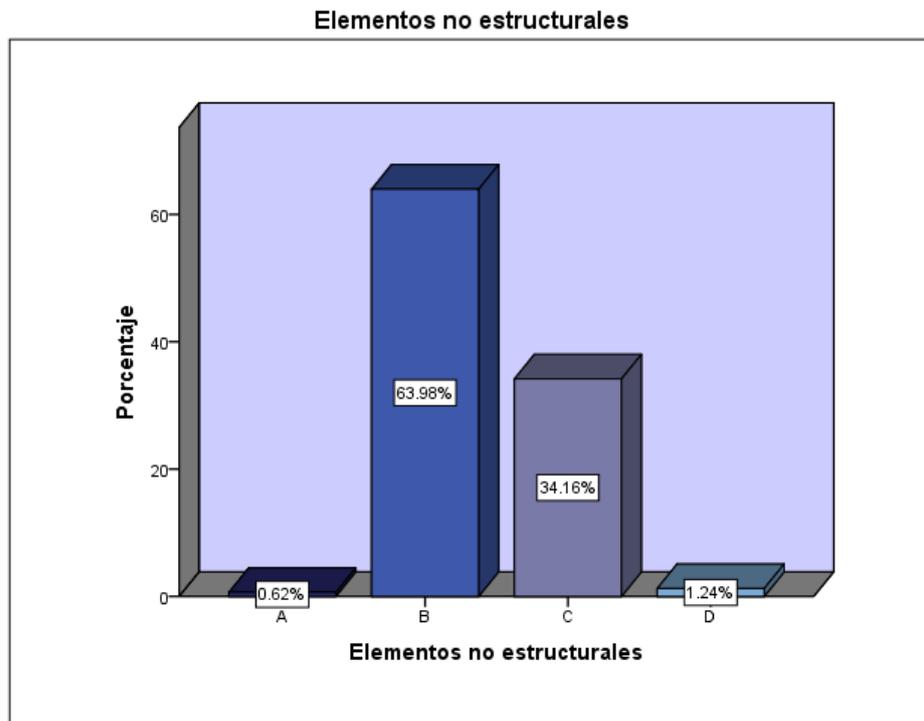


Figura 30. *Distribución de frecuencias de los Elementos no estructurales*

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

Respecto a lo elementos no estructurales de las edificaciones, como son las paredes de tabiquería, el 63.98% del total de viviendas se encuentran en un estado aceptable-regular (categoría B), por lo que no muestran un riesgo significativo que involucre a la vivienda en aspectos estructurales.

#### 4.1.1.10. Respecto al Estado de conservación

Tabla 16. Frecuencias del Estado de conservación

Estado de conservación		
	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)
A	12	3.7
B	180	55.9
C	121	37.6
D	9	2.8
Total	322	100.0

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

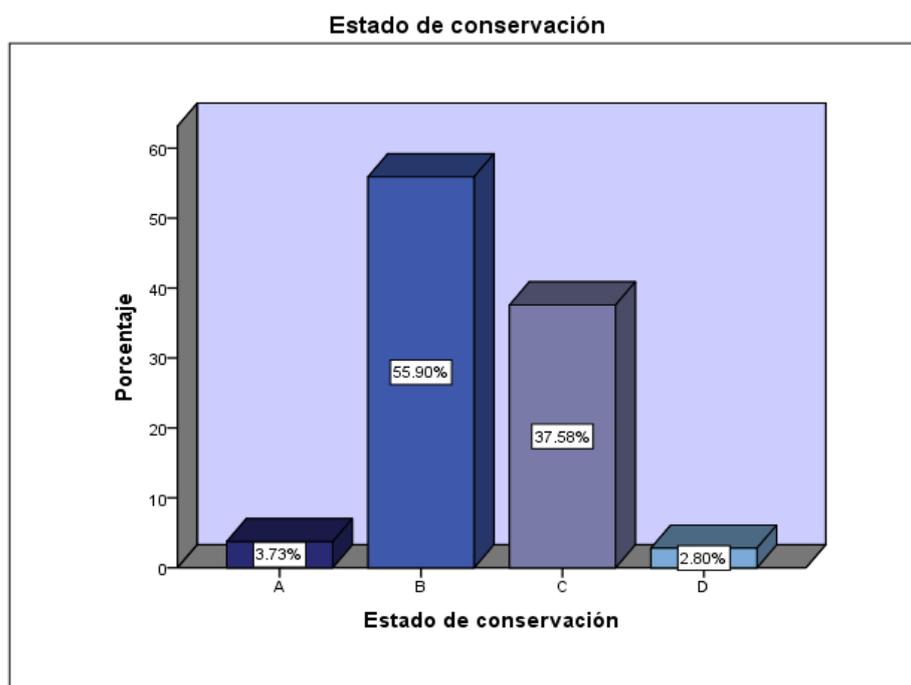


Figura 31. Distribución de frecuencias del Estado de conservación

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

El 55.9% del total de viviendas inspeccionadas del distrito de Huayucachi, muestran que se encuentran en un estado adecuado, mientras que un 37.58% presentan ciertas deficiencias en su estado actual, ya que el mantenimiento de una edificación cualquiera es sumamente importante pues de ello dependerá el periodo de vida útil de la propia edificación.

#### 4.1.1.11. Índice de Vulnerabilidad Sísmica

Para determinar la vulnerabilidad estructural de las viviendas del distrito de Huayucachi se empleó el método de Índice de vulnerabilidad, calificando los parámetros anteriormente señalados para que sean multiplicados por el peso estructural ( $W_i$ ) el cual varía desde 0.25 hasta 1.5, y para determinar el índice de vulnerabilidad se aplica la siguiente fórmula:

$$IV = \sum_{i=1}^{11} K_i * W_i$$

Donde:

$IV$  : Viene a ser el Índice de vulnerabilidad

$K_i$  : Viene a ser la calificación del parámetro evaluado (0-45)

$W_i$  : Viene a ser el peso estructural

Dicha sumatoria será dividida entre 3.825, el cual es la máxima suma posible para un determinado parámetros, y finalmente multiplicado por 100, para conocer el porcentaje de vulnerabilidad estructural. De modo que:

Si el  $IV(\%) < 15\%$  : Vulnerabilidad Baja

Si el  $15\% \leq IV(\%) < 35\%$  : Vulnerabilidad Media

Si el  $IV(\%) \geq 35\%$  : Vulnerabilidad Alta

Respecto a las características estadísticas generales de los resultados de índice de vulnerabilidad obtenidos procesados mediante el Software SPSS v23 se asignó el valor de “1” en caso de vulnerabilidad baja, “2” vulnerabilidad media y “3” alta.

Tabla 17. Estadísticos generales de los resultados

<b>Estadísticos</b>			
		N° de pisos de la vivienda	Evaluación: Índice de vulnerabilidad
N	Válido	322	322
	Perdidos	0	0
Media		1.9534	2.6491
Mediana		2.0000	3.0000
Moda		2.00	3.00
Desviación estándar		.81707	.54500
Curtosis		1.335	.600
Error estándar de curtosis		.271	.271
Percentiles	25	1.0000	2.0000
	50	2.0000	3.0000
	75	2.0000	3.0000

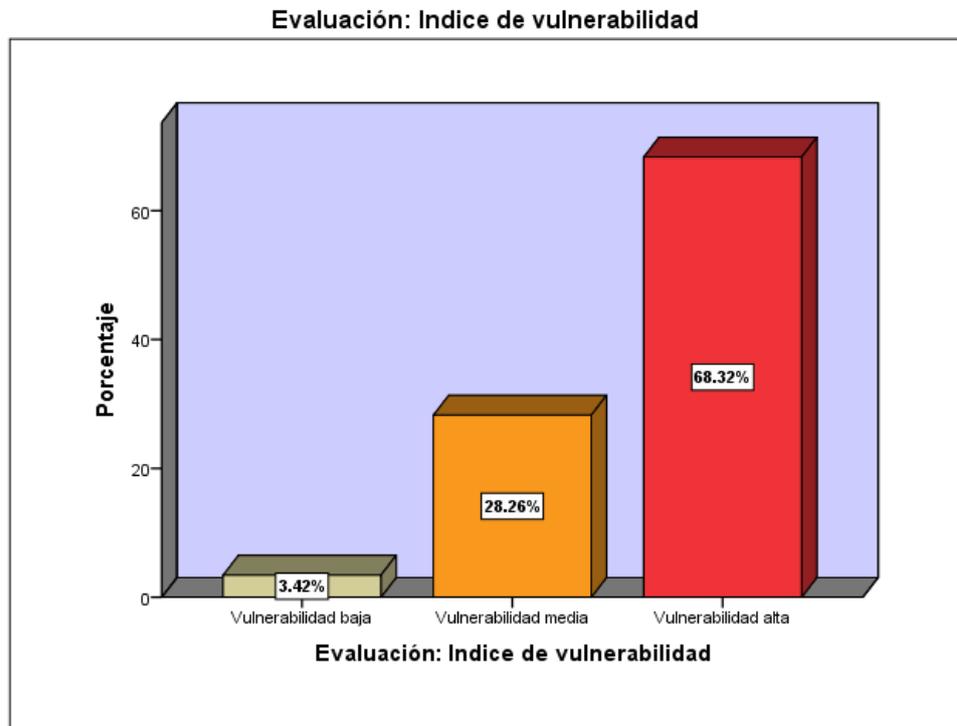
Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018.

Tabla 18. Evaluación Índice de vulnerabilidad

<b>Evaluación: Índice de vulnerabilidad</b>		
	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)
Vulnerabilidad baja	11	3.4
Vulnerabilidad media	91	28.3
Vulnerabilidad alta	220	68.3
<b>Total</b>	<b>322</b>	<b>100.0</b>

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

El índice de vulnerabilidad hallado dará una referencia clara acerca del grado de vulnerabilidad estructural al que están expuestas las viviendas en general del distrito de Huayucachi, como se detalla en la siguiente figura.



*Figura 32. Evaluación del Índice de Vulnerabilidad*

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

Mediante el procedimiento anteriormente señalado, se obtuvo que el 68.32% de las viviendas inspeccionadas del distrito de Huayucachi – Huancayo, se encuentran en un grado de vulnerabilidad estructural alta, un 28.26% presentan un vulnerabilidad media, esto debido a que existe empirismo constructivo en la zona, por lo cual la resistencia estructural requerida para las condiciones de la zona no son las adecuadas, la carencia de estudios y diseños adecuados ocasionan que se ejecuten construcciones con características similares sin considerar las características particulares para cada vivienda, por lo que se ve comprometida la seguridad de los habitantes ante un posible evento sísmico en la zona, ya que el distrito de Huayucachi se encuentra en zona medianamente sísmica.

#### 4.1.2. Vulnerabilidad no estructural

Referirse a vulnerabilidad no estructural hace clara referencia a que no se enfoca en los elementos estructurales de la edificación; sino de los posibles daños ya afectaciones que puedan tener la arquitectura de la vivienda. Pues como es el caso de edificaciones de categoría A según la normativa de Diseño Sismoresistente el 85% o 90% del valor de la instalación no se encuentran en los elementos estructurales sino en los sistemas mecánicos, eléctricos y equipamiento de establecimiento; pero para el caso de viviendas se enfocó en realizar un análisis de parámetros externos visibles, como son la presencia de gran altura, el mantenimiento que tienen las viviendas, presencia de columnas cortas, las irregularidades verticales y en planta de las edificaciones inspeccionadas del distrito de Huayucachi.

Es así, que se extrajo de la ficha de evaluación de índice de vulnerabilidad el parámetro de Tipo de Cubierta, el cual se muestra y detalla la calificación de aquel parámetro respecto a la vulnerabilidad no estructural de las viviendas.

*Tabla 19. Estadísticos generales de los resultados*

<b>Tipo de cubierta</b>		
	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)
B	178	55.3
C	125	38.8
D	19	5.9
Total	322	100.0

Nota

Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018.

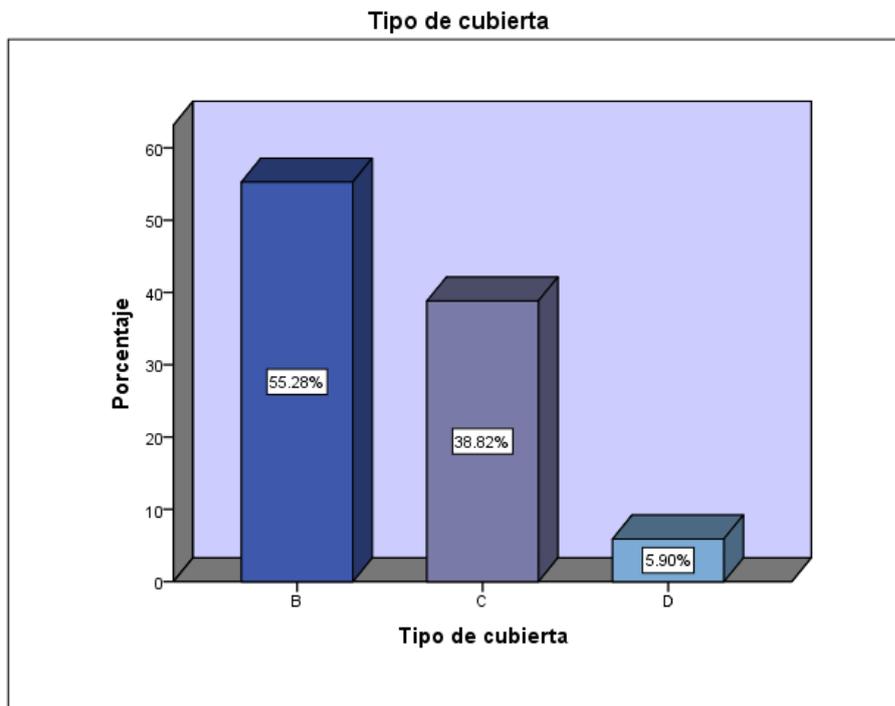


Figura 33. Distribución de frecuencias del tipo de cubierta

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

Partiendo de lo señalado en la evaluación por el método índice de vulnerabilidad, donde A es estado óptimo y D es estado pésimo, se muestra que el 55.28% del total de viviendas inspeccionadas muestran un estado bueno o regular; mientras que el 38.82% presentan un estado con deficiencias, por lo que para el análisis de la vulnerabilidad no estructural de viviendas en un indicador que no se presentan un riesgo significativo respecto al estado de las cubiertas de las viviendas del distrito de Huayucachi.

Empleando el método de ATC 21, el cual es un método analítico de inspección visual y realizar la calificación de una estructura de entre 0 a 6, donde 0 representa a un comportamiento malo; mientras que el valor de 6 representa un muy buen comportamiento. Es así que se tuvo las siguientes características estadísticas generales.

Tabla 20. Estadísticos generales de la Calificación y factores de modificación (primera parte)

		<b>Estadísticos: Calificación y factores de modificación (ATC 21)</b>			
		Calificación	Gran altura	Mal mantenimiento	Irregularidad vertical
N	Válido	322	322	322	322
	Perdidos	0	0	0	0
Media		4.00	1.80	1.37	2.75
Mediana		4.00	2.00	1.00	3.00
Desviación estándar		0.000	.397	.484	.498
Error estándar de asimetría		.136	.136	.136	.136
Suma		1288	581	442	887
Percentiles	25	4.00	2.00	1.00	3.00
	50	4.00	2.00	1.00	3.00
	75	4.00	2.00	2.00	3.00
Asimetría			-1.542	.529	-1.920

Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018.

Tabla 21. Estadísticos generales de la Calificación y factores de modificación (segunda parte)

		<b>Estadísticos: Calificación y factores de modificación (ATC 21)</b>			
		Nivel/Piso suave	Torsión	Irregularidad en planta	Colisión entre edificaciones
N	Válido	322	322	322	322
	Perdidos	0	0	0	0
Media		1.80	1.78	1.76	1.66
Mediana		2.00	2.00	2.00	2.00
Desviación estándar		.397	.417	.676	.473
Error estándar de asimetría		.136	.136	.136	.136
Suma		581	572	567	536
Percentiles	25	2.00	2.00	1.00	1.00
	50	2.00	2.00	2.00	2.00
	75	2.00	2.00	2.00	2.00
Asimetría		-1.542	-1.333	.331	-0.701

Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018.

Tabla 22. Estadísticos generales de la Calificación y factores de modificación (tercera parte)

<b>Estadísticos: Calificación y factores de modificación (ATC 21)</b>				
		Presencia de columnas cortas	Condiciones del Suelo	Comportamiento Sísmico: No estructural (Método ATC-21)
N	Válido	322	322	322
	Perdidos	0	0	0
Media		1.73	2.00	2.68
Mediana		2.00	2.00	3.00
Desviación estándar		.445	0.000	.622
Error estándar de asimetría		.136	.136	.136
Suma		557	644	863
Percentiles	25	1.00	2.00	3.00
	50	2.00	2.00	3.00
	75	2.00	2.00	3.00
Asimetría		-1.040		-1.767

Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018.

#### 4.1.2.1. Presencia de Gran Altura

La presencia de gran altura representa un mayor riesgo a sufrir daños, tanto en el sistema estructural como no estructural; a diferencia de las edificaciones pequeñas o de baja altura (1 a 2 pisos), estas se encuentran menos propensas a sufrir daños en la edificación, de modo que haciendo la inspección a las viviendas del lugar se obtuvo la siguiente tabla.

Tabla 23. Frecuencias de la Presencia de Gran Altura

<b>Calificación y factores de modificación: Gran altura</b>				
		Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
Válido	SI	63	19.6	19.6
	NO	259	80.4	100.0
	Total	322	100.0	

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

**Calificación y factores de modificación: Gran altura**

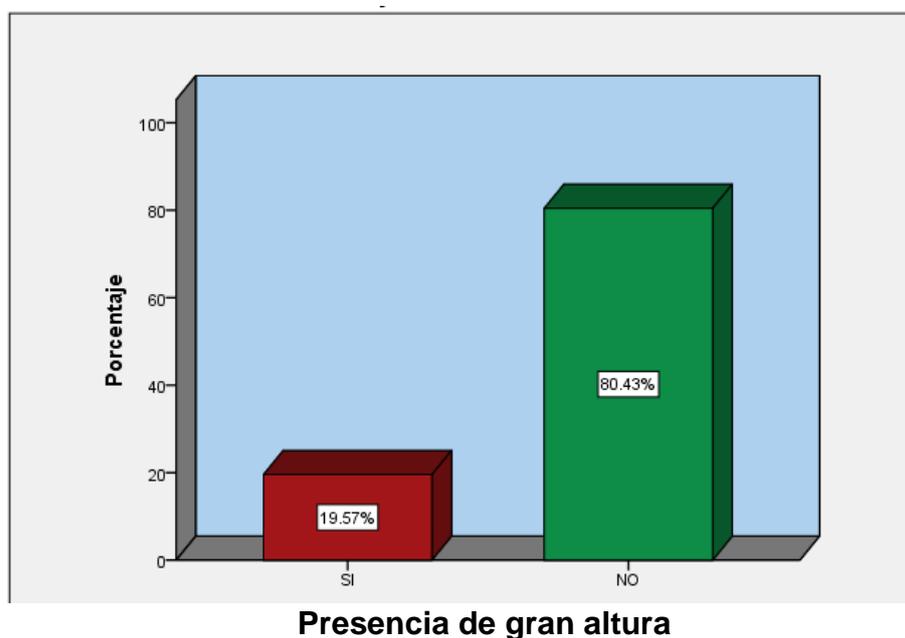


Figura 34. Distribución de frecuencias de la Presencia de Gran Altura

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

Un 80.43% de las viviendas del distrito de Huayucachi no presentan gran altura, pues poseen niveles menores a 3 plantas o pisos, esto se puede notar en la figura 23 respecto al número de pisos que predominan en el distrito. Es así que, solo un 19.57% corre un mayor riesgo (al menos en este aspecto) de sufrir daños en su sistema no estructural debido a la altura de la edificación.

#### 4.1.2.2. Mal mantenimiento de viviendas

El mal mantenimiento de igual juega un papel importante para determinar el grado de vulnerabilidad al que está expuesta una estructura, pues hace que los sistemas estructurales y no estructurales reduzcan su periodo de operatividad o funcionamiento, es así que mediante la inspección y toma de datos se obtuvo la siguiente tabla.

Tabla 24. Frecuencias del Mal mantenimiento

<b>Calificación y factores de modificación: Mal mantenimiento</b>				
		Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
Válido	SI	202	62.7	62.7
	NO	120	37.3	100.0
	Total	322	100.0	

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

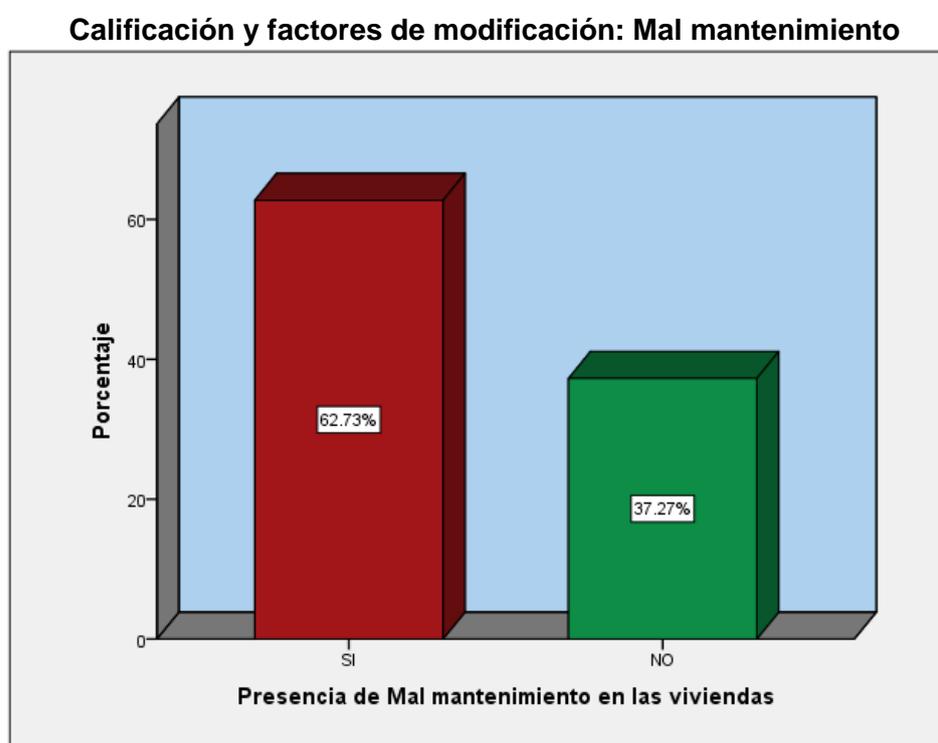


Figura 35. Distribución de frecuencias del Mal mantenimiento

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

El 62.73% de viviendas presentan un mantenimiento deficiente e incluso inexistente, lo que hace más susceptible a sufrir daños por un eventual evento sísmico en la zona, solo un 37.27% presenta un mantenimiento regular o adecuado, esto abarca las viviendas recientemente construidas pues su tiempo de operatividad es aún bajo por lo que se señaló la inexistencia de mal manteniendo.

