



**Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión**

**Facultad De Ingeniería Civil**

Escuela Profesional De Ingeniería Civil

**Análisis de la vulnerabilidad sísmica de la institución educativa N° 20316 Manuel  
Ildauro de los Santos Camones, Amay, Huacho - 2022**

**Tesis**

**Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil**

**Autores**

Alexandra Marina Segundo Conde

Jhorman Renato Ramirez Cabrera

**Asesor**

**Ing. Kevin Arturo Ascoy Flores**

**HUACHO – PERÚ**

**2023**

# SEGUNDO CONDE, ALEXANDRA MARINA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	5%
2	<a href="http://repositorio.unjfsc.edu.pe">repositorio.unjfsc.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion Trabajo del estudiante	1%
4	<a href="http://dirceturlimaprovincias.blogspot.com">dirceturlimaprovincias.blogspot.com</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://doku.pub">doku.pub</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="http://repositorio.usmp.edu.pe">repositorio.usmp.edu.pe</a> Fuente de Internet	

# Índice

<b>1</b>	<b>Capítulo I: Planteamiento del problema</b>	<b>6</b>
1.1.	Descripción de la Realidad Problemática	10
1.2.	Formulación del problema	11
1.2.1.	Problema General	11
1.2.2.	Problemas Específicos	11
1.2.	Objetivos de la Investigación	11
1.2.1.	Objetivo General	11
1.2.2.	Objetivos Específicos	11
1.3.	Justificación de la Investigación	12
1.3.1.	Justificación teórica	12
1.3.2.	Justificación práctica	12
1.4.	Delimitaciones del Estudio	12
1.4.1.	Delimitación temporal	12
1.4.2.	Delimitación espacial	12
1.5.	Viabilidad del Estudio	12
<b>2</b>	<b>Capítulo II: Marco teórico</b>	<b>13</b>
2.1.	Antecedentes de la Investigación	13
2.1.1.	Investigaciones Internacionales	13
2.1.2.	Investigaciones Nacionales	14
1.6.	Bases teóricas	15
1.6.1.	Vulnerabilidad frente a un sismo según el método Benedetti-Petrinni	15
2.3.	Bases filosóficas	45
2.4.	Definición de términos básicos	47
-	2.4.1. Método cualitativo	47

- 2.4.2 Vulnerabilidad frente a un sismo.	47
- 2.4.3 Sistema estructural.	48
- 2.4.4 Zonificación sísmica.	48
- 2.4.5 Peligro sísmico.	48
- 2.4.6 Riesgo sísmico.	48
- 2.4.7 Pórticos	48
- 2.4.8 Viga	49
- 2.4.8 Columna	49
- 2.4.9 FEMA	49
- 2.4.10 Método FEMA P-154	49
- 2.4.11 Método Benedetti-Petrinni	49
- 2.4.12 Diafragmas horizontales.	49
- 2.4.13 Fisura.	50
- 2.4.14 Grieta.	50
2.5. Hipótesis de investigación	50
2.6. Operacionalización de las variables	51
<b>3 Capítulo III. Metodología</b>	<b>56</b>
3.1. Diseño metodológico	56
3.1.1. Tipo de investigación	56
3.1.2. Nivel de investigación	56
3.1.3. Diseño de la investigación	56
3.1.4. Enfoque de la investigación	56
3.2. Población y muestra	56
3.2.1. Población	56
3.2.2. Muestra	56

3.3.	Técnicas de recolección de datos	56
3.4.	Técnicas para el procesamiento de la información	57
3.5.	Matriz de consistencia	58
<b>4</b>	<b>Capítulo IV. Resultados</b>	<b>61</b>
4.1	Análisis de resultados	61
4.1.1	Vulnerabilidad frente a un sismo con el método Benedetti – Petrinni	61
4.1.1.1	Edificaciones de Albañilería Confinada	61
4.1.2	Vulnerabilidad frente a un sismo con el método FEMA p-134	79
4.1.2.1	Determinación de la región sísmica	79
4.1.2.2	Tipo de suelo	81
4.1.2.3	Tipo de construcción	81
4.1.2.4	Irregularidades verticales	81
4.1.2.5	Irregularidades en planta	82
4.1.2.6	Definición de pre-codes y post-benchmarks.	85
4.1.2.7	Verificación del índice de vulnerabilidad.	85
4.2	Contrastación de Hipótesis	88
	<b>Capítulo V . Discusión</b>	<b>89</b>
	<b>Capítulo VI . Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>89</b>
6.1.	Conclusiones	89
6.2.	Recomendaciones	90
	<b>REFERENCIAS</b>	<b>91</b>
7.1.	Fuentes documentales	91
7.2.	Fuentes bibliográficas	91
7.3.	Fuentes hemerográficas.	92
	<b>ANEXO</b>	<b>93</b>

### **Dedicatoria**

Dedicamos esta investigación a nuestros padres con cariño, por brindarnos el amor y educación necesarios para la vida.

## **Agradecimiento**

Agradecemos a los que creyeron en nosotros desde el principio, a nuestros padres, a nuestros docentes, a la Lic. Aleyda Minchola y al personal de la institución que nos dieron todas las facilidades para realizar la investigación.

## Resumen

**Objetivo:** Determinar el indicador de vulnerabilidad frente a un sismo, sísmica de la I.E. N° 20316 Manuel Ildauro de los Santos, en comparación de los métodos de Benedetti-Petrinni y FEMA P-154 en Amay, Huacho, 2022.

**Metodología:** Es aplicada, nivel descriptivo, posee un diseño no experimental, tienen un grado de enfoque cuantitativo, con una población conformada por la I.E.E. 20316 “Manuel Ildauro de los Santos Camones” y muestra cada una de las aulas de dicha institución.

**Resultados:** Mediante el método Benedetti – Petrini se obtuvo que la vulnerabilidad de la I.E. N° 20316 MANUEL ILDAURO DE LOS SANTOS CAMONES es muy alta.

Mediante el método Fema P 154 se obtuvo que la vulnerabilidad de la I.E. N° 20316 MANUEL ILDAURO DE LOS SANTOS CAMONES es muy alta.

**Conclusión:** Después de aplicar los métodos de FEMA P 154 Y Benedetti Petrini en la I.E N° 20316 MANUEL ILDAURO DE LOS SANTOS CAMONES se determinó que la estructura tendría un posible comportamiento de muy alta probabilidad de daños de grado 5 y 4 frente a un sismo severo, esto implica la daños estructurales muy graves lo que haría que la planta baja o algunas partes de la edificación colapsen lo cual podría ocasionar heridos de gravedad y muerte de los ocupantes.

**Palabras clave:** Resistencia convencional, vulnerabilidad frente a un sismo, FEMA P-154, Benedetti- Petrini

## **Abstract**

**Objective:** Determine the seismic vulnerability index, seismic of the I.E. N° 20316 Manuel Ildauro de los Santos, in comparison of the Benedetti-Petrinni and FEMA P-154 methods in Amay, Huacho, 2022.

**Methodology:** The research is of an applied type, descriptive level, non-experimental design, quantitative approach, with a population made up of the I.E.E. 20316 "Manuel Ildauro de los Santos Camones" and shows each of the classrooms of said institution.

**Results:** Using the Benedetti - Petrini method, it was obtained that the vulnerability of the I.E. N° 20316 MANUEL ILDAURO DE LOS SANTOS CAMONES is very high.

Using the Fema P 154 method, it was obtained that the vulnerability of the I.E. N° 20316 MANUEL ILDAURO DE LOS SANTOS CAMONES is very high.

**Conclusion:** After applying the methods of FEMA P 154 and Benedetti Petrini in I.E N° 20316 MANUEL ILDAURO DE LOS SANTOS CAMONES, it was determined that the structure would have a possible behavior of very high probability of damage of grade 5 and 4 in the face of an earthquake. Severe, this implies very serious structural damage, which would cause the ground floor or some parts of the building to collapse, which could cause serious injuries and death to the occupants.

**Keywords:** Conventional resistance, seismic vulnerability, FEMA P-154, Benedetti-Petrini

## **Introducción**

Esta tesis tiene amplia enfoque debido a que el Perú limita con una zona altamente sísmica que en los últimos años varios países vecinos han sufrido varios eventos sísmicos que ocasionaron consecuencias graves a la infraestructura y vidas humanas. Las instituciones educativas son estructuras que además de reunir funciones propias de su naturaleza también sirven de refugio en caso de sismos importantes.

Basándonos en los anterior, la tesis evalúa la vulnerabilidad frente a un sismo mediante un método cualitativo, la cual diferentes países han usado para determinar la vulnerabilidad frente a un sismo, teniendo en cuenta también la norma peruana sismorresistente E.030.

## **Capítulo I: Planteamiento del problema**

### **1.1.Descripción de la Realidad Problemática**

En el ámbito del mundo, el Cinturón de Fuego del Pacífico es uno de los conjuntos de placas tectónicas más activas; dentro se encuentra más 450 estructuras volcánicas siendo estas el 75% de los volcanes del planeta, , además la actividad sísmica corresponde al 90% a nivel mundial, estos eventos sísmicos de mayor magnitud en los últimos 20 años han sido ocasionados a lo largo de su recorrido (México, 2020).

El Perú ha sido afectado por diversos sismos de magnitudes diferentes en lo que va de su historia. Las construcciones presentan un alto grado de vulnerabilidad; luego de su eventualidad dejan en evidencia que los alcances de la normativa vigente no son suficientes como estándar de seguridad para dimensiones, composición y otras características propias de las estructuras. Es por ello que a lo largo de los años nuestra normativa ha ido cambiando, conforme avanzan las investigaciones dentro del campo de la Ingeniería Sísmica y Estructural.

Entre los factores principales que definen la vulnerabilidad frente a un sismo, tenemos el sistema estructural, tipo de construcción, región sísmica. El IGP en el 2013 realiza estudios de Riesgo Sísmico y Vulnerabilidad en la ciudad de Huacho, como parte de la ampliación de estudios previos que venía realizando en distintos distritos de la ciudad de Lima. De estos estudios se desprende que la capacidad portante del terreno de la zona del barrio de Amay, ubicado en el distrito de Huacho es muy bajo ( $<1 \text{ kg/cm}^2$ ), lo cual es un factor preponderante para poder saber el grado de vulnerabilidad de la Institución Educativa materia de investigación; la cual está ubicada emplazada en dicha zona. (IGP, 2014)

Esta institución educativa ha sido construida en los años 60 por los mismos pobladores de la zona del Barrio de Amay (primer nivel), teniendo ampliaciones más recientes en el segundo nivel, patio, entre otros.

Por ser una edificación esencial, que ha sido construida de manera “informal”, se intuye que los procesos constructivos y la mano de obra no tuvieron ningún tipo de asesoramiento técnico y por ende son deficientes, además no hay manera de comprobar la calidad de los materiales utilizados. Por lo que se plantea la presente tesis con el fin de analizar la vulnerabilidad frente a un sismo de la misma y plantear medidas de solución.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema General**

¿Cuál es el indicador de vulnerabilidad frente a un sismo de la I.E. N° 20316 Manuel Ildauro de los Santos, en comparación de los métodos de Benedetti-Petrinni y FEMA P-154 en Amay, Huacho, 2022?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

¿Cuál es el indicador de vulnerabilidad frente a un sismo, obtenida mediante el método de Bened.-Petrin. de la I.E. N° 20316 Manuel Ildauro de los Santos Camones, Amay, Huacho, 2022?

¿Cuál es el indicador de vulnerabilidad frente a un sismo, obtenida mediante el método FEMA P-154 de la I.E. N° 20316 Manuel Ildauro de los Santos Camones, Amay, Huacho, 2022?

¿Cuál es la diferencia entre la vulnerabilidad frente a un sismo de la I.E. N° 20316 Manuel Ildauro de los Santos Camones, Amay, Huacho, 2022, utilizando el método de Bened.-Petrin. y el método FEMA P-154?

## **1.2. Objetivos de la Investigación**

### **1.2.1. Objetivo General**

Determinar el indicador de vulnerabilidad frente a un sismo, sísmica de la I.E. N° 20316 Manuel Ildauro de los Santos, en comparación de los métodos de Benedetti-Petrinni y FEMA P-154 en Amay, Huacho, 2022.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

Determinar el indicador de vulnerabilidad frente a un sismo, obtenida mediante el método de Bened.-Petrin. de la I.E. N° 20316 Manuel Ildauro de los Santos Camones, Amay, Huacho, 2022.

Determinar el indicador de vulnerabilidad frente a un sismo, obtenida mediante el método FEMA P-154 de la I.E. N° 20316 Manuel Ildauro de los Santos Camones, Amay, Huacho, 2022.

Determinar diferencia entre la vulnerabilidad frente a un sismo de la I.E. N° 20316 Manuel Ildauro de los Santos Camones, Amay, Huacho, 2022, utilizando el método de Bened.-Petrin. y el método FEMA P-154.

### **1.3. Justificación de la Investigación**

#### **1.3.1. Justificación teórica**

Esta tesis se justificó en el sentido teórico por que pretendió realizar la evaluación de una estructura en una situación real, utilizando métodos cualitativos. Es así que, con los resultados que se obtuvieron de la presente tesis se obtuvo un resultado que generó un debate sobre el conocimiento existente de la confiabilidad de estos métodos y la obtención de resultados en comparación uno con el otro.

#### **1.3.2. Justificación práctica**

El estudio se realizó con el objetivo de cooperar a la solución del problema real, es decir, diagnosticar el estado de vulnerabilidad frente a un sismo de la IE Manuel Ildaura de los S.C. y ofreció alternativas de refuerzo y mejoras estructurales. En el futuro, a partir de ahora, las autoridades de las Entidades educativas pueden elegir la alternativa económica y socialmente más óptima.

### **1.4. Delimitaciones del Estudio**

#### **1.4.1. Delimitación temporal**

La tesis se realizó en el mes de setiembre al mes de noviembre del año 2022.

#### **1.4.2. Delimitación espacial**

La tesis se delimitó espacialmente en la I.E. N° 20316 Manuel Ildaura de los S.C., esta institución fue elegida debido a que el primer nivel fue autoconstruido, por lo que es probable que la infraestructura no cumpla con los parámetros normativos anteriores y actuales. Además, hasta la fecha no se tienen registros de intervención de análisis y/o reforzamiento estructural por parte del Estado.

### **1.5. Viabilidad del Estudio**

Esta tesis fue viable dado que los investigadores contamos con financiamiento propio para su desarrollo, en todos sus aspectos.

Además, existe una vasta información sobre el tema y softwares computacionales que facilitan el análisis planteado.

Debemos agregar que, con el fin de aplicar correctamente los instrumentos investigativos, contamos con el permiso de la Directora de la I.E, la cual nos brindó el

acceso a las instalaciones con el fin de realizar las mediciones y otras actividades pertinentes necesarias para su desarrollo.

## **Capítulo II: Marco teórico**

### **2.1. Antecedentes de la Investigación**

#### **2.1.1. Investigaciones Internacionales**

**Según Llugsha (2021)** en su tesis nos dice que su propósito general fue determinar en las edificaciones el desempeño sísmico antes mencionadas mediante la medición de vibraciones. Cuando el método de vulnerabilidad FEMA 134 concluye que es probable que la estructura se dañe ante un evento sísmico severo. Entonces puedes ver que el nivel de vulnerabilidad es alto. El estudio incluyó una comparación con el método de construcción nacional NEC 2015, lo que resultó en una puntuación final para ambos métodos. Las normativas nacionales asignan valores superiores a las edificaciones construidas de acuerdo con la normativa aplicable.

**Según Llor y Mendoza (2019)** en su tesis, en donde tuvo como objetivo principal evaluar en el edificio de la Facultad de Informática de la ULEAM su vulnerabilidad sísmica, para una evaluación calculada mediante la ejecución de análisis estructural lineal. Se concluyó que las edificaciones analizadas eran susceptibles a sismos y requerían refuerzo estructural. Por lo tanto, se recomendó mantener siempre los elementos estructurales para una mayor durabilidad. Así como realizar refuerzos estructurales de acuerdo a los requisitos del NEC (Norma Ecuatoriana de Construcción).

**Según Nisperuza (2019)** en su estudio de tesis, teniendo como objetivo evaluar en las viviendas en el municipio la vulnerabilidad contra los sismos mediante B.P. y la NRS 2010, se concluyó que esas viviendas tienen un porcentaje de vulnerabilidad de 70 a 80%.

**Según Vargas (2017)** nos dice en su tesis que tuvo como objetivo de evaluar el comportamiento sísmico de las viviendas de los citados municipios utilizando el método Petrini y el NRS 2010, se llegó a la conclusión de que la vulnerabilidad de la vivienda se encuentra entre un 70% y un 80%.

**Según Cortez (2017)** con su estudio de tesis indica lo siguiente, en el actual estudio de vulnerabilidad frente a un sismo en las viviendas de la comuna de beneficio en la ciudad de Valdivia, se concluyó que los valores de vulnerabilidad promedio obtenidos se relacionan principalmente con la segunda zona de máxima vulnerabilidad generalizada por sí misma, fueron - modificaciones constructivas, o con asesoramiento técnico informal.

### **2.1.2. Investigaciones Nacionales**

**Según García (2021)**, nos dice en su tesis, que tuvo como objetivo determinar el indicador de vulnerabilidad frente a un sismo en el Hospital Regional, se concluyó que la edificación analizada presenta 04 pabellones con índice de vulnerabilidad MEDIO y 08 pabellones con índice de vulnerabilidad ALTO, teniendo en cuenta que ambas estructuras fueron construidas con concreto armado. Cabe recalcar que en el Hospital Regional Docente Las Mercedes existen también edificaciones construidas con adobe, de las cuales todas arrojaron un índice de vulnerabilidad ALTO.

**Según (Mamani y Philco, 2021)**, nos dice en su tesis que tuvo como propósito general indicaba su resistencia frente a un evento de sismos en edificios de las escuelas públicas de la comuna de Ciudad Nueva. Se concluyó que el 67% de las instalaciones escolares presentaban alta capacidad sísmica y el 33% alto potencial de daño. Cabe aclarar que de acuerdo a la información analizada.

