

FACULTAD DE INGENIERÍA  
Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“RIESGO SÍSMICO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN  
EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N° 5125 EN EL  
DISTRITO DE VENTANILLA, 2023”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniera Civil**

**Autor:**

Gladys Jennifer Tito Paredes

**Asesor:**

Mg. Ing. Nixon Brayan Peche Melo

<https://orcid.org/0000-0002-4690-3518>

Lima - Perú

2023

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>SHEYLA CORNEJO RODRÍGUEZ</b>
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	<b>GERMAN SAGASTEGUI VÁSQUEZ</b>
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	<b>NIXON BRAYAN PECHE MELO</b>
	Nombre y Apellidos

## INFORME DE SIMILITUD

### Tesis

#### INFORME DE ORIGINALIDAD



#### FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	1%
2	www.scribd.com Fuente de Internet	1%
3	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Privada de Tacna Trabajo del estudiante	1%
7	sigrid.cenepred.gob.pe Fuente de Internet	1%

Excluir citas      Apagado      Excluir coincidencias < 1%  
 Excluir bibliografía      Apagado

## **DEDICATORIA**

Dedico este paso importante a toda mi familia, fuente de apoyo incondicional y constante. Este gran sentimiento expresado a mi madre Gladys y a mis hermanos. Incluyo en este agradecimiento a Dios que me brinda su ayuda y guía para culminar mi proyecto educativo.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi madre Gladys y a mis hermanos Claudia y Richard por el apoyo constante y las facilidades que me dieron para tener una educación de calidad.

Agradezco a mi asesor por ayudarme en la elaboración de esta investigación y por brindarme la información necesaria para poder culminar el presente estudio.

## Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	11
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	14
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	49
CAPÍTULO III: RESULTADOS	56
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	138
REFERENCIAS	144
ANEXOS	147

## Índice de tablas

Tabla 1 Escala de Saaty.....	26
Tabla 2 Valores del índice aleatorio.....	28
Tabla 3 Escala de Intensidad de Mercalli modificada en el año 1999.....	34
Tabla 4 Cargas vivas mínimas repartidas.....	39
Tabla 5 Factor de zona "Z".....	39
Tabla 6 Clasificación de los perfiles de suelo.....	40
Tabla 7 Factor de suelo "S".....	40
Tabla 8 Periodos <b>TP</b> y <b>TL</b> .....	41
Tabla 9 Sistema estructurales.....	42
Tabla 10 Categoría y regularidad de las edificaciones.....	43
Tabla 11 Límites para la distorsión del entrepiso.....	46
Tabla 12 Presentación de los expertos.....	52
Tabla 13 Resumen de la evaluación de contenido de los ítems del instrumento.....	52
Tabla 14 Matriz de comparación de los parámetros de peligrosidad.....	56
Tabla 15 Matriz de normalización de los parámetros de peligrosidad.....	57
Tabla 16 Landa máxima de los parámetros de peligrosidad.....	57
Tabla 17 Determinación de la relación de consistencia de peligrosidad.....	58
Tabla 18 Ponderación de los parámetros de peligrosidad.....	58
Tabla 19 Matriz de comparación de pares de los descriptores de magnitud del sismo.....	59
Tabla 20 Matriz de normalización de los descriptores de magnitud del sismo.....	59
Tabla 21 Landa máxima de los descriptores de magnitud del sismo.....	60
Tabla 22 Determinación de la relación de consistencia de magnitud del sismo.....	60
Tabla 23 Ponderación de los descriptores de magnitud del sismo.....	61
Tabla 24 Matriz de comparación de pares de los descriptores de intensidad del sismo.....	61
Tabla 25 Matriz de normalización de los descriptores de intensidad del sismo.....	62
Tabla 26 Landa máxima de los descriptores de intensidad del sismo.....	63
Tabla 27 Determinación de la relación de consistencia de intensidad del sismo.....	63
Tabla 28 Ponderación de los descriptores de intensidad del sismo.....	63
Tabla 29 Matriz de comparación de pares de los descriptores de aceleración del suelo.....	64
Tabla 30 Matriz de normalización de los descriptores de aceleración del suelo.....	65
Tabla 31 Landa máxima de los descriptores de aceleración del suelo.....	65
Tabla 32 Determinación de la relación de consistencia de aceleración del suelo.....	66
Tabla 33 Ponderación de los descriptores de aceleración del suelo.....	66
Tabla 34 Cálculo de peligro.....	67
Tabla 35 Niveles de peligrosidad.....	67
Tabla 36 Valor de peligrosidad.....	67
Tabla 37 Estratificación de peligrosidad.....	68
Tabla 38 Matriz de comparación de los parámetros de vulnerabilidad.....	69
Tabla 39 Matriz de normalización de los parámetros de vulnerabilidad.....	69
Tabla 40 Landa máxima de los parámetros de vulnerabilidad.....	70
Tabla 41 Determinación de la relación de consistencia de vulnerabilidad.....	70
Tabla 42 Ponderación de los parámetros de vulnerabilidad.....	71
Tabla 43 Matriz de comparación de pares de los descriptores de localización de la IE.....	71
Tabla 44 Matriz de normalización de los descriptores de localización de la IE.....	72

Tabla 45	Landa máxima de los descriptores de localización de la IE.....	72
Tabla 46	Determinación de la relación de consistencia de localización de la IE.....	73
Tabla 47	Ponderación de los descriptores de localización de la IE. ....	73
Tabla 48	Matriz de comparación de pares de los descriptores de material predominante.....	74
Tabla 49	Matriz de normalización de los descriptores de material predominante.....	75
Tabla 50	Landa máxima de los descriptores de material predominante. ....	75
Tabla 51	Determinación de la relación de consistencia de material predominante. ....	76
Tabla 52	Ponderación de los descriptores de material predominante. ....	76
Tabla 53	Matriz de comparación de pares de los descriptores de topografía del terreno. ....	77
Tabla 54	Matriz de normalización de los descriptores de topografía del terreno. ....	78
Tabla 55	Landa máxima de los descriptores de topografía del terreno.....	78
Tabla 56	Determinación de la relación de consistencia de topografía del terreno.....	79
Tabla 57	Ponderación de los descriptores de topografía del terreno.....	79
Tabla 58	Matriz de comparación de pares de los descriptores de configuración de elevación. .....	80
Tabla 59	Matriz de normalización de los descriptores de configuración de elevación.....	80
Tabla 60	Landa máxima de los descriptores de configuración de elevación. ....	81
Tabla 61	Determinación de la relación de consistencia de configuración de elevación. ....	81
Tabla 62	Ponderación de los descriptores de la elevación. ....	82
Tabla 63	Matriz de Comparación de pares de los descriptores de antigüedad de construcción. .....	82
Tabla 64	Matriz de Normalización de los descriptores de antigüedad de construcción. ....	83
Tabla 65	Landa máxima de los descriptores de antigüedad de construcción.....	84
Tabla 66	Determinación de la relación de consistencia de antigüedad de construcción.....	84
Tabla 67	Ponderación de los descriptores de antigüedad de construcción. ....	84
Tabla 68	Matriz de comparación de pares de los descriptores de estado de conservación. ....	85
Tabla 69	Matriz de normalización de los descriptores de estado de conservación. ....	86
Tabla 70	Landa máxima de los descriptores de estado de conservación. ....	86
Tabla 71	Determinación de la relación de consistencia de estado de conservación. ....	87
Tabla 72	Ponderación de los descriptores de estado de conservación. ....	87
Tabla 73	Matriz de comparación de pares de los descriptores de IE localizadas. ....	88
Tabla 74	Matriz de normalización de los descriptores de IE localizadas. ....	89
Tabla 75	Landa máxima de los descriptores de IE localizadas. ....	89
Tabla 76	Determinación de la relación de consistencia de IE localizadas.....	90
Tabla 77	Ponderación de los descriptores de IE localizadas.....	90
Tabla 78	Matriz de comparación de pares de los descriptores de IE con acceso.....	91
Tabla 79	Matriz de normalización de los descriptores de IE con acceso.....	91
Tabla 80	Landa máxima de los descriptores de IE con acceso. ....	92
Tabla 81	Determinación de la relación de consistencia de IE con acceso. ....	92
Tabla 82	Ponderación de los descriptores de IE con acceso. ....	93
Tabla 83	Matriz de comparación de pares de los descriptores de cumplimiento del código construcción. ....	94
Tabla 84	Matriz de normalización de los descriptores de cumplimiento del código de construcción. ....	94
Tabla 85	Landa máxima de los descriptores de cumplimiento del código de construcción. ..	95

Tabla 86 Determinación de la relación de consistencia de cumplimiento del código de construcción. ....	95
Tabla 87 Ponderación de los descriptores de cumplimiento del código de construcción. ....	96
Tabla 88 Matriz de comparación de pares de los descriptores de cumplimiento de reforzamiento. ....	96
Tabla 89 Matriz de normalización de los descriptores de cumplimiento de reforzamiento. ..	97
Tabla 90 Landa máxima de los descriptores de cumplimiento de reforzamiento. ....	97
Tabla 91 Determinación de la relación de consistencia de cumplimiento de reforzamiento. .	98
Tabla 92 Ponderación de los descriptores de cumplimiento de reforzamiento. ....	98
Tabla 93 Cálculo de vulnerabilidad. ....	99
Tabla 94 Niveles de vulnerabilidad. ....	99
Tabla 95 Valor de vulnerabilidad. ....	99
Tabla 96 Estratificación de vulnerabilidad. ....	100
Tabla 97 Método simplificado con la finalidad de calcular el riesgo. ....	101
Tabla 98 Niveles de riesgo. ....	101
Tabla 99 Estratificación de Riesgo. ....	102
Tabla 100 Áreas techadas. ....	104
Tabla 101 Áreas exteriores. ....	105
Tabla 102 Localización de los bloques del primer nivel. ....	105
Tabla 103 Localización de los bloques del segundo nivel. ....	106
Tabla 104 Principales propiedades del concreto. ....	108
Tabla 105 Principales propiedades de la albañilería. ....	108
Tabla 106 Propiedades mecánicas de acero. ....	108
Tabla 107 Secciones de las vigas de los bloques. ....	109
Tabla 108 Secciones de las columnas de los bloques. ....	109
Tabla 109 Secciones de las placas de los bloques. ....	110
Tabla 110 Secciones de los muros de los bloques. ....	110
Tabla 111 Secciones de las losas de los bloques. ....	111
Tabla 112 Metrado de carga permanente. ....	114
Tabla 113 Metrado de cargas muertas. ....	115
Tabla 114 Metrado de tabiquería y parapeto. ....	115
Tabla 115 Metrado de cargas vivas. ....	115
Tabla 116 Metrado de carga viva del techo. ....	115
Tabla 117 Centro de masa, rigidez y excentricidad del bloque A. ....	116
Tabla 118 Centro de masa, rigidez y excentricidad del bloque B. ....	116
Tabla 119 Centro de masa, rigidez y excentricidad del bloque C. ....	116
Tabla 120 Centro de masa, rigidez y excentricidad del bloque D. ....	117
Tabla 121 Centro de masa, rigidez y excentricidad del bloque E. ....	117
Tabla 122 Modos y periodos de vibración presentados del bloque A. ....	118
Tabla 123 Modos y periodos de vibración presentados del bloque B. ....	118
Tabla 124 Modos y periodos de vibración presentados del bloque C. ....	118
Tabla 125 Modos y periodos de vibración presentados del bloque D. ....	119
Tabla 126 Modos y periodos de vibración presentados del bloque E. ....	119
Tabla 127 Factores sísmicos de la edificación. ....	120
Tabla 128 Cortante basal del bloque A. ....	121
Tabla 129 Cortante basal del bloque B. ....	121

Tabla 130	Cortante basal del bloque C. ....	121
Tabla 131	Cortante basal del bloque D. ....	121
Tabla 132	Cortante basal del bloque E.....	121
Tabla 133	Comprobación del C/R de los bloques.....	122
Tabla 134	Distribución de fuerzas sísmicas en sismo estático del bloque A. ....	122
Tabla 135	Distribución de fuerzas sísmicas en sismo estático del bloque B. ....	122
Tabla 136	Distribución de fuerzas sísmicas en sismo estático del bloque C. ....	122
Tabla 137	Derivas en sismo estático del bloque A en dirección x-x. ....	123
Tabla 138	Derivas en sismo estático del bloque A en dirección y-y. ....	123
Tabla 139	Derivas en sismo estático del bloque B en dirección x-x.....	123
Tabla 140	Derivas en sismo estático del bloque B en dirección y-y.....	124
Tabla 141	Derivas en sismo estático del bloque C en dirección x-x.....	124
Tabla 142	Derivas en sismo estático del bloque C en dirección y-y.....	124
Tabla 143	Derivas en sismo estático del bloque D en dirección x-x. ....	124
Tabla 144	Derivas en sismo estático del bloque D en dirección y-y. ....	125
Tabla 145	Derivas en sismo estático del bloque E en dirección x-x.....	125
Tabla 146	Derivas en sismo estático del bloque E en dirección y-y.....	125
Tabla 147	Fuerzas cortantes mínima del bloque A. ....	127
Tabla 148	Fuerzas cortantes mínima del bloque B. ....	127
Tabla 149	Fuerzas cortantes mínima del bloque C. ....	127
Tabla 150	Fuerzas cortantes mínima del bloque D. ....	127
Tabla 151	Fuerzas cortantes mínima del bloque E. ....	127
Tabla 152	Factor de escalamiento del bloque B. ....	128
Tabla 153	Fuerzas cortantes mínima del bloque B con factor de escala.....	128
Tabla 154	Derivas en sismo dinámico del bloque A en dirección x-x.....	129
Tabla 155	Derivas en sismo dinámico del bloque A en dirección y-y.....	129
Tabla 156	Derivas en sismo dinámico del bloque B en dirección x-x.....	129
Tabla 157	Derivas en sismo dinámico del bloque B en dirección y-y.....	129
Tabla 158	Derivas en sismo dinámico del bloque C en dirección x-x.....	130
Tabla 159	Derivas en sismo dinámico del bloque C en dirección y-y.....	130
Tabla 160	Derivas en sismo dinámico del bloque D en dirección x-x.....	130
Tabla 161	Derivas en sismo dinámico del bloque D en dirección y-y.....	131
Tabla 162	Derivas en sismo dinámico del bloque E en dirección x-x. ....	131
Tabla 163	Derivas en sismo dinámico del bloque E en dirección y-y. ....	131
Tabla 164	Propiedades mecánicas del concreto. ....	132
Tabla 165	Propiedades mecánicas de acero. ....	132
Tabla 166	Secciones de las placas de corte del bloque C. ....	132
Tabla 167	Centro de masa y rigidez del bloque C reforzado. ....	134
Tabla 168	Modos y periodos de vibración del bloque C reforzado. ....	135
Tabla 169	Cortante basal del bloque C reforzado. ....	135
Tabla 170	Distribución de fuerzas sísmicas en sismo estático del bloque C reforzado.....	136
Tabla 171	Derivas en sismo estático del bloque C reforzado en dirección x-x. ....	136
Tabla 172	Derivas en sismo estático del bloque C reforzado en dirección y-y. ....	136
Tabla 173	Fuerzas cortantes mínima del bloque C reforzado. ....	137
Tabla 174	Distorsión en sismo dinámico del bloque C reforzado en dirección x-x. ....	137
Tabla 175	Distorsión en sismo dinámico del bloque C reforzado en dirección y-y. ....	137

## Índice de figuras

Figura 1	Secuencia de pasos para la selección de decisiones. ....	25
Figura 2	Clasificación de peligros.....	29
Figura 3	Peligros provocados por fenómenos de origen natural.....	30
Figura 4	Esquema de parámetros de peligrosidad en dimensión física.....	30
Figura 5	Esquema de parámetros de vulnerabilidad en dimensión física. ....	31
Figura 6	Mapa sísmico del Perú. ....	33
Figura 7	Mapa de distribución de máximas intensidades del Perú.....	35
Figura 8	Mapa de zonificación sísmica del Perú.....	36
Figura 9	Localización del punto de investigación.....	103
Figura 10	Localización de las calicatas.....	107
Figura 11	Modelo de la geometría de la estructura en una vista en planta y 3D del bloque A. .....	112
Figura 12	Modelo de la geometría de la estructura en una vista en planta y 3D del bloque B. .....	112
Figura 13	Modelo de la geometría de la estructura en una vista en planta y 3D del bloque C. .....	113
Figura 14	Modelo de la geometría de la estructura en una vista en planta y 3D del bloque D. .....	113
Figura 15	Modelo de la geometría de la estructura en una vista en planta y 3D del bloque E. .....	114
Figura 16	Espectro de pseudos aceleraciones en el eje x-x.....	126
Figura 17	Espectro de pseudos aceleraciones en el eje y-y.....	126
Figura 18	Modelo estructural en vista planta del bloque C reforzado. ....	133
Figura 19	Modelo estructural en vista 3D del bloque C reforzado. ....	134

## RESUMEN

En el Perú existen gran cantidad de instituciones educativas construidas con materiales de baja calidad, con normas técnicas pasadas, entre otros, que puedan presentar un comportamiento estructural deficiente. El objetivo del estudio es determinar las medidas de mitigación frente al riesgo sísmico en la Institución Educativa N° 5125 en el distrito de Ventanilla. Este estudio desarrolla una metodología de investigación con enfoque cuantitativo, de alcance descriptivo, con un diseño no experimental - transversal y una muestra no probabilística seleccionada por conveniencia, específicamente de la Institución Educativa N° 5125, donde se llevó a cabo mediante la aplicación de técnica de observación directa y análisis documental. Como resultado, se calculó un nivel de riesgo de 0.038, situándose en la categoría de riesgo alto de rango  $0.019 \leq R < 0.069$  y; además, se desarrolló un análisis estructural de los bloques, donde se propuso la aplicación de un refuerzo estructural en el bloque C de un muro de corte, logrando distorsiones dentro del límite en la dirección x-x de 0.0087. Se concluye que, especialmente en el bloque C, presenta un riesgo estructural, la cual se destaca la necesidad de implementar medidas de mitigación de refuerzo estructural para mejorar la capacidad de su resistencia.

**PALABRAS CLAVES:** riesgo sísmico, peligro, vulnerabilidad, análisis sísmico, reforzamiento estructural.

## ABSTRACT

In Peru there are a large number of educational institutions built with low quality materials, with outdated technical standards, among others, that may present poor structural behavior. The objective of the study is to determine the mitigation measures against seismic risk in Educational Institution No. 5125 in the Ventanilla district. This study develops a research methodology with a quantitative approach, descriptive scope, with a non-experimental - transversal design and a non-probabilistic sample selected by convenience, specifically from the Educational Institution No. 5125, where it was carried out through the application of technical of direct observation and documentary analysis. As a result, a risk level of 0.038 was calculated, placing it in the high risk category of range  $0.019 \leq R < 0.069$  and; In addition, a structural analysis of the blocks was developed, where the application of structural reinforcement in block C of a shear wall was proposed, achieving distortions within the limit in the x-x direction of 0.0087. It is concluded that, especially in block C, it presents a structural risk, which highlights the need to implement mitigation measures of structural reinforcement to improve its resistance capacity.

**KEYWORDS:** seismic risk, danger, vulnerability, seismic analysis, structural reinforcement.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

#### 1.1.1. Descripción del Problema

Los sismos son fenómenos naturales que ocurren cuando hay un movimiento en la Tierra lo que ocasiona una liberación de gran energía. Los grandes terremotos pueden devastar las zonas, la cual tienen un efecto de múltiples muertes y la destrucción en general.

Los terremotos más fuertes vistos en el mundo a lo largo de la historia fueron en Chile (1960) de 9.5 de magnitud, Alaska (1964) de 9.2 de magnitud, Indonesia (2004) de 9.1 de magnitud y Japón (2011) con 9.1 de magnitud. Por este motivo, existen muchas investigaciones que se realizan a fin de mitigar los efectos que ocasionan los desastres naturales.

U.S. Geological Survey (2023) afirmó lo siguiente:

El Sismo de Valdivia ocurrido en el año 1960, Chile, presentó un 9.5 Mw, provocó daños significativos por los movimientos en la región de Puerto Montt. Gran parte de los afectados y la mayor parte de los daños se dieron debido a los extensos tsunamis que afectaron la costa chilena desde Lebu hasta Puerto Aisén, así como también diversas áreas del Océano Pacífico. Este sismo representa el evento sísmico más importante del desde el 2000. El lugar que presentó ruptura se estima que cuenta con una longitud de aproximadamente 1000 km, desde Lebu hasta Puerto Aisén

El sismo en Prince William Sound de 1964, Alaska, con una magnitud de 9.2, se caracterizó por el complemento de desplazamiento en una región con un área aproximadamente 520 kilómetros cuadrados. La principal zona de elevación presentaba una orientación noreste desde la isla de Kodiak hasta Prince William Sound, con una orientación este-oeste al este del estrecho. Los cambios en desplazamientos laterales variaron entre unos 11.5 metros de ascenso y 2.3 metros de descenso con respecto al nivel del mar. Cerca del extremo suroeste de la isla Montague, se registró un desplazamiento vertical absoluto de aproximadamente 13 a 15

metros.

El sismo en Sumatra - Islas Andamán del 26 de diciembre de 2004, Indonesia, con una magnitud de 9.1, se originó debido a una imperfección de empuje entre la placa de la India y la microplaca de Birmania. En cuestión de minutos, la falla liberó tensiones elásticas acumuladas durante siglos debido a la causa que ocasiono la subducción continua de la placa de la India inferior a la microplaca de Birmania. En términos generales, las placas de India y Australia se mueven hacia el norte-noreste con relación a la placa de Eurasia, donde presentan velocidades aproximadas de 60 mm/año en la región del terremoto. Esto resulta en una convergencia oblicua en la Fosa de la Sonda, localizada a unos 200 km al suroeste del evento sísmico del 26 de diciembre.

En Tohoku, Japón se presentó un sismo en 11 de marzo de 2011, con 9.1 Mw, se originó como producto de un defecto de fuerza ejercida en la superficie en la región limítrofe de la zona de subducción entre las placas del Pacífico y América del Norte. En el lugar del sismo, la placa del Pacífico se movió en dirección al oeste y en relación con la placa de América del Norte. Este desplazamiento ocurrió a una velocidad de 83 mm/año, empezando su descenso hacia el oeste bajo la Fosa de Japón. Es importante señalar que ciertos investigadores parten la presente región en numerosas microplacas que posiblemente puedan definir los flujos relativos entre las placas más extensas de los continentes. Entre estas microplacas se incluyen Ojotsk y Amur, que forman parte de América del Norte y Eurasia, respectivamente.

El sismo en Ático - 6 km de la costa, del 23 de junio de 2001, en Perú, con una magnitud de 8.4, se ocasionó como producto de una falla por fuerza dada hacia la superficie del límite de placas en relación de las placas de Nazca así como también en América del Sur. En el lugar del sismo, la placa de Nazca se desplaza hacia el este-noreste en relación con América del Sur a una rapidez de aproximadamente 78 mm./año, y comienza su descenso hacia el manto en la Fosa Perú-Chile, al suroeste del sismo del 23 de junio. Este sismo de gran magnitud provocó

cantidades de víctimas, donde principalmente fueron asociadas con los tsunamis y deslizamientos de tierra.

El sismo en Paramonga - 43 km de distancia, del 17 de octubre de 1966, en Perú, con una magnitud de 8.1, tuvo su epicentro justo al frente de la costa de Callao, provocando la pérdida de alrededor de 125 vidas y dejando aproximadamente 3000 personas heridos. El pueblo de Huacho sufrió daños mayores, que dejaron a más de 20000 residentes sin una vivienda. Un acontecimiento fue el del festival religioso en Callao, donde varias personas perdieron la vida cuando en algunas iglesias llegaron a colapsar. En esta ciudad, una calle se dividió debido a un abismo de numerosos pies de ancho. En Lima, las 2300 viviendas experimentaron daños estructurales primordiales. Los vehículos fueron sacudidos, las cornisas se hundieron en las calles y el tráfico quedó paralizado durante horas. Además, se informaron de deslizamientos de tierra y grietas grandes en el suelo a lo largo de la carretera Panamericana al norte de Ancón. Este evento sísmico provocó un tsunami con alturas de hasta 11.3 pies en La Punta-Callao.

El sismo de San Vicente de Cañete - 41 km de la costa, del 15 de agosto de 2007, Perú, con una magnitud de 8.0, tuvo inicio de una falla de empuje superficial, localizadas a unos 100 km al este de la Fosa Perú-Chile. Este evento sísmico ocurrió en la interfaz de la zona de subducción entre las placas de Nazca y América del Sur. En esta área del sismo, estas dos placas convergen a una velocidad aproximada de 77 mm/año, con la placa sudamericana elevándose y desplazándose hacia el mar sobre la placa de Nazca. La localización del sismo, la profundidad y las características del mecanismo focal sugieren que la fuente del terremoto probablemente se ubicó a lo largo de la interfaz entre ambas placas.

Yauri, S. (2017) afirmó lo siguiente:

Desde una perspectiva geográfica, el territorio peruano está situado en el conocido "Cinturón de Fuego del Pacífico", una región donde se desplazan las zonas de convergencia,

que son los límites entre las placas tectónicas que chocan entre sí, provocando procesos de subducción. Debido a estos procedimientos, las placas oceánicas actuales se sumergen bajo las placas continentales, dando lugar a terremotos y tsunamis de una mayor magnitud en la Tierra. A lo largo de la zona costera y gran parte de Sudamérica, se extiende el área de contacto entre la placa oceánica Nazca y la placa continental Sudamericana, donde la primera se introduce de manera constante bajo la segunda. Esta dinámica genera una serie de procesos cíclicos que propician la ocurrencia de sismos, como los registrados en Arequipa en 2001 y Pisco en 2007. Como consecuencia, las ciudades costeras en el territorio peruano enfrentan constantemente el riesgo de sismos y tsunamis. La zona más crítica, en aspectos de tamaño y magnitud, se ubica frente a la costa central de Perú, abarcando la región de Lima y partes de las regiones de Ancash al norte e Ica al sur. Estudios indican que, de liberarse la energía sísmica acumulada desde el terremoto de 1746, ocurrido hace más de 270 años, podría desencadenarse un sismo con una magnitud estimada entre 8.5 y 8.8. (p. 3)

### **1.1.2. Antecedentes**

#### **1.1.2.1. Antecedentes Internacionales**

**Zare, Shojaei, Akasheh, Ostadtaghizadeh y Dorostian (2020)** presentan un artículo titulado “Evaluación del grado de resiliencia física de Babol frente a terremotos”, en el Nexo Revista Científica. El objetivo principal del estudio es evaluar la resiliencia física de los 22 barrios de Babol ubicados en el norte de Irán frente a los terremotos. El autor siguiendo como metodología el enfoque cuantitativo y cualitativo mediante el diseño no experimental de alcance descriptivo y analítico con una muestra de 22 barrios. Presenta como resultado que alrededor del 46,6% de la población de Babol vive en zonas de alto riesgo con niveles muy bajos de resiliencia, lo cual es significativo, y sólo el 33,5% de la población de la ciudad se encuentra en zonas de bajo riesgo con niveles altos y muy altos. resiliencia. El autor concluye que los tres índices de la tasa de aceleración aplicada durante los terremotos, el porcentaje de

textura residencial y las distancias a instalaciones peligrosas tenían el valor más alto, y la profundidad del nivel estático del agua, la vulnerabilidad de la red de telecomunicaciones y la zona ribereña. Como comentario se añade que este estudio aportará a la presente investigación información para entender la metodología que fue elegida para evaluar el riesgo ante un evento sísmico.

**Curihuinca (2021)** presenta la tesis titulada “Modos de habitar un escenario de riesgo sísmico. El Caso de la Falla San Ramon en el piedemonte de Santiago, Chile”, a la Universidad de Chile, para optar el Grado Académico de Magister en Urbanismo. El objetivo principal del estudio es examinar los estilos de vida de las comunidades en las cercanías de la Falla San Ramón, con el propósito de comprender cómo la vulnerabilidad, tanto a nivel social como físico, afecta la manera en que podrían enfrentar posibles escenarios de riesgo sísmico. El autor siguiendo como metodología el enfoque cuantitativo mediante el diseño no experimental de alcance descriptivo y exploratorio con una muestra probabilística estratificada de viviendas al interior de las zonas censales. Presenta como resultado un mapa de vulnerabilidad y resiliencia en base al análisis multicriterio con niveles de 1.0 – 6.5 (resiliente), 6.6 – 15.0, 15.1 – 30.0, 30.1 – 45.0 y de 45.1 – 90.7 (vulnerable), la cual presenta un mayor porcentaje en el nivel de 15.1 – 30.0. El autor concluye que, mediante la aplicación del método PAJ, se pudo identificar áreas de encuentro entre diversos grupos con distintos niveles de vulnerabilidad dentro del ámbito de estudio de la Falla San Ramón. Como comentario se añade que este estudio aportará a la presente investigación información para entender la metodología que fue elegida para analizar el riesgo ante un posible sismo.

**Peña y Yunapanta (2022)** presentan la tesis titulada “Propuesta de reforzamiento de vigas de alma llena de puentes metálicos con fibra de carbono y resina epóxica”, a la Universidad Técnica de Ambato, para obtener el Grado Académico en Maestría para la carrera de Ingeniería Civil. El objetivo principal del estudio es desarrollar una sugerencia para

fortalecer vigas de alma completa en puentes de metal con la utilización fibra de carbono y resina epóxica. El autor sigue como metodología el enfoque cualitativo mediante el diseño experimental de alcance aplicativa y con una muestra no probabilística por conveniencia de dos vigas reforzadas y dos vigas no reforzadas. Los resultados señalan que, en los ensayos experimentales de la viga IPE, se observó una discrepancia máxima de 1.19 mm en la deflexión para las vigas no reforzadas, mientras que en las vigas reforzadas se registra una diferencia máxima de 0.544 mm. El autor concluye que, en vigas de mayor longitud, como es el caso de la viga de 40 metros, se llegó al punto que el uso de fibra de carbono para reforzar vigas de acero amerita a la reducción de esfuerzos y deflexiones. Como comentario se añade que este estudio aportará a la presente investigación información para entender la metodología que fue elegida para el desarrollo del reforzamiento estructural ante un evento sísmico.

#### **1.1.2.2. Antecedentes Nacionales**

**Ortiz (2022)** presenta la tesis titulada “Riesgo geotécnico ante eventos sísmicos que afecten la estabilidad del talud en el acantilado de la Costa Verde”, a la Universidad Ricardo Palma para obtener el Grado Académico de Título Profesional en la carrera de Ingeniería Civil. El objetivo principal del estudio es analizar el riesgo geotécnico ante posibles sismos que puedan afectar la estabilidad del talud que se encuentra en el acantilado de la Costa Verde en Chorrillos para analizar su nivel de riesgo. El autor siguiendo como metodología el enfoque cuantitativo mediante el diseño de manera no experimental con alcance descriptivo, correlacional y explicativo y con una muestra presentada probabilística de zonas que podría afectar al acantilado ubicado en la Costa Verde en Chorrillos. Presenta como resultado que, al analizar la vulnerabilidad en el aspecto geotécnica ante posibles eventos sísmicos, muestra niveles de vulnerabilidad en un nivel muy alta que se encontró dentro de los valores  $0.262 \leq P \leq 0.464$  y de nivel alta que estuvo dentro de los valores  $0.142 \leq P \leq 0.260$  la cual el talud se halló que es vulnerable ante sismos. El autor concluye que el cálculo del riesgo geotécnico y

la estabilidad en que se encontró el talud nos facilitó poder conocer que mayor al 65% de los perfiles del talud que se pudo analizar fueron inestables y cuenta con probabilidad de falla hasta un 66%. Como comentario se añade que este estudio contribuirá a la presente investigación información para entender la metodología que fue elegida para poder desarrollar el análisis de riesgo en la que se pueda encontrar la presente institución educacional.

**Rodríguez (2019)** presenta la tesis titulada “Vulnerabilidad estructural ante riesgo sísmico de las viviendas de la subcuenca Chucchun - Carhuaz”, a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, para obtener al Grado Académico de Doctorado en el ámbito de Ciencias Ambientales. El objetivo primordial de esta investigación es la determinación del estado de vulnerabilidad en las estructuras ante el riesgo sísmico de las viviendas que se encuentran en la Subcuenca Chucchun, en Carhuaz, Ancash. El investigador siguiendo con la metodología el enfoque cuantitativo y cualitativo mediante el diseño no experimental con los alcances empírico, descriptivo y explicativo; además, se presenta una muestra no probabilística poblacional de 343 viviendas encuestados. Presenta como resultado que el valor de 89.00% son de material de adobe, el valor de 90.40% tienen presencia de paredes adobe, la cantidad de 41.70% tienen presencia de cubiertas del material de madera y también de arcilla, la cantidad de 37.00% presentan dos niveles y fueron construidas antes del año 1989 y, finalmente, la cantidad de 69.70% se encuentran en lugares de suelos arcillosos. El autor llega a la conclusión que el valor que se obtuvo del índice de vulnerabilidad de las viviendas que están dentro de la subcuenca Chucchun fue de 0.25, donde presentó una vulnerabilidad en un nivel alto, la que se analizó desde una dimensión de manera física usando el proceso de análisis jerárquico con la presencia de una matriz de 8 x 8 de parámetros y sus pesos ponderados. Como comentario se añade que este estudio aportará a la presente investigación información para entender la metodología que fue elegida para la determinación de la vulnerabilidad ante un sismo.

**Marca y Rojas (2021)** presentan la tesis titulada “Análisis comparativo de 2 tipos de

refuerzos estructurales para la “Institución Educativa N°4460 - Cesar Cohaila Tamayo” en el departamento de Tacna”, a la Universidad Ricardo Palma, para optar el Grado Académico de Título Profesional de Ingeniero Civil. El propósito principal del estudio es realizar la comparativa de dos tipos de refuerzos para estructuras en la institución educativa N°4460 Cesar Cohaila Tamayo, Tacna. El autor siguiendo como metodología el enfoque cuantitativo mediante el diseño de manera no experimental; adicionalmente, se cuenta con un alcance descriptivo y una muestra de no probabilística por conveniencia en la institución educativa N°4460 - Cesar Cohaila Tamayo. Presenta como resultados un aumento de la rigidez estructural que provocó desplazamientos laterales sean inferiores al 0.005 y se pudo reducir los efectos de torsión debido a que los factores son inferiores al 1.20 en los dos sentidos. El autor llega a la conclusión que la estructura es rígida y tiene un correcto comportamiento durante un sismo y así evitar la pérdida de vidas, un aseguramiento de la continuidad de servicios más básicos y poder minimizar posibles daños a la estructura. Como comentario se añade que este estudio aportará a la presente investigación información para entender la metodología que fue elegida para el desarrollo del reforzamiento estructural ante un evento sísmico.

### **1.1.2.3. Antecedentes Regionales**

**Apaza y Taboada (2020)** presentan la tesis titulada “Plan de mitigación del riesgo sísmico para la mejora del desempeño estructural de las edificaciones informales”, a la Universidad Ricardo Palma, para lograr el Grado Académico de Título Profesional en la carrera de Ingeniería Civil. El objetivo principal del estudio es planificar mitigaciones de riesgo ante un sismo donde se pueda describir la metodología pertinente para la mejora de los desempeños en las estructuras de las edificaciones informales. El autor emplea una metodología que abarca tanto enfoques cuantitativos como cualitativos, mediante un diseño no experimental de alcance descriptivo, explicativo y correlacional, analiza una muestra de 383 edificaciones. Los mapas

temáticos que resultaron señalan que el 80% de estas estructuras exhiben niveles de vulnerabilidad clasificados como alto (51%) y muy alto (29%). Esto respalda la afirmación de que un porcentaje relativamente alto de las edificaciones en la zona presenta un índice elevado de vulnerabilidad. En base a estos datos, el autor concluye que, al simular un evento sísmico severo, se llega a que el 71.27% de las edificaciones contarán con colapso parcial o total, mientras que las restantes experimentarán daños estructurales severos. Como comentario se añade que este estudio aportará a la presente investigación información para entender la metodología que fue elegida para el desarrollo de la evaluación del riesgo sísmico ante un evento sísmico.

**Cabello y Sotelo (2020)** presenta la tesis titulada “Identificación del crecimiento urbano en zonas de pendiente para evaluar el riesgo sísmico”, a la Universidad Ricardo Palma, para optar el Grado Académico de Título Profesional de Ingeniero Civil. El objetivo principal del estudio es detectar las áreas urbanas ocupadas mediante el análisis de imágenes satelitales en diferentes momentos temporales con el fin de evaluar el riesgo sísmico en las pendientes de las colinas localizadas en el distrito de Villa María Del Triunfo. El autor siguiendo como metodología el enfoque cuantitativo y cualitativa mediante el diseño no experimental de alcance descriptivo - correlacional y con una muestra no probabilística poblacional de 2311 viviendas identificados. Presenta como resultado que el 13.00% presenta un grado de riesgo medio, el 53.00% un grado de riesgo alto, y finalmente el grado de riesgo muy alto ocupan un porcentaje del 34.00%. El escritor llega a la conclusión de que el uso de plataformas satelitales y herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) demuestra ser un método eficaz para poder detectar áreas ocupadas en el suelo y para poder identificar el desarrollo urbano a lo largo del tiempo. Como comentario se añade que este estudio aportará a la presente investigación información para entender la metodología que fue elegida para el desarrollo de la evaluación del riesgo sísmico ante un evento sísmico.

**Miranda y Yañez (2022)** presentan la tesis titulada “Análisis Comparativo de Métodos de Reforzamiento Estructural para mejorar la Viabilidad en el Edificio Reducto, Miraflores”, a la Universidad Ricardo Palma, para optar el Grado Académico de Título Profesional de Ingeniero Civil. El objetivo principal del estudio es llevar a cabo una comparativa entre diversos métodos de refuerzo estructural con el fin de mejorar la viabilidad del edificio localizado en Reducto, Miraflores. El autor siguiendo como metodología el enfoque cuantitativo mediante el diseño no experimental de alcance descriptivo - correlacional y con una muestra no probabilística por conveniencia del Edificio Reducto en Miraflores. Presenta como resultado que el incremento en los momentos debido al refuerzo con acero estructural es significativamente superior con el valor de 508% en comparativa al obtenido por el reforzamiento con fibras de carbono que cuenta con 51% y, respecto al promedio de reducción de deformaciones, se evidencia que el refuerzo con acero estructural presenta una disminución significativa del 10% al obtenido por el reforzamiento con fibras de carbono de 60%. El investigador llegó a la conclusión que la utilización de refuerzo con fibras de carbono demuestra ser más eficaz para abordar las deficiencias de resistencia y deformación en los componentes estructurales. Como comentario se añade que este estudio aportará a la presente investigación información para entender la metodología que fue elegida para el desarrollo del refuerzo estructural ante un evento sísmico.