#### 4.1.2.3. Irregularidad vertical

Tabla 25. Frecuencias de la Irregularidad vertical

<b>Calificación y factores de modificación: Irregularidad vertical</b>				
		Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
Válido	Irregularidad vertical >40%	10	3.1	3.1
	Irregularidad vertical 20%-40%	59	18.3	21.4
	Irregularidad vertical 10%-20%	253	78.6	100.0
	Total	322	100.0	

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

### Calificación y factores de modificación: Irregularidad vertical

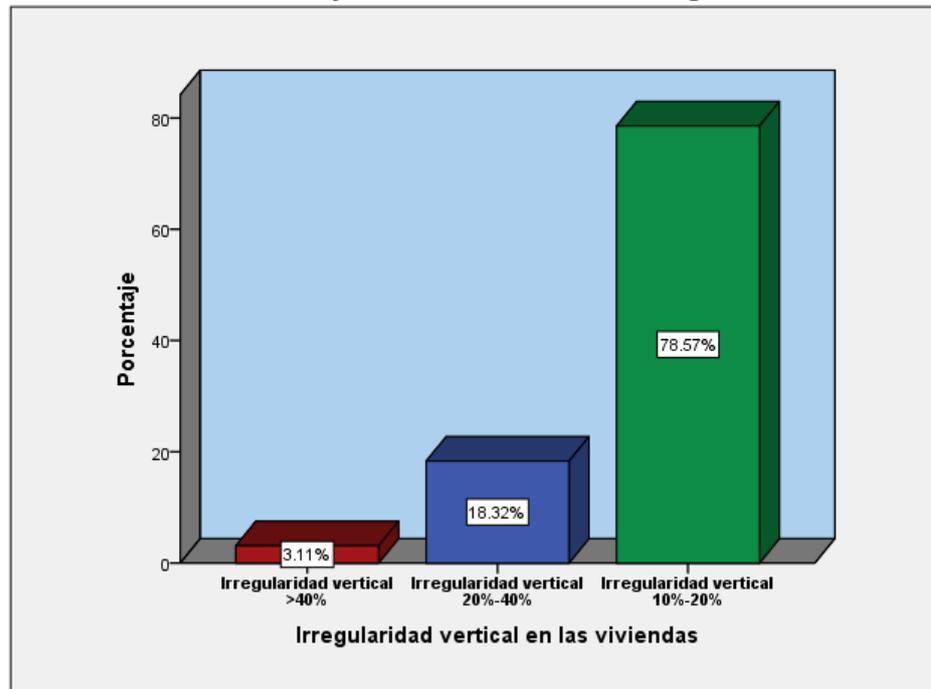


Figura 36. Distribución de frecuencias de la Irregularidad vertical

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

El 76.57% de las viviendas que fueron inspeccionadas no presentan irregularidades o las irregularidades son mínimas y oscilan entre 10% al 20%, pues al menos en una de las direcciones de análisis la dimensión en planta de la estructura es mayor a 1.3 veces a la dimensión del piso adyacente.

#### 4.1.2.4. Irregularidad en planta

Tabla 26. Frecuencias de la Irregularidad en planta

<b>Calificación y factores de modificación: Irregularidad en planta</b>				
		Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
Válido	1=Irregularidad en planta <10%	121	37.6	37.6
	Irregularidad en planta 10%-20%	157	48.8	86.3
	Irregularidad en planta 20%-40%	44	13.7	100.0
	Total	322	100.0	

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

**Calificación y factores de modificación: Irregularidad en planta**

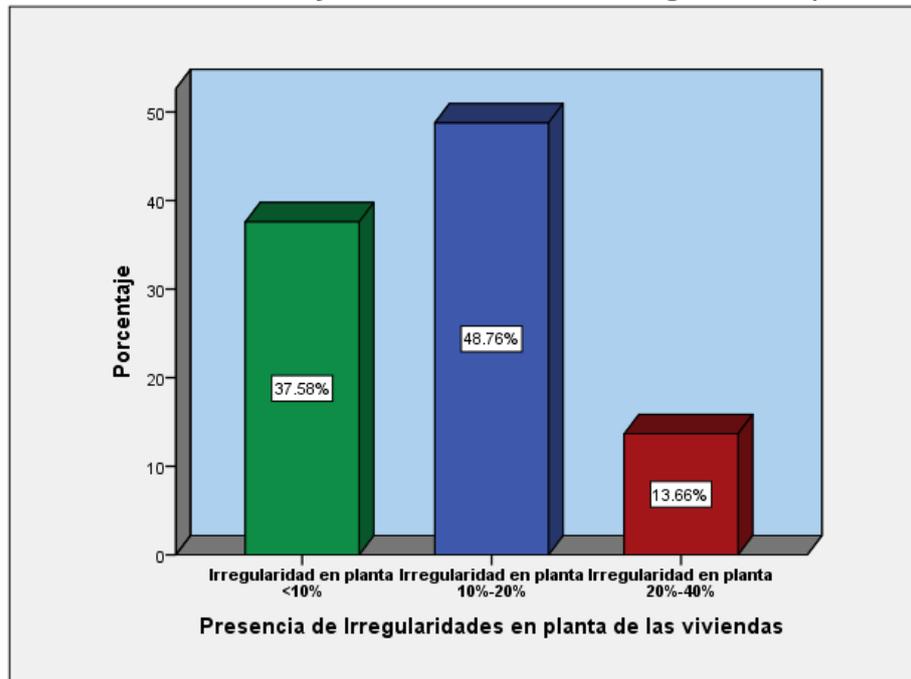


Figura 37. Distribución de frecuencias de la Irregularidad en planta

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

Las irregularidades presentadas en planta no superan al 20% en la mayoría de viviendas, esto se muestra en la figura 30, en la cual el 48.76% de viviendas presenta irregularidades entre 10 al 20%, y un 37.58% presentan irregularidades en planta menores al 10% la cual es mínima.

#### 4.1.2.5. Colisión de edificaciones

La colisión de edificaciones es un riesgo el cual no solo involucra a la propia edificación; sino que depende de las condiciones de las edificaciones adyacentes que puedan representar un riesgo y comprometan la edificación cuando suceda un posible evento sísmico.

Tabla 27. Frecuencias de colisión entre edificaciones

<b>Calificación y factores de modificación: Colisión entre edificaciones</b>				
		Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
Válido	SI	108	33.5	33.5
	NO	214	66.5	100.0
	Total	322	100.0	

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

### Calificación y factores de modificación: Colisión entre edificaciones

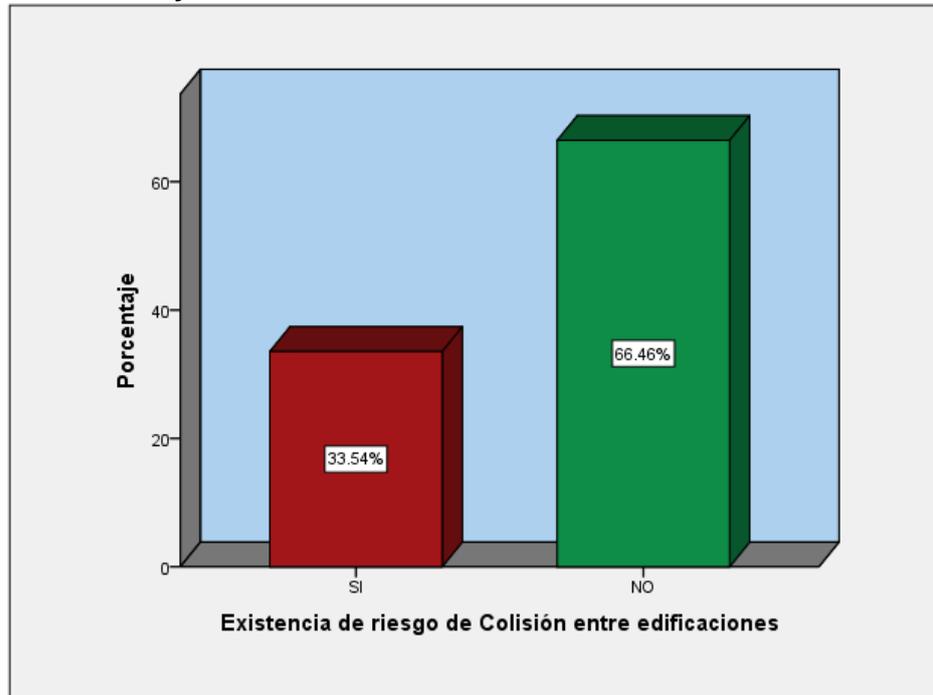


Figura 38. Distribución de frecuencias de colisión entre edificaciones

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

El 66.46% del total de viviendas inspeccionadas no presentan el riesgo de verse perjudicadas por colisión con edificaciones cercanas; mientras que un 33.54% de las viviendas existe riesgo de que puedan verse afectadas por las condiciones en las que se encuentran las viviendas contiguas, lo cual compromete la seguridad de los ocupantes de ambas viviendas.

#### 4.1.2.6. Presencia de columnas cortas

Las columnas cortas son uno de los casos más comunes en el campo de la construcción, generalmente debido a la falta de conocimiento acerca del funcionamiento correcto de las columnas, este es un claro indicio de empirismo constructivo, pues al confinar las columnas hasta cierto nivel genera que el nivel no confinado soporte los esfuerzos cortantes en un evento sísmico.

Tabla 28. Frecuencias de columnas cortas

<b>Calificación y factores de modificación: Presencia de columnas cortas</b>				
		Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
Válido	SI	126	39.1	39.1
	NO	196	60.9	100.0
Total		322	100.0	

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

**Calificación y factores de modificación: Presencia de columnas cortas**

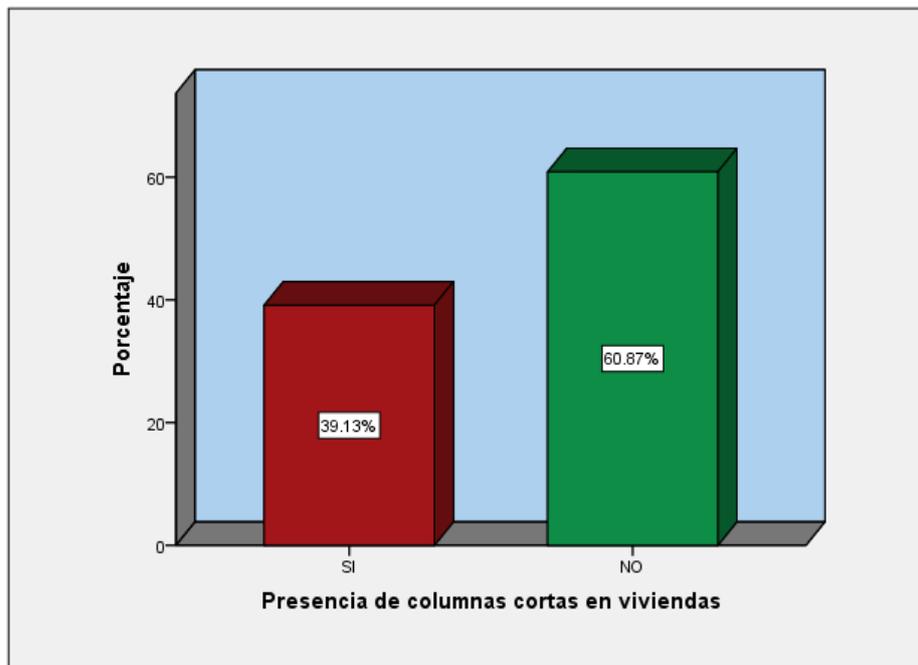


Figura 39. Distribución de frecuencias de columnas cortas

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

El 60.87% del total de viviendas inspeccionadas no muestran presencia de columnas cortas; mientras que un 39.13% si las tiene, por lo que existe un riesgo de que se vean perjudicadas por un posible evento sísmico en la zona, este grado de riesgo depende del número de niveles y las cargas que soporta la edificación; sin

embargo, la mayor parte de edificaciones que superan los 3 niveles no presentan este tipo de problemas.

#### 4.1.2.7. Condiciones del Suelo

Basado en el estudio de mecánica de suelos realizados en la zona, se obtuvo que existe un mismo suelo predominante en el lugar el cual presenta características de ser firme y estable.

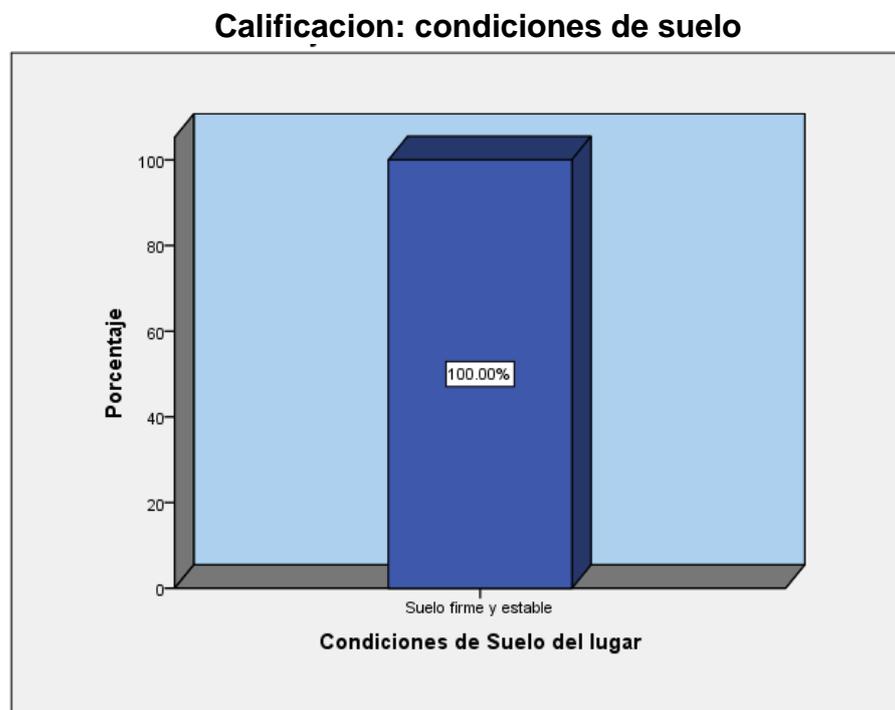


Figura 40. Distribución de frecuencias de condición de suelo

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

El distrito de Huayucachi posee un suelo firme y estable encontrándose en la categoría de S2 según la normatividad de Diseño Sismo resistente E 030, por lo que para el resto de viviendas poseerán un mismo valor para el análisis de vulnerabilidad por el método ATC-21.

#### 4.1.2.8. Comportamiento sísmico (vulnerabilidad no estructural)

A partir de los factores mencionados, se hizo la calificación en una escala de 0 a 6, en donde 0 representan todas las condiciones desfavorables que generando un comportamiento malo; mientras que si el valor se aproxima a 6 las condiciones son favorables por lo que presentara un comportamiento óptimo.

Se hizo una valoración a cada parámetro analizado y evaluado, de modo que al ser sumadas se determinaría si el comportamiento es malo, regular o bueno. De modo que al hacer una baremación de datos se colocó los siguientes intervalos:

Si:

$\sum \text{Parámetros} \leq 2$  : El comportamiento era malo

$2 < \sum \text{Parámetros} \leq 4$  : El comportamiento era regular

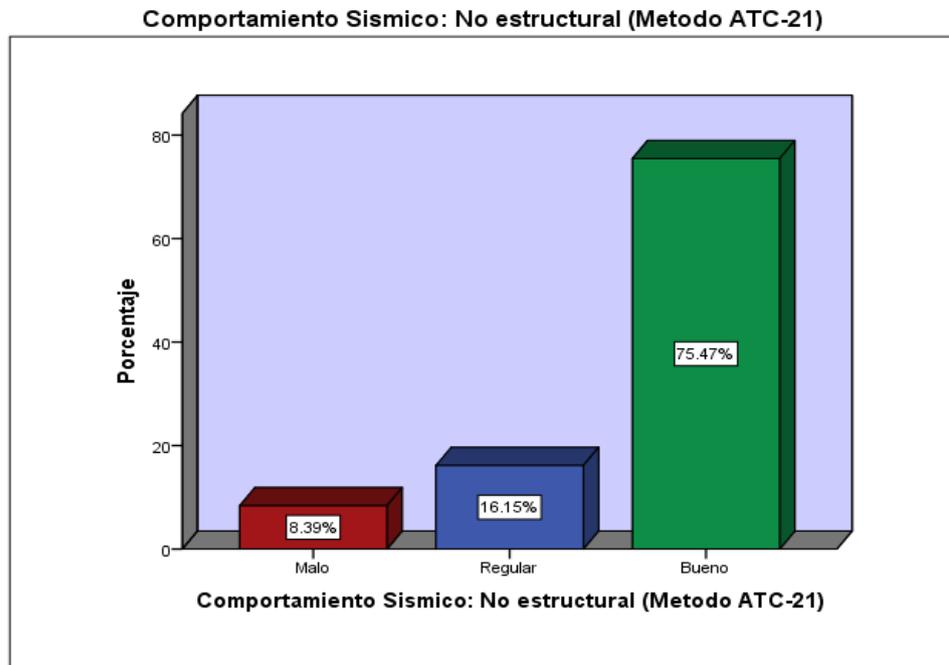
$\sum \text{Parámetros} > 4$  : El comportamiento era bueno

Bajo este criterio se obtuvo la siguiente tabla de frecuencias

Tabla 29. Frecuencias de comportamiento sísmico (no estructural)

<b>Comportamiento Sísmico: No estructural (Método ATC-21)</b>				
		Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
Válido	Malo	27	8.4	8.4
	Regular	52	16.1	24.5
	Bueno	243	75.5	100.0
	Total	322	100.0	

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018



*Figura 41. Distribución de frecuencias de comportamiento sísmico (no estructural)*

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

Respecto a condiciones que afecten los elementos no estructurales, o dicho de otro modo vulnerabilidad no estructural, el 75.47% del total de viviendas inspeccionadas del distrito de Huayucachi presentan un buen comportamiento sísmico, por lo que la vulnerabilidad no estructural será baja; mientras que solo un 16.15% presenta un comportamiento sísmico regular y un 8.39% un comportamiento malo. De modo que los sistemas no estructurales no presentarán un riesgo considerable a verse perjudicadas o colapsadas una vez sucedido un evento sísmico bajo las consideraciones de los parámetros evaluados, garantizándose una operatividad normal visto desde un punto no estructural.

### 4.1.3. Vulnerabilidad funcional

La vulnerabilidad funcional hace referencia a la capacidad que tendrá la edificación de seguir en funcionamiento después de que ocurra un evento sísmico, se da prioridad a las edificaciones de categoría A1 y A2, pues el funcionamiento de estas edificaciones no debe verse interrumpido al brindar servicios prioritarios como es la salud.

Para determinar la vulnerabilidad funcional que presentan las viviendas (categoría C) del distrito de Huayucachi, se empleó el método analítico visual de ATC 21, realizando una inspección visual de las viviendas seleccionadas, por lo que se obtuvo las siguientes características estadísticas generales.

*Tabla 30. Estadísticos generales de vulnerabilidad funcional ATC -21 (primera parte)*

		<b>Estadísticos</b>		
		Vulnerabilidad Industrial	Vulnerabilidad Social	Vulnerabilidad de Servicios Básicos
N	Válidos	322	322	322
	Perdidos	0	0	0
Media		.20	1.02	1.08
Desviación estándar		.397	.435	.453
Asimetría		1.542	.115	.333
Error estándar de asimetría		.136	.136	.136
Suma		63	329	348
Percentiles	25	0.00	1.00	1.00
	50	0.00	1.00	1.00
	75	0.00	1.00	1.00

Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

Tabla 31. Estadísticos generales de vulnerabilidad funcional ATC -21 (segunda parte)

<b>Estadísticos</b>				
		Vulnerabilidad de Puentes	Vulnerabilidad de Ambiente	Vulnerabilidad Funcional: Respecto al Acceso
N	Válido	322	322	322
	Perdidos	0	0	0
Media		.46	.79	1.23
Desviación estándar		.601	.581	.525
Asimetría		.949	.060	.197
Error estándar de asimetría		.136	.136	.136
Suma		147	253	395
Percentiles	25	0.00	0.00	1.00
	50	0.00	1.00	1.00
	75	1.00	1.00	2.00

Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

Tabla 32. Estadísticos generales de vulnerabilidad funcional ATC -21 (tercera parte)

<b>Estadísticos</b>				
		Vulnerabilidad Funcional: Respecto a las Zonas Críticas	Vulnerabilidad Funcional: Respecto a las medidas de protección	Vulnerabilidad Funcional de Viviendas
N	Válido	322	322	322
	Perdidos	0	0	0
Media		1.28	1.31	2.27
Desviación estándar		.533	.483	.521
Asimetría		.131	.571	.225
Error estándar de asimetría		.136	.136	.136
Suma		413	422	730
Percentiles	25	1.00	1.00	2.00
	50	1.00	1.00	2.00
	75	2.00	2.00	3.00

Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

Se realizó un análisis de vulnerabilidades sociales, de servicios básicos y de ambientes, a fin de tener un panorama más amplio acerca de la vulnerabilidad funcional de las edificaciones que fueron objeto de análisis.