Esta encuesta es descriptiva y explicativa, y se realiza a un nivel de investigación preocupante y comprensivo.

Este estudio es de carácter aplicado y se lleva a cabo en un diseño descriptivo, no experimental. Además de los enfoques cuantitativos.

**Según (Álvarez y Pulgar, 2020)**, nos dice en su tesis que tuvo como objetivo general evaluar la vulnerabilidad frente a un sismo de los módulos de instituciones educativas de VMT a través del análisis cualitativo FEMA P-154 y deformación lateral cuantitativa en escenarios de grandes terremotos. Se concluyó que las escuelas públicas evaluadas no contaban con las estructuras suficientes para albergar a toda la población docente y estudiantil, ya que el 60% de ellas presentaban estructuras débiles. Podemos concluir que el

análisis de estos edificios de dos maneras diferentes arroja resultados similares. Los métodos cualitativos son más efectivos y eficientes para el análisis rápido de estructuras a gran escala.

**Según (Hidalgo y Silvestre, 2019)**, en su tesis nos indica que tuvo como propósito general es precisar cual es su vulnerabilidad frente a un sismo del establecimiento educativo N° 20475. Se encontró que las instituciones evaluadas tienen una vulnerabilidad media-alta en promedio.

Esta investigación se lleva a cabo a nivel cualitativo, en lugar de ser de naturaleza experimental y descriptiva.

Este estudio se realizó utilizando un alcance exploratorio, diseño de estudio cualitativo y cuantitativo, y técnicas de examen ocular, recopilación de información de notas y fotografías.

**Según Tucto (2018)** en su investigación nos dice que tuvo como propósito la evaluación y determinación del riesgo sísmico utilizando el Índice de Vulnerabilidad de Bened.-Petrin.de las casas de adobe que se encuentran en la zona centrica del distrito de Llancanora.

El método de determinación de las características más importantes y decisivas del daño que sufrirá una casa de ladrillo en un sismo, la evaluación de estas características se realiza determinando once parámetros que determinan el nivel de daño, sensibilidad y valor de significación. al método propuesto. Se concluye que el riesgo sísmico de las casas de ladrillo existentes es ALTO si la vulnerabilidad frente a un sismo es alta y el nivel de riesgo sísmico es moderado. Esta investigación es aplicada y bajo un diseño descriptivo, no experimental y los enfoques cuantitativos.

## **1.6.Bases teóricas**

### **1.6.1. Vulnerabilidad frente a un sismo según el método Benedetti-Petrinni**

Una característica importante de las estructuras es la vulnerabilidad frente a un sismo, y es el resultado la suma ponderada de los diversos valores numéricos las cuales son expresiones que devienen de parámetros que manifiestan la “calidad sísmica”. Teniendo

parámetros a los que de manera individual se les atribuye una clase y posteriormente un valor numérico, que será definido en cada uno de los sistemas estructurales (Mena, 2002).

El método Benedetti- Petrinni es de carácter cualitativo, cuyo origen fue en el continente Europeo, específicamente en Italia. Fue desarrollado alrededor de los años 80, surgiendo como una necesidad debido a que en la zona se presentaban constantes movimientos telúricos. Esto propició que se busquen nuevas metodologías para encontrar un cálculo del índice de vulnerabilidad que pueda tener una edificación ante diferentes escenarios de movimientos sísmicos (Mena, 2002).

Para la evaluación de las estructuras, este método utiliza once (11) parámetros, asignándole valores numéricos correspondientes a cada uno en base al análisis realizado (Mena, 2002).

En la tabla 1 observamos los diversos parámetros que usaremos para poder evaluar la vulnerabilidad frente a un sismo mediante el método Benedetti- Petrinni. Una vez obtenidos los valores de cada parámetro, utilizaremos a la siguiente fórmula para la evaluación (Mena, 2002):

$$iv = \sum_{j=1}^n k_j * W_j$$

Tabla 1

*Parámetros evaluados en el método Benedetti-Petrinni*

Parámetro	Clases K.i				Peso W.i
	A	B	C	D	
organización y tipo del sistema	0	5	20	45	1.00
Calidad	0	5	25	45	0.25
Resistencia convencionales	0	5	25	45	1.50
la cimentación y posición del edificio	0	5	25	45	0.75
Diafragma horizontal	0	5	15	45	1.00

Configuraciones en planta	0	5	25	45	0.75
Configuraciones en elevación	0	5	25	45	1.00
Distancia máxim. de muros y conexiones	0	5	25	45	0.25
Tipos de cubiertas	0	15	25	45	1.00
Elemento no estructural	0	5	25	45	0.25
Estados de conservación	0	5	25	45	1.00

Los valores de la tabla anterior sirven como base para la evaluación sísmica. Ahora, se explican las clases ordenadas según el grado, de los parámetros mencionados.

### **2.2.1.1. Organización del sistema resistente**

Se busca evaluar el grado de organización en la edificación sobre el sistema resistente, teniendo en cuenta que, dependiendo del material utilizado, estos valores cambiarán su denominación (Mena, 2002).

Se debe tener en cuenta que la estructura ideal es aquella que tiene una similitud a un sólido ortogonal cerrado, un cubo, debido a que en esta configuración los elementos estructurales mantienen una unión más resistente en sus conexiones.

Es importante también recalcar que, este parámetro, considera cuando se construyó dicha estructura, para verificar la normativa vigente a la fecha; así como también la presencia o intervención de profesionales que apliquen conocimientos de ingeniería en su construcción.

A continuación, detallamos el significado de cada uno de la leyenda de la tabla anterior, de acuerdo al material predominante con el cual fue construida la estructura.

- Edificaciones de adobe
  - A. Edificaciones construidas predominantemente con adobe; que cumplen con la norma E.080.
  - B. Edificación construida de adobe, que tienen elemento de confinamiento vertical y horizontal, sin la intervención de un profesional.

- C. Edificaciones construidas con adobe, sin elemento de confinamiento horizontal y vertical, y no teniendo la asesoría de un profesional, con una adecuada distribución en muros y también regularidad en planta y elevación.
  - D. Edificación construidas con adobe, tapial, adobón o conchuela, sin elemento de confinamiento horizontal y vertical, y no teniendo la asesoría de un profesional, sin la adecuada distribución de los muros y con irregularidad en planta y elevación.
- Edificaciones construidas mediante el sistema de albañilería
    - A. Edificación construida mediante el sistema de albañilería; siendo estas las que deben cumplir segundo lo que establece la norma E.070. Albañilería.
    - B. Edificación construida mediante sistema de albañilería, que no cumplen con uno de los que se encuentren en la norma E.070. Albañilería.
    - C. Edificación construida mediante sistema de albañilería, sin elementos de confinamiento horizontal y vertical ejecutados correctamente, sin asesoramiento de un profesional.
    - D. Edificaciones construidas con el sistema de albañilería, sin elementos de confinamiento horizontal y también vertical, y no teniendo la asesoría de un profesional, además no tener una buena distribución de muro y con irregularidad en planta y elevación.
  - Edificaciones construidas con concreto armado
    - A. Edificaciones construidas después del año 1997, con asesoría de un profesional.
    - B. Edificaciones construidas después del año 1997, con asesoría de un profesional.
    - C. Edificación construida sin asesoramiento de un profesional.

#### **2.2.1.2. Calidad del sistema resistente**

La asignación en los valores correspondientes se realiza teniendo en cuenta dos factores principales: 1. El material utilizado, teniendo en cuenta que las unidades cumplan con la normativa correspondiente, teniendo en cuenta los parámetros de características

físicas y químicas especificados. 2. En este parámetro también se evalúa la calidad de ligamento de la estructura (mortero) (Mena, 2002).

Además de lo anteriormente mencionado, se evalúa también la calidad general del sistema, teniendo en cuenta otros factores ya sea el adecuado proceso constructivo o la mano de obra, todo ello bajo la evaluación adecuada de un profesional responsable.

Es fundamental enfatizar que las evaluaciones estructurales muchas veces están basados en información se encuentra en bases de datos correspondientes a los materiales utilizados en la construcción. o, si se lleva a cabo en diferentes momentos, se evaluará cada caso por separado para distinguir diferentes momentos en el proceso de construcción.

- Edificaciones de adobe
  - A. La estructura del edificio se construyó con ladrillos de adobe duraderos y de alta calidad con secciones uniformes y dimensiones constantes
  - B. La estructura del edificio que no presente alguna característica de la clase A.
  - C. La estructura del edificio que no presente más de una de las características de la clase A.
  - D. La estructura del edificio que no presente ninguna característica de la clase A.
- Edificaciones construidas con el sistema de albañilería
  - A. Para la construcción del edificio se utilizan buenos y duraderos ladrillos, con pieza homogénea, de dimensión constante y buena unión en el ladrillo con el mortero que tenga una buena calidad
  - B. La estructura del edificio que no presente una característica de la clase A.
  - C. La estructura del edificio que no presente más de una característica de la clase A.
  - D. La estructura del edificio que no presente ninguna característica de la clase A.

- Edificaciones construidas con concreto armado
  - A. Edificaciones construidas después del año 1997, con asesoría de un profesional.
  - B. Edificaciones construidas después del año 1997, con asesoría de un profesional.
  - C. Edificaciones construidas sin asesoría de un profesional.

### 2.2.1.3. Resistencia convencional

Respecto al análisis de la resistencia convencional esta se debe realiza según norma sismo resistente (E.030).

Es importante que los cálculos reflejan adecuadamente el comportamiento de la estructura mencionada en párrafos anteriores, considerando que la base de toda estructura es el ideal de cubo ortogonal, tipo cajón; debido a que esta estructura brinda fiabilidad para la resistencia de un edificio frente a carga horizontal (Mena, 2002).

Se determinará de la siguiente manera:

1. Se determina el área resistiva total de la pared m<sup>2</sup> en cada dirección.
2. Se procede a calcular la resistencia a cortante más desfavorable, además el área mínima de la pared del plano correspondiente al primer piso del edificio.

$$Vr = (A_x; A_y) * t$$

3. En base a lo anterior se calcula el peso resistente de la edificación:

$$W = N * (A_x + A_y) * H * P_m + N * C_x * H * P_{co} + M * P_s * A_t + A_c * P_c$$

Donde:

*A<sub>t</sub>* = Área total construida en planta

*N* = Número de pisos

*A<sub>x</sub>, A<sub>y</sub>* = Área de muros en X e Y

*C<sub>x</sub>, C<sub>y</sub>* = Área de concreto en X e Y

$H =$  Altura promedio  $P_m =$  Peso específico de la mampostería

$P_{co} =$  Peso específico del concreto

$P_s =$  Peso por unidad de área del diafragma horizontal

$M =$  Número de diafragmas horizontales

$A_c =$  Área total de cubierta

$P_c =$  Peso por unidad de cubierta

$\cap m =$  Resistencia al corte de los muros

$\cap c =$  Resistencia al corte del concreto

Valores de  $P_m$ : Para mampostería e adobe se utilizará  $1.6 \frac{tn}{m^3}$

Valores de  $P_s$ : Para aligerados se utilizará  $0.30 \frac{tn}{m^2}$

Valores de  $P_c$ : Para coberturas se utilizará el  $0.03 \frac{tn}{m^2}$

4. Se determina el coeficiente sísmico resistente ( $CSR$ ), que se calcula de la siguiente manera:

$$CSR = \frac{V_r}{W}$$

5. Se procede al cálculo del coeficiente sísmico exigido ( $CSE$ )

$$CSE = \frac{ZUCS}{R}; \text{ Para concreto armado y albañilería } CSE = SUC; \text{ Para adobe}$$

En donde:

$Z$ : Coeficiente de zona sísmica  $U$ : Uso  $C$ : Coeficiente sísmico  $S$ : Suelo

6. Se calcula la demanda de ductilidad respecto a los sistemas constructivos analizados y el coeficiente  $h$  para el concreto armado.

$$DD = \frac{CSE}{CSR}$$

$$h = \frac{VR}{\frac{ZUCS}{R}}$$

Sabiendo que:

- Para edificaciones construidas con albañilería o adobe

$$A: DD < 0.50 \quad B: 0.50 \leq D < 1.00 \quad C: 1.00 \leq D < 1.50 \quad D: 1.50 \leq D$$

#### **2.2.1.4. Posición de edificio y cimentación**

Tanto la topografía como los cimientos tendrán un impacto respecto al comportamiento sísmico en los edificios la cual debe evaluarse mediante un equipo de inspección visual. Es decir que en este parámetro tendremos en cuenta la composición del terreno y sus características topográficas. Así como también las cimentaciones y si es posible su ubicación en diferentes cotas. Es posible que existan casos en donde se observe un empuje debido a laderas pronunciadas adyacentes al terreno de la zona de estudio; ataque químico por suelos con presencia de alto grado de sales, sulfatos y/o humedad, suelos expansivos, licuación de suelos, entre otros (Mena, 2002)..

- Edificaciones de adobe
  - A. Edificaciones construidas predominantemente con adobe; que cumplen según lo que estipula en la norma E.080.
  - B. Edificaciones construidas predominantemente con adobe; que cumplen según lo que estipula norma E.080.
  - C. Edificaciones construidas predominantemente con adobe; que no cumplen según lo que estipula norma E.080.
  - D. Edificaciones construidas predominantemente con adobe; que no cumplen según lo que estipula norma E.080.
  
- Edificaciones de albañilería
  - A. Edificaciones construidas predominantemente con albañilería; que cumplen con la norma E.070. Albañilería, han sido construidas bajo

la dirección de un profesional responsable, sobre un suelo rígido, sin presencia de problemas especiales de cimentación.

- B. Edificaciones construidas predominantemente con albañilería; que cumplen con la norma E.070. Albañilería, han sido construidas bajo la dirección de un profesional responsable.
- C. Edificaciones construidas predominantemente con albañilería; que cumplen con la norma E.070. Albañilería, han sido construidas bajo la dirección de un profesional responsable.
- D. Edificaciones construidas predominantemente con albañilería; sin cumplir con E.070. Albañilería, no han sido construidas bajo la dirección de un profesional responsable, con presencia de problemas especiales de cimentación. Estado de conservación deteriorado.

- Edificaciones de concreto armado

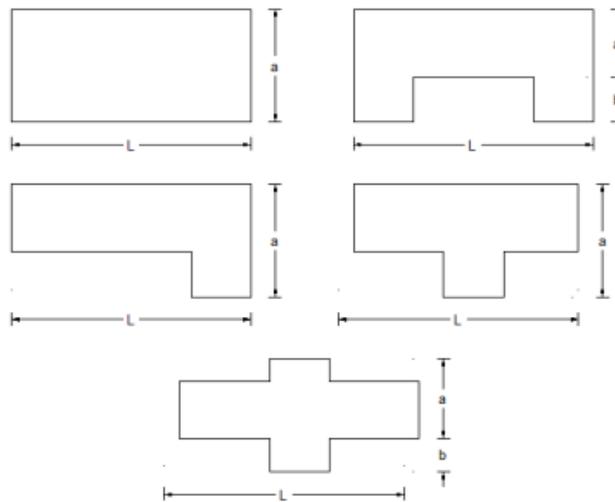
- A. Edificación construida predominantemente con concreto armado; las cuales cumplen con la norma E.030, han sido construidas bajo la dirección de un profesional responsable, sobre un suelo rígido, sin presencia de problemas especiales de cimentación.
- B. Edificaciones construidas predominantemente con albañilería; que cumplen con la norma E.030, han sido construidas bajo la dirección de un profesional responsable.
- C. Edificaciones construidas predominantemente con albañilería; que cumplen con la norma E.030, han sido construidas bajo la dirección de un profesional responsable.
- D. Edificaciones construidas predominantemente con albañilería; que no cumplen con la norma E.030, no han sido construidas bajo la dirección de un profesional responsable, con presencia de problemas especiales de cimentación. Estado de conservación deteriorado.

### 2.2.1.5. Diafragmas horizontales

Tanto en albañilería y sistemas constructivos de concreto armado. Es muy importante la calidad del sistema estructural ya que afecta el comportamiento de los elementos de resistencia vertical. En sismos pasados en la zona de estudio, se observa que el grado de afectación de la infraestructura en general, dependerá en gran medida del sistema estructural; y no solo de ello, sino que debe seguirse el adecuado proceso constructivo para su ejecución, caso contrario, dependiendo de la intensidad del sismo; la vibración lateral o movimientos laterales generarán la separación de los diafragmas horizontales; lo que provoco el fallo de la estructura en general (Mena, 2002).

### 2.2.1.6. Configuración en planta

Se tiene en consideración la evaluación de la forma y disposición en planta de la edificación. Es importante entender que, de conforme al método índice de vulnerabilidad (método homólogo al presente), se presentan algunas formas que sirven como base para la determinación de la irregularidad en planta (Mena, 2002).



*Figura 1.* Formas que sirven como base para el análisis, según el método de índice de vulnerabilidad. Fuente: Mena, 2002.

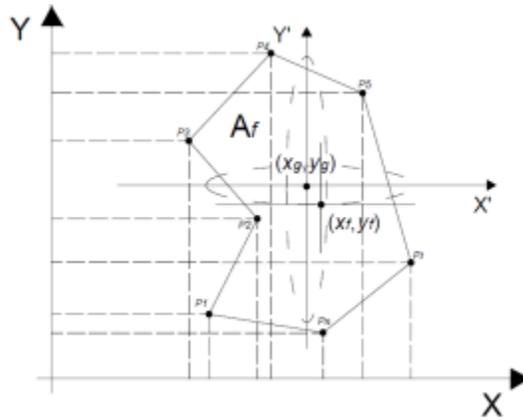


Figura 2. Forma paramétrica de una estructura en planta. Fuente; Mena, 2002.

