



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA
MEDIANTE EL MÉTODO DE ÍNDICE DE
VULNERABILIDAD DE LA I.E. N° 055 MARÍA
ISABEL RODRÍGUEZ URRUNAGA CAJAMARCA
2021”

Tesis para optar el título profesional de:
INGENIERO CIVIL

Autores:

Jean Paul Becerra Moro
Guillermo Eduardo Caruanambo Cortez

Asesor:

Mg. Ing. Julio Christian Quesada Llanto

Cajamarca - Perú

2021

DEDICATORIA

A mis padres, hermana, esposa e hijo, ya que con su apoyo constante en diferentes etapas de mi vida fueron construyendo los cimientos de mi vida profesional, fortaleciendo en mí el deseo de superación y responsabilidad, a mis amigos, compañeros y a todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos.

Paul

A Dios, por permitirme cumplir mis metas, por estar presente no solo en esta etapa tan importante de mi vida, sino en todo momento ofreciéndole lo mejor, por brindarme la salud y la vida.

A mis Madre, Maria Felicita Cortez Yupanqui, por brindarme todo su apoyo y amor incondicional.

A mi Esposa, Rosmery Hangal, por ser la hermosa mujer que eres, por estar en mi mundo, por ser la dueña de mis sentimientos y corazón.

Por último, a mis hijos Franco Eduardo y Andre Mariano por ser el motivo principal para poder concluir con éxito todas mis metas.

Eduardo

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Privada del Norte por habernos aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de su seno científico para desarrollar la carrera, a nuestro asesor Ing. Julio Christian Quesada Llanto, por brindarnos la oportunidad de recurrir a su capacidad, conocimiento científico y a su continua guía durante el desarrollo de nuestra tesis.

Eduardo y Paul

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE ECUACIONES	11
RESUMEN	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática.....	13
1.2. Problema	16
1.3. Objetivos	16
1.3.1. Objetivo general.....	16
1.3.2. Objetivos específicos	16
1.4. Hipótesis.....	17
1.5. Marco teórico	17
1.5.1. Antecedentes internacionales.....	17
1.5.2. Antecedentes Nacionales	18
1.6. Bases teóricas	20
1.6.1. Movimiento sísmico.....	20
1.6.2. Riesgo Sísmico.....	21
1.6.3. Vulnerabilidad sísmica.....	21
1.6.4. Vulnerabilidad sísmica en edificaciones.....	22
1.6.5. Cinturón de Fuego del Pacífico.....	22
1.6.6. Zonificación sísmica del Perú.....	23
1.7. Justificación.....	24
1.8. Limitaciones	25
CAPÍTULO II. MÉTODO.....	26
2.1. Tipo de investigación	26
2.2. Población y muestra	26
2.2.1. Población.....	26
2.2.2. Muestra.....	27
2.3. Técnicas e instrumentos y procedimientos de recolección de datos	27
2.3.1. Técnicas	27
2.3.2. Instrumentos.....	28
2.4. Procedimiento.	31

2.4.1.	Recolección de Información	31
2.4.2.	Visita a las instalaciones de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga	31
2.4.3.	Etapas de identificación de los materiales predominantes en la construcción	31
2.4.4.	Medición de elementos estructurales.	32
2.4.5.	Identificación y situación actual de los elementos estructurales.....	33
2.4.6.	Identificación de los elementos no estructurales.....	33
2.4.7.	Método del Índice de Vulnerabilidad de Benedetti y Petrini.....	33
CAPÍTULO III. RESULTADOS		50
3.1.	Clasificación de los once parámetros	50
3.1.1.	Organización del sistema resistente	50
3.1.2.	Calidad del sistema resistente	53
3.1.3.	Resistencia convencional	55
3.1.4.	Posición del edificio y cimentación	75
3.1.5.	Diafragmas horizontales	77
3.1.6.	Configuración en planta	79
3.1.7.	Configuración de la elevación.....	81
3.1.8.	Separación máxima entre muros	82
3.1.9.	Tipo de cubierta	83
3.1.10.	Elementos no estructurales.....	85
3.1.11.	Estado de conservación.....	89
3.2.	Cálculo de I_v de los pabellones	90
3.3.	Vulnerabilidad.....	93
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		94
4.1.	Discusión.....	94
4.2.	Conclusiones	100
4.3.	Recomendaciones.....	102
REFERENCIAS		103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de vulnerabilidad sísmica (Benedetti y Petrini).....	34
Tabla 2. Rango de valores para la determinación de la vulnerabilidad sísmica.....	35
Tabla 3. Clasificación según la organización del sistema resistente.	36
Tabla 4. Clasificación según parámetro de calidad del sistema resistente.	38
Tabla 5. Clasificación para el parámetro de resistencia convencional.....	40
Tabla 6. Clasificación según parámetro de posición del edificio y cimentación.	41
Tabla 7. Clasificación para el parámetro de diafragmas horizontales.	42
Tabla 8. Clasificación para el parámetro de configuración en planta.	43
Tabla 9. Clasificación para el parámetro de configuración de la elevación.....	45
Tabla 10. Clasificación para el parámetro de separación máxima entre muros.	45
Tabla 11. Clasificación para el parámetro de tipo de cubierta.	46
Tabla 12. Clasificación para el parámetro de elementos no estructurales.....	47
Tabla 13. Clasificación para el parámetro de estado de conservación.....	48
Tabla 14. Resumen recolección de datos para el parámetro 1.....	51
Tabla 15. Resumen de clasificación de los pabellones para el parámetro 1.....	52
Tabla 16. Resumen recolección de datos para el parámetro 2.....	53
Tabla 17. Resumen de clasificación de los pabellones para el parámetro 2.....	54
Tabla 18. Datos generales del pabellón A.....	56
Tabla 19. Área de muros portantes del pabellón A.....	57
Tabla 20. Datos calculados para el pabellón A para el parámetro 3.....	58
Tabla 21. Datos generales del pabellón B.....	59
Tabla 22. Área de muros portantes del pabellón B.....	60
Tabla 23. Datos calculados para el pabellón B para el parámetro 3.....	62
Tabla 24. Datos generales del pabellón C.....	62

Tabla 25. Área de muros portantes del pabellón C.....	63
Tabla 26. Datos calculados para el pabellón C para el parámetro 3.....	64
Tabla 27. Datos generales del pabellón D	65
Tabla 28. Área de muros portantes del pabellón D	66
Tabla 29. Datos calculados para el pabellón D para el parámetro 3	68
Tabla 30. Datos generales del pabellón E	68
Tabla 31. Área de muros portantes del pabellón E.....	69
Tabla 32. Datos calculados para el pabellón E para el parámetro 3	71
Tabla 33. Datos generales del pabellón E	71
Tabla 34. Área de muros portantes del pabellón F.....	72
Tabla 35. Datos calculados para el pabellón F para el parámetro 3	73
Tabla 36. Resumen de clasificación de los pabellones para el parámetro 3.....	74
Tabla 37. Resumen recolección de datos para el parámetro 4.....	75
Tabla 38. Resumen de clasificación de los pabellones para el parámetro 4.....	76
Tabla 39. Resumen recolección de datos para el parámetro 5.....	77
Tabla 40. Resumen de clasificación de los pabellones para el parámetro 5.....	78
Tabla 41. Resumen de clasificación de los pabellones para el parámetro 6.....	80
Tabla 42. Resumen de clasificación de los pabellones para el parámetro 7.....	81
Tabla 43. Resumen recolección de datos para el parámetro 8.....	82
Tabla 44. Resumen de clasificación de los pabellones para el parámetro 8.....	82
Tabla 45. Resumen recolección de datos para el parámetro 9.....	83
Tabla 46. Resumen de clasificación de los pabellones para el parámetro 9.....	85
Tabla 47. Resumen recolección de datos para el parámetro 10.....	86
Tabla 48. Resumen de clasificación de los pabellones para el parámetro 10.....	88
Tabla 49. Resumen de clasificación de los pabellones para el parámetro 11.....	89

Tabla 50. Cálculo del índice de vulnerabilidad del pabellón A.....	90
Tabla 51. Cálculo del índice de vulnerabilidad del pabellón B.....	91
Tabla 52. Cálculo del índice de vulnerabilidad del pabellón C.....	91
Tabla 53. Cálculo del índice de vulnerabilidad del pabellón D.....	92
Tabla 54. Cálculo del índice de vulnerabilidad del pabellón E.....	92
Tabla 55. Cálculo del índice de vulnerabilidad del pabellón F.....	93
Tabla 56. Clasificación según el índice de vulnerabilidad de los pabellones.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cinturón de Fuego del Pacífico.....	23
Figura 2. Mapa de zonificación sísmica del Perú.....	24
Figura 3. Fachada de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga.....	26
Figura 4. Plano de distribución. Identificación de pabellones.....	27
Figura 5. Ficha de recolección de datos para la evaluación del índice de vulnerabilidad... 29	
Figura 6. Ficha de recolección de datos para la evaluación del índice de vulnerabilidad... 30	
Figura 7. Visita a la I.E. N°055 María Isabel Rodríguez Urrunaga.	31
Figura 8. Medición de columnas pabellón A de la IE N° 055.....	32
Figura 9. Medición de columnas pabellón F de la IE N° 055.	32
Figura 10. Fisura en parapeto del pabellón B de la IE N° 055.....	33
Figura 11. Clases de configuración en planta.....	43
Figura 12. Tipos de configuración de elevación de una edificación.	44
Figura 13. Línea de tiempo construcción de pabellones de la I.E. N° 055	50
Figura 14. Muro portante no presenta amarre con viga en el pabellón A.	52
Figura 15. Representación porcentual del parámetro 1	53
Figura 16. Ladrillo tipo macizo en los muros (Pabellón B)	54
Figura 17. Representación porcentual del parámetro 2	55
Figura 18. Pabellón A de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga.....	57
Figura 19. Pabellón B de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga	60
Figura 20. Pabellón C de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga	63
Figura 21. Pabellón D de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga.....	66
Figura 22. Pabellón E de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga	69
Figura 23. Pabellón F de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga.....	72
Figura 24. Representación porcentual del parámetro 3	75

Figura 25. Vista posterior del pabellón E, colindancia con el río San Lucas	76
Figura 26. Representación porcentual del parámetro 4	77
Figura 27. Representación porcentual del parámetro 5	78
Figura 28. Representación porcentual del parámetro 6	81
Figura 29. Representación porcentual del parámetro 7	82
Figura 30. Representación porcentual del parámetro 8	83
Figura 31. Cubierta del pabellón A, con calamina y estructura de metal.....	84
Figura 32. Cubierta pabellón D, amarrada y apoyada sobre losa aligerada	84
Figura 33. Representación porcentual del parámetro 9	85
Figura 34. Junta sísmica entre el pabellón A y B inexistente.....	86
Figura 35. Junta sísmica entre el pabellón B y C inexistente	87
Figura 36. Fisura en parapeto del pabellón B	87
Figura 37. Fisura en muro del segundo piso del pabellón C	88
Figura 38. Representación porcentual del parámetro 10	89
Figura 39. Representación porcentual del parámetro 11	90
Figura 40. Índice de vulnerabilidad en la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga ..	94
Figura 41. Porcentaje del Índice de vulnerabilidad (I_v) de los pabellones de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga	95

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Índice de vulnerabilidad	34
Ecuación 2: Coeficiente de resistencia convencional.....	39
Ecuación 3: Cálculo para la variable “ q ”	39
Ecuación 4: Cálculo para la variable “ a_0 ”	39
Ecuación 5: Cálculo para la variable “ y ”	39
Ecuación 6: Coeficiente de resistencia convencional.....	40

RESUMEN

El cinturón de fuego es una región muy propensa a la actividad sísmica y volcánica. El Perú, no es ajeno a esta situación y por lo tanto resulta necesario conocer el índice de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones para tomar acciones preventivas ante posibles movimientos sísmicos.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar el grado de vulnerabilidad sísmica, mediante el método del índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini para la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga de la ciudad de Cajamarca. La metodología mencionada se eligió porque nos permite estimar un índice de vulnerabilidad evaluado en relación de las características de la estructura que más influyen en el comportamiento sísmico, mediante la clasificación de once parámetros registrados a través de una ficha.

Los resultados obtenidos dan a conocer que el 83 por ciento de los pabellones que conforman la institución educativa presentan en promedio una vulnerabilidad baja, por lo cual un eventual sismo ocasionaría daños leves y el 17 por ciento presenta una vulnerabilidad media, por lo que es necesario tomar acciones para mitigar el daño moderado que provocaría un sismo.

Palabras clave: vulnerabilidad sísmica, método de Benedetti y Petrini, estructuras.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La vulnerabilidad sísmica en las construcciones escolares tanto públicas como privadas, han demostrado tener muchas deficiencias en su infraestructura ya sea por la mala práctica de construcción o desconocimiento de la misma. Especialmente son vulnerables durante sismos o terremotos. En las escuelas públicas donde se exige la asistencia obligatoria de niños y adolescentes, las edificaciones escolares se derrumban frecuentemente durante un sismo de intensidad moderada a elevada en el mundo entero, causando numerosas pérdidas de vidas humanas y económicas.

Aguilar y Mudarra (2018) señalan: “la mayoría de las pérdidas, tanto de vidas como económicas, ocasionadas por terremotos han sido causadas por un deficiente comportamiento sísmico de las estructuras, llegándose muchas veces a colapsos parciales y totales” (p. 18).

En ciudad de México, el 7 y 19 de setiembre del 2017 ocurrieron dos terremotos de 8.2 y 7.1 grados en la escala de Richter con efectos devastadores. La mayoría de los adultos fallecidos se dieron en Cuauhtémoc y Benito Juárez, mientras que niños fallecieron en Tlalpan y Coyoacán, donde 19 de ellos murieron en el colegio Enrique Rébsamen (Allier, 2018, p. 18).

En enero del 2005, durante la conferencia mundial sobre la reducción de desastres Kofii Annan señaló que “no podemos evitar calamidades naturales, pero sí debemos equipar a las personas y a las comunidades para que puedan resistirlas” (Eird, 2005)

Las zonas que más cerca están del Cinturón de Fuego son las que más riesgo corren de sufrir sismos o terremotos, pues descansan sobre las placas tectónicas que

están en constante fricción. Perú integra, junto con Ecuador y Colombia, el Cinturón de Fuego del Pacífico o Anillo de Fuego del Pacífico, es por eso que Perú es un país con un alto potencial de sismos, prueba de ello es el catastrófico sismo del año 1970, el cual duró 45 segundos, y arrasó localidades enteras como Yungay y Ranrahirca, (DW. cuenta Néstor Coral, director en Áncash del Instituto Nacional de Defensa Civil INDECI). Otro acontecimiento desastroso fue el terremoto de Lima el 03 octubre de 1974, con una intensidad máxima de 8 grados en la escala de Richter, que provocó: 252 muertos, 3 mil 600 heridos y pérdidas económicas de alrededor de 2 700 millones de soles. (IGP 2019). El presidente ejecutivo del IGP Dr. Hernando Tavera aclaró que los sismos no matan, simplemente sacuden el suelo con mayor o menor intensidad y que “el peligro está en la informalidad de las construcciones que son de mala calidad y se edifican en zonas vulnerables como los cerros y las riberas de ríos sin ninguna previsión”. (IGP 3 de octubre de 2019).

Frente a estos acontecimientos nuestras autoridades han tomado cartas en el asunto, generando reglamentos y normativas para poder evitar daños a las edificaciones y posibles pérdidas de vidas humanas. Las primeras recomendaciones para el diseño sismorresistente datan del año 1963, y la primera norma peruana se publicó en el año 1977 (NTE-E030 Diseño Sismorresistente), logrando un fuerte incremento en las exigencias de rigidez las cuales se triplicaron. Luego de los terremotos de Arequipa – 2001, Pisco – 2007 y otros, los edificios escolares diseñados con la norma E-030-1977 no presentaron daño, mientras que los edificios educativos diseñados con códigos anteriores sufrieron daño severo y en muchos casos tuvieron que ser demolidos. (SENCICO, Alejandro Muños Peláez, 2020).

A pesar de las nuevas normativas vigentes y los recientes avances tecnológicos, todavía se incurre en deficiencias de diseño y construcción que aumentan la

vulnerabilidad de las edificaciones debido a la mala práctica constructiva y la mala aplicación de la normativa en las infraestructuras de colegios, mercados, universidades y centros hospitalarios. Muestra de ello son los daños que han sufrido las edificaciones en el terremoto ocurridos en Perú en los años de 1996, de una magnitud de 6.4 en la escala de Richter, teniendo como consecuencia miles de infraestructura destruidas.

Según la norma técnica E-030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones 2018, en el capítulo II (peligro sísmico), el territorio nacional se encuentra dividido en cuatro zonas sísmicas, basada en diferentes factores y movimientos sísmicos, donde la región Cajamarca se encuentra dentro de las zonas 2 y 3. (diario El Peruano, diciembre 2018).

La ciudad de Cajamarca se encuentra en la zona sísmica 3 de mayor intensidad y con fenómenos de origen geológico – climático, asociación de factores que generan puntualmente deslizamientos de grandes masas de tierra de acuerdo a un estudio de INDECI y de acuerdo al punto 3.1.4 de su informe (Servicios de emergencia) manifiesta que los lugares de concentración pública el nivel de vulnerabilidad de los servicios de emergencia ante un sismo resultan influenciados por la antigüedad de las edificaciones y la calidad de construcción. (INDECI – PNUD PER/02/051).

En ese sentido, la investigación tiene como objetivo determinar el índice de vulnerabilidad mediante el método de Benedetti y Petrini para determinar la vulnerabilidad sísmica de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga, la cual está situada en la Región, Provincia y Distrito de Cajamarca y según el Reglamento Nacional de Edificaciones y su norma técnica E-030 diseño sismorresistente. Del mismo modo dicha institución educativa ha pasado por diferentes etapas constructivas en diferentes lapsos de tiempo, realizadas por instituciones estatales como el Instituto Nacional de Infraestructura (INFES), la Municipalidad Provincial de Cajamarca

(MPC) y el Gobierno Regional de Cajamarca; privadas como Minera Yanacocha y la misma APAFA de la institución, teniendo en cuenta que en esta última no contó con un asesoramiento profesional o técnico para su construcción.

La I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga actualmente es una institución comprometida con la formación integral de niñas y niños de tres, cuatro y cinco años, contando para ello con 11 aulas, 01 sala para la dirección, 01 sala para profesores, 03 baterías de servicios higiénicos, 01 sala de cómputo, 01 sala de psicomotricidad, 01 auditorio y 01 sala para usos múltiples; motivo por el cual se hace necesaria la evaluación de la vulnerabilidad sísmica con el índice de vulnerabilidad mediante el método de Benedetti y Petrini en todos sus pabellones ante la presencia de un sismo severo y poder determinar así el grado de vulnerabilidad sísmica en el que se encuentra dicha institución educativa.