#### 4.1.3.1. Vulnerabilidad Social

Respecto a este punto, la vulnerabilidad social hace referencia al incremento poblacional de una zona en específico, de modo que ello involucra al número de personas que habitan en las viviendas, considerado como carga viva. Una vez realizado la inspección se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 33. Frecuencias de la Vulnerabilidad Social

<b>Vulnerabilidad Social</b>				
		Frecuencia (%)	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
Válido	Baja	27	8.4	8.4
	Media	261	81.1	89.4
	Alta	34	10.6	100.0
	Total	322	100.0	

Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

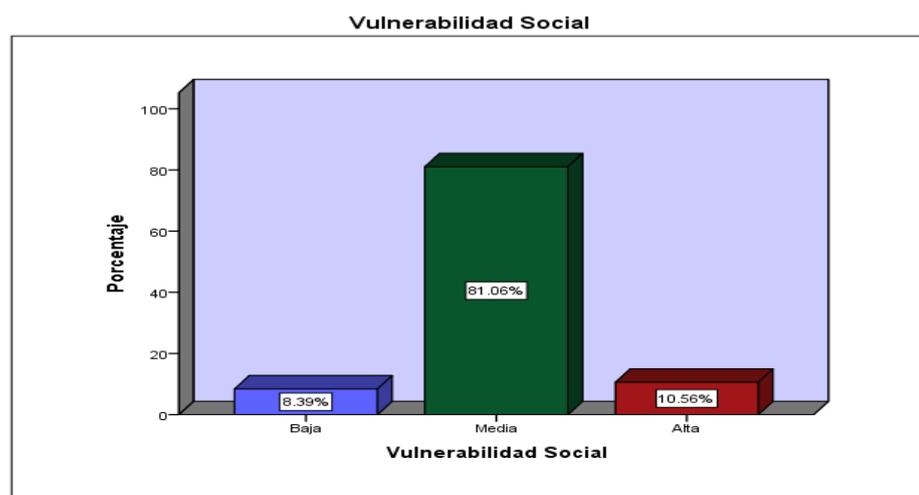


Figura 42. Distribución de frecuencias de la Vulnerabilidad Social

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

La vulnerabilidad social que presenta el distrito de Huayucachi es media, y conforme se muestra en la figura 42, el 81.06% de las viviendas inspeccionadas presentan un vulnerabilidad media, lo cual señala que el número de habitantes no tendrá un crecimiento considerable durante los próximos años.

#### 4.1.3.2. Vulnerabilidad de Servicios Básicos

Tabla 34. Frecuencias de Servicios Básicos

<b>Vulnerabilidad de Servicios Básicos</b>				
		Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
Válido	Baja	21	6.5	6.5
	Media	254	78.9	85.4
	Alta	47	14.6	100.0
	Total	322	100.0	

Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

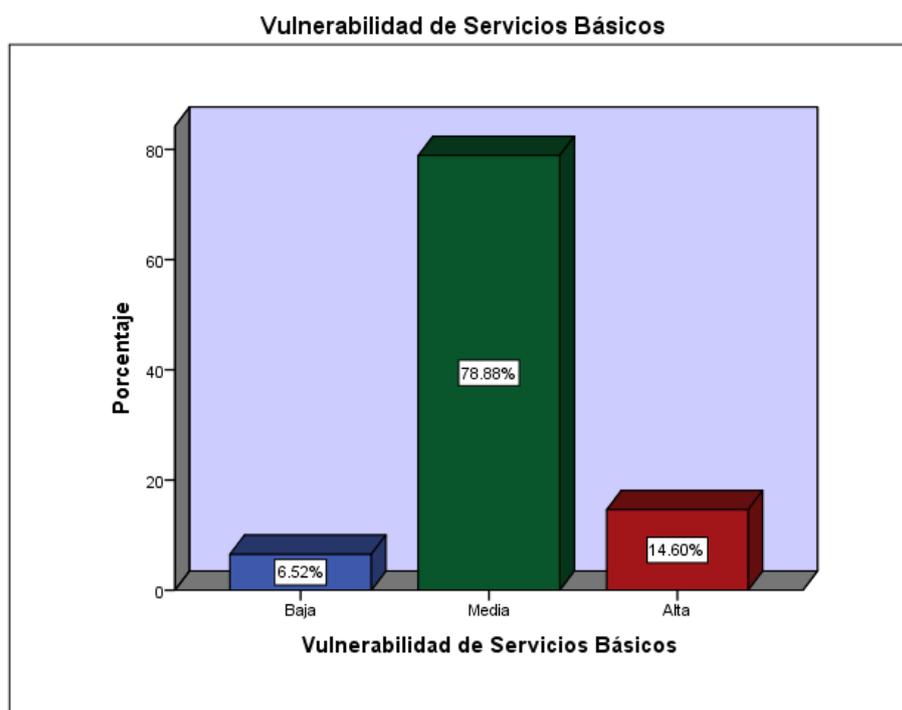


Figura 43. Distribución de frecuencias de Servicios Básicos

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

El 78.86% del total de viviendas presentan una vulnerabilidad de servicios básicos media, por lo que existe riesgo de que los servicios de agua y eléctricos puedan verse comprometidas cuando ocurra evento sísmico, lo está determinada por la cercanía de las viviendas a los postes eléctricos.

#### 4.1.3.3. Vulnerabilidad de ambiente

Tabla 35. Frecuencias de la Vulnerabilidad de Ambiente

<b>Vulnerabilidad de Ambiente</b>				
		Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
Válido	Baja	96	29.8	29.8
	Media	199	61.8	91.6
	Alta	27	8.4	100.0
	Total	322	100.0	

Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

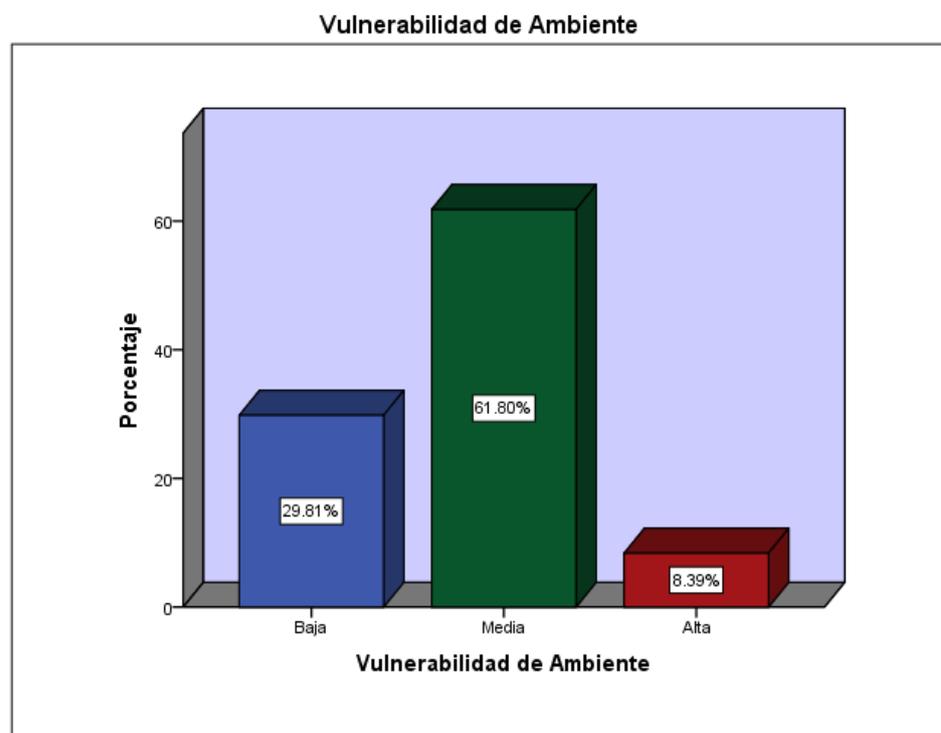


Figura 44. Distribución de frecuencias de la Vulnerabilidad de Ambiente

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

Este tipo de vulnerabilidad hace referencia la seguridad que se muestra el lugar antes un evento sísmico, es decir, presencia de áreas de seguridad como los parques y centros educativos cercanos a las viviendas inspeccionadas, de modo que el 61.80% presenta una vulnerabilidad media, y el 29.81% presenta una vulnerabilidad baja lo cual señala que se encuentran lugares que brindan seguridad durante un evento sísmico.

#### 4.1.3.4. Vulnerabilidad Funcional de las viviendas

Para conocer la vulnerabilidad funcional que presentan las viviendas se empleó parámetros particulares de vulnerabilidad como son la vulnerabilidad de acceso, de zonas críticas y medidas de protección.

##### 4.1.3.4.1. Vulnerabilidad de acceso

Tabla 36. Frecuencias de la Vulnerabilidad Acceso

<b>Vulnerabilidad Funcional: Respecto al Acceso</b>				
		Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
Válido	Baja	16	5.0	5.0
	Media	217	67.4	72.4
	Alta	89	27.6	100.0
	Total	322	100.0	

Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

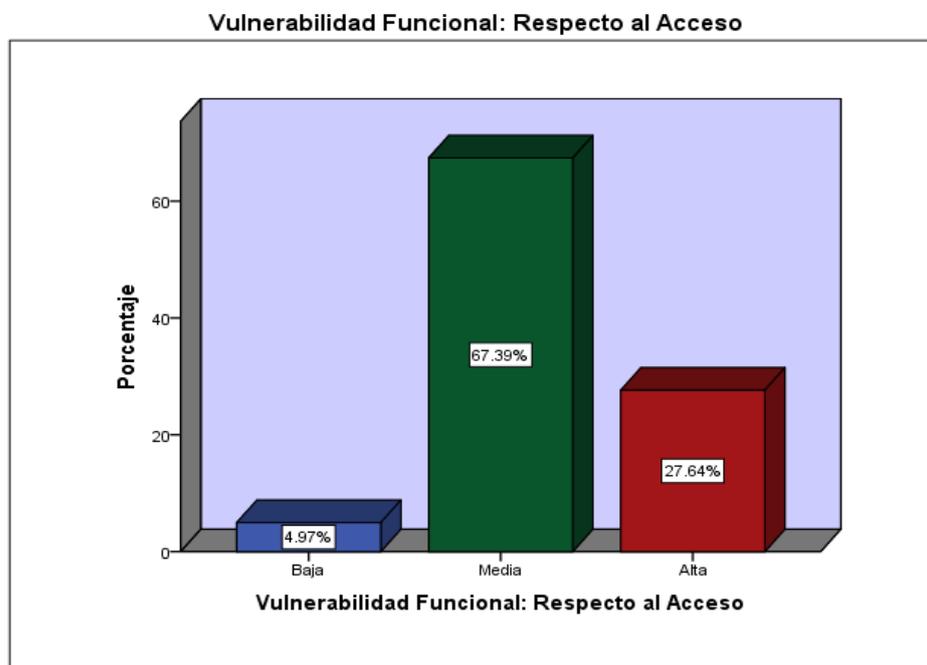


Figura 45. Distribución de frecuencias de la Vulnerabilidad Acceso

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

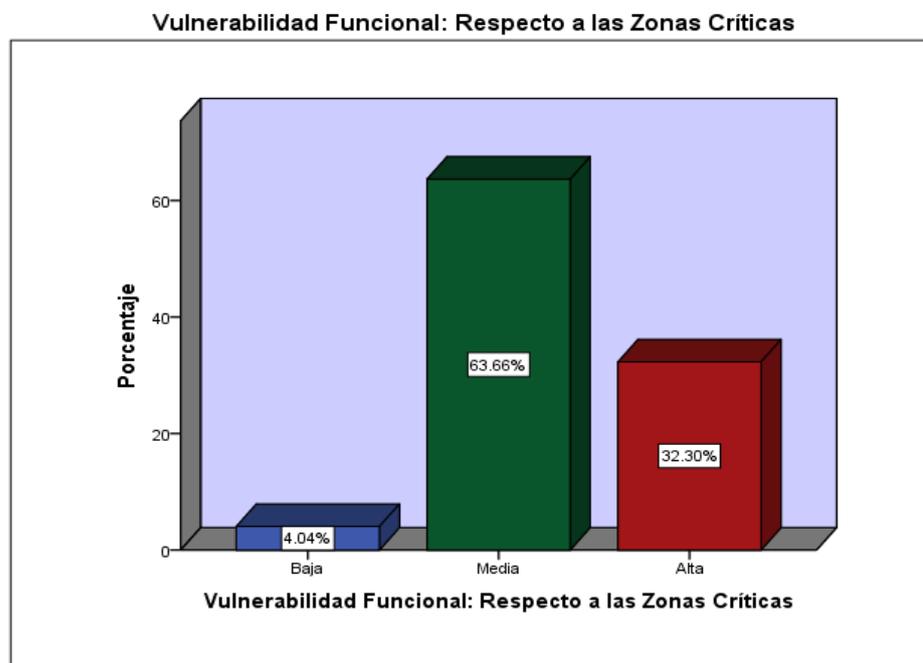
El 67.39% del total de viviendas muestran una vulnerabilidad de acceso media, ya que se encuentra una regular señalización respecto a las zonas que son seguras cuando ocurra un evento sísmico, así también involucra la fácil identificación y acceso a lugares tanto dentro como fuera de la vivienda considerados seguros, un 27.64% poseen una vulnerabilidad de acceso alta.

#### 4.1.3.4.2. Vulnerabilidad de zonas críticas

Tabla 37. Frecuencias de la Vulnerabilidad de zonas críticas

<b>Vulnerabilidad Funcional: Respeto a las Zonas Críticas</b>				
		Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
Válido	Baja	13	4.0	4.0
	Media	205	63.7	67.7
	Alta	104	32.3	100.0
	Total	322	100.0	

Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018



*Figura 46. Distribución de frecuencias de la Vulnerabilidad de zonas críticas*

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

El 63.66% del total de viviendas que fueron inspeccionadas mostraron que existe sectores regulares donde se puede permanecer una vez sucedido un evento sísmico, por lo que representan un mediado riesgo en la operatividad de las viviendas posterior al evento sísmico; mientras que un 32.30% si presenta una vulnerabilidad alta, por lo que compromete la seguridad de los habitantes de las viviendas al no encontrar una zona segura donde permanecer después de un eventual sismo en el distrito de Huayucachi.

#### 4.1.3.4.3. Vulnerabilidad de medidas de protección

Tabla 38. Frecuencias de la Vulnerabilidad de medidas de protección

<b>Vulnerabilidad Funcional: Respecto a las medidas de protección</b>				
		Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
Válido	Baja	3	.9	.9
	Media	216	67.1	68.0
	Alta	103	32.0	100.0
	Total	322	100.0	

Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

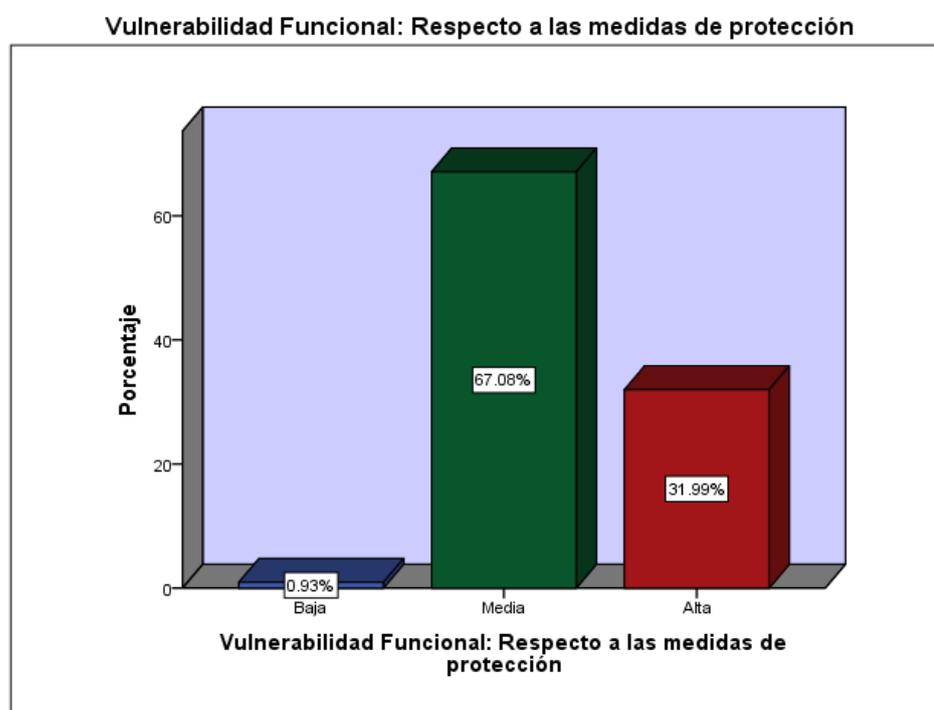


Figura 47. Distribución de frecuencias de la Vulnerabilidad de medidas de protección

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

La vulnerabilidad funcional respecto a las medidas de protección que presentan las viviendas que fueron inspeccionadas, lo cual involucra medidas de mitigación, capacitación y el plan ciudadano que cuenten una vez ocurrido un evento sísmico, es así que como se muestra en la figura 47, el 67.08% del total de viviendas

presentan una vulnerabilidad media, por lo que tienen conocimiento de lo que se debe hacer durante y posterior a un evento sísmico, mientras que un 31.99% presenta un vulnerabilidad de medidas de protección alta, por lo que se pone en riesgo la seguridad de los ocupantes.

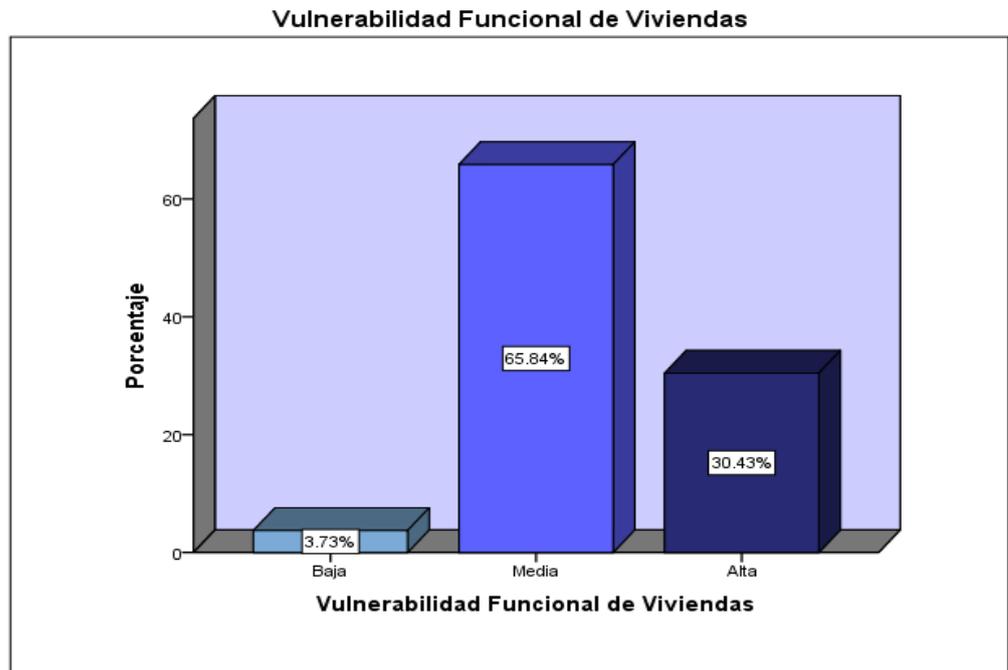
## FINALMENTE

Analizado las variantes que involucran a la vulnerabilidad funcional de una edificación, se procedió a identificar los factores favorables y desfavorables que comprometería la funcionabilidad de una vivienda, de modo que se obtuvo la siguiente tabla de distribución de frecuencias.

*Tabla 39. Frecuencias de la Vulnerabilidad Funcional de las viviendas*

<b>Vulnerabilidad Funcional de Viviendas</b>				
		Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
Válido	Baja	12	3.7	3.7
	Media	212	65.8	69.6
	Alta	98	30.4	100.0
	Total	322	100.0	

Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018



*Figura 48. Distribución de frecuencias de la Vulnerabilidad Funcional de las viviendas*

Nota Fuente: Registro de datos y resultados, SPSS v23, 2018

El 65.84% del total de viviendas que fueron inspeccionadas presentan una vulnerabilidad funcional media, con lo que las viviendas podrán seguir en funcionamiento pues sufrirán daños no considerables de modo que no se perjudica su habitabilidad; mientras que un 30.43% de las viviendas presentan un riesgo mayor a que se vean comprometidas su funcionamiento posterior de ocurrido un evento sísmico en el lugar.

#### **4.1.4. Propuesta de vivienda sismo resistente**

Para realizar el modelamiento de una estructura que se comporte bien ante un eventual evento sísmico es necesario tener las consideraciones que se señalan en la normativa peruana de diseño sismo resistente E 030, de modo que se detallan a continuación.