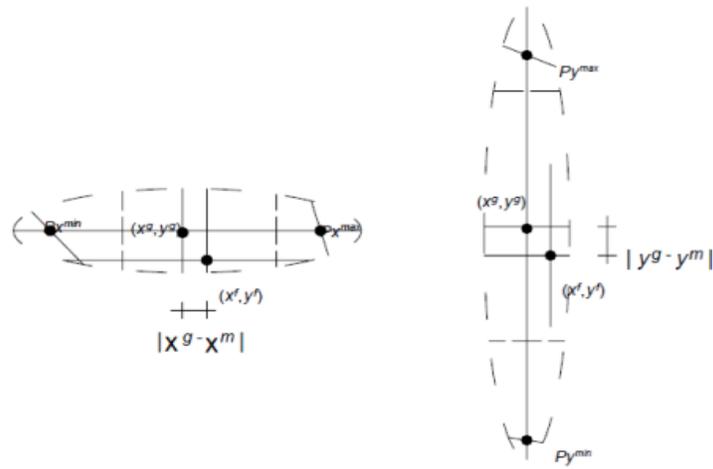


Figura 3. Ampliación de las dimensiones más próximas al centroide, representado por un elipsoide

De acuerdo a los gráficos mostrados anteriormente, debemos indicar lo siguiente:

$P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_n$ : Puntos en forma geométrica.

$(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_i, y_i), (x_n, y_n)$  definen la distribución en planta de la estructura.

$(x_g, y_g)$  centroide de la estructura.

$$x_g = \frac{\sum_{i=1}^n A_i x_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

$$y_g = \frac{\sum_{i=1}^n A_i y_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

En donde  $A_i$  son las áreas parciales auxiliares de la figura que se utilizarán para calcular el centro de gravedad de la estructura, se calcula de la siguiente manera:  $A_i = x_i * y_i$

De igual manera se cruzará una línea la cual pasa por el centro de gravedad, mediante ambas ecuaciones

$$x_m = \frac{P_{xmin} + P_{xmax}}{2}$$

$$y_m = \frac{P_{ymin} + P_{ymax}}{2}$$

Luego de haber calculado los valores  $x_m$  y  $y_m$ , se sustituirán en otras ecuaciones, con el fin de obtener finalmente los valores de irregularidad de la estructura. El valor válido será el valor máximo de las siguientes ecuaciones:

$$IR_x = \frac{|x_g - x_m|}{\frac{1}{2} |x_{max} - x_{min}|}$$

$$IR_y = \frac{|y_g - y_m|}{\frac{1}{2} |y_{max} - y_{min}|}$$

$$IR = \max (IR_x; IR_y)$$

En donde los rangos del adobe y de la albañilería serían los siguientes:

A:  $IR \leq 0.10$

B:  $0.1 < IR \leq 0.5$

C:  $0.5 < IR \leq 1.0$

D:  $IR > 1.0$

Y los rangos para concreto armado son los siguientes:

A:  $IR \leq 0.25$

B:  $0.25 < IR > 0.75$

C:  $IR > 0.75$

### 2.2.1.7. Configuración en elevación

Se evalúa con la siguiente fórmula:  $+\frac{DA}{A}$ ; siendo DA la variación de masa entre pisos sucesivos y A el área del piso más cercano al suelo. El signo (+ o -) dependerá si aumenta o disminuye la reducción de área conforme se van observando pisos superiores (Mena, 2002).

En este parámetro, se utilizarán los valores “H” y “T”, tal y como se observa en la siguiente fórmula:

$$RL = \frac{H - T}{H}$$

Siendo

“H-T”: la variación de la altura del edificio

H: la altura máxima del mismo.

Para este caso, podemos tener como base la imagen siguiente.

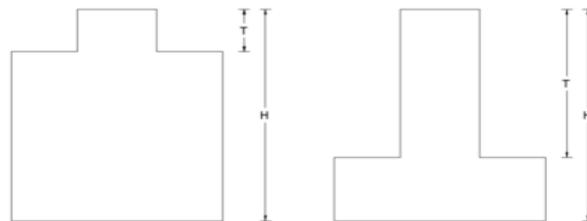


Figura 4. Asignación de los valores “H” y “T” según los gráficos.

Luego, el parámetro tendrá los siguientes rangos, para estructuras construidas predominantemente con albañilería:

$$A: \pm \frac{\Delta DA}{A} \leq 10\%$$

$$B: 10\% < \pm \frac{\Delta DA}{A} \leq 20\%$$

C:  $20\% < \pm \frac{\Delta DA}{A} \leq 50\%$ . Además presenta discontinuidad en la estructura.

D:  $\pm \frac{\Delta DA}{A} \geq 50\%$ . La estructura está construida sobre un suelo blando.

Para estructuras construidas predominantemente con concreto armado:

A:  $RL > 0.66$

B:  $0.33 < RL \leq 0.66$

C:  $IR \leq 0.33$ . La estructura está construida sobre un suelo blando.

### 2.2.1.8. Conexión entre elementos críticos

Es el parámetro donde se relaciona la distancia que existe entre el espesor y los muros transversales a los longitudinales. La fórmula a utilizar es  $L/S$ , donde S: es el espesor de pared y L: es la distancia máxima que existe entre paredes laterales (Mena, 2002).

Se sabe que la resistencia sísmica de un edificio cambia a medida que aumenta la distancia. Este caso puede ocurrir cuando cambia la distribución de la arquitectura entre los diferentes pisos de un edificio.

Para muro de mampostería o mampostería, el espesor del muro es de 0,13 m y el espesor del adoquín es de 0,23 m.

Para estructuras de hormigón armado, se examina el tipo de unión entre miembros (vertical/horizontal).

Estructura construida predominantemente de adobe

$$A: \frac{L}{S} < 4.7 \quad B: 4.7 \leq \frac{L}{S} < 5.6 \quad C: 5.6 \leq \frac{L}{S} < 7.8 \quad D: \frac{L}{S} \geq 7.8$$

Estructura construida predominantemente de albañilería

$$A: \frac{L}{S} < 15 \quad B: 15 \leq \frac{L}{S} < 18 \quad C: 18 \leq \frac{L}{S} < 25 \quad D: \frac{L}{S} \geq 25$$

Estructura construida predominantemente de concreto armado

A: Año de construcción mayor a 1997, con asesoría técnica.

*B: Año de construcción menor a 1997, con asesoría técnica.*

*C: Sin asesoría técnica.*

#### **2.2.1.9. Tipo de cubierta**

Se evaluará la influencia del tipo de cubierta con el comportamiento sísmico de la estructura, esto es debido a que dependiendo si se trata de un material liviano o pesado, su estado de conservación y su estabilidad, el factor de vulnerabilidad tendrá un valor mayor dentro de los rangos mencionados anteriormente (Mena, 2002).

Estructuras construidas predominantemente de adobe y albañilería

A: Cubierta estable, adecuadamente empalmada con el muro, de material liviano. La cubierta es plana.

B: En buenas condiciones el material liviano de cubierta inestable

C: Cubierta inestable, de material liviano, en malas condiciones.

D: En malas condiciones, cubierta inestable. La cubierta no es plana.

.

#### **2.2.1.10. Elementos no estructurales**

Este es el parámetro donde se evalúa la presencia de aquellos elementos que no formen parte de la estructura principal, la cual se encuentren o no adecuadamente conectados a ella; observándose así la posibilidad que, ante el acontecimiento de un movimiento sísmico, pueda constituir a una situación de riesgo (Mena, 2002).

Estructuras construidas con adobe o albañilería

A: En esta categoría encontramos las estructuras o edificaciones que presenten elementos no estructurales, estos elementos no están correctamente conectados al sistema resistente general.

B: En esta categoría tenemos otras estructuras, tales como balcones, parapetos, u otro elemento no estructural, que si se encuentra correctamente conectado al sistema resistente.

C: En esta categoría tenemos otras estructuras, tales como balcones, parapetos, u otro elemento no estructural, que no se encuentran correctamente conectado al sistema resistente y además presentan deterioro por su antigüedad o el paso de los años.

D: En esta categoría tenemos estructuras con instalaciones fijas o permanentes, tales como tanques de agua, las cuales se encuentran mal conectadas a la estructura, mal construidas o conectadas con otros elementos no estructurales que tiene un peso significativo.

Estructuras construidas predominantemente con concreto armado

B: En esta categoría tenemos otras estructuras, tales como balcones, parapetos, u otro elemento no estructural, que si se encuentra correctamente conectado al sistema resistente.

C: En esta categoría tenemos otras estructuras, tales como balcones, parapetos, u otro elemento no estructural, que no se encuentran correctamente conectado al sistema resistente y además presentan deterioro por su antigüedad o el paso de los años.

D: En esta categoría tenemos estructuras con instalaciones fijas o permanentes, tales como tanques de agua, las cuales se encuentran mal conectadas a la estructura, mal construidas o conectadas con otros elementos no estructurales que tiene un peso significativo.

#### **2.2.1.11. Estado de conservación**

Este parámetro es predominantemente subjetivo, y evalúa la edificación utilizando la inspección visual. Se busca inspeccionar las afectaciones que pueda tener la estructura, además de irregularidades durante el proceso constructivo. Es muy importante saber la antigüedad de la estructura, dado que el estado de conservación dependerá de este factor (Mena, 2002).

Estructuras construidas predominantemente de adobe

A: Edificación en buena condicione, sin ninguna presencia de fisuras

B: Edificacion sin fisura, pero si con componente ligeramente deteriorado.

C: Edificacion con fisura y con componente deteriorado.

D: Muro con demasiado deterioro en componente, con grietas y falla por flexión, momento y corte.

Estructuras construidas predominantemente de albañilería.

A: Muro de óptimas condiciones, sin fisuras visibles.

B: Muro de óptimas condiciones, con fisuras menores a 2 mm.

C: Muro con fisura y componente estructural deteriorado.

D: Muro con demasiado deterioro en sus componentes, y con grietas.

Estructuras construidas predominantemente de concreto armado.

A: Edificaciones que se encuentran en buen estado.

B: Edificaciones que se encuentran ligeramente dañadas.

C: Edificaciones que se encuentran en mal estado de conservación.

#### **2.2.1.12. Evaluación del índice de vulnerabilidad**

Luego de evaluar el índice de vulnerabilidad ( $I_v$ ) para cada estructura, se realizará la evaluación del índice de vulnerabilidad ( $I_{vN}$ ) en un rango de 0 a 100 (Mena, 2002).

vulnerabilidad baja  $0 < I_{vN} < 20$

vulnerabilidad media  $20 < I_{vN} < 40$

vulnerabilidad alta  $40 < I_{vN} < 100$

#### **2.2.2. Vulnerabilidad frente a un sismo según el método FEMA-134**

Esta es una metodología que de manera rápida hace un análisis sísmico y se desarrolló en la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias, en Estados Unidos (FEMA) a través de ello podemos obtener la seguridad sísmica en diferentes construcciones (Federal emergency Management Agency (FEMA P-154, 2015). Asimismo, nos ayuda a saber que estructura no podrían convertirse en un lugar de refugio por su vulnerabilidad.

El método FEMA P - 154 es usado principalmente en los Estados Unidos, fue muy eficaz y fácil de usar, que diferentes países alrededor del mundo lo usan para para evaluar la vulnerabilidad frente a un sismo de los edificios colegios, hospitales, etc de forma rápida y completa.

Ahora se van a describir los parámetros que son necesarios para la evaluación de la edificación existente:

### 2.2.2.1. Determinación de la región sísmica

Se utiliza para seleccionar el tipo de mapa de medición para realizar la evaluación de varios edificios. Los ensayos se dividen en sísmica baja, media, media alta, alta y demasiado alta. (Federal emergency Management Agency, 2015).

La zona sísmica se determinará observando el período en el suelo, luego, utilizando la aceleración de la respuesta espectral, a continuación se muestra en la Tabla 2:

Tabla 2

*Región sísmica según aceleración espectral.*

Región sísmica	según el periodo aceleración del suelo (corto periodo o 0.2 s)	según el periodo aceleración del suelo (largo periodo o 1 s)
Bajo	Por debajo de 0.25 g	Por debajo de 0.10 g
Moderado	$\leq 0.25$ g $\geq 0.50$ g	$\leq 0.10$ g $\geq 0.20$ g
Moderado alto	$\leq 0.50$ g $\geq 1.00$ g	$\leq 0.20$ g $\geq 0.40$ g
Alto	$\leq 1.00$ g $\geq 1.50$ g	$\leq 0.40$ g $\geq 0.60$ g
Muy alto	$\leq 1.50$ g	$\leq 0.60$ g

Dato: g=a la aceleración de la gravedad en dirección horizontal

### 2.2.2.2. Tipo de suelo

Como segundo parámetro determinaremos cual es el suelo (Federal Emergency Management Agency (FEMA P-154), 2015), esto se usa para modificar y evaluar si para la edificación es lo mas favorable o no, a través del cuadro que presenta America Society of Civil Engineers (ASCE,2013) a continuación se observa la Tabla 3:

Tabla 3

*Tipo de suelo*

Tipos de suelos	Velocidad cortante de las ondas, Vs	SPT,N	Resistencia no drenada al cortante por encima de los 100 pies, Su
A: dura roca	$V_s > 5000$ pies/s		
B: Roca	$2500 \text{pies/s} < V_s < 5000 \text{pies/s}$		
C: Muy denso suelo y suave roca	$1200 \text{pies/s} < V_s < 2500 \text{pies/s}$	$N > 50$	$S_u > 2000 \text{psf}$
D: estrato rigido	$600 \text{pies/s} < V < 1200 \text{pies/s}$	$15 < N < 50$	$1000 \text{psf} < S_u < 2000 \text{psf}$
E: Arcilla suave	$V_s \leq 600$ pies/s	$N < 15$	$S_u < 1000 \text{psf}$

F: estrato pobre	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Es el estrato que requieren de una evaluación especial.</li> <li>-Es el suelo que se encuentra vulnerable a las fallas potenciales o por carga sísmica.</li> <li>-Arcillas orgánicas o espesores mayores a los 10 pies de turba.</li> <li>- arcillas con muy elevada plasticidad (<math>P_f &gt; 75</math>).</li> <li>-Más de los 120 pies de suave o también medianas arcillas rígidas.</li> </ul>
------------------	---

---

En caso de no ser posible determinar qué tipo de estrato tenemos en la zona del proyecto, el FEMA P-154 a de recomendar que se considere un suelo rígido (D). También tenemos que resaltar que los parámetros que se usan son similares a los que se describen en la norma peruana E. 030.

### 2.2.2.3. Tipo de construcción

En este tercer parámetro elegiremos que tipo de construcción tenemos, con lo que se obtiene el puntaje inicial en la hoja de evaluación. Dividir la construcción de la siguiente manera:

W1: Vivienda unifamiliar o multifamiliar de construcción ligera en madera de uno o más pisos.

W1A: Edificios residenciales de maderas ligeras de muchos pisos y que tengan áreas construidas superior a los  $3000\text{pie}^2 = 280\text{m}^2$

W2: Construcción comercial e industrial de madera y que tenga áreas en planta mayores a los  $5000\text{pie}^2$  o iguales a los  $465\text{m}^2$

S1: Construcción que sean con acero que resisten a los momentos

S2: Construcción que sean con acero que cuenta con arriostre.

S3: Construcción que sean con metales ligeros.

S4: Construcción que sean con placa de concreto.

S5: Construcción que sean con acero con muro de ladrillo no reforzado.

C1: Construcción que sean con concreto con resistencia al momento.

C2: Construcción que sean con concreto con placa.

C3: Construcción que sean con concreto con muro de ladrillo no reforzado

PC1: Edificio inclinado.

PC2: Construcción que sean con concreto prefabricado.

RM1: Construcción que sean con ladrillos reforzado, con piso y diafragma flexible.

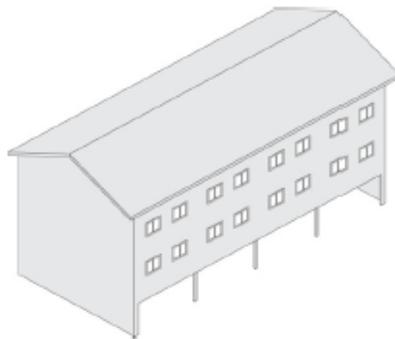
RM2: Construcción que sean con ladrillos reforzado, con piso y diafragma rígido.

URM: Construcción que sean con muro de contención de ladrillo sin ser reforzado.

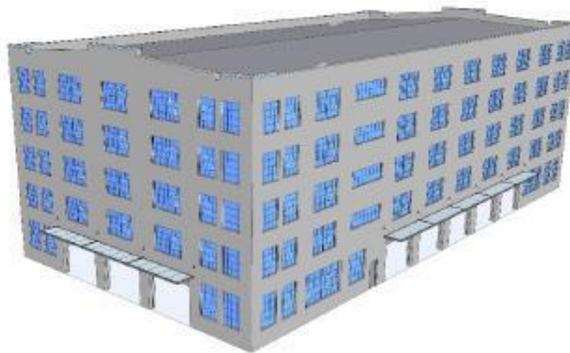
MH: Construcción prefabricada.

#### 2.2.2.4. Irregularidades verticales

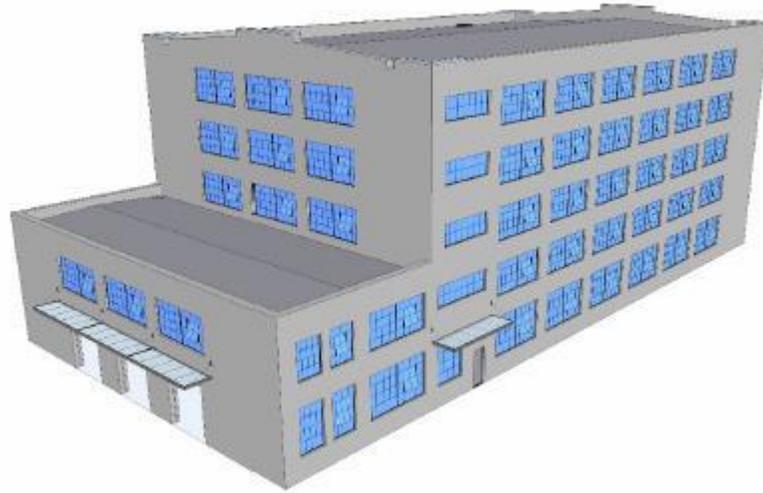
Se verificarán si existen irregularidades verticales las que se muestran en las diversas edificaciones como son la columna corta, suelo débil, lugares inclinados, cambio en piso superior e inferior las cuales son llamados ( out-of-plane setback ), las cuales se observan a continuación.