1.2. Problema

¿Cuál es el grado de vulnerabilidad sísmica mediante el método de índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga Cajamarca 2021?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el grado de vulnerabilidad sísmica mediante el método de índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga Cajamarca 2021.

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar el grado de vulnerabilidad sísmica mediante el método de índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga Cajamarca 2021.

- ✓ Determinar y clasificar los once factores que intervienen en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica, con el método de índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga Cajamarca 2021.
- ✓ Elaborar una ficha de recolección de datos que nos proporcione la información necesaria para poder evaluar los parámetros utilizados en el método de Benedetti y Petrini de la I.E. N°055 María Isabel Rodríguez Urrunaga Cajamarca 2021.

1.4. Hipótesis

La vulnerabilidad sísmica de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga Cajamarca 2021 es baja.

1.5. Marco teórico

Existen muchas investigaciones y tesis relacionadas al estudio de vulnerabilidad sísmica, utilizando la metodología de Benedetti y Petrini de las cuales podemos resaltar:

1.5.1. Antecedentes internacionales

BARRETO (2020) en su tesis “TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL EN LOS BARRIOS SANTA LUCÍA, LOS HÉROES, Y LA URBANIZACIÓN LA ESPERANZA DE LA CIUDAD DE TUNJA”.

Esta investigación nos permitirá tener el conocimiento previo acerca del método italiano de Benedetti-Petrini. Así mismo, da a conocer que las viviendas evaluadas en su mayoría están construidas con mampostería no reforzada lo cual no cumple con las normas vigentes de construcción de Colombia, además de que están construidas sobre suelos con alto grado de permeabilidad y erosión; y que las viviendas no contaron con licencia de

construcción, la suma de todos estos factores en resumen dieron a conocer que las viviendas no poseen capacidades estructurales apropiadas para soportar las fuerzas horizontales generadas por un sismo.

VILLAVICENCIO Y MARCILLO (2019) en su tesis “EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA BASADA EN LOS MÉTODOS BENEDETTI Y PETRINI; FEMA 154 DEL EDIFICIO CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA - UNESUM”.

La investigación elaborada por Villavicencio y Marcillo, nos menciona ya un estudio realizado a una institución educativa, en este caso a los pabellones de la carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Estatal del Sur de Manabí – Ecuador, aplicando el método de Benedetti y Petrini y Fema 154, además de los once parámetros establecidos en el primer método se realizó un ensayo de esclerometría, el cual les permitió determinar la resistencia del concreto en columnas, vigas y losas. El resultado de su investigación estableció que, por medio de la comparación de ambas metodologías, éstas se establecieron un índice de vulnerabilidad baja.

1.5.2. Antecedentes Nacionales

ABANTO Y CARDENAS (2015) en su tesis “DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO EL MÉTODO DE BENEDETTI – PETRINI EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL CENTRO HISTÓRICO DE TRUJILLO, PROVINCIA DE TRUJILLO, REGIÓN LA LIBERTAD.”.

Estudio realizado en el ámbito nacional a dos instituciones educativas como son la I.E. N° 81011 Antonio Raimondi y la I.E. Marcial Acharán y Smith, de

la ciudad de Trujillo, correspondientes a un tipo de sistema estructural. presentando una metodología que valora el nivel de daño que pueden alcanzar ante un eventual sismo, mediante el índice de Benedetti y Petrini. Los resultados obtenidos en esta investigación fueron que ambas instituciones educativas presentan estructuras con vulnerabilidad media baja.

Esta investigación nos servirá para la comparación en los resultados obtenidos.

LAURENTE Y RAMOS (2020) en su tesis “VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL APLICANDO EL MÉTODO ITALIANO PARA ESTIMAR LA SEGURIDAD SÍSMICA EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS EN LA MOLINA”.

Investigación que fomenta la prevención ante probables daños por sismo de dos instituciones educativas situadas en el distrito de La Molina, Lima, la I. E. Mixto La Molina 1278 y Mayor PNP Félix Román Tello Rojas. Hace uso del método italiano de Benedetti y Petrini para decidir la vulnerabilidad sísmica de éstas. Teniendo como resultado que la vulnerabilidad estructural de la I. E. Mixto La Molina 1278 es baja y del colegio Mayor PNP Félix Román Tello Rojas es media.

AGUILAR Y MUDARRA (2018) en su tesis “EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA MEDIANTE EL MÉTODO DE ÍNDICE DE VULNERABILIDAD DE LA I.E. LICEO TRUJILLO-2018”.

Este estudio permitió determinar la vulnerabilidad sísmica por medio del método de índice de vulnerabilidad de Benedetti & Petrini para la I. E. Liceo Trujillo, se estableció los once parámetros para su calificación, a partir de los cuales se concluyó que los bloques de mayor antigüedad de construcción,

tienen una vulnerabilidad media – alta y los bloques relativamente modernos, tienen una vulnerabilidad media – baja, También se realizó el análisis con el programa Etabs, mediante el cual se evidenció deficiencias en el diseño y la calidad de la construcción en comparación a la norma E-030.

GIRON Y CARRASCO (2019) en su tesis “VULNERABILIDAD SÍSMICA MEDIANTE EL MÉTODO DE ÍNDICE DE VULNERABILIDAD DEL INSTITUTO PEDAGÓGICO VÍCTOR ANDRÉS BELAUNDE, JAÉN, CAJAMARCA-2019”.

Esta investigación consistió en determinar el índice de vulnerabilidad sísmica mediante el método Benedetti-Petrini del Instituto Superior Pedagógico Víctor Andrés Belaunde, en la fase de campo se hizo inspecciones visuales a los ambientes de cada módulo. Los resultados obtenidos indican que dos módulos tienen un índice de vulnerabilidad sísmica media y un módulo presenta un índice de vulnerabilidad baja.

1.6. Bases teóricas

1.6.1. Movimiento sísmico

Según INDECI, define a los movimientos sísmicos como fenómenos que representan la liberación de energía interna de la tierra, mediante la ruptura de las capas de corteza y que se manifiesta como movimientos ondulatorios que pueden llegar a alcanzar magnitudes variadas. Cuando los movimientos sísmicos alcanzan intensidades mayores cobran la denominación de terremotos. Cuando son leves, se les denomina temblores, en ese concepto, las edificaciones se encuentran en peligro por estos movimientos de la corteza terrestre.

1.6.2. Riesgo Sísmico

Se entiende por riesgo sísmico, el grado de pérdidas esperadas que sufren las estructuras durante el lapso de tiempo que permanecen expuestas a la acción sísmica. A dicho lapso de tiempo se le denomina periodo de exposición o período de vida útil de la estructura. Por otra parte, la mitigación de los desastres, en el ámbito de la ingeniería, corresponde a la totalidad de las acciones que tienen como objetivo la mejora del comportamiento sísmico de los edificios de una zona, a fin de reducir los costos de los daños esperados durante el terremoto (Barbat, 1998). Así, es evidente que, para mitigar el riesgo sísmico de una zona, es necesario disminuir la amenaza, la vulnerabilidad y el costo de reparación de las estructuras afectadas. (Aguilar & Mudarra, 2018, p 26)

1.6.3. Vulnerabilidad sísmica

Según Vizconde (2004) define a la vulnerabilidad sísmica como “el nivel de perjuicio que sufre la estructura de un edificio debido a un movimiento o sacudida de determinadas características. Sin embargo, Abanto y Cárdenas (2015), se hace mención que la vulnerabilidad sísmica es definida por el grado de daño causado a una estructura por un evento telúrico del terreno a una intensidad determinada.

Según Vargas (2019), existen tres clases de vulnerabilidad sísmica:

Vulnerabilidad estructural: es el posible debilitamiento de elementos estructurales (columnas, vigas, losas o placas) a causa de un movimiento telúrico.

Vulnerabilidad no estructural: es el posible debilitamiento o desprendimiento a sistemas arquitectónicos, mecánicos, sanitarios y eléctricos de una la edificación, de manera que puedan ocasionar accidentes a sus habitantes.

Vulnerabilidad funcional: son los posibles daños a elementos que hacen funcional a la edificación, ya que, incluso cuando esta quede en pie, requiere ser reforzada en su estructura antes de un nuevo sismo. (Laurente, Ramos & Bienvenido, 2020, p 36)

1.6.4. Vulnerabilidad sísmica en edificaciones

En el caso de los fenómenos sísmicos, la vulnerabilidad de una estructura se define como el grado de daño que resulta por la ocurrencia de un movimiento sísmico del terreno de una intensidad dada. La función de vulnerabilidad de una estructura es aquella que describe gráfica o matemáticamente su vulnerabilidad para varias intensidades del movimiento del terreno. Estas intensidades son expresadas, preferiblemente, por valores de algún parámetro físico, como la aceleración máxima del terreno o uno de los grados en cualquier escala macro sísmica (Giraldo, 2018).

1.6.5. Cinturón de Fuego del Pacífico

Según Martínez (2015), el planeta se emplaza sobre un conjunto de placas tectónicas en constante movimiento relativo, cuyas fricciones acumulan gran cantidad de energía, que al ser liberada bruscamente provocan más del 90% de las catástrofes naturales provocadas por sismos, tsunamis y erupciones volcánicas de todo el planeta.

El cinturón de Fuego del Pacífico o conocido también como Cinturón Circumpacífico, es un conjunto de fronteras de placas tectónicas ubicado en el océano Pacífico, las cuales están en permanente fricción y por ende acumulando tensión. Además, la zona concentra actividad volcánica constante. En esta zona las placas de la corteza terrestre se hunden a gran velocidad (varios centímetros por año) y a la vez acumulan enormes tensiones que deben liberarse en forma de sismos. Se extiende sobre 40,000 km y tiene forma de una herradura como se muestra en la Figura 1, posee 452 volcanes y concentra más del 75% de los volcanes activos e inactivos del mundo. El 90% de los terremotos del mundo y el 80% de los más grandes del mundo se producen en esta zona.

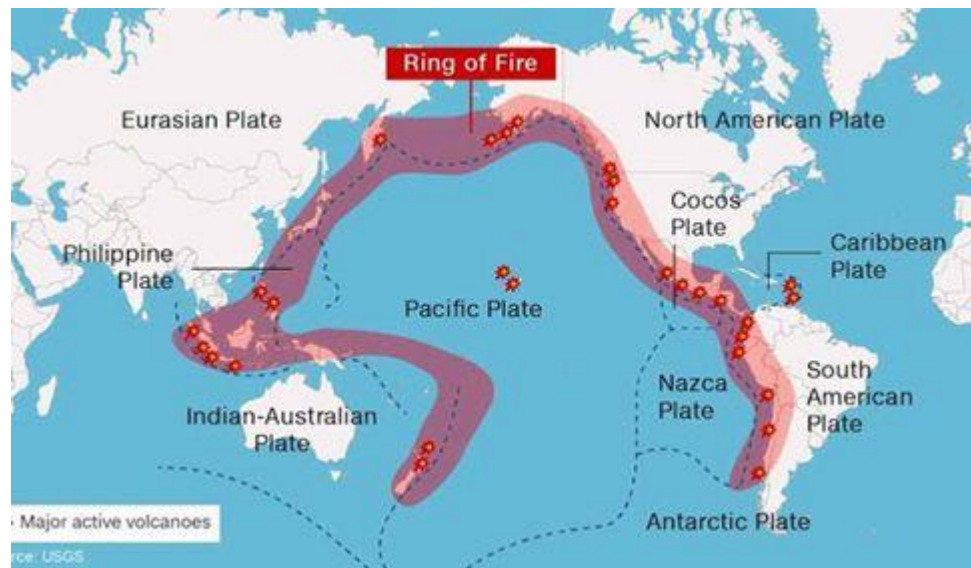


Figura 1. Cinturón de Fuego del Pacífico
Fuente. Diario La República, edición digital (12 de Abril 2020)

1.6.6. Zonificación sísmica del Perú

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma Técnica E.030 - Diseño Sismorresistente, clasifica al Perú en cuatro zonas sísmicas y a cada zona se le asigna un factor Z según se indica la figura 2. La zonificación

mostrada en el reglamento se fundamenta en la distribución espacial de la sismicidad observada, las tipologías generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica.

La ciudad de Cajamarca se encuentra ubicada en la zona sísmica 3.
(Norma E.030, 2018)



Figura 2. Mapa de zonificación sísmica del Perú.
Fuente: Norma E030. Diseño sismorresistente (2018)

1.7. Justificación

Es importante la presente investigación y se justifica, porque dará a conocer el grado de vulnerabilidad de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga Cajamarca 2021 en toda su infraestructura, ya que la ciudad de Cajamarca se encuentra en una zona de peligro sísmico con características geológicas y de suelos que podrían

amplificar los efectos de un sismo. Según la microzonificación realizada por INDECI, a Cajamarca se le considera como una zona de silencio sísmico.

Dado que la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga se encuentra ubicada en una zona de alta sismicidad y es frecuentado diariamente por gran cantidad de alumnos, es necesario evaluar y determinar el grado de vulnerabilidad al que está expuesta.

Para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica, se tendrán en cuenta los elementos estructurales y no estructurales. En consecuencia, la información que genere el estudio podrá ser de utilidad para proponer una mejora en el comportamiento sísmico de la edificación de ser necesaria y poder prevenir efectos que causen pérdidas de vidas humanas y económicas.

1.8. Limitaciones

La principal limitación que se ha tenido en nuestra investigación es debido a que se ha realizado la construcción de los diferentes pabellones por etapas, motivo por el cual la Dirección sólo nos ha proporcionado documentación relacionada al “Pabellón B” tan sólo con sus especificaciones técnicas; y planos de construcción del “Pabellón F”; por lo tanto, no se ha tenido acceso a los expedientes técnicos completos de los pabellones construidos en la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga. Asimismo, recordar que nos encontramos en medio la emergencia nacional decretada por el Estado debido a la pandemia del Covid-19,

CAPÍTULO II. MÉTODO

2.1. Tipo de investigación

La investigación por la orientación es de tipo aplicada, dado a que está enfocada a resolver problemas de la actualidad previniendo con su estudio pérdidas humanas y materiales, por su objetivo es de tipo descriptiva no experimental, debido que se observará y analizará las condiciones estructurales y no estructurales de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga Cajamarca 2021. Por el enfoque es cuantitativa porque se realizan cálculos para establecer valores de otras variables. Por su temporalidad es transversal, ya que se analizará los datos de las variables recopiladas en Cajamarca en el año 2021.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

Está constituida por los seis pabellones (A, B, C, D, E y F) de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga de la ciudad de Cajamarca.



Figura 3. Fachada de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga
Fuente: Elaborada por los autores

2.2.2. Muestra

La muestra es igual a la población, por lo tanto, está constituida por los seis pabellones A, B, C, D, E y F de la I.E. N°055 María Isabel Rodríguez Urrunaga de la ciudad de Cajamarca.

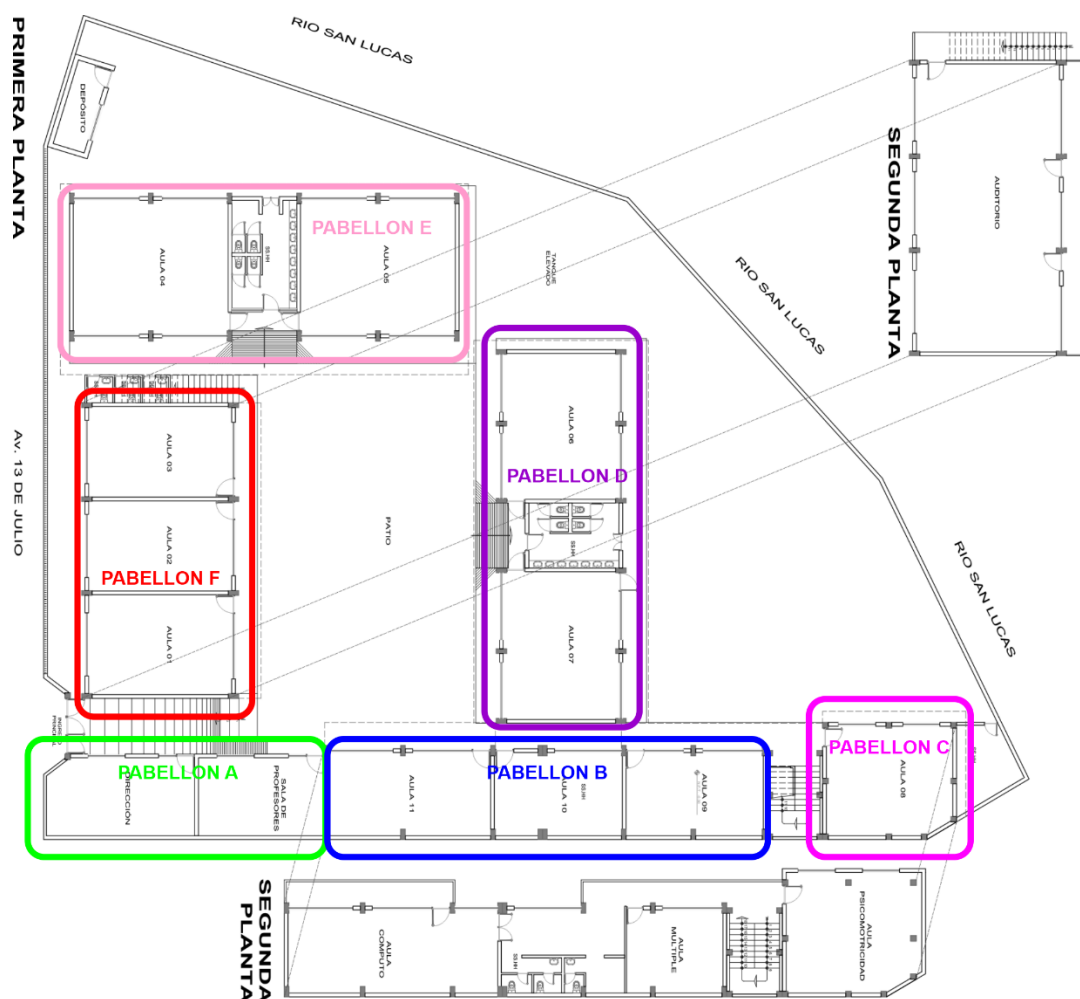


Figura 4. Plano de distribución. Identificación de pabellones
Fuente: Elaborada por los autores

2.3. Técnicas e instrumentos y procedimientos de recolección de datos

2.3.1. Técnicas

a. Observación directa: según Carrasco (2013). “esta técnica nos permite recoger información de forma intencional y objetiva sobre las características y elementos de las unidades de estudio”. Lo cual nos ayudará a tener una visión

general de cómo se encuentra la infraestructura de la I.E. N°055 María Isabel Rodríguez Urrunaga de la ciudad de Cajamarca.


b. Análisis documental: esta técnica nos permitirá basar el problema de investigación a través de la revisión de fuentes escritas como: artículos científicos, tesis, información electrónica y documentos afines al tema de estudio. Así mismo, se hará uso de la información proporcionada por la Dirección de la I.E. N°055 María Isabel Rodríguez Urrunaga Cajamarca 2021, con la finalidad de tener una visión general sobre las dimensiones, elementos estructurales, ambientes, etc.