#### 4.1.4.1. *Características de la vivienda*

Uso : vivienda

Ubicación : Distrito de Huayucachi – Huancayo

Módulo de elasticidad del concreto:

$$E_c = 15000 * \sqrt{210} = 217370.6 \text{ kg/cm}^2$$

Coefficiente de Poisson del concreto:  $U_c = 0.20$

#### 4.1.4.2. *Características del suelo de fundación*

Tipo de suelo : Arenoso con presencia de limos

Coefficiente de basalto de suelo:  $C_2 = 6 \text{ kg/cm}^2$

#### 4.1.4.3. *Peso de la estructura por piso*

Peso de los pisos :  $180 \text{ Tn}$

#### 4.1.4.4. *Características sismo resistentes (E 030)*

##### 4.1.4.4.1. Zonificación

De acuerdo a la zonificación de distribución de sismicidad del territorio peruano, el distrito de Huayucachi se encuentra en la zona sísmica Z3.



Figura 49. Zonas sísmicas del territorio peruano

Nota Fuente: Norma E 030, Diseño sismo resistente, 2018.

Al encontrarse en la zona sísmica 3 (Z3) el factor de zona será: **0.35** según lo establecido en la Norma E 030 de Diseño sismo resistente.

#### 4.1.4.4.2. Condiciones geotécnicas: perfil de suelo

Conforme al estudio de mecánica de suelos ejecutados en el lugar se tiene que el suelo presenta Perfil de suelo tipo  $S_2$  (Suelos intermedios), de modo que según la norma de Diseño sismo resistente E 030 le corresponde el valor de **1.15** al encontrarse en la zona sísmica 3.

#### 4.1.4.5. Modelamiento

Empleando el software SAP2000 v2020, se realizó el siguiente procedimiento:

1º. Se determinó el sistema de unidades para el desarrollo del modelamiento.

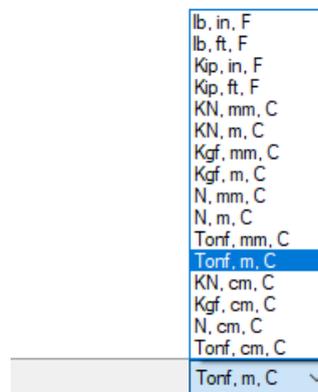


Figura 50. Sistema de unidades para el modelamiento

Nota Fuente: Software estructural SAP2000 v2020, 2018

2º. Se colocó el número de niveles y sus respectivas alturas

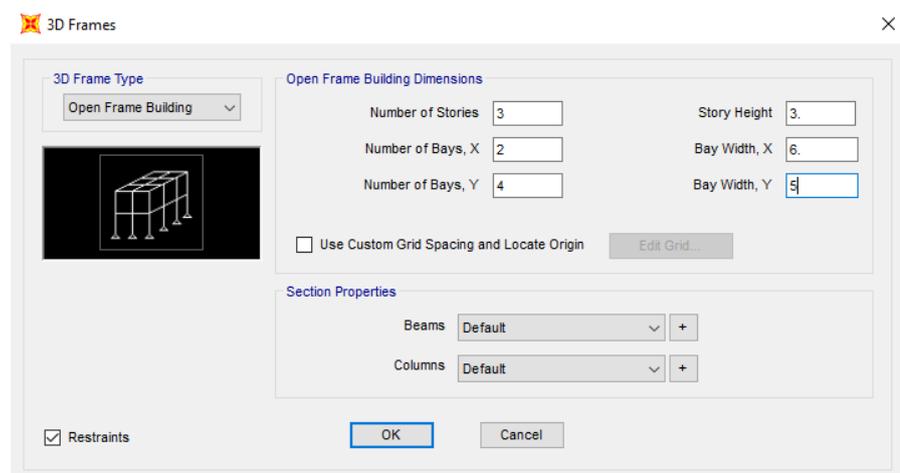


Figura 51. Número y altura de niveles de la vivienda

Nota Fuente: Software estructural SAP2000 v2020, 2018.

3º. Deja una profundidad de desplante de 1.5 en el nivel 0.

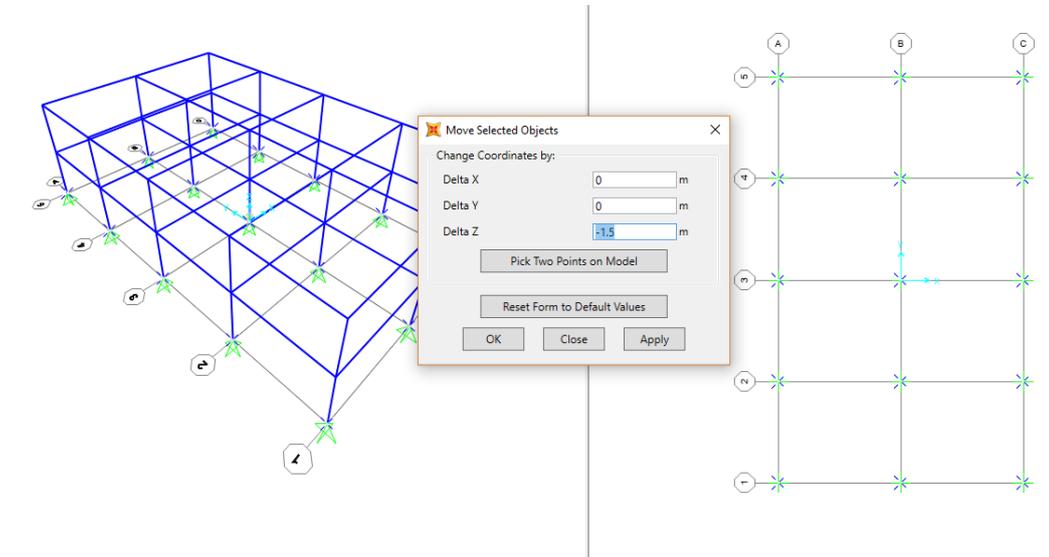


Figura 52. Profundidad de desplante

Nota Fuente: Software estructural SAP2000 v2020, 2018

4º. Se editan las líneas auxiliares

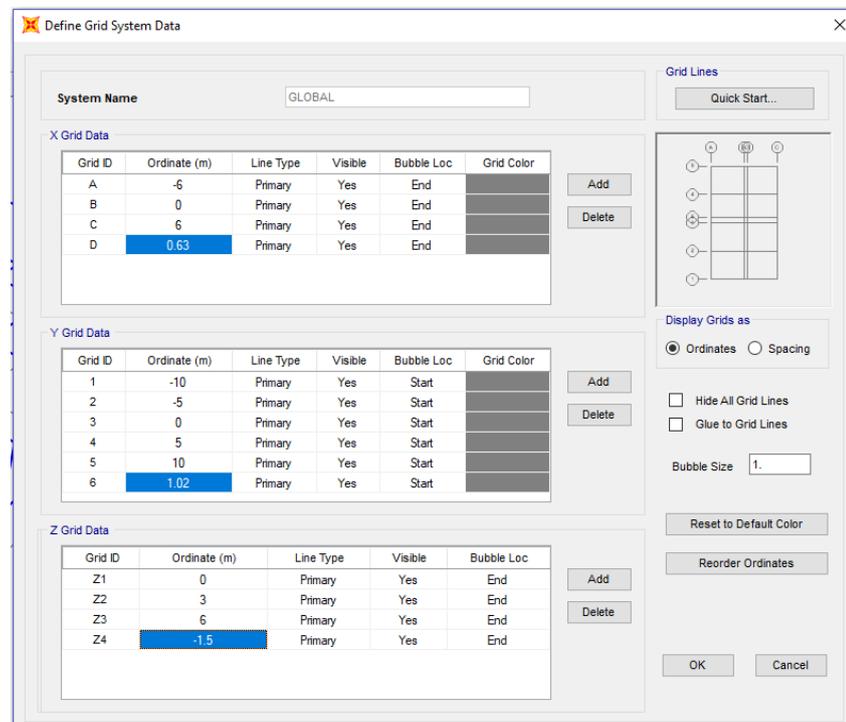


Figura 53. Edición de líneas auxiliares

Nota Fuente: Software estructural SAP2000 v2020, 2018

### 5°. Empotramiento de primer nivel

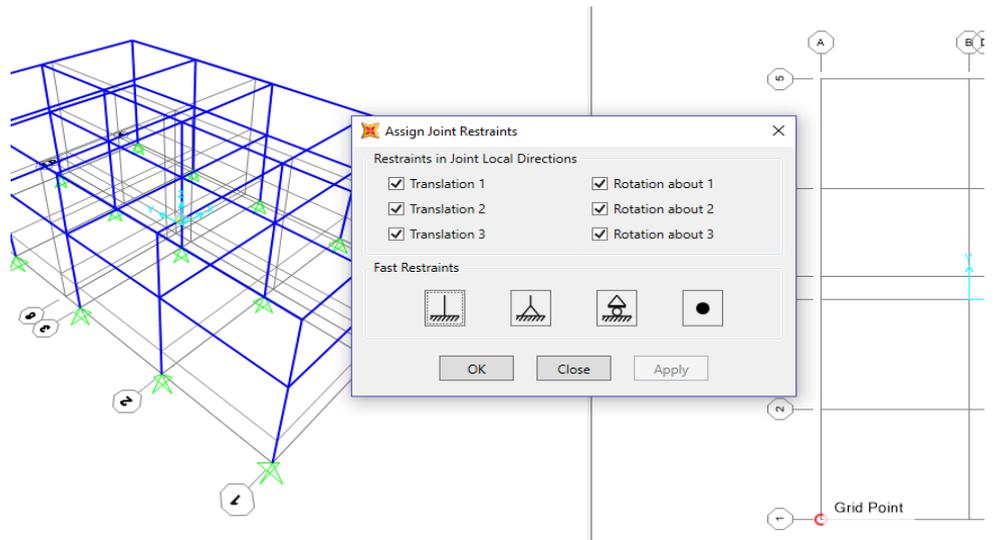


Figura 54. Empotramiento de primer nivel

Nota Fuente: Software estructural SAP2000 v2020, 2018

### 6°. Asignación del material

**Material Property Data** [Close]

**General Data**

Material Name and Display Color: CONCRETO [Color: Yellow]

Material Type: Concrete [Dropdown]

Material Grade: f'c 4000 psi

Material Notes: [Modify/Show Notes...]

**Weight and Mass**

Weight per Unit Volume: 0

Mass per Unit Volume: 0.

**Units**

Tonf, m, C [Dropdown]

**Isotropic Property Data**

Modulus Of Elasticity, E: 2173706

Poisson, U: 0.2

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 9.900E-06

Shear Modulus, G: 905710.8

**Other Properties For Concrete Materials**

Specified Concrete Compressive Strength, f<sub>c</sub>: 2100

Expected Concrete Compressive Strength: 2812.2785

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor: [Empty]

Switch To Advanced Property Display

[OK] [Cancel]

Figura 55. Asignación de material

Nota Fuente: Software estructural SAP2000 v2020, 2018

## 7<sup>o</sup>. Definición de sección

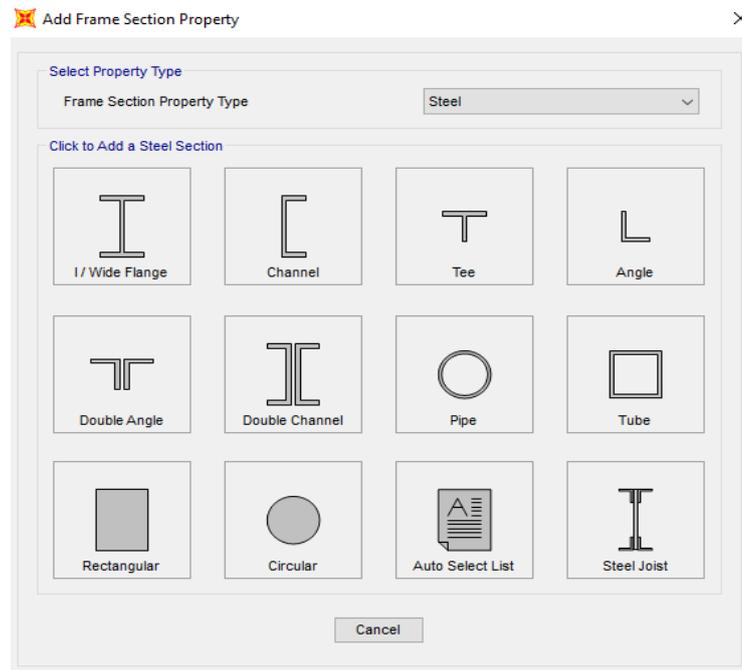


Figura 56. Definición de sección

Nota Fuente: Software estructural SAP2000 v2020, 2018

8º. Se asignan las dimensiones para cada elemento estructural

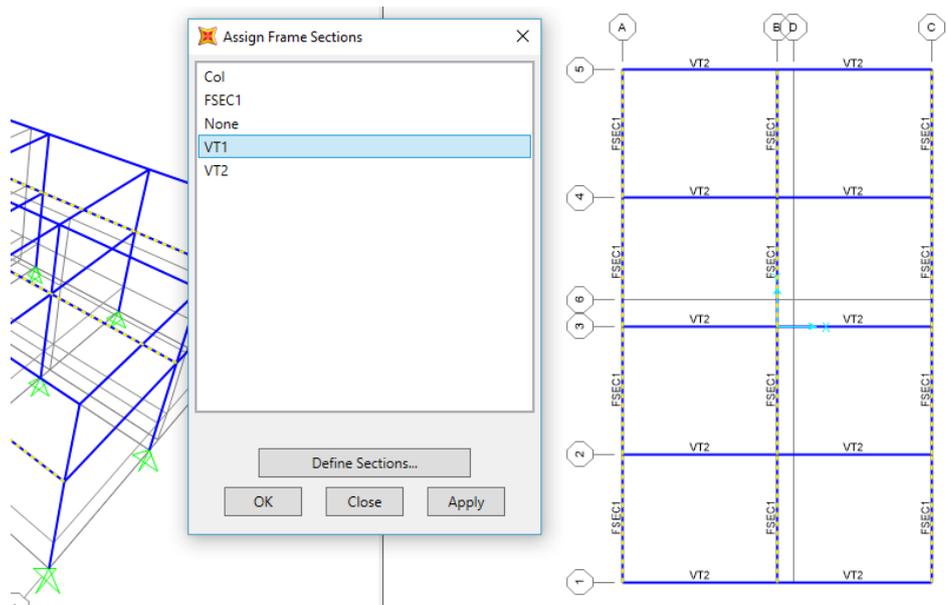


Figura 57. Asignación de secciones a los elementos estructurales

Nota Fuente: Software estructural SAP2000 v2020, 2018

9º. Asignación del factor de rigidez para el primer nivel

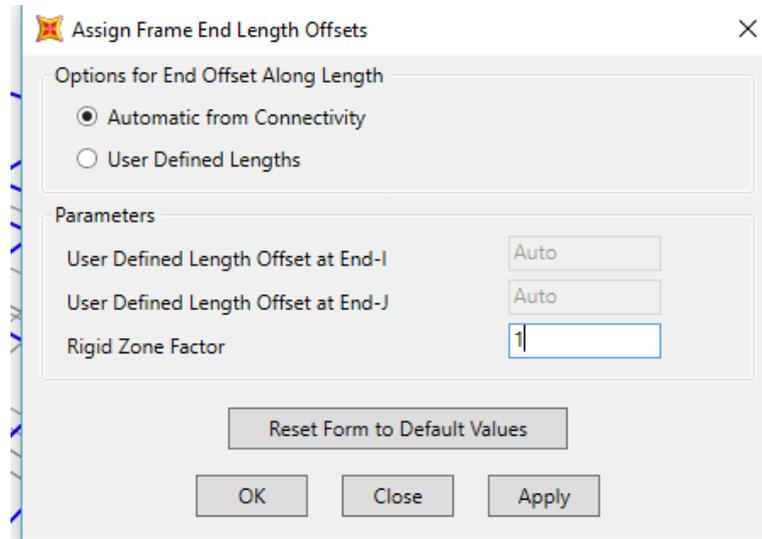


Figura 58. Asignación de factor de rigidez

Nota Fuente: Software estructural SAP2000 v2020, 2018

La rigidez asignada fue de 1

10º. Se generan puntos en los centros de masa

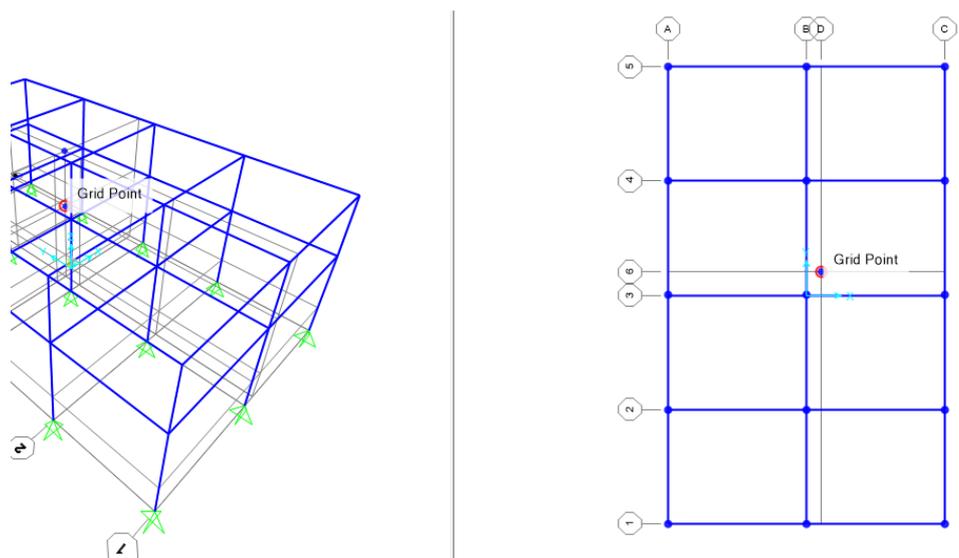


Figura 59. Puntos en los centros de masa

Nota Fuente: Software estructural SAP2000 v2020, 2018

## 11º. Restricciones a los centros de masa

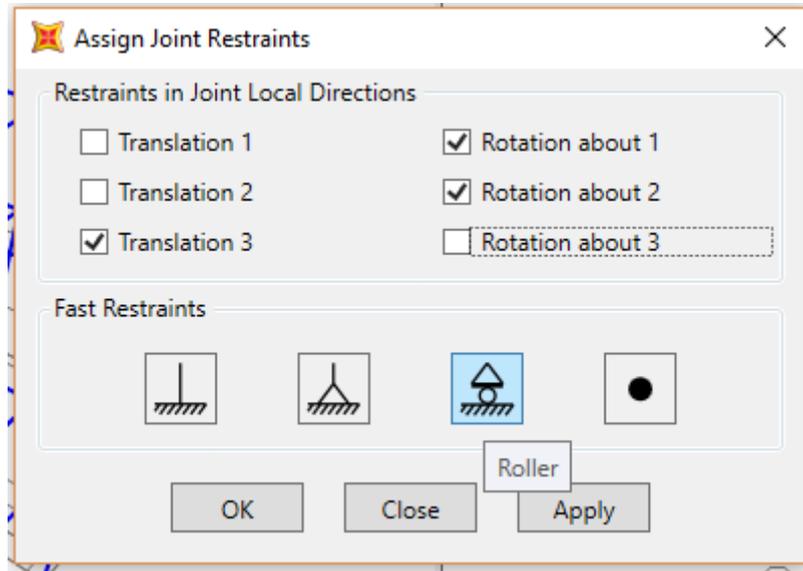


Figura 60. Restricciones a los centros de masa

Nota Fuente: Software estructural SAP2000 v2020, 2018

No pueden trasladarse en Z, solo en X y

## 12º. Definición de estados de carga y sismos

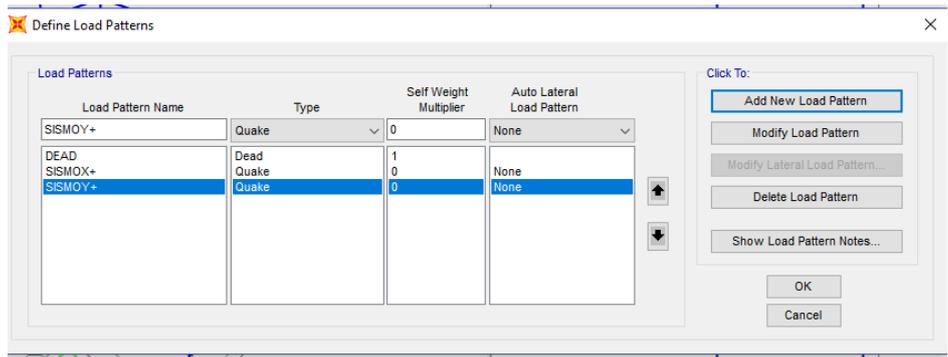


Figura 61. Asignación de sismos

Nota Fuente: Software estructural SAP2000 v2020, 2018

### 13º. Definición de estados de carga

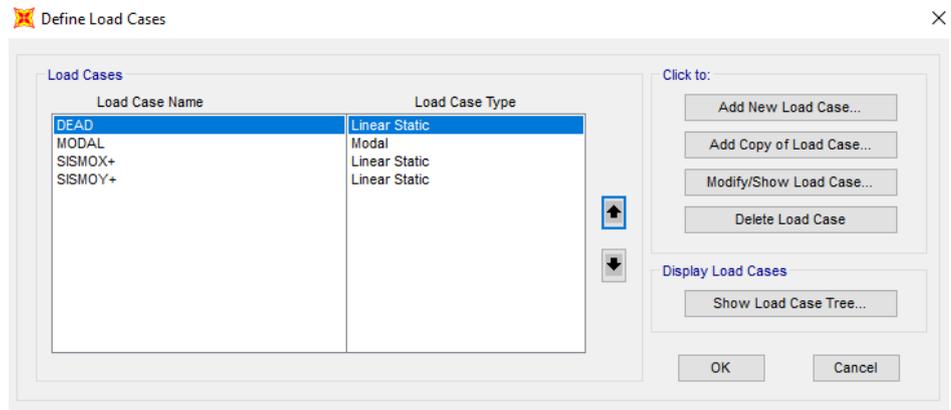


Figura 62. Estados de carga

Nota Fuente: Software estructural SAP2000 v2020, 2018

Se elimina el estado Modal.