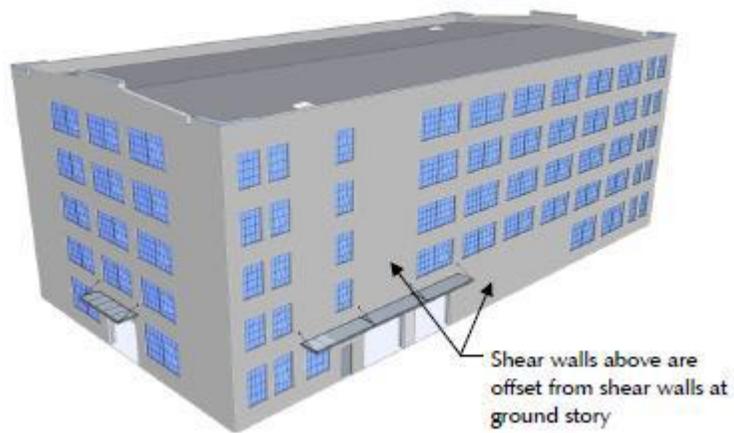
*Figura 5.* Irregularidad vertical a causa de la entrada a estacionamientos, de acuerdo a estudios previos. Adaptado de , (FEMA, 2015).



*Figura 6.* Irregularidad vertical esto debido a que las puertas son muy amplias, de acuerdo a estudios previos. Adaptado de , (FEMA, 2015).



*Figura 7.* Irregularidad vertical esto debido a la variación en los pisos superiores con respecto a los inferiores (out-of-plane setback), de acuerdo a estudios previos. Adaptado de , (FEMA, 2015).



*Figura 8.* Irregularidad vertical esto debido a la construcción de muros que están por encima de columnas, de acuerdo a estudios previos. Adaptado de , (FEMA, 2015).

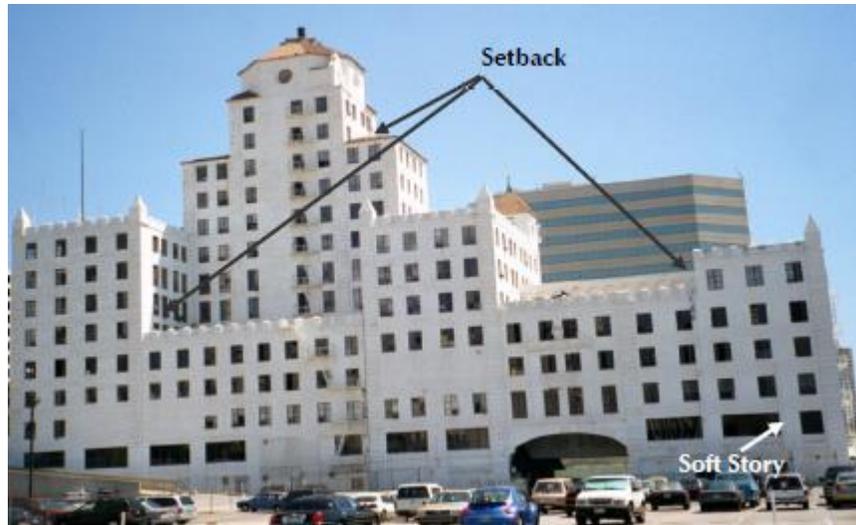


Figura 9. Irregularidad vertical multiple setback y suelo débil, de acuerdo a estudios previos. Adaptado de , (FEMA, 2015).

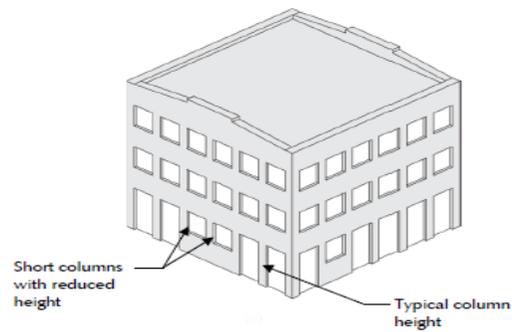
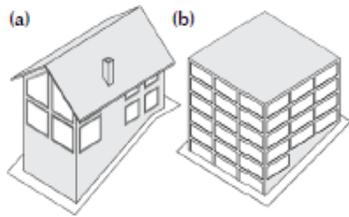


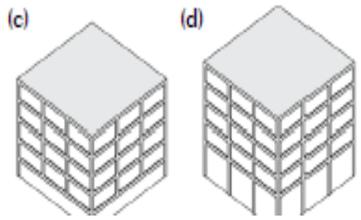
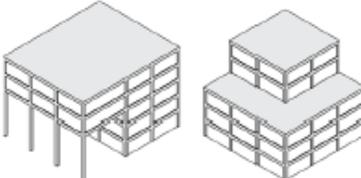
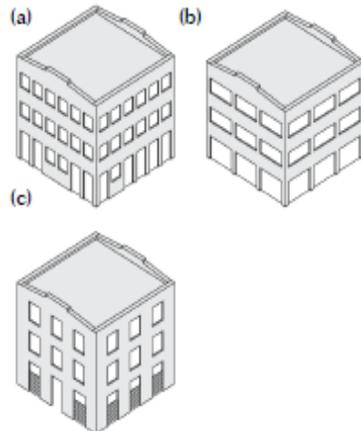
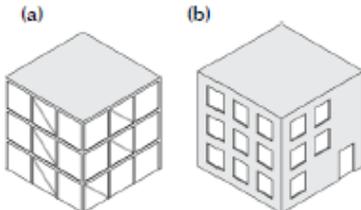
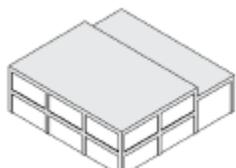
Figura 10. Irregularidad en planta esto debido a las columnas cortas y las columnas muy altas las que ocasionan torsión, de acuerdo a estudios previos. Adaptado de , (FEMA, 2015).

Tabla 4

*Irregularidades verticales*

Irregularidad vertical	Severidad	Instrucción
Inclinado el lugar	Varía	Se va a aplicar si existe más de 1 piso inclinado. a) se considera moderado para W1. b) se considerará severo, para las demás estructuras



Débil el piso		Severo	<p>c) Se aplicará cuando en uno de los pisos tienen menos muros o columnas con respecto a los otros pisos.</p> <p>d) Cuando se tenga un piso que es más alto que los otros.</p>
Out-of-plane setback		Severo	Se aplica al encontrarse esquinas verticales las cuales cambian la igualdad de las estructuras.
Columna corta		Severo	<p>a) Cuando tenemos ciertas columnas que son más pequeñas con respecto a las otras que se encuentran en el mismo piso.</p> <p>b) Cuando tenemos ciertas columnas las cuales son más pequeños que el peralte de las vigas.</p> <p>c) existen muros que reducen la dimensión de las columnas.</p>
In-plane setback		Moderado	Se utiliza cuando hay desproporción de los sistemas laterales.
Niveles divididos		Moderado	Se utiliza cuando el diafragma de la edificación no se encuentra alineado con los demás.

Nota. La tabla muestra los diferentes tipos longitudinales de anomalías y su gravedad.

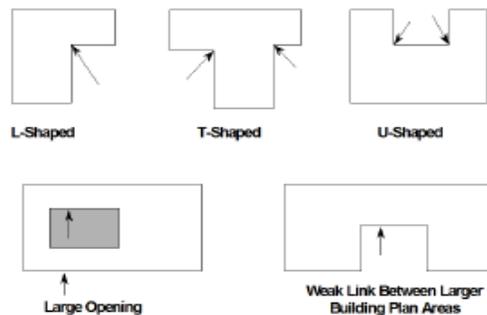
(FEMA, 2015)

### 2.2.2.5. Irregularidades en planta

Aquí se revisan las irregularidades que se producen en planta de las diferentes edificaciones que pueden ser esquinas entrantes, diafragmas abiertos, la torsión, sistemas paralelos y vigas que no se encuentran alineada a la columna tal como se observan a continuación:



*Figura 11.* Irregularidad en planta según los sistemas no paralelos y son los que tienen forma de triángulo de acuerdo a estudios previos. Adaptado de "Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: a handbook", (FEMA, 2015)



*Figura 12.* Irregularidad en planta según la forma de las edificaciones, de acuerdo a estudios previos. Adaptado de "Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: a handbook", (FEMA, 2015).

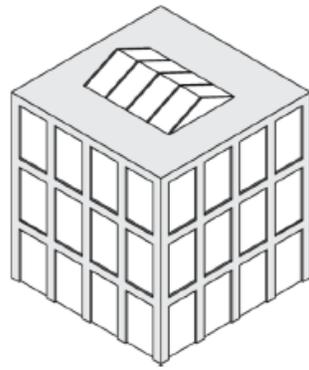


Figura 13. Irregularidad en planta según los diafragmas abiertos, de acuerdo a estudios previos. Adaptado de "Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: a handbook", (FEMA, 2015).

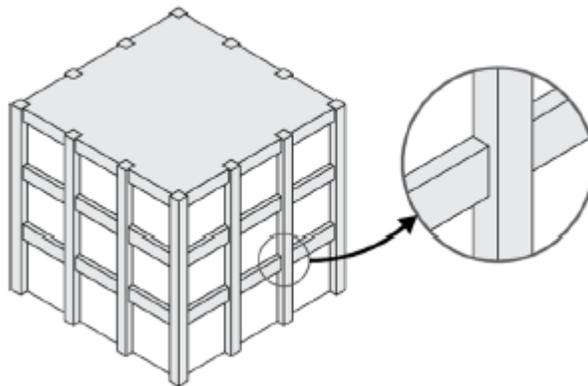


Figura 14. Irregularidad en planta cuando tengamos vigas que no están alineadas con las columnas, de acuerdo estudios previos. Adaptado de "Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: a handbook", (FEMA, 2015)

La tabla siguiente nos demuestra de manera resumida las irregularidades que existen en planta y que se tiene en cuenta con la metodología FEMA p-154:

Tabla 5

*Irregularidades en planta*

Irregularidad en planta	Instrucción
Torsión	

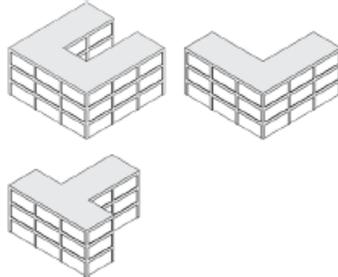
Se realiza si existe una adecuada resistencia lateral en una dirección, pero en la otra no, asimismo si existe excentricidad de rigidez

Sistema no paralelos



Se realiza cuando los lados de la edificación no logran a formar 90°.

Esquinas entrantes



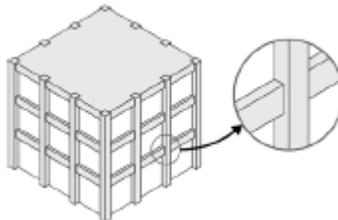
Se realiza cuando existen esquinas entrantes mayor a 6m.

Diafragma abierto



Se realiza siempre que existan aberturas que tienen más del 50% del área total.

Viga no alineada con la columna.



Se realiza si el perímetro de la columna se encuentra fuera del perímetro de la viga.

---

Nota: La tabla muestra los tipos variados de irregularidades en planta, teniendo en cuenta las características. (FEMA, 2015).

Debemos recalcar que la irregularidad tanto vertical y en planta se evalúan de forma visual en el primer nivel de la verificación.

#### **2.2.2.6. Definición de pre-codes y post-benchmarks.**

Están sujetos por la cantidad de años en que la norma de edificaciones ha tenido cambios drásticos, en el caso del Perú usaremos el año mil novecientos noventa y siete, ya que en este año la norma sismo resistente tuvo un cambio drástico. Todas construcciones de edificios antes del año mil novecientos noventa y siete, se le colocara un puntaje en contra y los se construyeron después tendrán un puntaje favorable.

En las siguientes Tablas, se observaron patrones de prueba de vulnerabilidad tanto para el primer como para el segundo (más detallado) nivel de calificación, en áreas de actividad sísmica moderada y alta.

Nivel 1: Sismicidad alta

Tabla 6

*Formato nivel 1. Para una area de efecto sismico elevado.*

CARTILLA DE SISMICIDAD ALTA																		
FOTOGRAFIA	Dirección:																	
	Uso:																	
	Latitud:									Longitud:								
	Verificadores:									Fecha:								
	Número de pisos:									Año de construcción:								
	Área:									Año código:								
	Ocupación:			Asamblea			Comercial			Servicio de emergencia			Refugio					
				Industrial			Oficina			Colegio: Estatal			Gobierno					
				Utilidad			Almacén			Residencia, #Unidades								
	Tipo de suelo:			<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> D	<input type="checkbox"/> E	<input type="checkbox"/> F	No se sabe si no se sabe, asumir suelo D								
			Roca dura			Roca densa			Suelo rígido			Suelo suave			Suelo pobre			
Peligros geológicos: Licuefacción: Si/No se sabe - Deslizamiento de tierra: Si/No/No se sabe																		
Adyacencia:			Golpeteo:			Peligro de caídas (materiales) de construcciones adyacentes más altas												
Irregularidades:			Vertical (tipo/severidad)															
			Planta (tipo)															
Peligro de caídas exteriores:			<input type="checkbox"/> Chimeneas sin refuerzo			<input type="checkbox"/> Revestimiento pesado												
			<input type="checkbox"/> Parapetos															
			<input type="checkbox"/> Otro:															
COMENTARIO:																		
Puntajes iniciales, modificadores y puntaje final nivel 1, sif																		
Tipo de edificación	W1	W1A	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM	MH	
Puntaje de inicio	3.6	3.2	2.9	2.1	2.0	2.6	2.0	1.7	1.5	2.0	1.2	1.6	1.4	1.7	1.7	1.0	1.5	
Irregularidad vertical severa, Vif	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.7	-0.9	-0.7	NA	
Irregularidad vertical moderada, Vif	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA	
Plan irregularity, Pif	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA	
Pre-código	-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1	
Post-benchmark	1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2	
Tipo de suelo A o B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3	
Tipo de suelo E (1-3 pisos)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0-0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4	
Tipo de suelo E (>3 pisos)	-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.4	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA	
Puntaje mínimo, Smn	1.1	0.9	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.0	
Puntaje final nivel 1, Sif >= 5mn																		
Grado de verificación			<input type="checkbox"/> Parcial			<input type="checkbox"/> Todos los lados			<input type="checkbox"/> Aéreo			<input type="checkbox"/> Entero						
exterior:			<input type="checkbox"/> no			<input type="checkbox"/> Visible			<input type="checkbox"/>									
Interior:			<input type="checkbox"/> si			<input type="checkbox"/> no												
Dibujo hecho:																		
Fuentes de tipo de suelo:																		
Fuente de peligro geológico:																		
Persona de contacto:																		
			Otro peligros															
			¿Hay otros peligros que requieren de una evaluación estructural detallada?															
			<input type="checkbox"/> Golpeteo (menos si el valor de Sif > 2)															
			<input type="checkbox"/> Peligro de caídas de construcciones vecinas más altas															
			<input type="checkbox"/> Peligro geológico o tipo de suelo F.															
			<input type="checkbox"/> Daño significativo del sistema estructural actual															

Nota: La tabla nos indica el primer nivel para verificar el índice de vulnerabilidad para una sismicidad alta. (FEMA, 2015).

## Nivel 2: Sismicidad alta

Tabla 6

Formato nivel 2 para una area de efecto sismico elevado

CARTILLA DE SISMICIDAD ALTA			
Puntaje final nivel 1:	SI1=		(No considerar Smin)
Nivel 1 modificadores de irregularidad:	Irregularidad vertical, VI1=	Irregularidad en planta, PI1=	
Puntaje base ajustado:	S'=(SI1-VI1-PI1)=		
Notas:	Si las afirmaciones son correctas, encerrar en un círculo los modificadores de "SI"		SI
			Subtotal
Irregularidad vertical, VI2	Lugar inclinado	Solo W1: Hay por lo menos un cambio de un piso completo, de un lado del edificio al otro.	-1.2
		Hay por lo menos un cambio de un piso completo, de un lado del edificio al otro.	-0.3
	Piso de bil (marcar el máximo)	Solo W1 (casa sobre un garage): Hay un garage abierto sin marcos resistentes a momentos, hay menos de 2.5m de muros en la misma línea	-1.2
		Solo W1 (Abierto en el frente): Hay aberturas para estacionamiento de mas de 50% de la longitud de la construcción.	-1.2
		La longitud de los sistemas laterales de cualquier piso es menor al 50% de un piso superior o la altura de cualquier piso es mayor a 2 veces la altura del piso superior.	-0.9
		La longitud de los sistemas laterales de cualquier piso está entre 50% y 75% de un piso superior o la altura de cualquier piso está entre 1.3 y 2 veces la altura del piso superior.	-0.5
	Setback	Los elementos verticales de los sistemas laterales en un piso superior están fuera de los pisos inferiores, causando voladizos.	-1.0
		Los elementos verticales de los sistemas laterales en un piso superior están dentro de los pisos inferiores.	-0.5
		Hay una compensación in-plane de los elementos laterales que son mas grandes que la longitud de los elementos.	-0.3
	Columna corta	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Al menos 20% de las columnas a lo largo de la línea de columnas tienen alturas menores que el 50% de la altura nominal del mismo piso.	-0.5
C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Hay muros que acortan las columnas.		-0.5	
Niveles divididos	El diafragma de la construcción no está alineado con los demás.	-0.5	
Otras irregularidades	Hay otra irregularidad severa observable.	-1.0	
	Hay otra irregularidad moderada observable.	-0.5	
			VI2=
Irregularidad en planta PL2	Irregularidad torsional: Los sistemas laterales no parecen relativamente bien distribuidos en cualquier de las 2 direcciones.	-0.7	
	Sistemas no paralelos: Hay lados de la construcción que no son ortogonales.	-0.4	
	Esquina entrante: Hay esquinas entrantes que son mayores al 25% de la longitud en cualquiera de las 2 direcciones	-0.4	
	Diafragmas abiertos: Hay una apertura en el diafragma que son mayores al 50% del paño total.	-0.2	
	C1, C2 (out-of-plane offset): Las vigas exteriores no están alineadas con las columnas.	-0.4	
	Otras irregularidades: Hay otra irregularidad en planta observable.	-0.7	
			PI2=
Redundancia	La construcción tiene al menos 3 columnas en cada dirección.	-0.3	
Golpeteo	La construcción está separada de una construcción adyacente en por lo menos 1% de la altura de la construcción menos alta.	-1.0	
	Los pisos no están alineados verticalmente dentro de los 60 cm.	-1.0	
	Una construcción es más alta 2 o mas pisos que el otro. La construcción está al final de los bloques.	-0.5	
Construcción S2	Armoires visibles.	-1.0	
Construcción C1	Placa planas sirven como vigas.	-0.4	
URM	Muros en forma de cono están presentes.	-0.4	
MH	Hay un sistema de unión estable entre la construcción y el suelo.	1.2	
Retroalimentación	Refuerzo sísmico visible.	1.4	
			M=
Puntaje final nivel 2, SI2=S'+VI2+PI2+M=Smin:			

### **2.3. Bases filosóficas**

En el mundo entero, al menos la tercera parte de la población urbana carece de condiciones de vida adecuadas. Entre las características más resaltantes tenemos: la mala calidad del casco estructural, de procesos constructivos y de materiales de sus viviendas, en muchos casos esta se debe a la autogestión o autoconstrucción de estas viviendas que por condiciones económicas las personas deciden realizarla. A pesar de que en el mundo, en general, en casi todos los países, existe en cada una, una normativa para la construcción de las viviendas, esta no se respeta. La ausencia en el cumplimiento de las regulaciones y normativas en estas estructuras las condiciona a ser vulnerables ante diferentes desastres naturales, uno de estos desastres se le conoce como sismos, el cual se presenta a nivel mundial, es una de las menos predecibles y que a su vez ha cobrado miles de vidas.