2.3.2. Instrumentos

a. Cuaderno de notas: mediante el cual se anotó datos relevantes sobre la estructura que se obtengan de la observación directa y del análisis documental referidas al tema de investigación.

b. Ficha de evaluación: documento mediante el cual se evalúa y desarrolla diferentes aspectos correspondientes a los once parámetros propuestos por Benedetti y Petrini para la determinación del índice de vulnerabilidad.

c. Validación del instrumento (Ficha de evaluación): la cual fue adaptada de la investigación de Andres (2020) y evaluada por profesionales pertenecientes al Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED, los cuales mediante una encuesta validaron que las mediciones cualitativas y cuantitativas de cada uno de los parámetros en estudio, son coherentes con los parámetros que proponen Benedetti y Petrini.

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	"EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA MEDIANTE EL MÉTODO DE ÍNDICE DE BENEDETTI Y PETRINI DE LA I.E. N°055 MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ URRUNAGA CAJAMARCA 2021"
---	---

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

PARTE I: DATOS GENERALES							
Ubicación y Propietario							
Departamento	Provincia			Distrito			
Dirección	() Jr.	() Calle	() Av.	() Psje.	Descripción		
Propietario				Mz.			Lt.

PARTE II: CARACTERÍSTICAS DE LA EDIFICACIÓN							
N° pisos	N° ocupantes			Otros			
Tipo de fachada	() Tarrajeo	() Pintura	() Ladrillo	() Cerámica	() Otro:		
Tipo de edificación	() Albañilería	() Adobe	() Madera	() Drywall	() Otro:		
¿La edificación recibió asesoramiento técnico o profesional?				SI	NO		
¿La edificación fue construida según el RNE, Normas E.030 y E.070?				SI	NO		

PARTE III: ESTADO DE COMPONENTES ESTRUCTURALES							
PARÁMETRO 1: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE							
Amarre de las vigas y muros portantes	Tiene un comportamiento tipo cajón			Presenta un correcto amarre entre vigas y muros en todas sus plantas			
	No presenta un correcto amarre entre vigas y muros en todas sus plantas			El amarre es incorrecto, paredes ortogonales no ligadas			

PARÁMETRO 2: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE							
Característica de los muros portantes	Ladrillo macizo			Ladrillo King Kong (16 alveolos)			
	Ladrillo pandereta			No presenta homogeneidad			
Juntas de mortero en muros	Menos de 1.00 cm			De 1.00 a 1.50 cm			
Verticalidad en muros	SI				NO		

PARÁMETRO 3: RESISTENCIA CONVENCIONAL							
Dibujar la planta de muros portantes de la edificación para el análisis de su resistencia convencional							

FICHA N° : _____

pág. 1 de 2

Figura 5. Ficha de recolección de datos para la evaluación del índice de vulnerabilidad.
Fuente: Adaptado de Andres (2020)

PARÁMETRO 4: POSICION DEL EDIFICIO Y CIMENTACIÓN			
Cimentación		Cimentación sobre terreno estable o sobre roca	
		Cimentación sobre terreno suelto	
Pendiente (solo si es sobre terreno estable o roca)		Pendiente menor o igual a 10%	Pendiente entre 10 y 30%
		Pendiente entre 30 y 50%	Pendiente mayor a 50%
Pendiente (solo si es sobre terreno suelto)		Pendiente entre 10 y 20%	Pendiente entre 20 y 30%
		Pendiente mayor a 30%	
Tipo de cimentación			

PARÁMETRO 5: DIAFRAGMAS HORIZONTALES			
Planos a desnivel del diafragma		Si	No
Deformabilidad del diafragma		Despreciable	Considerable
Conexión entre el diafragma y muros		Eficaz	Malo

PARÁMETRO 6: CONFIGURACIÓN EN PLANTA			
Tipo Regular ()		Tipo Irregular ()	
a =	/	L =	a = / b = / L =

PARÁMETRO 7: CONFIGURACIÓN DE LA ELEVACIÓN			
Elevación (T)		Altura Edificio (H)	
Continuidad estructural	En planta	SI	NO
	En elevación	SI	NO

PARÁMETRO 8: SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS			
Esesor del muro maestro (s)		Espacionamiento máximo (L)	

PARÁMETRO 9: TIPOS DE CUBIERTA			
Tipo de Cubierta		() Losa aligerada () Drywall () Calaminas () Otros:	
Cubierta		Cubierta estable: amarrada con tornillos y alambre a los muros	Cubierta inestable: mal amarrada con tornillos y alambres a los muros
Distancia máxima entre vigas		Grande	Aceptable
Cubierta y amarre		Plana, amarrada y apoyada a la estructura de la losa aligerada	No cumple: plana, amarrada o apoyada a al estructura de la losa aligerada

PARÁMETRO 11: ESTADO DE CONSERVACIÓN			
Daños estructurales factores externos	Existe		No Existe
	Elemento dañado:		
Daños estructurales por sismo	Existe		No Existe
	Elemento dañado:		
Estado de conservación	Buen estado de conservación		Regular estado de conservación
	Mal estado de conservación		
DIAGNOSTICO			

PARTE IV: ESTADO DE COMPONENTES NO ESTRUCTURALES			
PARÁMETRO 10: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES			
¿La edificación presenta parapetos en su último nivel?		() Si	() No
¿La edificación presenta elementos no estructurales (cornisas) en su último nivel?		() Si	() No
Elementos no estructurales		Elementos no estructurales en buen estado	
		Elementos no estructurales en buen estado y/o correctamente conetados	
		Elementos no estructurales en regular estado y/o parapetos con fisuras	
		Elementos no estructurales en mal estado	
DIAGNOSTICO			
Junta de separación sísmica		Cumple con lo establecido en la Norma E.030 (Separación entre edificios RNE)	
		No Cumple con lo establecido en la Norma E.030	
		Presenta obstrucciones (madera, mortero, etc.)	

FICHA N° : _____

pág. 2 de 2

Figura 6. Ficha de recolección de datos para la evaluación del índice de vulnerabilidad.
Fuente: Adaptado de Andres (2020)

2.4. Procedimiento.

2.4.1. Recolección de Información

En esta etapa se realizó la revisión de la NTE – E.030 y de la documentación e información recolectadas de la I.E. N°055 María Isabel Rodríguez Urrunaga Cajamarca.

2.4.2. Visita a las instalaciones de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga

En esta etapa se realizó el reconocimiento visual de cada uno de los seis pabellones A, B, C, D, E y F; y de la infraestructura que los componen.



Figura 7. Visita a la I.E. N°055 María Isabel Rodríguez Urrunaga.
Fuente: Elaborada por los autores

2.4.3. Etapa de identificación de los materiales predominantes en la construcción

En esta etapa se identificaron los materiales utilizados para la construcción, donde los materiales predominantes fueron:

- Muros de albañilería para dividir los ambientes educativos.
- Vigas de concreto armado para el segundo nivel.
- Columnas de concreto.

2.4.4. Medición de elementos estructurales.

Se obtuvieron las medidas de las columnas y losas de techo las cuales se midieron obteniendo las siguientes medidas:

- Columnas 0.25 m x 0.30 m
- Losa (techo de concreto): Altura de losa = 0.25 cm.



Figura 8. Medición de columnas pabellón A de la IE N° 055
Fuente: Elaborada por los autores



Figura 90. Medición de columnas pabellón F de la IE N° 055.
Fuente: Elaborada por los autores.

2.4.5. Identificación y situación actual de los elementos estructurales

En la inspección visual realizada no se observó ningún daño en los elementos estructurales, tanto en columnas como en vigas.

2.4.6. Identificación de los elementos no estructurales

Se pudo observar que las condiciones de los elementos no estructurales del pabellón B, presentan fisuras en sus parapetos.



Figura 10. Fisura en parapeto del pabellón B de la IE N° 055.
Fuente: Elaborada por los autores

2.4.7. Método del Índice de Vulnerabilidad de Benedetti y Petrini.

Según Abanto y Cardenas (2015), el método fue desarrollado en el año 1982, año a partir del cual se empieza a utilizar mucho este método. Como producto de su uso, se obtiene una importante información referente a daños de estructuras para diferentes intensidades de movimientos sísmicos y las

comprobaciones hechas muestran resultados adecuados en la aplicación del método.

Además, este índice se relaciona de manera directa con la vulnerabilidad o grado de daño de la estructura. Asimismo, el método ha sido desarrollado tanto para el estudio de estructuras de albañilería confinada como para el de estructuras de concreto armado.

Para Yépez (1996), el método califica el estado de varios componentes estructurales y no estructurales de un edificio debido a que este puede sufrir daños ante un movimiento sísmico. Entonces cuenta con parámetros que permiten cuantificar los daños que se ha producido debido a movimientos sísmicos. Se consideran un total de 11 parámetros para la calificación de la estructura. Se tiene que, los valores de K_i (coeficiente de calibración) varían entre 0 y 45 según el parámetro indicado. La calidad se calificará desde A, que es lo más favorable, hasta D, que es lo más desfavorable; además cada parámetro se ve afectado por los factores de peso W_i , el cual varía entre 0.25 y 1.5.

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i * W_i \quad \text{Ecuación 1}$$

La tabla 1, muestra los once parámetros que evaluarán la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones según Yépez (2016), además muestra sus clases con sus respectivos valores y el peso por cada parámetro que va desde 0.20 a 1.50.

Tabla 1. *Parámetros de vulnerabilidad sísmica (Benedetti y Petrini).*

Parámetros	Clase K_i				Peso (W_i)
	A	B	C	D	

1.- Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1.00
2.- Calidad del sistema resistente	0	5	25	45	0.25
3.- Resistencia convencional	0	5	25	45	1.50
4.- Posición del edificio y cimentación	0	5	25	45	0.75
5.- Diafragmas horizontales	0	5	15	45	1.00
6.- Configuración en planta	0	5	25	45	0.50
7.- Configuración en elevación	0	5	25	45	1.00
8.- Separación máxima entre muros	0	5	25	45	0.25
9.- Tipo de cubierta	0	15	25	45	1.00
10.- Elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25
11.- Estado de conservación	0	5	25	45	1.00

Fuente: Caicedo (1994).

La ecuación precedente se determina con una escala continua de valores que van desde 0 hasta 382.5. Asimismo, se divide el resultado por 3.825 para obtener el porcentaje de índice de vulnerabilidad el cual estará en un rango que tendrá las siguientes condiciones.

Si la vulnerabilidad sísmica: resulta menor al 15%, entonces presenta una vulnerabilidad sísmica baja; si presenta un porcentaje mayor o igual a 15% y menor que el 35%, entonces presenta una vulnerabilidad sísmica media y si resulta mayor a 35% entonces presenta una vulnerabilidad sísmica alta.

Con este valor obtenido del índice de vulnerabilidad (I_v), se conocerá cualitativamente el tipo de vulnerabilidad sísmica de cada vivienda.

Tabla 2. Rango de valores para la determinación de la vulnerabilidad sísmica.

Vulnerabilidad	Porcentaje de I_v
Vulnerabilidad baja	Menor a 15%
Vulnerabilidad media	Entre el 15% y 35%
Vulnerabilidad alta	Mayor a 35%

Fuente: Adaptado de Mena (2002).

Seguidamente, Abanto y Cardenas (2015) describen los once parámetros, con sus respectivas características para cada clase de cada uno de los parámetros a evaluar: organización del sistema resistente, calidad del sistema resistente, resistencia convencional, posición del edificio y cimentación, diafragmas horizontales, configuración en planta, configuración de la elevación, distancia máxima entre muros tipo de cubierta, elementos no estructurales y estado de conservación.

La clasificación se dará según cada pabellón analizado cumpla estrictamente las características de cada parámetro, para los once parámetros en evaluación.

Parámetro 1: Organización del sistema resistente

Continuando con Abanto y Cardenas (2015), describe el parámetro de organización del sistema resistente, como el comportamiento de los muros portantes, verifica el tipo de amarre que tiene el muro portante, principalmente con las vigas y las columnas, siendo lo más satisfactorio que este tenga un comportamiento tipo cajón, y lo menos satisfactorio que este sea ortogonal y/o no ligada a la viga.

Además, se evalúa si la edificación fue asesorada profesionalmente y cumple con las normas técnicas vigentes: Norma E.030 Diseño Sismorresistente y Norma E.070 Albañilería, del RNE. La clasificación del parámetro se dará según las características que se cumplan en la tabla 3.

Tabla 3. *Clasificación según la organización del sistema resistente.*

Clase	Características
--------------	------------------------

Clase A	<p>La edificación, tuvo algún tipo de asesoramiento profesional o técnico, su diseño cumple con la Norma E.030 Diseño Sismorresistente y E.070 Albañilería.</p> <p>La edificación presenta un comportamiento tipo cajón en sus muros portantes, perfecto amarre entre las vigas y el muro.</p>
Clase B	<p>La edificación, no tuvo ningún tipo de asesoramiento profesional o técnico, su diseño no cumple con la Norma E.030 Diseño Sismorresistente y E.070 Albañilería.</p> <p>La edificación, presenta un correcto amarre entre las vigas y los muros en todas sus plantas.</p>
Clase C	<p>La edificación, no tuvo ningún tipo de asesoramiento profesional o técnico, su diseño no cumple con la Norma E.030 Diseño Sismorresistente y E.070 Albañilería.</p> <p>La edificación, presenta un correcto amarre entre las vigas y los muros solo en algunas plantas.</p>
Clase D	<p>La edificación, no tuvo ningún tipo de asesoramiento profesional o técnico, su diseño no cumple con la Norma E.030 Diseño Sismorresistente y E.070 Albañilería.</p> <p>Asimismo, la edificación, presenta paredes ortogonales no ligadas a las vigas y/o columnas</p>

Fuente: Adaptado de Abanto y Cárdenas (2015).

Parámetro 2: Calidad del sistema resistente

Para Abanto y Cardenas (2015), el parámetro de calidad del sistema resistente evalúa el tipo de ladrillo utilizado, homogeneidad y dimensión en los muros portantes de las edificaciones. También, toma en cuenta el espesor existente de la junta de mortero. Por último, toma en cuenta la verticalidad de los muros portantes. Lo más satisfactorio que cumpla con las tres características y lo menos satisfactorio que no cumpla con ninguna de las tres características.

La clasificación del parámetro se dará según las características que se cumplan en la tabla 4.

Tabla 4. *Clasificación según parámetro de calidad del sistema resistente.*

Clase	Características
Clase A	<p>La edificación, presenta necesariamente estas tres características:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Muros portantes con ladrillos King Kong con 16 alveolos o ladrillo macizo, todos los ladrillos son homogéneos y con las mismas dimensiones en todo el muro (mayoría de muros). 2. El muro presenta juntas de mortero con espesor entre 1.00 a 1.50 centímetros (debe cumplirse en la mayoría de muros portantes). 3. El muro presenta verticalidad (debe cumplirse en la mayoría de muros portantes).
Clase B	La edificación solo presenta dos de las características de la Clase A
Clase C	La edificación solo presenta una de las características de la Clase A
Clase D	La edificación solo presenta dos de las características de la Clase A

Fuente: Adaptado de Abanto y Cárdenas (2015).

Parámetro 3: Resistencia convencional

Continuando con Abanto y Cardenas (2015), para el parámetro de resistencia convencional, existe la suposición de un adecuado comportamiento tipo “cajón” de la estructura, la estimación de la resistencia de un edificio de albañilería confinada puede ser determinada con razonable confiabilidad.

Asimismo, el coeficiente de resistencia convencional “C”; se define, como el factor entre la fuerza horizontal resistente al pie (base) de la edificación, dividido entre el peso mínimo y este está dado por la expresión:

$$C = \frac{a_0 * t_k}{q * N} * \sqrt{1 + \frac{q * N}{1.5 * a_0 * t_k * (1 + y)}} \quad \text{Ecuación 2}$$

Luego Abanto y Cardenas (2015), proponen que el valor de q , es el peso de un piso por unidad de área techada y es igual al peso de los muros más el peso del diafragma horizontal.

$$q = \frac{(A + B) * h}{At} * Pm + Ps \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

N = Número de pisos

t_k = Resistencia a corte de los paneles de mampostería (18 ton/m²)

At = Área total construida en planta

h = Altura promedio entre pisos (m)

Pm = Peso específico de la mampostería (1.80 ton/m³)

Ps = Peso por unidad de área de forjado (0.38 ton/m²)

A_x, A_y = Son todas las áreas totales resistentes de muros (m²) en la dirección x e y respectivamente

A = min [A_x, A_y]

B = max [A_x, A_y]

Posteriormente Abanto y Cardenas (2015), asignan el valor de “ a_0 ”, a la proporción que existe entre el valor de A y el área techada, además de que el valor de “ y ” es la proporción que existe entre A y B .

$$a_0 = \frac{A}{At} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$y = \frac{A}{B} \quad \text{Ecuación 5}$$

Así también, para Abanto y Cardenas (2015), la clasificación del parámetro, estará en función al valor que tome el coeficiente de resistencia convencional a , y éste se dará con la proporción que existe entre el valor de la resistencia convencional (C) y el coeficiente sísmico (C'), que se dará según la zonificación sísmica de la Norma E.030 Diseño Sismorresistente del RNE. Lo más satisfactorio para el parámetro es que el coeficiente a sea mayor a 1 y lo menos satisfactorio que sea menor a 0.4

$$a = \frac{C}{C'} \quad \text{Ecuación 6}$$

Finalmente, la clasificación del parámetro se dará según las características que se cumplan en la tabla 5.

Tabla 5. *Clasificación para el parámetro de resistencia convencional.*

Clase	Características
Clase A	Edificación con $a \geq 1$
Clase B	Edificación con $0.6 \leq a < 1$
Clase C	Edificación con $0.4 \leq a < 0.6$
Clase D	La edificación con $a < 0.4$

Fuente: Adaptado de Abanto y Cárdenas (2015).

Parámetro 4: Posición del edificio y cimentación

Continuando con Abanto y Cardenas (2015), describen el parámetro de posición del edificio y cimentación, como la influencia del terreno y la pendiente, lo cual puedan hacer que la estructura tenga un nivel de daño considerable al producirse un movimiento sísmico.

Además, señalan que, mediante una inspección visual y entrevista a la autoridad de la institución, se evaluará la condición del suelo y la pendiente donde ésta fue construida.

Se tendrá en cuenta que la cimentación de la edificación es buena y común, es decir presenta cimientos corridos y sobrecimiento; en caso contrario, la edificación no presentase cimentación, se considerará que no satisface el parámetro y se le asignará la clase D.

La clasificación del parámetro se dará según las características que se cumplan en la tabla 6.