### **1.1.3. Bases Teóricas**

#### **1.1.3.1. Sismo**

Se describe al sismo como una fase de generación y de liberación de energía que consecutivo a ello se extiende en un aspecto de ondas por el interior de la tierra. Al llegar a la superficie, las ondas son identificadas por las estaciones sísmicas y el sacudimiento del suelo es observado por los habitantes. (Instituto Geofísico del Perú [IGP], 2023)

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres

(2017) caracteriza a los sismos como un proceso paulatino, continuo y constante de liberación repentina de energía mecánica ocasionada por los cambios en el estado de esfuerzos, de las deformaciones y de los desplazamientos dados, los cuales se encuentran regidos por la resistencia de los materiales rocosos que cuenta la corteza terrestre, ya sea en zonas de interacción de placas tectónicas o dentro de ellas. Una porción de la energía liberada lo hace en forma de ondas sísmicas y otra parte se transforma en calor, debido a la fricción en el plano de la falla. (p. 34)

#### **1.1.3.2. Límite Divergente**

Las placas pueden separarse en un límite. También se le conoce como límite de placa constructiva, ya que se produce material nuevo en la superficie límite. La Cordillera del Atlántico Medio es un buen ejemplo de límite de placa constructiva. (BGS, 2023)

#### **1.1.3.3. Límite Convergente**

Las placas pueden acercarse una a otra en un límite. También se le conoce como límite de placa destructiva que muestra la subducción de una placa oceánica bajo una placa continental. En las zonas de subducción, la placa oceánica es empujada hacia abajo, o subducida, por debajo de la litosfera continental. A medida que la placa oceánica desciende, se generan terremotos dentro de la placa y en la interfaz entre las placas. Los límites destructivos de las placas incluyen fosas oceánicas profundas como la fosa Perú-Chile, donde la placa de Nazca (una placa oceánica) está siendo subducida bajo la placa sudamericana (continental), es decir, la placa oceánica es forzada debajo de la placa continental. Estos límites tienden a producir la mayoría de los terremotos que tienen magnitudes superiores a 6,0. Las zonas de subducción también producen los terremotos más profundos. (BGS, 2023)

#### **1.1.3.4. Límite Transformantes**

Las placas pueden pasar unas sobre otras en el mismo plano en un límite. También se conoce como límite de placa conservadora, ya que implica movimiento, pero no pérdida o

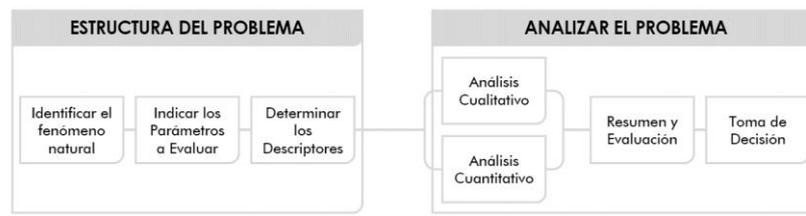
creación de material en la superficie. Los ejemplos incluyen la falla de San Andrés en Estados Unidos y la falla de Anatolia en Asia Menor. (BGS, 2023)

### 1.1.3.5. Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ)

El método del matemático Thomas L. Saaty (1980) diseñó con el propósito de solucionar problemas complejos de criterios múltiples. Consiste en la construcción de un modelo jerárquico, que les permite a los actores (quienes toman las decisiones) estructurar el problema de forma visual. (CENEPRED, 2015, p. 20)

#### Figura 1

*Secuencia de pasos para la selección de decisiones.*



*Nota.* Adaptado del *Flujo metodológico a seguir para la toma de decisiones* (p. 206), por Toskano (2005), 2015, Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.

**Tabla 1**

*Escala de Saaty*

ESCALA NUMERICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

*Nota.* Saaty (1980)

**1.1.3.6. Cálculos de la Ponderación de los Parámetros**

Primero: Se elabora la **matriz de comparaciones pareadas**, donde refleja las comparativas entre criterios, subcriterios y/o descriptores según el área de interés. En el caso de ponderación de criterios esta matriz nos ayuda a establecer la importancia de un criterio en comparación a otro, de esta manera nos ayudará para la ponderación de criterios. (CENEPRED, 2015, p. 203)

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Realizamos la suma en posición vertical de los elementos de cada columna, así obtener los valores:

$$v_1, v_2 \dots v_n = \sum_{i=1}^n a_i$$

Segundo: Se procede a formar **la matriz de comparaciones normalizada**. Este se obtiene al dividir cada elemento de matriz entre el total de la suma, para conseguir:

$$A_{Normalizada} = \begin{pmatrix} \frac{1}{v_1} & \frac{a_{12}}{v_2} & \dots & \frac{a_{1n}}{v_n} \\ \frac{a_{21}}{v_1} & \frac{1}{v_2} & \dots & \frac{a_{2n}}{v_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{a_{n1}}{v_1} & \frac{a_{n2}}{v_2} & \dots & \frac{1}{v_n} \end{pmatrix}$$

Tercero: Se lleva a cabo el paso siguiente que consiste en obtener el **vector prioridad** donde nos proporcionará los pesos ponderados de cada criterio a partir de la matriz normalizada:

$$P = \begin{pmatrix} \sum_{j=1}^n a_{1j} \\ \sum_{j=1}^n a_{2j} \\ \dots \\ \sum_{j=1}^n a_{nj} \end{pmatrix}$$

Y de esta manera se cuenta con el vector de prioridades de los criterios:

$$P = \begin{pmatrix} p_{c11} \\ p_{c12} \\ \dots \\ p_{c1n} \end{pmatrix}$$

Se debe señalar que la adición de los elementos del vector prioridad debe ser igual a 1.

### 1.1.3.7. Cálculo del Índice de Consistencia (IC)

Se procede a verificar la posible existencia de consistencia entre los juicios emitidos. (CENEPRED, 2015, p. 203)

Primero: Se procede a la multiplicación de cada valor presente de la primera columna de la matriz de comparación pareada por la prioridad relativa del primer elemento que se

considera y así sucesivamente. Posteriormente, se deben adicionar los valores sobre las filas para contar con un vector de valores, denominado Vector Suma Ponderada (VSP).

$$\begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} p_{c11} \\ p_{c12} \\ \dots \\ p_{c1n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} VSP_{11} \\ VSP_{12} \\ \dots \\ VSP_{1n} \end{pmatrix}$$

Segundo: Se realiza la división de los elementos del vector de suma ponderada entre el valor de prioridad para cada uno de los criterios:

$$\begin{aligned} \frac{VSP_{11}}{p_{c11}} &= \lambda_1 \\ \frac{VSP_{12}}{p_{c12}} &= \lambda_2 \\ \dots & \\ \frac{VSP_{1n}}{p_{c1n}} &= \lambda_n \end{aligned}$$

Tercero: Luego se calcula la lambda máxima.

$$\lambda_{max} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n}{n}$$

Cuarto: Esto nos facilita hallar la relación de consistencia de la matriz para comprobar si las decisiones tomadas fueron idóneas.

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

### 1.1.3.8. Cálculo de la Consistencia Aleatorio (IA)

Los valores del Índice Aleatorio para los diferentes “n”, hallados de acuerdo con la simulación de 100,000 matrices (Aguaron y Moreno, 2001), son: (CENEPRED, 2015, p. 205)

**Tabla 2**

*Valores del índice aleatorio*

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

### 1.1.3.9. Cálculo de la Relación de Consistencia (RC)

En caso de las matrices con tres parámetros la RC debe ser inferior a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser inferior a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser inferiores a 0.10. (CENEPRED, 2015, p. 204)

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

### 1.1.3.10. Peligrosidad

Se define por la probabilidad de que un fenómeno, potencialmente perjudicial, de origen natural, se presente en un lugar específico, con una intensidad específica y en un período de tiempo y frecuencia previamente establecidos. (CENEPRED, 2015, p. 20)

Categorización de peligro. Según su origen, puede ser en dos tipos: aquellos generados por fenómenos de origen natural y aquellos que son inducidos por la actividad humana. (CENEPRED, 2015, p. 21)

### Figura 2

*Clasificación de peligros*

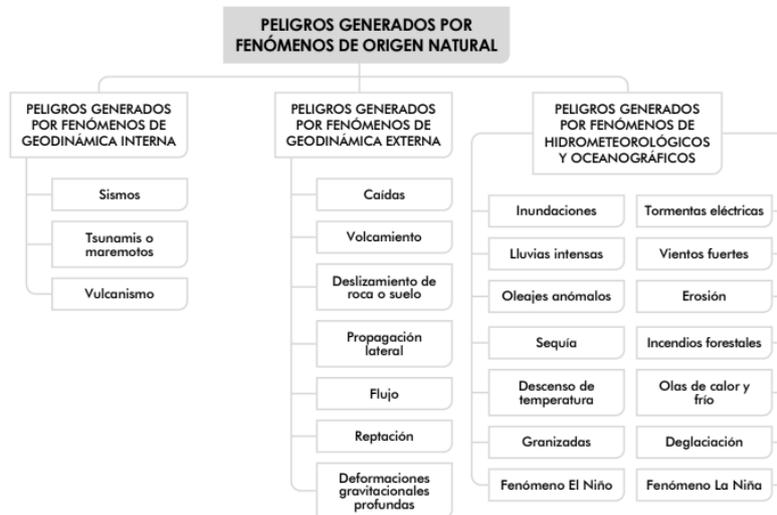


*Nota.* Adaptado del *Clasificación de peligros* (p. 21), CENEPRED, 2015, Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.

La presente clasificación permitió organizar los fenómenos de origen natural en tres grupos:

**Figura 3**

*Peligros provocados por fenómenos de origen natural*

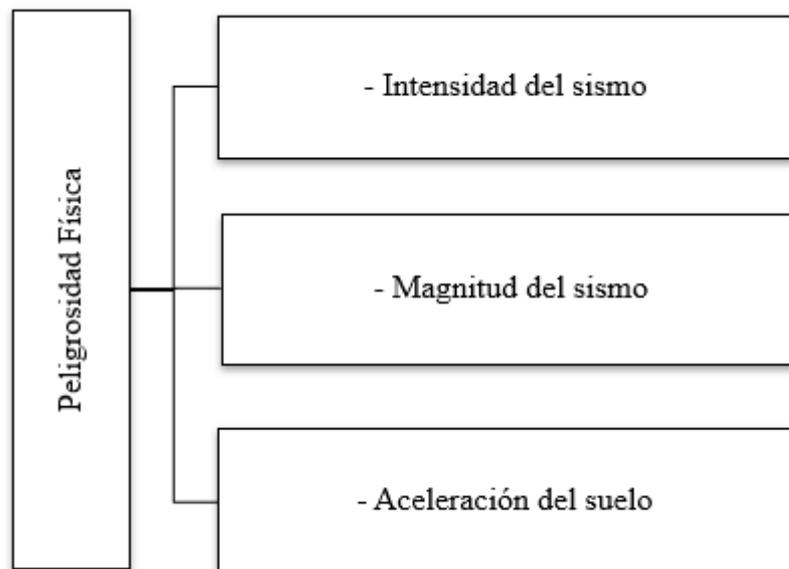


*Nota.* Adaptado del *Clasificación de peligros originados por fenómenos naturales* (p. 22), CENEPRED, 2015, Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.

### 1.1.3.11. Parámetros de Peligrosidad

**Figura 4**

*Esquema de parámetros de peligrosidad en dimensión física.*



*Nota.* Adaptado del *Manual para la Evaluación del Riesgo por Sismos* (p. 51), por CENEPRED, 2015.

### 1.1.3.12. Vulnerabilidad

La vulnerabilidad consiste la susceptibilidad de la población, la infraestructura física o las actividades socioeconómicas que puede sufrir daños por casusa de un peligro. Esta puede ser comprendida por tres factores: Exposición, Fragilidad y Resiliencia, donde se expresa en rango de 0 a 1. (CENEPRED, 2015, p. 194)

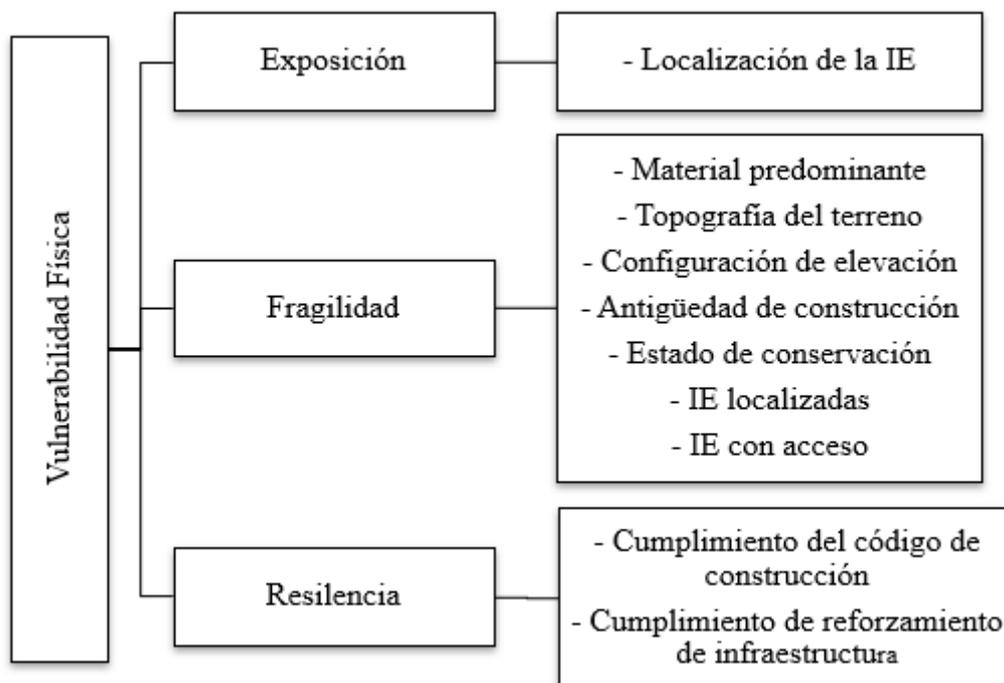
### 1.1.3.13. Análisis de la Vulnerabilidad

Durante la etapa de la evaluación de riesgos, se procede a analizar los factores de exposición, fragilidad y la resiliencia con relación al grado de peligrosidad identificada, se evalúa el grado de vulnerabilidad y se elabora un mapa que representa gráficamente el grado de vulnerabilidad de la unidad física, social o ambiental evaluada. (CENEPRED, 2015, p. 189)

### 1.1.3.14. Parámetros de Vulnerabilidad

**Figura 5**

*Esquema de parámetros de vulnerabilidad en dimensión física.*



*Nota.* Adaptado del Manual para la Evaluación del Riesgo por Sismos (p. 51), por CENEPRED, 2015.

### **1.1.3.15. Riesgo de Desastre**

El riesgo es la probabilidad de que los habitantes y sus medios de vida experimenten daños y pérdidas debido a su condición de vulnerabilidad y la influencia de un peligro. (CENEPRED, 2015, p. 194)

### **1.1.3.16. Cálculo de Riesgos**

Esta etapa de la evaluación de riesgos, en se realiza los niveles de riesgos mediante la medición, tanto cualitativa como cuantitativa, de los posibles los daños o afectaciones. Debido a ello se elabora el mapa de zonificación que representa el nivel de riesgo y se proponen medidas de control preventivo y de reducción abordando tanto estructuralmente como no estructural. (CENEPRED, 2015, p. 189)

### **1.1.3.17. Magnitud del Sismo**

Esta magnitud es una escala que permite la medición del total de la energía liberada en el epicentro y originalmente propuesta como la escala de Richter, en el año 1935. Es una escala logarítmica, que permite que los niveles asignados no sigan un patrón lineal y permitan la medición de sismos muy pequeños hasta aquellos que alcanzan valores en magnitud del orden de 6.5 MI (llamada también como escala de magnitud local, de siglas “MI”). Actualmente, la escala de magnitud más precisa y utilizada es la escala de magnitud de momento (Mw) que permite medir sin restricción sismos pequeños y grandes como el ocurrido en Japón en el 2011. (IGP, 2023)

Según CENEPRED (2015) afirma que se clasifican en:

Mayor a 8.0: Grandes terremotos.

6.0 a 7.9: Sismo mayor.

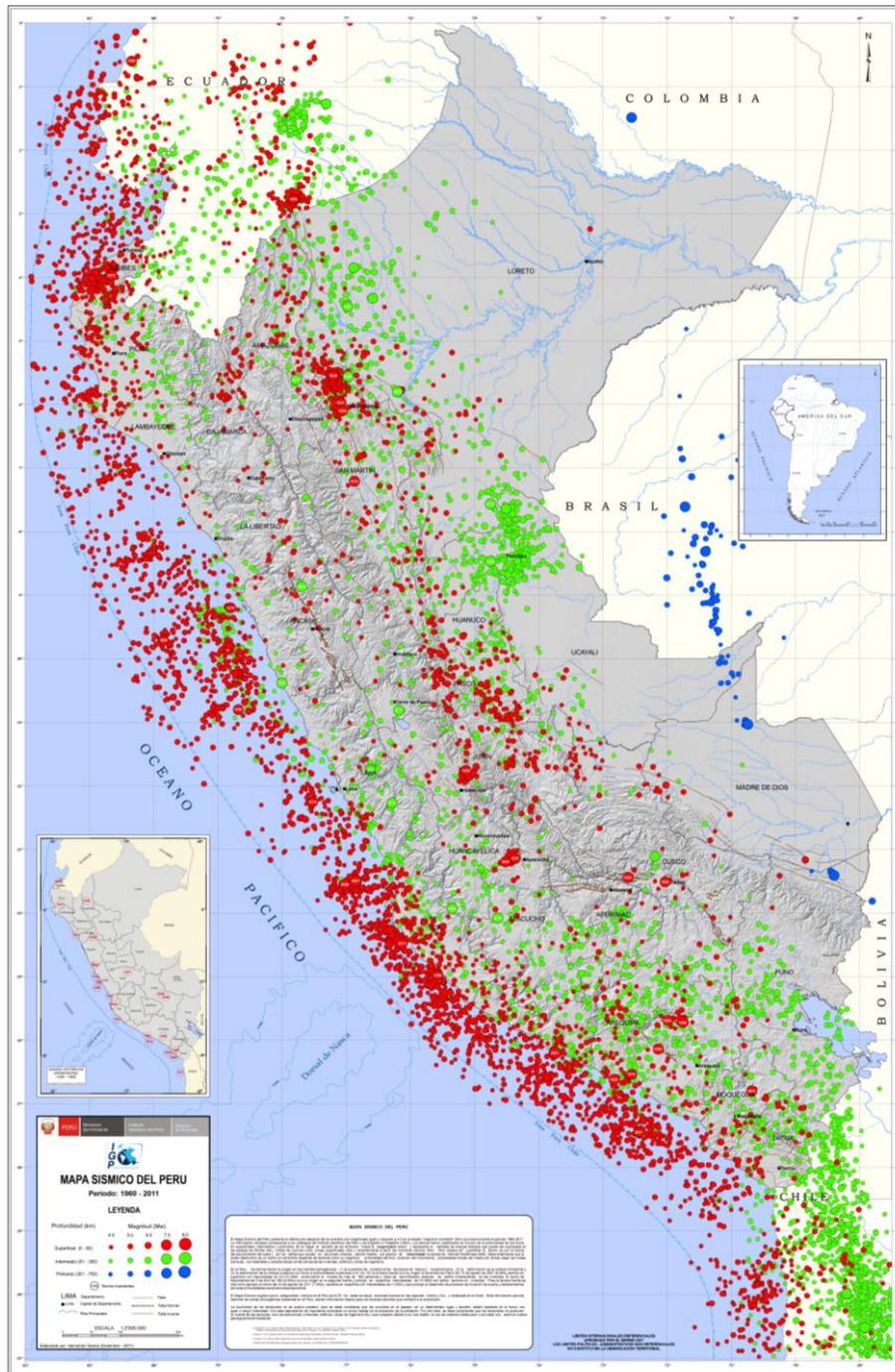
4.5 a 5.9: Pueden causar daños menores en la localidad.

3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente.

Menor a 3.4: No es sentido en general, pero es registrado en sismógrafos. (p. 40)

**Figura 6**

*Mapa sísmico del Perú.*



*Nota.* Adaptado de *Mapa sísmico del Perú* [Fotografía], por Instituto Geofísico del Perú (IGP), 20011, SIGRID y CENEPRED, (<https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/1118>) CENEPRED.

### 1.1.3.18. Intensidad del Sismo

Consiste en la medida de las consecuencias producidas por un sismo en aspectos de personas, animales, estructuras y terreno en un punto específico. Los valores de intensidad se expresan con números romanos en la escala de intensidades de Mercalli modificada (Wood y Neumann, 1931) que categoriza los efectos sísmicos con doce niveles ascendentes en la severidad del sacudimiento. La intensidad no sólo está vinculada con la fuerza del sismo (magnitud) sino que también de la distancia epicentral. (IGP, 2023)

**Tabla 3**

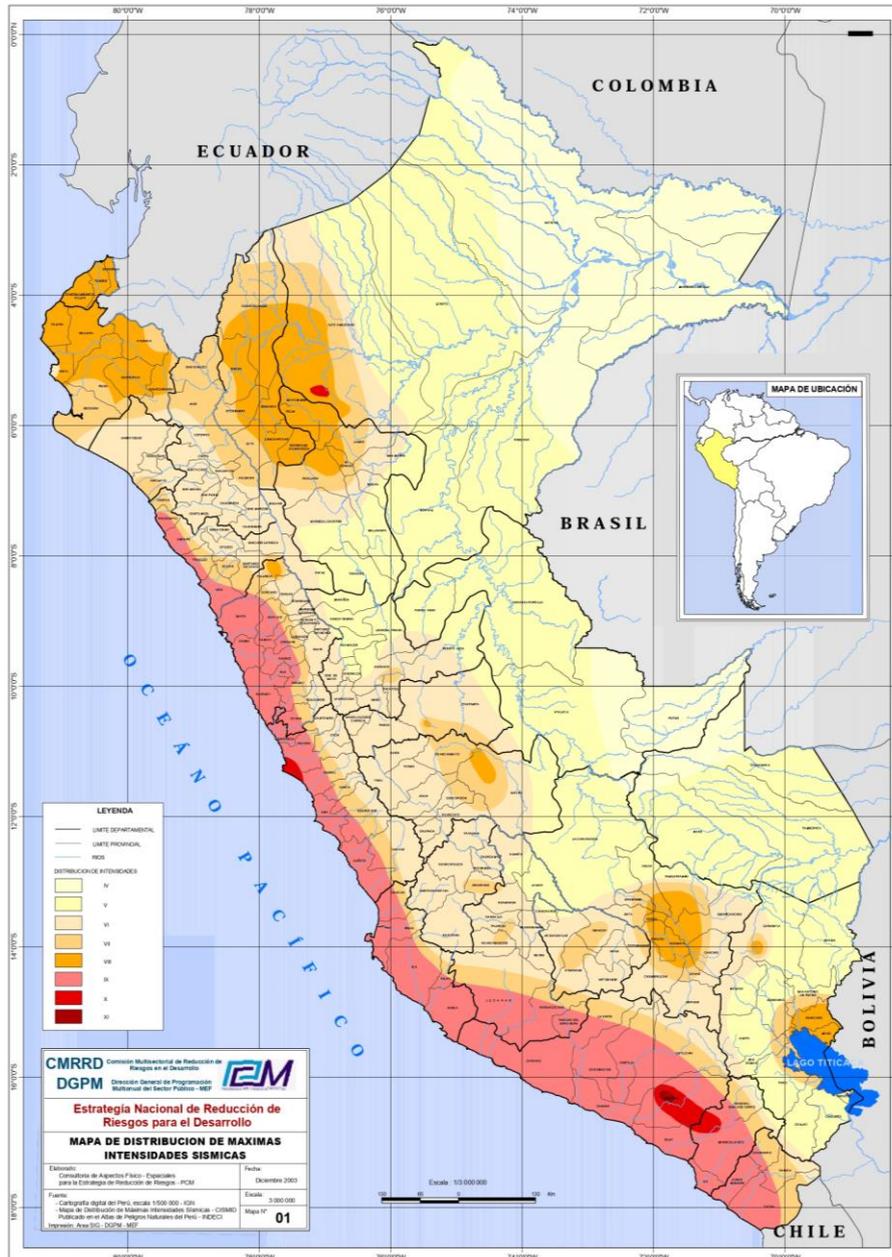
*Escala de Intensidad de Mercalli modificada en el año 1999.*

GRADO	DESCRIPCIÓN
I	No sentido excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables.
II	Sentido solo por muy pocas personas en reposos, especialmente en pisos altos de edificaciones. Objetos suspendidos delicadamente pueden oscilar.
III	Sentido muy sensiblemente por las personas dentro de edificaciones, especialmente las ubicadas en los pisos superiores. Muchas personas no se dan cuenta que se trata de un sismo. Automóviles parados pueden balancearse ligeramente. Vibraciones como las producidas por el paso de un cambio. Duración apreciable.
IV	Durante el día sentido en interiores por muchos, al aire libre por algunos. Por la noche algunos se despiertan. Platos, ventanas, puertas agitadas; las paredes crujen. Sensación como si un camión chocara contra el edificio. Automóviles parados se balancean apreciablemente
V	Sentido por casi todos, muchos se despiertan. Algunos platos, ventanas y similares rotos; grietas en el revestimiento de algunos sitios. Objetos inestables volcados. Algunas veces se aprecia balanceo de los árboles, postes y otros objetos altos. Los péndulos de los relojes pueden pararse
VI	Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algunos muebles pesados se mueven; algunos casos de caída de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve.
VII	Todo el mundo corre al exterior. Daño significativo en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras corrientes bien construidas; considerable en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas; se rompen algunas chimeneas. Notado por personas que conducen automóviles.
VIII	Daño leve en estructuras diseñadas especialmente; considerables en edificios corrientes sólidos con colapso parcial; grande en estructuras de construcción pobre. Paredes separadas de la estructura. Caída de chimeneas, rimeros de fábricas, columnas, monumentos y paredes. Muebles pesados volcados. Eyección de arena y barro en pequeñas cantidades. Cambios en pozos de agua. Conductores en automóviles entorpecidos.
IX	Daño considerable es estructuras de diseño especial; estructuras con armaduras bien diseñadas pierden la vertical; grande en edificios sólidos con colapso parcial. Los edificios se desplazan de los cimientos. Grietas visibles en el suelo. Tuberías subterráneas rotas.
X	Algunos edificios bien construidos en madera destruidos; la mayoría de las obras de estructura de ladrillo, destruidas con los cimientos; suelo muy agrietado. Carriles torcidos. Corrimientos de tierra considerables en las orillas de los ríos y en laderas escarpadas. Movimientos de arena y barro. Agua salpicada y derramada sobre las orillas
XI	Pocas o ningunas obra de albañilería queda en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el suelo. Tuberías subterráneas completamente fuera de servicio. La tierra se hunde y el suelo se desliza en terrenos blandos. Carriles muy retorcidos.
XII	Destrucción total. Se ven ondas sobre la superficie del suelo. Líneas de mira (visuales) y de nivel deformadas. Objetos lanzados al aire.

Nota. Fuente Tavera (2006)

**Figura 7**

Mapa de distribución de máximas intensidades del Perú



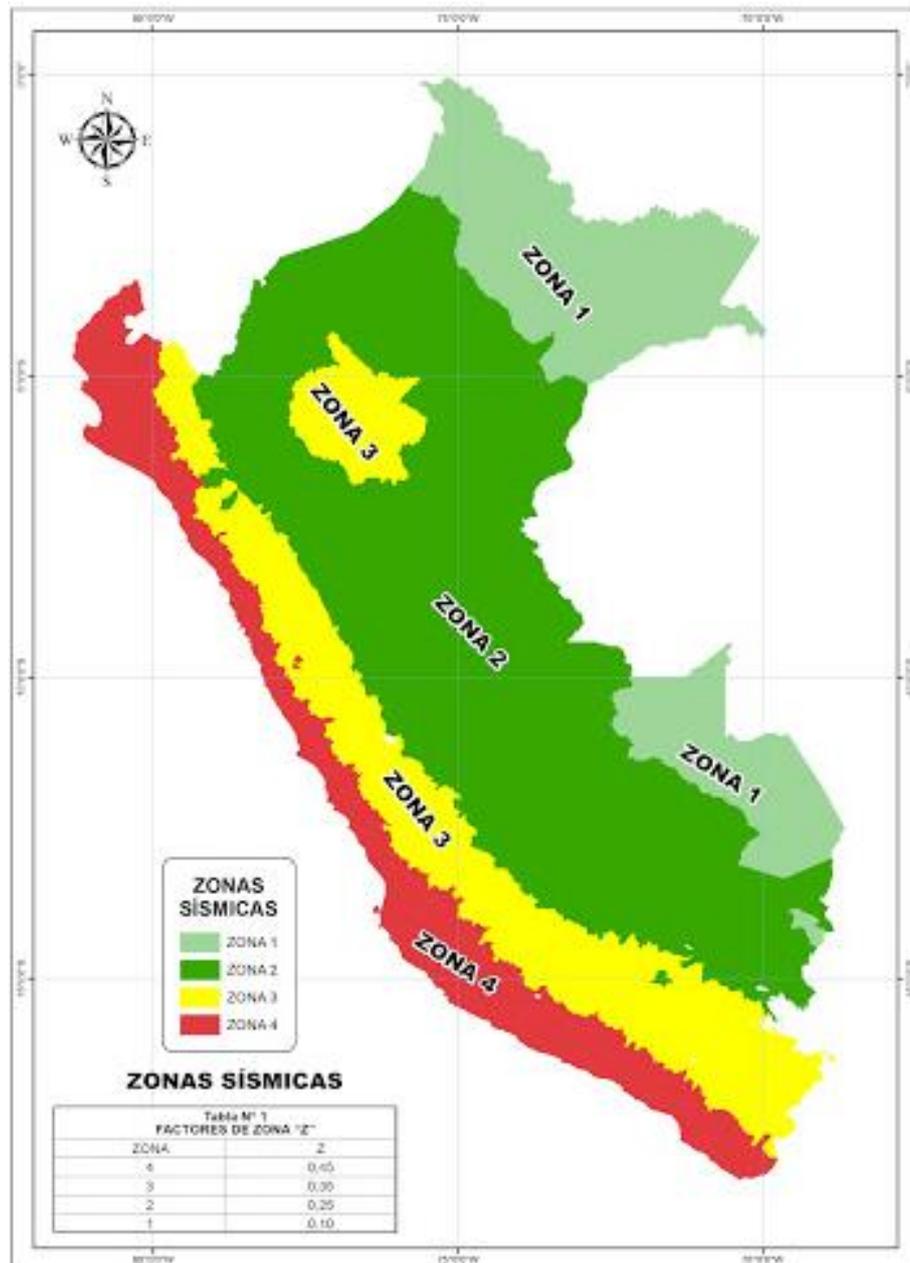
Nota. Adaptado de *Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas - Perú* [Fotografía], por Presidencia del Consejo de Ministros (PCM), 2003, SIGRID y CENEPRED, (<https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/599>) CENEPRED.

### 1.1.3.19. Aceleración Natural del Suelo

El parámetro Z se interpreta como la aceleración máxima horizontal en un suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser superada un periodo de 50 años. (IGP, 2023)

#### Figura 8

*Mapa de zonificación sísmica del Perú.*



*Nota.* Adaptado de *Zona sísmicas* [Fotografía], por Normas Legales, 2016, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

### **1.1.3.20. Exposición**

La exposición se refiere como las decisiones y prácticas que localizan a los seres humanos y sus medios de subsistencia en la zona de impacto de un peligro. Esta situación nace debido a una relación inapropiada con el entorno, que puede deberse de procesos no planificados de crecimiento demográfico, migraciones desordenadas, urbanización sin una gestión territorial adecuada o políticas de desarrollo económico no sostenibles. A mayor grado de exposición, se incrementa la vulnerabilidad. (CENEPRED, 2015, p. 122)

### **1.1.3.21. Fragilidad**

La fragilidad se refiere con las condiciones de desventaja o debilidad comparativa de individuos y sus formas de sustento frente a un peligro. Está generalmente asociada a características físicas de una población y tiene sus raíces internas, como, por ejemplo, las prácticas de construcción, la falta de adherencia a normativas de construcción y/o el uso de materiales no conforme a las regulaciones, entre otros factores. A medida que la fragilidad aumenta, también crece la vulnerabilidad. (CENEPRED, 2015, p. 122)

### **1.1.3.22. Resiliencia**

La Resiliencia se refiere a la capacidad de recuperación de la población y sus medios de vida ante un acontecimiento de un peligro. Está vinculada a condiciones sociales y organizativas de la población. A mayor resiliencia, menor vulnerabilidad, debido a que su mayor capacidad de recuperación implica una mayor preparación como respuesta ante un evento. (CENEPRED, 2015, p. 123)

### **1.1.3.23. Muro de Corte o Placa**

Muro estructural que esta concebido para resistir combinaciones de fuerzas cortantes, momentos y fuerzas axiales que son generadas por cargas laterales. (RNE, 2018)

### **1.1.3.24. Resistencia a la Compresión**

Resistencia a la compresión del concreto utilizado en el diseño y evaluada de acuerdo

con las consideraciones del Capítulo 5, expresada en MPa. En caso la presente cantidad aparezca bajo un signo radical, esto busca señalar sólo la raíz cuadrada del valor numérico, manteniendo el resultado en MPa. (RNE, 2018)

#### **1.1.3.25. Resistencia a la Fluencia**

Resistencia mínima especificada a la fluencia o punto de fluencia del refuerzo deben evaluarse en tracción, de acuerdo con las normas aplicables. (RNE, 2018)

#### **1.1.3.26. Módulo de Elasticidad**

Relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente consiste en cómo se comporta el elemento frente a esfuerzos de tracción o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material. (RNE, 2018)

$$E_c = 15000\sqrt{f'_c}$$

$$E_m = 500\sqrt{f'_m}$$

#### **1.1.3.27. Módulo de Corte**

$$G_c = \frac{E_c}{2.3}$$

$$G_m = 0.4E_m$$

#### **1.1.3.28. Carga Muerta**

Se refiere al peso de todos los materiales, dispositivos, equipos, tabiques y otros componentes soportados por la edificación, incluyendo su peso permanente o con una variación en su magnitud, pequeña a lo largo del tiempo. (RNE, 2018)

#### **1.1.3.29. Carga Viva**

Se refiere al peso de la suma de los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros componentes movibles sostenidos por la edificación. (RNE, 2018)

#### **1.1.3.30. Carga Viva del Piso**

Se emplearán como mínimo los valores de la Tabla 4 para diversas categorías de uso,

donde incluyen un margen para condiciones ordinarias de impacto. (RNE, 2018)

**Tabla 4**

*Cargas vivas mínimas repartidas.*

Ocupación o Uso	Cargas Repartidas kPa (kgf/m <sup>2</sup> )
<b>Centros de Educación</b>	
Aulas	2,5 (250)
Talleres	3,5 (350)
Auditorios, gimnasios, etc.	De acuerdo con lugares de asambleas
Laboratorios	3,0 (300)
Corredores y escaleras	4,0 (400)

### 1.1.3.31. Carga Viva del Techo

Para los diseños de las cubiertas y las marquesinas se considera las cargas vivas, sísmicas, de viento y otras. Para las cubiertas con inclinación hasta de 3° respecto a la horizontal, se aplicará de 1,0 kPa (100 kgf/m<sup>2</sup>). (RNE, 2018)

### 1.1.3.32. Factor de Zona (Z)

Cada zona se le asigna un factor Z según se detalla en la Tabla 5. Este factor se representa como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en un periodo de 50 años. El factor Z se representa como una fracción de la aceleración de la gravedad. (RNE, 2018)

**Tabla 5**

*Factor de zona "Z".*

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

### 1.1.3.33. Factor de Suelo ( $S$ )

La Tabla 6 resume cantidades típicos para las clases de perfiles de suelo. (RNE, 2018)

**Tabla 6**

*Clasificación de los perfiles de suelo.*

Perfil	$V_S$	$N_{60}$	$s_U$
$S_0$	$> 1500$ m/s	-	-
$S_1$	500 m/s a 1500 m/s	$> 50$	50 kPa a 100 kPa
$S_2$	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
$S_3$	$< 180$ m/s	$< 15$	25 kPa a 50 kPa
$S_4$	Clasificación basada en el EMS		

Donde  $S_0$  es de tipo Roca Dura,  $S_1$  es de Roca o Suelos Muy Rígidos,  $S_2$  es de Suelos Intermedios,  $S_3$  es de Suelos Blandos y  $S_4$  es de Condiciones Excepcionales.

Se considera el tipo de perfil que mejor represente las condiciones locales, empleando los valores específicos del factor de amplificación del suelo  $S$  y de los períodos  $T_P$  y  $T_L$  indicados en la Tabla 7 y la Tabla 8.

**Tabla 7**

*Factor de suelo "S".*

Zona / Suelo	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$Z_4$	0.80	1.00	1.05	1.10
$Z_3$	0.80	1.00	1.15	1.20
$Z_2$	0.80	1.00	1.20	1.40
$Z_1$	0.80	1.00	1.60	2.00

**Tabla 8**

Periodos  $T_p$  y  $T_L$ .

	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$T_p (S)$	0.3	0.4	0.6	1.0
$T_L (S)$	3.0	2.5	2.0	1.6

Donde  $T_p$  Período que representa el factor  $C$  y  $T_L$  corresponde al periodo de inicio de la zona del factor  $C$  con desplazamiento constante.

#### 1.1.3.34. Factor de Uso o Importancia ( $U$ )

Cada construcción se encuentra de acuerdo con las clasificaciones. El factor de uso o importancia ( $U$ ), se utiliza de acuerdo con la clasificación que se realice. (RNE, 2018)

#### 1.1.3.35. Factor de Amplificación Sísmica ( $C$ )

Según las características dl terreno, se puede establecer el factor de amplificación sísmica ( $C$ ) por las siguientes ecuaciones: (RNE, 2018)

$$T < T_p \quad C = 2,5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$$

Donde  $T$  es el Período primordial de la estructura para el posterior análisis estático o período de un modo en el análisis dinámico.

#### 1.1.3.36. Coeficiente Básico de Reducción ( $R_0$ )

Los sistemas constructivos se categorizan según los materiales empleados y el sistema de estructuración sismorresistente en cada dirección de evaluación, tal como se indica en la Tabla 9.

En la casuística de la estructura presente más de un sistema estructural, se considera el

inferior coeficiente  $R_0$  que pertenezca. (RNE, 2018)

**Tabla 9**

*Sistema estructurales.*

Sistema Estructurales	Coficiente Básico de Reducción $R_0$ (*)
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<b>Concreto Armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7 (**)

### 1.1.3.37. Restricciones a la Irregularidad

Según la clasificación y la localización de la construcción, se planifica respetando las limitaciones establecidas de la irregularidad de la Tabla 10. (RNE, 2018)

**Tabla 10**

*Categoría y regularidad de las edificaciones.*

Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
C	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

**1.1.3.38. Coeficiente Reducción de la Fuerza Sísmica (*R*)**

El factor de disminución de las fuerzas sísmicas establece como el producto del coeficiente  $R_0$  a partir de la Tabla 9 y de los factores  $I_a, I_p$ . (RNE, 2018)

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

**1.1.3.39. Análisis Sísmico Estático**

El Reglamento Nacional de Edificaciones (2018) afirma lo siguiente:

Este enfoque señala las solicitaciones sísmicas por medio de un conjunto de fuerzas que actúan en el centro de masas de cada nivel de la estructura.

Se puede emplear este método en todas las estructuras, ya sean regulares o irregulares, ubicadas en la zona sísmica 1. En las demás zonas sísmicas, este procedimiento puede ser utilizado en las estructuras que cumplen con la clasificación de regulares según el artículo 19, siempre que no superen los 30 metros de altura. Además, se aplica a las estructuras de muros portantes de concreto armado y albañilería armada o como también confinada, siempre y cuando no excedan los 15 metros de altura, incluso si presentan irregularidades.