El problema de las estructuras autoconstruidas es de proporciones considerables, la precariedad e informalidad, se dan de manera irregular y espontánea en donde no se respetan las más mínimas regulaciones en materia de construcción y edificaciones de albañilería. Este tipo de construcciones son consideradas de por sí vulnerables, la cual aumenta su vulnerabilidad en países donde la presencia de terremotos es habitual ya que están situadas dentro y cerca del cinturón del fuego, en donde encontramos las placas tectónicas con mayor actividad sísmica, la cual provoca terremotos. En estos últimos treinta años en Latinoamérica, en este tipo de desastres ya más de cientos de personas han perdido la vida (Vivienda,2016).

Dentro de la Provincia de Huaura, podemos observar que los colegios son construcciones con un sistema de albañilería confinada, pero esta no asegura que se hayan construido de acuerdo a la Norma E 0.70, la falta de fiscalización de parte del Gobierno Provincial ha llevado a que los ciudadanos construyan de manera informal sus viviendas, sin contar con una plano elaborado por un Profesional, sin la 3 supervisión de la construcción por un profesional y con materiales que en su mayoría no cumplen con los estándares de calidad. La mayoría de personas autoconstruyen o auto gestionan sus viviendas, dejándolos en manos de maestros constructores conocidos como albañiles que bajo su experiencia sienten la confiabilidad en sus construcciones, en el peor de los casos ni siquiera el maestro está durante toda la obra, y deja a su personal conocidos como

ayudantes encargándose funciones, la cual empeora aún el proceso constructivo. Se debe tener en cuenta que toda la provincia de Huaura se encuentra dentro de la conocida Zona de Silencio Sísmico, esta zona es conocida por que durante décadas no ha ocurrido un terremoto destructivo, que haya podido liberar una significativa cantidad de energía que se viene acumulando de manera constante justo donde la placa de Nazca se subduce, es decir se introduce debajo de la placa Sudamericana. Las autoconstrucciones y la autogestión de las viviendas se puede notar a simple vista, la falta de supervisión por parte del Gobierno Local es notoria, en muchos casos las licencias de construcción se han dado a través de convenios entre el poblador y la Municipalidad la cual deja de manera deliberada y sin control estas construcciones. En su mayoría los pobladores contratan a un maestro constructor conocido como albañil para poder realizar la construcción de sus viviendas bajo su experiencia. En muchos casos el factor económico complica de manera sustancial la situación, debido a que la variación del precio de la construcción de las viviendas depende también del albañil en cuanto a sus remuneraciones, la cual permite que personas se dediquen a construir sin el más mínimo conocimiento y experiencia en ello. La vulnerabilidad frente a un sismo es latente ya que el distrito de Hualmay a pesar de tener en su mayoría un suelo de tipo de roca fija, las malas construcciones aumentas su peligro, teniendo en cuenta también que el distrito de Hualmay se encuentra dentro del anillo de fuego y dentro de la zona de silencio sísmico, donde se espera que ocurra un terremoto de gran magnitud.

## **2.4. Definición de términos básicos**

### **- 2.4.1. Método cualitativo**

Este enfoque se centra en analizar casos particulares en detalle en lugar de hacer generalizaciones. Su objetivo principal no es cuantificar, sino más bien calificar y describir un fenómeno a partir de las características específicas que son percibidas por los elementos involucrados en la situación que está siendo estudiada. (Bonilla, E. & Rodríguez, P., 2005)

Los métodos cualitativos son los más adecuados para la evaluación de edificios de gran envergadura, ya que ofrecen resultados más rápidos para diversas tipologías constructivas que pueden ser decisivas al momento de tomar decisiones para reducir el riesgo en una región específica. Para este propósito, los métodos cualitativos se dividen en dos grupos: aquellos que predicen el daño y aquellos que evalúan la capacidad. (Caicedo, 1994)

### **- 2.4.2 Vulnerabilidad frente a un sismo.**

Esta evaluación se lleva a cabo mediante el análisis de modelos numéricos que evalúan el daño sísmico de las estructuras. La evaluación se puede realizar observando edificios existentes, mediante pruebas de laboratorio, o a través de análisis matemáticos reflejados en modelos estructurales. Es importante distinguir entre la vulnerabilidad observada, que se basa en la observación de los daños existentes y el análisis estadístico de un tipo específico de estructura, y la vulnerabilidad calculada, que se determina mediante un análisis matemático o ensayos de laboratorio en modelos reducidos, y se expresa en términos probabilísticos.

- La vulnerabilidad se refiere a la medida en que un edificio o edificios son vulnerables a daños parciales o totales, que pueden resultar en la pérdida de funcionalidad de la propiedad o la pérdida de vidas. Esta vulnerabilidad puede verse influenciada por diversos factores, como factores geológicos, estructurales, arquitectónicos, de ingeniería o socioeconómicos.

#### **- 2.4.3 Sistema estructural.**

- Un sistema estructural es un conjunto de elementos que se encuentran lógicamente y elásticamente conectados de tal forma que cualquier cambio que se realice en uno de estos elementos afecta a todo el conjunto. Por lo tanto, un sistema estructural no se puede considerar como una columna, una viga o un muro portante de manera individual, sino como un todo integrado.

#### **- 2.4.4 Zonificación sísmica.**

La clasificación y categorización de la superficie terrestre se basa en su grado de vulnerabilidad al movimiento sísmico real o potencial en una región o país en particular. (SINADECI, 2010).

#### **- 2.4.5 Peligro sísmico.**

Se refiere a la probabilidad de que ocurra un movimiento sísmico en un lugar dado con una intensidad igual o mayor que un valor específico.

#### **- 2.4.6 Riesgo sísmico.**

El riesgo sísmico es el resultado de la interacción entre la amenaza sísmica y la vulnerabilidad del sitio. Esta interacción se puede expresar cualitativamente en términos de calificaciones o niveles de calificación, o cuantitativamente en términos de estimaciones de daños o pérdidas que se esperarían después de la ocurrencia de un evento sísmico específico o bajo un escenario de riesgo específico como un terremoto.

#### **- 2.4.7 Pórticos**

Estas construcciones se caracterizan por su capacidad de deformarse bajo carga, y están compuestas por vigas y columnas unidas de forma rígida. Se encuentran entre la alternativa más usual en la construcción de las edificaciones residenciales y de oficinas., utilizando materiales como el concreto reforzado y el acero estructural.(Espinoza, 2013).

#### **- 2.4.8 Viga**

Este componente de la estructura está diseñado para soportar principalmente cargas de flexión y también cortante. (RNE, E 0.60, 2021).

#### **- 2.4.8 Columna**

Este elemento tiene una dimensión mínima de altura a horizontal superior a tres y se utiliza principalmente para soportar carga axial de compresión. (RNE, E 0.60, 2021).

#### **- 2.4.9 FEMA**

Agencia Federal para el Manejo de Emergencias es la agencia del Departamento de Seguridad Nacional de los Estados Unidos (FEMA, 2014)

#### **- 2.4.10 Método FEMA P-154**

La Federal Emergency Management Agency (FEMA) creó esta técnica de análisis sísmico rápido para evaluar la seguridad sísmica de diversas estructuras civiles en Estados Unidos (Federal Emergency Management Agency (FEMA P-154), 2015).

#### **- 2.4.11 Método Benedetti-Petrinni**

Este enfoque, originario de Italia y surgido en los años 80, es cualitativo por naturaleza y se desarrolló en respuesta a la necesidad de evaluar la vulnerabilidad de edificios ante los frecuentes terremotos en Europa. Debido a esta demanda, se buscaron nuevas técnicas para saber el grado que es vulnerable la estructura ante diversos escenarios sísmicos.

#### **- 2.4.12 Diafragmas horizontales.**

Los diafragmas horizontales pueden ser clasificados como rígidos o flexibles. Los diafragmas rígidos experimentan desplazamientos y rotaciones uniformes en su plano cuando son sometidos a cargas laterales, lo que conduce a una distribución equitativa de las fuerzas laterales en los elementos que los soportan, según su rigidez.

Por otro lado, los diafragmas flexibles tienden a curvarse en su plano, lo que dificulta la determinación de los desplazamientos en los elementos verticales que los sostienen. Por lo tanto, se requiere un análisis más detallado para evaluar las fuerzas laterales que actúan durante un evento sísmico.

- **2.4.13 Fisura.**

Se trata de una apertura de pequeñas dimensiones que se limita a la superficie.

- **2.4.14 Grieta.**

Se trata de una apertura de mayor tamaño y profundidad que suele afectar todo el grosor del elemento.

**2.5. Hipótesis de investigación**

Dado que el objetivo principal de esta tesis es descriptivo y se empleará un enfoque cualitativo, no se formulará ninguna hipótesis en el estudio.

## 2.6. Operacionalización de las variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Vulnerabilidad frente a un sismo según el método de Benedetti-Petrini	La vulnerabilidad frente a un sismo de una estructura se determina por medio de una estimación ponderada de valores numéricos derivados de parámetros que miden la 'calidad sísmica'. A cada uno de estos parámetros se le asigna una clase y se le asigna un valor numérico apropiado según el sistema estructural que se está evaluando.	el análisis de la vulnerabilidad frente a un sismo por parte de la IE 20316 "Manuel Ildaura de los Santos Camones" se realiza según el método Benedetti-Petrini, ya que se considera parte integral de su estructura.	Organización del sistema resistente	Cumplimiento con la Norma E.070.Albañilería
				Construcción con asesoramiento de un profesional
				Adecuada distribución de muros
			Calidad del sistema resistente	Calidad del material utilizado en la construcción
				Homogeneidad de las unidades de albañilería
			Resistencia convencional	Coefficiente sísmico resistente (CSR)
				Coefficiente sísmico exigido (CSE)
	Tipo de suelo			

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
			Posición del edificio y cimentación	Problemas especiales de cimentación
			Diafragmas horizontales	Planos horizontales a desnivel
				Deformación del diafragma
				Conexión entre diafragma y muro
			Configuración de planta	Forma de la edificación
				Disposición en planta
			Configuración en elevación	Variación de masa entre pisos sucesivos
				Área del piso más cercano al suelo
			Conexión entre elementos críticos	Espaciamiento entre los muros
				Espesor del muro

<b>Variable</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
			Tipo de cubierta	Estabilidad de la cubierta
				Material de cubierta
				Estado de conservación de la cubierta
			Elementos no estructurales	Elementos no estructurales conectados al sistema resistente
			Estado de conservación	Presencia de fisuras o grietas
Vulnerabilidad frente a un sismo según el método FEMA 154	Con este método se puede realizar una evaluación de vulnerabilidad frente a un sismo rápida, identificando estructuras con grande grado de vulnerabilidad y aquellas que no son seguras como refugios.	La evaluación de riesgo sísmico del centro se realiza utilizando el método FEMA 154, que consta de seis parámetros que determinan el nivel de vulnerabilidad frente a un sismo de la estructura.	Región sísmica	Aceleración del suelo

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
			Tipo de suelo	a) Velocidad cortante de onda, $V_s$ . b) SPT, N Resistencia no drenada al cortante por encima de los 100 pies, $S_u$
			Tipo de construcción	Material predominante de la edificación.
			Irregularidades verticales	a) Lugar inclinado b) Piso débil c) Out of plane setback d) Columna corta e) In plane setback f) Niveles divididos
			Irregularidades en planta	a) Torsión b) Sistema no paralelo c) Esquina entrante d) Diafragma abierto e) Viga no alineada con la columna.

<b>Variable</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
			Pre-codes y post-benchmarks	a) Edificaciones construidas antes del año 1997

## **Capítulo III. Metodología**

### **3.1. Diseño metodológico**

#### **3.1.1. Tipo de investigación**

Es de tipo aplicada, dado que se busca analizar y resolver una situación problemática de la realidad, de acuerdo a un marco teórico existente.

#### **3.1.2. Nivel de investigación**

Es de nivel descriptivo, dado que las variables de estudio no influyen ni se relacionan entre sí en el desarrollo de la investigación. En la presente investigación, se busca detallar de manera específica una situación o fenómeno; mediante la observación directa y análisis metodológico.

#### **3.1.3. Diseño de la investigación**

Es no experimental, dado que no se controlan ni manipulan a los sujetos que son materia de la investigación; así como también a las condiciones de contorno de las variables.

#### **3.1.4. Enfoque de la investigación**

Tiene un enfoque cuantitativo, dado que el estudio apunta a explorar distintos parámetros de la edificación que se analizará; a cada uno de estos parámetros se le asignará un valor representativo; en base al cual se obtendrá el resultado final de Vulnerabilidad frente a un sismo.

### **3.2. Población y muestra**

#### **3.2.1. Población**

La presente tesis tiene como población total es la I.E.E. N° 20316 “Manuel Ildauro de los Santos Camones”.

#### **3.2.2. Muestra**

La muestra las (07) siete aulas, (02) almacenes y (01) una dirección general de la I.E.E. N° 20316 “Manuel Ildauro de los Santos Camones”.

### **3.3. Técnicas de recolección de datos**

- Observación directa

- Ficha de observación

### **3.4. Técnicas para el procesamiento de la información**

- Programas de ingeniería: SAP2000, ETABS

### 3.5. Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
Problema General	Objetivo General	Hipótesis general	Variables	Metodología
¿Cuál es la vulnerabilidad frente a un sismo de la I.E. N° 20316 Manuel Ildauro de los Santos, en comparación de los métodos de Benedetti-Petrinni y FEMA P-154 en Amay, Huacho, 2022?	Determinar el indicador de vulnerabilidad frente a un sismo, sísmica de la I.E. N° 20316 Manuel Ildauro de los Santos, en comparación de los métodos de Benedetti-Petrinni y FEMA P-154 en Amay, Huacho, 2022.	En la presente investigación no se planteará ninguna hipótesis, por el motivo que tiene un alcance descriptivo y la metodología utilizada tiene un enfoque cualitativo	<b>Variable 1.- Vulnerabilidad frente a un sismo según el método de Benedetti-Petrini</b>  <u>Dimensión (X1).- Organización del sistema resistente</u> Indicador X1.1. Cumplimiento con la Norma E.070.Albañilería Indicador X1.2. Construcción con asesoramiento de un profesional Indicador X1.3. Adecuada distribución de muros	<b>Tipo de investigación</b> Aplicada <b>Nivel de investigación</b> Descriptivo <b>Diseño de la invest.</b> No experimental <b>Enfoque de la invest.</b> Cuantitativo <b>Técnicas</b> Observación directa, ficha de observación, programas de ingeniería <b>Población</b> I.E. N° 20316 “Manuel Ildauro de los Santos Camones”. <b>Muestra</b> Aulas de la I.E. N° 20316 “Manuel Ildauro de los Santos Camones”.
<b>Problema Específico 1</b> ¿Cuál es el indicador de vulnerabilidad frente a un sismo, obtenida mediante el método de Bened.-Petrin.de la I.E. N° 20316 Manuel Ildauro de los Santos Camones, Amay, Huacho, 2022?	<b>Objetivo Específico 1</b> Determinar el indicador de vulnerabilidad frente a un sismo, obtenida mediante el método de Bened.-Petrin.de la I.E. N° 20316 Manuel Ildauro de los Santos Camones, Amay, Huacho, 2022.		<u>Dimensión (X2).- Calidad del sistema resistente</u> Indicador X2.1. Calidad del material utilizado en la construcción Indicador X2.2. Homogeneidad de las unidades de albañilería	
<b>Problema Específico 2</b> ¿Cuál es el indicador de vulnerabilidad frente a un sismo, obtenida mediante el método FEMA P-154 de la I.E. N° 20316 Manuel Ildauro de los Santos Camones, Amay, Huacho, 2022?	<b>Objetivo Específico 2</b> Determinar el indicador de vulnerabilidad frente a un sismo, obtenida mediante el método FEMA P-154 de la I.E. N° 20316 Manuel Ildauro de los Santos Camones, Amay, Huacho, 2022.		<u>Dimensión (X3).- Resistencia convencional</u> Indicador X3.1. Coeficiente sísmico resistente (CSR) Indicador X3.2. Coeficiente sísmico exigido (CSE)	
<b>Problema Específico 3</b> ¿Cuál es la diferencia entre la vulnerabilidad frente a un sismo de la I.E. N° 20316 Manuel Ildauro de los Santos Camones, Amay, Huacho,	<b>Objetivo Específico 3</b> Determinar diferencia entre la vulnerabilidad frente a un sismo de la I.E. N° 20316 Manuel Ildauro de los Santos Camones, Amay, Huacho, 2022, utilizando		<u>Dimensión (X4).- Posición del edificio y cimentación</u> Indicador X4.1. Tipo de suelo Indicador X4.2. Problemas especiales de cimentación	
			<u>Dimensión (X5).- Diafragmas horizontales</u> Indicador X5.1. Planos horizontales a desnivel Indicador X5.2. Deformación del diafragma Indicador X5.3. Conexión entre diafragma y muro	