### 14º. Amplificación de cargas

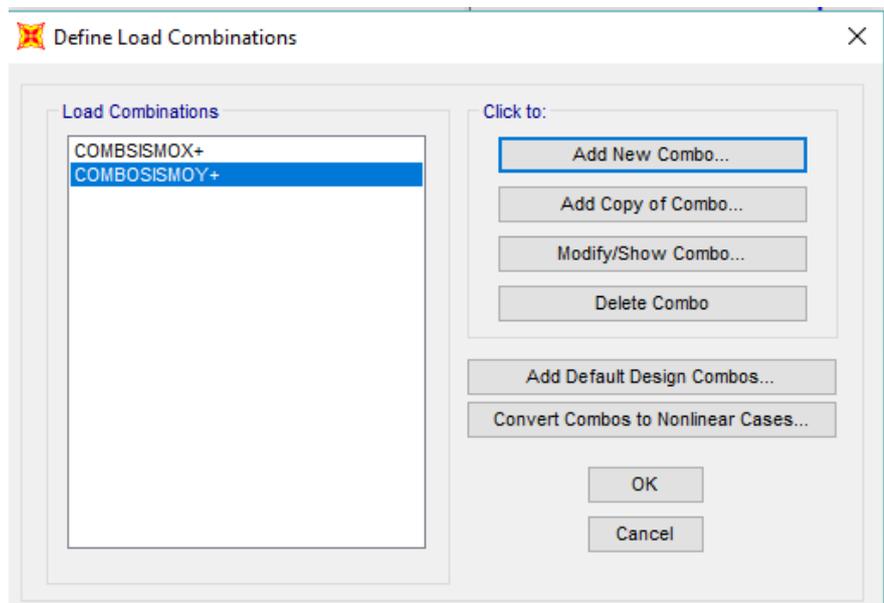


Figura 63. Amplificación de cargas

Nota Fuente: Software estructural SAP2000 v2020, 2018

## 15°.Análisis de la estructura

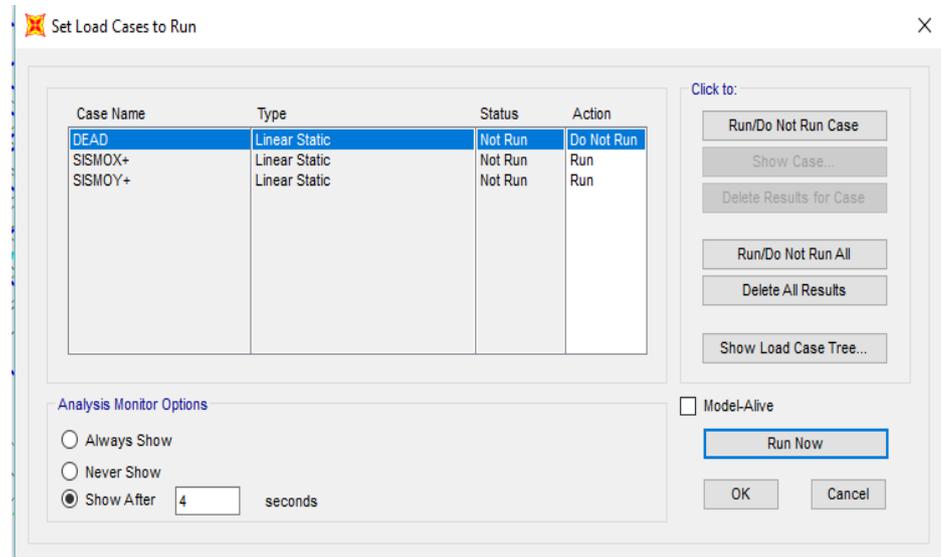
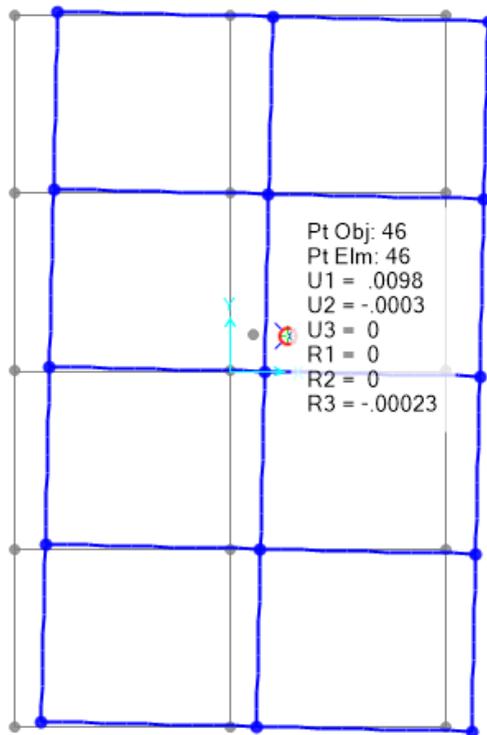
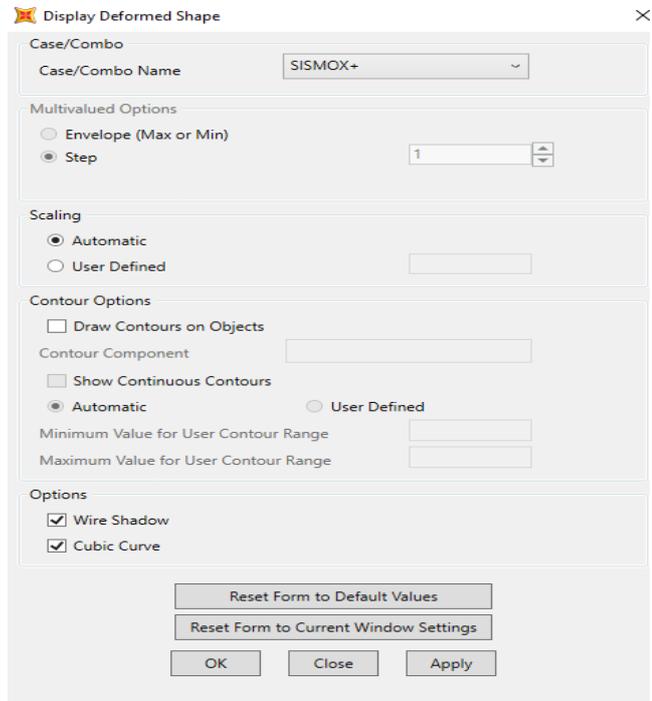


Figura 64. Análisis de la estructura

Nota Fuente: Software estructural SAP2000 v2020, 2018

## 16°.Desplazamiento de la estructura en X



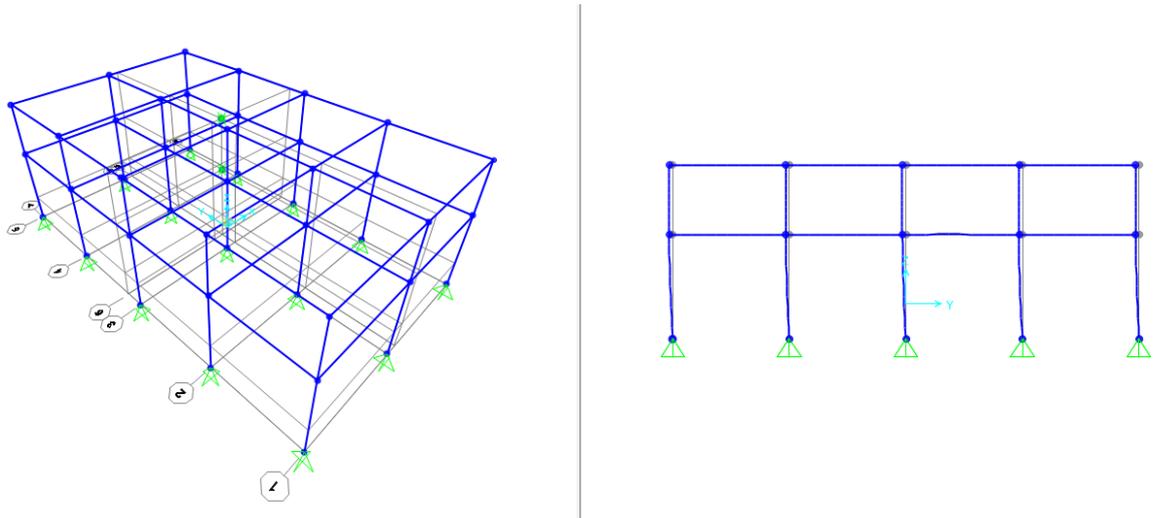
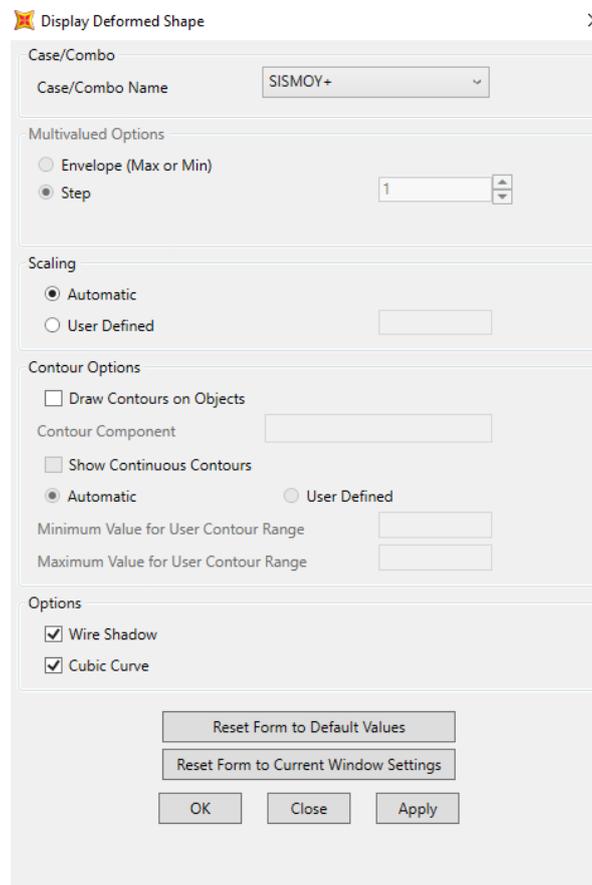


Figura 65. Desplazamiento de la estructura en X

Nota Fuente: Software estructural SAP2000 v2020, 2018

### 17º. Desplazamiento de la estructura en Y



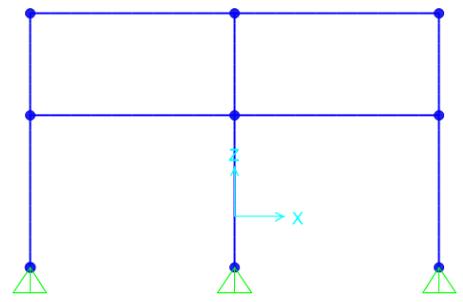
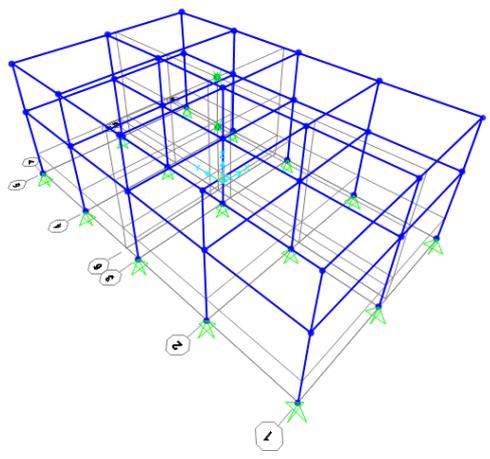
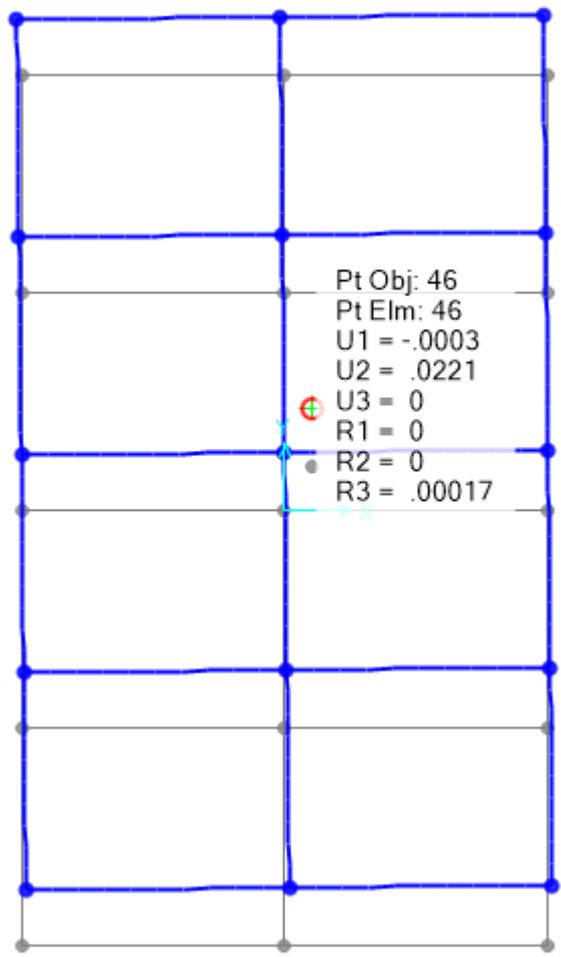


Figura 66. Desplazamiento de la estructura en Y

Nota Fuente: Software estructural SAP2000 v2020, 2018

18°. Fuerzas axiales ocasionadas por el sismo

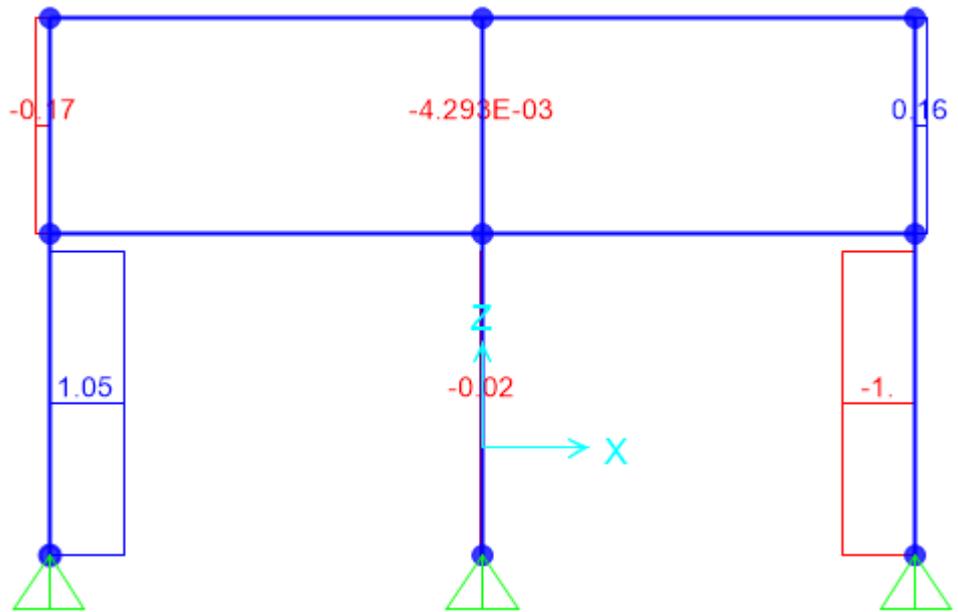


Figura 67. Fuerzas axiales ocasionadas por el sismo en dirección X

Nota Fuente: Software estructural SAP2000 v2020, 2018

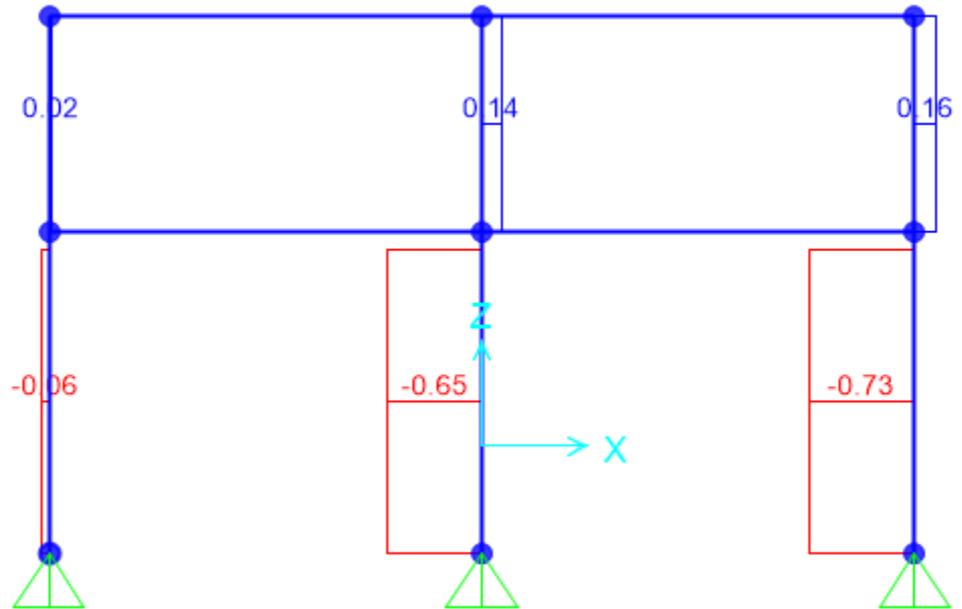


Figura 68. Fuerzas axiales ocasionadas por el sismo en dirección Y

Nota Fuente: Software estructural SAP2000 v2020, 2018

#### FINALMENTE:

Las deformaciones halladas no son significativas, por lo que se evidencia un estado óptimo de la estructura frente al accionar del sismo tanto en dirección X como en dirección Y, se eligió una edificación de 2 niveles por ser la más usual en el distrito de Huayucachi tal como se muestra en resultados anteriores.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

La investigación realizada llevó por título “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi – Huancayo - 2016”, por lo que enfocó en 3 puntos fundamentales, la vulnerabilidad estructural, vulnerabilidad no estructural y vulnerabilidad funcional de las viviendas de la zona. De modo que se vio por conveniente aplicar los métodos analíticos como son el método de índice de vulnerabilidad y el método ATC - 21, los cuales consisten en dar una inspección visual de lo apreciable en las viviendas del distrito de Huayucachi y realizar una calificación de acuerdo a los factores especificados en las fichas de observación.

En el mundo existen múltiples métodos para determinar la vulnerabilidad sísmica de edificaciones, siendo algunos más rigurosos que otros, así también, en caso que la calificación mediante el método ATC 21 sea menor o igual a 2, es necesario hacer una evaluación más minuciosa empleando métodos analíticos profundos o hacer uso de softwares de análisis estructural, lo cual hoy en la actualidad se viene realizando de una manera más frecuente en las edificaciones; sin

embargo muchas veces el empirismo constructivo es un factor clave que hace que la edificación y las dimensiones de los elementos estructurales presenten un grado de riesgo al carecer de estudios estructurales y de suelos para determinar sus dimensiones, como son las dimensiones de columnas, vigas, viguetas, cimentación, etc. Pues según lo señalado en su investigación Tito (2018) en la cual concluye señalando que los procedimientos inadecuados de construcción provocan alto nivel de vulnerabilidad en las edificaciones autoconstruidas.

Con respecto al primer objetivo de la investigación, el cual fue determinar el grado de vulnerabilidad estructural a través del método del índice de vulnerabilidad de las viviendas del Distrito de Huayucachi, se empleó el método de índice de vulnerabilidad el cual es un método cualitativo, que hace uso de la observación para la toma de datos, es así que se realizó una inspección visual a la viviendas que fueron seleccionada de manera aleatoria, considerándose parámetros como son la organización del sistema resistente, la calidad del sistema resistente, ubicación de la vivienda, configuración de elevación, el estado de conservación de la viviendas, y entre otros, posteriormente se realizó el procesamiento de datos, dando por resultados que el 68.3% presentaron valores por encima del 35% según el método de índice de vulnerabilidad, evidenciando que existe una vulnerabilidad estructural alta; mientras que un 28.3% del total de viviendas presentan un vulnerabilidad media, así también un 3.4% presenta un vulnerabilidad baja. Esto es clara evidencia del empirismo constructivo que existe en la zona pues debido al costo considerable que demanda hacer estudios y contratar profesionales especialistas evitan hacerlos, contratando a personas que por su “experiencia” deciden confiarle la construcción de su vivienda, tal como señaló Tito (2018), hacer uso de procedimientos que no son avalados por especialistas o un estudio

previo ocasiona que exista un riesgo de falla en la edificación ante la acción de un sismo, por lo que se genera un alto nivel de vulnerabilidad sísmica.

Respecto a aspectos no estructurales, de cual trató el segundo objetivo específico de la investigación, se empleó el método analítico ATC-21, el cual es uno de los más empleados para determinar niveles de vulnerabilidad sísmica, específicamente abocado a temas no estructurales, la cual comprende las instalaciones eléctricas y de agua (servicios básicos), los muros de tabiquería, los cuales no cumplen función estructural sino arquitectónica, haciendo separaciones de ambientes. Al igual que el método ATC 21 existen otros que de igual modo hacen uso de la inspección visual como es el método FEMA, tal como es el caso de las investigaciones realizadas por Mercado y Sabogal (2016), Quizhpilema (2017), Rodríguez (2018) y entre otros, en las cuales se enfocaron en realizar un análisis de vulnerabilidad sísmica inspeccionando solamente los componentes estructurales; sin embargo una de las aplicaciones del método ATC 21 (el cual es muy similar al FEMA) es realizar el análisis de vulnerabilidad no estructural, por lo que se obtuvo que el 75.5% del total de viviendas inspeccionadas presentan un comportamiento adecuado en sus elementos no estructurales, pues obtuvieron valores por encima de 4 en la calificación final por cada factor evaluado, mientras que el 16.1% presenta un comportamiento sísmico regular y un 8.4% presenta un comportamiento malo.