### 1.1.3.40. Fuerza Cortante en la Base ( $V$ )

La adición total de la fuerza de cortantes en la base de la estructura específica a la dirección considerada, se determina por la siguiente expresión: (RNE, 2018)

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

El valor de  $C/R$  no se considera menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

### 1.1.3.41. Periodos Fundamentales de Vibración ( $T$ )

El Reglamento Nacional de Edificaciones (2018) afirma lo siguiente:

El período primordial de vibración para cada dirección se calcula con la siguiente fórmula:

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

### 1.1.3.42. Análisis Sísmico Dinámico

Los resultados de los análisis dinámicos por combinación modal espectral según lo detallan en este numeral son usados para el diseño en cualquier tipo de estructura. (RNE, 2018)

### 1.1.3.43. Aceleración Espectral ( $S_a$ )

El Reglamento Nacional de Edificaciones (2018) afirma lo siguiente:

Para cada dirección horizontal evaluadas se emplea un espectro inelástico de pseudo aceleraciones definido por la siguiente ecuación:

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

Para la evaluación en la dirección vertical se puede utilizar un espectro con valores equivalentes a los  $2/3$  del espectro empleado para las direcciones horizontales, siguiendo los valores de  $C$ , definidos en el artículo 14, a excepción de la zona de períodos muy cortos ( $T < 0,2 T_p$ ) en la que se considera:

$$C = 1 + 75 \left( \frac{T}{T_P} \right)$$

#### **1.1.3.44. Fuerza Cortante Mínima**

El Reglamento Nacional de Edificaciones (2018) afirma lo siguiente:

Para cada dirección considerada en la evaluación, la cortante en el primer entrepiso de la edificación no puede ser inferior al 80% del valor obtenido según el artículo 25 para estructuras regulares, no se permite ser inferior al 90% para estructuras irregulares.

En caso sea necesario aumentar el cortante para poder cumplir con los mínimos establecidos, se realiza una escala proporcional de todos los otros resultados, excepto de los desplazamientos.

#### **1.1.3.45. Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles**

El Reglamento Nacional de Edificaciones (2018) afirma lo siguiente:

Para las estructuras regulares, los desplazamientos de los laterales se determinan producto de  $0,75 R$  (del análisis lineal y elástico) y las solicitaciones sísmicas reducidas. Para las estructuras irregulares, los desplazamientos laterales se determinan producto de  $0,85 R$  (del análisis lineal elástico).

Para el cálculo de los desplazamientos laterales no se toman en cuenta los valores mínimos de  $C/R$  mencionados en el numeral 28.2 ni el cortante mínimo en el base.

Se asegura que el máximo desplazamiento relativo entre los pisos se obtiene no excedentes de la fracción de la altura entre los pisos (distorsión) que se indica en la Tabla 11.

**Tabla 11**
*Límites para la distorsión del entrepiso.*

Material Predominante	$(\Delta_i / h_{ei})$
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Donde  $h_{ei}$  es Altura del entrepiso “i”.

#### 1.1.4. Justificación

##### 1.1.4.1. Justificación de la Investigación

La actual investigación se basó en un probable evento sísmico, fenómenos naturales que no se pueden radicar, que puedan presentarse en las zonas costeras como el distrito de Ventanilla, lugar de investigación. Asimismo, con esta investigación se buscó ampliar el conocimiento acerca del riesgo sísmico limitándose a los daños estructurales en la IE 5125 en el distrito de Ventanilla. Además, se buscó planificar medidas de mitigación que contribuyan a la toma de decisión en cuanto a la gestión de entidades municipales, posteriores investigaciones, entre otros, la cual beneficiará a las estructuras de la institución educativa.

##### 1.1.4.2. Justificación e Importancia

###### 1.1.4.2.1 Justificación Teórica

Antes los sismos que pasaron a lo largo de estos años, es importante prestar importancia ya que sus efectos pueden ser destructivos.

Ante ello, el riesgo sísmico representa una variable de suma importancia para la seguridad ciudadana. El cálculo de riesgo sísmico exige el desarrollo y aplicación de las principales teorías, en ese sentido, la actual investigación aportará con el enriquecimiento de

la literatura científica, sobre todo al aplicarse en una institución.

#### 1.1.4.2.2 Justificación Práctica

El actual estudio se justifica porque puede planificar medidas de mitigación con evaluaciones previas de información de entidades nacionales.

Por ello, afirmamos que este estudio contará con información técnica y práctica para la aplicación por parte de entidades como las municipalidades, estudios futuros, entre otros que deseen garantizar la seguridad ciudadana y evitar pérdidas por no haber aplicado reforzamientos estructurales ante un riesgo sísmico.

#### 1.1.4.2.3 Justificación Social

La investigación se basa en determinar los riesgos ante un sismo y los niveles de daños que puede causar. Asimismo, medidas de mitigación para aplicarlo y contar con mayor seguridad ante un evento de sismo.

De esta manera, la investigación brinda una contribución social para el reforzamiento de las estructuras que beneficiarán a la institución localizada en la zona costera estudiada que, esto a su vez, conlleva a proteger de cierta manera pérdidas económicas.

## 1.2. Formulación del problema

### 1.2.1. Problema General

- ¿Cuáles son las medidas de mitigación frente a un riesgo sísmico en la Institución Educativa N° 5125 en el distrito de Ventanilla, 2023?

### 1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuáles son las evaluaciones de peligrosidad frente a un evento sísmico en la Institución Educativa N° 5125 en el distrito de Ventanilla, 2023?
- ¿Cuáles son los análisis de vulnerabilidad frente a un evento sísmico en la Institución Educativa N° 5125 en el distrito de Ventanilla, 2023?
- ¿Cuáles son los reforzamientos estructurales frente a un evento sísmico en

## Institución Educativa N° 5125 en el distrito de Ventanilla, 2023?

### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1. Objetivo General

- Determinar las medidas de mitigación frente al riesgo sísmico en la Institución Educativa N° 5125 en el distrito de Ventanilla, 2023.

#### 1.3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la peligrosidad frente a un evento sísmico en la Institución Educativa N° 5125 en el distrito de Ventanilla, 2023.
- Analizar la vulnerabilidad frente a un evento sísmico en la Institución Educativa N° 5125 en el distrito de Ventanilla, 2023.
- Calcular los reforzamientos estructurales frente a un evento sísmico en la Institución Educativa N° 5125 en el distrito de Ventanilla, 2023.

### 1.4. Hipótesis

#### 1.4.1. Hipótesis General

- Las medidas de mitigación si influyen frente al riesgo sísmico en la Institución Educativa N° 5125 en el distrito de Ventanilla, 2023.

## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo de Investigación**

#### **2.1.1. Enfoque de Investigación**

El método cuantitativo emplea la recopilación de datos para verificar hipótesis a través de la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de poder identificar tendencias de comportamiento y validar teorías. (Hernández et al, 2014, p. 4)

El enfoque de la investigación es cuantitativo, ya que aporta resultados numéricos.

#### **2.1.2. Alcance de Investigación**

Los estudios descriptivos buscan como objetivo detallar las propiedades, atributos y perfiles de individuos, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno sujeto a un análisis. (Hernández et al, 2014, p. 92)

El alcance de la investigación es descriptivo, debido a que se busca describir acerca de las características en la que se encuentra la institución educativa respecto a los grados de vulnerabilidad, peligro y de riesgo. Además, se busca implementar medidas de mitigación como reforzamiento estructural para mejorar las respuestas ante un sismo.

#### **2.1.3. Diseño de la Investigación**

En la investigación no experimental, las variables independientes se representan de forma natural, sin posibilidad de poder ser intervenida o manipulada de manera directa. No existe control directo sobre estas variables, ya que han ocurrido previamente, junto con sus respectivos efectos. (Hernández et al, 2014, p. 152)

La presente investigación cuenta con un diseño No Experimental - Transversal - Descriptivo, ya que no se manipulan las variables, se recopilan los datos en un momento único y se describen las variables.

## **2.2. Población y Muestra**

### **2.2.1. Población**

La población se define como la totalidad de los conjuntos o los casos que cumplan con determinadas especificaciones particulares. (Hernández et al, 2014, p. 174)

La población de análisis es la Institución Educativa N° 5125 que se encuentra en el Jirón Las Violetas S/N Mz A Lote 1 en el distrito de Ventanilla.

### **2.2.2. Muestra**

En el método cuantitativo, la muestra corresponde a un subgrupo específico de la población de interés, donde se llevará a cabo la recolección de datos, que esta muestra sea cuidadosamente definida y delimitada con anterioridad. Además, debe tener la condición de que sea representativa de la población en general. (Hernández et al, 2014, p. 173)

La muestra elegida fue la infraestructura de la Institución Educativa N° 5125 que se encuentra en el Jirón Las Violetas S/N Mz A Lote 1 en el distrito de Ventanilla.

### **2.2.3. Tamaño de Muestra**

La muestra elegida fue una Institución Educativa N° 5125 de 2 niveles como máximo con sistema estructural mixta (concreto armado y albañilería). Se encuentra ubicado en la zona 4 y categorizada como edificación esencial.

### **2.2.4. Tipo de Muestreo**

No Probabilística. Subconjunto de la población en el cual la selección de los elementos no está determinada por la probabilidad, sino por las características de la investigación. (Hernández et al, 2014, p. 175).

Para cumplir los objetivos de la investigación se seleccionó una Muestra No Probabilística por Conveniencia, la cual fue la Institución Educativa N° 5125. Este se ubica en la zona costera, la cual está expuesta en un área con mayor probabilidad de un evento sísmico.

## **2.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección y Análisis de Datos**

### **2.3.1. Técnicas de Investigación**

Este procedimiento de recopilación de datos toma en cuenta el registro organizado, preciso y confiable de comportamientos y situaciones que son observables, utilizando un sistema de categorías y subcategorías. (Hernández et al, 2014, p. 252)

Primero; la técnica de investigación fue de observación directa. Esta fue una inspección visual de manera detallada en la Institución Educativa N° 5125 seleccionada.

Segundo; la técnica de investigación fue de análisis documental. Esta fue una revisión de manuales y normas técnicas que se aplicó para la obtención de los resultados.

### **2.3.2. Instrumentos de Investigación**

Un instrumento, medio de medición, es un recurso que se emplea por parte del investigador para poder capturar datos o información relacionada a las variables que tiene en consideración. (Hernández et al, 2014, p. 199)

Primero; el instrumento de recolección de datos será de una ficha de observación con elaboración propia. La presente tesis aplicó una ficha de observación de los parámetros de vulnerabilidad. Asimismo, se complementa con fotografías y la ubicación geográfica de la Institución Educativa N° 5125. De esta manera se pudo obtener los datos importantes para la variable de riesgo sísmico. (Ver Anexo 01)

Segundo; los instrumentos de recolección de datos fueron de los planos de la institución educativas, el estudio de suelo, las normas: Norma E-020, Norma E-030 y Norma E-060, el software para los cálculos Microsoft Excel y el software para el diseño y modelamiento estructural ETABS. La presente investigación aplicó los documentos existentes, las normas y los softwares para el análisis de reforzamiento estructural. De esta manera se podrá obtener los datos primordiales para la toma de la variable de medidas de mitigación.

### 2.3.3. Validez de Instrumentos

La autenticidad, de manera global, hace referencia al nivel en el cual un instrumento efectivamente evalúa la característica que busca medirlo. (Hernández et al, 2014, p. 200).

En la investigación pudo evaluarse los ítems de la ficha de observación por medio de dos profesionales calificados con experiencia en el rubro de ingeniería civil y especialistas en estructuras. (Ver Anexo 2)

**Tabla 12**

*Presentación de los expertos.*

Ítem	Nombres y Apellidos	Profesión	Colegiatura
1	Ronal Alexander Delgado Alarcón	Ing. civil	213429
2	Edwin Gamarra Barrera	Ing. civil	57389

#### **Validez de contenido a través de V - Aiken**

Autores han afirmado lo siguiente:

Un método práctico es realizar el cálculo del factor V de Aiken (Aiken, 1980; 1985).

El procedimiento para determinar un coeficiente V comienza con las calificaciones (juicios) de un solo elemento por N evaluadores (jueces) o las calificaciones de m elementos por un solo evaluador. Las calificaciones de validez se pueden hacer en cualquier escala conveniente de enteros sucesivos. (Aiken, 1985, p. 132)

**Tabla 13**

*Resumen de la evaluación de contenido de los ítems del instrumento.*

Ítems	Expertos		Suma de acuerdos Total (S)	V Aiken	Descripción
	1	2			
1	2	2	4	1.00	Fuerte
2	2	2	4	1.00	Fuerte
3	2	2	4	1.00	Fuerte
4	2	2	4	1.00	Fuerte

5	2	2	4	1.00	Fuerte
6	2	2	4	1.00	Fuerte
7	2	2	4	1.00	Fuerte
8	2	2	4	1.00	Fuerte
9	2	2	4	1.00	Fuerte
10	2	2	4	1.00	Fuerte
				1.00	Fuerte

*Nota:* Fuente elaboración propia

#### 2.3.4. Procesamiento de Recolección de Datos

La obtención de la base de información de la institución educativa se realizó de acuerdo con el Padrón de Instituciones Educativas, Censo Educativo. La identificación de la unidad de la institución educativa proviene de Estadística de la Calidad Educativa (ESCALE) del Ministerio de Educación (MINEDU), la cual se cuenta con información verídica para la posterior obtención de resultados. Se puede visualizar georreferenciados mediante plataforma web geoespacial de libre acceso por el Ministerio de Educación (MINEDU).

El cálculo de los parámetros de peligro y vulnerabilidad se realizó exclusivamente de las dimensiones de vulnerabilidad física. Los parámetros físicos elegidos de la institución educativa se basaron del Manual para la evaluación del riesgo por sismos del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), la cual se cuenta con información respaldada por profesionales capacitados para la obtención de estos. Se puede visualizar mediante en hojas de cálculos.

La obtención de la información física solicitada de la infraestructura actual de la institución se realizó mediante la visita de campo con los permisos de las autoridades pertinentes. La información física requerida a extraer proviene de la Ficha de observación de parámetros de vulnerabilidad de elaboración propia, la cual se cuenta con información completa para la posterior obtención de resultados. Se puede visualizar mediante en las hojas físicas llenadas en la visita a campo, con su respectivo permiso de la institución.

La obtención de los planos de la institución educativa elegida se realizó mediante la extracción del expediente técnico de manera digital. Los planos provienen del Sistema Electrónico de Contrataciones del Estado (SEACE) y Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado (OSCE), la cual se cuenta con documentos que conforman el expediente técnico. Se puede visualizar mediante la página web. Ver Anexo 4.

La obtención de la clasificación del tipo de suelo de la institución elegida se realizó mediante la ejecución de calicatas y tomas de muestras del suelo. El informe del ensayo de mecánica de suelos proviene de un servicio externo, la cual se cuenta con documentos completos que conforman el estudio para el posterior análisis. Se puede visualizar mediante los documentos proporcionadas por la entidad. Ver Anexo 5.

### **2.3.5. Procesamiento de Análisis de Datos**

La base de datos de instituciones educativas fue descargada en formato xlsx en el software Microsoft Excel con información del nombre del director, turnos de estudios, coordenadas, cantidad total de alumnado, etcétera.

Los datos de los parámetros de peligrosidad y vulnerabilidad fueron tratados para la asignación de ponderaciones por el método de Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ) desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty, y fueron desarrolladas en tablas en el software Microsoft Excel.

La información física requerida de la infraestructura actual será clasificada en el descriptor que corresponda y fueron ingresadas en las tablas en el software Microsoft Excel.

Con los descriptores clasificados de cada parámetro y los pesos ponderados calculados de cada institución educativa se interpretará el nivel de vulnerabilidad, peligro y riesgo donde se encuentre cada institución educativa mediante el software Microsoft Excel.

Los planos de la institución elegida fueron utilizados para la visualización en el software AutoCAD.

La distribución del tipo de suelo de la infraestructura fue revisada y utilizada como dato para la modelación en el programa ETABS.

Con la clasificación de la clase de suelo y los planos de la institución elegida se realizará el modelamiento del análisis estructural y el modelamiento con el reforzamiento estructural en el software ETABS.

#### **2.4. Procedimiento**

Primera etapa: Consistió en la recolección de la base de información y la formulación de la ficha de observación. Con ello se realizó las visitas de campo, la cual se solicitó permisos a las autoridades de la institución para la evaluación de la ficha de observación de parámetros de vulnerabilidad - método jerárquico, para la toma de las medidas y verificación de los planos arquitectónicos y estructurales y para el estudio de mecánica de suelos.

Segunda etapa: Se tomó el nivel de peligro, vulnerabilidad y riesgo en la que se realizó por medio de la metodología de PAJ, la cual se pudo trabajar con los datos obtenidos de la ficha de observación de parámetros de vulnerabilidad – método jerárquico.

Tercera etapa: Se procedió a calcular los datos mediante toda la información recaudada que serán ingresadas al software Etabs para el análisis estructural de la institución educativa tanto en el sismo estático como dinámico. Finalmente, de los resultados que se presentó, se propuso un modelo nuevo con los presentes reforzamientos estructurales.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1. Resultados del Tratamiento de Información

#### 3.1.1. Resultado de la Evaluación de Peligrosidad

Se analizaron tres factores, que permitió realizar el fenómeno de los sismos y de esta manera obtener el grado de peligrosidad de la institución. Se escogieron los parámetros de acuerdo con lo que propone el Manual para la Evaluación de Riesgos por Sismos.

P1: Intensidad del sismo

P2: Magnitud del sismo

P3: Aceleración del suelo

Se realizó la matriz de comparación de pares, donde se colocaron los tres parámetros tanto en la primera fila como la primera columna de la matriz, se colocaron el valor de 1 en la intersección de los parámetros que están coincidiendo, se asignaron numeraciones usando la escala de Saaty, se sumaron las columnas y se realizaron las inversas de las adiciones.

**Tabla 14**

*Matriz de comparación de los parámetros de peligrosidad.*

Parámetro	P1	P2	P3
P1	1.000	3.000	5.000
P2	0.333	1.000	3.000
P3	0.200	0.333	1.000
$\Sigma$	1.533	4.333	9.000
1/ $\Sigma$	0.652	0.231	0.111

Nota. Por ejemplo, el valor que está entre P1 de la primera columna y P2 de la primera fila es de 3, lo cual se lee que P1 es tres veces más importante (ligera y más importante) que P2. Cuando los parámetros se invierten, se lee que P2 es tres veces menos importante (ligera y menos importante) que P1.

Se realizó la matriz de normalización, donde colocaron por cada valor de la matriz de comparación multiplicado por el opuesto del total de la suma de la columna al que pertenece y se sumaron las columnas donde el resultado fue igual a la unidad.

Se realizó el vector de priorización, donde se determinaron la adición promedio conforme a cada fila y se sumó la columna donde el resultado fue el valor de 1. Esto señala la importancia de diversos factores para el diagnóstico del grado de peligrosidad.

**Tabla 15**

*Matriz de normalización de los parámetros de peligrosidad.*

Parámetro	P1	P2	P1	Vector priorización
P1	0.652	0.693	0.555	0.633
P2	0.217	0.231	0.333	0.260
P3	0.130	0.077	0.111	0.106
$\Sigma$	1.000	1.000	1.000	1.000

Para la determinación del índice de consistencia, se definió el vector de la suma ponderada donde la matriz de comparación de pares se multiplicó con el vector de priorización, se determinó la landa máxima ( $\lambda_{m\acute{a}x}$ ) donde el vector de suma ponderada se dividió con el vector priorización y posteriormente se aplicó la fórmula del índice de consistencia.

**Tabla 16**

*Landa máxima de los parámetros de peligrosidad.*

Parámetro	Vector $\Sigma$ ponderada	Vector priorización	$\lambda_{m\acute{a}x}$
P1	1.943	0.633	3.070
P2	0.789	0.260	3.035
P3	0.319	0.106	3.009

Para la selección del índice aleatorio, se eligió el valor que se encuentra en la columna de  $n = 3$ , debido a que se cuenta con tres parámetros para la evaluación de peligrosidad.

Para la obtención de la relación de consistencia, se dividió el valor del índice de consistencia con el índice aleatorio y se verificó si los principios empleados para poder realizar la comparativa de pares sea la más idóneas.

**Tabla 17**

*Determinación de la relación de consistencia de peligrosidad.*

Descripción	Valor
Índice de Consistencia ( <i>IC</i> )	0.019
Índice Aleatorio ( <i>IA</i> )	0.525
Relación de Consistencia ( <i>RC</i> )	0.036

Al obtener el coeficiente de relación de consistencia de 0.036 se verifica que es menor al 0.10, por ello se puede decir que la consistencia es razonable.

**Tabla 18**

*Ponderación de los parámetros de peligrosidad.*

Parámetros	Peso Ponderado
Intensidad del sismo	0.633
Magnitud del sismo	0.260
Aceleración natural del suelo	0.106

### 3.1.1.1. Peligrosidad por Magnitud del Sismo

#### 3.1.1.1.1 Ponderación de los Descriptores

Se analizaron cinco descriptores, que permitió caracterizar el parámetro magnitud del sismo y permitió obtener el peso ponderado conforme a cada descriptor.

S1: Magnitud mayor a 8.0

S2: Magnitud 6.0 a 7.9

S3: Magnitud 4.5 a 5.9

S4: Magnitud 3.5 a 4.4

S5: Magnitud menor a 3.4

Se realizó la matriz de comparación de pares, donde se colocaron los cinco descriptores tanto en la primera fila como la primera columna de la matriz, se colocaron el valor de 1 en la

intersección de los descriptores que están coincidiendo, se asignaron numeraciones usando la escala de Saaty, se sumaron las columnas y se realizaron las inversas de las adiciones.

**Tabla 19**

*Matriz de comparación de pares de los descriptores de magnitud del sismo.*

Descriptores	S1	S2	S3	S4	S5
S1	1.000	3.00	5.00	7.00	9.00
S2	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
S3	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
S4	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
S5	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
$\Sigma$	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
$1/\Sigma$	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

Nota. Por ejemplo, el valor que está entre S1 de la primera columna y S2 de la primera fila es de 3, la cual se lee que S1 es tres veces más importante (ligeramente más importante) que S2. Cuando los parámetros se invierten, se lee que S2 es tres veces menos importante (ligeramente menos importante) que S1.

Se realizó la matriz de normalización, donde colocaron por cada valor de la matriz de comparación multiplicado por el opuesto del total de la suma de la columna al que pertenece y se sumaron las columnas donde el resultado fue igual a la unidad.

Se realizó el vector de priorización, donde se determinaron la adición promedio conforme a cada fila y se sumó la columna donde el resultado fue el valor de 1. Esto señala la importancia de diversos factores para el diagnóstico del grado de peligrosidad.

**Tabla 20**

*Matriz de normalización de los descriptores de magnitud del sismo.*

Descriptores	S1	S2	S3	S4	S5	Vector priorización
S1	0.560	0.642	0.525	0.427	0.360	0.503
S2	0.186	0.214	0.315	0.305	0.280	0.260
S3	0.112	0.071	0.105	0.183	0.200	0.134
S4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068

S5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
$\Sigma$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Para la determinación del índice de consistencia, se definió el vector de la suma ponderada donde la matriz de comparación de pares se multiplicó con el vector de priorización, se determinó la landa máxima ( $\lambda_{m\acute{a}x}$ ) donde el vector de suma ponderada se dividió con el vector priorización y posteriormente se aplicó la fórmula del índice de consistencia.

**Tabla 21**

*Landa máxima de los descriptores de magnitud del sismo.*

Parámetro	Vector $\Sigma$ ponderada	Vector priorización	$\lambda_{m\acute{a}x}$
S1	2.744	0.503	5.455
S2	1.414	0.26	5.438
S3	0.700	0.134	5.224
S4	0.342	0.068	5.029
S5	0.177	0.035	5.057

Para la selección del índice aleatorio, se eligió el valor que se encuentra en la columna de  $n = 5$ , debido a que se cuenta con cinco descriptores para la evaluación de peligrosidad.

Para la obtención de la relación de consistencia, se dividió el valor del índice de consistencia con el índice aleatorio y se verificó si los principios empleados para poder realizar la comparativa de pares sea la más idónea.

**Tabla 22**

*Determinación de la relación de consistencia de magnitud del sismo.*

Descripción	Valor
(IC)	0.060
(IA)	1.115
(RC)	0.054

Con el valor obtenido de 0.054 se verifica que es inferior al 0.10, por ello se puede decir

que la consistencia es razonable.

**Tabla 23**

*Ponderación de los descriptores de magnitud del sismo.*

Descriptores		Rangos de magnitud	Peso ponderado	
Descriptores	S1	Magnitud mayor a 8.0	PS1	0.503
	S2	Magnitud 6.0 a 7.9	PS2	0.260
	S3	Magnitud 4.5 a 5.9	PS3	0.134
	S4	Magnitud 3.5 a 4.4	PS4	0.068
	S5	Magnitud menor a 3.4	PS5	0.035

### 3.1.1.2. Peligrosidad por Intensidad del Sismo

#### 3.1.1.2.1 Ponderación de los Descriptores

Se analizaron cinco descriptores, que permitió caracterizar el parámetro intensidad de sismo y permitió obtener el peso ponderado conforme a cada descriptor.

X1: XI y XII. Destrucción total, grandes grietas en el suelo.

X2: IX y X. Todos los edificios resultan con daños severos.

X3: VI, VII y VIII. Daños ligeros en estructuras de buen diseño.

X4: III, IV y V. Notado por muchos, sentido en el interior de las viviendas.

X5: I y II. Casi nadie lo siente y/o sentido por unas cuentas personas.

Se realizó la matriz de comparación de pares, donde se colocaron los cinco descriptores tanto en la primera fila como la primera columna de la matriz, se colocaron el valor de 1 en la intersección de los descriptores que están coincidiendo, se asignaron numeraciones usando la escala de Saaty, se sumaron las columnas y se realizaron las inversas de las adiciones.

**Tabla 24**

*Matriz de comparación de pares de los descriptores de intensidad del sismo.*

Descriptores	X1	X2	X3	X4	X5
--------------	----	----	----	----	----

X1	1.000	3.00	5.00	7.00	9.00
X2	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
X3	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
X4	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
X5	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
$\Sigma$	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
1/ $\Sigma$	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

Nota. Por ejemplo, el valor que está entre X1 de la primera columna y X2 de la primera fila es de 3, la cual se lee que X1 es tres veces más importante (ligeramente más importante) que X2. Cuando los parámetros se invierten, se lee que X2 es tres veces menos importante (ligeramente menos importante) que X1.

Se realizó la matriz de normalización, donde colocaron por cada valor de la matriz de comparación multiplicado por el opuesto del total de la suma de la columna al que pertenece y se sumaron las columnas donde el resultado fue igual a la unidad.

Se realizó el vector de priorización, donde se determinaron la adición promedio conforme a cada fila y se sumó la columna donde el resultado fue el valor de 1. Esto señala la importancia de diversos factores para el diagnóstico del grado de peligrosidad.

**Tabla 25**

*Matriz de normalización de los descriptores de intensidad del sismo.*

Descriptores	X1	X2	X3	X4	X5	Vector priorización
X1	0.560	0.642	0.525	0.427	0.360	0.503
X2	0.186	0.214	0.315	0.305	0.280	0.260
X3	0.112	0.071	0.105	0.183	0.200	0.134
X4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
X5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
$\Sigma$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Para la determinación del índice de consistencia, se definió el vector de la suma ponderada donde la matriz de comparación de pares se multiplicó con el vector de priorización, se determinó la landa máxima ( $\lambda_{m\acute{a}x}$ ) donde el vector de suma ponderada se dividió con el

vector priorización y posteriormente se aplicó la fórmula del índice de consistencia.

**Tabla 26**

*Landa máxima de los descriptores de intensidad del sismo.*

Descriptores	Vector $\Sigma$ ponderada	Vector priorización	$\lambda_{m\acute{a}x}$
X1	2.744	0.503	5.455
X2	1.414	0.26	5.438
X3	0.700	0.134	5.224
X4	0.342	0.068	5.029
X5	0.177	0.035	5.057

Para la selección del índice aleatorio, se eligió el valor que se encuentra en la columna de  $n = 5$ , debido a que se cuenta con cinco descriptores para la evaluación de peligrosidad.

Para la obtención de la relación de consistencia, se dividió el valor del índice de consistencia con el índice aleatorio y se verificó si los principios empleados para poder realizar la comparativa de pares sea la más idónea.

**Tabla 27**

*Determinación de la relación de consistencia de intensidad del sismo.*

Descripción	Valor
(IC)	0.060
(IA)	1.115
(RC)	0.054

Con el valor obtenido de 0.054 se verifica que es inferior al 0.10, por ello se puede decir que la consistencia es razonable.

**Tabla 28**

*Ponderación de los descriptores de intensidad del sismo.*

Parámetro	Rangos de intensidad	Peso ponderado
Descriptores X1	XI y XII	PX1 0.503

X2	IX y X	PX2	0.260
X3	VI, VII y VIII	PX3	0.134
X4	III, IV y V	PX4	0.068
X5	I y II	PX5	0.035

### 3.1.1.3. Peligrosidad por Aceleración Máxima del Suelo

#### 3.1.1.3.1 Ponderación de los Descriptores

Se analizaron cinco descriptores, que permitió caracterizar el parámetro aceleración del suelo y permitió obtener el peso ponderado conforme a cada descriptor.

AS1:  $PGA \geq 0.45g$

AS2:  $0.35g \leq PGA < 0.45g$

AS3:  $0.25g \leq PGA < 0.35g$

AS4:  $0.10g \leq PGA < 0.25g$

AS5:  $PGA < 0.10g$

Se realizó la matriz de comparación de pares, donde se colocaron los cinco descriptores tanto en la primera fila como la primera columna de la matriz, se colocaron el valor de 1 en la intersección de los descriptores que están coincidiendo, se asignaron numeraciones usando la escala de Saaty, se sumaron las columnas y se realizaron las inversas de las adiciones.

**Tabla 29**

*Matriz de comparación de pares de los descriptores de aceleración del suelo.*

Descriptores	AS1	AS2	AS3	AS4	AS5
AS1	1.000	3.00	5.00	7.00	9.00
AS2	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
AS3	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
AS4	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
AS5	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
$\Sigma$	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000

1/ $\Sigma$	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040
-------------	-------	-------	-------	-------	-------

Nota. Por ejemplo, el valor que está entre AS1 de la primera columna y AS2 de la primera fila es de 3, la cual se lee que AS1 es tres veces más importante (ligemente más importante) que AS2. Cuando los parámetros se invierten, se lee que AS2 es tres veces menos importante (ligemente menos importante) que AS1.

Se realizó la matriz de normalización, donde colocaron por cada valor de la matriz de comparación multiplicado por el opuesto del total de la suma de la columna al que pertenece y se sumaron las columnas donde el resultado fue igual a la unidad.

Se realizó el vector de priorización, donde se determinaron la adición promedio conforme a cada fila y se sumó la columna donde el resultado fue el valor de 1. Esto señala la importancia de diversos factores para el diagnóstico del grado de peligrosidad.

**Tabla 30**

*Matriz de normalización de los descriptores de aceleración del suelo.*

Descriptores	AS1	AS2	AS3	AS4	AS5	Vector priorización
AS1	0.560	0.642	0.525	0.427	0.360	0.503
AS2	0.186	0.214	0.315	0.305	0.280	0.260
AS3	0.112	0.071	0.105	0.183	0.200	0.134
AS4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
AS5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
$\Sigma$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Para la determinación del índice de consistencia, se definió el vector de la suma ponderada donde la matriz de comparación de pares se multiplicó con el vector de priorización, se determinó la landa máxima ( $\lambda_{m\acute{a}x}$ ) donde el vector de suma ponderada se dividió con el vector priorización y posteriormente se aplicó la fórmula del índice de consistencia.

**Tabla 31**

*Landa máxima de los descriptores de aceleración del suelo.*

Descriptores	Vector $\Sigma$ ponderada	Vector priorización	$\lambda_{m\acute{a}x}$
--------------	---------------------------	---------------------	-------------------------

AS1	2.744	0.503	5.455
AS2	1.414	0.26	5.438
AS3	0.700	0.134	5.224
AS4	0.342	0.068	5.029
AS5	0.177	0.035	5.057

Para la selección del índice aleatorio, se eligió el valor que se encuentra en la columna de  $n = 5$ , debido a que se cuenta con cinco descriptores para la evaluación de peligrosidad.

Para la obtención de la relación de consistencia, se dividió el valor del índice de consistencia con el índice aleatorio y se verificó si los principios empleados para poder realizar la comparativa de pares sea la más idónea.

**Tabla 32**

*Determinación de la relación de consistencia de aceleración del suelo.*

Descripción	Valor
(IC)	0.060
(IA)	1.115
(RC)	0.054

Con el valor obtenido de 0.054 se verifica que es inferior al 0.10, por ello se puede decir que la consistencia es razonable.

**Tabla 33**

*Ponderación de los descriptores de aceleración del suelo.*

Parámetro	Rangos de PGA en gales (g)	Peso ponderado
Descriptores	AS1 $PGA \geq 0.45g$	PAS1 0.503
	AS2 $0.35g \leq PGA < 0.45g$	PAS2 0.260
	AS3 $0.25g \leq PGA < 0.35g$	PAS3 0.134
	AS4 $0.10g \leq PGA < 0.25g$	PAS4 0.068
	AS5 $PGA < 0.10g$	PAS5 0.035

### 3.1.1.1. Nivel de Peligrosidad por Sismo

**Tabla 34**

*Cálculo de peligro.*

Peligrosidad por Intensidad del sismo		Peligrosidad por Magnitud del sismo		Peligrosidad por Aceleración del suelo		Valor de Peligrosidad
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso	
0.503		0.503		0.503		0.504
0.260		0.260		0.260		0.260
0.134	0.633	0.134	0.260	0.134	0.106	0.134
0.068		0.068		0.068		0.068
0.035		0.035		0.035		0.035

De acuerdo con los valores de peligrosidad, se realizan rangos que determinan los niveles de peligrosidad y se detallan para cuatro niveles.

**Tabla 35**

*Niveles de peligrosidad.*

	Nivel	Rango
	Peligrosidad Muy Alto	$0.260 \leq P < 0.504$
	Peligrosidad Alto	$0.134 \leq P < 0.260$
	Peligrosidad Medio	$0.068 \leq P < 0.134$
	Peligrosidad Bajo	$0.035 \leq P < 0.068$

**Tabla 36**

*Valor de peligrosidad.*

Intensidad del sismo	Peso	Magnitud del sismo	Peso	Aceleración del suelo	Peso	Valor de Peligrosidad
0.503	0.633	0.260	0.260	0.503	0.106	0.439

De acuerdo con los resultados, se contó que la peligrosidad tiene el valor de 0.439, se determinó que corresponde al grado de **Peligrosidad Muy Alto**.

### 3.1.1.2. Mapa de Peligrosidad por Sismo

Como resultado se elabora la estratificación en cuatro niveles, con sus rangos correspondientes y de manera jerárquica.

**Tabla 37**

*Estratificación de peligrosidad.*

Nivel	Descripción	Rango
Peligro Muy Alto	Magnitud del sismo: Magnitud mayor a 8.0. Intensidad del sismo: XI y XII. Destrucción total, grandes grietas en el suelo. Aceleración del suelo: $PGA \geq 0.45g$ .	$0.260 \leq P < 0.504$
Peligro Alto	Magnitud del sismo: Magnitud 6.0 a 7.9. Intensidad del sismo: IX y X. Todos los edificios resultan con daños severos. Aceleración del suelo: $0.35g \leq PGA < 0.45g$ .	$0.134 \leq P < 0.260$
Peligro Medio	Magnitud del sismo: Magnitud 4.5 a 5.9. Intensidad del sismo: VI, VII y VIII. Daños ligeros en estructuras de buen diseño. Aceleración del suelo: $0.25g \leq PGA < 0.35g$ .	$0.068 \leq P < 0.134$
Peligro Bajo	Magnitud del sismo: Magnitud 3.5 a 4.4 y/o Magnitud menor a 3.4. Intensidad del sismo: III, IV y V. Notado por muchos, sentido en el interior de las viviendas y/o I y II. Casi nadie lo siente y/o sentido por unas cuentas personas. Aceleración del suelo: $0.10g \leq PGA < 0.25g$ y/o $PGA < 0.10g$ .	$0.035 \leq P < 0.068$

### 3.1.2. Resultado del Análisis de Vulnerabilidad

Se analizaron tres parámetros, que permitió caracterizar las condiciones específicas en la que se encuentra las estructuras y la localización de la infraestructura que puedan ser afectados las consecuencias por el hecho del peligro y permitió obtener el grado de vulnerabilidad de la institución. Se escogieron los parámetros de acuerdo con lo que propone el Manual para la Evaluación de Riesgos por Sismos.

Exposición

Fragilidad

Resiliencia

Se realizó la matriz de comparación de pares, donde se colocaron los tres parámetros tanto en la primera fila como la primera columna de la matriz, se colocaron el valor de 1 en la intersección de los parámetros que están coincidiendo, se asignaron numeraciones usando la escala de Saaty, se sumaron las columnas y se realizaron las inversas de las adiciones.

**Tabla 38**

*Matriz de comparación de los parámetros de vulnerabilidad.*

Parámetro	Exposición	Resiliencia	Fragilidad
Exposición	1.000	3.000	5.000
Resiliencia	0.333	1.000	3.000
Fragilidad	0.200	0.333	1.000
$\Sigma$	1.533	4.333	9.000
1/ $\Sigma$	0.652	0.231	0.111

Nota. Por ejemplo, el valor que está entre la exposición de la primera columna y la resiliencia de la primera fila es de 3, la cual se lee que la exposición es tres veces más importante (ligeramente más importante) que la resiliencia. Cuando los parámetros se invierten, se lee que la resiliencia es tres veces menos importante (ligeramente menos importante) que la exposición.

Se realizó la matriz de normalización, donde colocaron por cada valor de la matriz de comparación multiplicado por el opuesto del total de la suma de la columna al que pertenece y se sumaron las columnas donde el resultado fue igual a la unidad.

Se realizó el vector de priorización, donde se determinaron la adición promedio conforme a cada fila y se sumó la columna donde el resultado fue el valor de 1. Esto señala la importancia de diversos factores para el diagnóstico del grado de vulnerabilidad.

**Tabla 39**

*Matriz de normalización de los parámetros de vulnerabilidad.*

Parámetro	Exposición	Resiliencia	Fragilidad	Vector $\Sigma$ ponderada
-----------	------------	-------------	------------	---------------------------

Exposición	0.652	0.693	0.555	0.633
Resiliencia	0.217	0.231	0.333	0.260
Fragilidad	0.130	0.077	0.111	0.106
$\Sigma$	1.000	1.000	1.000	1.000

Para la determinación del índice de consistencia, se definió el vector de la suma ponderada donde la matriz de comparación de pares se multiplicó con el vector de priorización, se determinó la landa máxima ( $\lambda_{m\acute{a}x}$ ) donde el vector de suma ponderada se dividió con el vector priorización y posteriormente se aplicó la fórmula del índice de consistencia.

**Tabla 40**

*Landa máxima de los parámetros de vulnerabilidad.*

Parámetro	Vector $\Sigma$ ponderada	Vector priorización	$\lambda_{m\acute{a}x}$
Exposición	1.716	0.572	3.000
Resiliencia	0.858	0.286	3.000
Fragilidad	0.429	0.143	3.000

Para la selección del índice aleatorio, se eligió el valor que se encuentra en la columna de  $n = 3$ , debido a que se cuenta con tres parámetros para la evaluación de vulnerabilidad.

Para la obtención de la relación de consistencia, se dividió el valor del índice de consistencia con el índice aleatorio y se verificó si los principios empleados para poder realizar la comparativa de pares sea la más idónea.

**Tabla 41**

*Determinación de la relación de consistencia de vulnerabilidad.*

Descripción	Valor
(IC)	0.019
(IA)	0.525
(RC)	0.036

Con el valor obtenido de 0.036 se verifica que es inferior al 0.10, por ello se puede decir que la consistencia es razonable.