<p>2022, utilizando el método de Bened.-Petrin.y el método FEMA P-154?</p>	<p>el método de Bened.-Petrin.y el método FEMA P-154.</p>		<p><u>Dimensión (X6).- Configuración de planta</u>  Indicador X6.1. Forma de la edificación  Indicador X6.2. Disposición en planta</p> <p><u>Dimensión (X7).- Configuración en elevación</u>  Indicador X7.1. Variación de masa entre pisos sucesivos  Indicador X7.2. Área del piso más cercano al suelo</p> <p><u>Dimensión (X8).- Conexión entre elementos críticos</u>  Indicador X8.1. Espaciamiento entre los muros  Indicador X8.2. Espesor del muro</p> <p><u>Dimensión (X9).- Tipo de cubierta</u>  Indicador X9.1. Estabilidad de la cubierta  Indicador X9.2. Material de cubierta</p> <p><u>Dimensión (X10).- Elementos no estructurales</u>  Indicador X10.1. Elementos no estructurales conectados al sistema resistente</p> <p><u>Dimensión (X11).- Estado de conservación</u>  Indicador X11.1. Presencia de fisuras o grietas</p> <p><b>Variable 2.- Vulnerabilidad frente a un sismo según el método FEMA 154</b></p> <p><u>Dimensión (Y1).- Región sísmica</u>  Indicador Y1.1. Aceleración del suelo</p> <p><u>Dimensión (Y2).-Tipo de suelo</u>  Indicador Y2.1 Velocidad cortante de las ondas, Vs  Indicador Y2.2 SPT,N  Indicador Y2.3 Resistencia no drenada al cortante por encima de los 100 pies, Su</p> <p><u>Dimensión (Y3).- Tipo de construcción</u>  Indicador Y3.1. Material predominante de la edificación.</p>	
--	---	--	--	--

Dimensión (Y4).- Irregularidades verticales

Indicador Y4.1. Lugar inclinado

Indicador Y4.2. Piso débil

Indicador Y4.3. Out of plane setback

Indicador Y4.4. Columna corta

Indicador Y4.4. In-plane setback

Indicador Y4.5. Niveles divididos

Dimensión (Y5).- Irregularidades en planta

Indicador Y5.1. Torsión

Indicador Y5.2. Sistemas no paralelos

Indicador Y5.3. Esquinas entrantes

Indicador Y5.4. Diafragmas abiertos

Indicador Y5.5. Vigas no alineadas con las columnas

Indicador Y4.5. Niveles divididos

Dimensión (Y6).- Pre-codes y post-benchmarks

Indicador Y6.1. Edificaciones construidas antes del año 1997

## Capítulo IV. Resultados

### 8.1 Análisis de resultados

En la evaluación, se tomó en cuenta exclusivamente el Pabellón de la Institución Educativa N° 20316, el cual fue clasificado según su tipo de sistema estructural (concreto). El análisis se llevó a cabo utilizando los 11 parámetros establecidos en el método Benedetti-Petrini, con el fin de calcular el índice de vulnerabilidad.

#### 8.1.1 Vulnerabilidad frente a un sismo con el método Benedetti – Petrinni

##### 8.1.1.1 Edificaciones de Albañilería Confinada

Esta institución educativa consta de 1 pabellón de Albañilería Confinada. Se realizó el análisis en base a los 11 parámetros designados mediante el método Benedetti-Petrini, para calcular el índice de vulnerabilidad.

##### 8.1.1.1.1 Organización del sistema resistente

Al pabellón analizado se le atribuirá la **clase C**, por las siguientes razones:

- La edificación está construida con un sistema de albañilería confinada.
- La edificación no tiene elementos de confinamiento confinamiento horizontales y verticales ejecutados correctamente.
- La edificación no fue construida con el asesoramiento de un profesional.
- La edificación no tiene una adecuada distribución de muros.



*Figura 15.* En el parapeto que tiene vista hacia el frontis de la Institución Educativa se puede observar una placa recordatoria, que sería uno de los indicadores que La Comunidad de Amay construyó el techo y escaleras con mano de obra propia, en el año 1972.



*Figura 16.* Se puede observar que no hay una adecuada distribución de muros (Aula del segundo piso), generándose un posible caso de columna corta en los vanos.

#### **8.1.1.1.2 Calidad del sistema resistente**

Al pabellón analizado se le atribuirá la **clase B**, dado que no cumple con una de las siguientes características:

- Es probable que al momento de la construcción se utilizaron ladrillos de una calidad aceptable, sin embargo, con el paso del tiempo (aprox. 50 años), estos materiales han perdido sus características principales.

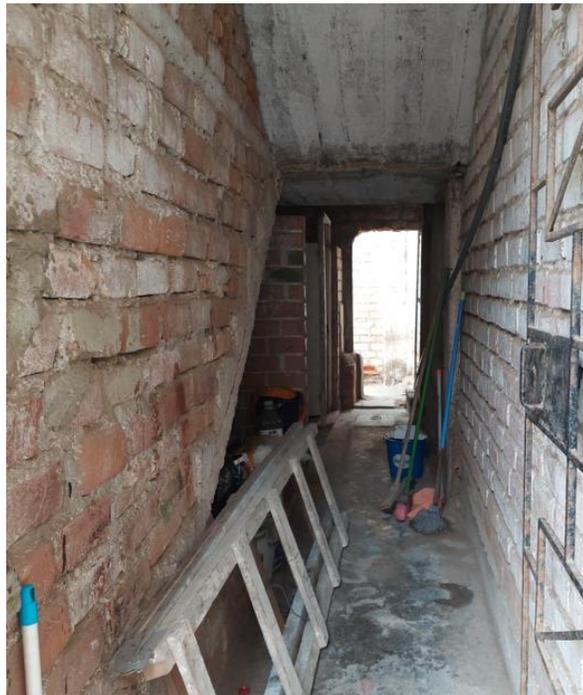


Figura 17. Se puede observar desalineamiento en el asentamiento del muro y las unidades de albañilería en regular estado.

### 8.1.1.1.3 Resistencia convencional

Al pabellón analizado se le atribuirá la **clase D**, en base a lo siguiente:

FACTORES DE ZONA	U=1.5
Z=0.45	R0x= 8
S=1.1	R0y= 8
TP=1.0 s	Ipx=0.85
TL=1.6 s	Ipy=0.85
PERIODO FUNDAMENTAL DE LA EDIFICACION=	Iax=0.9
Hn=5.3 m	Iay=0.9
T1=0.151 s	Rx=6.12
T2=0.118 s	Ry=6.12
T3=0.088 s	Tx=0.234 s
C=2.5	Ty=0.245 s
	C/R=0.408497

#### 1. CÁLCULO DE LA CORTANTE RESISTENTE

Tabla 6  
Factor de masa participativa

Case	Mode	Period (seg)	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
Modal	1	0.256	0.0996	0.6914	0	0.0996	0.6914	0	0.0508	0.0001	0.1712	0.0508	0.0001	0.1712
Modal	2	0.245	0.4606	0.2552	0	0.5602	0.9467	0	0.0171	0.005	0.2523	0.0679	0.005	0.4235
Modal	3	0.217	0.3926	0.0164	0	0.9528	0.9631	0	0.0007	0.1304	0.521	0.0686	0.1354	0.9445
Modal	4	0.1	0.008	0.0125	0	0.9608	0.9755	0	0.2649	0.1922	0.0093	0.3335	0.3276	0.9539
Modal	5	0.094	0.0072	0.0208	0	0.968	0.9963	0	0.5459	0.1543	0.0003	0.8794	0.4819	0.9541
Modal	6	0.087	0.003	0.0003	0	0.9709	0.9966	0	0.0113	0.0654	0.0031	0.8907	0.5473	0.9572

Nota: Mediante el uso de fórmulas matemáticas y el programa ETABS se calcula la cortante basal resistente de la de la edificación. Fuente: Propia.

Tabla 7  
Peso estimado

Story	Load Case/Combo	Location	P (tonf)	P POR PISO (tonf)
Story2	100%CM+50%CV	Bottom	53.3844	53.3844
Story1	100%CM+50%CV	Bottom	329.1211	275.7367

Nota: Mediante el uso de fórmulas matemáticas y el programa ETABS se calcula la cortante resistente final de la de la edificación. Fuente: Propia.

Cortante resistente –  $V_r = 329.12$  tn

## 2. CÁLCULO DE LA CORTANTE BASAL

Tabla 8

*Distribución de fuerza sísmica en altura – dirección X*

Story	ALTURA (m)	P.SISMI. (tonf)	$P(h)^k$	ALFA	Fi (tonf)	M-T (ton-m)
Story1	2.65	275.74	730.70	1	99.825334	205.939663

Nota: Mediante el uso de fórmulas matemáticas y el programa ETABS se calcula la cortante basal final de la de la edificación. Fuente: Propia.

Cortante basal –  $V_s = 99.83$  tn

Tabla 9

*Distribución de fuerza sísmica en altura – dirección Y*

Story	ALTURA (m)	P.SISMI. (tonf)	$P(h)^k$	ALFA	Fi	M-T (ton-m)
Story1	2.65	275.74	730.70	1	99.825334	41.128037

Nota: Mediante el uso de fórmulas matemáticas y el programa ETABS se calcula la cortante basal final de la de la edificación. Fuente: Propia.

Cortante basal –  $V_s = 99.83$  tn

### 3. CÁLCULO DEL PARÁMETRO DD

$$DD = \frac{V_r}{V_s} = \frac{329.12}{99.83} = 3.29 - \text{Clase D}$$

#### 8.1.1.1.4 Posición del edificio y cimentación

Al pabellón analizado se le atribuirá la **clase D**, en base a lo siguiente:

- Es una edificación construida predominantemente con albañilería.
- En muchos casos no cumple con la norma E.070.
- No ha sido construida bajo la dirección de un profesional responsable.
- No se ha podido comprobar la existencia de problemas especiales de cimentación, pero son poco probables por el tipo de suelo identificado (GM).
- Se encuentra en estado de conservación deteriorado.



Figura 18. Mapa de clasificación SUCS de suelos en la ciudad de Huacho. Fuente: IGP.

#### 8.1.1.1.5 Diafragmas horizontales

Al pabellón analizado se le atribuirá la **clase D**, en base a lo siguiente:

- La edificación no cuenta con planos de topografía o a desnivel.

- Deformación unitaria del diafragma o estructura, el cual no es despreciable (ideal del concreto armado).
- Conexión no eficaz entre diafragma y muro (presencia de vigas).

### 8.1.1.1.6 Configuración en planta

Para la determinación del valor de este parámetro, evaluaremos lo siguiente:

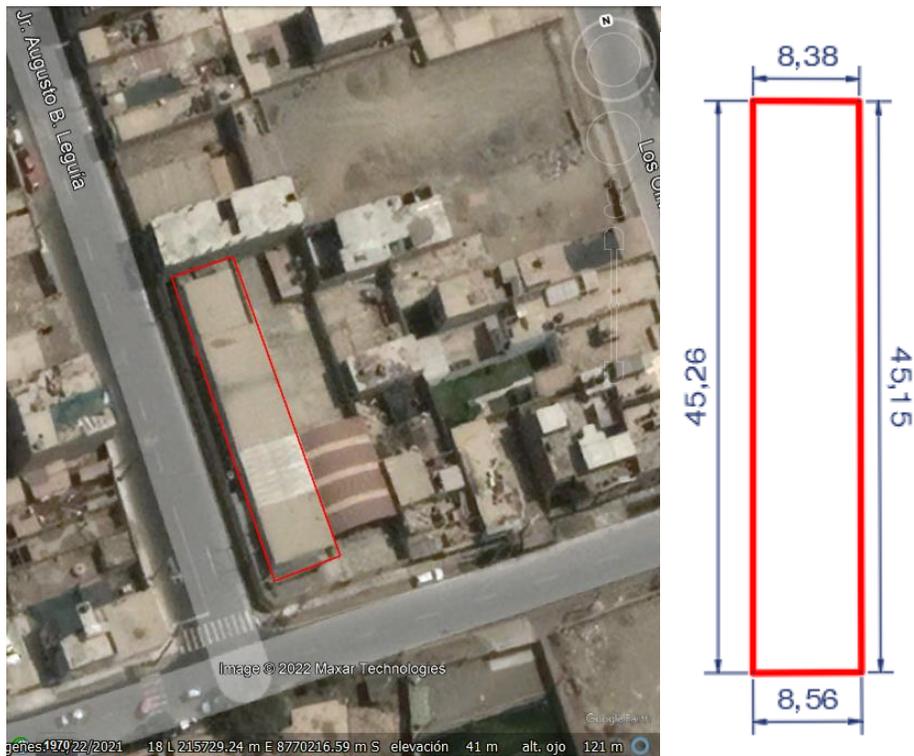


Figura 19. Vista satelital del módulo a evaluar (izquierda) y dimensiones exteriores del módulo en planta (derecha). Fuente: Propia.

Puntos más distantes de la edificación:

$$\begin{aligned}
 x_{min} &= 0.00 \text{ m} \\
 y_{min} &= 0.00 \text{ m} \\
 x_{max} &= 45.26 \text{ m} \\
 y_{max} &= 8.56 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Puntos medios de la edificación:

$$x_m = \frac{P_{xmin} + P_{xmax}}{2}$$

$$x_m = \frac{0 + 45.26}{2}$$

$$x_m = 22.63 \text{ m}$$

$$y_m = \frac{P_{ymin} + P_{ymax}}{2}$$

$$y_m = \frac{0 + 8.56}{2}$$

$$y_m = 4.28 \text{ m}$$

Centro geométrico de la edificación

$$x_g = 22.63 \text{ m}$$

$$y_g = 4.28 \text{ m}$$

Regularidad por ejes en la estructura

$$IR_x = \frac{|22.63 - 22.63|}{\frac{1}{2}|45.26 - 0|} = 0$$

$$IR_y = \frac{|4.28 - 4.28|}{\frac{1}{2}|8.56 - 0|} = 0$$

$$IR = \max(IR_x; IR_y) = 0$$

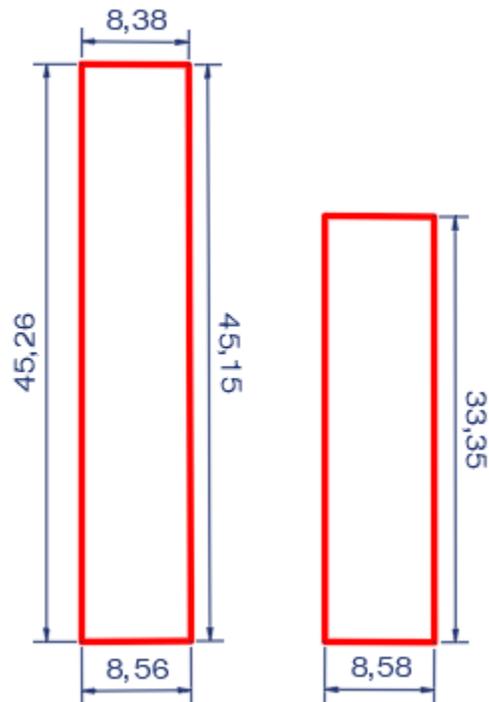
De acuerdo a los resultados obtenidos, la categoría en la cual clasificaríamos nuestra estructura sería de tipo A, por encontrarse el parámetro “IR” por debajo del valor de 0.25.

#### **8.1.1.1.7 Configuración en elevación**

Este parámetro será sustentado evaluando la variación de áreas techadas respectivas ( $\Delta A/A$ ), evaluando el caso más desfavorable.



Figura 20. Fotografía del pabellón evaluado, en donde se puede observar el primer y segundo piso. Fuente: Propia.



*Figura 21.* Vista en planta de las dimensiones del primer piso (izquierda) y vista en planta de las dimensiones exteriores del segundo piso (derecha). Fuente: Propia.

Por lo tanto:

$$A_1 = 382.91 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 285.68 \text{ m}^2$$

$$\Delta A = 29.91 \text{ m}^2$$

$$\frac{\Delta A}{A} = 7.81\%$$

Este parámetro se clasificará como tipo A (Vulnerabilidad baja), dado que el valor del mismo es menor al 10%.

#### **8.1.1.1.8 Conexión entre elementos críticos**

Para poder evaluar este parámetro extraeremos los siguientes valores:

$$S = 0.15 \text{ m}$$

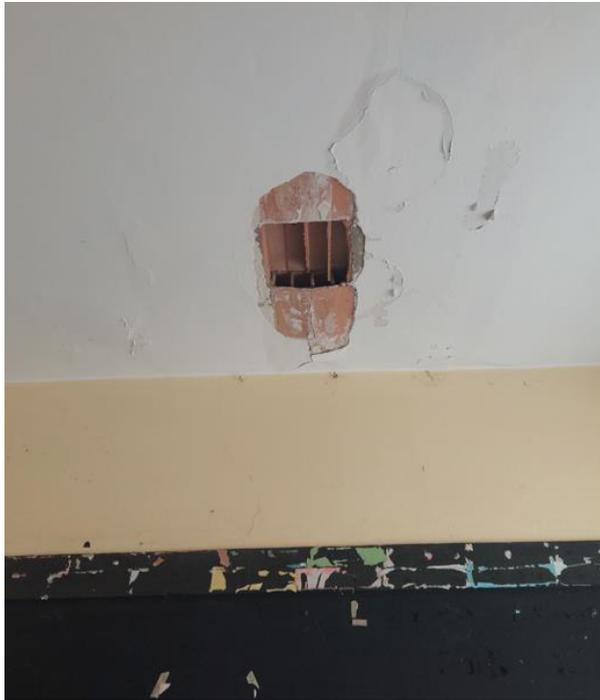
$$L = 8.26 \text{ m}$$

$$\frac{L}{S} = 55.07 \text{ m}$$

Este valor es mayor que 25, por lo cual, según los rangos, se clasificaría como tipo D (vulnerabilidad alta).