Tanto la vulnerabilidad estructural como la vulnerabilidad no estructural involucran a la funcionabilidad de la edificación una vez suscitado un sismo, lo que se conoce como vulnerabilidad funcional, ya que según lo señalado por la normativa de Diseño Sismo resistente E-030 en la cual se menciona que las edificaciones de categoría A no deben verse interrumpidas su operatividad y funcionamiento posterior

a ocurrido un eventos sísmico, mientras que para edificaciones de categoría C (como son las viviendas) no se exige nada respecto al funcionamiento posterior a un sismo, por lo que es necesario conocer cuántas viviendas no se verían afectadas su funcionamiento, es así que aplicando el método ATC 21 se obtuvo que el 65.8% del total de viviendas que fueron inspeccionadas presentan un vulnerabilidad funcional media, el cual puede ser tomado como una intermedio de los resultados respecto a la vulnerabilidad estructural la cual fue alta; mientras que la vulnerabilidad no estructural fue baja, por lo que puede existir una posible relación entre ellas para estimar la vulnerabilidad funcional de edificaciones.

Para el diseño de una vivienda sismo resistente se tuvo en consideración lo estipulado en la Norma de Diseño Sismo resistente, por lo que se evitó las irregularidades verticales como en planta, así como también la presencia de esquinas entrantes, y bajo las condiciones de suelo de lugar (basado en el estudio de mecánica de suelos) se determinó las dimensiones que fueran a responder de una forma favorable ante un evento sísmico, resultado de manera óptima, la cual debe ser tomada como una propuesta, ya que cada lugar y edificación presentan características particulares que deben ser tomadas por un especialista.

## CONCLUSIONES

1. De esta investigación se concluye que la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi son determinadas por los factores estructurales, no estructurales y funcionales. Del análisis de estos se determinó que las viviendas del distrito de Huayucachi se encuentran en un grado de vulnerabilidad sísmica alta, puesto que a pesar de que la mayor cantidad de viviendas no sobrepasan los 3 niveles, se presentan errores en la construcción, hace uso de los ambientes para otras funcionalidades como es el almacenaje, lugares de concurrencia de grandes cantidades de personas, además de que el distrito de Huayucachi se encuentra en la zona 3 según se especifica en la norma E 030, lo cual la hace aún más vulnerable pues es en esta zona que puede generarse sismos de magnitudes importantes que comprometen la seguridad de los habitantes.
2. Los parámetros que determinan el factor estructural de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi son: Organización del sistema resistente, calidad del sistema resistente, resistencia convencional, posición del edificio y cimentación, diafragmas horizontales, configuración en planta, configuración en elevación, distancia máxima entre muros, tipo de cubierta, elementos no estructurales y estado de conservación. Del análisis de estos factores se determinó que el grado de vulnerabilidad estructural de las viviendas es alta. Las viviendas del distrito de Huayucachi se encuentran vulnerables estructuralmente, ya que debido al empirismo constructivo de la zona o la informalidad representan un riesgo alto para la seguridad de sus habitantes. Al verse afectado los elementos estructurales se compromete la integridad de la edificación, pues el colapso de estas podría ser inminente si el grado de afectación de los elementos resistentes es considerable, comprometido no solo la seguridad de los habitantes del mismo, sino puede llegar a comprometer a las viviendas contiguas.

3. Los parámetros que determinan el factor no estructural de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi son: Gran altura, mal mantenimiento, irregularidad vertical, irregularidad en planta, colisión entre edificaciones, presencia de columnas cortas y condiciones de suelo. Del análisis de estos factores se estableció que el grado de vulnerabilidad no estructural de las viviendas es baja. Los componentes no estructurales de las viviendas del distrito de Huayucachi no se ven comprometidos posterior a un evento sísmico, por lo que presentan una vulnerabilidad baja, ya que los sistemas no estructurales como son los muros de tabiquería no son usuales en la zona pues emplean mayormente el confinamiento, y respecto a los servicios básicos, el sistema eléctrico no se ve comprometido seriamente por la lejanía que existe entre las viviendas y los postes eléctricos.
4. Los parámetros que determinan el factor funcional de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi son: social, de servicios básicos, de ambiente, respecto al acceso, respecto a zonas críticas, respecto a las medidas de protección. Del análisis de estos factores se estableció que el grado de vulnerabilidad funcional es media. En las viviendas del distrito de Huayucachi no se verán comprometidas seriamente su funcionalidad posterior a ocurrido un evento sísmico, además de que involucra los espacios seguros dentro y fuera de la vivienda, por lo que no existe un riesgo considerable a que las viviendas queden declarados inhabitables una vez sucedido un evento sísmico en la zona.
5. Una vivienda posee un mejor comportamiento sismo resistente cuando las deformaciones halladas no son significativas, esto evidencia un estado óptimo de la estructura ante el accionar de un sismo, ello queda demostrado mediante una modelación en un software estructural.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que, el gobierno central deba promover una guía de construcción de acuerdo a las condiciones de lugar, que muestre la importancia de la asesoría de un profesional para la construcción de viviendas.
2. El gobierno regional de Junín debe de realizar estudios de zonificación de suelos para que estos sean considerados para el diseño de edificaciones y facilite a la población usuaria el acceso a dichos registros.
3. El gobierno distrital de Huayucachi debe promover medidas que eviten que se construyan viviendas de forma empírica sin tener la mínima consideración de las características particulares para cada una de ellas.
4. Se sugiere que los ciudadanos del distrito de Huayucachi deben considerar la importancia de contar con la asesoría de un especialista en construcción, por lo que podrían cometer errores muy comunes que harían vulnerable sísmicamente a la vivienda.
5. Se debe de modelar todo tipo de edificación, esto incluye a las viviendas típicas o comunes, pues así se verá cual es el comportamiento y desempeño de la edificación ante un evento sísmico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arias, F. (1999). *El proyecto de investigación*. Cararcas.
2. Arrieta, J. (2014). Evaluación de riesgo sísmico en el Centro Histórico de Ayacucho. *Visión 2014*.
3. Blondet, M. (2005). *Construcción y mantenimiento de vivienda de albañilería*. Lima.
4. Borja, M. (2012). *Metodología de la investigación científica*. Chiclayo.
5. Caicedo, C., Barbat, A., Canas, J., & Aguilar, R. (1994). *Vulnerabilidad sísmica de edificios*. Barbat A. H.
6. Capani, A., & Huamaní, J. (2018). *Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada construidas informalmente en el Distrito de Yauli, Provincia de Huancavelica, Región de Huancavelica*. Huancavelica - Perú: Universidad Nacional de Huancavelica.
7. Cardona, O. (1984). *Manual de construcción sismo resistente de viviendas*. Colombia: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.
8. Carrasco, S. (2006). *Metodología de la investigación científica*. Lima: San Marcos.
9. Castillo, J., & Alva, J. (1995). *Peligro sísmico en el Perú*. Lima: UNI.
10. Centro Nacional de Prevención de Desastres. (s.f.). Evaluación simplificada de la vulnerabilidad sísmica de viviendas. *CENAPRED*.
11. Centro Regional de Información Sobre Desastres. (2004). Vulnerabilidad no estructural. *CRID*.
12. Cerda, H. (1991). *Metodología de la investigación*. Bogotá: Universidad Nacional Abierta.
13. Chavarra, D., & Gómez, D. (2012). Estudio Piloto de Vulnerabilidad Sísmica en Viviendas de 1 y 2 Pisos del Barrio Cuarto de Legua en el Cono de Cañaveralejo (Cali, Colombia). *INETER*.
14. Fernández, A., & Parraga, C. (2013). *Vulnerabilidad sísmica de centros educativos de Huancayo Metropolitano*. Huancayo - Perú: Universidad Nacional Centro del Perú.
15. Gaslonde, G., & Pérez, V. (s.f.). Mitigación del riesgo sísmico. *ONDA*.

16. Gómez, L. (2018). *Análisis de vulnerabilidad sísmica de las instituciones educativas públicas de adobe en el Centro Histórico de Cajamarca*. Cajamarca - Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.
17. Guerrero, O. (2018). Los sismos más fuertes de los últimos años en México. *EL SUR*.
18. Instituto Nacional de Prevención Sísmica. (s.f.). Medición de los sismos. *INPRES*.
19. Jair, C., & Murcia, Y. (2018). *Desarrollo de una guía práctica para la construcción de vivienda social en zonas con alta vulnerabilidad sísmica de acuerdo con la NSR-10 - caso de estudio localidad USME - UPZ 57 Gran Yomasa*. Bogotá - Colombia: Universidad Católica de Colombia.
20. López, E. (2011). *Metodología de la investigación*. Caracas: UNA.
21. Mercado, L., & Sabogal, C. (2016). *Análisis de vulnerabilidad sísmica en edificaciones aporricadas de concreto reforzado en la ciudad de Cartagena*. Cartagena: Universidad de Cartagena.
22. Municipalidad Distrital de Huayucachi. (2014). Plan de Desarrollo Concertado.
23. Norma Técnica E.030. (2018). *Diseño sismoresistente*. Lima.
24. Ochoa, C. (Abril de 2015). Muestreo probabilístico: muestreo aleatorio simple. *netquest*.
25. Organización Panamericana de la Salud. (s.f.). Características que los hacen vulnerable. *PAHO*.
26. Orihuela, P., Orihuela, J., Lazo, C., & Ulloaydie, K. (2010). *Construye Seguro*. Lima: Corporación Aceros Arequipa S.A.
27. Ortega, C. (2014). *Determinación de la vulnerabilidad estructural de edificaciones por efecto de sismo en el centro urbano del Distrito de Villa Rica*. Huancayo - Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.
28. Ospina, J., & Díaz, K. (2017). *Manual y software con recopilación de funciones de vulnerabilidad para la evaluación ante amenazas sísmicas en Colombia*. Bogotá - Colombia: Universidad Católica de Colombia.
29. Paralta, H. (2002). *Revisión de literatura sobre metodologías para evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificaciones*. Cali - Colombia: Universidad de Valle.
30. Patricia, M. (2015). Los sismos y su efecto sobre las estructuras.

31. Pilamunga, R. (2016). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica según la Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC-SE-RE,2015) del edificio de la Facultad de Ciencias Psicológicas de la Universidad Central del Ecuador*. Quito - Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
32. Programa de Capacitación para la estimación del riesgo. (2010). *Rehabilitación sísmica de estructuras. PCER*.
33. Quesada , F. (2018). El 70% de casas de Lima carece de garantías frente a un sismo. *El comercio*.
34. Quintero, D. (05 de Julio de 2016). *Funcionalidad Estructural - Cargas y Tipos*. Obtenido de <http://funcionalidadestructural-cargasytipos.blogspot.com/>
35. Quizhpilema , A. (2017). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del edificio de aulas de la facultad de ingeniería de la Universidad Central del Ecuador, utilizando la norma ecuatoriana de la construcción (NEC-SE-RE,2015)*. Quito - Ecuador: Uiversidad Central del Ecuador.
36. Ramírez, A., & Arzate, S. (2007). Estimación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas en zonas urbanas. *realyc*.
37. Ramírez, F. (2007). Sismos. *CENAPRED*.
38. Ramirez, V. (1997). *Vulnerabilidad sísmica en edificaciones*.
39. Reyes, N., Sarria, A., & Maltez, J. (s.f.). Metodología para la determinación de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones. *PAPER*.
40. Ríos, J. (s.f.). Aspectos de vulnerabilidad funcional. *CISMID*.
41. Rodríguez, J. (2018). *Vulnerabilidad sísmica del sector E y J del Hospital Regional de Cajamarca*. Cajamarca - Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.
42. Rojas, E. (2017). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de albañilería confinada del asentamiento humano San Marcos de Ate, Santa Anita, 2017*. Lima - Perú: Universidad César Vallejo.
43. Rojas, Y. (2017). *Análisis del riesgo sísmico en las edificaciones informales en el sector 5 lado este de Chupaca*. Huancayo - Perú: Universidad Peruana los Andes.
44. Técnicas de la Construcción. (s.f.). Manual técnico apasco. *Sistemas Constructivos Tradicionales*.

45. Tito, K. (2018). *Vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas mediante la aplicación del modelo estático no lineal en la Av. El Parral, Comas*. Lima - Perú: Universidad César Vallejo.
46. Vivanco, T. (2018). ¿Junín está preparado para afrontar sismo de 7.5 grados? *Correo*.
47. Zenón, B. (s.f.). Análisis de riesgo sísmico. *III curso internacional CISMID - JICA - CEPIS*.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

**Título:** Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del Distrito de Huayucachi – Huancayo, 2016.

**Autor:** Bach. Pablo Prudencio Salas Ccoyllar

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema General:</b></p> <p>¿Cuáles son los factores que determinan la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi?</p> <p><b>Problemas Específicos:</b></p> <p>a) ¿Cuáles son los parámetros que determinan el factor estructural de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi?</p> <p>b) ¿Cuáles son los parámetros que determinan el factor no estructural de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi?</p> <p>c) ¿Cuáles son los parámetros que determinan el factor funcional de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi?</p>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Determinar los factores de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <p>a) Establecer los parámetros que determinan el factor estructural de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi.</p> <p>b) Precisar los parámetros que determinan el factor no estructural de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi</p> <p>c) Definir los parámetros que determinan el factor funcional de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi</p>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>La vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi son determinados por factores estructurales, no estructurales y funcionales.</p> <p><b>Hipótesis Específicas</b></p> <p>a) Los parámetros que determinan el factor estructural de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachi son configuración en planta, configuración en elevación, estado de conservación entre otros</p>	<p><b>Variable 1:</b></p> <p>Variable Independiente (X): Factores estructurales, no estructurales y funcionales.</p> <p>Variable Dependiente (Y): Vulnerabilidad Sísmica</p> <p><b>Indicadores:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Organización del sistema resistente</li> <li>– Calidad del sistema resistente</li> <li>– Resistencia Convencional</li> </ul>	<p><b>Tipo de Investigación:</b></p> <p>La investigación será de tipo aplicada.</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b></p> <p>El nivel de investigación será descriptivo- explicativo</p> <p><b>Método General:</b></p> <p>El método empleado será el método científico.</p> <p><b>Diseño:</b></p> <p>El diseño de la investigación será no experimental, como dice</p> <p style="text-align: right;">M  O</p>

<p>d) ¿Cuál es el diseño sismo resistente que corresponde a una vivienda en el distrito de Huayucachí?</p>	<p>d) Describir una vivienda sismo resistente en el distrito de Huayucachí</p>	<p>b) Los parámetros que determinan el factor no estructural de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachí son gran altura, colisión entre edificaciones, mal mantenimiento entre otros</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gran altura</li> <li>- Mal mantenimiento</li> <li>- Del ambiente</li> <li>- Respecto al acceso</li> </ul>	<p>Donde:</p> <p>M: Muestra</p> <p>O: Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas.</p> <p><b>Población:</b></p> <p>2097 viviendas de Huayucachí</p> <p><b>Muestra:</b></p> <p>322 viviendas</p> <p><b>TECNICAS INSTRUMENTOS</b> <span style="float: right;"><b>E</b></span></p> <p><b>Técnicas:</b></p> <p>Se empleará la técnica de Observación en campo.</p> <p><b>Instrumentos:</b></p> <p>Se utilizará la ficha de observación, el programa SAP versión 20 y el Microsoft Excel versión 2013</p>
		<p>c) Los parámetros que determinan el factor funcional de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del distrito de Huayucachí son de servicios básicos, de ambiente, con respecto a zonas críticas entre otros.</p>		
		<p>d) El diseño sismo resistente de una vivienda en el distrito de Huayucachí muestra deformaciones poco significativas</p>		

## ANEXO 2

### INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES				
FACULTAD DE INGENIERÍA				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DE HUAYUCACHI - HUANCAYO - 2016				
FICHA DE OBSERVACIÓN PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD FUNCIONAL: MÉTODO ATC 21				
DIRECCIÓN:		FECHA DE EVALUACIÓN:		
MARCA CON UN X LA RESPUESTA CORRECTA		BAJA	MEDIA	ALTA
Amenaza y vulnerabilidad del entorno				
Calificación básica	Descripción	BAJA	MEDIA	ALTA
1	Vulnerabilidad industrial Las pequeñas industrias pueden ocasionar incendios.			
2	Vulnerabilidad social El incremento poblacional.			
3	Vulnerabilidad servicios básicos El hundimiento de las viviendas pueden dañar las redes de agua y alcantarillado.			
4	Vulnerabilidad de puentes Los puentes pueden colapsar dividiendo en dos la ciudad.			
5	Vulnerabilidad de ambiente Las áreas de seguridad como los parques y centros educativos.			
Vulnerabilidad funcional del establecimiento				
6	Vulnerabilidad de acceso Viabilidad, ingresos, señalización e identificación.			
7	Vulnerabilidad de zonas críticas Zonas donde se puede permanecer después del desastre.			
8	Vulnerabilidad de medidas de protección Mitigación, preparativos, capacitación y plan ciudadano.			
<b>CALIFICACIÓN FINAL</b>				
<b>EVALUACIÓN</b>		<b>OBSERVACIONES</b>		
SE SUGIERE EVALUACIÓN DETALLADA				
SI	NO			
Evaluador:				

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DE HUAYUCACHI - HUANCAYO - 2016**

**FICHA DE OBSERVACIÓN PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD NO ESTRUCTURAL: MÉTODO ATC 21**

DIRECCIÓN:	ÁREA EN m <sup>2</sup> :
IDENTIFICACIÓN:	AÑO DE CONSTRUCCIÓN:
NÚMERO DE PISOS:	FECHA DE EVALUCACIÓN:
TIPO DE USO:	

N°	CALIFICACIÓN Y FACTORES DE MODIFICACION								
	Tipo de estructura	A1	A2	B	C	D	MS	MM	MNR
	<b>Calificación básica</b>								
1	Gran altura								
2	Mal mantenimiento								
3	Irregularidad vertical >40%								
4	Irregularidad vertical 20%-40%								
5	Irregularidad vertical 10%-20%								
6	Nivel suave								
7	Torsión								
8	Irregularidad en planta <10%								
9	Irregularidad en planta 10%-20%								
10	Irregularidad en planta 20%-40%								
11	Colisión entre edificios								
12	Columnas corta								
13	Suelo rígido								
14	suelo firme y estable								
15	Suelos blando								
	<b>CALIFICACIÓN FINAL</b>	0	0	0	0	0	0	0	0

EVALUACIÓN		OBSERVACIONES			
SE SUGIERE EVALUACIÓN DETALLADA					
SI	NO				

**Evaluador:**

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DE HUAYUCACHI - HUANCAYO - 2016

**FICHA DE OBSERVACIÓN PARA CALCULAR LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL: MÉTODO DE ÍNDICE DE VULNERABILIDAD**

DIRECCIÓN:	AÑO DE CONSTRUCCIÓN:
IDENTIFICACIÓN:	FECHA DE INSPECCIÓN:
NÚMERO DE PISOS:	ÁREA CONSTRUIDA EN m2:
USO:	

Nº	Parámetros	Clase Ki				Peso Wi	Ki*Wi
		A	B	C	D		
1	Organización del sistema resistente	0.00	5.00	20.00	45.00	1.50	67.50
2	Calidad del sistema resistente	0.00	5.00	25.00	45.00	1.00	45.00
3	Resistencia convencional	0.00	5.00	25.00	45.00	1.00	45.00
4	Posición del edificio y cimentación	0.00	5.00	25.00	45.00	1.00	45.00
5	Diafragma horizontales	0.00	5.00	25.00	45.00	0.50	22.50
6	Configuración en planta	0.00	5.00	25.00	45.00	1.00	45.00
7	Configuración en elevación	0.00	5.00	25.00	45.00	1.00	45.00
8	Distancia máxima entre los muros	0.00	5.00	25.00	45.00	0.75	33.75
9	Tipo de cubierta	0.00	15.00	25.00	45.00	0.25	11.25
10	Elementos no estructurales	0.00	0.00	25.00	45.00	0.25	11.25
11	Estado de conservación	0.00	5.00	25.00	45.00	0.25	11.25
						Σ =	382.5

EVALUACIÓN	
100.00%	
Vulnerabilidad < 15%	BAJA
15<=Vulnerabilidad<35%	MEDIA
Vulnerabilidad >=35%	ALTA

OBSERVACIONES
Fecha:

**Evaluador:**

## **ANEXO 3**

### **CONSIDERACIONES ÉTICAS**

Para el desarrollo de la presente investigación se está considerando los procedimientos adecuados, respetando los principios de ética para iniciar y concluir los procedimientos según el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana Los Andes.

La información, los registros, datos que se tomarán para incluir en el trabajo de investigación serán fidedignas. Por cuanto, a fin de no cometer faltas éticas, tales como el plagio, falsificación de datos, no citar fuentes bibliográficas, etc., se está considerando fundamentalmente desde la presentación del Plan de tesis, hasta la sustentación de la Tesis.

Por consiguiente, nos sometemos a las pruebas respectivas de validación del contenido del presente proyecto.