**Tabla 42**

*Ponderación de los parámetros de vulnerabilidad.*

Parámetros	Peso Ponderado
Exposición	0.633
Resiliencia	0.260
Fragilidad	0.106

### 3.1.2.1. Vulnerabilidad por Exposición

#### 3.1.2.1.1 Ponderación de los Descriptores

##### Localización de la IE

Se analizaron cinco descriptores, que permitió caracterizar el parámetro localización de la IE y permitió obtener el peso ponderado conforme a cada descriptor.

FS1: Muy cercana de 0 a 0.2 km

FS2: Cercana de 0.2 a 1.0 km

FS3: Medianamente alejada 1.0 a 3.0 km

FS4: Alejada de 3.0 a 5.0 km

FS5: Muy alejada > 5.0 km

Se realizó la matriz de comparación de pares, donde se colocaron los cinco descriptores tanto en la primera fila como la primera columna de la matriz, se colocaron el valor de 1 en la intersección de los descriptores que están coincidiendo, se asignaron numeraciones usando la escala de Saaty, se sumaron las columnas y se realizaron las inversas de las adiciones.

**Tabla 43**

*Matriz de comparación de pares de los descriptores de localización de la IE.*

Descriptores	FS1	FS2	FS3	FS4	FS5
FS1	1.000	2.00	4.00	6.00	8.00
FS2	0.500	1.000	2.000	4.000	6.000
FS3	0.250	0.500	1.000	2.000	4.000

FS4	0.167	0.250	0.500	1.000	2.000
FS5	0.125	0.167	0.250	0.500	1.000
$\Sigma$	2.042	3.917	7.750	13.500	21.000
1/ $\Sigma$	0.490	0.255	0.129	0.074	0.048

Nota. Por ejemplo, el valor que está entre FS1 de la primera columna y FS2 de la primera fila es de 3, la cual se lee que FS1 es tres veces más importante (ligeramente más importante) que FS2. Cuando los parámetros se invierten, se lee que AS2 es tres veces menos importante AS1.

Se realizó la matriz de normalización, donde colocaron por cada valor de la matriz de comparación multiplicado por el opuesto del total de la suma de la columna al que pertenece y se sumaron las columnas donde el resultado fue igual a la unidad.

Se realizó el vector de priorización, donde se determinaron la adición promedio conforme a cada fila y se sumó la columna donde el resultado fue el valor de 1. Esto señala la importancia de diversos factores para el diagnóstico del grado de vulnerabilidad.

**Tabla 44**

*Matriz de normalización de los descriptores de localización de la IE.*

Descriptores	FS1	FS2	FS3	FS4	FS5	Vector priorización
FS1	0.490	0.510	0.516	0.444	0.384	0.469
FS2	0.245	0.255	0.258	0.296	0.288	0.268
FS3	0.123	0.128	0.129	0.148	0.192	0.144
FS4	0.082	0.064	0.065	0.074	0.096	0.076
FS5	0.061	0.043	0.032	0.037	0.048	0.044
$\Sigma$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Para la determinación del índice de consistencia, se definió el vector de la suma ponderada donde la matriz de comparación de pares se multiplicó con el vector de priorización, se determinó la landa máxima ( $\lambda_{m\acute{a}x}$ ) donde el vector de suma ponderada se dividió con el vector priorización y posteriormente se aplicó la fórmula del índice de consistencia.

**Tabla 45**

*Landa máxima de los descriptores de localización de la IE.*

Descriptorios	Vector $\Sigma$ ponderada	Vector priorización	$\lambda_{m\acute{a}x}$
FS1	2.389	0.469	5.094
FS2	1.359	0.268	5.071
FS3	0.723	0.144	5.021
FS4	0.381	0.076	5.013
FS5	0.221	0.044	5.023

Para la selección del índice aleatorio, se eligió el valor que se encuentra en la columna de  $n = 5$ , debido a que se cuenta con cinco descriptorios para la evaluación de vulnerabilidad.

Para la obtención de la relación de consistencia, se dividió el valor del índice de consistencia con el índice aleatorio y se verificó si los principios empleados para poder realizar la comparativa de pares sea la más idónea.

**Tabla 46**

*Determinación de la relación de consistencia de localización de la IE.*

Descripción	Valor
(IC)	0.011
(IA)	1.115
(RC)	0.010

Con el valor obtenido de 0.010 se verifica que es inferior al 0.10, por ello se puede decir que la consistencia es razonable.

**Tabla 47**

*Ponderación de los descriptorios de localización de la IE.*

Parámetro	Localización de la IE del límite del mar	Peso ponderado
Descriptorios	FS1 Muy cercana de 0 a 0.2 km	PFS1 0.469
	FS2 Cercana de 0.2 a 1.0 km	PFS2 0.268
	FS3 Medianamente alejada 1.0 a 3.0 km	PFS3 0.144
	FS4 Alejada de 3.0 a 5.0 km	PFS4 0.076
	FS5 Muy alejada > 5.0 km	PFS5 0.044

### 3.1.2.2. Vulnerabilidad por Fragilidad

#### 3.1.2.2.1 Ponderación de los Descriptores

##### Material predominante

Se analizaron cinco descriptores, que permitió caracterizar el parámetro material y permitió obtener el peso ponderado conforme a cada descriptor.

FS6: Estera, madera o triplay

FS7: Adobe o tapia

FS8: Quincha (caña con barro)

FS9: Piedra con cemento

FS10: Ladrillo o bloque de cemento

Se realizó la matriz de comparación de pares, donde se colocaron los cinco descriptores tanto en la primera fila como la primera columna de la matriz, se colocaron el valor de 1 en la intersección de los descriptores que están coincidiendo, se asignaron numeraciones usando la escala de Saaty, se sumaron las columnas y se realizaron las inversas de las adiciones.

**Tabla 48**

*Matriz de comparación de pares de los descriptores de material predominante.*

Descriptores	FS6	FS7	FS8	FS9	FS10
FS6	1.000	3.00	5.00	6.00	8.00
FS7	0.333	1.000	3.000	5.000	6.000
FS8	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
FS9	0.167	0.200	0.333	1.000	3.000
FS10	0.125	0.167	0.200	0.333	1.000
$\Sigma$	1.825	4.700	9.533	15.333	23.000
1/ $\Sigma$	0.548	0.213	0.105	0.065	0.043

Nota. Por ejemplo, el valor que está entre FS6 de la primera columna y FS7 de la primera fila es de 3, la cual se lee que FS6 es tres veces más importante (ligeramente más importante) que FS7. Cuando los parámetros se invierten, se lee que FS7 es tres veces menos importante FS6.

Se realizó la matriz de normalización, donde colocaron por cada valor de la matriz de comparación multiplicado por el opuesto del total de la suma de la columna al que pertenece y se sumaron las columnas donde el resultado fue igual a la unidad.

Se realizó el vector de priorización, donde se determinaron la adición promedio conforme a cada fila y se sumó la columna donde el resultado fue el valor de 1. Esto señala la importancia de diversos factores para el diagnóstico del grado de vulnerabilidad.

**Tabla 49**

*Matriz de normalización de los descriptores de material predominante.*

Descriptores	FS6	FS7	FS8	FS9	FS10	Vector priorización
FS6	0.548	0.639	0.525	0.390	0.344	0.489
FS7	0.182	0.213	0.315	0.325	0.258	0.259
FS8	0.110	0.071	0.105	0.195	0.215	0.139
FS9	0.092	0.043	0.035	0.065	0.129	0.073
FS10	0.069	0.036	0.021	0.022	0.043	0.038
$\Sigma$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Para la determinación del índice de consistencia, se definió el vector de la suma ponderada donde la matriz de comparación de pares se multiplicó con el vector de priorización, se determinó la landa máxima ( $\lambda_{m\acute{a}x}$ ) donde el vector de suma ponderada se dividió con el vector priorización y posteriormente se aplicó la fórmula del índice de consistencia.

**Tabla 50**

*Landa máxima de los descriptores de material predominante.*

Descriptores	Vector $\Sigma$ ponderada	Vector priorización	$\lambda_{m\acute{a}x}$
FS6	2.703	0.489	5.528
FS7	1.432	0.259	5.529
FS8	0.732	0.139	5.266
FS9	0.367	0.073	5.027
FS10	0.194	0.038	5.105

Para la selección del índice aleatorio, se eligió el valor que se encuentra en la columna de  $n = 5$ , debido a que se cuenta con cinco descriptores para la evaluación de vulnerabilidad.

Para la obtención de la relación de consistencia, se dividió el valor del índice de consistencia con el índice aleatorio y se verificó si los principios empleados para poder realizar la comparativa de pares sea la más idónea.

**Tabla 51**

*Determinación de la relación de consistencia de material predominante.*

Descripción	Valor
(IC)	0.073
(IA)	1.115
(RC)	0.065

Con el valor obtenido de 0.065 se verifica que es inferior al 0.10, por ello se puede decir que la consistencia es razonable.

**Tabla 52**

*Ponderación de los descriptores de material predominante.*

Parámetro	Material de construcción predominante	Peso ponderado	
Descriptores	FS6 Estera, madera o triplay	PFS6	0.489
	FS7 Adobe o tapia	PFS7	0.259
	FS8 Quincha (caña con barro)	PFS8	0.139
	FS9 Piedra con cemento	PFS9	0.073
	FS10 Ladrillo o bloque de cemento	PFS10	0.038

### Topografía del terreno

Se analizaron cinco descriptores, que permitió caracterizar el parámetro topografía del lugar y permitió obtener el peso ponderado conforme a cada descriptor.

FS11:  $50\% < P \leq 80\%$

FS12:  $30\% < P \leq 50\%$

FS13:  $20\% < P \leq 30\%$

FS14:  $10\% < P \leq 20\%$

FS15:  $P \leq 10\%$

Se realizó la matriz de comparación de pares, donde se colocaron los cinco descriptores tanto en la primera fila como la primera columna de la matriz, se colocaron el valor de 1 en la intersección de los descriptores que están coincidiendo, se asignaron numeraciones usando la escala de Saaty, se sumaron las columnas y se realizaron las inversas de las adiciones.

**Tabla 53**

*Matriz de comparación de pares de los descriptores de topografía del terreno.*

Descriptores	FS11	FS12	FS13	FS14	FS15
FS11	1.000	3.00	5.00	6.00	8.00
FS12	0.333	1.000	3.000	5.000	6.000
FS13	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
FS14	0.167	0.200	0.333	1.000	3.000
FS15	0.125	0.167	0.200	0.333	1.000
$\Sigma$	1.825	4.700	9.533	15.333	23.000
$1/\Sigma$	0.548	0.213	0.105	0.065	0.043

Nota. Por ejemplo, el valor que está entre FS11 de la primera columna y FS12 de la primera fila es de 3, la cual se lee que FS11 es tres veces más importante (ligeramente más importante) que FS12. Cuando los parámetros se invierten, se lee que FS12 es tres veces menos importante FS11.

Se realizó la matriz de normalización, donde colocaron por cada valor de la matriz de comparación multiplicado por el opuesto del total de la suma de la columna al que pertenece y se sumaron las columnas donde el resultado fue igual a la unidad.

Se realizó el vector de priorización, donde se determinaron la adición promedio conforme a cada fila y se sumó la columna donde el resultado fue el valor de 1. Esto señala la importancia de diversos factores para el diagnóstico del grado de vulnerabilidad.

**Tabla 54**

*Matriz de normalización de los descriptores de topografía del terreno.*

Descriptores	FS11	FS12	FS13	FS14	FS15	Vector priorización
FS11	0.548	0.639	0.525	0.390	0.344	0.489
FS12	0.182	0.213	0.315	0.325	0.258	0.259
FS13	0.110	0.071	0.105	0.195	0.215	0.139
FS14	0.092	0.043	0.035	0.065	0.129	0.073
FS15	0.069	0.036	0.021	0.022	0.043	0.038
$\Sigma$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Para la determinación del índice de consistencia, se definió el vector de la suma ponderada donde la matriz de comparación de pares se multiplicó con el vector de priorización, se determinó la landa máxima ( $\lambda_{m\acute{a}x}$ ) donde el vector de suma ponderada se dividió con el vector priorización y posteriormente se aplicó la fórmula del índice de consistencia.

**Tabla 55**

*Landa máxima de los descriptores de topografía del terreno.*

Descriptores	Vector $\Sigma$ ponderada	Vector priorización	$\lambda_{m\acute{a}x}$
FS11	2.703	0.489	5.528
FS12	1.432	0.259	5.529
FS13	0.732	0.139	5.266
FS14	0.367	0.073	5.027
FS15	0.194	0.038	5.105

Para la selección del índice aleatorio, se eligió el valor que se encuentra en la columna de  $n = 5$ , debido a que se cuenta con cinco descriptores para la evaluación de vulnerabilidad.

Para la obtención de la relación de consistencia, se dividió el valor del índice de consistencia con el índice aleatorio y se verificó si los principios empleados para poder realizar la comparativa de pares sea la más idónea.

**Tabla 56**

*Determinación de la relación de consistencia de topografía del terreno.*

Descripción	Valor
(IC)	0.073
(IA)	1.115
(RC)	0.065

Con el valor obtenido de 0.065 se verifica que es inferior al 0.10, por ello se puede decir que la consistencia es razonable.

**Tabla 57**

*Ponderación de los descriptores de topografía del terreno.*

Parámetro	Pendiente de terreno (P)	Peso ponderado
Descriptores	PFS11 $50\% < P \leq 80\%$	PFS11 0.489
	PFS12 $30\% < P \leq 50\%$	PFS12 0.259
	PFS13 $20\% < P \leq 30\%$	PFS13 0.139
	PFS14 $10\% < P \leq 20\%$	PFS14 0.073
	PFS15 $P \leq 10\%$	PFS15 0.038

### Configuración de elevación

Se analizaron cinco descriptores, que permitió caracterizar el parámetro configuración de elevación y permitió obtener el peso ponderado conforme a cada descriptor.

FS16: 5 pisos a más

FS17: 4 pisos

FS18: 3 pisos

FS19: 2 pisos

FS20: 1 piso

Se realizó la matriz de comparación de pares, donde se colocaron los cinco descriptores

tanto en la primera fila como la primera columna de la matriz, se colocaron el valor de 1 en la intersección de los descriptores que están coincidiendo, se asignaron numeraciones usando la escala de Saaty, se sumaron las columnas y se realizaron las inversas de las adiciones.

**Tabla 58**

*Matriz de comparación de pares de los descriptores de configuración de elevación.*

Descriptores	FS16	FS17	FS18	FS19	FS20
FS16	1.000	2.00	4.00	6.00	8.00
FS17	0.500	1.000	2.000	4.000	6.000
FS18	0.250	0.500	1.000	2.000	4.000
FS19	0.167	0.250	0.500	1.000	2.000
FS20	0.125	0.167	0.250	0.500	1.000
$\Sigma$	2.042	3.917	7.750	13.500	21.000
$1/\Sigma$	0.490	0.255	0.129	0.074	0.048

Nota. Por ejemplo, el valor que está entre FS16 de la primera columna y FS12 de la primera fila es de 3, la cual se lee que FS16 es tres veces más importante (ligeramente más importante) que FS17. Cuando los parámetros se invierten, se lee que FS17 es tres veces menos importante FS16.

Se realizó la matriz de normalización, donde colocaron por cada valor de la matriz de comparación multiplicado por el opuesto del total de la suma de la columna al que pertenece y se sumaron las columnas donde el resultado fue igual a la unidad.

Se realizó el vector de priorización, donde se determinaron la adición promedio conforme a cada fila y se sumó la columna donde el resultado fue el valor de 1. Esto señala la importancia de diversos factores para el diagnóstico del grado de vulnerabilidad.

**Tabla 59**

*Matriz de normalización de los descriptores de configuración de elevación.*

Descriptores	FS16	FS17	FS18	FS19	FS20	Vector priorización
FS16	0.490	0.510	0.516	0.444	0.384	0.469
FS17	0.245	0.255	0.258	0.296	0.288	0.268
FS18	0.123	0.128	0.129	0.148	0.192	0.144

FS19	0.082	0.064	0.065	0.074	0.096	0.076
FS20	0.061	0.043	0.032	0.037	0.048	0.044
$\Sigma$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Para la determinación del índice de consistencia, se definió el vector de la suma ponderada donde la matriz de comparación de pares se multiplicó con el vector de priorización, se determinó la landa máxima ( $\lambda_{m\acute{a}x}$ ) donde el vector de suma ponderada se dividió con el vector priorización y posteriormente se aplicó la fórmula del índice de consistencia.

**Tabla 60**

*Landa máxima de los descriptores de configuración de elevación.*

Descriptores	Vector $\Sigma$ ponderada	Vector priorización	$\lambda_{m\acute{a}x}$
FS16	2.389	0.469	5.094
FS17	1.359	0.268	5.071
FS18	0.723	0.144	5.021
FS19	0.381	0.076	5.013
FS20	0.221	0.044	5.023

Para la selección del índice aleatorio, se eligió el valor que se encuentra en la columna de  $n = 5$ , debido a que se cuenta con cinco descriptores para la evaluación de vulnerabilidad.

Para la obtención de la relación de consistencia, se dividió el valor del índice de consistencia con el índice aleatorio y se verificó si los principios empleados para poder realizar la comparativa de pares sea la más idónea.

**Tabla 61**

*Determinación de la relación de consistencia de configuración de elevación.*

Descripción	Valor
(IC)	0.011
(IA)	1.115
(RC)	0.010

Con el valor obtenido de 0.010 se verifica que es inferior al 0.10, por ello se puede decir que la consistencia es razonable.

**Tabla 62**

*Ponderación de los descriptores de la elevación.*

Parámetro	Número de pisos	Peso ponderado
FS16	5 pisos a más	PFS16 0.469
FS17	4 pisos	PFS17 0.268
FS18	3 pisos	PFS18 0.144
FS19	2 pisos	PFS19 0.076
FS20	1 piso	PFS20 0.044

### **Antigüedad de construcción**

Se analizaron cinco descriptores, que permitió caracterizar el parámetro antigüedad de construcción y permitió obtener el peso ponderado conforme a cada descriptor.

FS21: De 40 años a más

FS22: De 30 a 40 años

FS23: De 30 a 40 años

FS24: De 10 a 20 años

FS25: Menor a 10 años

Se realizó la matriz de comparación de pares, donde se colocaron los cinco descriptores tanto en la primera fila como la primera columna de la matriz, se colocaron el valor de 1 en la intersección de los descriptores que están coincidiendo, se asignaron numeraciones usando la escala de Saaty, se sumaron las columnas y se realizaron las inversas de las adiciones.

**Tabla 63**

*Matriz de Comparación de pares de los descriptores de antigüedad de construcción.*

Descriptores	FS21	FS22	FS23	FS24	FS25
--------------	------	------	------	------	------

FS21	1.000	3.00	5.00	7.00	9.00
FS22	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
FS23	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
FS24	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
FS25	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
$\Sigma$	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
$1/\Sigma$	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

Nota. Por ejemplo, el valor que está entre FS21 de la primera columna y FS22 de la primera fila es de 3, la cual se lee que FS21 es tres veces más importante (ligeramente más importante) que FS22. Cuando los parámetros se invierten, se lee que FS22 es tres veces menos importante FS21.

Se realizó la matriz de normalización, donde colocaron por cada valor de la matriz de comparación multiplicado por el opuesto del total de la suma de la columna al que pertenece y se sumaron las columnas donde el resultado fue igual a la unidad.

Se realizó el vector de priorización, donde se determinaron la adición promedio conforme a cada fila y se sumó la columna donde el resultado fue el valor de 1. Esto señala la importancia de diversos factores para el diagnóstico del grado de vulnerabilidad.

**Tabla 64**

*Matriz de Normalización de los descriptores de antigüedad de construcción.*

Descriptores	FS21	FS22	FS23	FS24	FS25	Vector priorización
FS21	0.560	0.642	0.525	0.427	0.360	0.503
FS22	0.186	0.214	0.315	0.305	0.280	0.260
FS23	0.112	0.071	0.105	0.183	0.200	0.134
FS24	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
FS25	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
$\Sigma$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Para la determinación del índice de consistencia, se definió el vector de la suma ponderada donde la matriz de comparación de pares se multiplicó con el vector de priorización, se determinó la landa máxima ( $\lambda_{m\acute{a}x}$ ) donde el vector de suma ponderada se dividió con el

vector priorización y posteriormente se aplicó la fórmula del índice de consistencia.

**Tabla 65**

*Landa máxima de los descriptores de antigüedad de construcción.*

Descriptores	Vector $\Sigma$ ponderada	Vector priorización	$\lambda_{m\acute{a}x}$
FS21	2.744	0.503	5.455
FS22	1.414	0.26	5.438
FS23	0.700	0.134	5.224
FS24	0.342	0.068	5.029
FS25	0.177	0.035	5.057

Para la selección del índice aleatorio, se eligió el valor que se encuentra en la columna de  $n = 5$ , debido a que se cuenta con cinco descriptores para la evaluación de vulnerabilidad.

Para la obtención de la relación de consistencia, se dividió el valor del índice de consistencia con el índice aleatorio y se verificó si los principios empleados para poder realizar la comparativa de pares sea la más idónea.

**Tabla 66**

*Determinación de la relación de consistencia de antigüedad de construcción.*

Descripción	Valor
(IC)	0.060
(IA)	1.115
(RC)	0.054

Con el valor obtenido de 0.054 se verifica que es inferior al 0.10, por ello se puede decir que la consistencia es razonable.

**Tabla 67**

*Ponderación de los descriptores de antigüedad de construcción.*

Parámetro	Antigüedad en años	Peso ponderado
Des . FS21	De 40 años a más	PFS21 0.503

FS22	De 30 a 40 años	PFS22	0.260
FS23	De 20 a 30 años	PFS23	0.134
FS24	De 10 a 20 años	PFS24	0.068
FS25	Menor a 10 años	PFS25	0.035

### Estado de conservación

Se analizaron cinco descriptores, que permitió caracterizar el parámetro estado de conservación y permitió obtener el peso ponderado conforme a cada descriptor.

FS26: Muy malo.

FS27: Malo.

FS28: Medio.

FS29: Bueno.

FS30: Muy bueno..

Se realizó la matriz de comparación de pares, donde se colocaron los cinco descriptores tanto en la primera fila como la primera columna de la matriz, se colocaron el valor de 1 en la intersección de los descriptores que están coincidiendo, se asignaron numeraciones usando la escala de Saaty, se sumaron las columnas y se realizaron las inversas de las adiciones.

**Tabla 68**

*Matriz de comparación de pares de los descriptores de estado de conservación.*

Descriptores	FS26	FS27	FS28	FS29	FS30
FS26	1.000	3.00	4.00	7.00	9.00
FS27	0.333	1.000	3.000	4.000	7.000
FS28	0.250	0.333	1.000	3.000	4.000
FS29	0.143	0.250	0.333	1.000	3.000
FS30	0.111	0.143	0.250	0.333	1.000
$\Sigma$	1.837	4.726	8.583	15.333	24.000
$1/\Sigma$	0.544	0.212	0.117	0.065	0.042

Nota. Por ejemplo, el valor que está entre FS26 de la primera columna y FS27 de la primera fila es de 3, la cual se lee que FS26 es tres veces más importante (ligeramente más importante) que FS27. Cuando los parámetros se invierten, se lee que FS27 es tres veces menos importante FS26.

Se realizó la matriz de normalización, donde colocaron por cada valor de la matriz de comparación multiplicado por el opuesto del total de la suma de la columna al que pertenece y se sumaron las columnas donde el resultado fue igual a la unidad.

Se realizó el vector de priorización, donde se determinaron la adición promedio conforme a cada fila y se sumó la columna donde el resultado fue el valor de 1. Esto señala la prioridad de diversos factores para el diagnóstico del grado de vulnerabilidad.

**Tabla 69**

*Matriz de normalización de los descriptores de estado de conservación.*

Descriptores	FS26	FS27	FS28	FS29	FS30	Vector priorización
FS26	0.544	0.636	0.468	0.455	0.378	0.496
FS27	0.181	0.212	0.351	0.260	0.294	0.260
FS28	0.136	0.071	0.117	0.195	0.168	0.137
FS29	0.078	0.053	0.039	0.065	0.126	0.072
FS30	0.060	0.030	0.029	0.022	0.042	0.037
$\Sigma$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Para la determinación del índice de consistencia, se definió el vector de la suma ponderada donde la matriz de comparación de pares se multiplicó con el vector de priorización, se determinó la landa máxima ( $\lambda_{m\acute{a}x}$ ) donde el vector de suma ponderada se dividió con el vector priorización y posteriormente se aplicó la fórmula del índice de consistencia.

**Tabla 70**

*Landa máxima de los descriptores de estado de conservación.*

Descriptores	Vector $\Sigma$ ponderada	Vector priorización	$\lambda_{m\acute{a}x}$
FS21	2.661	0.496	5.365
FS22	1.383	0.26	5.319

FS23	0.712	0.137	5.197
FS24	0.365	0.072	5.069
FS25	0.187	0.037	5.054

Para la selección del índice aleatorio, se eligió el valor que se encuentra en la columna de  $n = 5$ , debido a que se cuenta con cinco descriptores para la evaluación de vulnerabilidad.

Para la obtención de la relación de consistencia, se dividió el valor del índice de consistencia con el índice aleatorio y se verificó si los principios empleados para poder realizar la comparativa de pares sea la más idónea.

**Tabla 71**

*Determinación de la relación de consistencia de estado de conservación.*

Descripción	Valor
(IC)	0.050
(IA)	1.115
(RC)	0.045

Con el valor obtenido de 0.045 se verifica que es inferior al 0.10, por ello se puede decir que la consistencia es razonable.

**Tabla 72**

*Ponderación de los descriptores de estado de conservación.*

Parámetro	Condiciones de la edificación	Peso ponderado
Descriptores	FS26 Muy Malo	PFS26 0.496
	FS27 Malo	PFS27 0.260
	FS28 Regular	PFS28 0.137
	FS29 Bueno	PFS29 0.072
	FS30 Muy Bueno	PFS30 0.037

### **IE localizadas**

Se analizaron cinco descriptores, que permitió caracterizar el parámetro IE localizadas

y permitió obtener el peso ponderado conforme a cada descriptor.

FS31:  $80\% < C$

FS32:  $60\% < C \leq 80\%$

FS33:  $10\% < C \leq 60\%$

FS34:  $C \leq 10\%$

FS35: Ninguna

Se realizó la matriz de comparación de pares, donde se colocaron los cinco descriptores tanto en la primera fila como la primera columna de la matriz, se colocaron el valor de 1 en la intersección de los descriptores que están coincidiendo, se asignaron numeraciones usando la escala de Saaty, se sumaron las columnas y se realizaron las inversas de las adiciones.

**Tabla 73**

*Matriz de comparación de pares de los descriptores de IE localizadas.*

Descriptores	FS31	FS32	FS33	FS34	FS35
FS31	1.000	3.00	4.00	7.00	9.00
FS32	0.333	1.000	3.000	4.000	7.000
FS33	0.250	0.333	1.000	3.000	4.000
FS34	0.143	0.250	0.333	1.000	3.000
FS35	0.111	0.143	0.250	0.333	1.000
$\Sigma$	1.837	4.726	8.583	15.333	24.000
$1/\Sigma$	0.544	0.212	0.117	0.065	0.042

Nota. Por ejemplo, el valor que está entre FS31 de la primera columna y FS32 de la primera fila es de 3, la cual se lee que FS31 es tres veces más importante (ligeramente más importante) que FS32. Cuando los parámetros se invierten, se lee que FS32 es tres veces menos importante FS31.

Se realizó la matriz de normalización, donde colocaron por cada valor de la matriz de comparación multiplicado por el opuesto del total de la suma de la columna al que pertenece y se sumaron las columnas donde el resultado fue igual a la unidad.

Se realizó el vector de priorización, donde se determinaron la adición promedio

conforme a cada fila y se sumó la columna donde el resultado fue el valor de 1. Esto señala la importancia de diversos factores para el diagnóstico del grado de vulnerabilidad.

**Tabla 74**

*Matriz de normalización de los descriptores de IE localizadas.*

Descriptores	FS31	FS32	FS33	FS34	FS35	Vector priorización
FS31	0.544	0.636	0.468	0.455	0.378	0.496
FS32	0.181	0.212	0.351	0.260	0.294	0.260
FS33	0.136	0.071	0.117	0.195	0.168	0.137
FS34	0.078	0.053	0.039	0.065	0.126	0.072
FS35	0.060	0.030	0.029	0.022	0.042	0.037
$\Sigma$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Para la determinación del índice de consistencia, se definió el vector de la suma ponderada donde la matriz de comparación de pares se multiplicó con el vector de priorización, se determinó la landa máxima ( $\lambda_{m\acute{a}x}$ ) donde el vector de suma ponderada se dividió con el vector priorización y posteriormente se aplicó la fórmula del índice de consistencia.

**Tabla 75**

*Landa máxima de los descriptores de IE localizadas.*

Descriptores	Vector $\Sigma$ ponderada	Vector priorización	$\lambda_{m\acute{a}x}$
FS31	2.661	0.496	5.365
FS32	1.383	0.26	5.319
FS33	0.712	0.137	5.197
FS34	0.365	0.072	5.069
FS35	0.187	0.037	5.054

Para la selección del índice aleatorio, se eligió el valor que se encuentra en la columna de  $n = 5$ , debido a que se cuenta con cinco descriptores para la evaluación de vulnerabilidad.

Para la obtención de la relación de consistencia, se dividió el valor del índice de consistencia con el índice aleatorio y se verificó si los principios empleados para poder realizar

la comparativa de pares sea la más idónea.

**Tabla 76**

*Determinación de la relación de consistencia de IE localizadas.*

Descripción	Valor
(IC)	0.050
(IA)	1.115
(RC)	0.045

Con el valor obtenido de 0.045 se verifica que es inferior al 0.10, por ello se puede decir que la consistencia es razonable.

**Tabla 77**

*Ponderación de los descriptores de IE localizadas.*

Parámetro	Porcentaje de IE en áreas inseguras	Peso ponderado
Descriptores	FS31 80% < C	PFS31 0.496
	FS32 60% < C ≤ 80%	PFS32 0.260
	FS33 10% < C ≤ 60%	PFS33 0.137
	FS34 C ≤ 10%	PFS34 0.072
	FS35 Ninguna	PFS35 0.037

### **IE con acceso**

Se analizaron cinco descriptores, que permitió caracterizar el parámetro IE con acceso y permitió obtener el peso ponderado conforme a cada descriptor.

FS36: Ninguna

FS37: AAP ≤ 20%

FS38: 20% < AAP ≤ 30%

FS39: 30% < AAP ≤ 50%

FS40: 50% < AAP

Se realizó la matriz de comparación de pares, donde se colocaron los cinco descriptores

tanto en la primera fila como la primera columna de la matriz, se colocaron el valor de 1 en la intersección de los descriptores que están coincidiendo, se asignaron numeraciones usando la escala de Saaty, se sumaron las columnas y se realizaron las inversas de las sumas totales.

**Tabla 78**

*Matriz de comparación de pares de los descriptores de IE con acceso.*

Descriptores	FS36	FS37	FS38	FS39	FS40
FS36	1.000	3.00	5.00	7.00	9.00
FS37	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
FS38	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
FS39	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
FS40	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
$\Sigma$	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
$1/\Sigma$	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

Nota. Por ejemplo, el valor que está entre FS36 de la primera columna y FS37 de la primera fila es de 3, la cual se lee que FS36 es tres veces más importante (ligeramente más importante) que FS37. Cuando los parámetros se invierten, se lee que FS37 es tres veces menos importante FS36.

Se realizó la matriz de normalización, donde colocaron por cada valor de la matriz de comparación multiplicado por el opuesto del total de la suma de la columna al que pertenece y se sumaron las columnas donde el resultado fue igual a la unidad.

Se realizó el vector de priorización, donde se determinaron la adición promedio conforme a cada fila y se sumó la columna donde el resultado fue el valor de 1. Esto señala la importancia de cada parámetro para el diagnóstico del grado de vulnerabilidad.

**Tabla 79**

*Matriz de normalización de los descriptores de IE con acceso.*

Descriptores	FS16	FS17	FS18	FS19	FS20	Vector priorización
FS36	0.560	0.642	0.525	0.427	0.360	0.503
FS37	0.186	0.214	0.315	0.305	0.280	0.260
FS38	0.112	0.071	0.105	0.183	0.200	0.134

FS39	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
FS40	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
$\Sigma$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Para la determinación del índice de consistencia, se definió el vector de la suma ponderada donde la matriz de comparación de pares se multiplicó con el vector de priorización, se determinó la landa máxima ( $\lambda_{m\acute{a}x}$ ) donde el vector de suma ponderada se dividió con el vector priorización y posteriormente se aplicó la fórmula del índice de consistencia.

**Tabla 80**

*Landa máxima de los descriptores de IE con acceso.*

Descriptores	Vector $\Sigma$ ponderada	Vector priorización	$\lambda_{m\acute{a}x}$
FS36	2.744	0.503	5.455
FS37	1.414	0.26	5.438
FS38	0.700	0.134	5.224
FS39	0.342	0.068	5.029
FS40	0.177	0.035	5.057

Para la selección del índice aleatorio, se eligió el valor que se encuentra en la columna de  $n = 5$ , debido a que se cuenta con cinco descriptores para la evaluación de vulnerabilidad.

Para la obtención de la relación de consistencia, se dividió el valor del índice de consistencia con el índice aleatorio y se verificó si los principios empleados para poder realizar la comparativa de pares sea la más idónea.

**Tabla 81**

*Determinación de la relación de consistencia de IE con acceso.*

Descripción	Valor
(IC)	0.060
(IA)	1.115
(RC)	0.054

Con el valor obtenido de 0.054 se verifica que es inferior al 0.10, por ello se puede decir que la consistencia es razonable.

**Tabla 82**

*Ponderación de los descriptores de IE con acceso.*

Parámetro	Porcentaje de IE con acceso al agua potable	Peso ponderado
FS36	Ninguna	PFS36 0.503
Descriptores	FS37 AAP $\leq$ 20%	PFS37 0.260
	FS38 20% < AAP $\leq$ 30%	PFS38 0.134
	FS39 30% < AAP $\leq$ 50%	PFS39 0.068
	FS40 50% < AAP	PFS40 0.035

### 3.1.2.3. Vulnerabilidad por Resiliencia

#### 3.1.2.3.1 Ponderación de los Descriptores

##### **Cumplimiento del código de construcción**

Se analizaron cinco descriptores, que permitió caracterizar el parámetro cumplimiento del código de construcción permitió obtener el peso ponderado conforme a cada descriptor.

FS41:  $V < 20\%$

FS42:  $20\% \leq V < 40\%$

FS43:  $40\% \leq V < 60\%$

FS44:  $60\% \leq V < 80\%$

FS45:  $80\% < V$

Se realizó la matriz de comparación de pares, donde se colocaron los cinco descriptores tanto en la primera fila como la primera columna de la matriz, se colocaron el valor de 1 en la intersección de los descriptores que están coincidiendo, se asignaron numeraciones usando la escala de Saaty, se sumaron las columnas y se realizaron las inversas de las adiciones.

**Tabla 83**

*Matriz de comparación de pares de los descriptores de cumplimiento del código construcción.*

Descriptores	FS41	FS42	FS43	FS44	FS45
FS41	1.000	3.00	5.00	7.00	9.00
FS42	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
FS43	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
FS44	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
FS45	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
$\Sigma$	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
1/ $\Sigma$	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

Nota. Por ejemplo, el valor que está entre FS41 de la primera columna y FS42 de la primera fila es de 3, la cual se lee que FS41 es tres veces más importante (ligeramente más importante) que FS42. Cuando los parámetros se invierten, se lee que FS42 es tres veces menos importante FS41.

Se realizó la matriz de normalización, donde colocaron por cada valor de la matriz de comparación multiplicado por el opuesto del total de la suma de la columna al que pertenece y se sumaron las columnas donde el resultado fue igual a la unidad.

Se realizó el vector de priorización, donde se determinaron la adición promedio conforme a cada fila y se sumó la columna donde el resultado fue el valor de 1. Esto señala la importancia de diversos factores para el diagnóstico del grado de vulnerabilidad.

**Tabla 84**

*Matriz de normalización de los descriptores de cumplimiento del código de construcción.*

Descriptores	FS41	FS42	FS43	FS44	FS45	Vector priorización
FS41	0.560	0.642	0.525	0.427	0.360	0.503
FS42	0.186	0.214	0.315	0.305	0.280	0.260
FS43	0.112	0.071	0.105	0.183	0.200	0.134
FS44	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
FS45	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
$\Sigma$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Para la determinación del índice de consistencia, se definió el vector de la suma ponderada donde la matriz de comparación de pares se multiplicó con el vector de priorización, se determinó la landa máxima ( $\lambda_{m\acute{a}x}$ ) donde el vector de suma ponderada se dividió con el vector priorización y posteriormente se aplicó la fórmula del índice de consistencia.

**Tabla 85**

*Landa máxima de los descriptores de cumplimiento del código de construcción.*

Descriptores	Vector $\Sigma$ ponderada	Vector priorización	$\lambda_{m\acute{a}x}$
FS41	2.744	0.503	5.455
FS42	1.414	0.26	5.438
FS43	0.700	0.134	5.224
FS44	0.342	0.068	5.029
FS45	0.177	0.035	5.057

Para la selección del índice aleatorio, se eligió el valor que se encuentra en la columna de  $n = 5$ , debido a que se cuenta con cinco descriptores para la evaluación de vulnerabilidad.

Para la obtención de la relación de consistencia, se dividió el valor del índice de consistencia con el índice aleatorio y se verificó si los principios empleados para poder realizar la comparativa de pares sea la más idónea.

**Tabla 86**

*Determinación de la relación de consistencia de cumplimiento del código de construcción.*

Descripción	Valor
(IC)	0.060
(IA)	1.115
(RC)	0.054

Con el valor obtenido de 0.054 se verifica que es inferior al 0.10, por ello se puede decir que la consistencia es razonable.

**Tabla 87**

*Ponderación de los descriptores de cumplimiento del código de construcción.*

Parámetro	Porcentaje de IE que cumplen el código de construcción	Peso ponderado		
Descriptores	FS41	$V < 20\%$	PFS41	0.503
	FS42	$20\% \leq V < 40\%$	PFS42	0.260
	FS43	$40\% \leq V < 60\%$	PFS43	0.134
	FS44	$60\% \leq V < 80\%$	PFS44	0.068
	FS45	$80\% < V$	PFS45	0.035

### Cumplimiento de reforzamiento

Se analizaron cinco descriptores, que permitió caracterizar el parámetro cumplimiento de reforzamiento y permitió obtener el peso ponderado conforme a cada descriptor.

FS46:  $C < 20\%$

FS47:  $20\% \leq C < 30\%$

FS48:  $30\% \leq C < 50\%$

FS49:  $50\% \leq C < 70\%$

FS50:  $70\% < C$

Se realizó la matriz de comparación de pares, donde se colocaron los cinco descriptores tanto en la primera fila como la primera columna de la matriz, se colocaron el valor de 1 en la intersección de los descriptores que están coincidiendo, se asignaron numeraciones usando la escala de Saaty, se sumaron las columnas y se realizaron las inversas de las sumas.

**Tabla 88**

*Matriz de comparación de pares de los descriptores de cumplimiento de reforzamiento.*

Descriptores	FS46	FS47	FS48	FS49	FS50
FS46	1.000	3.00	4.00	6.00	8.00
FS47	0.333	1.000	2.000	4.000	6.000
FS48	0.250	0.500	1.000	2.000	4.000
FS49	0.167	0.250	0.500	1.000	2.000

FS50	0.125	0.167	0.250	0.500	1.000
$\Sigma$	1.875	4.917	7.750	13.500	21.000
$1/\Sigma$	0.533	0.203	0.129	0.074	0.048

Nota. Por ejemplo, el valor que está entre FS41 de la primera columna y FS42 de la primera fila es de 3, la cual se lee que FS41 es tres veces más importante (ligeramente más importante) que FS42. Cuando los parámetros se invierten, se lee que FS42 es tres veces menos importante FS41.

Se realizó la matriz de normalización, donde colocaron por cada valor de la matriz de comparación multiplicado por el opuesto del total de la suma de la columna al que pertenece y se sumaron las columnas donde el resultado fue igual a la unidad.

Se realizó el vector de priorización, donde se determinaron la adición promedio conforme a cada fila y se sumó la columna donde el resultado fue el valor de 1. Esto señala la importancia de los diversos factores para el diagnóstico del grado de vulnerabilidad.

### Tabla 89

*Matriz de normalización de los descriptores de cumplimiento de reforzamiento.*

Descriptores	FS46	FS47	FS48	FS49	FS50	Vector priorización
FS46	0.533	0.609	0.516	0.444	0.384	0.497
FS47	0.177	0.203	0.258	0.296	0.288	0.244
FS48	0.133	0.102	0.129	0.148	0.192	0.141
FS49	0.089	0.051	0.065	0.074	0.096	0.075
FS50	0.067	0.034	0.032	0.037	0.048	0.044
$\Sigma$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Para la determinación del índice de consistencia, se definió el vector de la suma ponderada donde la matriz de comparación de pares se multiplicó con el vector de priorización, se determinó la landa máxima ( $\lambda_{m\acute{a}x}$ ) donde el vector de suma ponderada se dividió con el vector priorización y posteriormente se aplicó la fórmula del índice de consistencia.

### Tabla 90

*Landa máxima de los descriptores de cumplimiento de reforzamiento.*

Descriptorios	Vector $\Sigma$ ponderada	Vector priorización	$\lambda_{m\acute{a}x}$
FS46	2.595	0.497	5.221
FS47	1.256	0.244	5.148
FS48	0.713	0.141	5.057
FS49	0.377	0.075	5.027
FS50	0.220	0.044	5.000

Para la selección del índice aleatorio, se eligió el valor que se encuentra en la columna de  $n = 5$ , debido a que se cuenta con cinco descriptorios para la evaluación de vulnerabilidad.

Para la obtención de la relación de consistencia, se dividió el valor del índice de consistencia con el índice aleatorio y se verificó si los principios empleados para poder realizar la comparativa de pares sea la más idónea.

**Tabla 91**

*Determinación de la relación de consistencia de cumplimiento de reforzamiento.*

Descripción	Valor
(IC)	0.023
(IA)	1.115
(RC)	0.021

Con el valor obtenido de 0.021 se verifica que es inferior al 0.10, por ello se puede decir que la consistencia es razonable.

**Tabla 92**

*Ponderación de los descriptorios de cumplimiento de reforzamiento.*

Parámetro	Porcentaje de viviendas que cumplen reforzamiento	Peso ponderado
Descriptorios	FS46 $C < 20\%$	PFS46 0.497
	FS47 $20\% \leq C < 30\%$	PFS47 0.244
	FS48 $30\% \leq C < 50\%$	PFS48 0.141
	FS49 $50\% \leq C < 70\%$	PFS49 0.075

FS50  $70\% \leq C$

PFS50 0.044

### 3.1.2.4. Nivel de Vulnerabilidad por Sismo

**Tabla 93**

*Cálculo de vulnerabilidad.*

Vulnerabilidad por Exposición		Vulnerabilidad por Fragilidad		Vulnerabilidad por Resiliencia		Valor de Vulnerabilidad
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso	
0.469		0.492		0.500		0.478
0.268		0.261		0.252		0.264
0.144	0.633	0.138	0.26	0.138	0.106	0.142
0.076		0.072		0.072		0.074
0.044		0.038		0.040		0.042

De acuerdo con los valores de peligrosidad, se realizan rangos que determinan los grados de vulnerabilidad y se detallan para cuatro niveles.

**Tabla 94**

*Niveles de vulnerabilidad.*

	Nivel	Rango
	Vulnerabilidad Muy Alto	$0.264 \leq V < 0.478$
	Vulnerabilidad Alto	$0.142 \leq V < 0.264$
	Vulnerabilidad Medio	$0.074 \leq V < 0.142$
	Vulnerabilidad Bajo	$0.042 \leq V < 0.074$

**Tabla 95**

*Valor de vulnerabilidad.*

Exposición	Peso	Fragilidad	Peso	Resiliencia	Peso	Valor de Vulnerabilidad
0.044	0.633	0.111	0.260	0.283	0.106	0.087

De acuerdo con los resultados, se contó que la vulnerabilidad tiene el valor de 0.087, e

determinó que corresponde al grado de **Vulnerabilidad Media**.

### 3.1.2.5. Mapa de Vulnerabilidad por Sismo

Como resultado se elabora la estratificación en cuatro niveles, con sus rangos correspondientes y de manera jerárquica.

**Tabla 96**

*Estratificación de vulnerabilidad.*

Nivel	Descripción	Rango
Vulnerabilidad Muy Alto	Localización de la IE: Muy cercana de 0 a 0.2 km. Material predominante: Estera, madera o triplay. Topografía del terreno: $50\% < P \leq 80\%$ . Configuración de elevación: 5 pisos a más. Antigüedad de construcción: De 40 años a más. Estado de conservación: Las estructuras presentan un deterioro tal que hace presumir su colapso. IE localizadas: Mas del 80% del total. IE con acceso: Ninguna. Cumplimiento del código de construcción: $V < 20\%$ . Cumplimiento de medidas para reforzamiento de infraestructura y/o edificaciones: $C < 20\%$ .	$0.264 \leq V < 0.481$
Vulnerabilidad Alto	Localización de la IE: Cercana de 0.2 a 1.0 km. Material predominante: Adobe o tapia. Topografía del terreno: $30\% < P \leq 50\%$ . Configuración de elevación: 4 pisos. Antigüedad de construcción: De 30 a 40 años. Estado de conservación: Las edificaciones no reciben mantenimiento regular, la estructura acusa deterioros que la comprometen, aunque sin peligro de desplome. Los acabados e instalaciones tienen visibles debido al mal uso. IE localizadas: Entre 60% a 80% del total. IE con acceso: $AAP \leq 20\%$ . Cumplimiento del código de construcción: $20\% \leq V < 40\%$ . Cumplimiento de medidas para reforzamiento de infraestructura y/o edificaciones: $20\% \leq C < 30\%$ .	$0.141 \leq V < 0.264$
Vulnerabilidad Medio	Localización de la IE: Medianamente alejada 1.0 a 3.0 km. Material predominante: Quincha (caña con barro). Topografía del terreno: $20\% < P \leq 30\%$ . Configuración de elevación: 3 pisos. Antigüedad de construcción: De 20 a 30 años. Estado de conservación: Reciben mantenimiento esporádico, las estructuras no tienen deterioro (en caso de tenerlas no lo compromete y es subsanable) o los acabados e instalaciones tienen deterioros visibles debido al mal uso. IE localizadas: Entre 60% a 10%. IE con acceso: $20\% < AAP \leq 30\%$ . Cumplimiento del código de construcción: $40\% \leq V < 60\%$ . Cumplimiento de medidas para reforzamiento de infraestructura y/o edificaciones: $30\% \leq C < 50\%$ .	$0.074 \leq V < 0.141$
Vulnerabilidad Bajo	Localización de la IE: Alejada de 3.0 a 5.0 km y/o Muy alejada $> 5.0$ km. Material predominante: Piedra con cemento y/o Ladrillo o bloque de cemento. Topografía del terreno: $10\% < P \leq 20\%$ y/o $P \leq 10\%$ . Configuración de elevación: 2 pisos y/o 1 piso. Antigüedad de construcción: De 10 a 20 años y/o Menor a 10 años. Estado de conservación: Reciben mantenimiento permanente y solo tienen ligeros deterioros en los acabados debido al uso normal y/o Reciben mantenimiento permanente, no presenta deterioro alguno. IE localizadas: Menor de 10% y/o Ninguna. Cumplimiento del código de construcción: $60\% \leq V < 80\%$ y/o $80\% < V$ . Cumplimiento de medidas para reforzamiento de infraestructura y/o edificaciones: $50\% \leq C < 70\%$ y/o $70\% < C$ .	$0.042 \leq V < 0.074$

### 3.1.3. Resultado de la Estimación del Riesgo

#### 3.1.3.1. Nivel de Riesgo por Sismo

Los niveles de riesgo se determinaron mediante un método simplificado que consta de una matriz que presenta dos entradas, en base a los datos previamente calculados de peligrosidad y, además, de vulnerabilidad. Se cuenta con el valor (X, Y), donde en y-y está los grados de peligrosidad y en x-x está los grados de vulnerabilidad.

**Tabla 97**

*Método simplificado con la finalidad de calcular el riesgo.*

Peligrosidad Muy Alto	<b>0.502</b>	0.037	0.071	0.133	0.242
Peligrosidad Alto	<b>0.260</b>	0.019	0.037	0.069	0.125
Peligrosidad Medio	<b>0.134</b>	0.010	0.019	0.035	0.064
Peligrosidad Bajo	<b>0.068</b>	0.005	0.010	0.018	0.033
		<b>0.074</b>	<b>0.142</b>	<b>0.264</b>	<b>0.481</b>
		Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Muy alta

**Tabla 98**

*Niveles de riesgo.*

	Nivel	Rango
	Riesgo Muy Alto	$0.069 \leq R < 0.240$
	Riesgo Alto	$0.019 \leq R < 0.069$
	Riesgo Medio	$0.005 \leq R < 0.019$
	Riesgo Bajo	$0.001 \leq R < 0.005$

De acuerdo con los resultados, se contó con el riesgo tiene el valor de 0.038, se determinó que corresponde al grado de **Riesgo Alto**.

### 3.1.1.1. Mapa de Riesgo por Sismo

Como resultado se elabora la estratificación en cuatro niveles, con sus rangos correspondientes y de manera jerárquica.

**Tabla 99**

*Estratificación de Riesgo.*

Nivel	Descripción	Rango
Riesgo Muy Alto	<p>Magnitud del sismo: Mayor a 8.0. Intensidad del sismo: XI y XII. Destrucción total, puentes destruidos, grandes grietas en el suelo. Las ondas sísmicas se observan en el suelo y objetos son lanzados al aire. Aceleración del suelo: <math>PGA \geq 0.45g</math>.</p> <p>Localización de la IE: Muy cercana de 0 a 0.2 km. Material predominante: Estera, madera o triplay. Topografía del terreno: <math>50\% &lt; P \leq 80\%</math>. Configuración de elevación: 5 pisos a más. Antigüedad de construcción: De 40 años a más. Estado de conservación: Las estructuras presentan un deterioro tal que hace presumir su colapso. IE localizadas: Mas del 80% del total. IE con acceso: Ninguna. Cumplimiento del código de construcción: <math>V &lt; 20\%</math>. Cumplimiento de medidas para reforzamiento de infraestructura y/o edificaciones: <math>C &lt; 20\%</math>.</p>	$0.068 \leq R < 0.278$
Riesgo Alto	<p>Magnitud del sismo: 6.0 a 7.9. Intensidad del sismo: IX y X. Todos los edificios resultan con daños severos, muchas edificaciones son desplazadas de su cimentación. El suelo resulta considerablemente fracturado. Aceleración del suelo: <math>0.35g \leq PGA &lt; 0.45g</math>.</p> <p>Localización de la IE: Cercana de 0.2 a 1.0 km. Material predominante: Adobe o tapia. Topografía del terreno: <math>30\% &lt; P \leq 50\%</math>. Configuración de elevación: 4 pisos. Antigüedad de construcción: De 30 a 40 años. Estado de conservación: Las edificaciones no reciben mantenimiento regular, la estructura acusa deterioros que la comprometen, aunque sin peligro de desplome. Los acabados e instalaciones tienen visibles debido al mal uso. IE localizadas: Entre 60% a 80% del total. IE con acceso: <math>AAP \leq 20\%</math>. Cumplimiento del código de construcción: <math>20\% \leq V &lt; 40\%</math>. Cumplimiento de medidas para reforzamiento de infraestructura y/o edificaciones: <math>20\% \leq C &lt; 30\%</math>.</p>	$0.017 \leq R < 0.068$
Riesgo Medio	<p>Magnitud del sismo: 4.5 a 5.9. Intensidad del sismo: VI, VII y VIII. Sentidos por todos, los muebles se desplazan, daños considerables en estructuras de pobre construcción. Daños ligeros en estructuras de buen diseño. Aceleración del suelo: <math>0.25g \leq PGA &lt; 0.35g</math>.</p> <p>Localización de la IE: Medianamente alejada 1.0 a 3.0 km. Material predominante: Quincha (caña con barro). Topografía del terreno: <math>20\% &lt; P \leq 30\%</math>. Configuración de elevación: 3 pisos. Antigüedad de construcción: De 20 a 30 años. Estado de conservación: Reciben mantenimiento esporádico, las estructuras no tienen deterioro (en caso de tenerlas no lo compromete y es subsanable) o los acabados e instalaciones tienen deterioros visibles debido al mal uso. IE localizadas: Entre 60% a 10%. IE con acceso: <math>20\% &lt; AAP \leq 30\%</math>. Cumplimiento del código de construcción: <math>40\% \leq V &lt; 60\%</math>. Cumplimiento de medidas para reforzamiento de infraestructura y/o edificaciones: <math>30\% \leq C &lt; 50\%</math>.</p>	$0.004 \leq R < 0.017$
Riesgo Bajo	<p>Magnitud del sismo: 3.5 a 4.4 y/o Menor a 3.4. Intensidad del sismo: III, IV y V. Notado por muchos, sentido en el interior de las viviendas, los árboles y postes se balancean y/o I y II. Casi nadie lo siente y/o sentido por unas cuentas personas. Aceleración del suelo: <math>0.10g \leq PGA &lt; 0.25g</math> y/o <math>PGA &lt; 0.10g</math>.</p> <p>Localización de la IE: Alejada de 3.0 a 5.0 km y/o Muy alejada <math>&gt; 5.0</math> km. Material predominante: Piedra con cemento y/o Ladrillo o bloque de cemento. Topografía del terreno: <math>10\% &lt; P \leq 20\%</math> y/o <math>P \leq 10\%</math>. Configuración de elevación: 2 pisos y/o 1 piso. Antigüedad de construcción: De 10 a 20 años y/o Menor a 10 años. Estado de conservación: Reciben mantenimiento permanente y solo tienen ligeros deterioros en los acabados debido al uso normal y/o Reciben mantenimiento permanente, no presenta deterioro alguno. IE localizadas: Menor de 10% y/o Ninguna. Cumplimiento del código de construcción: <math>60\% \leq V &lt; 80\%</math> y/o <math>80\% &lt; V</math>. Cumplimiento de medidas para reforzamiento de infraestructura y/o edificaciones: <math>50\% \leq C &lt; 70\%</math> y/o <math>70\% &lt; C</math>.</p>	$0.001 \leq R < 0.004$

### 3.1.4. Resultado del Análisis Estructural en Situación Actual.

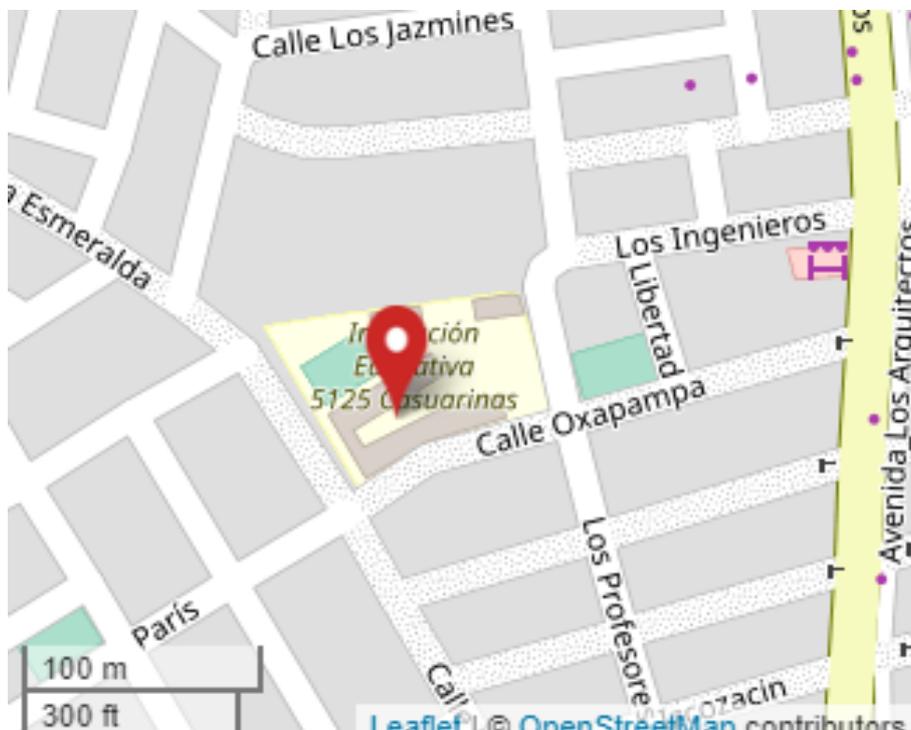
Para la evaluación de la situación actual, se evaluó la arquitectura y la estructura de las edificaciones. Para la evaluación de la arquitectura se verificó que se cuente con los elementos estructurales indicados en los planos de la institución y se tomó en cuenta el área techada para posteriores estudios. Para la evaluación de la estructura, se desarrolló mediante el software Etabs con el fin de identificar el lugar donde se necesitará algún reforzamiento estructural.

#### 3.1.4.1. Levantamiento de la Arquitectura

Dirección : Jirón Las Violetas S/N Mz “A” Lote 1  
Localidad : AA.HH. Las Casuarinas  
Distrito : Ventanilla  
Provincia : Provincia Constitucional del Callao

#### Figura 9

*Localización del punto de investigación.*



*Nota.* Adaptado de Ficha de datos por Padrón de Servicios Educativos, 2023, Ministerio de Educación - Unidad de Estadística y Cartografía de OpenStreetMap.

De acuerdo con los planos existentes de arquitectura, presenta un área total de 5,919.70 m<sup>2</sup>. Se contempla un cerco perimétrico y la localización de cada bloque existente. El cerco perimétrico cuenta con 326.55 metros lineales del sistema estructural de albañilería confinada soportado por columnas y vigas de concreto tarrajeados en su integridad. Los bloques presentes son cinco: A, B, C, D y E. Los sistemas estructurales son del sistema de concreto armado en dirección x-x y de albañilería confinada en la dirección y-y. El bloque A, B y C cuentan con dos niveles y el bloque D y E con un nivel, la cual en conjunto cuentan con área techada del primer nivel de 1665.36 m<sup>2</sup> y del segundo nivel de 1344.32 m<sup>2</sup>. Se representó por bloques en esta investigación para facilitar la identificación de las áreas.

**Tabla 100**

*Áreas techadas.*

<b>Descripción</b>	<b>Áreas</b>
Sala de Profesores	16.23 m <sup>2</sup>
Dirección y Secretaria	20.92 m <sup>2</sup>
Tópico	8.16 m <sup>2</sup>
Servicios Higiénicos para alumnos	157.69 m <sup>2</sup>
Servicios Higiénicos para profesores	11.94 m <sup>2</sup>
Comedor y Cocina	35.46 m <sup>2</sup>
01 Laboratorio	105.85 m <sup>2</sup>
01 Biblioteca	124.36 m <sup>2</sup>
01 Sala de Cómputo	62.05 m <sup>2</sup>
17 Aulas	1052.00 m <sup>2</sup>
Almacén de material didáctico	5.25 m <sup>2</sup>
Guardianía	10.85 m <sup>2</sup>
Corredores Techados	747.32 m <sup>2</sup>
Escaleras Techadas	141.11 m <sup>2</sup>
<b>Total, Área Techada</b>	<b>2,499.19 m<sup>2</sup></b>

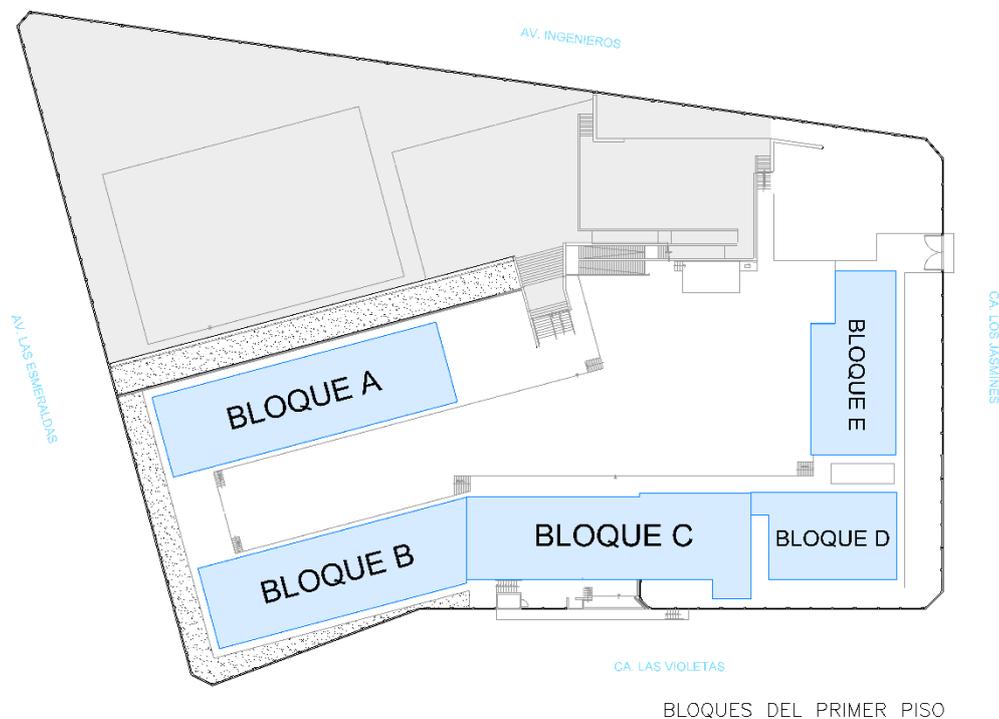
**Tabla 101**

*Áreas exteriores.*

Descripción	Áreas
Cisterna y tanque elevado	10.20 m <sup>2</sup>
Tribuna	151.50 m <sup>2</sup>
Cerco Perimétrico	1,142.93 m <sup>2</sup>
Área de Juegos	485.00 m <sup>2</sup>
Veredas y Accesos	120.00 m <sup>2</sup>
Muro de Contención	178.13 m <sup>2</sup>
Losa de usos múltiples	600.00 m <sup>2</sup>
<b>Total, Área Exteriores</b>	<b>2,687.76 m<sup>2</sup></b>

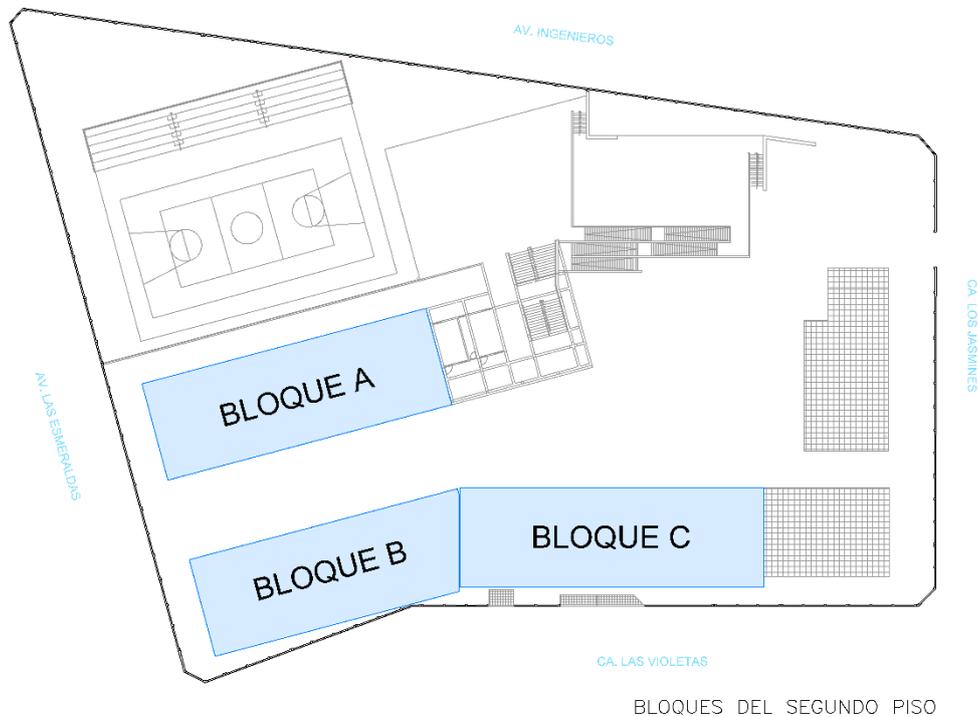
**Tabla 102**

*Localización de los bloques del primer nivel.*



**Tabla 103**

*Localización de los bloques del segundo nivel.*

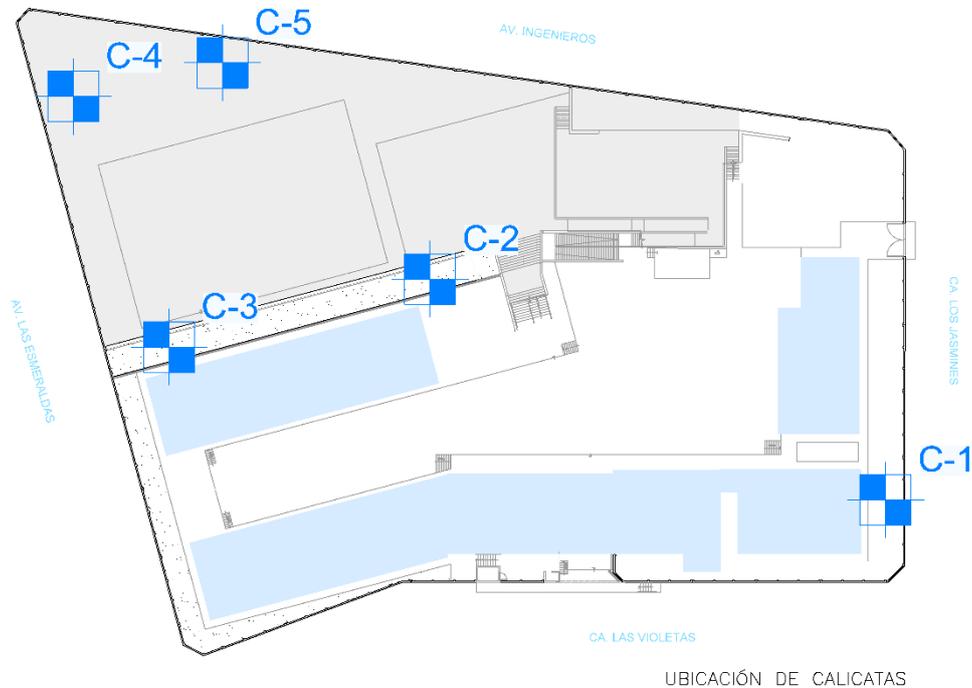


### 3.1.4.2. Estudio de Mecánica de Suelos

Para la realización del informe del estudio para la mecánica de suelos, se definió las cantidades de calicatas a realizar. Para la cantidad, de acuerdo con la norma E.050 Suelos y Cimentaciones, se obtuvo mediante la clasificación del tipo de edificación, la cual es Muros de Concreto de clase C y Muros Portantes de Albañilería de clase B, se calculó el área techada en planta de primer nivel que dio 1665.36 m<sup>2</sup>, se eligió el B ya que es la categoría de edificación que al ubicarlo en el cuadro de números de puntos de investigación da como resultado un mayor número de calicatas, se eligieron 5 calicatas debido a que el mínimo de cantidades es 4, uno por cada 450 m<sup>2</sup> de área techada, y se procedió a fijar las ubicaciones de los 5 puntos con una conversación previa con las autoridades pertinentes.

**Figura 10**

*Localización de las calicatas.*



Para la obtención del factor de suelo, se revisó el informe del ensayo para la mecánica de suelos, donde presenta un resumen de los resultados que se obtuvieron mediante el ensayo, se presentó diversos tipos de suelos; en la Calicata-1 es de Relleno y Arena pobremente gradada con limo (SP-SM), en la Calicata-2 es de Relleno y Arena pobremente gradada con limo (SP-SM), en la Calicata-3 es de Relleno y Roca Fracturada a Roca Maciza, en la Calicata-4 es de Relleno y Roca Fracturada a Roca Maciza, en la Calicata-5 es de Arena pobremente gradada con limo (SP-SM) y Roca Fracturada a Roca Maciza, no se presentó nivel freático, presentó una capacidad que puede llegar a soportar cargas el terreno de 2.22 kg/cm<sup>2</sup>.

### **3.1.4.3. Modelamiento de la Estructura**

Para la creación de los bloques en el programa, se ingresó las primordiales propiedades calculadas de todos los materiales y se definió las secciones de los elementos que conforman

las estructuras. Para las principales propiedades de los componentes, se llevó a cabo los cálculos para la adquisición de los siguientes valores tanto de concreto, albañilería y acero. Además, para las secciones, de acuerdo con los planos estructurales existentes, se ingresaron en el software.

**Tabla 104**

*Principales propiedades del concreto.*

Descripción	Simbología	Valor
Resistencia a la Compresión	$f'c$	210 kgf/cm <sup>2</sup>
Módulo de Elasticidad	$E_c$	217370 kg/cm <sup>2</sup>
Peso Específico	$\gamma$	2400 kg/cm <sup>3</sup>
Módulo Poisson	$\mu$	0.20

**Tabla 105**

*Principales propiedades de la albañilería.*

Descripción	Simbología	Valor
Resistencia a la Compresión	$f'm$	65 kgf/cm <sup>2</sup>
Módulo de Elasticidad	$E_c$	32500 kg/cm <sup>2</sup>
Peso Específico	$\gamma$	1800 kg/cm <sup>3</sup>
Módulo Poisson	$\mu$	0.25

**Tabla 106**

*Propiedades mecánicas de acero.*

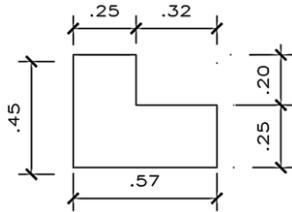
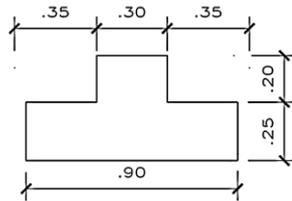
Descripción	Simbología	Valor
Resistencia de Fluencia	$f'y$	4200 kgf/cm <sup>2</sup>
Módulo de Elasticidad	$E_s$	2038901 kg/cm <sup>2</sup>

**Tabla 107**
*Secciones de las vigas de los bloques.*

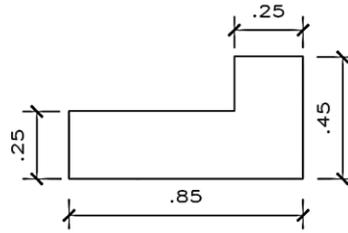
Sección	Ancho (cm)	Altura (cm)
V: 25 X 20	25	20
V: 30 X 60	30	60
V: 25 X 60	25	60
VCH: 50 X 20	50	20
VCH: 25 X 20	25	20

*Nota.* Todas secciones de las vigas mostradas en el cuadro son un resumen, la cual se puede presentar en cualquiera de los bloques (A, B, C, D, E).

**Tabla 108**
*Secciones de las columnas de los bloques.*

Sección	Ancho (cm)	Altura (cm)
C-1:		
C-2:		
C-3: 25 X 90	25	90
C-4: 25 X 30	25	30
C-5: 25 X 25	25	25
C-5': 25 X 30	25	30
C-7: 25 X 50	25	50
C-7': 30 X 50	30	50
C-8: 25 X 45	25	45
C-9: 30 X 45	30	45

C-10:



C-12: 30 X 85

30

85

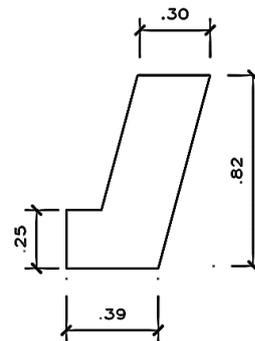
*Nota.* Todas secciones de las columnas mostradas en el cuadro son un resumen, la cual se puede presentar en cualquiera de los bloques (A, B, C, D, E).

**Tabla 109**

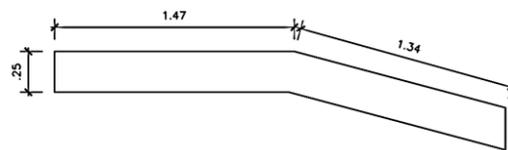
*Secciones de las placas de los bloques.*

Sección	Ancho (cm)	Largo (cm)
P-1	25	134
P-2	25	75

P-3



P-4



*Nota.* Todas secciones de las placas mostradas en el cuadro son un resumen, la cual se puede presentar en cualquiera de los bloques (A, B, C, D, E).

**Tabla 110**

*Secciones de los muros de los bloques.*

Sección	Ancho (cm)
Muro	25

*Nota.* La sección del muro mostrado en el cuadro se presenta en los bloques.

**Tabla 111**

*Secciones de las losas de los bloques.*

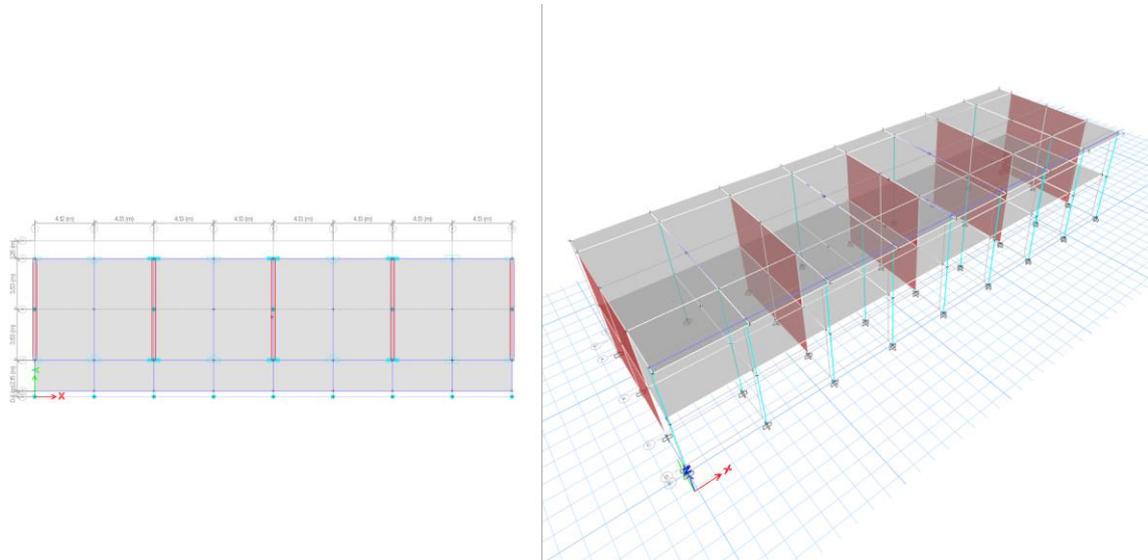
Sección	Ancho (cm)
Losa aligerada	20
Losa maciza	20

*Nota.* La sección de la losa mostrado en el cuadro se presenta en los bloques.

Para el modelado de los bloques, se dibujó la geometría de cada bloque, se definió las restricciones y apoyos en la base, se aplicó los brazos rígidos, se asignó ajustes para un producto más parecido a la realidad y se asignó los diafragmas rígidos en cada nivel. Para el dibujo de la geometría de cada bloque, se dibujó columnas, vigas, las losas aligeradas, la losa maciza (solo en el bloque B), muros de albañilería estructural y las placas (solo en el bloque B, C). Para la definición de las restricciones y apoyos en la base, se colocó en la vista de la base, se seleccionó todos los puntos y se asignó la restricción de empotramiento. Para la utilización de los brazos rígidos, se seleccionó todos los elementos estructurales, se aplicó end length offsets y realizó manualmente aquellos erróneos que dio el software. Para la asignación de ajuste que conllevaría a unos resultados más similar a la realidad, se seleccionó todos los elementos estructurales, se aplicó frame auto mesh para automatizar los nudos, se aplicó frame floor meshing para que la conexión entre viga y losa sea correcta, se aplicó auto edge constraints para que la conexión entre viga y muro sea correcta. Para la designación de los entramados rígidos en cada uno de los techos, se seleccionó todos los elementos estructurales en cada nivel y se asignó un diafragma. Los diafragmas rígidos es una unión monolítica entre los elementos para que cuando hay un desplazamiento todos los nodos se desplacen rígidamente en la misma distancia hacia una dirección.

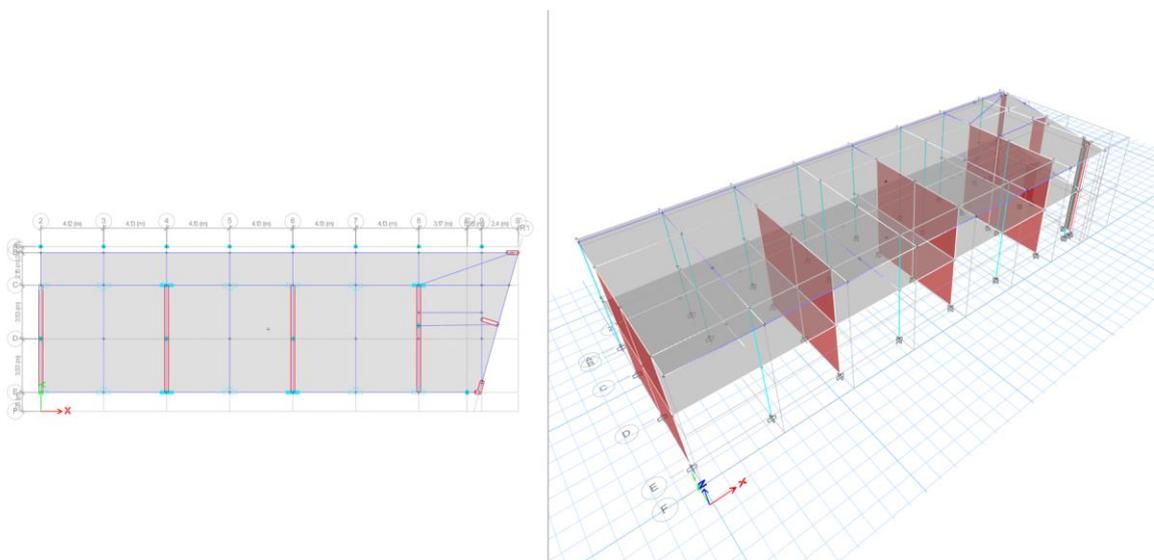
**Figura 11**

*Modelo de la geometría de la estructura en una vista en planta y 3D del bloque A.*



**Figura 12**

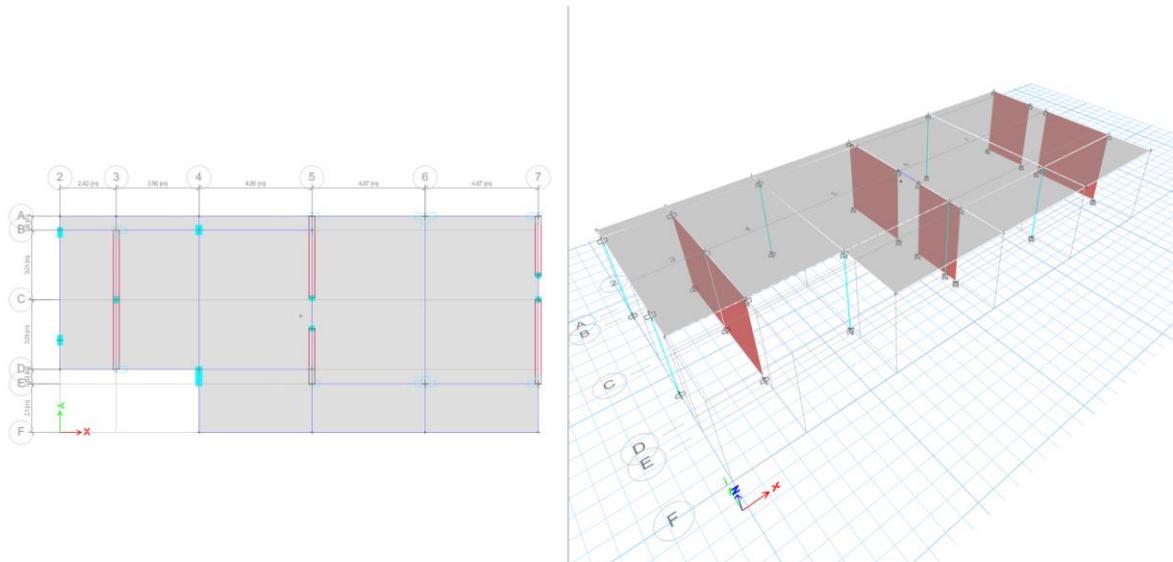
*Modelo de la geometría de la estructura en una vista en planta y 3D del bloque B.*





**Figura 15**

*Modelo de la geometría de la estructura en una vista en planta y 3D del bloque E.*



Para las cargas de los elementos, se calcularon las cargas vivas, las cargas del peso propio, los pesos muertos y, además, las cargas móviles de la cubierta. Para la aplicación de las cargas de los componentes de la estructura, de acuerdo con la norma E.020 Cargas, tomó en curso los cálculos para la obtención de las cargas muertas de los ladrillos de las losas aligeradas, los tabiques, los parapetos y el piso terminado; y se consideraron las cargas repartidas mínimas para las cargas vivas de aulas y pasadizos de uso para centros de educación; además, se tomaron en cuentas las cargas vivas del techo. Contando con todos los datos, se crearon los sets de cargas distribuidas que van en las losas para facilitar las asignaciones de cargas; además, se crearon las cargas distribuidas que van en las vigas las cuales fueron carga de los tabiques y carga de los parapetos que se encuentran en los pasadizos del segundo nivel de los bloques A, B, C y se asignaron todas ellas donde corresponden.

**Tabla 112**

*Metrado de carga permanente.*

Ocupación o Uso	Cargas Repartidas
Ladrillo	90.00 kg/m <sup>2</sup>

*Nota.* Esta carga permanente hace referencia a los ladrillos en caso sea de aligerado, ya que en el programa Etabs solo considera el concreto por ser planteada como una losa en forma ribbed (acanalada). Es aplicable en todos los bloques.

### Tabla 113

*Metrado de cargas muertas.*

Ocupación o Uso	Cargas Repartidas
Piso terminado	150.00 kg/m <sup>2</sup>

*Nota.* Esta carga muerta hace referencia al piso falso y a los acabados. Es aplicable en techos de los bloques (A, B, C).

### Tabla 114

*Metrado de tabiquería y parapeto.*

Ancho	Altura	Peso Específico	Peso
0.15 m	3.00 m	1800 kg/cm <sup>3</sup>	810.00 kg/m <sup>2</sup>
0.15 m	1.05 m	1800 kg/cm <sup>3</sup>	283.50 kg/m <sup>2</sup>

*Nota.* La primera fila hace referencia a la tabiquería y en la segunda fila hace referencia al parapeto, estos son aplicables en techos de los bloques (A, B, C).

### Tabla 115

*Metrado de cargas vivas.*

Ocupación o Uso	Cargas Repartidas
Aula	300.00 kg/m <sup>2</sup>
Pasadizo	400.00 kg/m <sup>2</sup>

*Nota.* Ambas cargas vivas son aplicables en techos de los bloques (A, B, C).

### Tabla 116

*Metrado de carga viva del techo.*

Ocupación o Uso	Cargas Repartidas
Techo	100.00 kg/m <sup>2</sup>

*Nota.* Esta carga viva del techo es aplicable en todos los bloques.

Para la obtención del centro de rigidez, en la sección de tablas del software Etabs, se tomó la tabla de centros de la presente masa y también la rigidez. El núcleo de rigidez se produjo al relacionarse todos los ejes de rigidez en cada nivel y dependió de la estructuración y distribución de los componentes de las estructuras de la presente de la institución. Al contar con el centro de rigidez, se verificó que la distancia de todos los centros sea una distancia mínima posible ya que de esa manera se presentará menos daño a la edificación.

**Tabla 117**

*Centro de masa, rigidez y excentricidad del bloque A.*

N° Nivel	Masa (kg)		Rigidez (m)		Excentricidad (m)	
	X	Y	X	Y	X	Y
Nivel 1	370480.80	370480.80	16.516	5.216	16.516	5.216
Nivel 2	256956.14	256956.14	16.467	5.215	16.467	5.215

**Tabla 118**

*Centro de masa, rigidez y excentricidad del bloque B.*

N° Nivel	Masa (kg)		Rigidez (m)		Excentricidad (m)	
	X	Y	X	Y	X	Y
Nivel 1	332723.53	332723.53	14.860	5.799	14.860	5.799
Nivel 2	237987.21	237987.21	15.276	5.841	15.276	5.841

**Tabla 119**

*Centro de masa, rigidez y excentricidad del bloque C.*

N° Nivel	Masa (kg)		Rigidez (m)		Excentricidad (m)	
	X	Y	X	Y	X	Y
Nivel 1	826854.30	826854.30	16.730	6.644	16.730	6.644
Nivel 2	264580.12	264580.12	17.465	6.515	17.465	6.515

**Tabla 120**

*Centro de masa, rigidez y excentricidad del bloque D.*

N° Nivel	Masa (kg)		Rigidez (m)		Excentricidad (m)	
	X	Y	X	Y	X	Y
Nivel 1	105244.54	105244.54	8.352	4.964	7.559	3.74

**Tabla 121**

*Centro de masa, rigidez y excentricidad del bloque E.*

N° Nivel	Masa (kg)		Rigidez (m)		Excentricidad (m)	
	X	Y	X	Y	X	Y
Nivel 1	122855.02	122855.02	10.432	5.072	10.432	5.072

#### 3.1.4.4. Análisis Sísmico Estático

Para la definición de la masa de los bloques, se definió las cargas anteriormente calculadas al programa que serían las cargas vivas, las cargas del peso propio, los pesos muertos y, además, las cargas móviles de la cubierta. Para las cargas mencionadas, se eligieron las cargas de acuerdo con la clase en la que se ubica la edificación (se encuentra dentro de la categoría A). En Etabs se asignó de nombre Masa.

Para la carga propia se tomará en su totalidad.

Para el peso muerto se tomará el total.

Para la carga viva se tomará en este caso el 50%.

Para la carga móviles de cubierta se definirá por el valor de 25%.

Para la definición de los números de modelos, se ingresó el máximo y mínimo número de modelo. Para el máximo número de modelo, se ingresaron al caso de carga, se seleccionó en modelo, se colocó en máximo número de modelo el producto de 3 por la cantidad de niveles; además, se colocó en el mínimo número de modelo el valor de 3. Con todo definido en el

programa Etabs, se escogió la alternativa de revisión de todos los materiales de las estructuras.

Para la adquisición de los lapsos esenciales de vibración, en la sección de tablas del software Etabs, se eligió la tabla de relaciones de masa participativa modales y se utilizó el periodo que cuente con los valores máximos de las masas participativas.

**Tabla 122**

*Modos y periodos de vibración presentados del bloque A.*

Periodo (seg)	$U_X$	$U_Y$	Sum $U_X$	Sum $U_Y$	$R_Z$
0.215	0.8911	0.0000	0.8911	0.0000	0.0004
0.102	0.0000	0.9255	0.8911	0.9255	0.0000
0.092	0.0001	0.0000	0.8912	0.9255	0.9142
0.075	0.0005	0.0000	0.8917	0.9255	0.0000
0.075	0.0000	0.0000	0.8918	0.9255	0.0000
0.074	0.0000	0.0000	0.8918	0.9256	0.0000

**Tabla 123**

*Modos y periodos de vibración presentados del bloque B.*

Periodo (seg)	$U_X$	$U_Y$	Sum $U_X$	Sum $U_Y$	$R_Z$
0.217	0.8833	0.0001	0.8833	0.0001	0.0013
0.124	0.0009	0.4587	0.8842	0.4588	0.4701
0.097	0.0002	0.4655	0.8843	0.9244	0.4463
0.079	0.0000	0.0000	0.8843	0.9244	0.0000
0.078	0.0001	0.0000	0.8844	0.9244	0.0000
0.075	0.0002	0.0000	0.8845	0.9244	0.0000

**Tabla 124**

*Modos y periodos de vibración presentados del bloque C.*

Periodo (seg)	$U_X$	$U_Y$	Sum $U_X$	Sum $U_Y$	$R_Z$
0.304	0.9277	0.0000	0.9277	0.0000	0.0003
0.125	0.0000	0.9539	0.9277	0.9539	0.0212

0.110	0.0564	0.0024	0.9842	0.9562	0.2405
0.080	0.0067	0.0111	0.9909	0.9673	0.4356
0.073	0.0017	0.0004	0.9925	0.9677	0.0154
0.046	0.0000	0.0229	0.9926	0.9906	0.0027

**Tabla 125**

*Modos y periodos de vibración presentados del bloque D.*

Periodo (seg)	$U_X$	$U_Y$	Sum $U_X$	Sum $U_Y$	$R_Z$
0.1450	0.9979	0.0000	0.9979	0.0000	0.0062
0.0750	0.0004	0.9226	0.9983	0.9227	0.0756
0.0600	0.0017	0.0773	1.0000	1.0000	0.9182

**Tabla 126**

*Modos y periodos de vibración presentados del bloque E.*

Periodo (seg)	$U_X$	$U_Y$	Sum $U_X$	Sum $U_Y$	$R_Z$
0.1380	0.9999	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006
0.0600	0.0000	0.9945	0.9945	0.0000	0.0066
0.0510	0.0001	0.0055	1.0000	0.0000	0.9927

Para la obtención de la cortante, se definió los esenciales factores sísmicos, los coeficientes de minimización de fuerzas y el peso que presentan todos los bloques. Para los parámetros sísmicos, se ingresaron los máximos periodos en x y los periodos en y de cada bloque, la zona es 0.45 g debido a que se ubica en la zona 4 por ubicarse en el Callao, el suelo es 1.05 debido a que se encuentra en la intersección de zona 4 y del tipo de suelo  $S_2$ , el periodo corto y largo del suelo es 0.6 seg y 0.2 seg debido a que se encuentra en el tipo de suelo  $S_2$ , el uso o importancia es 1.50 debido a que se encuentra en el tipo de sistema de construcción que son esenciales A2 por ser una institución educativa, el elemento de amplificación sísmica es 2.5 debido a que en todos los periodos fundamentales obtenidos anteriormente de cada bloque

son menores del  $T_p$ : 0.60. Para los coeficientes de reducción de fuerzas, se consideraron para la dirección x-x el coeficiente básico de 8 y para la dirección y-y el coeficiente básico de 3, la irregularidad de altura se consideró 1 y la irregularidad de planta se consideró 1. Para el peso de la edificación, en la sección de tablas del software Etabs, se eligió la tabla de historial de fuerzas, se seleccionó la combinación de peso edificación y se filtró las localizaciones nombradas bottom y se seleccionó el valor del nivel 1 como el peso total de la edificación por ser la acumulación de todos los niveles.

**Tabla 127**

*Factores sísmicos de la edificación.*

Descripción	Valor	Unidad
Factor de zona ( $Z$ )	: 0.45	g
Factor de suelo ( $S$ )	: 1.05	A2
Periodo corto del suelo ( $T_p$ )	: 0.60	seg.
Periodo largo del suelo ( $T_L$ )	: 2.00	seg.
Factor de uso o importancia ( $U$ )	: 1.50	
Factor de amplificación sísmica ( $C$ )	: 2.50	
Coeficiente básico de reducción en x-x ( $R_0$ )	: 8	
Coeficiente básico de reducción en y-y ( $R_0$ )	: 3	
Coeficiente reducción de la fuerza sísmica en x-x ( $R$ )	: 8	
Coeficiente reducción de la fuerza sísmica en y-y ( $R$ )	: 3	
Factor de irregularidad en altura ( $I_a$ )	: 1	
Factor de irregularidad en planta ( $I_p$ )	: 1	

Los resultados de la cortante basal en cada bloque se obtuvo mediante el producto del peso de la edificación y el valor  $ZUCS/R$ . Además, se verificó que el valor de  $C/R$  sea mayor o igual a 0.125.

**Tabla 128**
*Cortante basal del bloque A.*

Bloque	$P$ (kgf)	$(Z.U.C.S/R)_{EN X}$	$V_{XX}$ (kgf)	$(Z.U.C.S/R)_{EN Y}$	$V_{YY}$ (kgf)
Bloque A	632.30	0.2215	140.04	0.5906	373.45

**Tabla 129**
*Cortante basal del bloque B.*

Bloque	$P$ (kgf)	$(Z.U.C.S/R)_{EN X}$	$V_{XX}$ (kgf)	$(Z.U.C.S/R)_{EN Y}$	$V_{YY}$ (kgf)
Bloque B	589.38	0.2215	130.54	0.5906	348.10

**Tabla 130**
*Cortante basal del bloque C.*

Bloque	$P$ (kgf)	$(Z.U.C.S/R)_{EN X}$	$V_{XX}$ (kgf)	$(Z.U.C.S/R)_{EN Y}$	$V_{YY}$ (kgf)
Bloque C	1118.40	0.2215	247.71	0.5906	660.56

**Tabla 131**
*Cortante basal del bloque D.*

Bloque	$P$ (kgf)	$(Z.U.C.S/R)_{EN X}$	$V_{XX}$ (kgf)	$(Z.U.C.S/R)_{EN Y}$	$V_{YY}$ (kgf)
Bloque D	106.20	0.2215	23.52	0.5906	62.72

**Tabla 132**
*Cortante basal del bloque E.*

Bloque	$P$ (kgf)	$(Z.U.C.S/R)_{EN X}$	$V_{XX}$ (kgf)	$(Z.U.C.S/R)_{EN Y}$	$V_{YY}$ (kgf)
Bloque E	129.41	0.2215	28.66	0.5906	76.43

En todos los bloques el factor C tiene el valor de 2.5 y en R tiene dos valores de 8 para el eje x-x y de 3 para y-y.

**Tabla 133**

*Comprobación del C/R de los bloques.*

Dirección	C	R	C/R	$\geq 0.125$
x-x	2.50	8	0.31	CUMPLE
y-y	2.50	3	0.83	CUMPLE

Para la obtención de las fuerzas por sismos en caso de alturas, se procedió a calcular  $\alpha$  con los datos del peso por cada nivel, la altura de cada nivel y el valor de k que es 1 debido a que en todos los bloques los periodos fundamentales obtenidos son menores a 0.5. Se muestra solo los bloques A, B y C ya que cuentan con más de 1 nivel.

**Tabla 134**

*Distribución de fuerzas sísmicas en sismo estático del bloque A.*

N° Nivel	P	$\alpha$	$V_X$	$F_X$	$V_Y$	$F_Y$
Nivel 1	256.96	0.5779	140.04	80.93	373.45	151.76
Nivel 2	375.34	0.4221		59.11		221.69
Suma	632.30	1.0000		140.04		373.45

**Tabla 135**

*Distribución de fuerzas sísmicas en sismo estático del bloque B.*

N° Nivel	P	$\alpha$	$V_X$	$F_X$	$V_Y$	$F_Y$
Nivel 1	241.57	0.5814	130.54	75.90	348.10	202.40
Nivel 2	347.81	0.4186		54.64		145.71
Suma	589.38	1.0000		130.54		348.10

**Tabla 136**

*Distribución de fuerzas sísmicas en sismo estático del bloque C.*

N° Nivel	P	$\alpha$	$V_X$	$F_X$	$V_Y$	$F_Y$
Nivel 1	272.85	0.3922	247.71	97.16	660.56	259.10
Nivel 2	845.55	0.6078		150.55		401.46
Suma	1118.40	1.0000		247.71		660.56

Para la obtención de las derivas inelásticas, se dividió los desplazamientos que se ubican en los laterales relativos admisibles y las alturas por piso de las edificaciones. Para la obtención de los desplazamientos laterales relativos admisibles, se procedió a extraer los desplazamientos absolutos obtenidos del software Etabs. Para la deriva elástica se definió dividiendo el desplazamiento relativo y la altura entre los pisos. Para la deriva inelástica, se definió producto de la deriva elástica por el valor de 0.75, al ser estructuras regulares, y por el factor de disminución de las fuerzas ante sismos, la cual se verificó que no excediera los límites para las derivas del entrepiso. Este indica que la deriva máxima que resulta entre los pisos de la estructura no podrá ser superior a 0.007 radianes para concreto armado, y no será mayor de 0.005 para sistemas de albañilería.

**Tabla 137**

*Derivas en sismo estático del bloque A en dirección x-x.*

N° Nivel	Desplazamiento (m)		Altura (m)	Deriva		Límite >0.007
	Absoluta	Relativa		Elástica	Inelástica	
Nivel 2	0.0036	0.0015	3.6	0.0004	0.00249	CUMPLE
Nivel 1	0.0021	0.0021	3.6	0.0006	0.00354	CUMPLE

**Tabla 138**

*Derivas en sismo estático del bloque A en dirección y-y.*

N° Nivel	Desplazamiento (m)		Altura (m)	Deriva		Límite >0.005
	Absoluta	Relativa		Elástica	Inelástica	
Nivel 2	0.0025	0.0003	3.6	0.0001	0.00022	CUMPLE
Nivel 1	0.0021	0.0021	3.6	0.0006	0.00132	CUMPLE

**Tabla 139**

*Derivas en sismo estático del bloque B en dirección x-x.*

N° Nivel	Desplazamiento (m)		Altura (m)	Deriva		Límite >0.007
	Absoluta	Relativa		Elástica	Inelástica	

Nivel 2	0.0038	0.0016	3.6	0.0004	0.00260	CUMPLE
Nivel 1	0.0022	0.0022	3.6	0.0006	0.00367	CUMPLE

**Tabla 140**

*Derivas en sismo estático del bloque B en dirección y-y.*

N° Nivel	Desplazamiento (m)		Altura (m)	Deriva		Límite >0.005
	Absoluta	Relativa		Elástica	Inelástica	
Nivel 2	0.0042	0.0015	3.6	0.0004	0.00091	CUMPLE
Nivel 1	0.0027	0.0027	3.6	0.0008	0.00171	CUMPLE

**Tabla 141**

*Derivas en sismo estático del bloque C en dirección x-x.*

N° Nivel	Desplazamiento (m)		Altura (m)	Deriva		Límite >0.007
	Absoluta	Relativa		Elástica	Inelástica	
Nivel 2	0.0078	0.0034	3.6	0.0010	0.00570	CUMPLE
Nivel 1	0.0044	0.0044	3.6	0.0012	0.00736	NO CUMPLE

**Tabla 142**

*Derivas en sismo estático del bloque C en dirección y-y.*

N° Nivel	Desplazamiento (m)		Altura (m)	Deriva		Límite >0.005
	Absoluta	Relativa		Elástica	Inelástica	
Nivel 2	0.0038	0.0012	3.6	0.0003	0.00075	CUMPLE
Nivel 1	0.0026	0.0026	3.6	0.0007	0.00163	CUMPLE

**Tabla 143**

*Derivas en sismo estático del bloque D en dirección x-x.*

N° Nivel	Desplazamiento (m)		Altura (m)	Deriva		Límite >0.007
	Absoluta	Relativa		Elástica	Inelástica	
Nivel 1	0.0012	0.0012	3.6	0.0003	0.00201	CUMPLE

**Tabla 144**

*Derivas en sismo estático del bloque D en dirección y-y.*

N° Nivel	Desplazamiento (m)		Altura (m)	Deriva		Límite >0.005
	Absoluta	Relativa		Elástica	Inelástica	
Nivel 1	0.0010	0.0010	3.6	0.0003	0.00064	CUMPLE

**Tabla 145**

*Derivas en sismo estático del bloque E en dirección x-x.*

N° Nivel	Desplazamiento (m)		Altura (m)	Deriva		Límite >0.007
	Absoluta	Relativa		Elástica	Inelástica	
Nivel 1	0.0010	0.0010	3.6	0.0003	0.00174	CUMPLE

**Tabla 146**

*Derivas en sismo estático del bloque E en dirección y-y.*

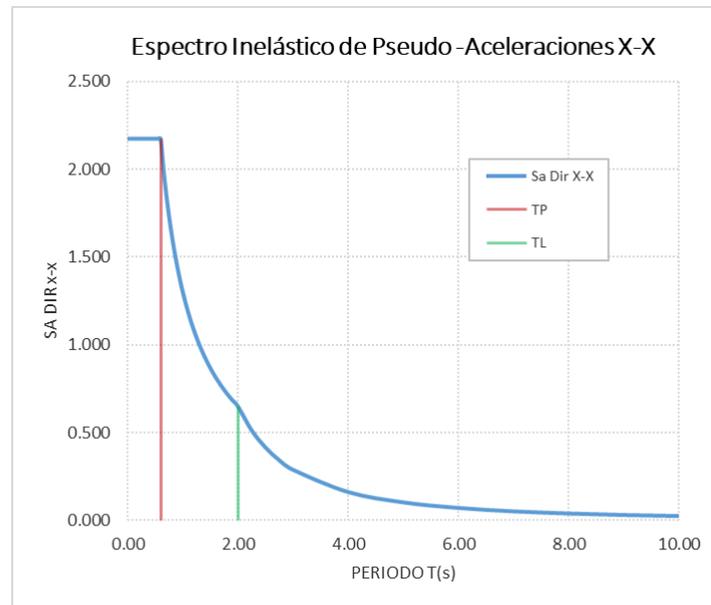
N° Nivel	Desplazamiento (m)		Altura (m)	Deriva		Límite >0.005
	Absoluta	Relativa		Elástica	Inelástica	
Nivel 1	0.0006	0.0006	3.6	0.0002	0.00036	CUMPLE

### 3.1.4.5. Análisis Sísmico Dinámico

Para la obtención de la aceleración espectral, se definió el espectro de pseudo aceleraciones en el eje x-x y en el eje y-y, la cual se nombró como EDX y EDY respectivamente, se ingresó los parámetros sísmicos anteriormente mencionado, se extrajo el coeficiente de aceleración que resulta posteriormente al agregar estos parámetros sísmicos, se definió en los casos de cargas el análisis dinámico en x-x y en y-y, la cual se nombró como SismoDX y SismoDY respectivamente, se seleccionó que esté en función al análisis dinámico, utilizando el método de combinación cuadrática completa y un diafragma de excentricidad de 0.05, se definió los patrones de cargas para un sismo dinámico en x-x y en y-y, se trasladó la información del valor de los coeficientes de aceleración en los patrones de carga.

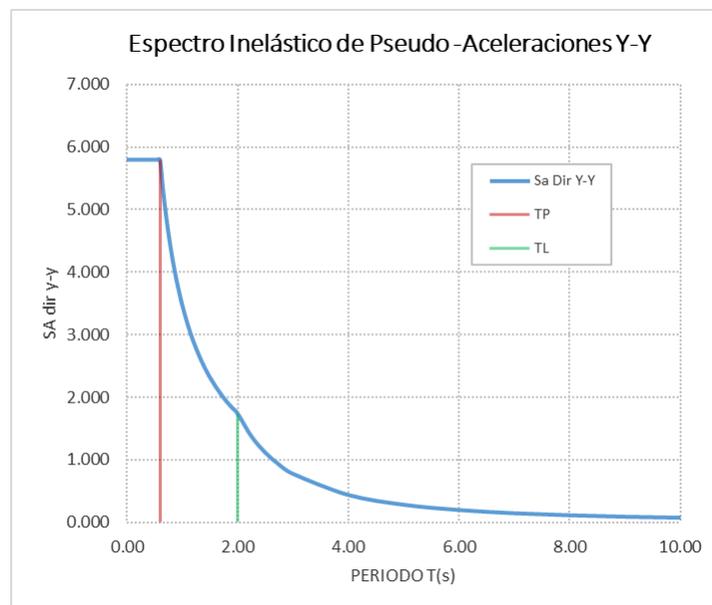
**Figura 16**

*Espectro de pseudos aceleraciones en el eje x-x.*



**Figura 17**

*Espectro de pseudos aceleraciones en el eje y-y.*



Para la revisión de la cortante mínima en tanto estático y dinámico, en la sección de tablas del software Etabs se seleccionó de los resultados la tabla de base de reacciones, se seleccionó los casos de cargas de sismo dinámico, se verificó que la cortante de la base en una evaluación dinámica no exceda el 80% de la cortante en la base en una evaluación estática en ambos ejes.

**Tabla 147**
*Fuerzas cortantes mínima del bloque A.*

Sismo	$V_X$ (tnf)	$V_{EX}/V_{DX}$ (%)	Resultado	$V_Y$ (tnf)	$V_{EY}/V_{DY}$ (%)	Resultado
Estático	140.04	89%	Cumple	373.45	93%	CUMPLE
Dinámico	124.79			345.64		

**Tabla 148**
*Fuerzas cortantes mínima del bloque B.*

Sismo	$V_X$ (tnf)	$V_{EX}/V_{DX}$ (%)	Resultado	$V_Y$ (tnf)	$V_{EY}/V_{DY}$ (%)	Resultado
Estático	130.54	88%	Cumple	348.10	70%	NO
Dinámico	115.31			242.61		CUMPLE

**Tabla 149**
*Fuerzas cortantes mínima del bloque C.*

Sismo	$V_X$ (tnf)	$V_{EX}/V_{DX}$ (%)	Resultado	$V_Y$ (tnf)	$V_{EY}/V_{DY}$ (%)	Resultado
Estático	247.71	93%	Cumple	660.56	96%	CUMPLE
Dinámico	230.35			631.34		

**Tabla 150**
*Fuerzas cortantes mínima del bloque D.*

Sismo	$V_X$ (tnf)	$V_{EX}/V_{DX}$ (%)	Resultado	$V_Y$ (tnf)	$V_{EY}/V_{DY}$ (%)	Resultado
Estático	23.52	99%	Cumple	62.72	94%	CUMPLE
Dinámico	23.47			58.85		

**Tabla 151**
*Fuerzas cortantes mínima del bloque E.*

Sismo	$V_X$ (tnf)	$V_{EX}/V_{DX}$ (%)	Resultado	$V_Y$ (tnf)	$V_{EY}/V_{DY}$ (%)	Resultado
Estático	28.66	100%	Cumple	76.43	99%	CUMPLE

---

 Dinámico 28.66
 

---

 76.13
 

---

Debido a que la cortante dinámica en y-y no llegó al 80% mínimo de la cortante estática que establece la norma, se incrementa los valores de la fuerza dinámica con el fin de cumplir con lo básico que señalan mediante un escalamiento proporcional en todos los resultados con excepción de los desplazamientos. Se calculó el factor de escala, se definió en los casos de cargas una copia del SismoDY, la cual se nombró como SismoDY-FE, se modificó la sección de factor de escalamiento multiplicando el valor obtenido del factor de escalamiento por la gravedad que viene por defecto en el software Etabs.

**Tabla 152**

*Factor de escalamiento del bloque B.*

Dirección	$V_x$	$V_y$	$0.80 * V_x/V_y$
y-y	348.10	242.61	1.43446

**Tabla 153**

*Fuerzas cortantes mínima del bloque B con factor de escala.*

Sismo	$V_X$ (tnf)	$V_{EX}/V_{DX}$ (%)	Resultado	$V_Y$ (tnf)	$V_{EY}/V_{DY}$ (%)	Resultado
Estático	130.54	88%	Cumple	348.10	80%	CUMPLE
Dinámico	115.31			278.48		

Para la obtención de las derivas inelásticas, se verificó que no excediera los límites para las derivas del entrepiso. Este indica que la deriva máxima que resulta entre los pisos de la estructura no podrá ser superior a 0.007 radianes para concreto armado, y no será mayor de 0.005 para sistemas de albañilería.

**Tabla 154**

*Derivas en sismo dinámico del bloque A en dirección x-x.*

N° Nivel	Desplazamiento (m)		Altura (m)	Deriva		Límite >0.007
	Absoluta	Relativa		Elástica	Inelástica	
Nivel 2	0.0033	0.0013	3.6	0.0004	0.00218	CUMPLE
Nivel 1	0.0020	0.0020	3.6	0.0005	0.00325	CUMPLE

*Nota.* De los datos obtenidos del análisis se obtuvieron distorsiones máximas entre los pisos en x-x del bloque A, donde se muestra que se encuentra dentro del límite permitido según lo establecido en la norma.

**Tabla 155**

*Derivas en sismo dinámico del bloque A en dirección y-y.*

N° Nivel	Desplazamiento (m)		Altura (m)	Deriva		Límite >0.005
	Absoluta	Relativa		Elástica	Inelástica	
Nivel 2	0.0022	-0.0005	3.6	-0.0001	-0.00031	CUMPLE
Nivel 1	0.0027	0.0027	3.6	0.0008	0.00170	CUMPLE

*Nota.* De los datos obtenidos del análisis se obtuvieron distorsiones máximas entre los pisos en y-y del bloque A, donde se muestra que se encuentra dentro del límite permitido según lo establecido en la norma.

**Tabla 156**

*Derivas en sismo dinámico del bloque B en dirección x-x.*

N° Nivel	Desplazamiento (m)		Altura (m)	Deriva		Límite >0.007
	Absoluta	Relativa		Elástica	Inelástica	
Nivel 2	0.0034	0.0014	3.6	0.0004	0.00226	CUMPLE
Nivel 1	0.0020	0.0020	3.6	0.0006	0.00334	CUMPLE

*Nota.* De los datos obtenidos del análisis se obtuvieron distorsiones máximas entre los pisos en x-x del bloque B, donde se muestra que se encuentra dentro del límite permitido según lo establecido en la norma.

**Tabla 157**

*Derivas en sismo dinámico del bloque B en dirección y-y.*

N° Nivel	Desplazamiento (m)		Altura (m)	Deriva		Límite >0.005
	Absoluta	Relativa		Elástica	Inelástica	

Nivel 2	0.0041	0.0006	3.6	0.0002	0.00040	CUMPLE
Nivel 1	0.0035	0.0035	3.6	0.0010	0.00217	CUMPLE

*Nota.* De los datos obtenidos del análisis se obtuvieron distorsiones máximas entre los pisos en y-y del bloque B, donde se muestra que se encuentra dentro del límite permitido según lo establecido en la norma.

**Tabla 158**

*Derivas en sismo dinámico del bloque C en dirección x-x.*

N° Nivel	Desplazamiento (m)		Altura (m)	Deriva		Límite >0.007
	Absoluta	Relativa		Elástica	Inelástica	
Nivel 2	0.0071	0.0031	3.6	0.0009	0.00512	CUMPLE
Nivel 1	0.0040	0.0040	3.6	0.0011	0.00672	CUMPLE

*Nota.* De los datos obtenidos del análisis se obtuvieron distorsiones máximas entre los pisos en x-x del bloque C, donde se muestra que se encuentra dentro del límite permitido según lo establecido en la norma.

**Tabla 159**

*Derivas en sismo dinámico del bloque C en dirección y-y.*

N° Nivel	Desplazamiento (m)		Altura (m)	Deriva		Límite >0.005
	Absoluta	Relativa		Elástica	Inelástica	
Nivel 2	0.0039	0.0006	3.6	0.0002	0.00036	CUMPLE
Nivel 1	0.0033	0.0033	3.6	0.0009	0.00208	CUMPLE

*Nota.* De los datos obtenidos del análisis se obtuvieron distorsiones máximas entre los pisos en y-y del bloque C, donde se muestra que se encuentra dentro del límite permitido según lo establecido en la norma.

**Tabla 160**

*Derivas en sismo dinámico del bloque D en dirección x-x.*

N° Nivel	Desplazamiento (m)		Altura (m)	Deriva		Límite >0.007
	Absoluta	Relativa		Elástica	Inelástica	
Nivel 1	0.0012	0.0012	3.6	0.0003	0.00202	CUMPLE

*Nota.* De los datos obtenidos del análisis se obtuvieron distorsiones máximas entre los pisos en x-x del bloque D, donde se muestra que se encuentra dentro del límite permitido según lo establecido en la norma.

**Tabla 161**

*Derivas en sismo dinámico del bloque D en dirección y-y.*

N° Nivel	Desplazamiento (m)		Altura (m)	Deriva		Límite >0.005
	Absoluta	Relativa		Elástica	Inelástica	
Nivel 1	0.0011	0.0011	3.6	0.0003	0.00071	CUMPLE

*Nota.* De los datos obtenidos del análisis se obtuvieron distorsiones máximas entre los pisos en y-y del bloque D, donde se muestra que se encuentra dentro del límite permitido según lo establecido en la norma.

**Tabla 162**

*Derivas en sismo dinámico del bloque E en dirección x-x.*

N° Nivel	Desplazamiento (m)		Altura (m)	Deriva		Límite >0.007
	Absoluta	Relativa		Elástica	Inelástica	
Nivel 1	0.0011	0.0011	3.6	0.0003	0.00177	CUMPLE

*Nota.* De los datos obtenidos del análisis se obtuvieron distorsiones máximas entre los pisos en x-x del bloque E, donde se muestra que se encuentra dentro del límite permitido según lo establecido en la norma.

**Tabla 163**

*Derivas en sismo dinámico del bloque E en dirección y-y.*

N° Nivel	Desplazamiento (m)		Altura (m)	Deriva		Límite >0.005
	Absoluta	Relativa		Elástica	Inelástica	
Nivel 1	0.0007	0.0007	3.6	0.0002	0.00041	CUMPLE

*Nota.* De los datos obtenidos del análisis se obtuvieron distorsiones máximas entre los pisos en y-y del bloque E, donde se muestra que se encuentra dentro del límite permitido según lo establecido en la norma.

### 3.1.5. Resultado del Análisis Estructural con Reforzamiento.

Para la propuesta de reforzamiento estructural, contando con la identificación de los incumplimientos de parámetros, se agregó placas de corte de concreto armado con el fin de contrarrestar las cortantes y la disminución de las derivas, de esta manera se pueda mitigar el alto riesgo sísmico a la cual está expuesta la institución educativa. Para la creación de las placas de corte, se definió las propiedades mecánicas y se definió las secciones.

**Tabla 164**

*Propiedades mecánicas del concreto.*

Descripción	Simbología	Valor
Resistencia a la Compresión	$f'c$	210 kgf/cm <sup>2</sup>
Módulo de Elasticidad	$E_c$	217370 kg/cm <sup>2</sup>
Peso Específico	$\gamma$	2400 kg/cm <sup>3</sup>
Módulo Poisson	$\mu$	0.20

**Tabla 165**

*Propiedades mecánicas de acero.*

Descripción	Simbología	Valor
Resistencia a la Fluencia	$f'y$	4200.00 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de Elasticidad	$E_s$	2038901.92 kg/cm <sup>2</sup>

**Tabla 166**

*Secciones de las placas de corte del bloque C.*

Sección	Ancho	Largo
P-A	25 cm	150 cm
P-B	25 cm	150 cm

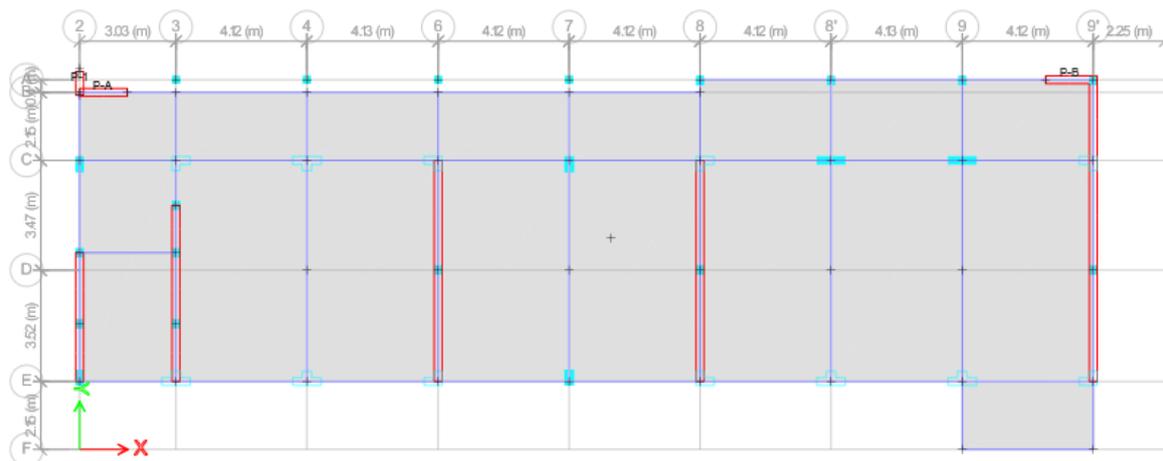
*Nota.* Para las esquinas del bloque C se propuso placas de corte en dirección x-x debido a que sobrepasan el límite de derivas.

Para la geometría del bloque C, se dibujó la geometría de la institución educativa, se definió las restricciones y apoyos en la base, se aplicó los brazos rígidos, se asignó ajustes para un resultado más parecido a la realidad y se asignó los diafragmas rígidos en cada nivel. Para el dibujo de la geometría de la institución educativa, se dibujó columnas, vigas, muros de albañilería estructural, las losas aligeradas, la losa maciza (solo en el bloque B) y las placas (solo en el bloque B, C). Para la definición de las restricciones y apoyos en la base, se colocó

en la vista de la base, se seleccionó todos los puntos y se asignó la restricción de empotramiento. Para la utilización de los brazos rígidos, se seleccionó todos los elementos estructurales, se aplicó end length offsets y realizó manualmente aquellos erróneos que dio el software. Para la asignación de ajuste que conllevaría a unos resultados más similar a la realidad, se seleccionó todos los elementos estructurales, se aplicó frame auto mesh para automatizar los nudos, se aplicó frame floor meshing para que la conexión entre viga y losa sea correcta, se aplicó auto edge constraints para que la conexión entre viga y muro sea correcta. Para la designación de los entramados rígidos en cada uno de los techos, se seleccionó todos los elementos estructurales en cada nivel y se asignó un diafragma. Los diafragmas rígidos es una unión monolítica entre los elementos para que cuando hay un desplazamiento todos los nodos se desplacen rígidamente en la misma distancia hacia una dirección.

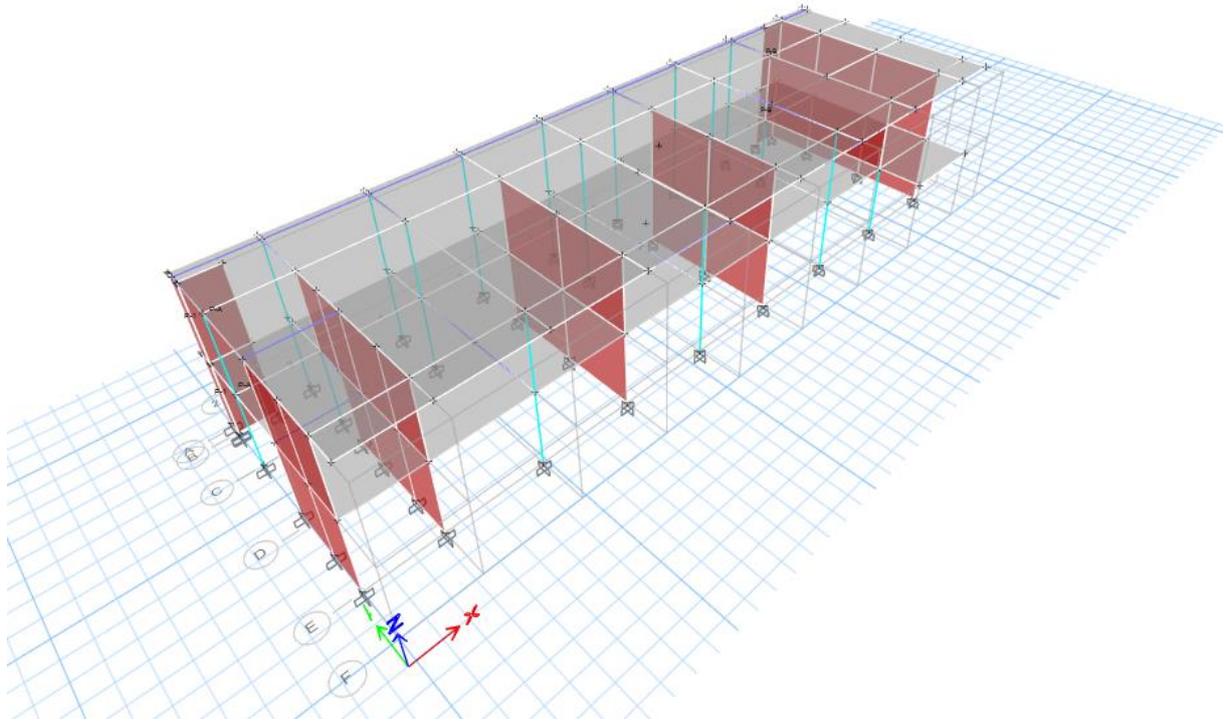
### Figura 18

*Modelo estructural en vista planta del bloque C reforzado.*



**Figura 19**

*Modelo estructural en vista 3D del bloque C reforzado.*



Para la obtención del centro de rigidez, en la sección de tablas del software Etabs, se tomó la tabla de centros de la presente masa y también la rigidez. El núcleo de rigidez se produjo al relacionarse todos los ejes de rigidez en cada nivel y dependió de la estructuración y distribución de los componentes de las estructuras de la presente de la institución. Al contar con el centro de rigidez, se verificó que la distancia de todos los centros sea una distancia mínima posible ya que de esa manera se presentará menos daño a la edificación.

**Tabla 167**

*Centro de masa y rigidez del bloque C reforzado.*

N° Nivel	Masa (kg)		Rigidez (m)		Excentricidad (m)	
	X	Y	X	Y	X	Y
Nivel 1	833739.301	833739.301	16.716	6.683	16.716	6.683

Nivel 2	268225.119	268225.119	17.421	6.582	17.421	6.582
---------	------------	------------	--------	-------	--------	-------

### 3.1.5.1. Análisis Sísmico Estático

Para la adquisición de los lapsos esenciales de vibración, en la sección de tablas del software Etabs, se eligió la tabla de relaciones de masa participativa modales y se utilizó el periodo que cuente con los valores máximos de las masas participativas.

**Tabla 168**

*Modos y periodos de vibración del bloque C reforzado.*

Modelo	Modo	Periodo (seg)	$U_X$	$U_Y$	Sum $U_X$	Sum $U_Y$	$R_Z$
Modal	0.239	0.8522	0.0010	0.239	0.8522	0.0010	0.0019
Modal	0.123	0.0005	0.9629	0.123	0.8527	0.9639	0.0085
Modal	0.107	0.0000	0.0057	0.107	0.8527	0.9696	0.9365
Modal	0.078	0.1403	0.0001	0.078	0.9930	0.9697	0.0083
Modal	0.068	0.0029	0.0002	0.068	0.9959	0.9699	0.0015
Modal	0.045	0.0002	0.0237	0.045	0.9962	0.9936	0.0001

Los resultados de la cortante basal en cada bloque se obtuvo mediante el producto del peso de la edificación y el valor  $ZUCS/R$ . Además, se verificó que el valor de  $C/R$  sea mayor o igual a 0.125.

**Tabla 169**

*Cortante basal del bloque C reforzado.*

Bloque	$P$ (kgf)	$(Z.U.C.S/R)_{EN X}$	$V_{XX}$ (kgf)	$(Z.U.C.S/R)_{EN Y}$	$V_{YY}$ (kgf)
Bloque A	1128.12	0.2215	249.86	0.5906	666.30

Para la obtención de las fuerzas por sismos en caso de alturas, se procedió a calcular  $\alpha$  con los datos del peso por cada nivel, la altura de cada nivel y el valor de  $k$  que es 1 debido a que en todos los bloques los periodos fundamentales obtenidos son menores a 0.5. Se muestra solo los bloques A, B y C ya que cuentan con más de 1 nivel.

**Tabla 170**
*Distribución de fuerzas sísmicas en sismo estático del bloque C reforzado.*

N° Nivel	$P$	$\alpha$	$V_x$	$F_x$	$V_y$	$F_y$
Nivel 1	276.09	0.3932	249.86	98.25	666.30	262.01
Nivel 2	852.03	0.6068		151.61		404.28
Suma	1128.12	1.0000		249.86		666.30

Para la obtención de las derivas inelásticas, se verificó que no excediera los límites para las derivas del entrepiso. Este indica que la deriva máxima que resulta entre los pisos de la estructura no podrá ser superior a 0.007 radianes para concreto armado, y no será mayor de 0.005 para sistemas de albañilería.

**Tabla 171**
*Derivas en sismo estático del bloque C reforzado en dirección x-x.*

N° Nivel	Desplazamiento (m)		Altura (m)	Deriva		Límite >0.007
	Absoluta	Relativa		Elástica	Inelástica	
Nivel 2	0.0053	0.0022	3.6	0.0006	0.00370	CUMPLE
Nivel 1	0.0031	0.0031	3.6	0.0009	0.00515	CUMPLE

*Nota.* Se obtuvieron las distorsiones inelásticas máximas de los entrepisos en x-x del bloque C, donde se muestra que se encuentra dentro del límite permitido según la norma.

**Tabla 172**
*Derivas en sismo estático del bloque C reforzado en dirección y-y.*

N° Nivel	Desplazamiento (m)		Altura (m)	Deriva		Límite >0.005
	Absoluta	Relativa		Elástica	Inelástica	
Nivel 2	0.0035	0.0010	3.6	0.0003	0.00065	CUMPLE
Nivel 1	0.0025	0.0025	3.6	0.0007	0.00156	CUMPLE

*Nota.* Se obtuvieron las distorsiones inelásticas máximas entre los pisos en y-y del bloque C, donde se muestra que se encuentra dentro del límite permitido según la norma.

### 3.1.5.2. Análisis Sísmico Dinámico

Para la revisión de la cortante mínima tanto estático y dinámico, en la sección de tablas

del software Etabs se seleccionó de los resultados la tabla de base de reacciones, se seleccionó los casos de cargas de sismo dinámico, se verificó que la cortante de la base en una evaluación dinámica no exceda el 80% de la cortante en la base en una evaluación estática en ambos ejes.

**Tabla 173**

*Fuerzas cortantes mínima del bloque C reforzado.*

Sismo	$V_X$ (tnf)	$V_{EX}/V_{DX}$ (%)	Resultado	$V_Y$ (tnf)	$V_{EY}/V_{DY}$ (%)	Resultado
Estático	249.86	86%	Cumple	666.30	97%	CUMPLE
Dinámico	216.07			643.17		

Para la obtención de las derivas inelásticas, se verificó que no excediera los límites para las derivas del entrepiso. Este indica que la deriva máxima que resulta entre los pisos de la estructura no podrá ser superior a 0.007 radianes para concreto armado, y no será mayor de 0.005 para sistemas de albañilería.

**Tabla 174**

*Distorsión en sismo dinámico del bloque C reforzado en dirección x-x.*

N° Nivel	Desplazamiento (m)		Altura (m)	Deriva		Límite >0.007
	Absoluta	Relativa		Elástica	Inelástica	
Nivel 2	0.0047	0.0019	3.6	0.0005	0.00324	CUMPLE
Nivel 1	0.0028	0.0028	3.6	0.0008	0.00466	CUMPLE

*Nota.* De los datos obtenidos del análisis se obtuvieron distorsiones máximas entre los pisos en y-y del bloque C, donde se muestra que se encuentra dentro del límite permitido según lo establecido en la norma.

**Tabla 175**

*Distorsión en sismo dinámico del bloque C reforzado en dirección y-y.*

N° Nivel	Desplazamiento (m)		Altura (m)	Deriva		Límite >0.005
	Absoluta	Relativa		Elástica	Inelástica	
Nivel 2	0.0034	0.0005	3.6	0.0001	0.00031	CUMPLE
Nivel 1	0.0029	0.0029	3.6	0.0008	0.00181	CUMPLE

*Nota.* De los datos obtenidos del análisis se obtuvieron distorsiones máximas entre los pisos en y-y del bloque C, donde se muestra que se encuentra dentro del límite permitido según lo establecido en la norma.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusiones de Resultados

La implementación de la metodología de PAJ dio rangos de peligro de  $0.260 \leq P < 0.504$  con peligro muy alto,  $0.134 \leq P < 0.260$  con peligro alto,  $0.068 \leq P < 0.134$  con peligro medio y  $0.035 \leq P < 0.068$  con peligro bajo. Respecto a la evaluación de los parámetros identificados se determinó que el resultado del peligro sísmico de la IE N° 5125 – Casuarinas mostró una posición muy alto de un valor de 0.439, donde se encuentra entre los rangos de ponderación de  $0.260 \leq P < 0.504$ , indicando una seria amenaza para las estructuras de los bloques y sobre todo la seguridad de la comunidad educativa. La implementación de esta metodología permite una evaluación precisa del peligro sísmico al considerar los parámetros con sus variables pesos de acuerdo con su importancia. Se utilizaron la magnitud sísmica, que cuantifica la energía que es liberada por los sismos, intensidad sísmica, que mide las consecuencias de los sismos en el lugar de la actual investigación y características de aceleración de suelo.

El estudio dio rangos de vulnerabilidad de  $0.264 \leq V < 0.478$  con rango muy alto,  $0.142 \leq V < 0.264$  con rango alto,  $0.074 \leq V < 0.142$  con rango medio y  $0.042 \leq V < 0.074$  con rango bajo. De acuerdo con el análisis de los parámetros identificados se determinó que el resultado de la vulnerabilidad ante un sismo de la IE N° 5125 – Casuarinas presentó una posición media de un valor de 0.087, donde se ubican entre los rangos de ponderación de  $0.074 \leq V < 0.142$ , indicando una estructura de los bloques considerablemente vulnerable. La implementación de esta metodología considera parámetros que desempeñan un papel importante para permitir un análisis preciso de la vulnerabilidad ante un sismo, con la aplicación de estos presente factores: la localización de la IE, material del sistema de construcción predominante, la pendiente del lugar, el número de los niveles, la antigüedad de construcción, las condiciones en la que se encuentra, el grado de la IE en áreas inseguras, el grado de la IE con acceso de agua potable,

el grado de cumplimiento al código de construcción y el grado de cumplimiento ante un reforzamiento.

Dentro de los rangos críticos resultantes, es evidente la implementación de medidas de mitigación. Esto incluye el análisis estructural con la actualización de las normas, así como también la propuesta de reforzamiento estructural para la mejora a la resiliencia de la institución ante posibles eventos sísmicos. Respecto al modelamiento de las estructuras de los bloques se detectaron algunas carencias estructurales ante el análisis estático y dinámico, donde se hallaron inconvenientes en las distorsiones con poca rigidez en la evaluación estructural en x-x que es del método de concreto armado del bloque C, en el nivel 1 la distorsión máxima es de 0.00736 la cual sobrepasa ligeramente el límite de distorsión máxima de 0.007. Respecto al reforzamiento de las infraestructuras de la entidad que se está estudiando se realizaron nuevamente el análisis estático y dinámico, donde se dieron como resultado una distorsión máxima en el bloque C de 0.00466 y 0.00181 en direcciones x-x e y-y, respectivamente, la cual se visualizó que se ubica por debajo del límite máximo determinado por las normas técnicas. Se propuso muros de corte debido a que están diseñados para resistir cargas horizontales, de esta manera será una mejora significativamente de su capacidad para la resistencia de fuerzas en los laterales, ayudan a controlar y minimizar las deformaciones estructurales, no afecta considerablemente la arquitectura y así facilitar la continuidad de la educación después de un evento sísmico.

#### **4.2. Limitaciones**

Se contó con algunas limitaciones, debido a que en la cita que se obtuvo con el lugar de estudio no se pudo obtener el permiso para el ingreso de la empresa contratada de mecánica de suelos debido a que el director no se encontraba en el lugar; asimismo, se reprogramó la fecha.

### 4.3. Interpretación Comparativa

El estudio obtuvo un cierto nivel de peligrosidad con la cantidad muy alto de 0.439 que se encuentra entre los valores  $0.260 \leq P < 0.504$ . Este resultado de peligro estuvo similar de lo reportado en contextos similares (Ortiz, 2022) del talud en el precipicio de la Costa Verde ubicado en Chorrillos, con rangos de peligro son  $0.267 \leq P \leq 0.464$  con valor muy alto,  $0.145 \leq P \leq 0.267$  con valor alto,  $0.080 \leq P \leq 0.145$  con valor medio y  $0.044 \leq P \leq 0.080$  con valor bajo, donde su estudio obtuvo un nivel de peligro muy alto dentro de estos valores  $0.267 \leq P \leq 0.464$  y alto entre los presentes valores  $0.145 \leq P \leq 0.260$ .

La investigación obtuvo un nivel de vulnerabilidad media de 0.087 que se encuentra entre los valores  $0.074 \leq V < 0.142$ . Este resultado de vulnerabilidad estuvo por debajo de lo reportado en contextos similares (Apaza y Taboada, 2020) de las edificaciones informales ubicadas en San Juan de Miraflores, sus rangos de vulnerabilidad son  $0.260 \leq V \leq 0.503$  con valoración muy alta,  $0.134 \leq V \leq 0.260$  con valoración alta,  $0.068 \leq V \leq 0.134$  con valoración media y  $0.035 \leq V \leq 0.068$  con valoración baja, que indica un mayor porcentaje de nivel de riesgo alta con 51% entre los valores  $0.134 \leq V \leq 0.260$ .

La presente tesis mostró que al realizar un análisis sísmico presentaron distorsiones máximas laterales en el bloque C presentó los siguientes valores; 0.00736 y 0.00163, en los dos ejes en x-x e y-y, respectivamente, la cual se observó que necesita un refuerzo en el eje x-x. Este resultado de derivas estuvo por debajo de lo reportado en contextos similares (Marca y Rojas, 2021) para la institución educativa N° 4460 Cesar Cohaila Tamayo, que indica que las distorsiones máximas laterales se calcularon las siguientes cantidades: 0.0087 y 0.0093, en las dos direcciones x-x e y-y, respectivamente, la cual se visualizó que será necesario de un sistema para el reforzamiento de las estructuras en dirección y-y.

#### **4.4. Implicancias**

La implicancia teórica de la investigación sí se conoció el comportamiento de las presentes variables con ayuda de la base teórica que se contó. Con las informaciones obtenidas del riesgo sísmico y el análisis sismorresistente aportará para el beneficio de las teorías científicas para posteriores investigaciones por aplicarse de una institución educativa que, según norma, son consideradas edificaciones esenciales por contar con alta cantidad de personas.

La implicancia práctica de la investigación sí contará con información técnica y práctica para que se pueda aplicar por parte de entidades como las municipalidades, estudios futuros, entre otros que deseen asegurar la seguridad ciudadana y de esta manera evitar pérdidas sea estructurales hasta pérdidas de vidas humanas por no haber aplicado en su momento reforzamientos estructurales ante un evento sísmico.

La implicancia social de la investigación si brindará una contribución social de medidas de mitigación, la cual es una propuesta para el reforzamiento de las estructuras que beneficiarán a la institución educativa que conlleva a proteger de cierta manera pérdidas económicas hasta pérdidas humanas.

#### **4.5. Conclusiones**

En conclusión, la evaluación de peligro sísmico en la institución presentó un grado muy alto de riesgo, donde requiere una atención inmediata para salvaguardar la seguridad de los escolares y la necesidad prioritaria de poder implementar medidas de mitigación como reforzamientos estructurales, no solo para preservar las estructuras como patrimonio educativo, sino además para garantizar un lugar para la comunidad educativa.

Para el cálculo de la vulnerabilidad de sismo en la institución se concluyó un grado medio, indicando una posición intermedia respecto a su exposición, fragilidad y como también de resiliencia de las estructuras ante posibles acontecimientos sísmicos. Esta conclusión resalta

la prioridad de continuar evaluando constantemente las condiciones actuales estructurales para asegurar un entorno educativo seguro y preparado. La aplicación de métodos de reforzamiento, la actualización de acuerdo con las normas y mayores informaciones sobre medidas de seguridad son puntos claves hacia la construcción segura de una institución con mayor resiliencia frente a posibles sismos.

La propuesta de medidas de mitigación mediante el refuerzo del bloque con placas en la institución busca asegurar en mayor medida la resistencia sísmica. Este método da una solución de manera sólida para mitigar los riesgos y garantizando principalmente la seguridad de la comunidad escolar. Esta propuesta brinda una mayor resiliencia de las estructuras de los bloques ante una actividad sísmica.

#### **4.6. Recomendaciones**

Se sugiere a los próximos investigadores tome en consideración los datos obtenidos de este estudio para puedan desarrollar un análisis más a detalle y; además, desarrollar de manera general de todas las instituciones que se presentan en el distrito de Ventanilla para posteriormente se realice mapas de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo y poder elegir decisiones con respecto a las medidas de mitigación ante un riesgo sísmico evitando así posibles consecuencias de pérdidas de la comunidad como económicas por la estructuras afectadas.

Se recomienda que se ejecute un procedimiento de aspecto administrativa en las municipalidades correspondientes para las revisiones de las estructuras con la finalidad del grado vulnerable en la que se encuentra y en caso requiera de reforzamiento, de esta manera se pueda evaluar a detalle por un profesional calificado y proponer técnicas de reforzamientos. Ante ello, para que se ejecute estos reforzamientos se propone crear un programa para la mejora de desempeño estructural ante un acontecimiento de sismo debido a que las instituciones educativas son edificaciones esenciales y conllevan muchas personas la cual se encuentra en

una gran exposición si se presentara un sismo.

Se recomienda que para próximas investigaciones o tesis se proponga nuevos métodos para los reforzamientos. Algunas opciones podrían considerarse refuerzos de fibra de carbono para columnas o vigas, muros de albañilería confinada o armada, encamisados de columnas, aisladores sísmicos, entre otras.

## Referencias

- BBC Mundo. (21 de setiembre de 2017). Los 10 terremotos más potentes y mortíferos de la historia en América Latina. BBC News Mundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-41343606>
- U.S. Geological Survey. (1 de noviembre de 2023). Earthquake. <https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards>
- Instituto Geofísico del Perú. (1 de noviembre de 2023). Glosario. <https://ultimosismo.igp.gob.pe/glosario>
- British Geological Survey. (1 de noviembre de 2023). What causes earthquakes? <https://tinyurl.com/yboxjtt6>
- Hernández, S., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). Metodología de la investigación. MCGRAW-HILL. [bit.ly/3ZfxJsq](https://bit.ly/3ZfxJsq)
- CENEPRED. (2014). Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/257>
- CENEPRED. (2014). Manual para la Evaluación de Riesgos por Sismos. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. <https://www.gob.pe/institucion/cenepred/informes-publicaciones/1867446-manual-para-la-evaluacion-del-riesgo-por-sismos>
- Yauri, S. (2017). Escenario sísmico para Lima Metropolitana y Callao: Sismo 8.8Mw. Instituto Nacional de Defensa Civil. <https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/201711231521471-1.pdf>
- Acevedo, I. (2002) Aspectos éticos en la investigación científica. Ciencia y enfermería, 8(1), 15-18. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95532002000100003>

- Celina, H. y Campo-Arias, A. (2005) Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(4), 572–580.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=80634409>
- Aiken, L. (1985). Three coefficients for analyzing the reliability and validity of ratings. *Educational and Psychological Measurement*, 45(1), 131 – 140.  
<https://doi.org/10.1177/0013164485451012>
- Instituto Colombiano de Geología y Minería. (2009). INGEOMINAS al día. *Revista del Instituto Colombiano de Geología y Minería*, 1(6) 1-34. [bit.ly/3SD5Qth](http://bit.ly/3SD5Qth)
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. (Norma E.070)
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. (Norma E.030)
- Zare, M., Shojaei, M., Akasheh, B., Ostadtaghizadeh, A. y Dorostian, A. (2020). Evaluating the degree of physical resilience of Babol against earthquakes. *Nexo Revista Científica*, 33(2), 239-0258. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7852441>
- Curihuinca, M. (2020) Modos de habitar un escenario de riesgo sísmico: el caso de la falla de San Ramón en el piedemonte de Santiago, Chile. [Tesis de Magister, Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/178028>
- Peña, F. y Yunapanta, J. (2022) Propuesta de reforzamiento de vigas de alma llena de puentes metálicos con fibra de carbono y resina epóxica. [Tesis de Maestría, Técnica de Ambaton]. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/34195>
- Ortiz, X. (2022) Riesgo geotécnico ante eventos sísmicos que afecten la estabilidad del talud en el acantilado de la Costa Verde. [Tesis de Título Profesional, Universidad Ricardo Palma]. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/15710>

- Rodríguez, R. (2019) Vulnerabilidad estructural ante riesgo sísmico de las viviendas de la subcuenca Chucchun - Carhuaz. [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/5878>
- Marca, J. y Rojas, E. (2021) Análisis comparativo de 2 tipos de refuerzos estructurales para la “Institución Educativa N°4460 - Cesar Cohaila Tamayo” en el departamento de Tacna. [Tesis de Título Profesional, Universidad Ricardo Palma]. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/4771>
- Apaza, K. y Taboada, V. (2020) Plan de mitigación del riesgo sísmico para la mejora del desempeño estructural de las edificaciones informales. [Tesis de Título Profesional, Universidad Ricardo Palma]. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/3896>
- Cabello, V. y Sotelo, J. (2020) Identificación del crecimiento urbano en zonas de pendiente para evaluar el riesgo sísmico. [Tesis de Título Profesional, Universidad Ricardo Palma]. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/3859>
- Miranda, C. y Yañez, D. (2022) *Análisis Comparativo de Métodos de Reforzamiento Estructural para mejorar la Viabilidad en el Edificio Reducto, Miraflores*. [Tesis de Título Profesional, Universidad Ricardo Palma]. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/5941>

## Anexos

### Anexo 1: Tabla de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Tipo de variables	Escala de medición
V1: Riesgo sísmico	Es el análisis de acuerdo con su peligro y vulnerabilidad para clasificar el impacto que genere a las zonas costeras, así como también lo que ocasiona este fenómeno natural como daños estructurales.	Se determina por el método del Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ) de criterios múltiples para la evaluación de peligrosidad y análisis de vulnerabilidad.	Evaluación de peligrosidad	Exposición sísmica	kilómetro	Cuantitativa	Ordinal
			Análisis de la vulnerabilidad	Localización de la vivienda	kilómetro	Cuantitativa	Ordinal
				Material predominante	% de material		
				Topografía del terreno	% de pendiente		
				Configuración de elevación	n° de pisos		
				Antigüedad de construcción	n° de años		
				Estado de conservación	% de conservación		
				IE localizadas	% de inseguridad		
				IE con acceso	% de acceso a agua potable		
				Cumplimiento del código de construcción	% de cumplimiento		
Cumplimiento reforzamiento infraestructura	% de reforzamiento						
V2: Medidas de mitigación	Son propuestas de intervención para una zona determinada con el fin de mitigar los riesgos ocasionados por un sismo.	Se determina a través de una evaluación de alternativas de soluciones donde favorezca a la comunidad físicamente.	Reforzamiento estructural	Análisis Estructural en Situación Actual	n° de distorsión	Cuantitativa	Razón
				Análisis Estructural con Reforzamiento	n° de distorsión		

*Nota.* Elaboración propia.

## Anexo 2: Ficha de observación con validación de expertos

		RIESGO SÍSMICO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N° 5125 EN EL DISTRITO DE VENTANILLA, 2023 FICHA DE OBSERVACIÓN DE PARÁMETROS DE VULNERABILIDAD - MÉTODO JERÁRQUICO AUTORA: TITO PAREDES, GLADYS JENNIFER			
Fecha: .....		Dirección: .....		Fecha de construcción: .....	
PARÁMETROS	CLASE	ELEMENTOS DE EVALUACIÓN	PARÁMETROS	CLASE	ELEMENTOS DE EVALUACIÓN
1	LOCALIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA	<input type="radio"/> 0.0 a 0.2 km <input type="radio"/> 0.2 a 1.0 km <input type="radio"/> 1.0 a 3.0 km <input type="radio"/> 3.0 a 5.0 km <input type="radio"/> > 5.0 km	6	ESTADO DE CONSERVACIÓN	<input type="radio"/> Muy malo <input type="radio"/> Malo <input type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Bueno <input type="radio"/> Muy bueno
2	MATERIAL PREDOMINANTE	<input type="radio"/> Estera, madera o triplay <input type="radio"/> Adobe o tapia <input type="radio"/> Quincha (caña con barro) <input type="radio"/> Piedra con cemento <input type="radio"/> Ladrillo o bloque de cemento	7	INSTITUCIÓN EDUCATIVA LOCALIZADA	<input type="radio"/> 80% < C <input type="radio"/> 60% < C ≤ 80% <input type="radio"/> 10% < C ≤ 60% <input type="radio"/> C ≤ 10% <input type="radio"/> Ninguna
3	TOPOGRAFÍA DEL TERRENO	<input type="radio"/> 50% < P ≤ 80% <input type="radio"/> 30% < P ≤ 50% <input type="radio"/> 20% < P ≤ 30% <input type="radio"/> 10% < P ≤ 20% <input type="radio"/> P ≤ 10%	8	INSTITUCIÓN EDUCATIVA CON ACCESO A AGUA POTABLE	<input type="radio"/> Ninguna <input type="radio"/> AAP ≤ 20% <input type="radio"/> 20% < AAP ≤ 30% <input type="radio"/> 30% < AAP ≤ 50% <input type="radio"/> 50% < AAP
4	CONFIGURACIÓN DE ELEVACIÓN	<input type="radio"/> 5 pisos + <input type="radio"/> 4 pisos <input type="radio"/> 3 pisos <input type="radio"/> 2 pisos <input type="radio"/> 1 piso	9	CUMPLIMIENTO DEL CÓDIGO DE CONSTRUCCIÓN	<input type="radio"/> V < 20% <input type="radio"/> 20% ≤ V < 40% <input type="radio"/> 40% ≤ V < 60% <input type="radio"/> 60% ≤ V < 80% <input type="radio"/> 80% < V
5	ANTIGÜEDAD DE CONSTRUCCIÓN	<input type="radio"/> De 40 años a más <input type="radio"/> De 30 a 40 años <input type="radio"/> De 20 a 30 años <input type="radio"/> De 10 a 20 años <input type="radio"/> Menor a 10 años	10	CUMPLIMIENTO DE REFORZAMIENTO INFRAESTRUCTURA	<input type="radio"/> C < 20% <input type="radio"/> 20% ≤ C < 30% <input type="radio"/> 30% ≤ C < 50% <input type="radio"/> 50% ≤ C < 70% <input type="radio"/> 70% ≤ C
LIBERACIÓN		FOTOGRAFÍA			
<p><i>Nota:</i>  <b>MUY MALO:</b> Las edificaciones en que las estructuras presentan un deterioro tal que hace presumir su colapso.  <b>MALO:</b> Las edificaciones no reciben mantenimiento regular, cuya estructura acusa deterioros que la comprometen aunque sin peligro de desplome y los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.  <b>REGULAR:</b> Las edificaciones que reciben mantenimiento esporádico, cuyas estructuras no tienen deterioro y si lo tienen, no lo comprometen y es subsanable, o que los acabados e instalaciones tienen deterioro visibles debido al mal uso.  <b>BUENO:</b> Las edificaciones reciben mantenimiento permanente y solo tienen ligeros deterioros en los acabados debido al uso normal.  <b>MUY BUENO:</b> Las edificaciones reciben mantenimiento permanente y que no presentan deterioro alguno.</p> <p>Observaciones:</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>					

**RONAL ALEXANDER DELGADO ALARCON**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 213429

 <b>RIESGO SISMICO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N° 5125 EN EL DISTRITO DE VENTANILLA, 2023</b> <b>FICHA DE OBSERVACIÓN DE PARÁMETROS DE VULNERABILIDAD - MÉTODO JERÁRQUICO</b> <b>AUTORA: TITO PAREDES, GLADYS JENNIFER</b>					
Fecha: .....		Dirección: .....		Fecha de construcción: .....	
PARÁMETROS	CLASE	ELEMENTOS DE EVALUACIÓN	PARÁMETROS	CLASE	ELEMENTOS DE EVALUACIÓN
1 LOCALIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA	-----	<input type="radio"/> 0.0 a 0.2 km <input type="radio"/> 0.2 a 1.0 km <input type="radio"/> 1.0 a 3.0 km <input type="radio"/> 3.0 a 5.0 km <input type="radio"/> > 5.0 km	6 ESTADO DE CONSERVACIÓN	-----	<input type="radio"/> Muy malo <input type="radio"/> Malo <input type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Bueno <input type="radio"/> Muy bueno
2 MATERIAL PREDOMINANTE	-----	<input type="radio"/> Estera, madera o triplay <input type="radio"/> Adobe o tapia <input type="radio"/> Quincha (caña con barro) <input type="radio"/> Piedra con cemento <input type="radio"/> Ladrillo o bloque de cemento	7 INSTITUCIÓN EDUCATIVA LOCALIZADA	-----	<input type="radio"/> 80% < C <input type="radio"/> 60% < C ≤ 80% <input type="radio"/> 10% < C ≤ 60% <input type="radio"/> C ≤ 10% <input type="radio"/> Ninguna
3 TOPOGRAFÍA DEL TERRENO	-----	<input type="radio"/> 50% < P ≤ 80% <input type="radio"/> 30% < P ≤ 50% <input type="radio"/> 20% < P ≤ 30% <input type="radio"/> 10% < P ≤ 20% <input type="radio"/> P < 10%	8 INSTITUCIÓN EDUCATIVA CON ACCESO A AGUA POTABLE	-----	<input type="radio"/> Ninguna <input type="radio"/> AAP ≤ 20% <input type="radio"/> 20% < AAP ≤ 30% <input type="radio"/> 30% < AAP ≤ 50% <input type="radio"/> 50% < AAP
4 CONFIGURACIÓN DE ELEVACIÓN	-----	<input type="radio"/> 5 pisos + <input type="radio"/> 4 pisos <input type="radio"/> 3 pisos <input type="radio"/> 2 pisos <input type="radio"/> 1 piso	9 CUMPLIMIENTO DEL CÓDIGO DE CONSTRUCCIÓN	-----	<input type="radio"/> V < 20% <input type="radio"/> 20% ≤ V < 40% <input type="radio"/> 40% ≤ V < 60% <input type="radio"/> 60% ≤ V < 80% <input type="radio"/> 80% < V
5 ANTIGÜEDAD DE CONSTRUCCIÓN	-----	<input type="radio"/> De 40 años a más <input type="radio"/> De 30 a 40 años <input type="radio"/> De 20 a 30 años <input type="radio"/> De 10 a 20 años <input type="radio"/> Menor a 10 años	10 CUMPLIMIENTO DE REFORZAMIENTO INFRAESTRUCTURA	-----	<input type="radio"/> C < 20% <input type="radio"/> 20% ≤ C < 30% <input type="radio"/> 30% ≤ C < 50% <input type="radio"/> 50% ≤ C < 70% <input type="radio"/> 70% < C
LIBERACIÓN				FOTOGRAFÍA	
<p><i>Nota:</i>  <b>MUY MALO:</b> Las edificaciones en que las estructuras presentan un deterioro tal que hace presumir su colapso.  <b>MALO:</b> Las edificaciones no reciben mantenimiento regular, cuya estructura acusa deterioros que la comprometen aunque sin peligro de desplome y los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.  <b>REGULAR:</b> Las edificaciones que reciben mantenimiento esporádico, cuyas estructuras no tienen deterioro y si lo tienen, no lo comprometen y es subsanable, o que los acabados e instalaciones tienen deterioro visibles debido al mal uso.  <b>BUENO:</b> Las edificaciones reciben mantenimiento permanente y solo tienen ligeros deterioros en los acabados debido al uso normal.  <b>MUY BUENO:</b> Las edificaciones reciben mantenimiento permanente y que no presentan deterioro alguno.</p> <p>Observaciones:                  .....                  .....</p>					



**EDWIN GAMARRA BARRERA**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 57389

### Anexo 3: Formato de validación de criterios de expertos

#### FORMATO N° 1 DE VALIDACIÓN DE CRITERIOS DE EXPERTOS

##### I. Datos Generales

Fecha 30-11-2023  
 Validador Ronal Alexander Delgado Alarcón  
 Cargo e institución Ing. Estructural - EsSalud  
 donde labora  
 Instrumento por validar Ficha de observación de parámetros de vulnerabilidad-Met. Italiano  
 Objetivo del instrumento Determinar las medidas de mitigación frente al riesgo sísmico en la Institución Educativa N° 5125 en el distrito de Ventanilla 2023  
 Autor(es) del instrumento Gladys Jennifer Tito Paredes

##### II. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

- 0 Deficiente (D) Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
- 1 Regular (R) Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
- 2 Buena (B) Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(0)	(1)	(2)	
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
<b>TOTAL</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	

##### III. Coeficiente de Validez

$$\frac{D + R + B}{30} = 0.66$$



Ronal Alexander Delgado Alarcón  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 213429

Firma

Coefficientes	Validez
0.40 a más	Muy bueno
0.30 a 0.39	Bueno
0.20 a 0.29	Deficiente
0 a 0.19	Insuficiente

(Elosua & Bully, 2012)

**FORMATO N° 2 DE VALIDACIÓN DE CRITERIOS DE EXPERTOS**

**I. Datos Generales**

Fecha 29-11-23  
 Validador Edwin Gamarra Barrera  
 Cargo e institución donde labora Consultor independiente  
 Instrumento por validar Ficha de observación de parámetros de Vulnerabilidad - Método Jerárquico.  
 Objetivo del instrumento Determinar las medidas de mitigación frente al riesgo sísmico en la IE. N° 5125 en el distrito de Ventanilla, 2023.  
 Autor(es) del instrumento Gladys Jennifer Tito Paredes

**II. Criterios de validación del instrumento**

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

- 0 Deficiente (D) Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
- 1 Regular (R) Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
- 2 Buena (B) Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(0)	(1)	(2)	
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
<b>TOTAL</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	

**III. Coeficiente de Validez**

$$\frac{D + R + B}{30} = 0.66$$

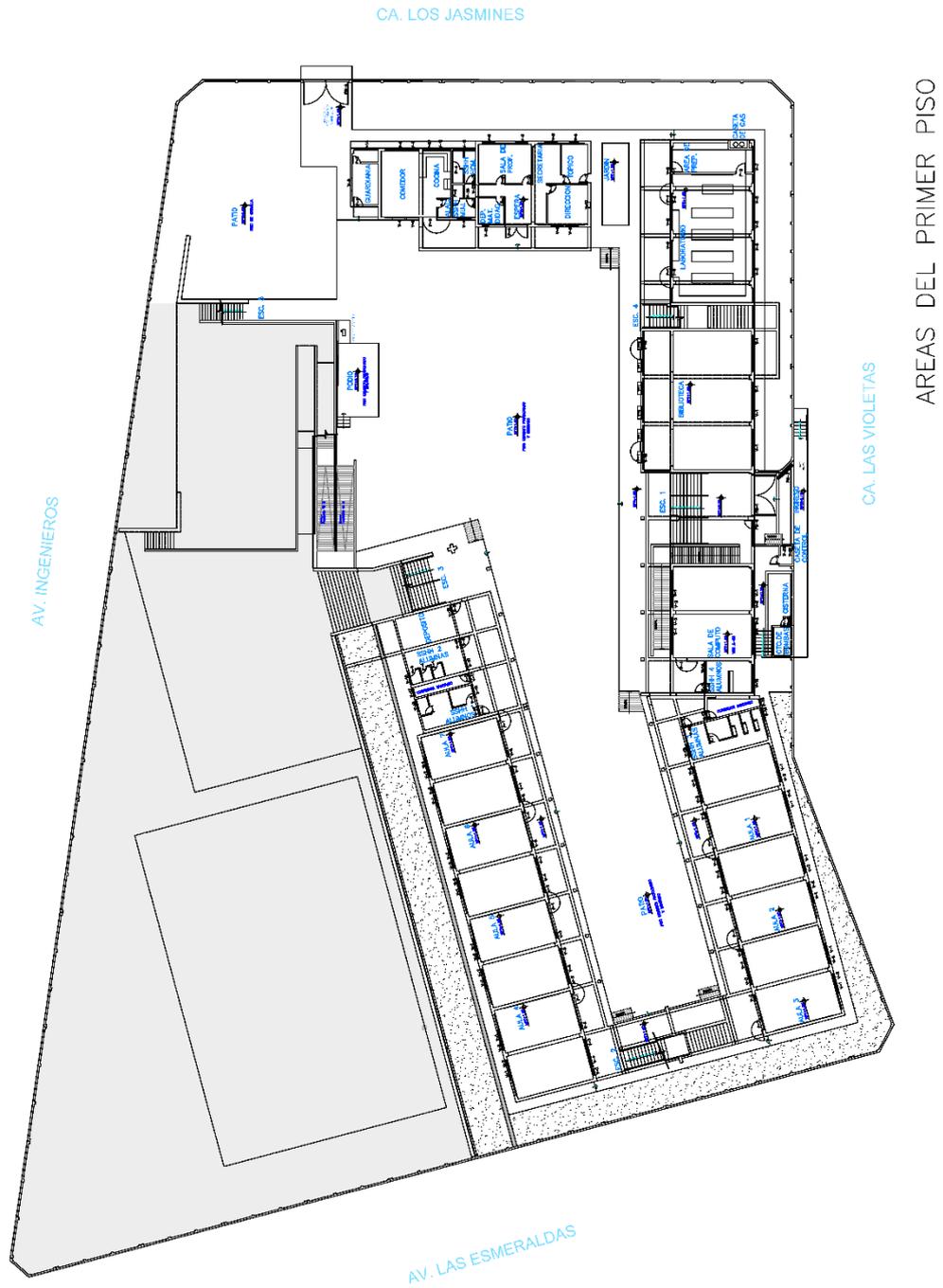
  
Edwin Gamarra Barrera  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 57385

Firma

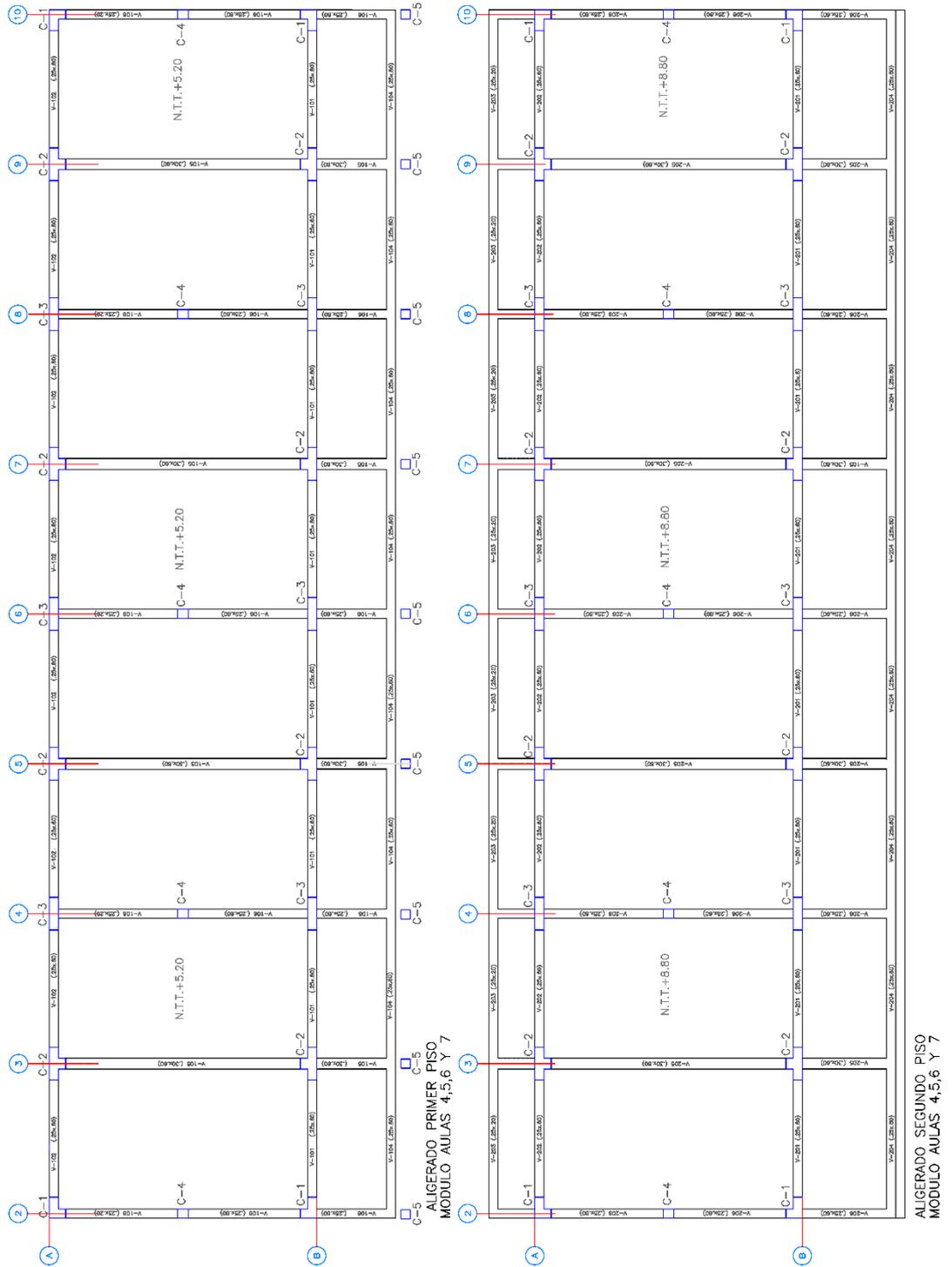
Coefficientes	Validez
0.40 a más	Muy bueno
0.30 a 0.39	Bueno
0.20 a 0.29	Deficiente
0 a 0.19	Insuficiente

(Elosua & Bully, 2012)

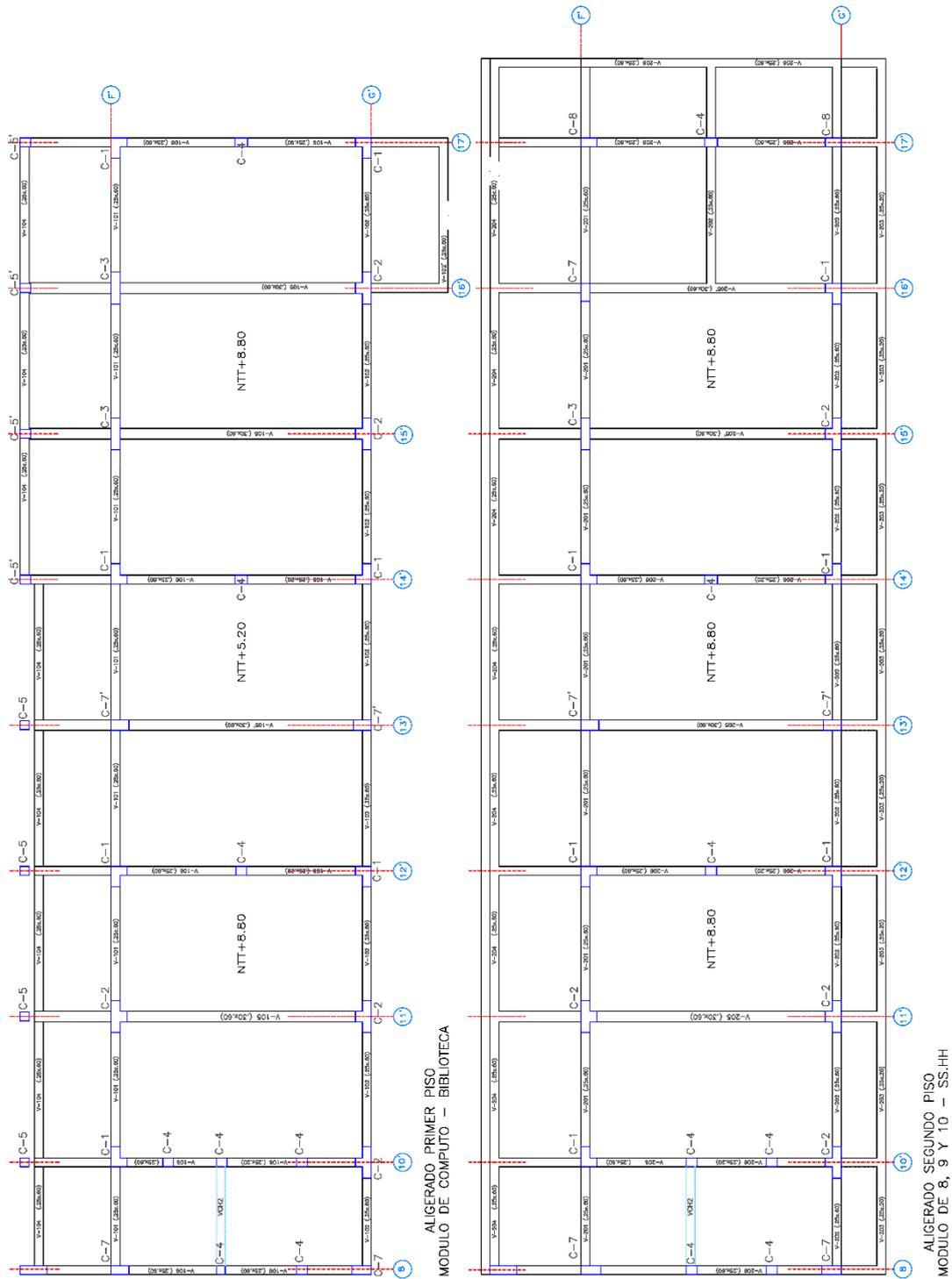
### Anexo 4: Planos de la Institución Educativa N° 5125.

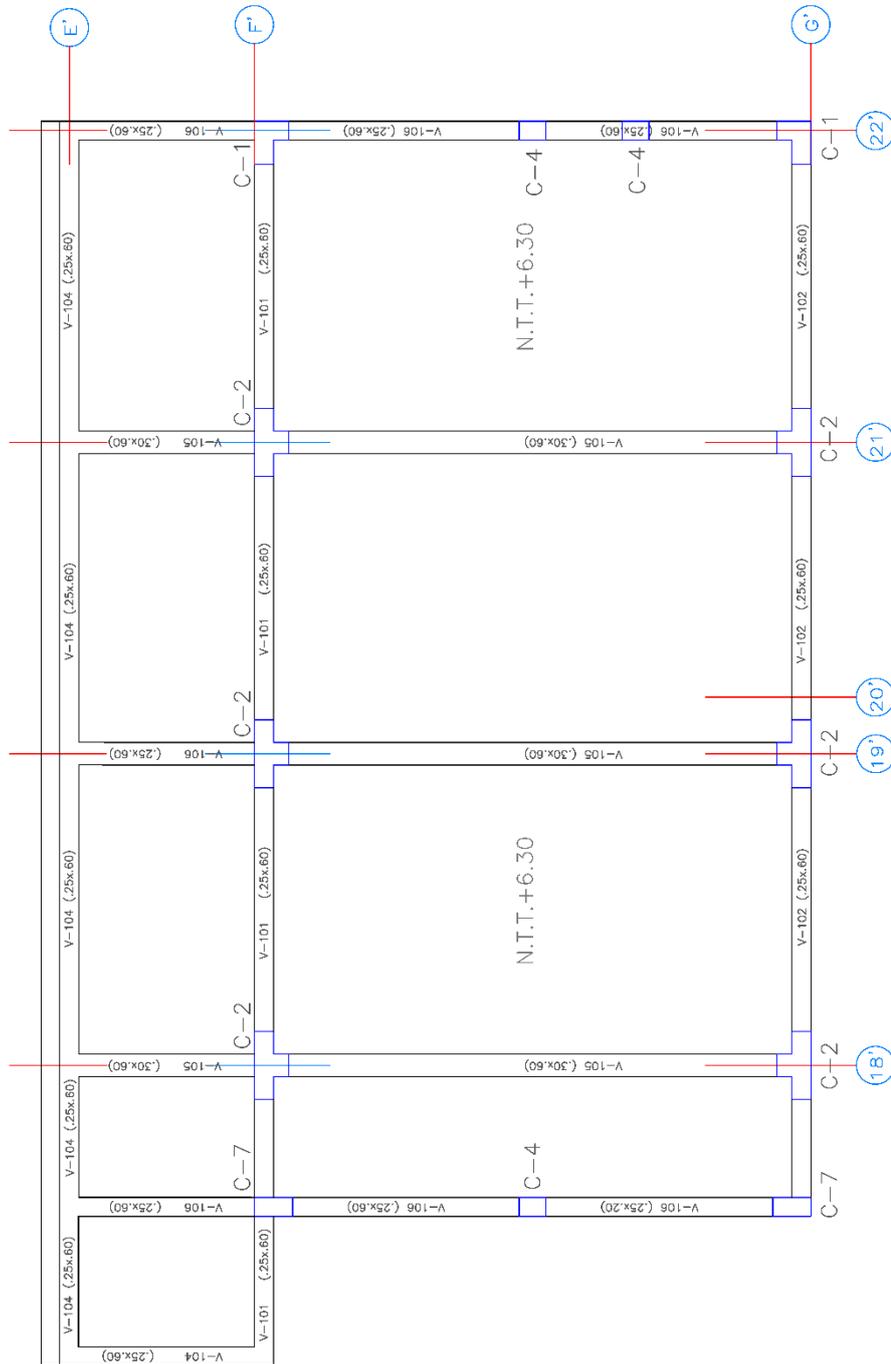




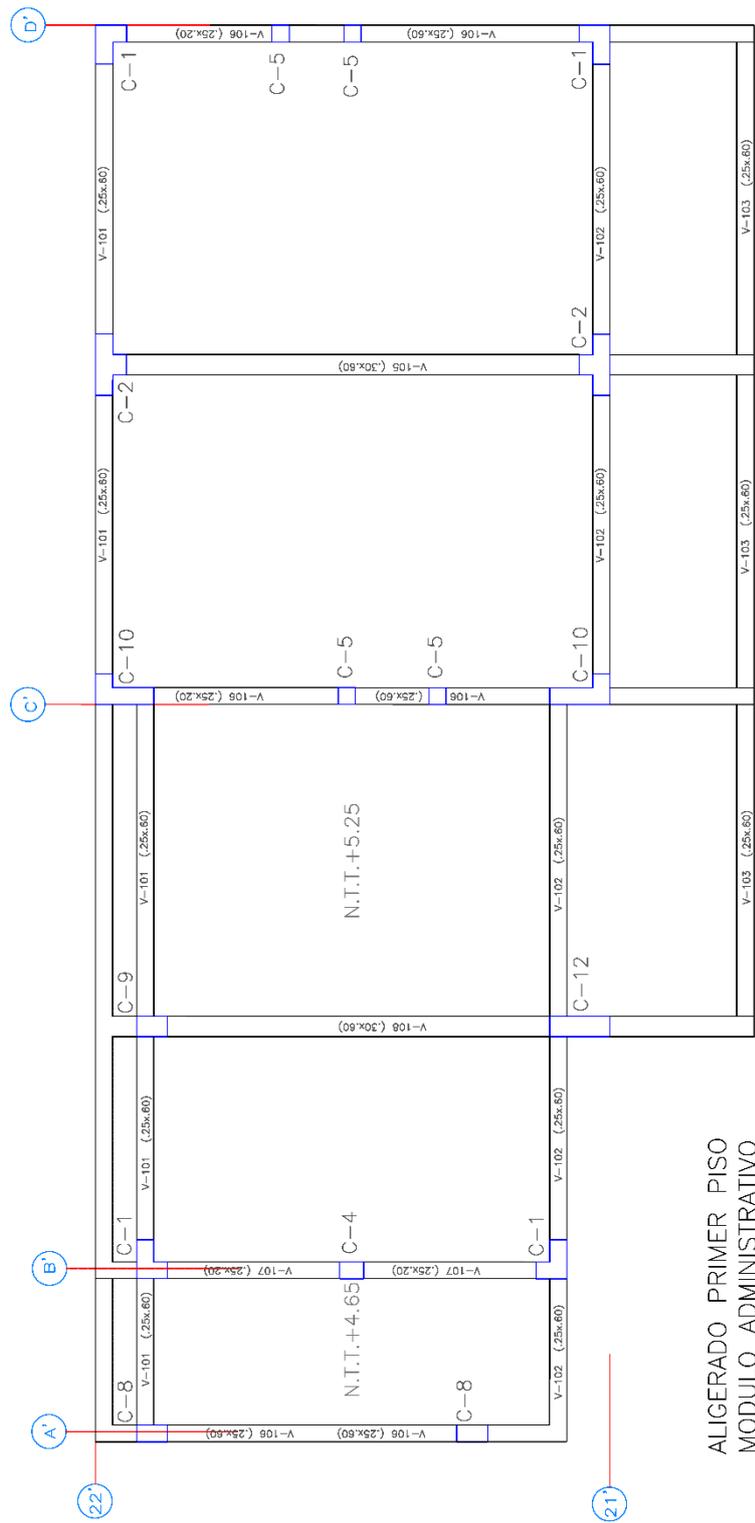








ALIGERADO PRIMER PISO  
MODULO DE LABORATORIO



**Anexo 5: Informe de Estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación.**

**GECAT**  
INGENIERIA S.A.C.

*Consultoría e Ingeniería*

**RIESGO SÍSMICO Y MEDIDAS  
DE MITIGACIÓN EN LA  
INSTITUCIÓN EDUCATIVA N°  
5125 EN EL DISTRITO DE  
VENTANILLA, 2023, DIST.  
VENTANILLA-CALLAO.**

*Especializada en  
Proyectos civiles,  
Medio Ambiente  
y Minería*

*CHRISTIAN TOMAS  
GUERRERO CARDENAS  
Ingeniero Civil  
CIP 102343*

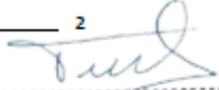
Solicitante: Srta. Gladys Jennifer Tito Paredes	
RIESGO SÍSMICO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N° 5125 EN EL DISTRITO DE VENTANILLA, 2023.	ELABORADO POR: GECAT INGENIERIA SAC

## ÍNDICE

I. RESUMEN.....	6
II. CUADRO: HOJA RESUMEN DE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN .....	8
<b>1. GENERALIDADES</b> .....	<b>10</b>
1.1. Objetivo del estudio .....	10
1.2. Normatividad.....	10
1.3. Ubicación y descripción del área en estudio .....	11
1.4. Características del Proyecto.....	12
<b>2. GEOLOGÍA Y SISMICIDAD DEL ÁREA EN ESTUDIO</b> .....	<b>12</b>
2.1. Geología .....	12
2.2. Sismicidad.....	13
<b>3. INVESTIGACIÓN DE CAMPO</b> .....	<b>19</b>
3.1. Excavaciones.....	19
<b>4. CIMENTACIONES DE LAS ESTRUCTURAS A TOMAR EN CUENTA PARA LA VERIFICACIÓN DEL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA</b> .....	<b>23</b>
<b>5. ENSAYOS DE LABORATORIO</b> .....	<b>23</b>
5.1. Ensayos estándar.....	23
5.2. Ensayo de corte directo Bajo Condiciones Drenadas .....	26
5.3 Ensayo de Carga Puntual.....	26
<b>6. PERFILES ESTRATIGRÁFICOS</b> .....	<b>28</b>
6.1. Perfiles unidimensionales .....	28
6.2. Conformación del subsuelo .....	28
<b>7. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN</b> .....	<b>29</b>
7.1. Características Para Construir.....	29
7.2. Tipo de cimentación.....	29
7.3. Profundidad de Cimentación.....	29
7.4. Cálculo de la Capacidad Portante Admisible.....	29
7.5. Cálculo y análisis de la capacidad admisible de carga .....	31
7.6. Cálculo de asentamientos.....	33
7.7. Resultados de cálculo de capacidad portante admisible y asentamientos .....	36
7.8. Cálculo de coeficiente de Balasto.....	38
7.9. Empujes Laterales (Coeficientes en reposo, activo y pasivo).....	41

Av. Héroes del Alto Cenepa Mz. A lote 06 – Comas - Lima  
Teléfono: Cel.:949704705  
E-mail: christiantgc1989@gmail.com

2

  
CHRISTIAN TOMAS  
GUERRERO CARDENAS  
Ingeniero Civil  
CIP N° 238805

Solicitante: Srta. Gladys Jennifer Tito Paredes	
RIESGO SÍSMICO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N° 5125 EN EL DISTRITO DE VENTANILLA, 2023.	ELABORADO POR: GECAT INGENIERÍA SAC

<b>8. AGRESIÓN QUÍMICA DE SUELO Y AGUA</b> .....	<b>42</b>
8.1. Agresión del suelo al concreto de la cimentación.....	42
<b>9. PROBLEMAS ESPECIALES DE SUELO</b> .....	<b>45</b>
9.1. Suelos colapsables.....	45
9.2. Expansión de suelos.....	46
9.3. Licuación de suelos .....	47
<b>10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>48</b>
<b>11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>51</b>

### III. ANEXOS

**Anexo I:** Registro de los Puntos de Investigación

**Anexo II:** Ensayos de Laboratorio

**Anexo III:** Registro Fotográfico

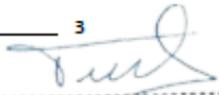
**Anexo IV:** Análisis Geotécnico

**Anexo V:** Planos

**Anexo VI:** Certificado de Calibración de Equipos de Laboratorio

Av. Héroes del Alto Cenepa Mz. A lote 06 – Comas - Lima  
Teléfono: Cel.:949704705  
E-mail: christiantgc1989@gmail.com

3



CHRISTIAN TOMAS  
GUERRERO CARDENAS  
Ingeniero Civil  
CIP N° 238805

Solicitante: Srta. Gladys Jennifer Tito Paredes	
RIESGO SÍSMICO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N° 5125 EN EL DISTRITO DE VENTANILLA, 2023.	ELABORADO POR: GECAT INGENIERÍA SAC

## I. RESUMEN

A cargo del Srta. Gladys Jennifer Tito Paredes - DNI 60882712, ha solicitado a la empresa GECAT INGENIERÍA S.A.C realizar el estudio denominado "RIESGO SÍSMICO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N° 5125 EN EL DISTRITO DE VENTANILLA, 2023, con la finalidad de proyectar el Riesgo Sísmico y medidas de mitigación.

a)

- Solicitante: Srta. Gladys Jennifer Tito Paredes
- Dirección: Dist. Ventanilla, Prov. Callao y Dpto. Callao.
- Ubicación Geográfica: Latitud: 11°49'54.14"S, Longitud: 77° 8'23.34"O
- Número de Puntos a de Investigación Ejecutados: 5 Puntos

b)

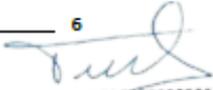
- Presencia de Nivel Freático: No Presenta – No se Registra hasta 3.00 m de profundidad.

c)

- Tipo de Suelo Encontrado: Relleno, Arena pobremente gradada con limo (SP-SM) y Roca Fracturada.
- Tipo de Suelo Predominante: Arena pobremente gradada con limo (SP-SM) y Roca Fracturada.
- Suelo en el que se propone efectuar las cimentaciones: Arena pobremente gradada con limo (SP-SM) y Roca Fracturada.

Av. Héroes del Alto Cenepa Mz. A lote 05 – Comas - Lima  
Teléfono: Cel.:949704705  
E-mail: christianhg1989@gmail.com

6



CHRISTIAN TOMAS  
GUERRERO CARDENAS  
Ingeniero Civil  
CIP N° 238605

Solicitante: Srta. Gladys Jennifer Tito Paredes	
RIESGO SÍSMICO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N° 5125 EN EL DISTRITO DE VENTANILLA, 2023.	ELABORADO POR: GECAT INGENIERIA SAC

d)

- Tipo de Cimentación: En base al perfil estratigráfico de excavaciones presentado en el informe, la zona de estudio donde se evidencia construcciones existentes, cimentaciones tipo zapatas aisladas y cimientos corridos.

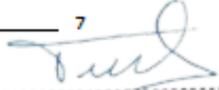
e)

- Capacidad Portante del Terreno (kg/cm<sup>2</sup>):  
El nivel de cimentación recomendado para la zona de estudio, no debe ser menor a 1.50 m (Df≥1.50 m), con fin de que la cimentación repose sobre el estrato conformado por Arena pobremente gradada con limo (SP-SM), la cual le corresponden una capacidad portante admisible mínima de 2.22 kg/cm<sup>2</sup>.  
El nivel de cimentación recomendado para la zona de estudio, no debe ser menor a 1.20 m (Df≥1.20 m), con fin de que la cimentación repose sobre el estrato conformado por Roca fracturada, la cual le corresponden una capacidad portante admisible mínima de 8.00 kg/cm<sup>2</sup>.

f)

- Existencia de condiciones especiales de cimentación:
  - Licuación: No existe
  - Colapso: No existe
  - Expansión: No existe
- Agresividad del suelo a la cimentación:
  - Tipo de agresión por sulfatos: Severa
  - Tipo de agresión por cloruros: No agresión.
  - Tipo de agresión por sales solubles: No agresión.
- Tipo de cemento recomendado en la zona de estudio:
  - Tipo V

Av. Héroes del Alto Cenepa Mz. A lote 06 – Comas - Lima  
Teléfono: Cel.:949704705  
E-mail: christiantgc1989@gmail.com

7  
  
CHRISTIAN TOMAS  
GUERRERO CARDENAS  
Ingeniero Civil  
CIP N° 238805

Solicitante: Srta. Gladys Jennifer Tito Paredes	
RIESGO SÍSMICO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N° 5125 EN EL DISTRITO DE VENTANILLA, 2023.	ELABORADO POR: GECAT INGENIERÍA SAC

## II. CUADRO: HOJA RESUMEN DE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN

### ANEXO I. NTE E050

#### FORMATO OBLIGATORIO DE LA HOJA DE RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN

#### RIESGO SÍSMICO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N° 5125 EN EL DISTRITO DE VENTANILLA, 2023.

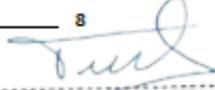
De conformidad con la Norma Técnica E.050 "Suelos Y Cimentaciones" la siguiente información deberá transcribirse literalmente en los planos de cimentación.

Esta información no es limitativa, deberá cumplir con todo lo especificado en el presente Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) y con el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN			
PROFESIONAL RESPONSABLE	Christian Tomás Guerrero Cárdenas	ING.CIVIL CIP	238605
TIPO DE CIMENTACIÓN	Zapatas aisladas y cimientos corrido.		
ESTRATO DE APOYO DE LA CIMENTACIÓN	Arena pobremente gradada con limo (SP-SM). / Roca fracturada a roca maciza.		
PROFUNDIDAD DE LA NAPA FREÁTICA	No se presenta – No se registra hasta 3.00 m de profundidad	FECHA	21 de diciembre del 2023
PARÁMETROS DE DISEÑO PARA LA CIMENTACIÓN			
Profundidad de la cimentación:	Df=1.50m, sobre Arena pobremente gradada con limo.		
Presión admisible zapatas aisladas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zapata cuadrada (2.00 m x 2.00 m): 2.42 kg/cm<sup>2</sup>.</li> <li>• Zapata rectangular (1.50 m x 1.80 m): 2.24 kg/cm<sup>2</sup>.</li> <li>• Cimiento Corrido (0.60 m x 10.00 m): 1.04 Kg/cm<sup>2</sup>.</li> </ul>		

Av. Héroes del Alto Cenepa Mz. A lote 05 – Comas - Lima  
Teléfono: Cel.:949704705  
E-mail: christiantgc1989@gmail.com

8



CHRISTIAN TOMÁS  
GUERRERO CÁRDENAS  
Ingeniero Civil  
CIP N° 238605

Solicitante: Srta. Gladys Jennifer Tito Paredes	
RIESGO SÍSMICO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N° 5125 EN EL DISTRITO DE VENTANILLA, 2023.	ELABORADO POR: GECAT INGENIERÍA SAC

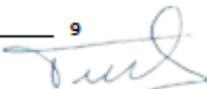
RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN		
Factor de seguridad estático	3.0	
Factor de seguridad dinámico	2.5	
Asentamiento Diferencial Máximo Permisible	Si (máx.): 2.54 cm	
PARÁMETRO SÍSMICOS DEL SUELO (De acuerdo con la Norma E.030)		
Tipo de suelo según E.030	S <sub>2</sub> (Suelos intermedios)	S <sub>1</sub> (Suelos Rígidios)
Factor de Zona (Z)	0.45	0.45
Factor de Suelo (S)	1.05	1.00
Periodo Predominante T <sub>p</sub> (s)	0.60	0.40
Periodo Predominante T <sub>L</sub> (s)	2.00	2.50
AGRESIVIDAD DEL SUELO O A LA CIMENTACIÓN		
Tipo de agresión por sulfatos	Severa.	
Tipo de agresión por cloruros	No agresión.	
Tipo de agresión por sales solubles	No agresión.	
Tipo de Cemento	Cemento Portland Tipo V	
AGRESIVIDAD DEL SUELO O A LA CIMENTACIÓN		
Licuaación:	No	
Colapso:	No	
Expansión:	No	

Lima, 21 de diciembre del 2023.

Christian Tomás Guerrero Cárdenas  
Ingeniero Civil, CIP: 238605

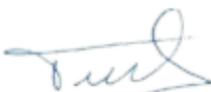
Av. Héroes del Alto Cenepa Mz. A lote 06 – Comas - Lima  
Teléfono: Cel.:949704705  
E-mail: christianlgc1989@gmail.com

9



CHRISTIAN TOMÁS  
GUERRERO CÁRDENAS  
Ingeniero Civil  
CIP N° 238605

## ***ANEXOS I\_REGISTROS ESTRATIGRAFICOS***

  
-----  
CHRISTIAN TOMAS  
GUERRERO CARDENAS  
Ingeniero Civil  
CIP N° 238605

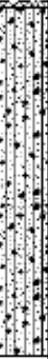
**GECAT INGENIERÍA S.A.C**

*Consultoría de Ingeniería*  
*Geotecnia, Topografía, Pavimentos, Proyectos*

**REGISTRO ESTRATIGRÁFICO**

Solicitado : Srta. Gladys Jennifer Tito Paredes  
 Proyecto : Riesgo sísmico y medidas de mitigación en la Institución Educativa N° 5125 en el distrito de Ventanilla  
 : 2023  
 Ubicación : Ventanilla, Callao  
 Fecha : 21 de diciembre del 2023  
 Realizado : C.G.C. Profundidad : 3.00m  
 Cota : Nivel Freático : No presenta

**CALICATA : C-1**

Profundidad (m)	Espesor (m)	Muestra	Clasificación SUCS	Simbolo	Humedad (%)	Peso Volum. (g/cm <sup>3</sup> )	Descripción del Material
1.80	1.80	S/M	Relleno				<p>Relleno contaminado conformado por Arena pobremente gradada con limo de color beige, seco, no plástica, compacidad medianamente densa, con presencia de cascotes, ladrillos, plásticos, palos y raíces.</p>
3.00	1.20	M-1	SP-SM		1.9		<p>Arena pobremente gradada con limo de color beige, seco, no plástica, compacidad medianamente densa a densa. Con 92.9% de arenas y 7.1% de finos.</p>
							<p>Nota: Se infiere continua en profundidad y en compacidad según la geología de la zona.</p>

  
 CHRISTIAN TOMAS  
 GUERRERO CABREJAS  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 238605

**GECAT INGENIERÍA S.A.C**

*Consultoría de Ingeniería*  
*Geotecnia, Topografía, Pavimentos, Proyectos*

**REGISTRO ESTRATIGRÁFICO**

Solicitado : Srta. Gladys Jennifer Tito Paredes

Proyecto : Riesgo sísmico y medidas de mitigación en la Institución Educativa N° 5125 en el distrito de Ventanilla  
: 2023

Ubicación : Ventanilla, Callao

Fecha : 21 de diciembre del 2023

Realizado : C.G.C.

Profundidad : 3.00m

Cota : -

Nivel Freático : No presenta

**CALICATA :** **C-2**

Profundidad (m)	Espesor (m)	Muestra	Clasificación SUCS	Simbolo	Humedad (%)	Peso Volum. (g/cm <sup>3</sup> )	Descripción del Material
2.00	2.00	S/M	Relleno				Relleno contaminado conformado por Arena pobremente gradada con limo de color beige, seco, no plástica, compacidad suelta a medianamente densa, con presencia de cascotes, ladrillos, plásticos, palos y raíces.
3.00	1.00	M-1	SP-SM		1.3		Arena pobremente gradada con limo de color beige, seco, no plástica, compacidad medianamente densa a densa. Con 90.8% de arenas y 9.2% de finos.
							Nota: Se infiere continua en profundidad y en compacidad según la geología de la zona.

  
CHRISTIAN TOMÁS  
GUERRERO CARDENAS  
Ingeniero Civil  
CIP N° 238605

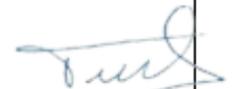
**GECAT INGENIERÍA S.A.C**

*Consultoría de Ingeniería*  
*Geotecnia, Topografía, Pavimentos, Proyectos*

**REGISTRO ESTRATIGRÁFICO**

Solicitado : Srta. Gladys Jennifer Tito Paredes  
 Proyecto : Riesgo sísmico y medidas de mitigación en la Institución Educativa N° 5125 en el distrito de Ventanilla  
 : 2023  
 Ubicación : Ventanilla, Callao  
 Fecha : 21 de diciembre del 2023  
 Realizado : C.G.C. Profundidad : 2.00m  
 Cota : Nivel Freático : No presenta **CALICATA : C-3**

Profundidad (m)	Espesor (m)	Muestra	Clasificación SUCS	Símbolo	Humedad (%)	Peso Volum. (g/cm <sup>3</sup> )	Descripción del Material
1.90	1.90	S/M	Relleno				Relleno contaminado conformado por Arena pobremente gradada con limo de color beige, seco, no plástica, compacidad medianamente densa, con presencia de cascotes, ladrillos, plásticos, palos y raíces.
2.00	0.10	M-1	Roca				Roca fracturada a roca maciza.
							Nota: Se infiere continua en profundidad y en compacidad según la geología de la zona.

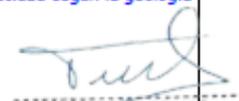
  
 CHRISTIAN TOMAS  
 GUERRERO CARDENAS  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 238605

**GECAT INGENIERÍA S.A.C** *Consultoría de Ingeniería*  
*Geotecnia, Topografía, Pavimentos, Proyectos*

**REGISTRO ESTRATIGRÁFICO**

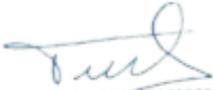
Solicitado : Srta. Gladys Jennifer Tito Paredes  
 Proyecto : Riesgo sísmico y medidas de mitigación en la Institución Educativa N° 5125 en el distrito de Ventanilla  
 : 2023  
 Ubicación : Ventanilla, Callao  
 Fecha : 21 de diciembre del 2023  
 Realizado : C.G.C. Profundidad : 1.50m  
 Cota : Nivel Freático : No presenta **CALICATA : C-4**

Profundidad (m)	Espesor (m)	Muestra	Clasificación SUCS	Símbolo	Humedad (%)	Peso Volum. (g/cm <sup>3</sup> )	Descripción del Material
1.30	1.30	S/M	Relleno				Relleno contaminado conformado por Arena pobremente gradada con limo de color beige, seco, no plástica, compacidad medianamente densa, con presencia de bolsas aisladas y plásticos.
1.50	0.20	M-1	Roca				Roca fracturada a roca maciza.
							Nota: Se infiere continua en profundidad y en compacidad según la geología de la zona.

  
 CHRISTIAN TOMÁS  
 GUERRERO CARDENAS  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 238605



## ***ANEXO III\_REGISTRO FOTOGRÁFICO***

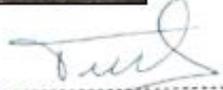
  
-----  
CHRISTIAN TOMAS  
GUERRERO CARDENAS  
Ingeniero Civil  
CIP N° 238605



**FOTO N° 1:** Vista panorámica exterior de la excavación a cielo abierto denominado calicata C-1.



**FOTO N° 2:** Otra vista panorámica exterior de la excavación a cielo abierto denominado calicata C-1.

  
CHRISTIAN TOMAS  
GUERRERO CARDENAS  
Ingeniero Civil  
CIP N° 238805



**FOTO N° 3:** Vista interior de la calicata C-1 donde se muestra el proceso de excavación y el perfil estratigráfico del subsuelo.



**FOTO N° 4:** Vista interior de la calicata C-1 donde se muestra el perfil estratigráfico del subsuelo. Se alcanzó una profundidad de exploración de 3.00m. No se encontró la presencia de nivel freático a dicha profundidad.

*Christian Tomás Guerrero Cardenas*  
CHRISTIAN TOMAS  
GUERRERO CARDENAS  
Ingeniero Civil  
CIP N° 238605

**GECAT INGENIERIA SAC**  
Mecánica de Suelos y Geotecnia  
Estudios de Mecánica de Suelos y Geotecnia

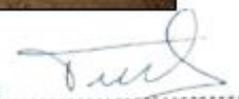
Av. Héroes del Año Cenepa, Mz. A lote 6 Comas - Lima



**FOTO N° 5:** Vista panorámica exterior de la excavación a cielo abierto denominado calicata C-2.



**FOTO N° 6:** Otra vista panorámica exterior de la excavación a cielo abierto denominado calicata C-2.

  
CHRISTIAN TOMAS  
GUERRERO CARDENAS  
Ingeniero Civil  
CIP N° 238805

**GECAT INGENIERÍA SAC**  
Mecánica de Suelos y Geotecnia  
Estudios de Mecánica de Suelos y Geotecnia

Av. Héroes del Alto Cenepa, Mz. A lote 6 Comas - Lima



**FOTO N° 7:** Vista interior de la calicata C-2 donde se muestra el proceso de excavación y el perfil estratigráfico del subsuelo.



**FOTO N° 8:** Vista interior de la calicata C-2 donde se muestra el perfil estratigráfico del subsuelo. Se alcanzó una profundidad de exploración de 3.00m. No se encontró la presencia de nivel freático a dicha profundidad.

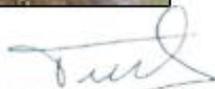
*Christian Tomás Guerrero Cardenas*  
CHRISTIAN TOMÁS  
GUERRERO CARDENAS  
Ingeniero Civil  
CIP N° 238605



**FOTO N° 9:** Vista panorámica exterior de la excavación a cielo abierto denominada calicata C-3.



**FOTO N° 10:** Otra vista panorámica exterior de la excavación a cielo abierto denominada calicata C-3.

  
CHRISTIAN TOMÁS  
GUERRERO CÁRDENAS  
Ingeniero Civil  
CIP N° 238605



**FOTO N° 11:** Vista interior de la calicata C-3 donde se muestra el proceso de excavación y el perfil estratigráfico del subsuelo.



**FOTO N° 12:** Vista interior de la calicata C-3 donde se muestra el perfil estratigráfico del subsuelo. Se alcanzó una profundidad de exploración de 2.00m. No se encontró la presencia de nivel freático a dicha profundidad.

*Christian Tomas Guerrero Cardenas*  
CHRISTIAN TOMAS  
GUERRERO CARDENAS  
Ingeniero Civil  
CIP N° 238605

**GECAT INGENIERÍA SAC**  
Mecánica de Suelos y Geotecnia  
Estudios de Mecánica de Suelos y Geotecnia

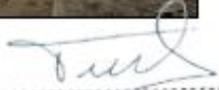
Av. Héroes del Año Cenepa, Mz. A lote 6 Comas - Lima



**FOTO N° 13:** Vista panorámica exterior de la excavación a cielo abierto denominado calicata C-4.



**FOTO N° 14:** Otra vista panorámica exterior de la excavación a cielo abierto denominado calicata C-4.

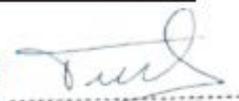
  
CHRISTIAN TOMÁS  
GUERRERO CÁRDENAS  
Ingeniero Civil  
CIP N° 238805



**FOTO N° 15:** Vista interior de la calicata C-4 donde se muestra el proceso de excavación y el perfil estratigráfico del subsuelo.



**FOTO N° 16:** Vista interior de la calicata C-4 donde se muestra el perfil estratigráfico del subsuelo. Se alcanzó una profundidad de exploración de 1.50m. No se encontró la presencia de nivel freático a dicha profundidad.

  
CHRISTIAN TOMAS  
GUERRERO CARDENAS  
Ingeniero Civil  
CIP N° 238605

**GECAT INGENIERIA SAC**  
Mecánica de Suelos y Geotecnia  
Estudios de Mecánica de Suelos y Geotecnia

Av. Héroes del Añfo Cenepa, Mz. A lote 6 Comas - Lima



**FOTO N° 17:** Vista panorámica exterior de la excavación a cielo abierto denominada calicata C-5.



**FOTO N° 18:** Otra vista panorámica exterior de la excavación a cielo abierto denominada calicata C-5.

  
CHRISTIAN TOMÁS  
GUERRERO CARDENAS  
Ingeniero Civil  
CIP N° 238805

**GECAT INGENIERÍA SAC**  
Mecánica de Suelos y Geotecnia  
Estudios de Mecánica de Suelos y Geotecnia

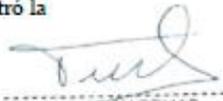
Av. Héroes del Alto Cenepa, Mz. A lote 6 Comas - Lima



**FOTO N° 19:** Vista interior de la calicata C-5 donde se muestra el proceso de excavación y el perfil estratigráfico del subsuelo.



**FOTO N° 20:** Vista interior de la calicata C-5 donde se muestra el perfil estratigráfico del subsuelo. Se alcanzó una profundidad de exploración de 1.50m. No se encontró la presencia de nivel freático a dicha profundidad.

  
CHRISTIAN TOMAS  
GUERRERO CARDENAS  
Ingeniero Civil  
CIP N° 238605

### Anexo 6: Panel Fotográfico