#### **8.1.1.1.9 Tipo de cubierta**

En este caso, analizaremos la cubierta de la edificación podría separarse en dos tipos.



*Figura 22.* Se puede observar una afectación en el techo del almacén ubicado en el primer piso. Fuente: Propia.



*Figura 23.* Se puede observar que la cobertura del primer piso es un techo de losa aligerada. Fuente: Propia.



*Figura 24.* Se puede observar que la cobertura segundo piso es un techo de zincalum.

Fuente: Propia.



*Figura 25.* Se puede observar que un área de la cobertura del aula de Sexto Grado está en mal estado. Fuente: Propia.

Para este caso consideraremos el caso más desfavorable, que sería el techo de zincalum.

Las características de este techo sería que es una cubierta inestable, de material liviano y en buenas condiciones, a excepción del aula de Sexto Grado; que por ser un área que no llega a representar ni el 25% del área de la cobertura total, no se considera en mal estado a todo el techo; por lo tanto, lo clasificaremos como tipo C.

#### 8.1.1.1.10 Elementos no estructurales

Los elementos que no forman parte de la estructura principal, son los siguientes: balcones, parapetos. Estos elementos no se encuentran correctamente conectados al sistema resistente y presentan deterioro por su antigüedad o el paso de los años; por lo tanto, este parámetro se clasificará como tipo C.



*Figura 26.* Se puede observar que el parapeto no se encuentra aislado sísmicamente de las columnas estructurales; por lo tanto, es probable que se presente una escenario de columna corta. Fuente: Propia.



*Figura 27.* Se puede observar que los elementos estructurales y no estructurales se encuentran en mal estado. Fuente: Propia.

#### **8.1.1.11 Estado de conservación**

Esta edificación se clasificará como tipo C, dado que en la inspección de la estructura de albañilería confinada se evidenciaron muros con fisuras y componentes levemente deteriorados.



*Figura 28.* Se puede observar una rajadura aprox. de 3 mm en el parapeto de la escalera.  
Fuente: Propia.



*Figura 29.* Se puede observar el desprendimiento del revestimiento en la columna. Además de cangrejas en el concreto. Fuente: Propia.



*Figura 30.* Se puede observar el desprendimiento del revestimiento en la cara interior de la losa de la escalera (izquierda) Se puede observar una fisura vertical en el alfeizar de la ventana (derecha). Fuente: Propia.



*Figura 31.* Se puede observar el desprendimiento del revestimiento en la columna, además de cangrejas en el concreto de la misma. Fuente: Propia.



*Figura 32.* Se puede observar fisuras horizontales entre los muros y vigas de borde de la losa aligerada. Fuente: Propia.



*Figura 33.* Se puede observar el desprendimiento del revestimiento en la viga, dejando expuestos, los cuales tienen un grado avanzado de corrosión. Fuente: Propia.

#### **8.1.1.12 Evaluación del índice de vulnerabilidad**

Los resultados se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 3

*Resultados de los parámetros evaluados en el método Benedetti-Petrinni*

Parámetros	Clase $k_i$	Valor Clase $k_i$	Peso $W_i$
1. Tipos y organización de los sistemas resistentes	C	20	1.00
2. Calidad de los sistemas resistentes	B	5	0.25
3. Resistencias convencionales	D	45	1.50
4. Posiciones del edificio y las cimentaciones	D	45	0.75
5. Diafragma horizontales	D	45	1.00
6. Configuraciones en plantas	A	0	0.75
7. Configuraciones en elevaciones	A	5	1.00
8. Distancias máximas entre los muros y conexiones entre los elementos críticos	D	45	0.25
9. Tipo de cubierta	C	25	1.00
10. Elemento no estructural	C	25	0.25
11. Estados de conservaciones	C	25	1.00

Los valores de la tabla anterior sirven como base para la evaluación sísmica. Ahora, se realizará el cálculo para obtener el nivel de vulnerabilidad.

$$IV = 240$$

El índice de vulnerabilidad obtenido con el método de Benedetti-Petrinni es alto.

### **8.1.2 Vulnerabilidad frente a un sismo con el método FEMA p-134**

#### **8.1.2.1 Determinación de la región sísmica**

Para escoger el formulario apropiado que se usara para el recojo de datos, primero determinaremos la región sísmica en la que se ubica la I.E. N° 20316 MANUEL ILDAURO DE LOS SANTOS CAMONES, está se determinara identificando los parámetros que se indican en la Tabla 2. Para utilizar la tabla calcularemos los valores de

aceleración espectral para un periodo de 0,2 segundos y un periodo de 1,0 segundos, luego multiplicaremos los valores de la aceleración espectral hallados por 2/3 y usaremos los criterios de la Tabla 2 para seleccionar la región sísmica adecuada.

-Para un Periodo  $T=0.2s$

Hallaremos la aceleración espectral con la siguiente formula:

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

Donde:

$Z=0.45$ ;  $U=1.5$ ;  $C=2.5$ ;  $S=1.05$  y  $R=3$

Resolvemos:

$$S_a = \frac{0.45 \times 1.5 \times 2.5 \times 1.05}{3} g$$
$$S_a = 0.59g$$

Ahora lo multiplicaremos por 2/3:

$$S_a \times \frac{2}{3} = 0.59g \times \frac{2}{3} = \mathbf{0.39g}$$

-Para un Periodo  $T=1.0s$

Hallaremos la aceleración espectral con la siguiente formula:

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

Donde:

$Z=0.45$ ;  $U=1.5$ ;  $C=1.5$ ;  $S=1.05$  y  $R=3$

Resolvemos:

$$S_a = \frac{0.45 \times 1.5 \times 1.5 \times 1.05}{3} g$$
$$S_a = 0.35g$$

Ahora lo multiplicaremos por 2/3:

$$S_a \times \frac{2}{3} = 0.35g \times \frac{2}{3} = \mathbf{0.24g}$$

Bien según los resultados para la aceleración espectral para un periodo corto o de 0.2s es = 0.39g , y para un periodo largo o de 1.0s nos dio 0.24g; por lo que según la tabla 2 nos ubicaremos en una zona Moderado alto.

#### **8.1.2.2 Tipo de suelo**

Para determinar el tipo de suelo vamos a realizar una conversión entre la clasificación de suelos de la tabla N.º 3 del FEMA P-154 según el ASCE/SEI 7-10 de acuerdo a sus parámetros y la tabla N.º 2 de la Norma E0.30 del RNE la cual sería de la siguiente manera:

ASCE/SEI 7-10	RNE-E 030
A	S <sub>0</sub>
B	S <sub>1</sub>
C	
D	S <sub>2</sub>
E	S <sub>3</sub>
F	S <sub>4</sub>

Según la zonificación sísmica – geotécnica de la ciudad de huacho elaborado por el IGP en el sector de Amay se presenta un perfil tipo S<sub>2</sub> (Suelos Intermedios) que sería igual a un suelo Tipo D (suelo rígido).

#### **8.1.2.3 Tipo de construcción**

El tipo de construcción de nuestra edificación vendría a ser de tipo C3, dado que estamos hablando de una construcción de concreto con muros de ladrillo KK 18 huecos no reforzado.

#### **8.1.2.4 Irregularidades verticales**

En esta edificación encontramos los siguientes tipos de irregularidades:

- **Irregularidad por columna corta**

Se pudo observar que el alfeizar de las ventanas de todos los ambientes (aula, dirección, almacenes) tienen la característica de no estar aisladas de las columnas adyacentes a ellas. Esto produce el efecto de columna corta cuando

ocurren movimientos sísmicos, causando la rotura y falla por corte de la columna, debido a que el movimiento de gran parte de ella está restringido, al no estar correctamente aislado.



*Figura 34.* Irregularidad vertical por columna corta. Fuente: Propia.

- **Irregularidad por torsión**

En el pabellón analizado, se puede observar que existe mayor resistencia lateral en una dirección, con la presencia de pórticos, mas no en la otra.

- **Irregularidad por out of plane setback**

Se puede observar que el área del nivel superior sobrepasa al nivel inferior, modificando la igualdad de la estructura.



- *Figura 34.* Irregularidad vertical por torsión y out of plane setback. Fuente: Propia.

### 8.1.2.5 Irregularidades en planta

En esta edificación encontramos los siguientes tipos de irregularidades:

- **Torsión**

Se pudo identificar que el sistema tiene una buena resistencia lateral en una dirección, mas no en la otra.

- **Vigas no alineadas con las columnas**

Se puede observar que el perímetro de las columnas mostradas a continuación, se encuentra fuera del perímetro de las vigas, generando un desalineamiento de estas.



*Figura 35.* Irregularidad por vigas no alineadas con las columnas, ubicada en el aula de 5° grado del segundo. Fuente: Propia.



*Figura 36.* Irregularidad por vigas no alineadas con las columnas ubicada en el aula de 6° grado del segundo piso. Fuente: Propia.



Figura 37. Irregularidad por vigas no alineadas con las columnas, ubicada en el almacén del primer piso. Fuente: Propia.

### 8.1.2.6 Definición de pre-codes y post-benchmarks.

En este parámetro definiremos los pre-codes y post-benchmarks, que están determinados por la cantidad de años en que la norma de construcción ha tenido cambios drásticos, en el caso del Perú usaremos el año 1997 ya que en este año la norma sismoresistente tuvo un cambio drástico. Todas construcciones de edificios antes de 1997 se le colocara un puntaje en contra y los se construyeron después tendrán un puntaje a favor.

### 8.1.2.7 Verificación del índice de vulnerabilidad.

Los resultados obtenidos determinaran el índice de vulnerabilidad a través de las siguientes tablas:

Tabla 4

Nivel 1: Sismicidad Alta

Formato nivel 1. Para una area de efecto sismico elevado.

Puntajes iniciales, modificadores y puntaje final nivel 1, sif																										
Tipo de edificación	W1	W1A	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM	MH									
Puntaje de Inicio	3.6	3.2	2.9	2.1	2.0	2.6	2.0	1.7	1.5	2.0	1.2	1.6	1.4	1.7	1.7	1.0	1.5									
Irregularidad vertical severa, Vif	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.7	-0.9	-0.7	NA									
Irregularidad vertical moderada, Vif	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA									
Plan Irregularity, Pif	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA									
Pre-código	-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1									
Post-benchmark	1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2									
Tipo de suelo A o B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3									
Tipo de suelo E (1-3 pisos)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0-0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4									
Tipo de suelo E (>3 pisos)	-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.4	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA									
Puntaje mínimo, Smn	1.1	0.9	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.0									
Puntaje final nivel 1, Sif=>Smn -0.1	-0.1																									
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p><b>Grado de verificación</b></p> <p>exterior: <input type="checkbox"/> Parcial <input checked="" type="checkbox"/> Todos los lados <input type="checkbox"/> Aéreo</p> <p>interior: <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> visible <input checked="" type="checkbox"/> Entero</p> <p><input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no</p> <p>Dibujo hecho:</p> <p>Fuentes de tipo de suelo: Calicata realizada por el IGP</p> <p>Fuente de peligro geológico: IGP</p> <p>Persona de contacto: Ramirez Cabrera Jhorman Renato- Segundo Conde Alexandra</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p><b>Otro peligros</b></p> <p>¿Hay otros peligros que requieren de una evaluación estructural detallada?</p> <p><input type="checkbox"/> Golpeteo (menos si el valor de Sif&gt;2)</p> <p><input type="checkbox"/> Peligro de caídas de construcciones vecinas mas altas</p> <p><input type="checkbox"/> Peligro geológico o tipo de suelo F.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Daño significativo del sistema estructural actual</p> </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th colspan="2">EVALUACIÓN DETALLADA</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">SI</td> <td style="text-align: center;">NO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; font-size: 2em;"><b>S=</b></td> <td style="text-align: center; font-size: 2em;"><b>-0.1</b></td> </tr> </table> </td> </tr> </table>																	<p><b>Grado de verificación</b></p> <p>exterior: <input type="checkbox"/> Parcial <input checked="" type="checkbox"/> Todos los lados <input type="checkbox"/> Aéreo</p> <p>interior: <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> visible <input checked="" type="checkbox"/> Entero</p> <p><input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no</p> <p>Dibujo hecho:</p> <p>Fuentes de tipo de suelo: Calicata realizada por el IGP</p> <p>Fuente de peligro geológico: IGP</p> <p>Persona de contacto: Ramirez Cabrera Jhorman Renato- Segundo Conde Alexandra</p>	<p><b>Otro peligros</b></p> <p>¿Hay otros peligros que requieren de una evaluación estructural detallada?</p> <p><input type="checkbox"/> Golpeteo (menos si el valor de Sif&gt;2)</p> <p><input type="checkbox"/> Peligro de caídas de construcciones vecinas mas altas</p> <p><input type="checkbox"/> Peligro geológico o tipo de suelo F.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Daño significativo del sistema estructural actual</p>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th colspan="2">EVALUACIÓN DETALLADA</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">SI</td> <td style="text-align: center;">NO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; font-size: 2em;"><b>S=</b></td> <td style="text-align: center; font-size: 2em;"><b>-0.1</b></td> </tr> </table>		EVALUACIÓN DETALLADA		SI	NO	<b>S=</b>	<b>-0.1</b>
<p><b>Grado de verificación</b></p> <p>exterior: <input type="checkbox"/> Parcial <input checked="" type="checkbox"/> Todos los lados <input type="checkbox"/> Aéreo</p> <p>interior: <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> visible <input checked="" type="checkbox"/> Entero</p> <p><input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no</p> <p>Dibujo hecho:</p> <p>Fuentes de tipo de suelo: Calicata realizada por el IGP</p> <p>Fuente de peligro geológico: IGP</p> <p>Persona de contacto: Ramirez Cabrera Jhorman Renato- Segundo Conde Alexandra</p>	<p><b>Otro peligros</b></p> <p>¿Hay otros peligros que requieren de una evaluación estructural detallada?</p> <p><input type="checkbox"/> Golpeteo (menos si el valor de Sif&gt;2)</p> <p><input type="checkbox"/> Peligro de caídas de construcciones vecinas mas altas</p> <p><input type="checkbox"/> Peligro geológico o tipo de suelo F.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Daño significativo del sistema estructural actual</p>																									
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th colspan="2">EVALUACIÓN DETALLADA</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">SI</td> <td style="text-align: center;">NO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; font-size: 2em;"><b>S=</b></td> <td style="text-align: center; font-size: 2em;"><b>-0.1</b></td> </tr> </table>		EVALUACIÓN DETALLADA		SI	NO	<b>S=</b>	<b>-0.1</b>																			
EVALUACIÓN DETALLADA																										
SI	NO																									
<b>S=</b>	<b>-0.1</b>																									

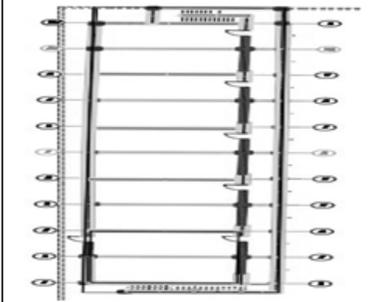
CARTILLA DE SISMICIDAD ALTA	
	Dirección: Av Libertad S/N
	Uso: Colegio
	Latitud: -11.11383 Longitud: -77.6024
	Verificadores: Ramirez Cabrera yorman Renato Segundo Conde Alexandra Marina Fecha: 22/12/2022 23/12/2022
Número de pisos: 2	Año de construcción: 1972
Área: 1014.08m <sup>2</sup>	Año código:
Ocupación:	Asamblea      Comercial      Servicio de emergencia      Refugio Industrial      Oficina <b>Colegio: Estatal</b> Gobierno Utilidad      Almacén      Residencia, #Unidades
Tipo de suelo:	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input checked="" type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> No se sabe Roca      Roca      Suelo      Suelo      Suelo      Suelo dura      denso      rígido      suave      pobre      asumir suelo D
	Peligros geológicos: Licuefacción: Si/No/No se sabe - Deslizamiento de tierra: Si/No/No se sabe
	Adyacencia: <input type="checkbox"/> Golpeteo: <input type="checkbox"/> Peligro de caídas (materiales) de construcciones adyacentes más altas
	Irregularidad es: <input checked="" type="checkbox"/> Vertical (tipo/severidad)
	<input checked="" type="checkbox"/> Planta (tipo)
	Peligro de caídas exteriores: <input type="checkbox"/> Chimeneas sin refuerzo <input type="checkbox"/> Revestimiento pesado <input checked="" type="checkbox"/> Parapetos <input type="checkbox"/> Otro:
COMENTARIO:	

Tabla 5

Nivel 2: Sismicidad Alta

Formato nivel 2 para una area de efecto sismico elevado.

CARTILLA DE SISMICIDAD ALTA			
Puntaje final nivel 1:	S1=-0.1		(No considerar Smin)
Nivel 1 modificadores de irregularidad:	Irregularidad vertical, V1= 0	Irregularidad en planta, P1= 0	
Puntaje base ajustado:	S'=(S1-V1-P1)=-0.1		
Notas:	Si las afirmaciones son correctas, encerrar en un círculo los modificadores de "SI"		SI
Irregularidad vertical, V12	Lugar Inclinado	Solo W1: Hay por lo menos un cambio de un piso completo, de un lado del edificio al otro.	-1.2
		Hay por lo menos un cambio de un piso completo, de un lado del edificio al otro.	-0.3
	Piso de bil (marcar el máximo)	Solo W1 (casa sobre un garage): Hay un garage abierto sin marcos resistentes a momentos, hay menos de 2.5m de muros en la misma línea	-1.2
		Solo W1 (Abierto en el frente): Hay aberturas para estacionamiento de mas de 50% de la longitud de la construcción.	-1.2
		La longitud de los sistemas laterales de cualquier piso es menor al 50% de un piso superior o la altura de cualquier piso es mayor a 2 veces la altura del piso superior.	-0.9
		La longitud de los sistemas laterales de cualquier piso está entre 50% y 75% de un piso superior o la altura de cualquier piso está entre 1.3 y 2 veces la altura del piso superior.	-0.5
	Setback	Los elementos verticales de los sistemas laterales en un piso superior están fuera de los pisos inferiores, causando voladizos.	-1.0
		Los elementos verticales de los sistemas laterales en un piso superior están dentro de los pisos inferiores.	-0.5
		Hay una compensación in-plane de los elementos laterales que son mas grandes que la longitud de los elementos.	-0.3
	Columna corta	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Al menos 20% de las columnas a lo largo de la línea de columnas tienen alturas menores que el 50% de la altura nominal del mismo piso.	-0.5
C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Hay muros que acortan las columnas.		-0.5	
Niveles divididos	El diafragma de la construcción no está alineado con los demás.	-0.5	
Otras irregularidades	Hay otra irregularidad severa observable.	-1.0	
	Hay otra irregularidad moderada observable.	-0.5	
			V12=-0.5
Irregularidad en planta P12	Irregularidad torsional: Los sistemas laterales no parecen relativamente bien distribuidos en cualquier de las 2 direcciones.		-0.7
	Sistemas no paralelos: Hay lados de la construcción que no son ortogonales.		-0.4
	Esquina entrante: Hay esquinas entrantes que son mayores al 25% de la longitud en cualquiera de las 2 direcciones		-0.4
	Diafragmas abiertos: Hay una apertura en el diafragma que son mayores al 50% del paño total.		-0.2
	C1, C2 (out-of-plane offset): Las vigas exteriores no están alineadas con las columnas.		-0.4
Otras irregularidades:	Hay otra irregularidad en planta observable.		-0.7
			P12=-1.4
Redundancia	La construcción tiene al menos 3 columnas en cada dirección.		-0.3
Golpeteo	La construcción está separada de una construcción adyacente en por lo menos 1% de la altura de la construcción menos alta.	Los pisos no están alineados verticalmente dentro de los 60 cm.	-1.0
		Una construcción es más alta 2 o mas pisos que el otro.	-1.0
		La construcción está al final de los bloques.	-0.5
Construcción S2	Arriores visibles.		-1.0
Construcción C1	Placa planas sirven como vigas.		-0.4
URM	Muros en forma de cono están presentes.		-0.4
MH	Hay un sistema de unión estable entre la construcción y el suelo.		1.2
Retroalimentación	Refuerzo sismico visible.		1.4
Puntaje final nivel 2, S2=S'+V12+P12+Mb=-Smin:-2.0			M=-

Teniendo el valor final de S= -2.0 el El comportamiento probable de la estructura sería tal que podría ocurrir un daño de nivel 5 con una probabilidad muy alta de daño de grado 4. Los daños según su clasificación de grado serian de la siguiente manera:



Grado 4: Daño muy severo (daño estructural severo, daño no estructural muy severo), basculamiento de columnas, grandes grietas en elementos estructurales por compresión y fractura de armaduras. Algunas columnas o edificios altos se derrumbaron.

Clase 5: Destrucción (daño estructural muy grave), derrumbe del primer piso o parte del edificio.



## 8.2 Contratación de Hipótesis

En la presente investigación no se plantearon hipótesis debido a que el problema general obtiene una respuesta del tipo descriptivo, además las metodologías utilizadas (FEMA P-154 y Benedetti) tienen enfoques cualitativos.

## **Capítulo V . Discusión**

### **5.1.Discusión de resultados**

El colegio Manuel Ildauro de los Santos Camones presenta una antigüedad de más de 50 años, siendo la construcción más reciente la del segundo nivel (aprox. 20 años). La construcción de estas edificaciones ha sido realizada por los mismos vecinos buscando el bienestar de la población estudiantil de la zona.

De acuerdo a la investigación realizada al estado actual de las estructuras, en base a los parámetros de Benedetti y Petrini, hemos podido obtener que la estructura tiene una alta VULNERABILIDAD, lo cual quiere decir que es una estructura endeble que por su antigüedad debe ser reforzada o demolida, caso contrario, constituye un peligro para todos sus ocupantes.

## **Capítulo VI . Conclusiones y Recomendaciones**

### **6.1.Conclusiones**

Mediante el método Benedetti – Petrini se obtuvo que la vulnerabilidad de la I.E. N° 20316 MANUEL ILDAURO DE LOS SANTOS CAMONES es muy alta.

Mediante el método Fema P 154 se obtuvo que la vulnerabilidad de la I.E. N° 20316 MANUEL ILDAURO DE LOS SANTOS CAMONES es muy alta.

Después de aplicar los métodos de FEMA P 154 Y Benedetti Petrini en la I.E N° 20316 MANUEL ILDAURO DE LOS SANTOS CAMONES se determinó que la estructura tendría un posible comportamiento de muy alta probabilidad de daños de grado 5 y 4 frente a un sismo severo, esto implica la daños estructurales muy graves lo que haría que la planta baja o algunas partes de la edificación colapsen lo cual podría ocasionar heridos de gravedad y muerte de los ocupantes.

La diferencia entre estos dos métodos recae en los parámetros de cada uno de ellos considera como parte de su análisis, en esencia similares, pero con enfoques internacionales diferentes, obteniendo entre ellos un puntaje final de la estructura, en donde se muestra si necesita un estudio más detallado o no.

## **6.2. Recomendaciones**

Se recomienda la demolición o reforzamiento de la estructura, para evitar daños estructurales que resulten en pérdidas económicas y humanas graves.

De construirse una nueva edificación esta deberá cumplir con la normativa vigente, debe ser diseñada, ejecutada y supervisada por los profesionales correspondientes asegurando así todos los parámetros normados.

Estos dos métodos se recomiendan para la evaluación de la vulnerabilidad frente a un sismo de edificios Clase A (hospitales, infraestructura educativa y otros) que cumplan con el criterio de diseño sísmico E-030 con sistemas de mampostería confinada y columnas cortas especificadas.

Se debe realizar un trabajo de concientización en los pobladores acerca de los riesgos de la autoconstrucción, sus efectos y las acciones que se deberán realizar frente a un sismo.

## REFERENCIAS

### 7.1. Fuentes documentales

Ministerio de Vivienda (2021). *Reglamento Nacional de Edificaciones*.

### 7.2. Fuentes bibliográficas

- Alex S. (2017). *Propuesta de una metodología para la evaluación cualitativa de la vulnerabilidad frente a un sismo de la zona de Beneficencia en Valdivia*.
- Alvarez S., Pulgar S. (2019). *El estudio de la vulnerabilidad sísmica de los módulos de escuelas públicas de la zona de Villa, María del Triunfo utilizando el Método IV (Fema p-154) y comprobándolo por medio del cálculo de las distorsiones laterales*.
- Anibal E. (2020). *Aplicación de la metodología de Benedet y Petrini para descubrir la vulnerabilidad frente a un sismo de 16 viviendas informales en la zona El Pueblo Joven Pro Vivienda – Agustino – Lima*.
- Carlos A. (2014). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmico de edificaciones en la localidad de Pimentel*.
- Cervantes G. (2019). *Análisis de la vulnerabilidad sísmico de viviendas utilizando FEMA 154 y métodos italianos de reducción del peligro sísmico en la urbanización de Paucarbamba, distrito de Amarilis – Huanuco*.
- Cristian J., Hernán O. (2021). *Vulnerabilidad sísmico de edificios escolares públicos en la zona de Ciudad Nueva, Tacna 2021*.
- Doiver A. (2019). *La evaluación cualitativo y comparativo del método Benedet Petrini y NRS 2010, desarrollado en edificios de una y dos plantas en la zona de Bijao, Municipio Del Bagre, Antioquia*.
- Fatima M. (2021). *Análisis estructural de características sísmicas del edificio de la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación Bloque 2 de La UTA mediante la medición mediciones de vibraciones*.
- Garcia J. (2021). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica por el método de Benedeti-Petrin en el Hospital Regional, Chiclayo, Lambayeque, 2021*.
- Hidalgo Z., Silvestre G. (2019). *Estudio de Vulnerabilidad frente a un sismo del establecimiento educativo I.E. 20475 – Los Pelones, Barranca - Lima*.

- Loor S., Mendoza L. (2019). *Evaluación de la sensibilidad sísmica de los edificios públicos de la ciudad de Pimentel.*
- MVCS (2016). *Manual sobre reducción de peligro sísmico en viviendas en el Perú.*
- Mauro A. (2018). *Evaluación de peligro sísmico utilizando el Índice de Vulnerabilidad Benedetti-Petrin para viviendas de ladrillo existentes en el casco urbano de Llacanora, Cajamarca*
- Salas P., Vargas R. (2017). *Agujero sísmico del edificio de la F.I de la Universidad de Costa Rica en el campus Rodrigo Facio.*
- Trujillo S. (2019). *Análisis de sensibilidad sísmica domiciliaria utilizando FEMA 154 y métodos italianos de reducción de riesgo sísmico en Huánuco, provincia de Huánuco y departamento de Huánuco 2019.*
- Walter C., Jorge L. (2018). *Evaluación de la sensibilidad sísmica de obras públicas de hormigón armado en zona urbana del distrito de Okuviri, provincia de Lampa, región Puno - 2017*

### **7.3. Fuentes hemerográficas.**

- José D., Sidney A. (2011). *Métodos para evaluar la sensibilidad sísmica de edificios existentes de hormigón armado. Ciencia y Sociedad, Vol. XXXVI.*

## ANEXO

### Ficha de observación método FEMA P-154

**Objetivo:** Comparar el método FEMA P-154 con el método B.P. en el análisis de vulnerabilidades ante un sismo de la I.E. N° 20316 Manuel Ildauro de los Santos Camones.

CARTILLA DE SISMICIDAD ALTA																					
FOTOGRAFIA	Dirección:																				
	Uso:																				
	Latitud:									Longitud:											
	Verificadores:									Fecha:											
	Número de pisos:									Año de construcción:											
	Área:									Año código:											
	Ocupación:				Asamblea				Comercial				Servicio de emergencia				Refugio				
	Utilidad:				Industrial				Oficina				Colegio: Estatal				Gobierno				
				Almacén				Residencia, #Unidades													
Tipo de suelo:		<input type="checkbox"/>	A	<input type="checkbox"/>	B	<input type="checkbox"/>	C	<input type="checkbox"/>	D	<input type="checkbox"/>	E	<input type="checkbox"/>	F	<input type="checkbox"/>	No se sabe						
		Roca dura		Roca		Suelo denso		Suelo rígido		Suelo suave		Suelo pobre		si no se sabe, asumir suelo D							
Peligros geológicos: Licuefacción: <input type="checkbox"/> Sí/No se sabe - Deslizamiento de tierra: <input type="checkbox"/> Sí/No/No se sabe																					
Adyacencia:		<input type="checkbox"/>	Golpeteo:		<input type="checkbox"/>	Peligro de caídas (materiales) de construcciones adyacentes más altas															
Irregularidades:		<input type="checkbox"/>	Vertical (tipo/severidad)		<input type="checkbox"/>	Planta (tipo)															
Peligro de caídas exteriores:		<input type="checkbox"/>	Chimeneas sin refuerzo		<input type="checkbox"/>	Revestimiento pesado															
		<input type="checkbox"/>	Parapetos		<input type="checkbox"/>	Otro:															
COMENTARIO:																					
Puntajes iniciales, modificadores y puntaje final nivel 1, slf																					
Tipo de edificación	W1	W1A	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM	MH				
Puntaje de inicio	3.6	3.2	2.9	2.1	2.0	2.6	2.0	1.7	1.5	2.0	1.2	1.6	1.4	1.7	1.7	1.0	1.5				
Irregularidad vertical severa, Vif	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.7	-0.9	-0.7	NA				
Irregularidad vertical moderada, Vif	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA				
Plan irregularity, Pif	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA				
Pre-código	-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1				
Post-benchmark	1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1,2				
Tipo de suelo A o B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3				
Tipo de suelo E (1-3 pisos)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0-0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4				
Tipo de suelo E (>3 pisos)	-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.4	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA				
Puntaje mínimo, Smn	1.1	0.9	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.0				
Puntaje final nivel 1, SIF >= 5mm																					
Grado de verificación		<input type="checkbox"/>	Parcial		<input type="checkbox"/>	Todos los lados		<input type="checkbox"/>	Aéreo												
exterior:		<input type="checkbox"/>	no		<input type="checkbox"/>	Visible		<input type="checkbox"/>	Entero												
Interior:		<input type="checkbox"/>	si		<input type="checkbox"/>	no															
Dibujo hecho:																					
Fuentes de tipo de suelo:																					
Fuente de peligro geológico:																					
Persona de contacto:																					
Otros peligros		¿Hay otros peligros que requieren de una evaluación estructural detallada?																			
		<input type="checkbox"/> Golpeteo (menos si el valor de Sif > 2)																			
		<input type="checkbox"/> Peligro de caídas de construcciones vecinas más altas																			
		<input type="checkbox"/> Peligro geológico o tipo de suelo F.																			
		<input type="checkbox"/> Daño significativo del sistema estructural actual																			

## ANEXO

## Ficha de observación con el método Benedetti-Petrini

**Objetivo:** Comparar el método FEMA P-154 con el método B.P. en el análisis de vulnerabilidades ante un sismo de la I.E. N° 20316 Manuel Ildauro de los Santos Camones.

DATOS PERSONALES	PARÁMETRO	CLASE	ELEMENTO DE EVALUACIÓN
	1	ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE	Año de construcción <input type="checkbox"/> Asesoría técnica <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	2	CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE	Estado de materiales <input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Malo Proceso constructivo <input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Deficiente
	3	RESISTENCIA CONVENCIONAL	Ax: área de muros en x (m <sup>2</sup> ) Ay: área de muros en y (m <sup>2</sup> ) h: altura promedio de entrepiso (m) M: número de diafragma Ps: peso de diafragma (ton/m <sup>2</sup> ) At: área techada (m <sup>2</sup> ) Ac: área de cubierta (m <sup>2</sup> ) Pc: peso de cubierta
	4	POSICIÓN DEL EDIFICIO Y	Presencia de sales SI NO Presencia de filtraciones SI NO
	5	DIAFRAGMAS HORIZONTALES	Descontinuidades abruptas Buena conexión diafragma-muro Deflexión del diafragma
	6	CONFIGURACION EN PLANTA	Especificar parámetros a: b: L:
	7	CONFIGURACION EN ELEVACION	Aumento o reducción de masas o área: %T/H Piso blando: Irregularidades de S. Columna corta:
	8	CONEXIÓN ENTRE ELEMENTOS CRÍTICOS	Especificar: L (espaciamiento de muros trans, en m) S (espesor de muro maestro en metro) Factor L/S:
	9	TIPO DE CUBIERTA	Cubierta estable Conexión cubierta-muro adecuado Cubierta plana
	10	ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	Calificar con B (bueno), R (regular) y M (malo) según conexión al sistema resistente Cornisa y parapetos Tanques de agua prefabricados Balcones y volados Pequeños elementos
	11	ESTADO DE CONSERVACION	Buen estado Ligeramente dañado Mal estado de conservación

## Certificado de consentimiento para investigación



### CERTIFICADO DE CONSENTIMIENTO PARA INVESTIGACIÓN

Yo, Lic. Aleyda Minchola Sánchez, identificada con DNI N° 72966661 en calidad de Directora de la Institución Educativa N° 20316 "Manuel Ildauro de los Santos Camones", doy consentimiento a los bachilleres y/o estudiantes: **Alexandra Marina Segundo Conde** identificada con DNI 72966661 y código de estudiante N° 1703171030 y **Jhorman Renato Ramírez Cabrera** identificado con DNI 73519300 y código de estudiante N° 1703171015 de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, para que realicen la investigación denominada: "ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N° 20316 MANUEL ILDAURO DE LOS SANTOS CAMONES, AMAY, HUACHO-2022" la misma que conducirá a la obtención de su título profesional.

En tal sentido nuestra institución y sus colaboradores acceden a participar en este estudio, para ello responderán preguntas en una guía entrevista, colaborarán con validar sus fichas de observación, completar y o responder un cuestionario, o lo que fuera según el caso. Esto tomará aproximadamente 5 min. en cada visita programada. Lo que conversemos durante la investigación se grabará, de modo que el investigador pueda transcribir después las ideas, situación diagnóstica entre otros que se haya expresado. Asimismo, se permitirá a los estudiantes realizar las mediciones, toma de datos, fotografías a la infraestructura y otras actividades de ingeniería que sean necesarias para poder realizar el diagnóstico de la situación actual de la infraestructura de la Institución Educativa.

En consecuencia, en mi calidad de Directora de la Institución Educativa acepto consentir y participar voluntariamente en esta investigación, conducida por los estudiantes portadores del presente documento, en tal sentido reconozco que la información que yo y mis colaboradores proveamos en el curso de esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio sin mi consentimiento. He sido informado de que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento. De tener preguntas sobre mi participación en este estudio, puedo contactar a **Alexandra Marina Segundo Conde** al celular con número: 917 232 088 y **Jhorman Renato Ramírez Cabrera** al celular con número: 963 846 134.

Entiendo que una copia de este Certificado de Consentimiento me será entregada, y que puedo pedir información sobre los resultados de este estudio cuando éste haya concluido. Para esto, puedo contactar al Director de escuela de Ingeniería Civil: **Ing. Julio Cesar Barrenechea Alvarado**, al teléfono 914 970 891.

UNIVERSIDAD NACIONAL  
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Huacho, 28 de Setiembre del 2022

Apellidos y Nombres: Lic. Aleyda Minchola Sánchez

DNI: 72966661

Cargo: Directora de la I.E.E. N° 20316 "Manuel Ildauro de los Santos Camones"