**ANEXO 4**  
**PANEL FOTOGRÁFICO DE VIVIENDAS**



Vivienda 1



Vivienda 2



Vivienda 3



Vivienda 4



Vivienda 5



Vivienda 6



Vivienda 7



Vivienda 8



Vivienda 9



Vivienda 10

**ANEXO 5**  
**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

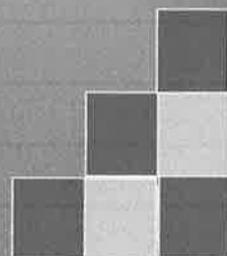
2018

**“EVALUACIÓN DE LA  
VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS  
VIVIENDAS DEL DISTRITO DE  
HUAYUCACHI- HUANCAYO- 2016”**

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**CAPACIDAD PORTANTE**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS**



# **ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**PROYECTO:**

**“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS  
VIVIENDAS DEL DISTRITO DE HUAYUCACHI- HUANCAYO-  
2016”**

**INFORME TECNICO**

**HUANCAYO**

**2018**



## ÍNDICE

1. MEMORIA DESCRIPTIVA:
  - 1.1. GENERALIDADES.
  - 1.2. OBJETIVO.
  - 1.3. UBICACIÓN.
  - 1.4. GEOLOGÍA.
2. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA:
  - 2.1. TRABAJOS DE CAMPO.
  - 2.2. ENSAYOS DE LABORATORIO.
  - 2.3. PERFIL ESTRATIGRÁFICO.
  - 2.4. CONDICIONES DEL SUELO DE CIMENTACION
3. CALCULO DE CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA.
4. CONCLUSIONES:
5. RECOMENDACIONES GENERALES DE CONTRUCCIÓN:
6. NORMATIVIDAD UTILIZADA Y BIBLIOGRAFÍA:
7. ANEXOS:
  - 7.1. PERFIL ESTRATIGRÁFICO
  - 7.2. CERTIFICADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO.
  - 7.3. PANEL FOTOGRÁFICO.



## ESTUDIO DE CAPACIDAD PORTANTE

### **NORMA ASTM D 3080**

#### **PROYECTO:**

### **“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DE HUAYUCACHI- HUANCAYO- 2016”**

#### **1. MEMORIA DESCRIPTIVA:**

##### **1.1. GENERALIDADES:**

El Estudio de Capacidad portante del proyecto: “EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DE HUAYUCACHI- HUANCAYO- 2016”, es parte del presente estudio.

##### **1.2. OBJETIVO:**

El objetivo del presente estudio de mecánica de suelos, es establecer las características geotécnicas del suelo donde se cimentará la edificación proyectada.

Para tal efecto, se ha efectuado una investigación geotécnica que incluye trabajos de campo y ensayos de laboratorio necesarios para definir la estratigrafía, características físicas y mecánicas de los suelos predominantes y sus propiedades de resistencia.

##### **1.3. UBICACIÓN:**

El proyecto se encuentra ubicado en:

Distrito : HUAYUCACHI.  
Provincia : HUANCAYO.  
Departamento: JUNIN.

##### **1.4. GEOLOGÍA:**

###### **1.4.1. GEOLOGIA LOCAL:**

###### **Aspectos Geomorfológicos:**

El área de estudio se encuentra en el cauce de quebradas antiguas.

###### **Aspectos Lito estratigráficos:**

**TERRALAB, SAC.**  
UNIDAD MECÁNICA DE SUELOS

  
Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO CIP 78926 - REG. CONSULTOR C-5908  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA.



El área en estudio está asociada a depósitos aluviales de quebradas

#### **1.4.2. SISMICIDAD**

En general, la zona de estudio se halla en una región de mediana actividad sísmica, donde se puede esperar la ocurrencia de sismos de intensidad media durante la vida del proyecto.

La actividad sísmica del área se relaciona con la subducción de la placa oceánica bajo la placa continental sudamericana, subducción que se realiza con un desplazamiento del orden de diez centímetros por año, ocasionando fricciones de la corteza, con la consiguiente liberación de energía mediante sismos, los cuales son en general tanto más violentos cuando menos profundos son en su origen.

Según los mapas de zonificación sísmica y mapa de máximas intensidades sísmicas del Perú y de acuerdo a las Normas Sismo-Resistentes del Reglamento Nacional de Edificaciones, el proyecto se encuentra comprendido en la Zona 3.

En la Figura N°3, se presenta el Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú realizado por Alva et. al (1984), el cual se basó en Mapas de Isosistas de Sismos Peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos recientes. En la Figura N°4, se presenta el Mapa de Zonificación Sísmica considerando por la norma Técnica E-030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones.

**TERRALAB, SAC.**  
UNIDAD MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Nando Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO CP. 18916 - REG. CONSULTOR C.5988  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA.



Los parámetros sísmicos a usarse son:

FACTOR DE ZONA	
ZONA	VALOR
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

PARAMETROS DE SUELO			
TIPO	DESCRIPCIÓN	Tp(S)	Tl(S)
S0	Roca dura	0.3	3.0
S1	Roca o suelos muy rigidos	0.4	2.5
S2	Suelos intermedios	0.6	2.0
S3	Suelos blandos	1.0	1.6
S4	Condiciones excepcionales		

FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO ZONA	S0	S1	S2	S3
	Z4	0.8	1.00	1.05
Z3	0.8	1.00	1.15	1.20
Z2	0.8	1.00	1.20	1.40
Z1	0.8	1.00	1.60	2.00

- ❖ El parámetro sísmico a usarse es el del factor de zona 3, el cual asume un valor de 0.35.
- ❖ El tipo de suelo es S2 cuya descripción es un Suelo intermedio y asume un valor de  $Tp(S)=0.6$ ,  $Tl(S)=2.0$  y  $S=1.15$

TERRALAB SAC.  
UNIDAD MECANICA DE SUELOS

Ing. Civil Marco Peña Dueñas  
ASESOR TECNICO CIP. 74034 - REG. CONSULTOR C.5908  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA.

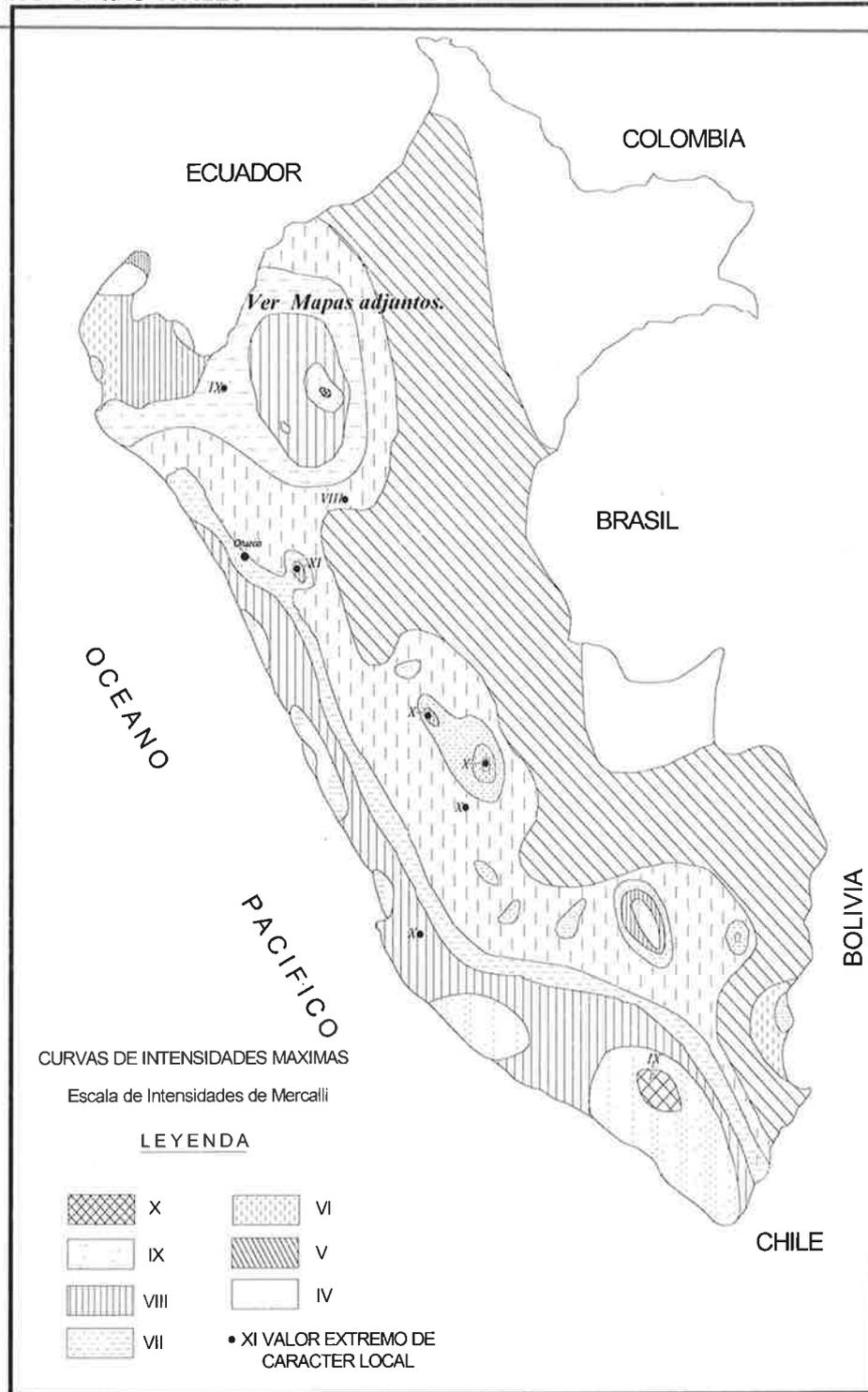


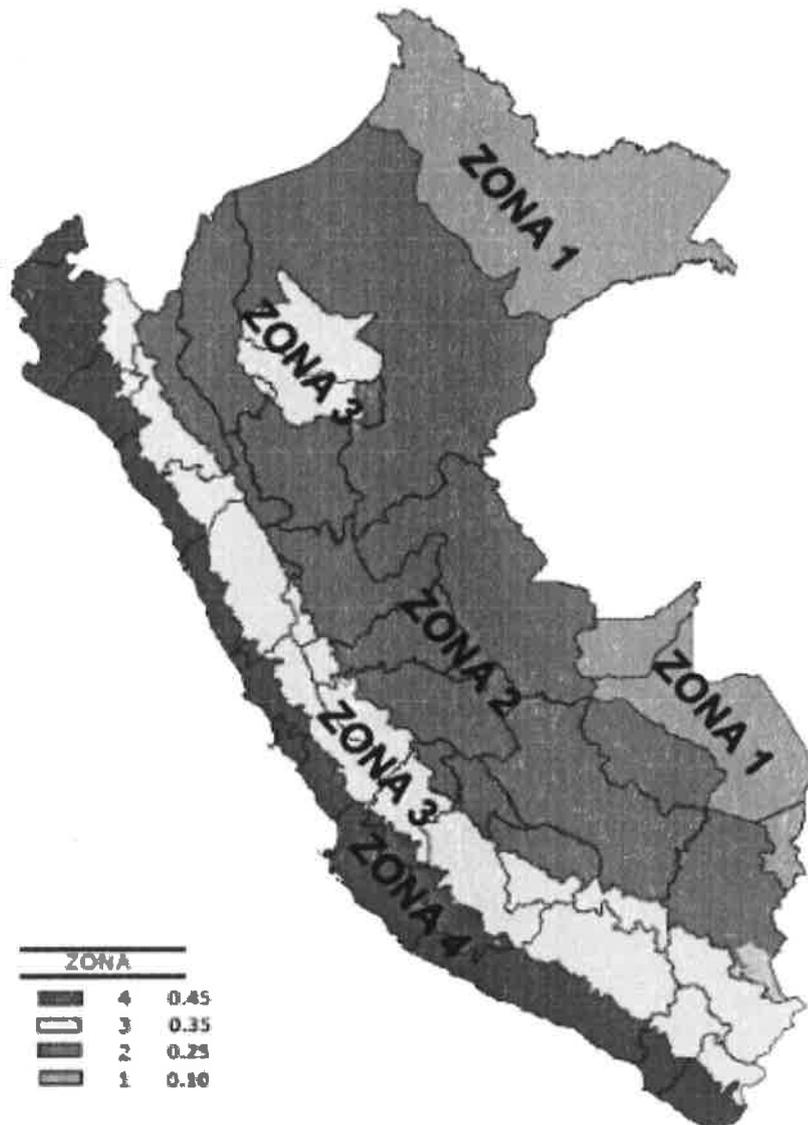
Figura N°3: Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas

TERRALAB SAC.  
UNIDAD MECANICA DE SUELOS

Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
ASESOR TECNICO CIVIL - REG. CONSULTOR C-3988  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA.



**ZONAS SISMICAS**



**FIGURA N° 1**

*Figura N°4: Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, Según el Reglamento Nacional de Edificaciones o Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente. (20)*

**TERRALAB SAC.**  
UNIDAD MECÁNICA DE SUELOS

*Ing. Civil Marino Peña Dueñas*  
ASESOR TÉCNICO CIP 11166 - REG. CONSULTOR C. 5528  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA.



## **2. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA:**

### **2.1. TRABAJOS DE CAMPO:**

#### **EXPLORACIONES**

La exploración del subsuelo se realizó mediante 01 excavación a cielo abierto ó calicata, ubicada estratégicamente de tal manera de cubrir todo el terreno en estudio. La indicación de las ubicaciones, estuvo a cargo del solicitante. La profundidad máxima explorada fue de 3.00m.

#### **MUESTREO.**

Se extrajeron muestras representativas de los estratos típicos en cantidad suficiente para la realización de ensayos estándar.

#### **REGISTRO DE EXPLORACIONES**

Paralelamente al muestreo se efectuó el registro de cada una de las exploraciones, anotándose las características de los suelos tales como espesor, color, humedad, compacidad, etc.

Cada una de las calicatas exploradas, presentan un Registro de Excavación. Se presenta el resumen de los materiales encontrados en las calicatas exploradas.

Se indica las profundidades y se describen los materiales predominantes en cada una de las exploraciones.

### **2.2. ENSAYOS DE LABORATORIO:**

Los ensayos se efectuaron en el Laboratorio N° 01 de Mecánica de Suelos de la Empresa KLAFER SAC, siguiendo las normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM) y fueron los siguientes:

#### **ENSAYOS ESTANDAR**

- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422
- Límite Líquido ASTM D-4318
- Límite Plástico ASTM D-4318

#### **ENSAYOS ESPECIALES**

- Corte Directo ASTM D-3080
- Humedad ASTM D-2216

**TERRALAB SAC.**  
UNIDAD MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO CIP 76116 - PRO. CONSULTOR C.5985  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA.



### **2.3. PERFIL ESTRATIGRÁFICO:**

La elaboración del perfil estratigráfico requiere de una clasificación de materiales que se obtiene mediante análisis y ensayos en laboratorio sobre las muestras extraídas en el campo. La interpretación de los resultados obtenidos ha permitido clasificar los suelos, definir los horizontes de material homogéneo. Se establece el siguiente Perfil Estratigráfico para este estudio:

**Ver Anexo: "Perfil Estratigráfico"**

### **2.4. CONDICIONES DEL SUELO DE CIMENTACION:**

De acuerdo a los trabajos de campo, ensayos de laboratorio y la estratigrafía del subsuelo, se evaluó la capacidad portante, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

Se efectuó 03 ensayos de corte directo por muestra en laboratorio, obteniéndose los siguientes parámetros de resistencia:

CALICATA	COHESION	Ø
C-1	0.069	18.10

## **3. CALCULO DE CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA:**

### **3.1 CAPACIDAD DE CARGA**

El ingeniero estructural verificará las cargas transmitidas al terreno por unidad de área. En el presente, se ha realizado el análisis estático de la capacidad de carga, en la cual se ha determinado características geométricas asumidas.

Si bien es cierto, la expresión que determina la capacidad admisible, estará afectada por un factor de seguridad de acuerdo a las recomendaciones de diseño empleados en el país (léase como  $q_{adm} = q_{ult} / FS$ ), en el cálculo se han empleado factores de seguridad que responden a cada uno de los parámetros que participan en el desarrollo de los cálculos.

Si luego se desea efectuar el análisis dinámico, se recomienda emplear la metodología por Estado Límite, en el cual los parámetros de resistencia son minorados y las cargas actuantes mayoradas.

**TERRALAB SAC.**  
UNIDAD MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Marco Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO CIP 78115 - REG. CONSULTOR C.5088  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA.



### 3.2 DISEÑO POR SEGURIDAD GLOBAL

Los diseños por este método se basan en las recomendaciones de Terzaghi y los aportes de Vesic, que integran, además de los factores de carga, los factores de influencia para la forma. El método determina una capacidad última del terreno y luego halla la capacidad admisible dividiéndola entre un factor de seguridad igual a 3, como promedio.

Generalmente las teorías desarrolladas tienen su base en hipótesis simplificadas del comportamiento de los suelos. El problema de capacidad portante se reduce a los casos, de presencia de suelos friccionantes. Terzaghi, propone un mecanismo de falla para un cimiento poco profundo que posteriormente Vesic (1973), proporciona algunas ideas sobre la capacidad portante, considerando un factor adicional, ocasionado por los efectos de la forma de la cimentación, tal como se muestra.

$$q_{ult} = CN_c S_c + \gamma_1 D_f N_q W_q S_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma W_\gamma S_\gamma$$

Donde:

qult	=	Capacidad última de carga
C	=	Cohesion
$\gamma$	=	Peso Volumetrico.
B	=	Ancho o diámetro de la cimentación
Df	=	Profundidad de cimentación
Nc , Nq , N $\gamma$	=	Factores de carga
Sc , Sq , S $\gamma$	=	Factores de forma
Wq, W $\gamma$	=	Factores por nivel freático

Los factores de forma son parámetros adimensionales que dependen principalmente del ángulo de resistencia al esfuerzo cortante  $\phi$  del suelo y de la geometría de la cimentación.

Para la evaluación de la capacidad portante tenemos los datos brindados por el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Empresa KLAFFER SAC.

Ver : CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE.

CALICATA	CAPACIDAD PORTANTE
C-1	1.57 kg/cm2 para una Prof. De 3.00m.

**TERRALAB, SAC.**  
 UNIDAD MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Máximo Peña Dueñas  
 ASESOR TÉCNICO O.P. 78936 - REG. CONSULTOR C.5868  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA.

valores que varían de acuerdo a la profundidad y geometría de la cimentación además a mayor profundidad notamos que se va ganando propiedades de resistencia.



### 3.3 PARAMETROS DE OBRAS DE SOSTENIMIENTO

La evaluación de la estabilidad del talud se deberá referir a la zona de relleno en cuya parte alta se procederá al corte, dejando paredes expuestas de material deleznable. En caso sean las necesidades del proyecto y al requerimiento de ganar terreno a desnivel, se tendrá que emplear un muro de contención, diseñado adecuadamente según el proyecto integral.

Los empujes de tierra, presentada por la distribución de cargas geostáticas como de cargas inducidas (estructuras), propiciarán empujes que generan inestabilidad del talud y a partir del cual se permitirá el diseño de la estructura de contención.

Sobre la base de los datos del estudio, tanto en campo como en laboratorio y de la estructura, los empujes, activos y pasivos producidos por la masa de suelo, a diferentes profundidades, serán calculados teniendo en cuenta el suelo friccionante y las ecuaciones propuestas por Rankine.

De ser necesario se podrá estimar los empujes por el método de Rankine, para lo cual el diseño de la estructura de contención se basarán en los empujes activos y pasivos producidos por la masa de suelo, a diferentes profundidades que serán calculados teniendo en cuenta los coeficientes de presiones laterales según:

$$k_a = \operatorname{tg}^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad k_p = \operatorname{tg}^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

Donde,  $\phi$  es el ángulo de fricción interna del suelo, luego obtenemos los coeficientes de presión lateral activo y pasivo, respectivamente.

**TERRALAB SAC.**  
UNIDAD MECÁNICA DE SUELOS

*Ing. Civil Marino Peña Dueñas*  
ASESOR TÉCNICO CIP 7493 - REG. CONSULTOR C 5988  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA.



#### 4. CONCLUSIONES:

- ❖ El parámetro sísmico a usarse es el del factor de zona 3, el cual asume un valor de 0.35.
  - ❖ El tipo de suelo es S2 cuya descripción es un Suelo intermedio y asume un valor de  $T_p(S)=0.6$ ,  $T_L(S)=2.0$  y  $S=1.15$
- ✓ En base a los trabajos de campo, ensayos de laboratorio realizados y análisis efectuados se concluyó:

❖ CUADRO DE CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA: SUCS-ASSHTO.

Según el Sistema Unificado De Clasificación de suelos y la AASHTO para cada calicata se clasificaron en:

ITEM	CALICATA	MUESTRA	CLASIFICACIÓN		NOMBRE DEL GRUPO
			SUCS	AASHTO	
1	C-1	M-1	ML	A-4 (0)	LIMO ARENOSO CON GRAVA.

❖ CUADRO DE COHESION Y ANGULO DE FRICCION:

La cohesión y Angulo de fricción detallan en los siguientes cuadros:

CALICATA	COHESION	$\phi$
C-1	0.069	18.10

❖ CUADRO DE CAPACIDAD PORTANTE:

La capacidad portante y su respectivo factor de seguridad (3) se detallan en los siguientes cuadros:

CALICATA	CAPACIDAD PORTANTE
C-1	1.57 kg/cm <sup>2</sup> para una Prof. De 3.00 m.

**TERRALAB SAC.**  
UNIDAD MECANICA DE SUELOS

Ing. Civil Marino Peña Durán  
ASESOR TÉCNICO CIP 71936 - REG. CONSULTOR C.M.B.B.  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA.



**5. RECOMENDACIONES GENERALES DE CONTRUCCIÓN:**

- Las muestras fueron remitidas por el solicitante.
- Se recomienda utilizar los datos obtenidos con exactitud para cada etapa constructiva, de acuerdo al criterio del Ingeniero Responsable.
- A la fecha de excavación NO se encontró Napa Freática.
- Para una capacidad portante menor de 1KG/cm<sup>2</sup>, se recomienda la construcción de elementos de arriostre u otro similar.
- Los datos obtenidos servirán única y exclusivamente para el presente proyecto.