Tabla 6. *Clasificación según parámetro de posición del edificio y cimentación.*

Clase	Características
Clase A	Cimentación sobre terreno estable, con pendiente menor o igual al 10%.
Clase B	Cimentación sobre terreno estable, con pendiente entre 10% y 30% o sobre terreno suelto, con pendiente comprendida entre 10% y un 20%.
Clase C	Cimentación sobre terreno estable, con pendiente entre 30% y 50% o sobre terreno suelto, con pendiente comprendida entre 20% y un 30%.
Clase D	Cimentación sobre terreno estable, con pendiente mayor a 50% o sobre terreno suelto, con pendiente comprendida mayor a 30%.

Fuente: Adaptado de Abanto y Cárdenas (2015).

Parámetro 5: Diafragmas horizontales

Para Abanto y Cardenas (2015), describe el parámetro de diafragmas horizontales, como la calidad del sistema resistente de la losa de piso a piso. Aquí también, se debe observar principalmente tres características en las edificaciones; la primera característica, está en función los diafragmas horizontales de la edificación; la segunda característica, está en función a la

deformabilidad del diafragma y la tercera característica, toma en cuenta el nivel de conexión entre el diafragma y los muros portantes que resistirán el peso. La evaluación debe ser estricta para las edificaciones que presenten una cubierta diferente a la losa aligerada, debido a que ésta, tiene un comportamiento rígido ante un movimiento sísmico. Lo más satisfactorio es que, se cumpla con las tres características y lo menos satisfactorio que no cumpla con ninguna de las tres características.

La clasificación del parámetro se dará según las características que se cumplan en la tabla 7.

Tabla 7. *Clasificación para el parámetro de diafragmas horizontales.*

Clase	Características
Clase A	Edificación, con diafragmas que satisfacen las siguientes condiciones: 1. El diafragma no presenta planos a desnivel. 2. El diafragma presenta deformaciones despreciables. 3. La conexión entre el diafragma y muros portantes es la adecuada.
Clase B	Edificación con diafragmas, que sólo cumple con dos condiciones de la Clase A.
Clase C	Edificación con diafragmas, que sólo cumple con una condición de la Clase A.
Clase D	Edificación con diafragmas, que no cumple con ninguna de las condiciones de la clase A.

Fuente: Adaptado de Abanto y Cárdenas (2015).

Parámetro 6: Configuración en planta

Según Abanto y Cardenas (2015), describe el parámetro de configuración en planta, como el comportamiento sísmico de una edificación dependiendo de la forma del mismo. En el caso de las edificaciones de áreas techadas rectangulares, es significativo la relación $\beta_1 = a/L$, es decir el lado menor sobre

el lado mayor. La configuración será denominada regular de tener la forma rectangular.

Existen también edificaciones que puedan presentar protuberancias en su área techada, se tendrá en cuenta la relación $\beta_2 = b/L$. Las variables a considerar para a , b y L estarán en función a la forma en la que se encuentre la edificación como se muestra en la figura 11. Para cualquier caso de las configuraciones será denominado irregular de no tener la forma rectangular.

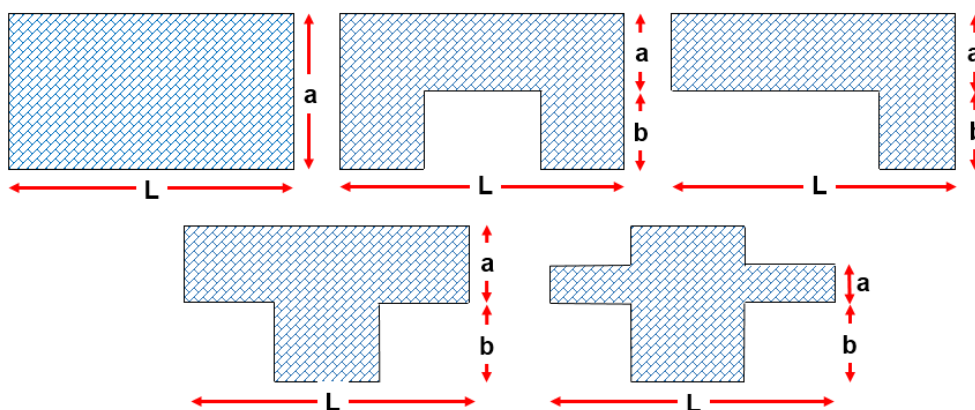


Figura 11. Clases de configuración en planta.
Fuente: Adaptado de Andres (2020)

La clasificación del parámetro, se dará con las características que se cumplan en la tabla 8, estando los valores dentro del rango permisible. Si la edificación es regular solo se deberá calcular y tomar en cuenta el valor de β_1 , si la edificación es irregular se deberá calcular y tomar en cuenta el valor de β_1 y β_2 . Lo más satisfactorio es que el valor de β_1 sea mayor a 0.8 y el valor de β_2 sea menor a 0.1, y lo menos satisfactorio que el valor de β_1 sea menor a 0.4 y el valor de β_2 sea mayor a 0.3.

Tabla 8. Clasificación para el parámetro de configuración en planta.

Clase	Características
-------	-----------------

Clase A	La edificación tiene los valores de: $\beta_1 \geq 0.8$ ó $\beta_2 \leq 0.1$
Clase B	La edificación tiene los valores de: $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ ó $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$
Clase C	La edificación tiene los valores de: $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ ó $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$
Clase D	La edificación tiene los valores de: $0.4 > \beta_1$ ó $0.3 < \beta_2$

Fuente: Adaptado de Abanto y Cárdenas (2015).

Parámetro 7: Configuración de la elevación

Siguiendo a Abanto y Cardenas (2015), describe el parámetro de configuración de la elevación, a la relación de la elevación que una edificación pudiese presentar con su altura, con la proporción de elevación y altura T/H , la figura 12 muestra dos tipos de elevaciones que se pudiesen presentar.

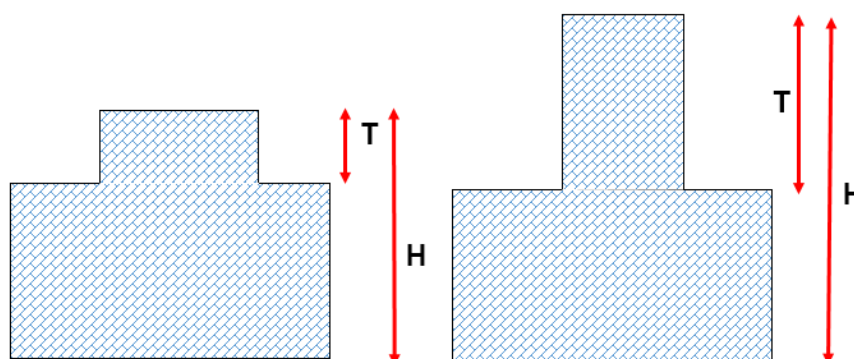


Figura 12. Tipos de configuración de elevación de una edificación.
Fuente: Adaptado de Abanto y Cardenas (2015)

La clasificación del parámetro se dará según las características que se cumplan en la tabla 9. Si la edificación presentase relación en su elevación y además hay continuidad estructural, entonces el valor a tener en cuenta será de 1. Lo más satisfactorio es que el valor de T/H sea mayor a 0.75, lo menos satisfactorio es que sea menor a 0.25.

Además, se ha creído conveniente analizar también la continuidad estructural de la edificación y se asignará los valores según lo establecido en la tabla 9.

Tabla 9. *Clasificación para el parámetro de configuración de la elevación.*

Clase	Características
Clase A	La edificación presenta la relación: $T/H = 1$ y guarda la relación de continuidad estructural.
Clase B	La edificación presenta la relación: $T/H = 1$ y no guarda la relación de continuidad estructural.
Clase C	La edificación presenta la relación: $0.75 < T/H \leq 0.50$
Clase D	La edificación presenta la relación: $0.50 < T/H$

Fuente: Adaptado de Abanto y Cárdenas (2015).

Parámetro 8: Separación máxima entre muros

Asimismo, para Abanto y Cardenas (2015), describe el parámetro de separación máxima entre muros, como el distanciamiento límite entre muros de la edificación, se determina con la proporción de longitud máxima de separación entre el espesor del muro L/S . La clasificación del parámetro se dará según las características que se cumplan en la tabla 10.

Tabla 10. *Clasificación para el parámetro de separación máxima entre muros.*

Clase	Características
Clase A	La edificación, presenta la relación: $L/S \leq 15$
Clase B	La edificación, presenta la relación: $15 < L/S \leq 18$
Clase C	La edificación, presenta la relación: $18 < L/S \leq 25$
Clase D	La edificación, presenta la relación: $25 < L/S$

Fuente: Adaptado de Abanto y Cárdenas (2015).

Parámetro 9: Tipo de cubierta

Continuando con Abanto y Cardenas (2015), describe al parámetro de tipo de cubierta, como la garantía que tienen los techos frente a fuerzas sísmicas producidas por un movimiento sísmico, de no colapsar o derrumbarse, este parámetro considera las características de una cubierta estable correctamente amarrada a los muros, la distancia que existe entre viga y viga y una cubierta adecuadamente apoyada a la losa aligerada.

La clasificación del parámetro se dará según las características que se cumplan en la tabla 11. Si todo el techo está compuesto de losa aligerada, se considerará satisfactorio la condición a y c de la Clase A, además se considerará una distancia de vigas adecuada, si es que esta no supera los 4 metros de distancia entre viga y viga.

Tabla 11. *Clasificación para el parámetro de tipo de cubierta.*

Clase	Características
Clase A	La edificación, presenta necesariamente estas tres características: 1. Cubierta estable debidamente amarrada a los muros con conexiones. 2. Distancia entre viga y viga no muy grande. 3. Cubierta plana debidamente amarrada y apoyada a la estructura de cubierta de losa aligerada.
Clase B	La edificación sólo cumple con dos de las características de la Clase A.
Clase C	La edificación sólo cumple con una de las características de la Clase A.
Clase D	La edificación no cumple con ninguna de las características de la clase A.

Fuente: Adaptado de Abanto y Cárdenas (2015).

Parámetro 10: Elementos no estructurales

Abanto y Cardenas (2015), describe el parámetro de elementos no estructurales, como la presencia de elementos no estructurales, que pueden ser

parapetos o cornisas, que puedan causar algún daño a personas o cosas, por la ocurrencia de un movimiento sísmico.

También se considerarán elementos no estructurales a los elementos arquitectónicos como: cielos rasos, paneles, tabiques, ventanas, puertas y cerramientos, o servicios básicos (instalaciones eléctricas, de agua, gases medicinales, etc.) los cuales deben soportar los movimientos de la estructura durante un sismo.

De presentarse parapetos y cubiertas en su último nivel; se evaluará, que estas están correctamente amarradas a la losa aligerada; además, de presentarse cornisas, se evaluará si estas están correctamente empotradas a los muros.

Por otro lado, se considerará la separación entre edificios según la Norma E-030 Diseño Sismorresistente, para lo cual la distancia no es menor que los $\frac{2}{3}$ de la suma de los desplazamientos máximos de los edificios adyacentes ni menor que: $s = 0.006 h \geq 0.03$ m.

Donde h es la altura medida desde el nivel del terreno natural hasta el nivel considerado para evaluar s .

La calificación máxima del parámetro; es que, la edificación no presenta parapetos ni cornisas, además que cumpla con la separación entre edificios según la Norma E-030. La clasificación para este parámetro se dará según las características de la tabla 12.

Tabla 12. *Clasificación para el parámetro de elementos no estructurales.*

Clase	Características
Clase A	La edificación, presenta necesariamente las siguientes características: 1. No presenta parapetos o cornisas.

	2. Cuentan con elementos no estructurales en perfecto estado.
	3. No cumple con la separación entre edificios según la Norma E-030 Diseño Sismorresistente.
Clase B	La edificación sólo cumple con dos de las características de la clase A.
Clase C	La edificación sólo cumple con una de las características de la clase A.
Clase D	La edificación no cumple con ninguna de las características de la clase A.

Fuente: Adaptado de Abanto y Cárdenas (2015).

Parámetro 11: Estado de conservación

Finalmente, Abanto y Cardenas (2015), describe el parámetro de estado de conservación, como la evaluación actual general estructural en la que se encuentren las edificaciones, evaluando principalmente la condición de los muros de albañilería confinada; además, las lesiones que, se pudieron presentar en los elementos estructurales como vigas, columnas, losas aligeradas y muros portantes debido a un movimiento sísmico o cualquier factor externo. La clasificación del parámetro se dará según las características que se cumplan según la tabla 13.

Tabla 13. Clasificación para el parámetro de estado de conservación.

Clase	Características
Clase A	La edificación no presenta daños en sus componentes estructurales como: muros portantes, columnas, vigas o losa aligerada debido a un sismo o factores externos.
Clase B	La edificación presenta pequeños daños en sus componentes estructurales como: muros portantes, columnas, vigas o losa aligerada debido a un sismo o factores externos. La edificación tiene un buen estado de conservación.
Clase C	La edificación presenta daños estructurales: muros portantes, columnas, vigas o losa aligerada debido a un sismo o factores externos. La edificación tiene un regular estado de conservación.
Clase D	La edificación, tiene considerables daños estructurales: muros portantes, columnas, vigas o losa aligerada debido a un sismo o

factores externos. La edificación tiene un mal estado de
conservación

Fuente: Adaptado de Andres (2020).

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Clasificación de los once parámetros

3.1.1. Organización del sistema resistente

La I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga consta de seis pabellones (Figura 4), de los cuales se puede mencionar que el pabellón A se construyó en el año 1998 por la APAFA de la institución; el primer piso del pabellón B fue construido en el año 2004 por la Municipalidad Provincial de Cajamarca y Minera Yanacocha y en el año 2008 fue construido el segundo piso por la Municipalidad Provincial de Cajamarca; el primer piso del pabellón C se construyó en el año 2011 y el segundo piso en el año 2013 por la APAFA de la institución; los pabellones D y E fueron construidos en el año 1999 por el Instituto Nacional de Infraestructura Educativa y de Salud – INFES; y finalmente el primer piso del pabellón F fue construido en el año 2000 por la APAFA de la institución y en el año 2006 el Gobierno Regional de Cajamarca construyó el segundo piso.

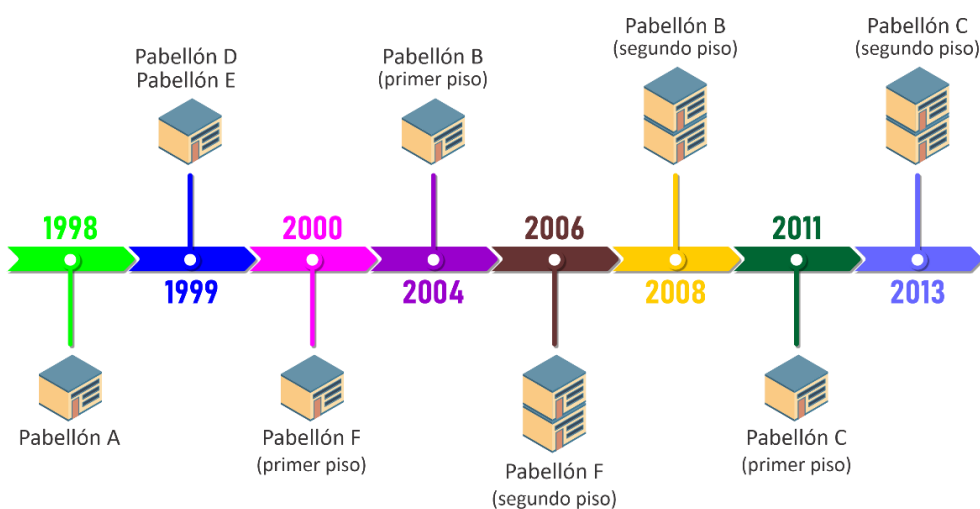


Figura 13. Línea de tiempo construcción de pabellones de la I.E. N° 055

Fuente: Elaborada por los autores

En la tabla 14 se resumen los datos obtenidos para el parámetro 1, se tomó en consideración primordialmente el tipo de amarre que existe entre muros portantes y vigas y conocer si la edificación cumple con las normas vigentes.

Tabla 14. *Resumen recolección de datos para el parámetro 1*

Pabellón	Asesoramiento profesional / Cumplimiento con la normatividad	Tipo de amarre en vigas y muros portantes
A	No existió / No cumple	No presenta
B	Si existió / Cumple	Tipo cajón
C	No existió / Cumple	Tipo cajón
D	Si existió / Cumple	Tipo cajón
E	Si existió / Cumple	Tipo cajón
F	Si existió / Cumple	Tipo cajón

Fuente: Elaborada por los autores

Por lo mostrado en la tabla 14 se observa que los pabellones A y C, que representan el 33% no recibieron asesoramiento técnico para su construcción, mientras que los pabellones B, D, E y F, sí recibieron asesoramiento técnico y cumplen con lo establecido en el RNE, Normas E.030 y E.070 representando el 67%.



Figura 14. Muro portante no presenta amarre con viga en el pabellón A.
Fuente: Elaborada por los autores.

A continuación, se presenta la tabla 15 con las calificaciones obtenidas por cada pabellón para el parámetro 1, dicha calificación se obtuvo con ayuda de las fichas de recolección de datos y análisis realizado.

Tabla 15. Resumen de clasificación de los pabellones para el parámetro 1

Pabellón	Clasificación			
	A	B	C	D
A			X	
B	X			
C		X		
D	X			
E	X			
F	X			

Fuente: Elaborada por los autores

Organización del sistema resistente

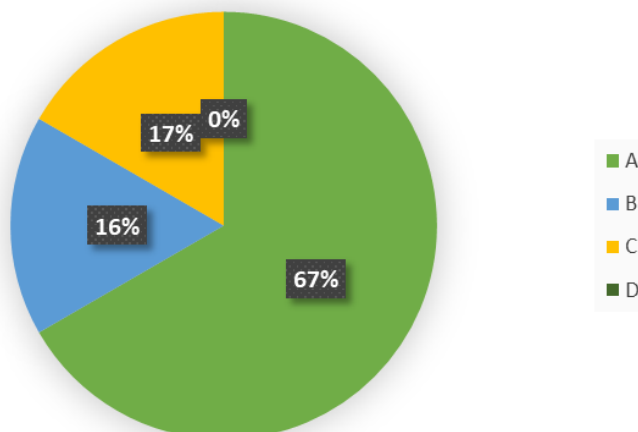


Figura 15. Representación porcentual del parámetro 1
Fuente: Elaborada por los autores

3.1.2. Calidad del sistema resistente

Para este parámetro se tomó en cuenta tres características principales que son el tipo de ladrillo utilizado para los muros, el tamaño de las juntas de los muros y la verticalidad de los mismos, lo cual se encuentra resumido en la tabla 16.

Tabla 16. Resumen recolección de datos para el parámetro 2

Pabellón	Tipo de ladrillo	Juntas en los muros promedio (cm)	Verticalidad
A	Macizo	2.00	Si
B	Macizo	1.50	Si
C	Macizo	2.00	Si
D	Macizo	1.50	Si
E	Macizo	1.50	Si
F	Macizo	1.50	Si

Fuente: Elaborada por los autores

Como se puede apreciar en la tabla 16 la construcción de los muros de todos los pabellones se realizó con ladrillo macizo, los cuales tienen una homogeneidad aceptable. También se muestra que los pabellones A y C

presentan en sus muros una junta promedio de 2.00 cm y en todos los muros de los pabellones se aprecia la verticalidad de los mismos.



Figura 16. Ladrillo tipo macizo en los muros (Pabellón B)
Fuente: Elaborada por los autores

En la tabla 17 se presenta a continuación la calificación obtenida por cada uno de los pabellones según el parámetro 2.

Tabla 17. Resumen de clasificación de los pabellones para el parámetro 2

Pabellón	Clasificación			
	A	B	C	D
A		X		
B	X			
C		X		
D	X			
E	X			
F	X			

Fuente: Elaborada por los autores

Calidad del sistema resistente

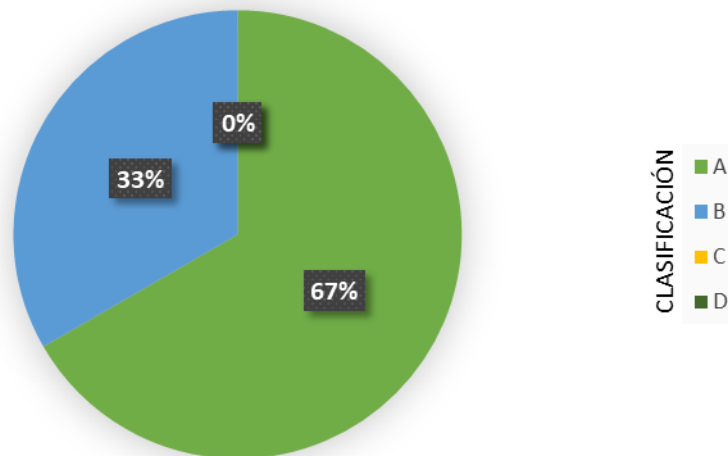


Figura 17. Representación porcentual del parámetro 2
 Fuente: Elaborada por los autores

3.1.3. Resistencia convencional

Para el cálculo de este parámetro se seguirán los siguientes pasos:

1. Se calculará el área de los muros portantes presentes en el pabellón, por cada dirección, esto es A_x en dirección “x” y A_y en dirección “y”.
2. Se obtendrán las variables “A” y “B”, teniendo en cuenta el valor mínimo para “A” y el valor máximo para “B” de las áreas totales obtenidas en el punto 1.

$$A = \min[A_x; A_y]$$

$$B = \max[A_x; A_y]$$

3. Se calculará el valor de la variable “q”, según la ecuación 3.
4. Se calculará el valor de la variable “ a_0 ”, según la ecuación 4.
5. Se calculará el valor de la variable “y”, según la ecuación 5.
6. Se calculará el valor de la variable “C”, según la ecuación 2.

Para determinar el coeficiente sísmico C' , se asignará el valor según la zonificación de la Norma E0.30 Diseño Resistente (RNE), de acuerdo a los valores indicados en la figura 2, para nuestro caso el valor de $C' = 0.35$

7. Finalizaremos calculando el valor de la resistencia convencional “ a ”, según la ecuación 6, y se clasificará al pabellón de acuerdo a lo descrito en la tabla 5.

Cálculo de “ a ” para el Pabellón A

A continuación, se muestran en la tabla 18 los datos del pabellón A, según lo establecido en el parámetro 3 del método Benedetti y Petrini.

Tabla 18. *Datos generales del pabellón A*

Variable	Valor
N	1
t_k (ton/m ²)	18
At (m ²)	69
h (m)	3.20
Pm (ton/m ³)	1.80
Ps (ton/m ²)	0.38

Fuente: Elaborada por los autores

Paso 1. Área de muros portantes.

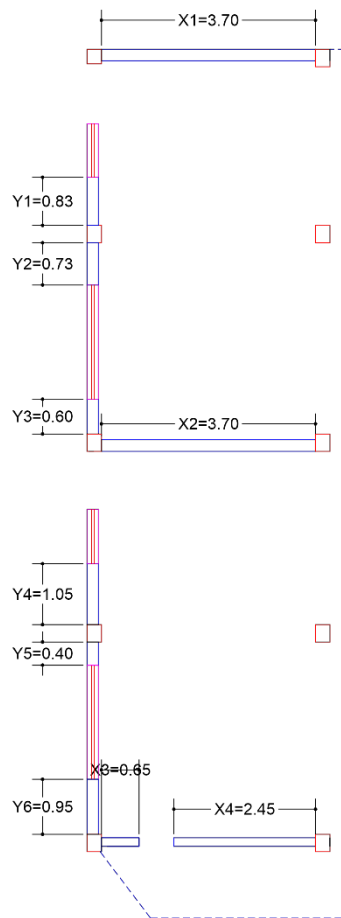


Figura 18. Pabellón A de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga
Fuente: Elaborada por los autores

Tabla 19. Área de muros portantes del pabellón A

Dirección X-X				Dirección Y-Y			
Muro	L (m)	s (m)	Ls (m ²)	Muro	L (m)	s (m)	Ls (m ²)
X1	3.70	0.15	0.5550	Y1	0.83	0.15	0.1245
X2	2.85	0.15	0.5550	Y2	0.73	0.15	0.1095
X3	3.90	0.15	0.0975	Y3	0.60	0.15	0.0900
X4	0.40	0.15	0.3675	Y4	1.05	0.15	0.1575
				Y5	0.40	0.15	0.0600
				Y6	0.95	0.15	0.1425
			Ax				Ay
			1.6575				0.6840

Fuente: Elaborada por los autores

Paso 2. Cálculo de A y B.

$$A = 0.6840 \text{ m}^2$$

$$B = 1.5750 \text{ m}^2$$

Paso 3. Cálculo de q (según ecuación 3)

$$q = \frac{(0.6840 + 1.5750) * 3.2}{69} * 1.8 + 0.38$$

$$q = 0.5686 \text{ ton/m}^2$$

Paso 4. Cálculo de a_0 (según ecuación 4)

$$a_0 = \frac{0.6840}{69}$$

$$a_0 = 0.0099$$

Paso 5. Cálculo de a_0 (según ecuación 5)

$$y = \frac{0.6840}{1.5750}$$

$$y = 0.4343$$

Paso 6. Cálculo de C (según ecuación 2)

$$C = \frac{0.0099 * 18}{0.5686 * 1} * \sqrt{1 + \frac{0.5686 * 1}{1.5 * 0.0099 * 18 * (1 + 0.4343)}}$$

$$C = 0.4939$$

Tabla 20. Datos calculados para el pabellón A para el parámetro 3

Variable	Valor calculado
$A \text{ (m}^2\text{)}$	0.6840
$B \text{ (m}^2\text{)}$	1.5750
$q \text{ (ton/m}^2\text{)}$	0.5686
a_0	0.0099
y	0.4343
C	0.4939

Fuente: Elaborada por los autores

Paso 6. Cálculo de a (según ecuación 6)

$$a = \frac{0.4939}{0.3500}$$

$$a = 1.4111$$

Por lo tanto, dado que $a > 1$, le corresponde la clasificación A, según lo establecido en la tabla 5.

Cálculo de “a” para el Pabellón B

A continuación, se muestran en la tabla 21 los datos del pabellón A, según lo establecido en el parámetro 3 del método Benedetti y Petrini.

Tabla 21. *Datos generales del pabellón B*

Variable	Valor
N	2
t_k (ton/m ²)	18
At (m ²)	115.15
h (m)	2.75
Pm (ton/m ³)	1.80
Ps (ton/m ²)	0.38

Fuente: Elaborada por los autores

Paso 1. Área de muros portantes.

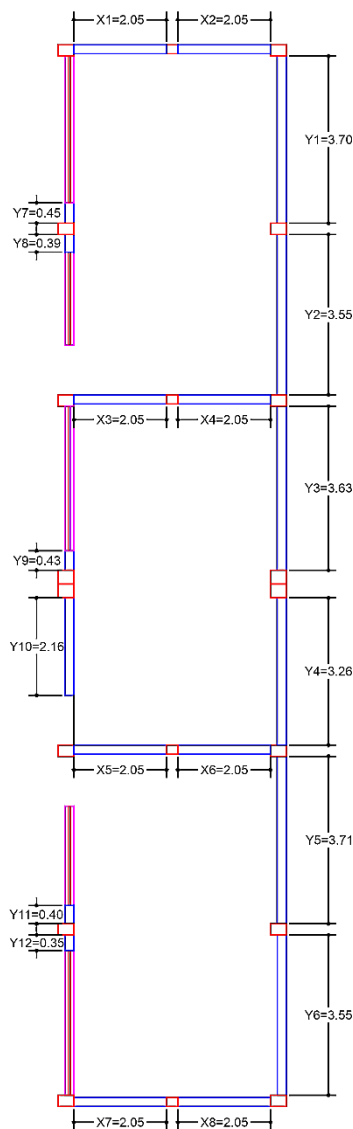


Figura 19. Pabellón B de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga
Fuente: Elaborada por los autores

Tabla 22. Área de muros portantes del pabellón B

Dirección X-X				Dirección Y-Y			
Muro	L (m)	s (m)	Ls (m ²)	Muro	L (m)	s (m)	Ls (m ²)
X1	2.05	0.25	0.5125	Y1	3.70	0.25	0.9250
X2	2.05	0.25	0.5125	Y2	3.55	0.25	0.8875
X3	2.05	0.25	0.5125	Y3	3.63	0.25	0.9075
X4	2.05	0.25	0.5125	Y4	3.26	0.25	0.8150
X5	2.05	0.25	0.5125	Y5	3.71	0.25	0.9275
X6	2.05	0.25	0.5125	Y6	3.55	0.25	0.8875

X7	2.05	0.25	0.5125	Y7	0.45	0.25	0.1125
X8	2.05	0.25	0.5125	Y8	0.39	0.25	0.0975
				Y9	0.43	0.25	0.1075
				Y10	2.16	0.25	0.5400
				Y11	0.40	0.25	0.1000
				Y12	0.35	0.25	0.0875
			Ax				4.1000
						Ay	6.3950

Fuente: Elaborada por los autores

Paso 2. Cálculo de A y B.

$$A = 4.1000 \text{ m}^2$$

$$B = 6.3950 \text{ m}^2$$

Paso 3. Cálculo de q (según ecuación 3)

$$q = \frac{(4.1000 + 6.3950) * 2.75}{115.15} * 1.8 + 0.38$$

$$q = 0.8312 \text{ ton/m}^2$$

Paso 4. Cálculo de a_0 (según ecuación 4)

$$a_0 = \frac{4.1000}{115.15}$$

$$a_0 = 0.0356$$

Paso 5. Cálculo de a_0 (según ecuación 5)

$$y = \frac{4.1000}{6.3950}$$

$$y = 0.6411$$

Paso 6. Cálculo de C (según ecuación 2)

$$C = \frac{0.0356 * 18}{0.8312 * 2} * \sqrt{1 + \frac{0.8312 * 2}{1.5 * 0.0356 * 18 * (1 + 0.6411)}}$$

$$C = 0.5524$$

Tabla 23. Datos calculados para el pabellón B para el parámetro 3

Variable	Valor calculado
A (m ²)	4.1000
B (m ²)	6.3950
q (ton/m ²)	0.8312
a ₀	0.0356
y	0.6411
C	0.5524

Fuente: Elaborada por los autores

Paso 6. Cálculo de a (según ecuación 6)

$$a = \frac{0.5524}{0.3500}$$

$$a = 1.5783$$

Por lo tanto, dado que $a > 1$, le corresponde la clasificación A, según lo establecido en la tabla 5.

Cálculo de “ a ” para el Pabellón C

A continuación, se muestran en la tabla 24 los datos del pabellón A, según lo establecido en el parámetro 3 del método Benedetti y Petrini.

Tabla 24. Datos generales del pabellón C

Variable	Valor
N	2
t _k (ton/m ²)	18
At (m ²)	45.05
h (m)	2.75
P _m (ton/m ³)	1.80
P _s (ton/m ²)	0.38

Fuente: Elaborada por los autores

Paso 1. Área de muros portantes.

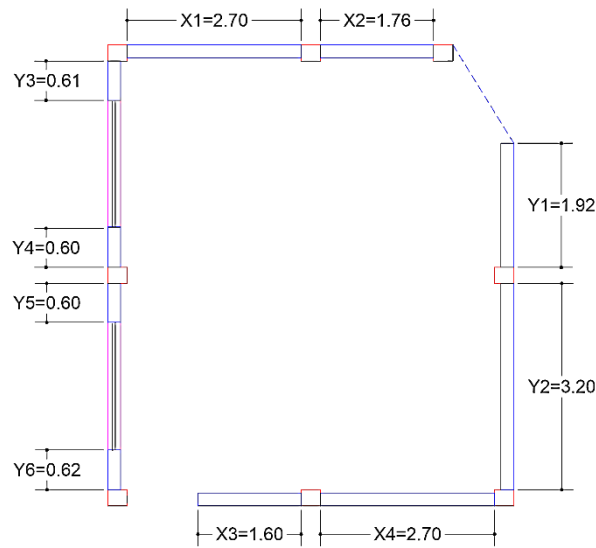


Figura 20. Pabellón C de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga
Fuente: Elaborada por los autores

Tabla 25. Área de muros portantes del pabellón C

Dirección X-X				Dirección Y-Y			
Muro	L (m)	s (m)	Ls (m ²)	Muro	L (m)	s (m)	Ls (m ²)
X1	2.70	0.20	0.5400	Y1	1.92	0.20	0.3840
X2	1.76	0.20	0.3520	Y2	3.20	0.20	0.6400
X3	1.60	0.20	0.3200	Y3	0.61	0.20	0.1220
X4	2.70	0.20	0.5400	Y4	0.60	0.20	0.1200
				Y5	0.60	0.20	0.1200
				Y6	0.62	0.20	0.1240
			Ax				Ay
			1.7520				1.5100

Fuente: Elaborada por los autores

Paso 2. Cálculo de A y B.

$$A = 1.5100 \text{ m}^2$$

$$B = 1.7520 \text{ m}^2$$

Paso 3. Cálculo de q (según ecuación 3)

$$q = \frac{(1.5100 + 1.7520) * 2.75}{45.05} * 1.8 + 0.38$$

$$q = 0.7385 \text{ ton/m}^2$$

Paso 4. Cálculo de a_0 (según ecuación 4)

$$a_0 = \frac{1.5100}{45.05}$$

$$a_0 = 0.0335$$

Paso 5. Cálculo de a_0 (según ecuación 5)

$$y = \frac{1.5100}{1.7520}$$

$$y = 0.8619$$

Paso 6. Cálculo de C (según ecuación 2)

$$C = \frac{0.0335 * 18}{0.7385 * 2} * \sqrt{1 + \frac{0.7385 * 2}{1.5 * 0.0335 * 18 * (1 + 0.8619)}}$$

$$C = 0.5593$$

Tabla 26. Datos calculados para el pabellón C para el parámetro 3

Variable	Valor calculado
A (m ²)	1.5100
B (m ²)	1.7520
q (ton/m ²)	0.7385
a_0	0.0335
y	0.8619
C	0.5593

Fuente: Elaborada por los autores

Paso 6. Cálculo de a (según ecuación 6)

$$a = \frac{0.5593}{0.3500}$$

$$a = 1.5980$$

Por lo tanto, dado que $a > 1$, le corresponde la clasificación A, según lo establecido en la tabla 5.

Cálculo de “a” para el Pabellón D

A continuación, se muestran en la tabla 27 los datos del pabellón A, según lo establecido en el parámetro 3 del método Benedetti y Petrini.

Tabla 27. *Datos generales del pabellón D*

Variable	Valor
N	1
t_k (ton/m ²)	18
A_t (m ²)	115.64
h (m)	3.5
P_m (ton/m ³)	1.8
P_s (ton/m ²)	0.38

Fuente: Elaborada por los autores

Paso 1. Área de muros portantes.

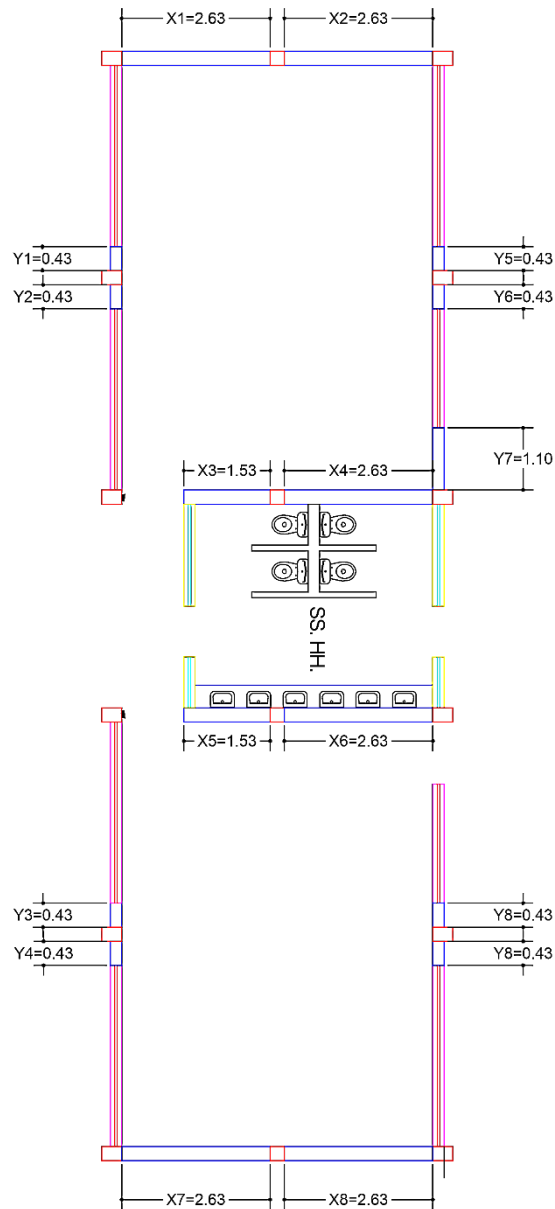


Figura 21. Pabellón D de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga
Fuente: Elaborada por los autores

Tabla 28. Área de muros portantes del pabellón D

Dirección X-X				Dirección Y-Y			
Muro	L (m)	s (m)	Ls (m ²)	Muro	L (m)	s (m)	Ls (m ²)
X1	2.63	0.25	0.6575	Y1	0.43	0.25	0.1075
X2	2.63	0.25	0.6575	Y2	0.43	0.25	0.1075
X3	2.63	0.25	0.6575	Y3	0.43	0.25	0.1075
X4	1.53	0.25	0.6575	Y4	0.43	0.25	0.1075
X5	2.63	0.25	0.6575	Y5	0.43	0.25	0.1075

X6	1.53	0.25	0.6575	Y6	0.43	0.25	0.1075
X7	2.63	0.25	0.6575	Y7	1.10	0.25	0.2750
X8	2.63	0.25	0.6575	Y8	0.43	0.25	0.1075
				Y9	0.43	0.25	0.1075
		Ax	4.7100			Ay	1.1350

Fuente: Elaborada por los autores

Paso 2. Cálculo de A y B.

$$A = 1.350 \text{ m}^2$$

$$B = 4.7100 \text{ m}^2$$

Paso 3. Cálculo de q (según ecuación 3)

$$q = \frac{(1.1350 + 4.7100) * 3.5}{115.64} * 1.8 + 0.38$$

$$q = 0.6984 \text{ ton/m}^2$$

Paso 4. Cálculo de a_0 (según ecuación 4)

$$a_0 = \frac{1.1350}{115.64}$$

$$a_0 = 0.0098$$

Paso 5. Cálculo de a_0 (según ecuación 5)

$$y = \frac{1.1350}{4.7100}$$

$$y = 0.2410$$

Paso 6. Cálculo de C (según ecuación 2)

$$C = \frac{0.0098 * 18}{0.6984 * 1} * \sqrt{1 + \frac{0.6984 * 1}{1.5 * 0.0098 * 18 * (1 + 0.2410)}}$$

$$C = 0.4466$$

Tabla 29. Datos calculados para el pabellón D para el parámetro 3

Variable	Valor calculado
A (m ²)	1.1350
B (m ²)	4.7100
q (ton/m ²)	0.6984
ao	0.0098
y	0.2410
C	0.4466

Fuente: Elaborada por los autores

Paso 6. Cálculo de a (según ecuación 6)

$$a = \frac{0.4466}{0.3500}$$

$$a = 1.276$$

Por lo tanto, dado que $a > 1$, le corresponde la clasificación A, según lo establecido en la tabla 5.

Cálculo de “ a ” para el Pabellón E

A continuación, se muestran en la tabla 30 los datos del pabellón A, según lo establecido en el parámetro 3 del método Benedetti y Petrini.

Tabla 30. Datos generales del pabellón E

Variable	Valor
N	1
t_k (ton/m ²)	18
At (m ²)	115.64
h (m)	3.5
Pm (ton/m ³)	1.8
Ps (ton/m ²)	0.38

Fuente: Elaborada por los autores

Paso 1. Área de muros portantes.

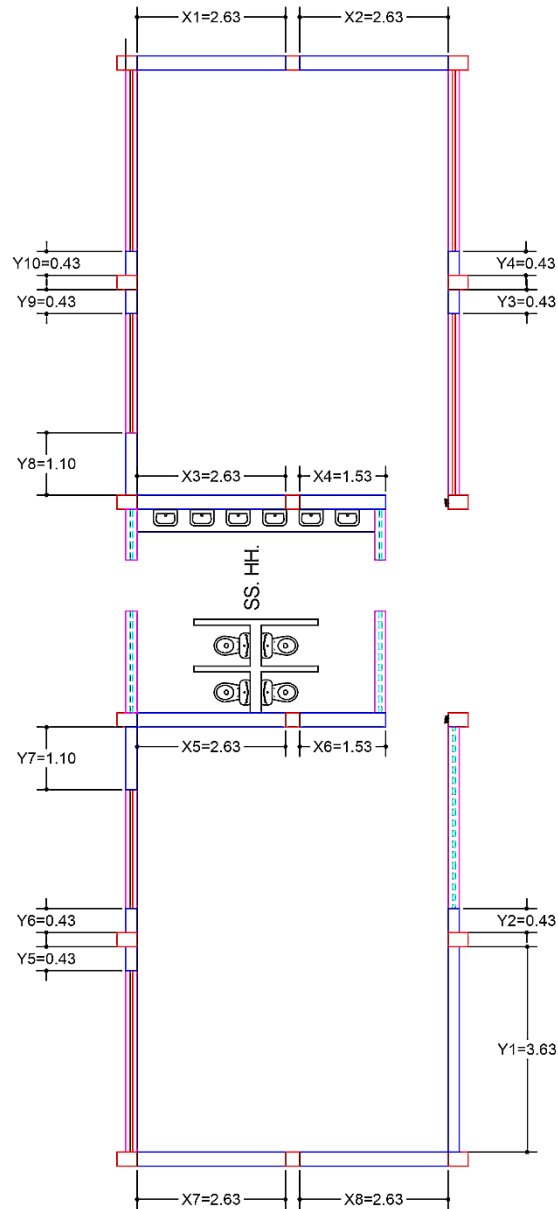


Figura 22. Pabellón E de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga
Fuente: Elaborada por los autores

Tabla 31. Área de muros portantes del pabellón E

Dirección X-X				Dirección Y-Y			
Muro	L (m)	s (m)	Ls (m ²)	Muro	L (m)	s (m)	Ls (m ²)
X1	2.63	0.25	0.6575	Y1	3.63	0.25	0.9075
X2	2.63	0.25	0.6575	Y2	0.43	0.25	0.1075
X3	2.63	0.25	0.6575	Y3	0.43	0.25	0.1075
X4	1.53	0.25	0.3825	Y4	0.43	0.25	0.1075
X5	2.63	0.25	0.6575	Y5	0.43	0.25	0.1075

X6	1.53	0.25	0.6575	Y6	0.43	0.25	0.1075
X7	2.63	0.25	0.6575	Y7	1.10	0.25	0.2750
X8	2.63	0.25	0.6575	Y8	1.10	0.25	0.2570
				Y9	0.43	0.25	0.1075
				Y10	0.43	0.25	0.1075
		Ax	4.7100			Ay	2.2100

Fuente: Elaborada por los autores

Paso 2. Cálculo de A y B.

$$A = 2.2100 \text{ m}^2$$

$$B = 4.7100 \text{ m}^2$$

Paso 3. Cálculo de q (según ecuación 3)

$$q = \frac{(2.2100 + 4.7100) * 3.5}{115.64} * 1.8 + 0.38$$

$$q = 0.7570 \text{ ton/m}^2$$

Paso 4. Cálculo de a_0 (según ecuación 4)

$$a_0 = \frac{2.2100}{115.64}$$

$$a_0 = 0.0191$$

Paso 5. Cálculo de a_0 (según ecuación 5)

$$y = \frac{2.2100}{4.7100}$$

$$y = 0.4692$$

Paso 6. Cálculo de C (según ecuación 2)

$$C = \frac{0.0191 * 18}{0.7570 * 1} * \sqrt{1 + \frac{0.7570 * 1}{1.5 * 0.0191 * 18 * (1 + 0.4692)}}$$

$$C = 0.6421$$

Tabla 32. Datos calculados para el pabellón E para el parámetro 3

Variable	Valor calculado
A (m ²)	2.2100
B (m ²)	4.7100
q (ton/m ²)	0.7570
ao	0.0191
y	0.4692
C	0.6421

Fuente: Elaborada por los autores

Paso 6. Cálculo de a (según ecuación 6)

$$a = \frac{0.6421}{0.3500}$$

$$a = 1.8346$$

Por lo tanto, dado que $a > 1$, le corresponde la clasificación A, según lo establecido en la tabla 5.

Cálculo de “ a ” para el Pabellón F

A continuación, se muestran en la tabla 33 los datos del pabellón A, según lo establecido en el parámetro 3 del método Benedetti y Petrini.

Tabla 33. Datos generales del pabellón E

Variable	Valor
N	2
t_k (ton/m ²)	18
At (m ²)	128.79
h (m)	3.10
Pm (ton/m ³)	1.8
Ps (ton/m ²)	0.38

Fuente: Elaborada por los autores

Paso 1. Área de muros portantes.

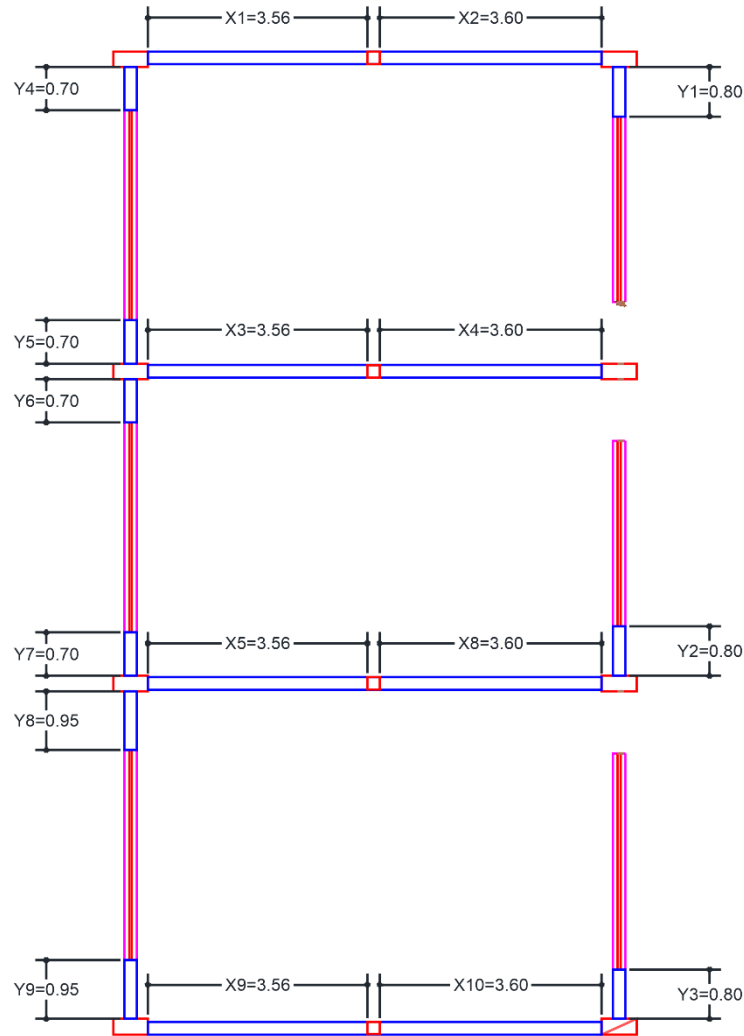


Figura 23. Pabellón F de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga
Fuente: Elaborada por los autores

Tabla 34. Área de muros portantes del pabellón F

Dirección X-X				Dirección Y-Y			
Muro	L (m)	s (m)	LS (m ²)	Muro	L (m)	s (m)	LS (m ²)
X1	3.56	0.20	0.7120	Y1	0.80	0.20	0.1600
X2	3.60	0.20	0.7200	Y2	0.80	0.20	0.1600
X3	3.56	0.20	0.7120	Y3	0.80	0.20	0.1600
X4	3.60	0.20	0.7200	Y4	0.70	0.20	0.1400
X5	3.56	0.20	0.7120	Y5	0.70	0.20	0.1400
X6	3.60	0.20	0.7200	Y6	0.70	0.20	0.1400
X7	3.56	0.20	0.7120	Y7	0.70	0.20	0.1400
X8	3.60	0.20	0.7200	Y8	0.95	0.20	0.1900

		Y9	0.95	0.20	0.1900
	Ax	5.7280		Ay	1.4200

Fuente: Elaborada por los autores

Paso 2. Cálculo de A y B.

$$A = 1.4200 \text{ m}^2$$

$$B = 5.7280 \text{ m}^2$$

Paso 3. Cálculo de q (según ecuación 3)

$$q = \frac{(1.4200 + 5.7280) * 3.10}{128.79} * 1.8 + 0.38$$

$$q = 0.6897 \text{ ton/m}^2$$

Paso 4. Cálculo de a_0 (según ecuación 4)

$$a_0 = \frac{1.4200}{128.79}$$

$$a_0 = 0.0110$$

Paso 5. Cálculo de a_0 (según ecuación 5)

$$y = \frac{1.4200}{5.7280}$$

$$y = 0.2479$$

Paso 6. Cálculo de C (según ecuación 2)

$$C = \frac{0.0110 * 18}{0.6897 * 2} * \sqrt{1 + \frac{0.6897 * 2}{1.5 * 0.0110 * 18 * (1 + 0.2479)}}$$

$$C = 0.3119$$

Tabla 35. Datos calculados para el pabellón F para el parámetro 3

Variable	Valor calculado
A (m ²)	1.4200
B (m ²)	5.7280

q (ton/m ²)	0.6897
a_0	0.0110
y	0.2479
C	0.3119

Fuente: Elaborada por los autores

Paso 6. Cálculo de a (según ecuación 6)

$$a = \frac{0.3119}{0.3500}$$

$$a = 0.8911$$

Por lo tanto, dado que $0.6 \leq a < 1$, le corresponde la clasificación B, según lo establecido en la tabla 5.

Tabla 36. Resumen de clasificación de los pabellones para el parámetro 3

Pabellón	Clasificación			
	A	B	C	D
A	X			
B	X			
C	X			
D	X			
E	X			
F		X		

Fuente: Elaborada por los autores

Resistencia convencional

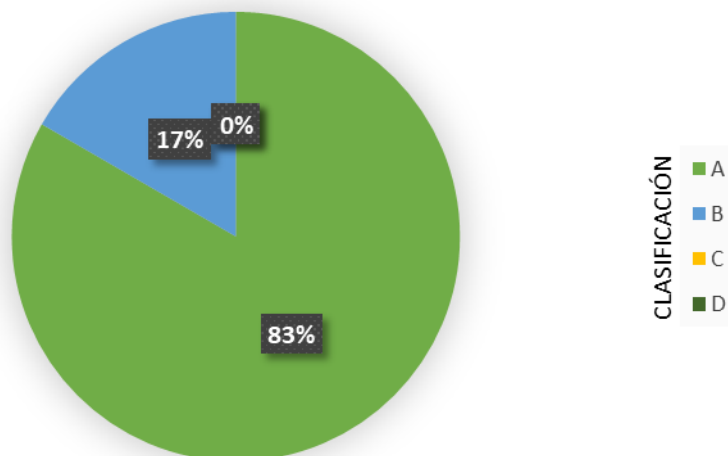


Figura 24. Representación porcentual del parámetro 3
Fuente: Elaborada por los autores

3.1.4. Posición del edificio y cimentación

El terreno de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga se encuentra próximo al río San Lucas por lo que para los pabellones C, D y E, se ha utilizado relleno para nivelarlo, esta información fue proporcionada por la dirección de la institución educativa; y luego de haber realizado una inspección visual se obtuvieron los siguientes datos mostrados en la tabla 37.

Tabla 37. Resumen recolección de datos para el parámetro 4

Pabellón	Tipo de terreno y pendiente	Tipo de cimentación
A	Terreno estable / menor a 10%	Cimiento corrido
B	Terreno estable / menor a 10%	Cimiento corrido
C	Terreno suelto / entre 20% y 30%	Cimiento corrido
D	Terreno suelto / entre 20% y 30%	Cimiento corrido
E	Terreno suelto / entre 20% y 30%	Cimiento corrido
F	Terreno estable / menor a 10%	Cimiento corrido

Fuente: Elaborada por los autores



Figura 25. Vista posterior del pabellón E, colindancia con el río San Lucas
Fuente: Elaborada por los autores

A continuación, se ha clasificado a los pabellones en la tabla 38, según sus características encontradas, por lo que se ha podido observar que los pabellones C, D y E están cimentadas sobre pendientes pronunciadas, lo que perjudicaría a la estructura ante un movimiento sísmico de considerable magnitud.

Tabla 38. Resumen de clasificación de los pabellones para el parámetro 4

Pabellón	Clasificación			
	A	B	C	D
A	X			
B	X			
C			X	
D			X	
E			X	
F	X			

Fuente: Elaborada por los autores

Posición del edificio y cimentación

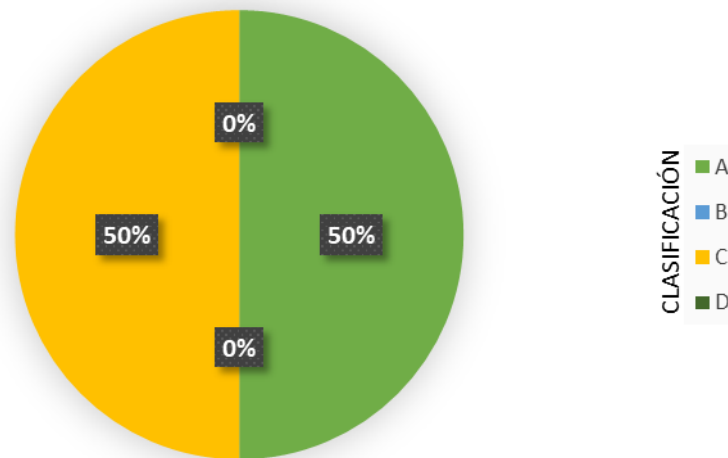


Figura 26. Representación porcentual del parámetro 4
Fuente: Elaborada por los autores

3.1.5. Diafragmas horizontales

Se ha tenido en cuenta especialmente tres características los planos a desnivel de diafragmas, las deformaciones que puedan presentar los diafragmas y el nivel conexión entre los diafragmas y muros, dicha información se resume en la tabla 39 para el parámetro 5.

Tabla 39. Resumen recolección de datos para el parámetro 5

Pabellón	Planos a desnivel de diafragmas	Deformabilidad del Diafragma	Conexión de diafragma y muro
A	Si	Despreciable	Malo
B	No	Despreciable	Eficaz
C	No	Despreciable	Eficaz
D	No	Despreciable	Eficaz
E	No	Despreciable	Eficaz
F	Si	Despreciable	Malo

Fuente: Elaborada por los autores

El pabellón A tiene su cubierta compuesta por calamina y estructura de metal y en el pabellón F se puede apreciar su cubierta con calamina y estructura de madera. Ambos pabellones no presentan deformabilidad en los diafragmas, pero si se observa además que éstos no tienen una adecuada conexión con sus muros portantes.

Tabla 40. Resumen de clasificación de los pabellones para el parámetro 5

Pabellón	Clasificación			
	A	B	C	D
A			X	
B	X			
C	X			
D	X			
E	X			
F			X	

Fuente: Elaborada por los autores

Diafragmas horizontales

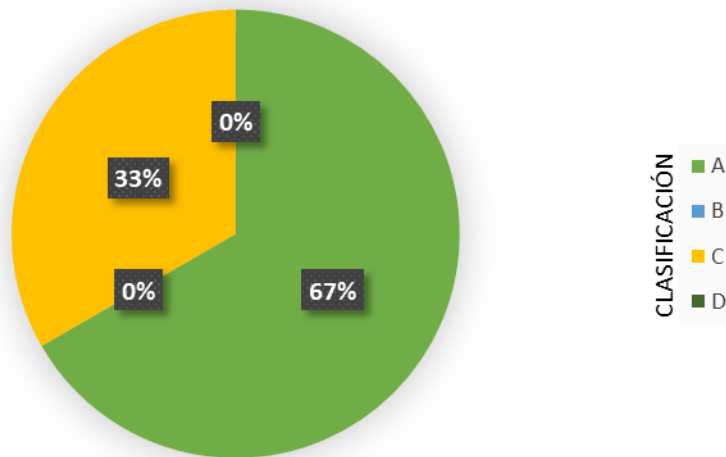


Figura 27. Representación porcentual del parámetro 5
Fuente: Elaborada por los autores

3.1.6. Configuración en planta

Todos los pabellones presentan el tipo regular por tener la forma rectangular, por lo que se calculará la relación $\beta_1 = a/L$, y se clasificará de acuerdo en la tabla 8

Cálculo de “ β_1 ” para el Pabellón A

$$\beta_1 = \frac{4.60}{15.00}$$

$$\beta_1 = 0.3067$$

Por lo tanto, le corresponde la clasificación D, ya que $0.4 > \beta_1$.

Cálculo de “ β_1 ” para el Pabellón B

$$\beta_1 = \frac{4.90}{23.50}$$

$$\beta_1 = 0.2085$$

Por lo tanto, le corresponde la clasificación D, ya que $0.4 > \beta_1$.

Cálculo de “ β_1 ” para el Pabellón C

$$\beta_1 = \frac{6.30}{7.15}$$

$$\beta_1 = 0.8811$$

Por lo tanto, le corresponde la clasificación A, ya que $\beta_1 \geq 0.8$.

Cálculo de “ β_1 ” para el Pabellón D

$$\beta_1 = \frac{5.90}{19.60}$$

$$\beta_1 = 0.3010$$

Por lo tanto, le corresponde la clasificación D, ya que $0.4 > \beta_1$.

Cálculo de “ β_1 ” para el Pabellón E

$$\beta_1 = \frac{5.90}{19.60}$$

$$\beta_1 = 0.3010$$

Por lo tanto, le corresponde la clasificación D, ya que $0.4 > \beta_1$.

Cálculo de “ β_1 ” para el Pabellón F

$$\beta_1 = \frac{8.10}{15.90}$$

$$\beta_1 = 0.5094$$

Por lo tanto, le corresponde la clasificación C, ya que $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$.

Tabla 41. *Resumen de clasificación de los pabellones para el parámetro β_1*

Pabellón	Clasificación			
	A	B	C	D
A				X
B				X
C	X			
D				X
E				X
F			X	

Fuente: Elaborada por los autores

Configuración en planta

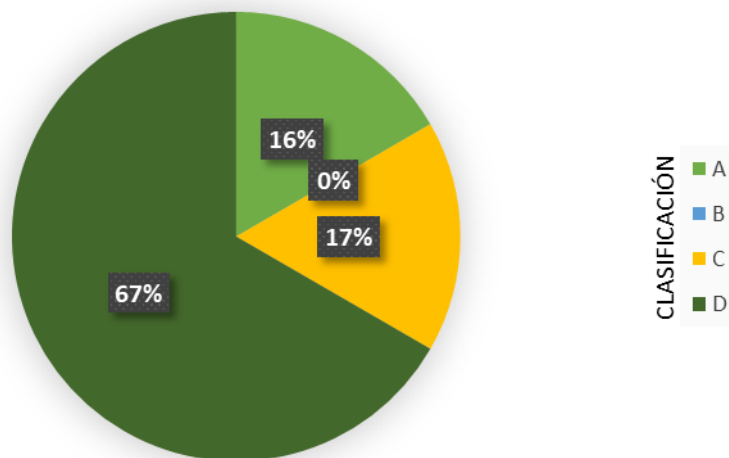


Figura 28. Representación porcentual del parámetro 6
Fuente: Elaborada por los autores

3.1.7. Configuración de la elevación

Los pabellones A, D y E son de un solo piso por lo cual no existe configuración de la elevación. Asimismo, los pabellones B, C y F no tuvieron configuración de la elevación, ya que no presentan protuberancias en el último nivel. Por otro lado, el pabellón F no guarda relación de continuidad estructural.

La tabla 42 presenta en resumen la calificación para cada pabellón.

Tabla 42. Resumen de clasificación de los pabellones para el parámetro 7

Pabellón	Clasificación			
	A	B	C	D
A	X			
B	X			
C	X			
D	X			
E	X			
F		X		

Fuente: Elaborada por los autores

Configuración de la elevación

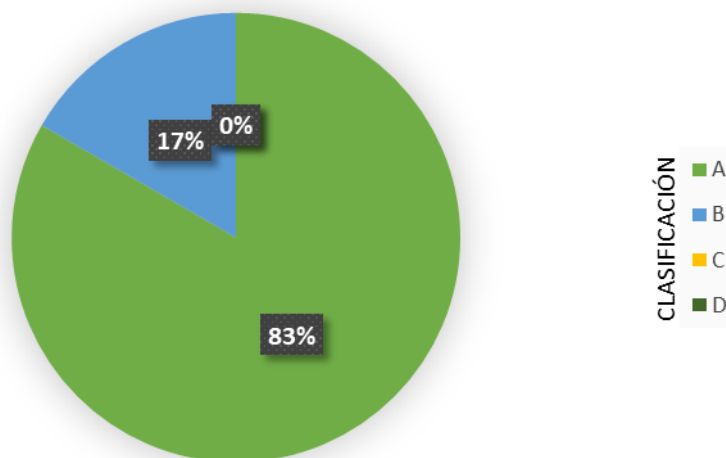


Figura 29. Representación porcentual del parámetro 7
Fuente: Elaborada por los autores

3.1.8. Separación máxima entre muros

La clasificación para este parámetro está en función de L (separación máxima de muro) y s (espesor del muro), de lo obtenido en las fichas de recolección de datos se presenta la tabla 43 con los datos relacionados a el parámetro 8.

Tabla 43. Resumen recolección de datos para el parámetro 8

Pabellón	Relación L/s
A	$3.70 / 0.15 = 24.67$
B	$3.70 / 0.25 = 14.80$
C	$3.20 / 0.20 = 16.00$
D	$2.65 / 0.25 = 10.60$
E	$2.65 / 0.25 = 10.60$
F	$3.60 / 0.20 = 18.00$

Fuente: Elaborada por los autores

Tabla 44. Resumen de clasificación de los pabellones para el parámetro 8

Pabellón	Clasificación			
	A	B	C	D

A		X
B	X	
C		X
D	X	
E	X	
F		X

Fuente: Elaborada por los autores

Separación máxima entre muros

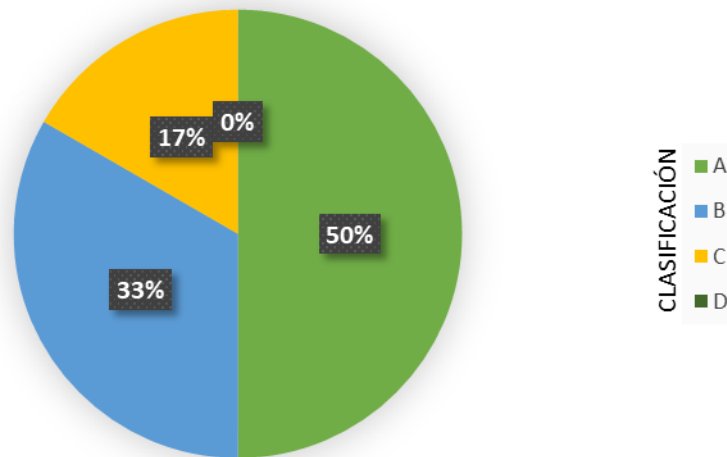


Figura 30. Representación porcentual del parámetro 8
Fuente: Elaborada por los autores

3.1.9. Tipo de cubierta

Se presentan a continuación en la tabla 45 el resumen los datos obtenidos para el parámetro 9, donde se han tomado en consideración especialmente tres características: la estabilidad o inestabilidad de la cubierta del pabellón, la distancia máxima entre viga y viga de cada pabellón y el amarre de la cubierta a la losa aligerada.

Tabla 45. Resumen recolección de datos para el parámetro 9

Pabellón	Tipo de cubierta	Distancia máxima entre vigas	Amarre de cubierta a losa
A	Inestable	Aceptable	Incumple

B	Estable	Aceptable	Cumple
C	Estable	Aceptable	Cumple
D	Estable	Aceptable	Cumple
E	Estable	Aceptable	Cumple
F	Estable	Grande	Incumple

Fuente: Elaborada por los autores



Figura 31. Cubierta del pabellón A, con calamina y estructura de metal
Fuente: Elaborada por los autores



Figura 32. Cubierta pabellón D, amarrada y apoyada sobre losa aligerada
Fuente: Elaborada por los autores

Tabla 46. Resumen de clasificación de los pabellones para el parámetro 9

Pabellón	Clasificación			
	A	B	C	D
A			X	
B	X			
C	X			
D	X			
E	X			
F		X		

Fuente: Elaborada por los autores

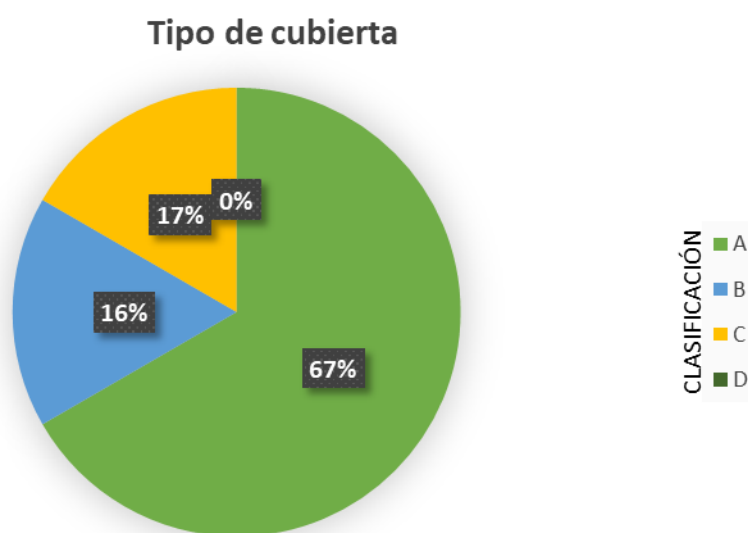


Figura 33. Representación porcentual del parámetro 9

Fuente: Elaborada por los autores

3.1.10. Elementos no estructurales

En la tabla 47, se presenta el resumen de los datos obtenidos para el parámetro 10, para lo cual se tomó en consideración la presencia y el estado de conservación de los elementos no estructurales y la existencia de la junta sísmica entre edificaciones según lo establecido en la Norma 0.30 Diseño Sismorresistente.

Tabla 47. Resumen recolección de datos para el parámetro 10

Pabellón	Presencia de parapetos o cornisas	Rotura o fisuras de elementos no estructurales	Presencia de junta de separación sísmica
A	No	No	No
B	Si, empotrado	Sí, parapeto	No
C	Si, empotrado	Si, muro	No
D	No	No	Si
E	No	No	Si
F	Si, empotrado	No	Si

Fuente: Elaborada por los autores



Figura 34. Junta sísmica entre el pabellón A y B inexistente
Fuente: Elaborada por los autores



Figura 35. Junta sísmica entre el pabellón B y C inexistente
Fuente: Elaborada por los autores



Figura 36. Fisura en parapeto del pabellón B
Fuente: Elaborada por los autores

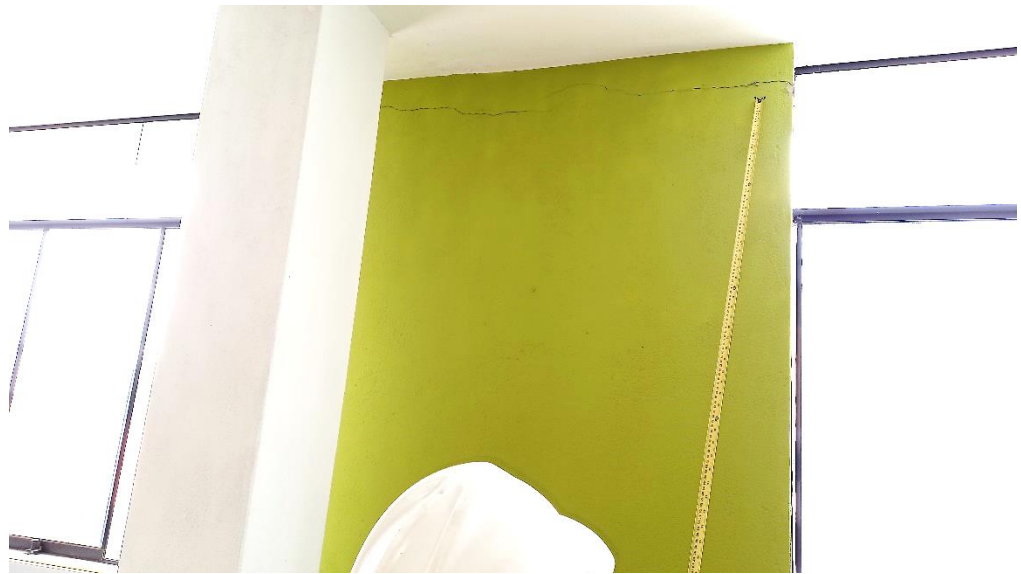


Figura 37. Fisura en muro del segundo piso del pabellón C
Fuente: Elaborada por los autores

Tabla 48. Resumen de clasificación de los pabellones para el parámetro 10

Pabellón	Clasificación			
	A	B	C	D
A		X		
B			X	
C			X	
D	X			
E	X			
F	X			

Fuente: Elaborada por los autores

Elementos no estructurales

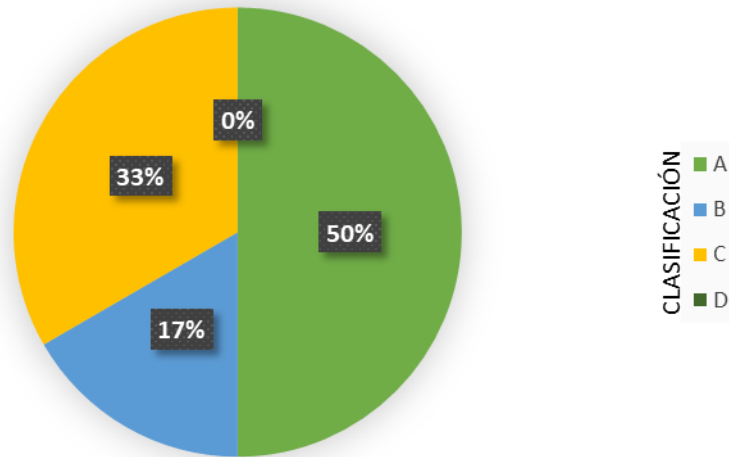


Figura 38. Representación porcentual del parámetro 10
Fuente: Elaborada por los autores

3.1.11. Estado de conservación

Dado que este parámetro es cualitativo, se determinó por medio de la observación que los elementos estructurales no presentan, fisuras, humedad o mala conexión para los seis pabellones que conforman de la institución educativa, cuyo resumen se presenta en la tabla 49.

Tabla 49. Resumen de clasificación de los pabellones para el parámetro 11

Pabellón	Clasificación			
	A	B	C	D
A	X			
B	X			
C	X			
D	X			
E	X			
F	X			

Fuente: Elaborada por los autores



Figura 39. Representación porcentual del parámetro 11
Fuente: Elaborada por los autores

3.2. Cálculo de I_v de los pabellones

Tabla 50. Cálculo del índice de vulnerabilidad del pabellón A

Parámetros	KiA	KiB	KiC	KiD	Wi	KWi
1.- Organización del sistema resistente			20		1.00	20
2.- Calidad del sistema resistente		5			0.25	1.25
3.- Resistencia convencional	0				1.50	0
4.- Posición del edificio y cimentación	0				0.75	0
5.- Diafragmas horizontales			15		1.00	15
6.- Configuración en planta				45	0.50	22.5
7.- Configuración en elevación	0				1.00	0
8.- Separación máxima entre muros	0				0.25	0
9.- Tipo de cubierta			25		1.00	25
10.- Elementos no estructurales		0			0.25	0
11.- Estado de conservación	0				1.00	0
Índice vulnerabilidad pabellón A =						83.75

Fuente: Elaborada por los autores

Tabla 51. *Cálculo del índice de vulnerabilidad del pabellón B*

Parámetros	KiA	KiB	KiC	KiD	Wi	KWi
1.- Organización del sistema resistente	0				1.00	0
2.- Calidad del sistema resistente	0				0.25	0
3.- Resistencia convencional	0				1.50	0
4.- Posición del edificio y cimentación	0				0.75	0
5.- Diafragmas horizontales	0				1.00	0
6.- Configuración en planta				45	0.50	22.5
7.- Configuración en elevación	0				1.00	0
8.- Separación máxima entre muros	0				0.25	0
9.- Tipo de cubierta	0				1.00	0
10.- Elementos no estructurales		0			0.25	0
11.- Estado de conservación	0				1.00	0
Índice vulnerabilidad pabellón B =						22.5

Fuente: Elaborada por los autores

Tabla 52. *Cálculo del índice de vulnerabilidad del pabellón C*

Parámetros	KiA	KiB	KiC	KiD	Wi	KWi
1.- Organización del sistema resistente		5			1.00	5
2.- Calidad del sistema resistente		5			0.25	1.25
3.- Resistencia convencional	0				1.50	0
4.- Posición del edificio y cimentación			25		0.75	18.75
5.- Diafragmas horizontales	0				1.00	0
6.- Configuración en planta	0				0.50	0
7.- Configuración en elevación	0				1.00	0
8.- Separación máxima entre muros	0				0.25	0
9.- Tipo de cubierta	0				1.00	0
10.- Elementos no estructurales		0			0.25	0
11.- Estado de conservación	0				1.00	0
Índice vulnerabilidad pabellón C =						25

Fuente: Elaborada por los autores

Tabla 53. Cálculo del índice de vulnerabilidad del pabellón D

Parámetros	KiA	KiB	KiC	KiD	Wi	KWi
1.- Organización del sistema resistente	0				1.00	0
2.- Calidad del sistema resistente	0				0.25	0
3.- Resistencia convencional	0				1.50	0
4.- Posición del edificio y cimentación			25		0.75	18.75
5.- Diafragmas horizontales	0				1.00	0
6.- Configuración en planta				45	0.50	22.5
7.- Configuración en elevación	0				1.00	0
8.- Separación máxima entre muros	0				0.25	0
9.- Tipo de cubierta	0				1.00	0
10.- Elementos no estructurales		0			0.25	0
11.- Estado de conservación	0				1.00	0
Índice vulnerabilidad pabellón D =						41.25

Fuente: Elaborada por los autores

Tabla 54. Cálculo del índice de vulnerabilidad del pabellón E

Parámetros	KiA	KiB	KiC	KiD	Wi	KWi
1.- Organización del sistema resistente	0				1.00	0
2.- Calidad del sistema resistente	0				0.25	0
3.- Resistencia convencional	0				1.50	0
4.- Posición del edificio y cimentación			25		0.75	18.75
5.- Diafragmas horizontales	0				1.00	0
6.- Configuración en planta				45	0.50	22.5
7.- Configuración en elevación	0				1.00	0
8.- Separación máxima entre muros	0				0.25	0
9.- Tipo de cubierta	0				1.00	0
10.- Elementos no estructurales		0			0.25	0
11.- Estado de conservación	0				1.00	0
Índice vulnerabilidad pabellón E =						41.25

Fuente: Elaborada por los autores

Tabla 55. Cálculo del índice de vulnerabilidad del pabellón F

Parámetros	KiA	KiB	KiC	KiD	Wi	KWi
1.- Organización del sistema resistente	0				1.00	0
2.- Calidad del sistema resistente	0				0.25	0
3.- Resistencia convencional		5			1.50	7.5
4.- Posición del edificio y cimentación	0				0.75	0
5.- Diafragmas horizontales			15		1.00	15
6.- Configuración en planta			25		0.50	12.5
7.- Configuración en elevación		5			1.00	5
8.- Separación máxima entre muros	0				0.25	0
9.- Tipo de cubierta		15			1.00	15
10.- Elementos no estructurales		0			0.25	0
11.- Estado de conservación	0				1.00	0
Índice vulnerabilidad pabellón F =						55.75

Fuente: Elaborada por los autores

3.3. Vulnerabilidad

En la tabla 56 se clasifican los pabellones de acuerdo a su índice de vulnerabilidad y su porcentaje, según lo descrito en la tabla 2.

Tabla 56. Clasificación según el índice de vulnerabilidad de los pabellones

Pabellón	Clasificación		
	Iv	% Iv	Vulnerabilidad
A	83.75	21.90	Media
B	22.50	5.88	Baja
C	25.00	6.54	Baja
D	41.25	10.78	Baja
E	41.25	10.78	Baja
F	55.00	14.38	Baja

Fuente: Elaborada por los autores

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Una vez realizado el análisis de los once parámetros de cada uno de los pabellones de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga Cajamarca 2021, se procedió a cotejar la discusión de estos resultados obtenidos con las investigaciones citadas en los antecedentes.

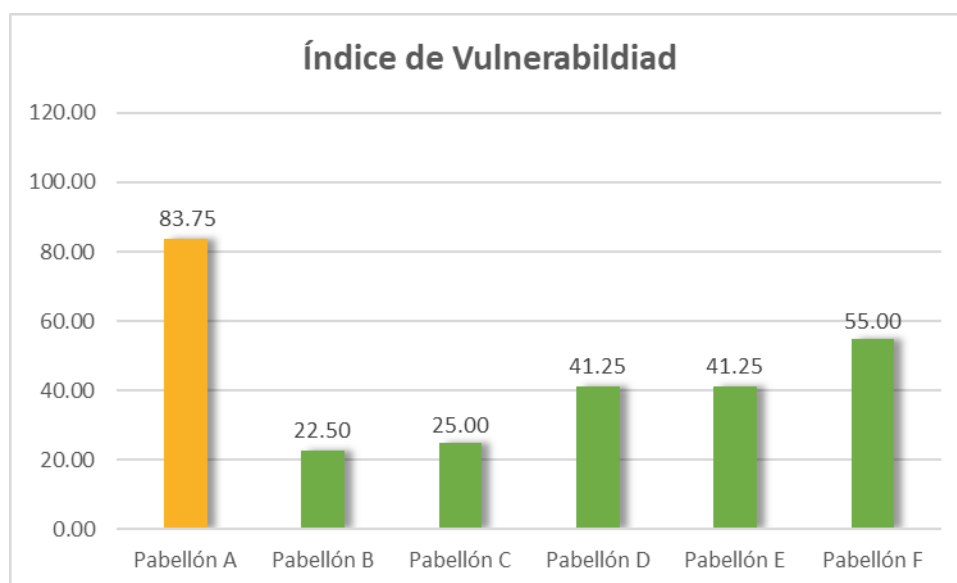


Figura 40. Índice de vulnerabilidad en la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga

Fuente: Elaborada por los autores

En la figura 40, podemos observar que el pabellón A, es el único que presenta un índice de vulnerabilidad media, pues su porcentaje de vulnerabilidad se encuentra entre el 15% y 35% según lo indicado en la tabla 2 y figura 41, esto debido a que fue construido bajo la dirección de la APAFA de la institución, en su labor por tener un local propio, el cual no se ha modificado desde su construcción en el año 1998.

Porcentaje de Índice de vulnerabilidad

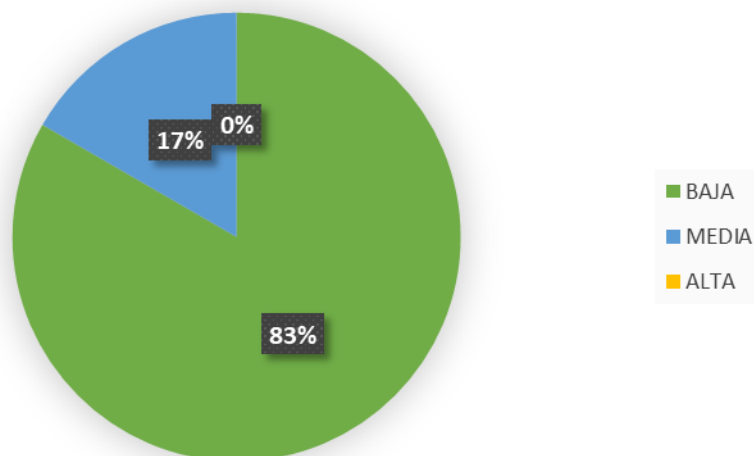


Figura 41. Porcentaje del Índice de vulnerabilidad (*I_v*) de los pabellones de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga
Fuente: Elaborada por los autores

En relación al primer parámetro “organización del sistema resistente” de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga, compuesto por seis pabellones, de los cuales se le asignó una calificación C al pabellón A debido a que como se indica en el análisis y ficha de recolección de datos, no contó con asesoría técnica ya que fue construido por la APAFA de la institución educativa, representando el 17% de los pabellones evaluados; también se puede notar que el pabellón C tiene una calificación B lo que representa el 16% el cual también fue construido por la APAFA, mientras que los pabellones B, D, E y F obtuvieron una calificación de A, siendo construidos con asesoría técnica y cumpliendo con las características del sistema de la norma E.030, lo cual representa el 67%. Abanto y Cárdenas (2015) obtuvieron calificaciones B y C en la mayoría de los bloques de las instituciones educativas evaluadas representando el 67% con calificación B para los bloques de la I.E. N° 81011 Antonio Raimondi y el 92% para los bloques de la I.E. Marcial Acharán y Smith; mientras que obtuvieron

calificación C el 33% y 8% los bloques de las instituciones educativas respectivamente.

Realizando la evaluación al parámetro 2 “Calidad del sistema resistente”, se le dio una calificación B para los módulos A y C lo que representa el 33% y calificación A para los pabellones B, D, E y F representando el 67%, esto debido a que se estimó la calificación en base al tipo de material utilizado para la construcción, se consideró al año de construcción y cuenta con asistencia técnica; en contraste con las calificaciones mostradas por Abanto y Cárdenas (2015) los cuales obtuvieron una calificación C para el 100% de los bloques de ambas instituciones educativas.

Habiendo realizado la evaluación del parámetro 3 “resistencia convencional” se le dio una calificación A para los módulos A, B, C, D y E representando el 83%, y una calificación de B al módulo F el cual representa el 17%. Mientras que Abanto y Cardenas (2015) obtuvieron una calificación A para el 100% de los bloques de la I.E. N° 81011 Antonio Raimondi y calificaciones de A con el 92% y B con el 8% de los bloques de la I.E. Marcial Acharán y Smith.

Mientras que al realizar la evaluación del parámetro 4 “posición del edificio y cimentación” se le dio una calificación A para los módulos A, B, y F representando el 50%, pues se calificó en base al tipo de terreno, y para los pabellones C, D y E se dio una calificación de B el cual representa el 50%; lo cual difiere con las calificaciones obtenidas por Abanto y Cardenas (2015) los cuales obtuvieron una calificación A representando el 100% para todos los bloques de las dos instituciones educativas evaluadas en su estudio.

Al realizar la evaluación del parámetro 5 “Diafragmas horizontales” se le asignó una calificación C a los pabellones A y F los cuales representan el 33% y la calificación

A para los pabellones B, C, D y E representando el 67%, pues se calificó en base a la deformabilidad del diafragma que es despreciable, así mismo se pudo comprobar que la losa aligerada está completamente recubierta en la parte superior con contrapiso y un acabado de tarrajeo para los pabellones B, C, D y E, lo cual difiere con las calificaciones obtenidas por Abanto y Cardenas (2015) que obtuvieron una calificación A para todos los bloques de las dos instituciones educativas evaluadas representando el 100%.

En relación al parámetro 6 “Configuración en planta” se obtuvo una calificación de D para los pabellones A, B, D y E representando el 67%, para el pabellón C se obtuvo una calificación de A, lo cual representa el 16% y para el pabellón F se obtuvo una calificación de C, representando el 16%. Cálculos obtenidos teniendo en consideración los valores conseguidos del parámetro cuando las edificaciones son áreas techadas rectangulares; lo cual difiere con lo obtenido por Abanto y Cardenas (2015) ya que para la I.E. N° 81011 Antonio Raimondi se calificó con A, B, C y D representando el 8%, 33%, 25% y 33% respectivamente y para la I.E. Marcial Acharán y Smith se calificó el 8% con B, el 33% con C y el 58% con D.

La evaluación del parámetro 7 “Configuración en elevación”, se obtuvo una calificación de A para los pabellones A, B, C, D y E representando el 83%, pues no existe ninguna variación de las alturas de los dos pisos en el caso de los pabellones B y C, los pabellones A, D y E son de un solo piso, mientras que el pabellón F obtuvo la calificación B que representa el 17%, por no presentar la continuidad estructural en el segundo piso. Lo que no concuerda con lo obtenido por Abanto y Cardenas (2015) ya que se calificó con A, a todos los bloques de ambas instituciones educativas representando el 100%.

Evaluando cada pabellón con el parámetro 8 “separación máxima entre muros” se obtuvo una calificación C para el pabellón A representando el 17%, para los pabellones C y F se obtuvo la calificación B lo cual representa el 33% y para los pabellones B, D y E se obtuvo la calificación A representando el 50%. Estos resultados difieren en su totalidad con lo obtenido por Abanto y Cardenas (2015) ya que calificaron con A, B, C y D representando el 17%, 17%, 33% y 33% respectivamente para los bloques de la I.E. N° 81011 Antonio Raimondi y para la I.E. Marcial Acharán y Smith se calificó con A al 25%, con B al 8%, con C al 50% y con D al 17% de los bloques de dicha institución.

En relación al parámetro 9 “tipo de cubierta” se le asignó una calificación C para el pabellón A lo que representa el 17%, ya que presenta además la característica de su cubierta construida por calaminas y estructura de varillas de acero de $\frac{1}{2}$ ”, al pabellón F se le asignó la calificación de B representando el 16%, debido además de que su cubierta es de calamina y tiene estructura de madera, y para los pabellones B, C, D y E obtuvieron la calificación A representando el 67%, pues se tomó en consideración el techo, el cual es de losa aligerada de concreto armado. Estas calificaciones obtenidas difieren totalmente con lo obtenido por Abanto y Cardenas (2015) ya que para ambas instituciones educativas calificaron con D a todos los bloques en estudio, representando esto el 100%.

Así mismo, para la evaluación del parámetro 10 “elementos no estructurales” se obtuvo una calificación C para el 33% de los pabellones B y C por no presentar junta de separación sísmica y por presentar fisuras en alguno de sus elementos no estructurales, una calificación B para el pabellón A representando el 17%, el cual tampoco presenta la junta de separación sísmica entre edificaciones y para los pabellones D, E y F se obtuvo la calificación A representando el 50%, ya que los

elementos no estructurales tienen conexiones eficientes y no presentan ningún tipo de fallo o fisura. Por otro lado, Abanto y Cardenas (2015) obtuvieron resultados muy diferentes en ambas instituciones educativas ya que para la I.E. N° 81011 Antonio Raimondi el 100% de bloques se calificó con D y para la I.E. Marcial Acharán y Smith se calificó con C al 100% de los bloques estudiados.

Finalmente, la evaluación del parámetro 11 “Estado de conservación” obtuvo una calificación de A para todos los pabellones representando el 100%, debido a que los elementos estructurales que los componen se encuentran en buen estado. Esto difiere en su totalidad con lo obtenido por Abanto y Cardenas (2015) ya que para ambas instituciones educativas calificaron con D lo que representa el 100% de los bloques en estudio.

4.2. Conclusiones

Se concluye que, se determinó el grado de vulnerabilidad sísmica para la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga, mediante el método de índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini, por lo que el grado de vulnerabilidad sísmica es baja para cinco de seis pabellones y que el grado de vulnerabilidad sísmica es media para uno de sus pabellones. Por lo tanto, se puede confirmar en un 83% la hipótesis planteada, ya que, según la clasificación obtenida los pabellones B, C, D, E y F, conformados por once aulas, un auditorio, un aula de psicomotricidad, un aula múltiple, un aula de cómputo y tres baterías de servicios higiénicos tienen un grado de vulnerabilidad baja, por lo tanto, ante un sismo, se espera que éstos no presenten daños estructurales o al menos se produzcan daños no significativos. En cambio, el pabellón A conformado por la dirección y sala de profesores presenta un grado de vulnerabilidad media, por lo que se esperarían daños estructurales leves.

Se concluye que, se logró determinar y clasificar los once factores que intervienen en la evaluación del índice de vulnerabilidad sísmica para la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga, los cuales nos proporcionaron la información necesaria para poder establecer el índice de vulnerabilidad sísmica, según lo propuesto por Benedetti y Petrini. Estos factores o parámetros obtenidos variaron mucho en su calificación debido a que los pabellones de la institución educativa fueron construidos en diferentes años y por diferentes entidades, tanto privadas como estatales, lo cual nos indica que no se contó con un buen proceso constructivo. Se obtuvo más variación en la clasificación de los parámetros de organización del sistema resistente, configuración en planta, separación máxima entre muros, tipo de cubierta y elementos no estructurales; mientras que la clasificación más homogénea que se obtuvo fue en el

parámetro de estado de conservación, en el cual no se pudo observar daños estructurales visibles en todos los pabellones.

Se elaboró una ficha de recolección de datos para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica mediante el método de índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini, la cual ha sido validada por profesionales pertenecientes al Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) a través de una encuesta que evalúa las características analizadas en la ficha de recolección de datos para los once parámetros del método antes mencionado. Los profesionales que realizaron la evaluación y posterior validación fueron el Ing. Freddy Edinson Gallo Sánchez con Resolución N° 065-2021-CENEPRED/J y el Arq. Alexander Felipe Céspedes Cáceres con Resolución N° 106-2019-CENEPRED/J.

4.3. Recomendaciones

Se recomienda que, en el caso del pabellón A de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga, se cambie el tipo de cubierta ya que se ha observado que está compuesto de calamina y una estructura de acero, la cual no está correctamente apoyada y sujeta ni a la viga existente ni a los muros, representando así un peligro en caso de algún evento sísmico. De ser posible la cubierta deberá ser cambiada por una losa aligerada la cual tendrá que ser construida bajo la normativa vigente y con asesoría técnica. Para los pabellones B, C, D, E y F, se recomienda que, se hagan pequeños trabajos de mantenimiento como limpieza de cubiertas y retoques de pintura.

Se recomienda que, la dirección de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga solicite la documentación de los expedientes técnicos completos de los pabellones que fueron construidos por entidades estatales y particulares, ya que como se manifestó anteriormente no se contó con esta importante información, lo cual nos permitirá tener una revisión más exhaustiva para estudios posteriores. Así mismo, se recomienda realizar un estudio de suelos que nos permita establecer parámetros de construcción de acorde a los resultados obtenidos.

Se recomienda que, al lograr una ficha validada por profesionales expertos en la prevención y reducción de riesgos se haga uso de la misma para establecer estudios de vulnerabilidad sísmica de otras instituciones educativas ubicadas en el departamento de Cajamarca, contando así con una base de datos actualizada tanto de instituciones estatales y privadas, lo cual nos permitirá poder discutir resultados y alertar a las autoridades competentes si se llegase a verificar una vulnerabilidad sísmica alta o incluso media para los centros educativos analizados.

REFERENCIAS

- Abanto Valdivia, S. & Cardenas Cruz, D. J. (2015). Determinación de la vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti – Petrini en las instituciones educativas del centro histórico de Trujillo, provincia de Trujillo, región La Libertad. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12759/2056>
- Aguilar Marín, G. A., & Mudarra Abanto, C. M. (2018). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica mediante el método de índice de vulnerabilidad de la I.E. Liceo Trujillo-2018*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11537/14814>
- Andres Sanchez, A. (2020). *Aplicación del método de Benedetti y Petrini para determinar la vulnerabilidad sísmica en 16 viviendas informales en el Pueblo Joven Pro Vivienda - Primera Zona - del distrito de El Agustino - Lima*. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12727/7010>
- Caicedo Caicedo, C; Barbat Barbat, H. A.; Canas Torres, J. A. & Aguiar Falconí, R. (1994) *Vulnerabilidad sísmica de edificios*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/2117/27020>
- Campos Irigoín, R. (2019). *Riesgo sísmico del edificio del comedor universitario de la Universidad Nacional de Cajamarca*. Recuperado de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3204>
- Barreto Santamaria, M. P. (2020). *Tipología estructural en los barrios Santa Lucía, los Héroe, y la urbanización la Esperanza de la ciudad de Tunja*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11634/30341>
- Giron Delgado, C. L. & Carrasco Bautista, M. K. (2019). *Vulnerabilidad Sísmica Mediante el Método de Índice de Vulnerabilidad del Instituto Pedagógico Víctor Andrés Belaunde, Jaén, Cajamarca-2019*. Recuperado de <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/234>

Laurente Lliuyacc, A. & Ramos Salazar, J. P. B. (2020). *Vulnerabilidad estructural aplicando el método italiano para estimar la seguridad sísmica en las instituciones educativas en La Molina*. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12727/6790>

Mena Hernández, U. (2002). *Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas*. [Tesis de Doctorado, Universidad Politécnica de Cataluña]. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10803/6222>

Villavicencio Cedeño, E. G. & Marcillo Gutiérrez, G. T. (2020). *Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica basada en los métodos Benedetti y Petrini; FEMA 154 del edificio carrera de Ingeniería Agropecuaria - UNESUM*. Recuperado de <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2275>