**6. NORMATIVIDAD UTILIZADA Y BIBLIOGRAFÍA:**

NOMBRE DEL ENSAYO	USO	METODO AASHTO	ENSAYO ASTM	TAMAÑO DE MUESTRA	PROPOSITO DEL ENSAYO
Análisis Granulométrico por Tamizado	Clasificación	T88	D422	2.50 Kg.	Para determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo.
Contenido de Humedad	Clasificación		D2216	2.50 Kg.	Para determinar en contenido de humedad existente en el terreno.
Límite líquido	Clasificación	T89	D4318	2.50 Kg.	Hallar el contenido de agua entre los estados Líquido y Plástico
Límite Plástico	Clasificación	T90	D4318	2.50 Kg.	Hallar el contenido de agua entre los estados plásticos y semi sólido.
Índice Plástico	Clasificación	T90	D4318	2.50 Kg.	Hallar el rango de contenido de agua por encima del cual, el suelo está en un estado plástico.

- ❖ MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES PAVIMETOS URBANOS.
- ❖ REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES
- ❖ MANUAL DE SUELOS, GEOLOGIA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS DEL MTC (EM-2000-MTC).

**TERRALAB SAC.**  
UNIDAD MECÁNICA DE SUELOS

  
Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO CIP. 18921. 850. CONSULTOR C. 5908  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA.

# **ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**PROYECTO:**

**“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE  
LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DE HUAYUCACHI-  
HUANCAYO- 2016”**

- **ANALISIS GRANULOMETRICO**
- **LIMITES DE CONSISTENCIA**
- **PERFIL ESTRATIGRAFICO**

**HUANCAYO**

2018



EXPEDIENTE N° : 223-2018  
ESTUDIO : 1  
ATENCIÓN : BACH. PABLO PRUDENCIO SALAS CCOYLLAR  
PROYECTO : "EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DE HUAYUCACHI- HL 2016"  
UBICACIÓN : CALLE 10 DE NOVIEMBRE - HUAYUCACHI  
FECHA DE RECEPCIÓN : 26 DE SETIEMBRE DE 2018.  
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE SETIEMBRE DE 2018.

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422**

CALICATA	C-1
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	3.00

TAMIZ	ABERTURA	% QUE PASA
3"	75.000	100.00
2 1/2"	62.000	100.00
2"	50.000	100.00
1 1/2"	37.500	100.00
1"	25.000	95.80
3/4"	19.000	92.89
1/2"	12.500	89.00
3/8"	9.500	86.61
1/4"	6.300	83.70
N°4	4.750	80.71
N°10	2.000	74.33
N°20	0.850	67.47
N°30	0.600	63.55
N°40	0.425	59.43
N°60	0.250	56.15
N°100	0.105	52.09
N°200	0.075	48.05

**% DE CONTENIDO DE HUMEDAD**

8.27%

**PORCENTAJES**

% GRAVA	19.29%
% ARENA	32.66%
% FINO	48.05%
	100.00%

**LÍMITES DE CONSISTENCIA  
ASTM D4318**

% LIMITE LIQUIDO	N.P.
% LIMITE PLASTICO	N.P.
INDICE PLASTICO	N.P.

**CLASIFICACIÓN DEL SUELO**

SUCS ASTM D-2487	ML
AASHTO ASTM D-3282	A-4 (0)
NOMBRE DE GRUPO	LIMO ARENOSO CON GRAVA

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitidas por el SOLICITANTE.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004-1993)

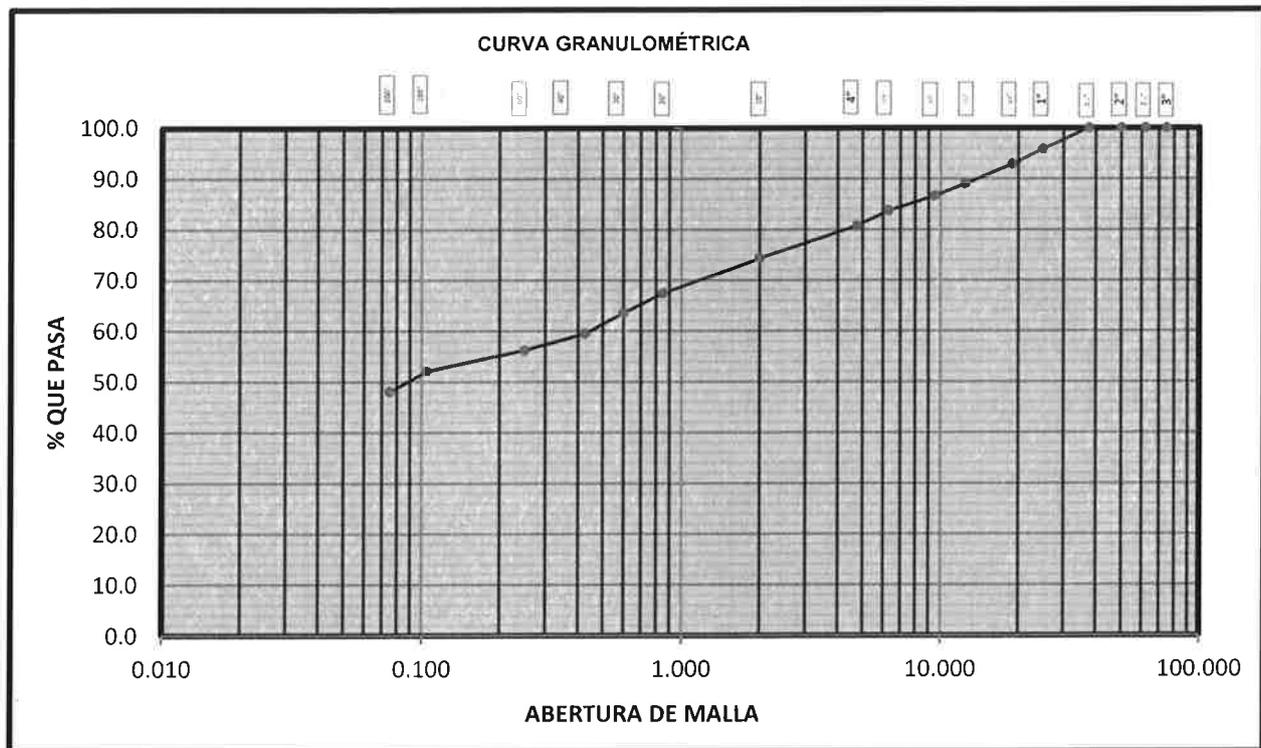
**TERRALAB SAC.**  
UNIDAD MECÁNICA DE SUELOS  
  
Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO CIP. 78936 - REG. CONSULTOR C. 5928  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA.



EXPEDIENTE N° : 223-2018  
 ESTUDIO : 1  
 ATENCIÓN : BACH. PABLO PRUDENCIO SALAS CCOYLLAR  
 PROYECTO : "EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DE HUAYUCACHI- HUANCAYO- 2016"  
 UBICACIÓN : CALLE 10 DE NOVIEMBRE - HUAYUCACHI  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 26 DE SETIEMBRE DE 2018.  
 FECHA DE EMISIÓN : 30 DE SETIEMBRE DE 2018.

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

CALICATA	C-1
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	3.00



% GRAVA	19.29%	% ARENA	32.66%	% FINO	48.05%
---------	--------	---------	--------	--------	--------

OBSERVACIÓN : Muestra remitidas por el SOLICITANTE.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO. REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

TERRALAB SAC  
 UNIDAD MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
 ASESOR TÉCNICO CIP. 7044 - REG. CONSULTOR C.5988  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA.



EXPEDIENTE N° : 223-2018  
 ESTUDIO : 1  
 SOLICITANTE : BACH, PABLO PRUDENCIO SALAS CCOYLLAR  
 PROYECTO : "EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DE HUAYUCACHI- HUANCAYO- 2016"  
 UBICACIÓN : HUAYUCACHI.  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 26 DE SETIEMBRE DE 2018.  
 FECHA DE EMISIÓN : 30 DE SETIEMBRE DE 2018.

**REG. PERFIL ESTRATIGRÁFICO**

CALICATA C-1 DIMENSIONES : 0.60 x 1.20 X 3.00  
 MÉTODO DE EXCAV. : MANUAL NAPA FREÁTICA N.P

PROF. (m)	GRÁFICA	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
0.10		Pe	MATERIAL ORGANICO
0.20			
0.30		ML	LIMO ARENOSO CON GRAVA, DE COLOR MARRON, EN ESTADO SEMIHÚMEDO.
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00			
1.20			
1.40			
1.50			
1.80			
1.90			
2.00			
2.10			
2.20			
2.30			
2.40			
2.50			
2.60			
2.70			
2.80			
2.90			
3.00			

**TERRALAB. SAC.**  
 UNIDAD MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
 ASESOR TÉCNICO CIP. 78926 - REG. CONSULTOR C.5988  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA.

OBSERVACIÓN : : MUESTRA REMITIDA POR EL SOLICITANTE.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

# **ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**PROYECTO:**

**“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS  
VIVIENDAS DEL DISTRITO DE HUAYUCACHI- HUANCAYO-  
2016”**

## **CORTE DIRECTO**

**HUANCAYO**

**2018**



**II. ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080**

ESTADO : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
MUESTRA : M-1  
CALICATA : C-1

Especimen N°	I	II	III
Diametro del anillo (cm)	6.36	6.36	6.36
Altura Inicial de muestra (cm)	2.16	2.16	2.16
Densidad húmeda inicial (gr/cm3)	1.530	1.530	1.530
Densidad seca inicial (gr/cm3)	1.413	1.413	1.413
Cont. de humedad inicial (%)	8.25	9.13	10.45
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	2.071	1.992	1.947
Altura final de muestra (cm)	2.063	2.008	1.962
Densidad húmeda final (gr/cm3)	2.370	2.640	2.689
Densidad seca final (gr/cm3)	2.161	2.395	2.412
Cont. de humedad final (%)	9.68	10.26	11.48
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte maximo (kg/cm <sup>2</sup> )	0.374	0.709	0.999
Angulo de friccion interna :	<b>18.10 °</b>		
Cohesion (Kg/cm <sup>2</sup> ) :	<b>0.069</b>		

**TERRALAB. SAC.**  
UNIDAD MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO C.O. 78928 - REG. CONSULTOR C.5988  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA.



:"EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DE HUAYUCACHI- HUANCAYO- 2016"

PROYECTO :

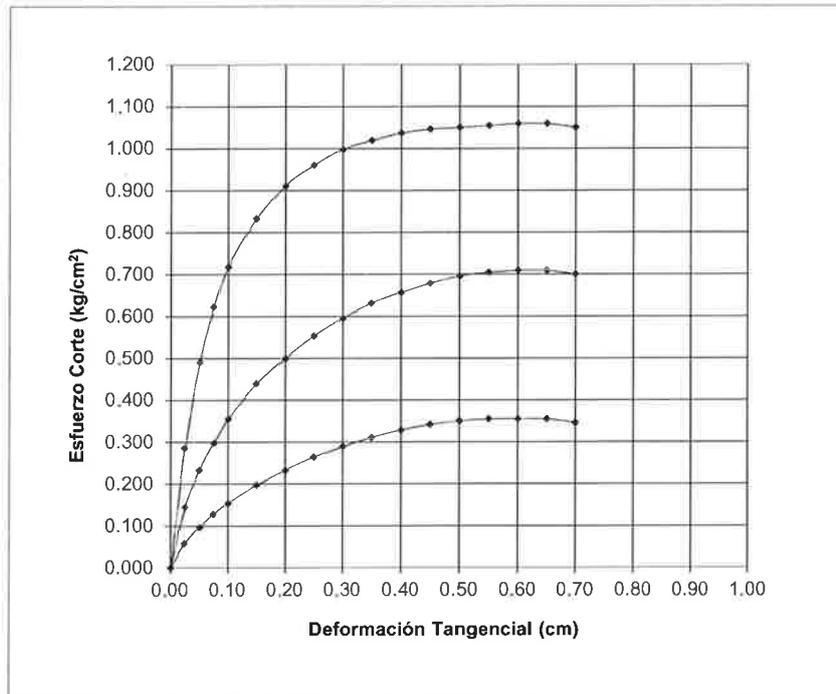
FECHA : 30 DE SETIEMBRE DE 2018

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080**

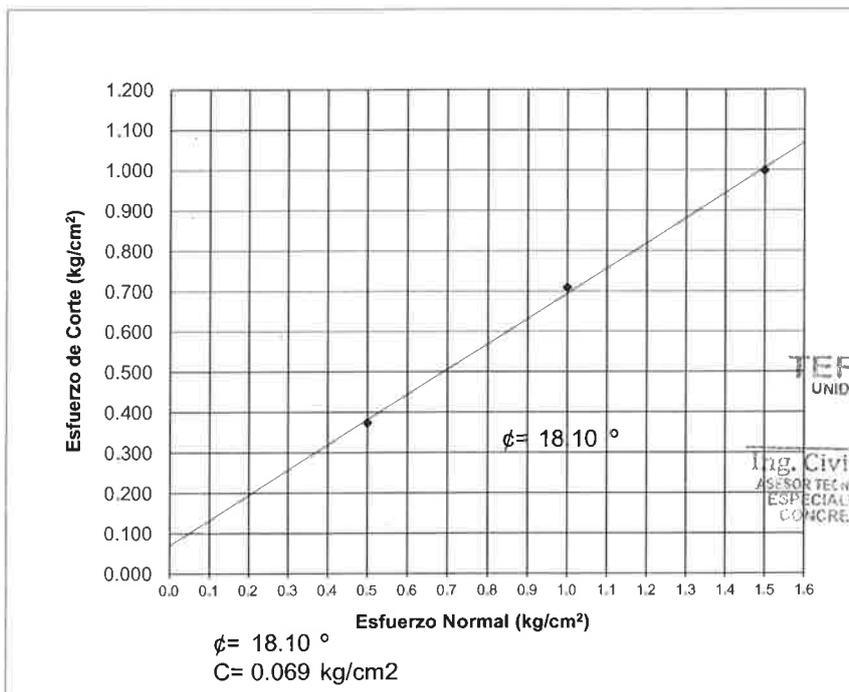
Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)

CALICATA : C-1

**DEFORMACION TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE**



**ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE**



**TERRALAB, SAC.**  
 UNIDAD MECÁNICA DE SUELOS  
 Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
 ASESOR TÉCNICO CIP. 78436 - REG. CONSULTOR C.5988  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA.

# **ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**PROYECTO:**

**“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS  
VIVIENDAS DEL DISTRITO DE HUAYUCACHI- HUANCAYO-  
2016”**

## **CAPACIDAD PORTANTE**

**HUANCAYO**

**2018**



TEORIA DE CAPACIDAD PORTANTE  
( KARL TERZAGHI )

**PROYECTO:** : "EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS  
DEL DISTRITO DE HUAYUCACHI- HUANCAYO- 2016"

**CALICATA :** C-1

**MUESTRA :** M-1

**A. DATOS GENERALES:**

Angulo de fricción interna	18.10	grados
Cohesión	0.069	kg/cm <sup>2</sup>
Peso unitario de sobrecarga	1.53	gr/cm <sup>3</sup>
Peso unitario del suelo de cimentación	1.53	gr/cm <sup>3</sup>
Relación Ancho/Largo (B/L)	1	Forma:
Ancho de la base o diámetro de cimentación	1	m
Profundidad de fondo de cimentación	3.00	m
Profundidad de desplante	3.00	m
Factor de seguridad	3	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	ML	

**B. FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA:**

Nc:	13.18
Nq:	5.31
Ny:	4.12

**C. FACTORES DE FORMA:**

Sc:	1.4029
Sq:	1.3269
Sy:	0.6

**D. CAPACIDAD ADMISIBLE**

Desplante Df(m)	Cota Relativa	Ancho B(m)	FACTOR W W	qult (kg/cm <sup>2</sup> )	qadm (kg/cm <sup>2</sup> )
1.00	-1.00	0.5	1	2.45	0.82
1.00	-1.00	1	1	2.55	0.85
1.00	-1.00	1.2	1	2.59	0.86
1.00	-1.00	1.5	1	2.64	0.88
1.50	-1.50	0.5	1	2.99	1.00
1.50	-1.50	1	1	3.09	1.03
1.50	-1.50	1.2	1	3.12	1.04
1.50	-1.50	1.5	1	3.18	1.06
2.00	-2.00	0.5	1	3.53	1.18
2.00	-2.00	1	1	3.63	1.21
2.00	-2.00	1.2	1	3.66	1.22
2.00	-2.00	1.5	1	3.72	1.24
3.00	-3.00	0.5	1	4.61	1.54
3.00	-3.00	1	1	4.70	1.57
3.00	-3.00	1.2	1	4.74	1.58
3.00	-3.00	1.5	1	4.80	1.60

Podemos apreciar un rango de valores que se encuentran comprendido entre 0.82 kg/cm<sup>2</sup> y 1.57 kg/cm<sup>2</sup> valores que varían de acuerdo a la profundidad y geometría de la cimentación además a mayor profundidad notamos que se va ganando propiedades de resistencia

TERRALAB, SAC.  
UNIDAD MECANICA DE SUELOS

Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
ASESOR TECNICO CIF 78926 - REG. CONSULTOR C.5268  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA.

# **ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**PROYECTO:**

**“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS  
VIVIENDAS DEL DISTRITO DE HUAYUCACHI- HUANCAYO-  
2016”**

**COEFICIENTE DE BALASTO.**

**HUANCAYO**

**2018**



## COEFICIENTE DE BALASTO

SOLICITANTE : BACH. PABLO PRUDENCIO SALAS CCOYLLAR

PROYECTO : "EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS  
VIVIENDAS DEL DISTRITO DE HUAYUCACHI- HUANCAYO-  
2016"

FECHA : 30 DE SETIEMBRE DE 2018.

---

De acuerdo al tipo de suelo, se sugiere utilizar el valor de coeficiente de balasto : 0.8

**TERRALAB. SAC.**  
UNIDAD MECÁNICA DE SUELOS

  
**Ing. Civil Marino Peña Duñías**  
ASESOR TÉCNICO CIP 78915 - REG. CONSULTOR C.5988  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA.

# **ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**PROYECTO:**

**“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS  
VIVIENDAS DEL DISTRITO DE HUAYUCACHI- HUANCAYO-  
2016”**

## **PANEL FOTOGRAFICO**

**HUANCAYO**

**2018**

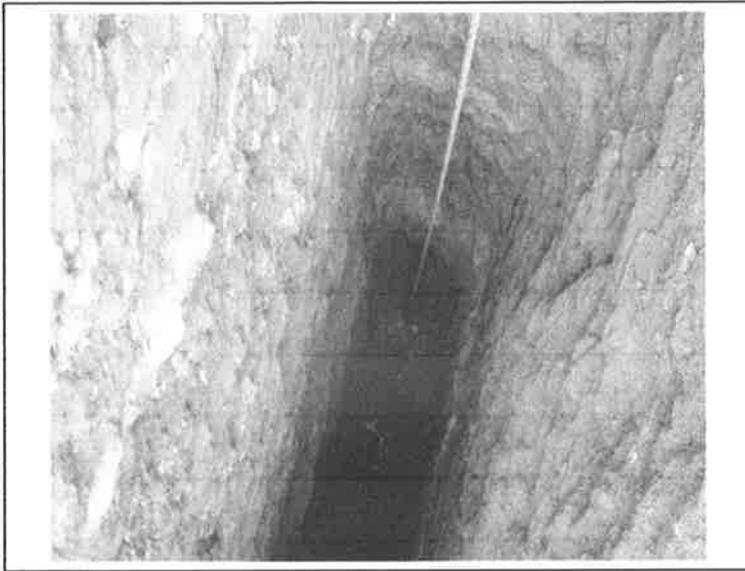


FOTO 01.- EXCAVACIÓN DE LA CALICATA C-1, EN EL PROYECTO  
“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS DEL  
DISTRITO DE HUAYUCACHI- HUANCAYO- 2016”

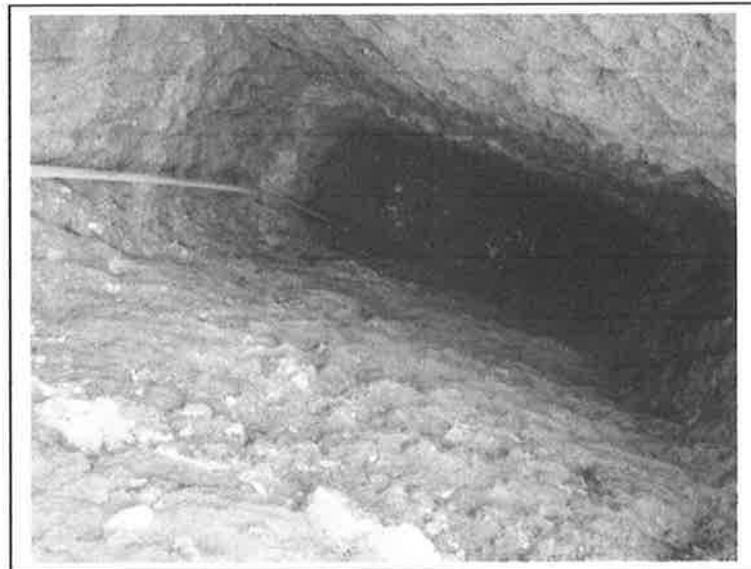


FOTO 02.- PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA C-1, EN EL PROYECTO “EVALUACIÓN  
DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DE  
HUAYUCACHI- HUANCAYO- 2016”

**TERRALAB, SAC.**  
UNIDAD MECÁNICA DE SUELOS

*[Handwritten Signature]*  
**Ing. Civil Marino Peño Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIE 20036 - REG. CONSULTOR C.5288  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA.