



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL

“Aplicación de Norma E.030 para Evaluación de Vulnerabilidad Estructural de I.E. Nuestra Señora de las Mercedes, Distrito de Carhuaz, 2022”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Rodriguez Apolinario, Gilber Mariano (ORCID: 0000-0003-1455-9617)

ASESOR:

Ing. Sagastegui Vasquez, German (0000-0003-3182-3352)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

HUARAZ – PERÚ

2022

Dedicatoria

A Dios que estuvo espiritualmente en cada momento de sacrificio y esfuerzo. A mi madre, hermanos, por su constante amor inexplicable para mi superación personal, que siempre me apoyaron incondicionalmente; que en recompensa solo les dedico este humilde trabajo.

Agradecimiento

A mi asesor German Sagastegui Vasquez, que me dio su apoyo para llevar a cabo este trabajo y a la Universidad Cesar Vallejo, por estar en esta etapa donde culmina mi carrera. A dios, mi familia, amigos, docentes e ingenieros de la carrera de ingeniería civil, y todos que han sido parte de mi vida.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Índice de anexos.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. MARCO TEÓRICO.....	14
III. METODOLOGÍA	34
3.1. Tipo y diseño de investigación	34
3.2. Variables y Operacionalización	35
3.3. Población, muestra y muestreo	36
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	36
3.5. Procedimientos	37
3.6. Método de análisis de datos	38
3.7. Aspectos éticos	38
IV. RESULTADOS	39
V. DISCUSIÓN.....	59
VI. CONCLUSIONES	63
VII. RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS.....	65
ANEXOS	71

Índice de tablas

Tabla 1. Escala numérica del índice de vulnerabilidad de los edificios de albañilería. ..	<u>33</u>
Tabla 2. Determinación del complemento del índice de vulnerabilidad y comparación con el porcentaje de cumplimiento de la norma.....	<u>39</u>
Tabla 3. Espectro de sismo para los módulos de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del Distrito de Carhuaz - Ancash	<u>42</u>
Tabla 4. Peligro sísmico para los módulos de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del Distrito del Distrito de Carhuaz - Ancash	<u>43</u>
Tabla 5. Caracterización de los módulos de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del Distrito de Carhuaz - Ancash.....	<u>44</u>
Tabla 6. Análisis estructural de los módulos de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del Distrito de Carhuaz - Ancash.....	<u>44</u>
Tabla 7. Factores de participación modal I.E. Nuestra Señora de los Mercedes del Distrito de Carhuaz - Ancash.....	<u>50</u>
Tabla 8. Periodos y frecuencias modales I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del Distrito de Carhuaz - Ancash.....	<u>51</u>
Tabla 9. Reacciones en base I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del Distrito de Carhuaz - Ancash.....	<u>52</u>
Tabla 10. Síntesis de cumplimiento en base al modelamiento realizado en el programa en base a la norma E.030. I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del Distrito de Carhuaz – Ancash.	<u>53</u>
Tabla 11. Síntesis en base al modelamiento porcentaje de cumplimiento realizado en el programa en base a la norma E.030. I.E. Nuestra Señora de los Mercedes del Distrito de Carhuaz - Ancash.....	<u>54</u>
Tabla 12. Síntesis en base al modelamiento análisis estático de acuerdo a la norma E.030. I.E. Nuestra Señora de los Mercedes del Distrito de Carhuaz - Ancash.....	<u>55</u>
Tabla 13. Parámetros tomados en cuenta para el método de Benedetti y Petrini.....	<u>56</u>
Tabla 14. Cálculo para el índice de vulnerabilidad por el método de Benedetti y Petrini	<u>57</u>
Tabla 15. Determinación de vulnerabilidad por el método de Benedetti y Petrini.....	<u>58</u>

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Parámetros del modelo de vulnerabilidad sísmica de edificaciones de mampostería.....	21
Figura 2. Procedimientos	37
Figura 3. Aplicación de cargas al modulo 1	43
Figura 4. Modelamiento y respuesta del módulo 1	44
Figura 5. Distribución de cargas, corte, momento y desviación Viga 1	45
Figura 6. Distribución de cargas, corte, momento y desviación Viga 2.....	46
Figura 7. Distribución de cargas, corte, momento y desviación Viga 3.....	47
Gráfico 1. Complemento del índice de vulnerabilidad y comparación con el porcentaje de cumplimiento de la norma	40
Gráfico 2. Análisis estático de acuerdo a la norma E.030.....	55

Índice de anexos

Anexo 1. Declaratoria de autenticidad de los autores.....	71
Anexo 2. Declaratoria de autenticidad (asesor)	72
Anexo 3. Variables y Operacionalización	73
Anexo 4. Porcentaje de cumplimiento	75
Anexo 5. Ficha de observación para espectro sísmico.....	76
Anexo 6. Ficha de observación para modelamiento estructural.....	77
Anexo 7. Ficha de observación para análisis estructural	78
Anexo 8. Ficha de observación para índice de vulnerabilidad.....	79
Anexo 9. Arquitectura de planta.....	80
Anexo 10. Factor de amplificación sísmica	86
Anexo 11. Fotografías de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes.....	87
Anexo 12. Solicitud y constancia – I.E. Nuestra Señora de las Mercedes	96

RESUMEN

Perú uno de los países más sísmicos de América del Sur, es testigo de la ocurrencia de grandes terremotos. Las instituciones educativas deben de ser espacios seguros cumpliendo con requisitos de acuerdo a la norma E.030 del RNE, respetando el tipo de suelo. El objetivo fue, determinar cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica estructural aplicando la norma E.030 de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes. La metodología aplicada fue de tipo descriptiva con enfoque cualitativo. Los resultados obtenidos fueron, el perfil de suelo de 3 con S igual a 1.15; T_p igual a 0,6 y TL igual a 2. El comportamiento estructural estático fue adecuado. Sin embargo, los módulos 1 y 2 cumplen de forma general con la norma; las reacciones en base de acuerdo a los modelamientos establecidos tienden a ser demasiado altos. Los módulos 3,4 y 5 cumplen con los parámetros establecidos en la norma; debiéndose a la exposición a grandes cargas de un piso. El índice de vulnerabilidad; para el módulo 1 y 2 fue de 88.75; para el módulo 3,4 y 5 fue de 47.50 y para el módulo 6 fue de 307.50. El modulo con mayor peligro fue el 6. Se concluyó que el nivel de vulnerabilidad sísmica estructural aplicando la norma E.030 de la I.E. fue determinado en base al complemento del I_v para el módulo 1 y 2 de 76.80%, para los módulos 3, 4 y 5 fue de 87.58% y para el módulo 6 fue de 19.61%.

Palabras clave: Sísmico, Norma E.030, Vulnerabilidad Estructural

ABSTRACT

Peru, one of the most seismic countries in South America, is witness to the occurrence of large earthquakes. Educational institutions must be safe spaces complying with requirements according to the RNE E.030 standard, respecting the type of soil. The objective was to determine the level of structural seismic vulnerability by applying the E.030 standard of the I.E. Our Lady of the Mercedes. The applied methodology was descriptive with a qualitative approach. The results obtained were, the soil profile of 3 with S equal to 1.15; T_p equal to 0.6 and TL equal to 2. The static structural behavior was adequate. However, modules 1 and 2 generally comply with the standard; reactions based on established modeling tend to be too high. Modules 3,4 and 5 comply with the parameters established in the standard; due to exposure to large loads from a floor. The vulnerability index; for modules 1 and 2 it was 88.75; for module 3,4 and 5 it was 47.50 and for module 6 it was 307.50. The module with the greatest danger was 6. It was concluded that the level of structural seismic vulnerability applying the E.030 standard of the I.E. It was determined based on the complement of I_v for module 1 and 2 of 76.80%, for modules 3, 4 and 5 it was 87.58% and for module 6 it was 19.61%.

Keywords: Seismic, Standard E.030, Structural vulnerability

I. INTRODUCCIÓN

Los movimientos sísmicos omiten fronteras, de manera particular en Sudamérica, donde se encuentra la tectónica de placas de la Cordillera de los Andes que se encuentra en la capacidad de tener repercusiones, con similar intensidad, a diversos países de la región (Tamay, 2018). Sudamérica es uno de los lugares más propensos a riesgos de tipo sísmico, debiéndose esto a su ubicación geotectónica dentro del Cinturón de Fuego perteneciente al Pacífico, solo dentro del borde Occidental el cual pertenece a Sudamérica se reportó por medio de un conjunto de registros, 9849 sismos fueron evidenciados a través del catálogo del NEIC para un lapso de tiempo que varía entre 1980 - 2001 ($m_b > 4.0$) (López, Álvarez, & Villarreal, 2017, p.25). Estudios para la sismicidad de Chile identifican que la actividad sísmica que es evidenciada como dominante se debe directamente a la subducción provocada en la placa de Nazca que desciende bajo la placa Sudamericana (Fabres, 2017, p14). Para Paraguay se han evidenciado sismos de tipo natural que son provocados a partir de dos fuentes diferentes; una a causa de la subducción de las llamadas placas de Nazca y Sudamericana, que son fuente de sismos de tipo intermedio o profundos que se localizan dentro de la porción Occidental del territorio, y otra que se rige por estructuras que se presentan dentro de la Región Oriental del Paraguay que causan un conjunto de eventos de profundidad catalogada como somera (Caballero, Gadea & Figueres, 2018, p.6). Uno de los países más cercanos a Perú es Ecuador que se ubica dentro del conocido Cinturón de Fuego dentro del Pacífico, donde registraron un evento sísmico importante, el de Bahía de Caráquez en el año 1997 registrando magnitudes aproximadas a 7.1, lo cual puso al descubierto problemas que se relacionan el diseño sismoresistente dentro de este país, es evidente que existe la Norma Ecuatoriana de la Construcción; sin embargo, los estudios que tratan sobre este tema son escasos en dicho país (Theurer, et al; 2017, p.8). A partir de una mirada tectónica, desde la esquina noroccidental de Suramérica y a partir del sur centroamericano se halla un área con gran intensidad en deformaciones, que resultan de la interacción que se da entre las placas Caribe, Cocos, Nazca y Suramérica (Rodríguez, Barba, & Gómez, 2021, p.3). El Perú al ser un país sísmico por

naturaleza, ha testificado como ha ocurrido un conjunto de terremotos que han traído como consecuencias pérdidas humanas y materiales (Ramos, 2019, p.24). Al evaluar los periodos de retorno para eventos sísmicos con magnitudes superiores o iguales a 8.0Mw, se identificó 6 zonas que evidencian altos peligros sísmicos dentro de la región siendo estas, la costa dentro de la región norte de nuestro país, con periodos promedios de retorno que varían en rangos de 300 y 500 años; del mismo modo las costas dentro de la región centro y sur de nuestro país, evidenciaron rangos promedios que varían entre de 100 y 500 años (Mercado, 2018, p.4). A nivel regional se reveló que la vulnerabilidad depende del suelo que es del tipo S4 según la norma E.030 del RNE; por otro lado, un gran conjunto de viviendas de albañilería construidas a partir de confinamiento se han construido informalmente; es decir, no fueron asesorados por un especialista (Cerna, 2018, p.3). Es así que en nuestra realidad regional y local se construye de manera autónoma, haciendo que las edificaciones sean vulnerables, por lo que podemos observar múltiples problemas relacionados al mal estado de la edificación tanto estructural como arquitectónica no solo de casas o edificaciones grandes, sino en otro tipo de construcciones, identificándose a nivel local para el cerco perimétrico que se encuentra en losa deportiva de los Ángeles dentro del distrito de independencia, un 18.31% de patologías donde el servicio y el nivel de severidad para dicho cerco presenta patologías; leves en 41.58%, moderadas en 41.7% y severas en 16.20% (Vega, 2018, p.5). Las instituciones educativas deben de ser espacios seguros, cumpliendo no solo con un conjunto de normas arquitectónicas; también deben de cumplir con el diseño sismoresistente de acuerdo a la norma E.030 del RNE, respetando el tipo de suelo del lugar los cuales no son eficientes para la infraestructura. Esta situación lleva a un ciclo vicioso en nuestras edificaciones a nivel nacional, donde existen deterioros que no se corrigen en su debido momento por algún tipo de mantenimiento o conservación de infraestructura, lo cual a futuro puede generar accidentes, malestar e incomodidad en los usuarios. No es ajeno a esto los pabellones antiguos de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes que está ubicada en el distrito y provincia de Carhuaz, perteneciente a la región Ancash con

dirección en la Av. Santa Rosa S/N en el cercado de la ciudad, con una infraestructura que se construyó en el año de 1957 y que cuenta con 2 módulos de 2 niveles, 4 módulos de 1 nivel y 1 modulo donde funciona el auditorio, la cual está conformada de estructura porticado y de albañilería estructural que cuenta con una antigüedad de 62 años; donde la estructura presenta deterioros exteriores como los acabados y algunas fisuras; por consiguiente se tomará en cuenta establecer el nivel de vulnerabilidad estructural aplicando la norma E.030 de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del distrito de Carhuaz. Dado que el colegio está considerado en la categoría de edificaciones y factor de uso que se encuentra como edificaciones de tipo esencial con “categoría A2” es decir su función no deberá de interrumpirse de forma inmediata después de ocurrido un sismo severo; sino más bien debe de servir como refugio después del desastre. Por otro lado presenta geomorfología bastante accidentada, su clima es templado seco con fuertes fluctuaciones de temperatura 25 °C en el día y hasta 4 °C en horas de madrugada; el grado de humedad es casi despreciable, la humedad relativa es considerada generalmente baja durante el transcurso del año, variando entre 60% a 70% generalmente. Por otro lado, la humedad de la atmosfera disminuye de forma considerable con la altitud; teniendo en cuenta estas consideraciones, nuestro interés nace de la necesidad de conocer la rigidez y la resistencia de la estructura frente a un sismo severo que puede ocasionar fallas de la estructura y plantear soluciones. Siendo la filosofía del diseño sismoresistente evitar la pérdida de vidas humanas, asegurando el funcionamiento de los servicios básicos y reducir los daños causados de la propiedad; de acuerdo a la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Se plantea la siguiente **formulación del problema** ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica estructural aplicando la norma E.030 de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del distrito de Carhuaz, 2022?; del mismo modo, se plantean como **problemas específicos**; ¿Qué espectro sísmico tienen los módulos de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del distrito de Carhuaz, 2022?, ¿Cuál es el comportamiento estructural estático aplicando la norma E.030 de las edificaciones de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del distrito de

Carhuaz, 2022 frente a un evento sísmico?, y ¿Cuál es el índice de vulnerabilidad aplicando el método de Benedetti y Petrini de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes?. Donde se planteó como **objetivo general**, determinar cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica estructural aplicando la norma E.030 de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del distrito de Carhuaz, 2022; del mismo modo, se plantean como **objetivos específicos**; 1. Determinar qué espectro sísmico tienen los módulos de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del distrito de Carhuaz, 2022, 2. Analizar cuál es el comportamiento estructural estático aplicando la norma E.030 de las edificaciones de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del distrito de Carhuaz, 2022 frente a un evento sísmico, y 3. Analizar cuál es el índice de vulnerabilidad aplicando el método de Benedetti y Petrini de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes. **La hipótesis de la investigación es**, con la aplicación de la norma E.030 y el empleo del método de Benedetti y Petrini, se determinará el nivel de vulnerabilidad sísmica estructural de la I.E. Del mismo modo, como **justificación de esta investigación**, teóricamente por que revisará conceptos sobre evaluación de vulnerabilidad sísmica estructural, además de la norma.E.030 diseño sismoresistente. Del mismo modo, de manera práctica será útil ya que se podrán plantear recomendaciones para reforzar las estructuras de la institución, es decir la importancia de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica estructural, nos permitirá conocer cómo es que se encuentra el estado actual y real de la estructura y el riesgo de la edificación para evitar perder vidas de personas importantes para nosotros, ante un evento sísmico, por lo que contar con un estudio acorde a las Normas Técnicas Peruanas del Reglamento Nacional de Edificaciones E. 030 “Diseño Sismorresistente” sirve para resguardar como es que continúen los servicios básicos, buscando los mínimos daños a la propiedad, ya que la institución educativa está ubicada en la zona sísmica de tipo 3. Por último metodológicamente es de ayuda ya que se proporcionará una guía que servirá para evaluaciones de vulnerabilidad sísmica estructural, aplicable en infraestructura de edificaciones de instituciones educativas de diferente índole, para facilitar el estudio detallado, se tomará en cuenta su comportamiento incierto ante un sismo.

II. MARCO TEÓRICO

Se revisaron **antecedes a nivel internacional** tomando como referentes a; **Ordoñez, R., Bernal, A., & Ruiz, M. (2019)**. En su disertación doctoral titulada; análisis sísmico por el método directo de diseño sísmico en base a en desplazamientos (DDBD) de un aporcado como estructura en concreto comparándose con el método de fuerzas del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). Tuvieron como objetivo, realizar la comparación y el análisis del comportamiento de una estructura aporcada en concreto reforzado mediante el método empleado en base a fuerzas horizontales equivalentes (FHE) de acuerdo con el reglamento para la construcción sismo resistente (NSR-10) que rige en Colombia y el método directo de diseño sísmico que se enfoca en desplazamientos (DDBD). Usaron como metodología, un diseño descriptivo, documental y correlacional con un enfoque cuantitativo y con una fuente de información secundaria. Encontraron como resultados, que el diseño con el método DDBD suele ser más fácil que el método FHE, ya que sustituye la estructura existente por una equivalente SDOF dado que se toman en cuenta estructuras regulares. En cuanto a la comparación de fuerzas las del método DDBD son más pequeñas ya que parte el desplazamiento deseado o máximo que permite el NSR -10, a diferencia del método FHE. Concluyeron que; las diferencias entre los métodos FHE y DDBD se encontró en el cálculo de sus fuerzas horizontales es decir donde se da mayor reducción de F_i . se encuentra en el cuarto piso de edificación variando en un 20.46% con respecto al método de FHE. Determinando que las diferencias entre fuerzas sísmicas en direcciones X y y, se determinan por la reducción de la cortante basal, siendo la cortante basal de 2757.47 kN para el método FHE y para el método DDBD es de 2237.30 kN, lo cual se diferencia en 520.17 kN lo que representa un 18,86% de la cortante basal para el método FHE.

Pizarro, N., Tornello, M., Agüera, N., & Gioacchini, G. (2021). Estudian la vulnerabilidad de los edificios educacionales ante sismos, comparando esto con métodos cualitativos. Donde tuvieron como objetivo, detectar aquellas estructuras que sirven como cuerpos estructurales que presentan

vulnerabilidad para ser analizados mediante métodos que requieren cuantificarse de forma más rigurosa. Los métodos utilizados que se usaron fueron; el de Pizarro para la evaluación de edificios que toma en cuenta valoraciones de tipo de construcción y peso, basándose en parámetros sismoresistentes y el nivel de vulnerabilidad y las acciones que se deben de seguir. Del mismo modo se tomó en cuenta el índice de vulnerabilidad mediante el método FEMA P -154. Donde reportaron como resultados que el método de Pizarro, es adecuado en función de las irregularidades y brinda valores que son semejantes al FEMA P -154; sin embargo a juicio de expertos, el método de Pizarro, presenta valores más resistentes. Concluyeron que, el método FEMA P -154 presenta coherencia a diferencia del otro método, si bien el análisis que realiza es muy general y es necesario que el observador posea experiencia suficiente, ya que se pueden generar datos equivocados. Sin embargo el método de iv de Pizarro es mucho más fácil y se puede realizar por inspección ocular, además esta última sirve para el conteo de información y la aplicación de métodos que aseguren rigurosidad tales como irregularidades de tipo estructural.

Núñez, F., Ruiz, D., & Cortés, J. (2021). En su investigación, análisis dinámico no lineal de edificios de acero sometidos a sismos. Donde tuvieron como objetivo, realizar una evaluación sísmica no lineal dinámica de seis edificaciones. Usaron como metodología, métodos no lineales mediante un software de elementos finitos, pautas de FEMA 356, incluyendo tres movimientos de tierra modelados de forma perpendicular norte-sur, este-oeste y vertical. Se encontraron como resultados, que las proporciones $W_{\text{fierro}}/W_{\text{concreto}}$, para los diseños de espectro lacustre y de estribaciones son respectivamente 0.70 y 0.62 para edificios de 5 pisos; para edificios de 12 pisos fue de 0.53 y 0.53 y para 20 pisos fue de 0.39 y 0.46 respectivamente. Concluyeron que dado que ninguno de los elementos cedió, las estructuras no superaron el rango lineal, presentando un comportamiento elástico. Asimismo, no hubo rotura de las conexiones diseñadas para la ocurrencia sísmica esperada bajo los espectros Foothill - B y Lacustrine - 500, que corresponden a los espectros de aceleración más altos y más bajos respectivamente. Además, la comparación de los pesos

totales de la estructura (hormigón vs. acero) y su comportamiento estructural sugiere que el sistema estructural de acero es un sistema competitivo más económico, con menores requisitos de sistema de cimentación, en comparación con estructuras de hormigón del mismo tamaño y geometría arquitectónica.

A nivel de **antecedentes nacionales** se revisaron a autores como; **Carbajal, C. (2019)**, en su tesis, análisis y diseño estructural basada en comparaciones de la Norma E. 030 del 2016 y 2006 para un edificio de uso hotel dentro de la ciudad de Tacna. Cuyo objetivo fue, realizar la determinación del análisis y diseño estructural para una edificación que tendrá uso hotel enfocándose en las comparaciones entre Normas E.030 del 2016 y del 2006. La metodología utilizada fue de descriptiva y el diseño que se utilizó fue explicativo; la población se conformó por edificios de uso hotel y la muestra fue un edificio de uso hotel Plaza Sur de cinco niveles y azotea, donde se aplicó el muestreo no probabilístico, obtuvo como resultados que el análisis sísmico se mostraron diferencias que se describieron para las características geométricas estructurales. Además los factores relacionados como el Z varían en comparación a la norma del 2016 pasando a ser cuatro zonas, presentando el lugar un valor de 0,40 antes y ahora de 0,45 incrementándose porcentualmente en 12,5 %. Del mismo modo, el patrón el suelo encontrado fue intermedio, además el valor de S varió de 1,20 con la antigua Norma a 1,05 con la nueva reduciéndose en 12,5 %. Además las consideraciones para cualquier irregularidad en la estructura paso de un factor de $\frac{3}{4} R$, siendo $R = 4,5$ a los factores l_a e l_p , los cuales influyeron de manera directa en el coeficiente de reducción, siendo $R = 5,4$, aumentando en un 20 %. Concluyo que, en el análisis estático la deriva máxima con la Norma antigua fue de $D = 0,005$, y con la Norma E.030 del 2016 fue de $D = 0,066$ aumentando en 32 %. Estando dentro de los límites máximos que se permiten de $D = 0,007$. La cortante estática en la Norma antigua fue $V = 412$ t y para la del 2016 fue $V = 337,97$ t, donde se observa un cambio a nivel de fuerzas de 17,96 %. Finalmente, la varió en 6,11 % siendo más económica la última norma estudiada.

Calle, C. (2017), en su estudio, vulnerabilidad estructural de la I.E. N° 10024 Nuestra Señora de Fátima, tuvo como objetivo evaluar la vulnerabilidad estructural frente a sismos severos de módulos presentes en la institución durante el año 2017. Donde usó como metodología con tipo de investigación tecnológica con enfoque cuantitativo con diseño pre-experimental con metodología Rapid Visual.Screening (FEMA 154) y la NTE. E.030. la población fue el conjunto de módulos que conforman la institución, con muestra módulos de 4 aulas, de 3 aulas, de laboratorios, de biblioteca y talleres; Donde encontró como resultados que, el suelo se compone de arcilla combinada arena la cual tienen una capacidad portante media aproximada de 0.54 kg/cm² los cuales son óptimos para locales pertenecientes a instituciones educativas. Además los módulos referentes al año 2001 son considerados aceptables es decir proporcionan resistencia adecuada a los componentes estructurales, diferenciándose a las del año 1950 que presentaron concreto de calidad menor que no contribuye con la resistencia y no brinda soporte de fuerzas. Concluyó que los módulos pertenecientes al año 2001 poseen características superiores en cuanto a la configuración estructural los cuales permitieron ser estructuras confiables frente a un evento sísmico, diferenciándose de los Módulos del año 1950 y las edificaciones que comprenden la I.E. N° 10024 que son relativamente nuevas.

Avalos, M. (2018). Desarrollo del análisis estructural para mejorar el equilibrio sísmico, pabellón B del Colegio Virgen de la Puerta, Los Olivos, 2018. Tuvo como objetivo, mejorar los análisis realizados estructuralmente para hallar el equilibrio a nivel sísmico en el pabellón B dentro de la institución educativa. Uso como metodología, una investigación aplicada, cuantitativa y diseño experimental. Encontró como resultados, que la cobertura encontrada fue arcilloso limoso, encontrando material gravoso arenoso medianamente compacto hasta una profundidad máxima de 2.50 m. la cimentación convencional existente o de cimientos corridos conectados, se encontró siempre sobre grava arenoso y a partir del nivel piso terminado + 0.00m hasta una profundidad determinada como mínima para la cimentación en

evaluación $D_f=0.90$ m. Concluyó que el coeficiente de empuje activo promedio de $K_a=0.27$ (grava arenosa). Realizado mediante el análisis granulométrico, se determinó la clasificación SUCS como; grava malograda con arena y mediante el análisis químico realizado en el laboratorio para los suelos, se determinó la agresividad química del suelo siendo esta de niveles bajos.

Enríquez, J. (2018), en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la universidad señor de Sipán, evaluación de la vulnerabilidad sísmica del edificio de ingeniería de la Universidad Señor de Sipán, actualizada a la norma E-030 2016, tuvo como objetivo evaluar la vulnerabilidad sísmica de la edificación frente a sismos presentados como severos. Usó una metodología de tipo cuasi-experimental, con diseño integrado a estudios de casos, con instrumentos documentales, usando la metodología FEMA 154 y 310, Donde obtuvo como resultados, que los Bloques 1, 2 y 3 analizados con la metodología FEMA 154 tienen una “Alta probabilidad de sufrir daños descritos con grado 3”; y una “Muy alta probabilidad de tener daños conocidos con grado 2”, y los componentes ligados al ascensor como bloques tienen la “probabilidad de presentar daños grado 1”; además los resultados del análisis dinámico con relación a los bloques que se evaluaron superan ambos ejes estableciendo un $\Delta_{\text{máx}} = 0.007$. Concluyó que, los sistemas estructurales de acuerdo al FEMA 154 que rigen a los 4 bloques, los Bloques 1 y 3 presentan sistemas duales de tipo C1/C2, el 2 además posee un sistema estructural tipo C1 y el Bloque 4 es de tipo C2.

Rodríguez, R. (2019), en su tesis doctoral, vulnerabilidad estructural ante riesgo sísmico de las viviendas de la subcuenca Chucchun – Carhuaz. Tuvo como objetivo realizar la identificación y caracterización del territorio y de los indicadores que repercuten en la vulnerabilidad estructural de las viviendas ante riesgos de tipo sísmico. La metodología que se aplicó fue de diseño no experimental, de tipo descriptivo y transeccional, usó como instrumento cuestionarios y fichas de evaluación, donde aplicó encuestas a una muestra de 343 viviendas. Los resultados obtenidos evidenciaron que el territorio de

la subcuenca Chucchun, de acuerdo con la zonificación, está en la zona 3, zona de alta sismicidad que se asocia a procesos de subducción de la placa de Nazca que interacciona con la Placa Continental y del mismo modo se identificó el silencio sísmico existiendo ausencia de este en 50 años aproximadamente, siendo la probabilidad de que ocurra un sismo alto; además por características litológicas, de pendiente y de susceptibilidad o exposición presentó condiciones de vulnerabilidad descritas como altas y muy altas. Concluyó que las viviendas presentaban índice de vulnerabilidad de 0.25 correspondiente a vulnerabilidad alta y ante la concurrencia de riesgos sísmicos, las viviendas estudiadas son vulnerables altamente lo cual trae como consecuencia, pérdidas a nivel social, poblacional y económico en las localidades de la subcuenca Chucchun.

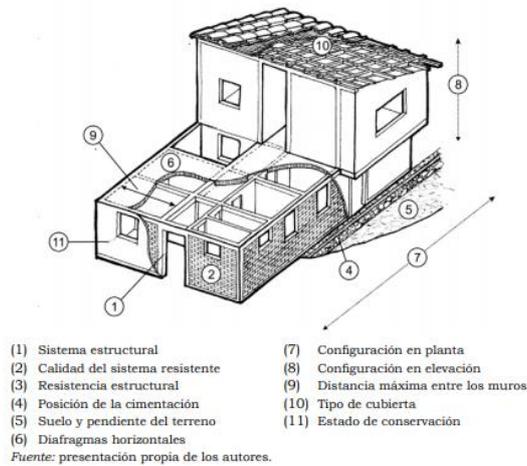
Viera, R. (2018), en su tesis para obtener el título en ingeniería civil, vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas de albañilería confinada de la ciudad de Recuay-Ancash-2017, Tuvo como objetivo mostrar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas. Donde usó como metodología, una investigación tipo descriptiva con diseño no experimental, transeccional. La población fue 47 viviendas de ladrillo o bloques de concreto del distrito de Recuay y la muestra 28 viviendas autoconstruidas de albañilería confinada, los instrumentos fueron fichas de campo y de reporte. Obtuvo como resultados que el 36% de las viviendas estudiadas se presentaron como informales presentando vulnerabilidad sísmica alta, donde el 36 % presenta vulnerabilidad sísmica determinada como media y el 28 % vulnerabilidad sísmica caracterizada como baja. Concluyó que solo 8 viviendas construidas de manera informal de albañilería confinada se construyeron bien, y las otras presentan alta vulnerabilidad sísmica; en cuanto a la densidad de muros se encontró que el 54 % de los muros estudiados se describen como adecuados, comparándose con el 89 % de los muros estudiados de manera perpendicular a la fachada, también se reportó que el 25 % de los muros que se llegaron a estudiar en el sentido de la fachada se describen como aceptables comparándose esto a un 11 % de los muros descritos en sentido perpendicular a la fachada.

Así mismo se revisaron bases teóricas referidas al tema, revisando primero la vulnerabilidad sísmica que se enfoca en edificaciones que se refieren a la vulnerabilidad de tipo estructural como aquella que se origina por un sismo refiriéndose a la susceptibilidad que presenta cualquier edificación frente a daños probables que se dan en aquellas partes del sistema estructural que trabajan para mantenerlo en pie frente a una intensidad elevada de sismos. Las herramientas que se utilizan para su evaluación han servido como objetos para recopilar información. La clasificación básica de estas metodologías las diferencia en analíticas y cualitativas **(Mendoza, 2015, p.24)**. Los métodos analíticos tienen su funcionamiento en la interacción de un modelo numérico que representa la estructura estudiada con la carga de un sismo probable.

El análisis de vulnerabilidad para una edificación se entiende cómo los cálculos en base a la capacidad que tiene una estructura para servir como soporte ante un conjunto de solicitaciones sísmicas que se dan de manera real. Esta evaluación se diferencia de manera sustancial ante procesos de análisis realizados en fases de diseño, es así que las cargas deberán de ser reales, de manera similar que la resistencia y ductilidad estructural y de los elementos, sin tener en consideración factores de seguridad tradicionales **(Barbat, & Pujades, 2004, p.44)**.

La vulnerabilidad sísmica puede evaluarse por medio de procesos ligados al levantamiento de planos en combinación con técnicas de observación enfocándose en el estado de configuración producto de un conjunto de sismos y posterior conjunto de cálculos estadísticos, llamándose a este proceso vulnerabilidad observada. Y conociendo como vulnerabilidad simulada, al proceso de simulación sísmica no lineal basadas en estructuras **(Carrillo, 2008, p.95. y Rondón, Cho, & Araujo, 2007, p.151)**.

Figura 1. Parámetros basados en el modelo de mampostería para vulnerabilidad sísmica.



Fuente: Rondón; Cho y Araujo. Índice de vulnerabilidad sísmica en edificaciones.

Del mismo modo se revisó el concepto de riesgo sísmico, que si bien el término es un poco confuso; la UNESCO crea en 1980 una relación basada en la ecuación siguiente.

Risk = hazard x vulnerability x value at cost

El término risk, que se traduce en español como riesgo, coge cada aspecto del problema, incluyendo el punto de vista económico. El término Hazard, se define como riesgo o peligro en español, sin embargo ciertos autores prefieren utilizar el término peligrosidad sísmica. En base a esto se pueden establecer relaciones entre riesgo con peligrosidad, vulnerabilidad y valor económico (Muñoz, 1989, p.199).

Riesgo = peligrosidad*vulnerabilidad* valor-económico

Al definir la peligrosidad sísmica desde el punto de vista de emplazamientos esta es señalada como la probabilidad en que los parámetros miden los movimientos del suelo en base a posibles ocurrencias de terremotos,

basándose en un umbral dado, durante un periodo de tiempo que es de interés de estudio **(Muñoz, 1989, p.200)**. Para realizar la evaluación el riesgo sísmico en base a estructuras existentes se debe establecer el grado de daño que se produce a causa de un terremoto. Hay muchas herramientas para calcular el grado de daño como, siendo los métodos basados en el índice de vulnerabilidad las que definen las acciones sísmicas en base a la EMS-98 o escala macroscópica europea **(Grünthal, & Levret, 1998, p.13)**, y los comportamientos de la estructura descritas en base al índice de vulnerabilidad **(Lantada, 2010, p.210)**. Otras herramientas que se usan son los métodos basados en espectros de capacidad presupuesto **(Freeman, 1998, p.14)** y que siguen siendo investigadas, mejoradas y aplicadas **(Barbat, et al., 2016, p.67)**.

El riesgo sísmico nace a partir de dos conceptos que son peligrosidad sísmica y el comportamiento dinámico estructural que se obtiene por el sometimiento de acciones accidentales externas. Por otro lado para la peligrosidad de tipo sísmico; se tomará en cuenta la ubicación, incertidumbre en la predicción, ubicación y cuantificación de las fuerzas sísmicas, mientras que para el comportamiento dinámico estructural, la incertidumbre que se tomará como referencia sigue el patrón del comportamiento de la estructura, la calidad de los materiales constructivos y los procesos constructivos y la mano de obra, entre otros **(Irizarry, 2011, p.443)**. Sin embargo, se excluyen construcciones ya existentes, que en su mayoría fueron diseñadas dejando de lado consideraciones sísmicas y normativas, donde en el mejor de los casos, solo se aplicaron métodos estadísticos para la determinación de fuerzas de tipo horizontal y equivalente, los cuales no toman en cuenta los diseños sísmicos apropiados **(Mena, 2002, p.5)**.

Destacando la importancia del diseño de terremotos severos desde un ángulo histórico, es necesario tomar en cuenta perspectivas que garanticen la seguridad en contra de los daños configurados como excesivos, y configuraciones en base actualizaciones reglamentarias de acuerdo a los avances de tipo tecnológico y las enseñanzas que dejan los terremotos que han acontecido pérdidas irreparables **(Cardona, 1999, p.17)**.

Del mismo modo, se revisó, como es que se debe de evaluar la vulnerabilidad sísmica que junto a la capacidad de carga, incluye procesos que se asocian al análisis de la estabilidad de toda la estructura y al modelamiento analítico de la estructura determinando como es que se comportan un conjunto de cargas sobre los elementos de tipo estructural, del mismo modo la estabilidad estructural toma en cuenta evaluar condiciones en base a movimientos de tipo longitudinal y transversal, los anchos de los apoyos para evitar pérdidas de soporte, y conexiones entre tramos que toman en cuenta estructuras y otros aspectos que se relacionan **(Yamin, & Ruiz, 2001, p.78)**.

Por otro lado el peligro sísmico, es aquella situación de amenaza donde hay posibilidad de que ocurra una cualquier tipo de infortunio, durante un evento sísmico. Para estudiar el peligro sísmico dentro de la norma se tendrá en cuenta cuatro indicadores desarrollados dentro de la Norma E.030, los cuales incluyen; al factor de zona, el perfil que determina el suelo, los parámetros enfocados en el sitio y los factores de amplificación de tipo sísmico.

Se debe de tener en cuenta también a la zonificación que es la división del Territorio peruano, como tal el espacio del Perú está dividido en cuatro zonas, lo cual está fundamentado en el tipo de distribución que se da en el espacio de la sismicidad que se observa, las características de tipo general que se enfocan en el movimiento sísmico y la forma en que se atenúan estos por medio de la distancia a partir del epicentro, así como la recopilación de un conjunto de datos que detallan la neotectónica. Asignando a cada zona un factor representado mediante la letra Z, que es interpretado como la forma que es interpretada la aceleración máxima producida de forma horizontal desde el suelo rígido con probabilidades iguales al 10% para ser excedidas dentro de los próximos 50 años. Siendo un factor que se expresa en función de la aceleración gravitacional.

Para tener en claro esto se revisaron los perfiles que son necesarios para la clasificación de los suelos, que de acuerdo a la Norma en cuestión, estos son clasificados tomando en cuenta la velocidad promedio que se requiere para la propagación de las conocidas ondas de corte (V_s), o de manera alternativa, para suelos de tipo granular, se toma en cuenta por medio de

promedios ponderados ensayos de penetración estándar (N_{60}), los cuales son obtenidos por medio de los ensayos de penetración estándar (SPT), o los promedios ponderados enfocados en la resistencia al corte en condiciones no drenadas (S_u) para suelos cohesivos. Siendo propiedades que se determinaran hasta los 30 metros lo cual determinan niveles superiores para los perfiles de suelo que se miden desde el fondo de la cimentación. Para suelos donde predomina el tipo de estrato granular, se calcula en base al N_{60} tomando en consideración espesores de cada estrato de tipo granular. Para suelos donde predomina la cohesión, se toma en cuenta la resistencia al corte en condición no drenada, el S_u es calculado como el promedio ponderado de valores lo cual corresponde a los estratos cohesivos; lo cual es un método que se aplica a suelos de tipo heterogéneo, siendo estos; de tipo cohesivo y granular. Por lo que, desde el N_{60} los estratos son clasificados como granulares y a partir del S_u se clasifican como suelos cohesivos por lo que se obtienen clasificaciones de sitio diferentes, tomando como correspondencia el tipo de perfil que se detalla como más flexible. En cuanto a la norma clasifica los perfiles de suelo en cinco siendo estos:

Perfil Tipo S0; que se refiere a la roca que se clasifica como dura tomando en cuenta el perfil al cual corresponde a rocas que se integran a velocidades de que tienen que ver con la propagación de ondas relacionadas al corte V_s siendo esto mayor a 1500 m/s. Todos estos tipos de medición, corresponden a los sitios para desarrollar proyectos relacionados a perfiles relacionados a la roca misma de acuerdo a la formación con igual o mayor intemperismo o fracturas. Tomando en consideración que hasta los 30 metros de profundidad existe roca dura, las mediciones relacionadas a la velocidad de ondas de corte podrán usarse para estimar el valor de V_s .

El perfil Tipo S1; que se le conoce por tener como característica ser de roca o tener suelos con características de rigidez correspondiendo esto a los tipos de rocas que tienen distintos niveles de grados de facturación, pasando de macizos a homogéneos y los suelen ser rígidos de acuerdo a la velocidad en

que se propaga la onda de corte lo cual varía el valor V_s , entre 500 m/s y 1500 m/s, incluyendo casos donde se cimienta la roca fracturada, esto tiene resistencia a la compresión no confinada q_u que tiende a ser mayor igual a 500 kPa (5 kg/cm²); del mismo modo se tiene a la arena con características muy densas que toma en cuenta grava arenosa densa, con N_{60} mayor a 50; teniendo como característica la arcilla de ser muy compacta teniendo como espesor menor que veinte metros, con características de resistencia al corte en condiciones no drenadas S_u superior a 100 kPa (1 kg/cm²) con incrementos graduales de las propiedades que tienen que ver con la mecánica en función de la profundidad.

El perfil tipo S2; que se conoce como suelos de tipo intermedio siendo esta características del perfil donde los suelos son caracterizados como medianamente rígidos, donde las velocidades para propagar las ondas de corte V_s , oscilando estos valores entre 180 m/s y 500 m/s, incluyendo casos donde se toma en cuenta la cimentación sobre: arena densa, gruesa media, grava arenosa, medianamente densa, con valores aproximados del SPT N_{60} , que están en el rango de 15 a 50; del mismo modo el suelo cohesivo compacto, con resistencia en condiciones no drenadas al corte S_u , varía entre los 50 kPa (o 0,5 kg/cm²) y 100 kPa (o 1 kg/cm²) incrementándose gradualmente las propiedades mecánicas a medida que aumenta la profundidad.

El perfil tipo S3, que se conoce como suelos blandos donde corresponden los tipos de suelo flexibilizándose con velocidades relacionadas a la propagación de las ondas de corte V_s , menores o iguales a 180 m/s, donde se incluyen casos donde se cimienta sobre arena de tipo fino, grava o arenoso, con valores aproximados de SPT N_{60} inferior a 15; para suelos cohesivos de tipo blando, las resistencias de corte en condiciones no drenadas varían de S_u , en rangos de 25 kPa (0,25 kg/cm²) a 50 kPa (0,5 kg/cm²) incrementándose gradualmente las propiedades mecánicas en base a las profundidades obtenidas. Por otro lado cualquier tipo de perfil que no tenga correspondencia con el tipo S4 teniendo más de 3 m de suelo en base

a parámetros como los índices de plasticidad PI mayores a 20, y contenidos de humedad ω mayores a 40%, presentan resistencias de corte en condiciones no drenadas S_u menores a 25 kPa.

Perfil tipo S4; que corresponden a características excepcionales correspondiendo a estos tipos de suelo con características flexibles donde las condiciones geológicas y topográficas tienen la peculiaridad de mostrarse como favorables o desfavorables, donde se requiere efectuar estudios específicos para algunos lugares, considerando los estudios de mecánica de suelos que son determinantes para esto se revisaron también los parámetros de sitio que son aquellos parámetros donde se consideran los tipos de perfil que mejor describen las condiciones del lugar dependiendo de esto, se utilizarán los correspondientes valores relacionados al factor de amplificación del suelo (S) y aquellos que corresponden a los períodos; que definen las plataformas relacionadas al factor C (TP) y a los períodos que definen los inicios de la zona por medio del factor C con desplazamiento constante (TL). Del mismo modo, todo esto se relaciona con el factor de amplificación sísmica (C), teniendo en cuenta en base a las características que se definen para el sitio se define C, en base al período fundamental de la estructura que toma en cuenta tanto el análisis estático y el análisis dinámico. El período que define la plataforma del factor C (TP) y el período que define el inicio de la zona con factor de desplazamiento constante relacionado a la definición de las siguientes expresiones.

$$T < TP \text{ entonces } C = 2,5$$

$$TP < T < TL \text{ entonces } C = 2,5 \cdot (TP/T)$$

$$T > TL \text{ entonces } C = 2,5 \cdot (TP \cdot TL/T^2)$$

Además, se dirá que este coeficiente es interpretado como los factores relacionados a la amplificación estructural de acuerdo a la aceleración que se da en el suelo. Para definir la estructura en una construcción se debe de tener presente los criterios de estructuración como; las cargas que son los esfuerzos externos a que son puestos a prueba a elementos constructivos y se expresan en base a las unidades relacionadas al peso, en unidades que se relacionan al peso por longitud en base a unidades de peso que se da dentro de una superficie unitaria en kg; kg/m y kg/m², de acuerdo a los sistemas métricos en base a superficies decimales. Siendo estas puestas a prueba a los distintos elementos de estructuras, constituyendo varios conjuntos estructurales en base al ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (MVCS) durante el año **(MVCS, 2017, p.374)**.

También se tomó en cuenta a la Norma E.030, que es la norma del reglamento nacional de edificaciones (RNE), encargada del diseño sismoresistente, con 9 capítulos dentro de los cuales toma en cuenta el peligro sísmico, la caracterización estructural, el análisis estructural y la validación de una estructura con el fin de evitar pérdidas de tipo humana, asegurando la continuidad de servicios de tipo básico, minimizando los daños **(MVCS, 2017, p.382)**. Esta norma pone en relieve la caracterización de la edificación que se basa en el análisis de varios indicadores como: la categoría y factor de uso U de un conjunto de edificaciones, definir las categorías y sistemas estructurales de las edificaciones, evaluación de reducción de fuerzas de tipo sísmico, factores relacionados a la irregularidad y el coeficiente de reducción **(MVCS, 2017, p.386)**.

Del mismo se tomó; en consideración los análisis estructurales; que se refieren a los estudios estructurales, que se refieren a los estudios relacionados a la estructura, donde se consideran modelos de análisis sísmico estático, donde se toma en cuenta el adicionamiento de cargas permanentes y totales, de las edificaciones dentro de un porcentaje de carga viva y sobrecarga **(Sánchez, Stewart, & Álvarez, 2018, p.40)**; y el análisis dinámico que se basa en estudios que se relacionan a los movimientos como

respuestas a las fuerzas y momentos que se aplican de manera externa para conocer los movimientos de los sistemas, y las fuerzas que gobiernan; todos estos tipos de análisis incluyen procesos para la estimación de fuerzas externas que dependen de la posición relativa entre componentes del sistema **(MVCS, 2017, p.374)**.

Este tipo de análisis, toma en consideración el diseño estructural, que se define como el dibujo que se hace para que sirvan de modelos de realización detallados en base a la ejecución de acciones e ideas; entonces el diseño estructural es el trazo de un plan detallado, para poder realizar las estructuras de una edificación. El criterio que se usa para clasificar un conjunto de sistemas de tipo estructural tiene como objetivo comprender como es el funcionamiento básico, con el fin de corregir conflictos de verticalidad gravitacional terrestre y dinámica relacionada a la horizontal. Teniendo en cuenta la comprensión de los mismos es necesario tener en cuenta el funcionamiento de los mismos **(Torres, 2019, p.34)**.

Primero; es necesario nombrar las estructuras que participan de manera activa; siendo estas aquellas que intervienen de acuerdo a la forma en que el material participa describiéndose un conjunto de sistemas de fuerzas. Es así que esta familia estructural se compone por un conjunto de estructuras conocidas como estructuras de tracción, dividiéndose estas en estructuras de tracción pura, neumáticas y de comprensión dominantes. En base a esto los sistemas más económicos son los que se requieren para cubrir grandes luces atendiendo a relaciones de peso y luz **(Engel, 1970, p.128)**.

Segundo, estructuras de superficie activa; que son descritas como sistemas laminares, sirven en función de la continuidad superficial y la combinación de esfuerzos de compresión y tracción que actúan de manera normal en las secciones tangenciales tomando como referencia su radio de curvatura. Estas familias como tal se dividen en sistemas de cascaras y plegables; siendo las primeras reconocidas como laminas curvas y a los segundos como sistemas de láminas curvas que funcionan en conjunto con láminas planas que están en vínculos por medio de bordes y aristas **(Engel, 1970, p.129)**.

Tercero, se toma en cuenta estructuras con funcionalidad de vectores activos denominados reticulados o barras, siendo aquellas que tienen por funcionalidad relacionarse a un conjunto de componentes denominados barras que se vinculan a nudos por medio de la triangulación, todo esto se debe a las solicitudes de tracción y compresión que se ejerce de manera axial en el elemento estructural del eje. Dividiéndose esto en sistemas de planos triangulares y estereó estructuras. La descomposición de las fuerzas que se aplican en los nudos son considerados articulados a partir de la dirección de elementos que concurren con los mismos **(Ortega, 2016, p.16)**.

Cuarto, se tienen a las estructuras que tienen masa activa, siendo estas las que funcionan en base a la flexión dominante, combinando un conjunto de esfuerzos relacionados a la tracción y a la compresión de planos normales a la sección de elementos con esfuerzos tangenciales, mismos que actúan en base a continuidades de masa debiéndose esto a la cantidad de material, subdividiéndose en sistemas de tipo superficial y lineal, si bien esto no es económico son los que tienden a tener mayores aptitudes para la materialización de planos horizontales los cuales se requieren para el desplazamiento de este tipo. En cuanto a la deformación que se da de manera específica esta se presenta mediante la curvatura de los ejes y las consecuencias producidas por la flexión **(Castells, 2005, p.16)**.

Y quinto, se toma en cuenta estructuras para fundaciones, que son aquellas que se encargan de transmitir cargas a los terrenos. Subdividiéndose en sistemas directos e indirectos de fundaciones **(Viera, 2018, p.28)**.

Se revisó la Categoría para las Edificaciones y el Factor de Uso relacionados a estas (U), donde se tomaron en cuenta niveles en base a edificaciones; esenciales (A), importantes (B), comunes (C) y temporales (D). El factor de uso que se denomina también de importancia (U), se usará de acuerdo a las clasificaciones que se hacen. Para construcciones que poseen aislamiento sísmico se considera $U=1$. Al ser los centros de estudios instituciones educativas estas se categorizan y describen de acuerdo a norma como A2;

siendo edificaciones esenciales cuya función no debe de interrumpirse de manera seguida luego de que ocurran los sismos severos debiendo interrumpirse de forma seguida luego de que ocurra un sismo de tipo severo tal es el caso de los establecimiento de salud que no se encuentran comprometidos como categorías A1; es así que todas las edificaciones que sirvan como refugios, su colapso puede representar riesgos adicionales, por tanto es necesario resguardarlos.

En base a lo anterior los sistemas estructurales son clasificados como; estructuras de concreto armado, donde todos los elementos participan en la conformación del sistema simorresistente estructural, cumpliendo con las disposiciones especiales que se dan para el diseño sísmico en base a la Norma Técnica E.060. Siendo estos; pórticos o estructuras donde al menos participa el 80% de la fuerza cortante que actúa sobre la base de las columnas. En muros estructurales deben tener la capacidad para resistir fracciones de acciones sísmicas totales en base a la rigidez que presenta el sistema.

Muros Estructurales; que representan los sistemas relacionados a la resistencia sísmica dados de forma predominante por muros de tipo estructural sobre los que actúan al menos el 70 % de la fuerza cortante en la base. Dual que es el sistema estructural donde las acciones de tipo sísmico se resisten por medio de una combinación entre pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que se toma en consideración para los muros varía en un rango de 20 % y 70 % de la cortante en la base del edificio. Los pórticos generalmente se diseñan con el fin de brindar resistencia por lo menos al 30 % de la fuerza cortante en la base.

Estructuras de Albañilería, son edificaciones cuyos elementos denominados sismorresistentes se clasifican como muros que se toman en cuenta por medio de bases de unidades de albañilería en función de arcilla o concreto. Para efectos de normas no se diferencia entre estructuras para albañilería confinada o armada. No obstante, ya que existen módulos de

tierra, también hay estructuras de tierra que sirven como unidades de albañilería.

Categoría y Sistemas Estructurales, en base a las categorías de las edificaciones y la zona donde se ubican, estas se proyectan empleando sistemas de tipo estructural que son indicados en la norma E. 030, tomando en cuenta restricciones para la irregularidad, para instituciones educativa y módulos en particular las categorías son A2 donde se encuentran; estructuras de concreto: con sistemas duales, muros de concreto armado, albañilería confinada y armada.

Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de Fuerzas de Tipo Sísmico (R0). Estos sistemas son clasificados por medio de los materiales que se usan y los sistemas desarrollados para la estructuración sismoresistente; las direcciones de análisis como se indican al presentar más de un sistema estructural, toman en cuenta menores coeficientes R0, para construcciones de tierra es necesario ajustar el proyecto a la norma E.080, no siendo recomendados este tipo de construcciones para suelos con clasificación S3 o S4

Regularidad Estructural, en base a la clasificación de regularidad las estructuras pueden ser regulares o irregulares ajustándose a la norma, se establecen procedimientos de análisis, que ayudan a determinar el coeficiente R de reducción de fuerzas de tipo sísmico. Las estructuras de tipo regular son aquellas que en su configuración resistente combinándose con cargas de tipo lateral no presenta las irregularidades que se indican dentro de la norma, en base a esto los factores I_a o I_p serán iguales a 1,0. Determinándose los valores de irregularidad mediante fórmulas cuando se encuentre dentro de la norma establecida. El factor I_p estará determinado por irregularidades dentro de la planta, mientras que I_a se determinara por factores relacionados a la altura.

Validación estructural. La validación estructural es un proceso que se realiza en relación a la revisión de la hipótesis de análisis, las restricciones de irregularidad, el estudio de desplazamientos laterales, el análisis de la distorsión admisible y la separación entre estructuras; además esta se realiza con la ayuda de la validación de los límites que fueron propuestos para distintos niveles de desempeño en edificaciones con muros de hormigón armado el cual incluye dos formas **(MVCS, 2017, p.379)**.

Mediante ensayos experimentales. Para ello se realiza la recopilación de fuentes bibliográficas, para estudiar el comportamiento de las barras de acero de refuerzo, así como el comportamiento de elementos de borde de muros de hormigón armado y la última se basa en un análisis de reporte de daños en edificios de hormigón armado **(Ronquillo, 2017, p.56)**. Y mediante métodos numéricos, este procedimiento permite relacionar el nivel de desempeño con el nivel de daño admitido representado por el ancho de fisuras. Para ello se calculó los anchos de las fisuras en elementos con comportamiento a flexión relacionándose de esta manera con la deformación unitaria se establece como criterio límite para cada nivel de desempeño **(Ronquillo, 2017, p 58)**. Existen otros procedimientos que incluyen también dos etapas; la primera incluye demanda sísmica y momentos de fuerza y la segunda, incluye primer daño, punto de fluencia, incremento de demanda, disipación de energía, el comportamiento inelástico y evaluación de desempeño **(Mendoza & Ayala, 2013, p.33)**.

Del mismo modo se revisó el método de Benedetti y Petrini que determina el índice de vulnerabilidad de acuerdo a un conjunto de once parámetro bajo un sistema a causa de un sismo (Ramírez, 2020). Considerando aspectos como organización del sistema resistente, su calidad, la resistencia convencional, la posición del edificio y su cimentación, los diafragmas horizontales, la configuración del planta y elevación, la separación entre muros, los tipos de cubierta, los elementos no estructurales y el estado de conservación (Vallejos & Valverde, 2021). Este método se compone por once parámetros y sus coeficientes, calculándose como la sumatorio del producto de estos.

Tabla 1. Escala numérica del índice de vulnerabilidad de los edificios de albañilería.

i	Parámetro	KiA	KiB	KiC	KiD	Wi
1	Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1,50
2	Calidad del sistema resistente	0	5	25	45	1,00
3	Resistencia Convencional	0	5	25	45	1,50
4	Posición del edificio y cimentación	0	5	25	45	0,75
5	Diafragmas horizontales	0	5	15	45	1,00
6	Configuración de planta	0	5	25	45	1,00
7	Configuración de elevación	0	5	25	45	1,00
8	Separación máxima entre muros	0	5	25	45	0,50
9	Tipos de cubierta	0	15	25	45	0,25
10	Elementos no estructurales	0	5	25	45	0,25
11	Estado de conservación	0	5	25	45	0,25

Fuente: Benedetti y Petrini (1984), citado en Ruffner, (2020).

$$Iv = \sum_{i=1}^{11} KixWi$$

En cuanto a la vulnerabilidad se determina desde vulnerabilidad alta hasta la vulnerabilidad baja; será alta cuando los valores sean superiores a 211, media alta cuando los valores oscilen entre 142 y 211, media baja cuando los valores estén entre 71 y 141 y vulnerabilidad baja cuando los valores sean inferiores a 70 (Ruffner, 2020, p.22).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Esta investigación es de forma aplicada y tipo descriptiva, ya que al depender del tipo de hallazgos y aportes relacionados a la teoría, se pretendió confrontar teoría con la real, buscando enfocar este estudio a problemas de tipo concreto en base a circunstancias en específico, ya que al relacionarse la institución con la institución educativa su aplicación fue inmediata y no se debe al desarrollo teórico **(Tamayo, 2004, p.42)**. Se determinó como aplicada ya que tomó en cuenta un tema concreto para mejorar la metodología enfocada en la Norma E.030 tomando en cuenta el índice de vulnerabilidad estructural de la institución educativa Nuestra Señora de las Mercedes del distrito de Carhuaz - Ancash. La meta de esta investigación consistió en la descripción de un conjunto de variables en base a fenómenos o eventos que acontecen en determinados contextos donde se detalló cómo son y cómo es que se manifiestan teniendo en cuenta que los estudios de tipo descriptivo buscan la especificación de un conjunto de propiedades, características y perfiles relacionados a grupos o conjuntos de elementos que funcionan como sistemas por medio del sometimiento a análisis **(Hernández, et al., 2015, p.93)**. Por tanto, el alcance de esta investigación es descriptiva pues describirá los fenómenos de hechos ocurridos en la estructura de la institución educativa Nuestra Señora de las Mercedes del distrito de Carhuaz, Ancash. También es una investigación no experimental ya que se realizó sin llegar a la manipulación de variables de forma deliberada, es decir se observó cómo es que se

comportan las estructuras de manera natural sometiendo esto a un contexto sísmico para poder ser analizado posteriormente **(Hernández, et al., 2015, p.97)**.

El diseño de investigación es no experimental ya que no se controló variable alguna durante este desarrollo, más bien se describió está analizando cómo es que inciden sobre otras para determinar un propósito en particular **(Hernández, et al., 2015, p.154)**. También fue transversal ya que se tomó en cuenta un determinado lugar y tiempo para la institución en estudio.

3.2. Variables y Operacionalización

Variable Dependiente:

Vulnerabilidad Sísmica Estructural

Definición Conceptual: Se refiere a la susceptibilidad que presentan las estructuras frente a posibles daños en aquellas partes de la construcción que lo mantienen en pie ante un sismo intenso. Esto incluye cimientos, columnas, muros, vigas y losas.

Definición Operacional: Es la aplicación del índice de vulnerabilidad por el método de Benedetti y Petrini que de acuerdo a un conjunto de once parámetros bajo un sistema a causa de un sismo (Ramírez, 2020). Considerando aspectos como organización del sistema resistente, su calidad, la resistencia convencional, la posición del edificio y su cimentación, los diafragmas horizontales, la configuración del planta y elevación, la separación entre muros, los tipos de cubierta, los elementos no estructurales y el estado de conservación (Vallejos & Valverde, 2021).

Indicadores: Tenemos indicadores, para el método de Benedetti y Petrini.

Escala de Medición:

Escala Nominal (Benedetti y Petrini)

- Baja; $lv < 15\%$
- Medio; $15\% \geq lv < 35\%$
- Mayor; $lv \geq 35\%$

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: Está conformada por 6 módulos de la “I.E. Nuestra Señora de las Mercedes”.

Muestra: Se tomarán los 6 módulos (módulo de talleres y centro de cómputo, módulo de biblioteca y laboratorios y aulas) de la “I.E. Nuestra Señora de las Mercedes” del distrito, provincia de Carhuaz, departamento de Ancash.

Muestreo: Intencional.

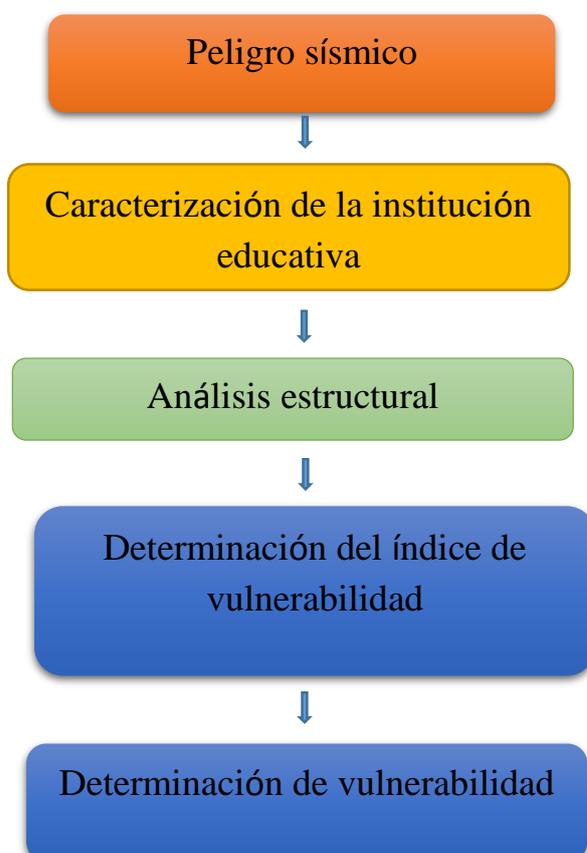
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección se basó en instrumentos estandarizados de acuerdo con la Norma E.030. Siendo uniforme para todos los casos es decir se aplicó el mismo instrumento para cada módulo. Estos datos se obtuvieron pro medio de la observación, medición y documentación de datos durante el estudio, los cuales fueron clasificados en base a lo que se pretende estudiar; utilizando ítems específicos con posibles valores a tomar en cuenta (**Hernández, R., et al., 2015, p.254**). En esta investigación se empleará una técnica observacional que se basa en la verificación de los diseños de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes” del distrito, provincia de Carhuaz, departamento de Ancash, para lo cual se emplearán los planos de dicha institución educativa, los cuales serán proporcionados por la Institución Educativa y dibujado en el Software AutoCAD Versión 2014, además será necesario el uso de cinta métrica para la corroboración en

campo de ciertas dimensiones de elementos estructurales, los datos serán analizados mediante la norma E.030 2018 para la caracterización de la estructura. Todas las mediciones o instrumentos que tienen que ver con la recolección de información deben de cumplir con un conjunto de requisitos como son la confiabilidad y validez, siendo la primera la que determina hasta qué grado se puede usar y bajo que parámetros, y la segunda en qué medida es validada por el medio, es decir expertos en el tema pudiendo aplicarse de forma repetida bajo una misma variable de estudio produciendo resultados similares a los ya conseguidos (Hernández, R., et al., 2015, p.200).

3.5. Procedimientos

Figura 2. Procedimientos.



Se llevará a cabo primero el control del peligro sísmico, seguido de la Caracterización de la institución educativa, el análisis estructural y la validación de la estructura.

3.6. Método de análisis de datos

Métodos de Análisis de datos Se basarán en las normas técnicas peruanas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y siendo es especial consideración la norma E.030 diseño sismo resistente, además se usarán los software computacionales AutoCAD 2014 y SAP 2000 para el diseño y modelamiento de estructuras, análisis estructural, basado en el reglamento nacional de edificaciones, comprendiendo un periodo de recolección de datos para su posterior análisis.

3.7. Aspectos éticos

Se afirma que el proyecto es único para todas las labores que se realizaran de investigación y recopilación de información y datos la cual será suficientemente específica, siendo un estudio propio y realizado por un único investigador, se guardaran los principios para no realizar copias de nadie, teniendo las fuentes y la información empleada debidamente citada, por último se realizará la presente investigación pensando en la población de Carhuaz y principalmente de su población en edad escolar para así poder evitar pérdidas humanas, asegurar la continuidad de los servicios educativos y minimizar los daños de la institución educativa. Además esta investigación no tiene intereses económicos ni políticos.

IV. RESULTADOS

OG. Determinar cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica estructural aplicando la norma E.030 de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del distrito de Carhuaz – Ancash.

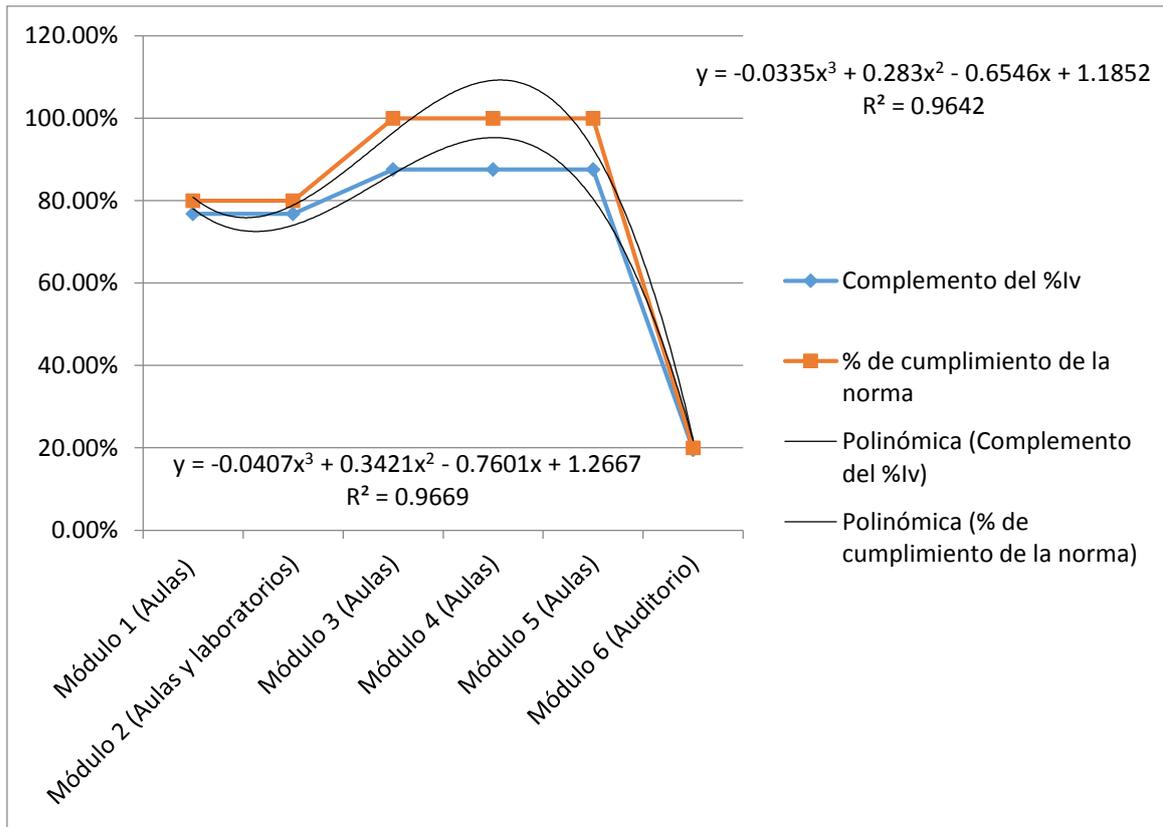
Tabla 2. Determinación del complemento del índice de vulnerabilidad y comparación con el porcentaje de cumplimiento de la norma.

Modulo	Complemento del %lv	% de cumplimiento de la norma	Vulnerabilidad
Módulo 1 (Aulas)	76.80%	80.00%	Media Baja
Módulo 2 (Aulas y laboratorios)	76.80%	80.00%	Media Baja
Módulo 3 (Aulas)	87.58%	100.00%	Baja
Módulo 4 (Aulas)	87.58%	100.00%	Baja
Módulo 5 (Aulas)	87.58%	100.00%	Baja
Módulo 6 (Auditorio)	19.61%	20.00%	Alta

Fuente. Elaboración propia.

Si bien el porcentaje de cumplimiento de la norma no tiene correspondencia directa con el porcentaje del índice de vulnerabilidad, si lo hace con su complemento por lo que se determinó este para el módulo 1 y 2 siendo este complemento de 76.80%, para los módulos 3, 4 y 5 fue de 87.58% y para el módulo 6 fue de 19.61%. Estos cálculos muestran que es posible determinar la vulnerabilidad por medio de la norma E.030, siendo la vulnerabilidad alta para el módulo 6.

Gráfico 1. Complemento del índice de vulnerabilidad y comparación con el porcentaje de cumplimiento de la norma.



Fuente. Elaboración propia.

Se determinó la correspondencia del complemento del índice de vulnerabilidad con el cumplimiento de la norma E.030 los cuales se corresponden con fórmulas polinómicas de tercer grado; además el índice R^2 para el complemento fue de 0.9669 y para la norma fue de 0.9642; esto muestra la resistencia de los datos.

OE1. Determinar qué espectro sísmico tiene los módulos de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del distrito de Carhuaz, 2022.

El espectro de sismo para los módulos de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del Distrito de Carhuaz – Ancash. Ubicada en el departamento de Ancash, Provincia de Carhuaz, Distrito de Carhuaz, está determinado por la Zonificación, según la Norma E.0.30-2018, con Zona Sísmica 3. El mapa de Zonificación para nuestro país indica 4 Zonas Sísmicas 1 para la selva, 2 para la selva y la sierra, 3 para la sierra y 4 para la costa. Los parámetros de sitio para nuestro lugar de estudio se determinaron por; el perfil de suelo tipo S2 con S igual a 1.15; T_p o período que define la plataforma del factor C igual a 0,6 y T_L o período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante igual a 2; en cuanto a la categoría de módulos esta se muestra como edificación esencial A2 con factor de uso o importancia U igual a 1.5; los factores de irregularidad fueron; factor de irregularidad en altura I_a igual a 1 y factor de irregularidad en planta I_p igual a 1; en cuanto al coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas R fue igual a 3. Se determinó un peso máximo de 375 kg/m² y una pseudo aceleración de 1.48 m/s².

Tabla 3. Espectro de sismo para los módulos de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del Distrito de Carhuaz – Ancash.

ESPECTRO DE SISMO PARA LOS MODULOS DE LA I.E NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES DEL DISTRITO DE CARHUAZ - ANCASH	
ESPECTRO DE SISMO SEGÚN LA NORMA E.030 - 2018	
Zonificación, según la Norma E.0.30-2018	
Departamento	Ancash
Provincia	Carhuaz
Distrito	Carhuaz
Zona Sísmica	3
Parámetros de Sitio Según E.030- 2018	
Perfil de Suelo Tipo : S2	
S	1.15
Tp	0.6
TL	2
Caracterización de Módulos Según E.030- 2018	
Categoría del modulo	A2(Esenciales)
U	1.5
Restricciones de irregularidad	
No se permiten irregularidades	
Sistemas Estructurales E.0.30-2018	
Albañilería Armada o Confinada	
R0	3
Factores de irregularidad	
la	1
lp	1
Coeficiente de Reducción de Fuerzas Sísmicas	
R	Roxlaxlp
3	3x1x1
Análisis estructural	
Peso	150 Kg/m2
Peso max	375 kg/m2
V	22.64 kg/m2
Sa	1.48 m/s2



Fuente. Elaboración propia, cálculos de peligro sísmico, caracterización y análisis estructural de la I.E. Nuestra Señora de Las Mercedes.

Tabla 4. Peligro sísmico para los módulos de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del Distrito de Carhuaz – Ancash.

Peligro sísmico de la I.E. Nuestra Señora de Las Mercedes Del distrito de Carhuaz- Ancash	
Z	0.35
velocidad promedio de propagación de ondas de corte	180 m/s a 500 m/s
ensayos de penetración estándar	15 a 50
promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada	50 kPa a 100 kPa
factor de suelo	1.15
T _P	0.6
T _L	2.00
C	0.75

Fuente. Elaboración propia, cálculos de peligro sísmico.

La primera tabla 3 muestra el peligro sísmico para los módulos de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del Distrito de Carhuaz – Ancash. Donde se muestra un factor de zona Z igual a 0.35, con una velocidad promedio de propagación de ondas de corte de 180 m/s a 500 m/s, también indica los ensayos de penetración estándar que varían de 15 a 50 en promedio; así mismo, se consiguió un promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada de 50 kPa a 100 kPa y un factor de suelo de 1.15, con tipologías T_P (periodo que define la plataforma del factor C) igual a 0.6 y T_L (Periodo que define el inicio de la zona del factor C, con desplazamiento constante igual a 2.00) y el factor de amplificación sísmica fue igual a 0.75.

Tabla 5. Caracterización de los módulos de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del Distrito de Carhuaz – Ancash.

Caracterización de la I.E. Nuestra Señora de Las Mercedes Del distrito de Carhuaz- Ancash	
Categoría de edificación	A2
Factor de uso U	1.5
R ₀	3
I _a	1
I _p	1
R	3

Fuente. Elaboración propia, cálculos de caracterización de los módulos de la Institución.

Para la caracterización de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes, se encontró que la categoría de edificación es A2, el factor de uso U es 1.5, R₀ es igual a 3 y los factores de irregularidad I_a, I_p son iguales a 1, siendo el coeficiente de reducción sísmica R igual a 3.

Tabla 6. Análisis estructural de los módulos de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del Distrito de Carhuaz – Ancash.

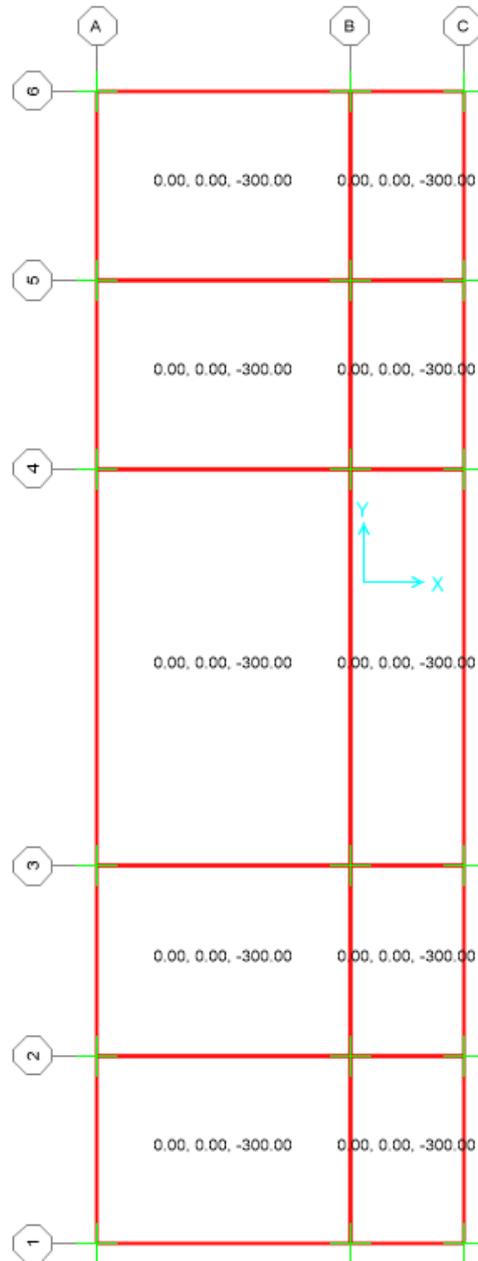
Análisis Estructural de la I.E. Nuestra Señora de Las Mercedes Del distrito de Carhuaz- Ancash	
P	150 kg/m ²
P _{max}	375 kg/m ²
V	22.64 kg/m ²

Fuente. Elaboración propia, cálculos de análisis estructural de los módulos de la Institución.

Para los cálculos de peso, se determinó el peso igual a 150 kg/ m² y el peso máximo igual a 375 kg/m²; así mismo se determinó la fuerza cortante V igual a 22,64 kg/m².

OE2. Analizar cuál es el comportamiento estructural estático aplicando la norma E.030 de las edificaciones de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del distrito de Carhuaz – Ancash frente a un evento sísmico

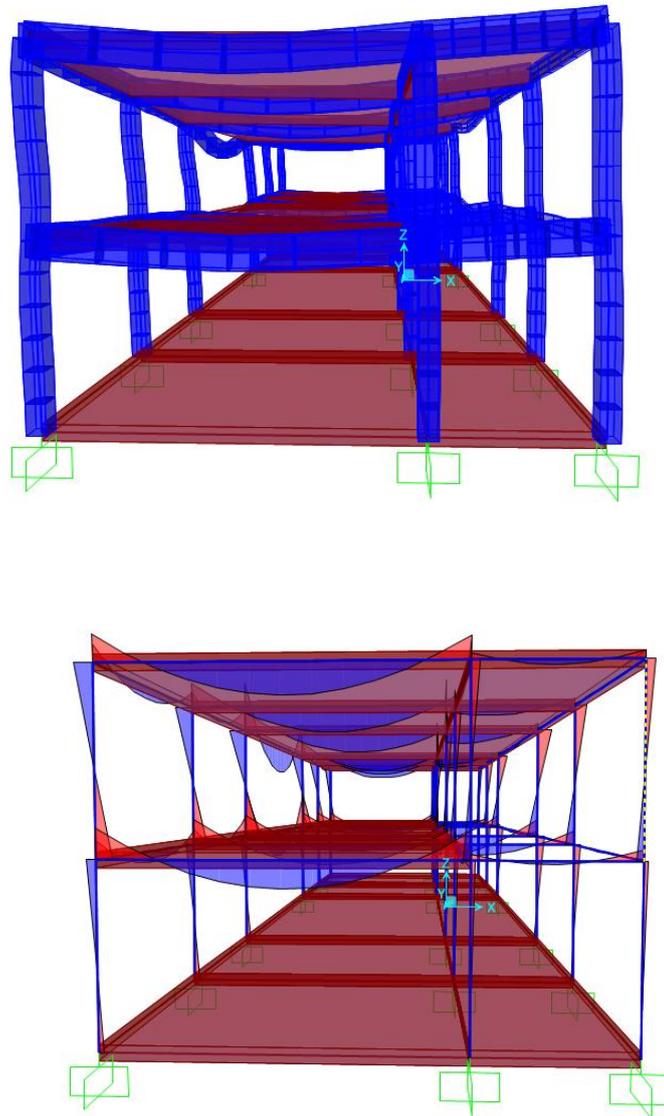
Figura 3. Aplicación de cargas al módulo 1.



Fuente. Elaboración propia a partir de SAP 2000.

En la planta modelada para el módulo 1 se propuso un peso muerto de 300 kg/m².

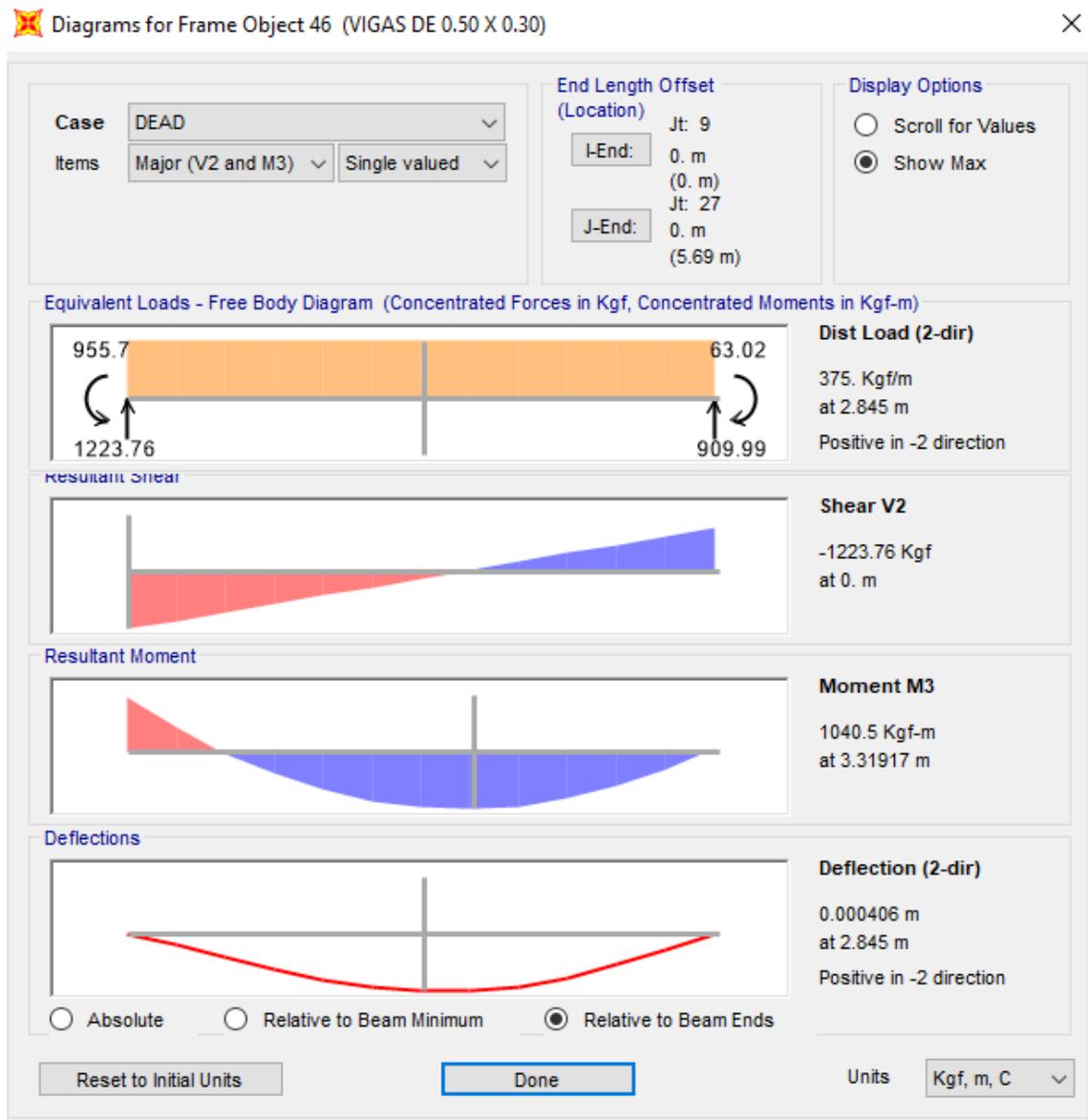
Figura 4. Modelamiento y respuesta del módulo 1



Fuente. Elaboración propia a partir de SAP 2000.

El modelamiento muestra una cómo es que actuaría un módulo de dos pisos ante un sismo, lo cual muestra desviaciones mínimas y momentos uniformes en cada viga.

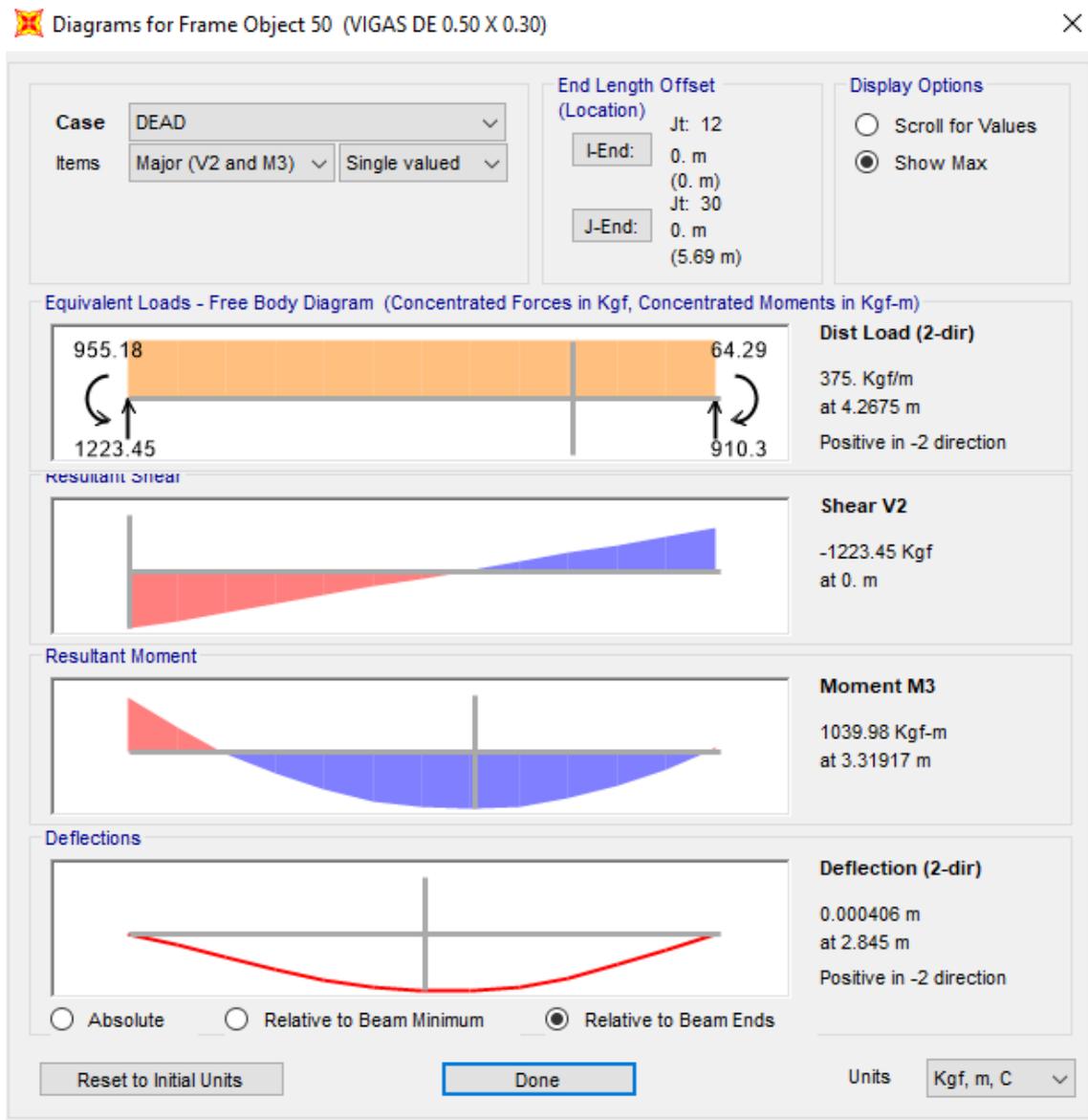
Figura 5. Distribución de cargas, corte, momento y desviación Viga 1.



Fuente. Elaboración propia a partir de SAP 2000.

Se evaluó la distribución de cargas donde se encontró que estas se mueven en dos direcciones a 955.7 Kgf y 63.02 Kgf a 2.845 m para una carga aplicada de 375 kgf/m. El corte V2 soporta fuerzas hasta de 1223.76 kgf y el momento M3 a 3.31917 es de 1040.5 kgf-m la desviación mínima es de 0.000406 y la máxima es de 2.845m.

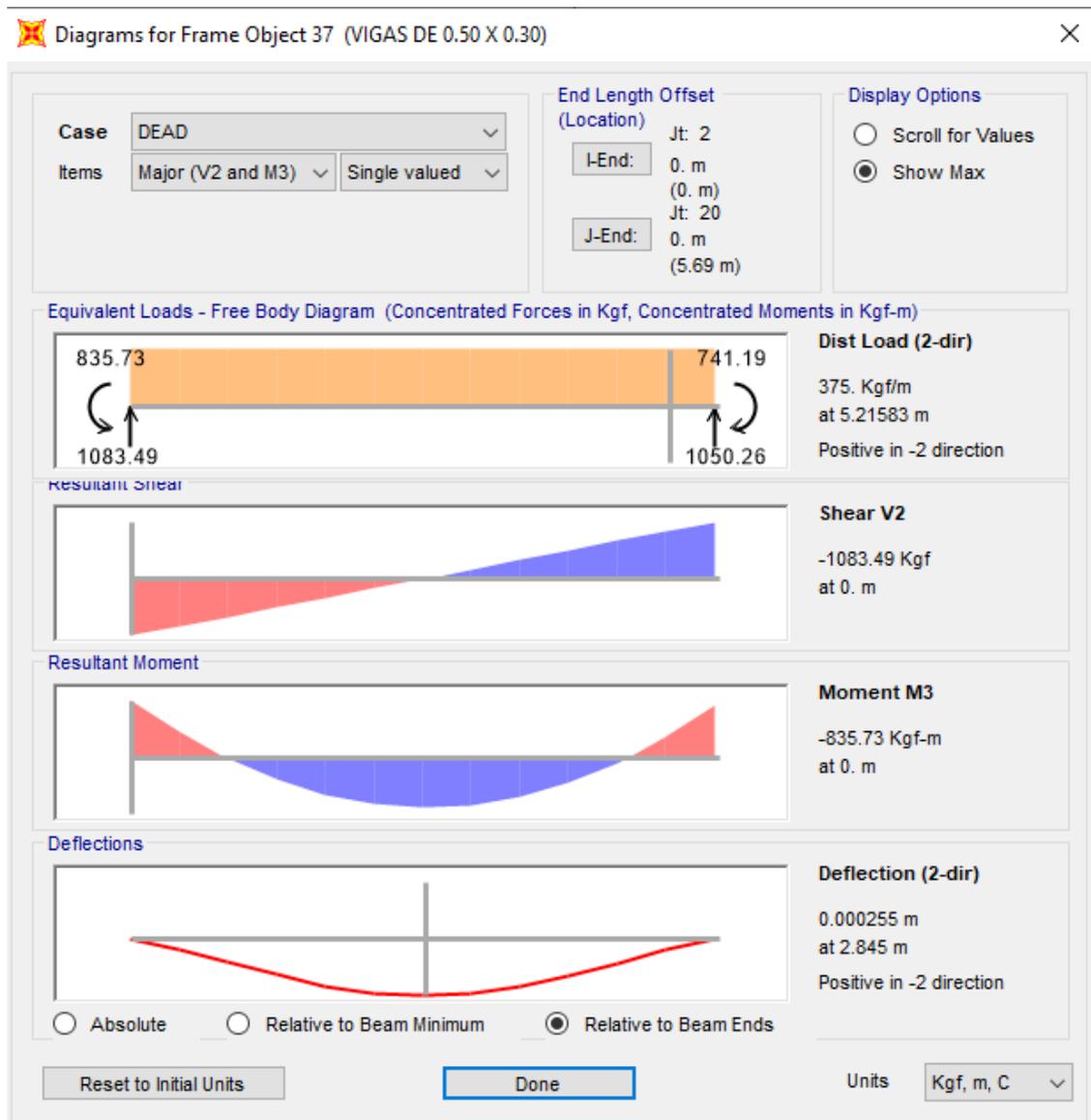
Figura 6. Distribución de cargas, corte, momento y desviación Viga 2.



Fuente. Elaboración propia a partir de SAP 2000.

La distribución de cargas indica que estas se mueven en dos direcciones a 955.18 Kgf y 64.29 Kgf a 4.2675 m para una carga aplicada de 375 kgf/m. El corte V2 soporta fuerzas hasta de 1223.45 kgf y el momento M3 a 3.31917 es de 1039.98 Kgf-m la desviación mínima es de 0.000406 y la máxima es de 2.845m.

Figura 7. Distribución de cargas, corte, momento y desviación Viga 3.



Fuente. Elaboración propia a partir de SAP 2000.

La distribución de cargas indica que estas se mueven en dos direcciones a 835.73 Kgf y 741.19 Kgf a 5.21583 m para una carga aplicada de 375 kgf/m. El corte V2 soporta fuerzas hasta de 1083.49 kgf y el momento M3 a 0 m es de 835.73 kgf-m la desviación mínima es de 0.000255 y la máxima es de 2.845m, es necesario recalcar que esta viga fue tomada en el primer piso.

Tabla 7. Factores de participación modal I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del Distrito de Carhuaz – Ancash.

TABLE: Modal Participation Factors							
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	Rigidez modal
Text	Text	Unitless	Sec	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
MODAL	Mode	1	0.828628	0.819789	-337.496633	0.00765	57.496
MODAL	Mode	2	0.793629	338.721339	1.034922	1.504242	62.679
MODAL	Mode	3	0.6982	3.209497	-22.499779	0.021288	80.984
MODAL	Mode	4	0.277381	0.340958	-86.211203	-0.017618	513.104
MODAL	Mode	5	0.268384	90.600433	0.323976	-3.415048	548.085
MODAL	Mode	6	0.228318	0.048619	-33.292466	-0.020192	757.318
MODAL	Mode	7	0.098461	-0.340418	0.060117	218.1777	4072.205
MODAL	Mode	8	0.096984	0.057814	0.398482	-34.588755	4197.224
MODAL	Mode	9	0.091293	-0.440716	0.011738	105.752677	4736.787
MODAL	Mode	10	0.089971	-0.013909	-0.251263	2.943352	4877.045
MODAL	Mode	11	0.078678	-0.28937	0.007915	139.532807	6377.504
MODAL	Mode	12	0.078026	0.119613	0.010917	-56.566862	6484.557
MODAL	Mode	13	0.058532	0.701427	-0.001348	-85.618798	11523.333
MODAL	Mode	14	0.059155	0.000005905	0.570747	0.424186	11281.931
MODAL	Mode	15	0.054002	-0.000032	0.000028	184.765011	13537.735

Fuente. Elaboración propia a partir de SAP 2000

Se determinaron los factores de participación modal de la I.E donde se encontró una rigidez modal mínima de 57.496 Kgf-m y máxima de 13537.735 Kgf-m; es necesario hacer notar que el periodo sísmico es mayor para la rigidez modal mínima siendo de 0.828628 segundos y para la rigidez máxima el periodo sísmico fue de 0.054002.

Tabla 8. Periodos y frecuencias modales I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del Distrito de Carhuaz – Ancash.

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	0.828628	1.206814739	7.582640634	57.49643899
MODAL	Mode	2	0.793629	1.260034648	7.917031186	62.67938279
MODAL	Mode	3	0.6982	1.432254719	8.999121805	80.98419326
MODAL	Mode	4	0.277381	3.605144069	22.65178824	513.1035106
MODAL	Mode	5	0.268384	3.726009846	23.41121032	548.0847686
MODAL	Mode	6	0.228318	4.379850204	27.51941045	757.3179515
MODAL	Mode	7	0.098461	10.15628677	63.81383178	4072.205127
MODAL	Mode	8	0.096984	10.31100967	64.78598446	4197.223783
MODAL	Mode	9	0.091293	10.95373048	68.82431841	4736.786804
MODAL	Mode	10	0.089971	11.11472022	69.8358468	4877.045499
MODAL	Mode	11	0.078678	12.70999837	79.85927502	6377.503806
MODAL	Mode	12	0.078026	12.81622997	80.52674785	6484.557119
MODAL	Mode	13	0.058532	17.08477212	107.3467892	11523.33315
MODAL	Mode	14	0.059155	16.90487068	106.2164351	11281.93108
MODAL	Mode	15	0.054002	18.51795961	116.3517717	13537.73478

Fuente. Elaboración propia a partir de SAP 2000

El modelamiento sísmico se realizó mediante periodos y frecuencias donde se determinó que a mayor periodo los ciclos deben de ser menores; por tanto para el periodo más alto; 0.828628 la frecuencia fue de 1.206814739 ciclos por segundo mientras que para el periodo más pequeño 0.054002 segundos la frecuencia fue de 18.51795961 ciclos por segundo.

Tabla 9. Reacciones en base I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del Distrito de Carhuaz – Ancash.

TABLE: Base Reactions									
OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
Text	Text	Text	Unitless	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
DEAD	LinStatic			-7.539E-12	-7.105E-15	667839.29	-1282456.04	1470676.28	-3.848E-11
MODAL	LinModal	Mode	1	47.13	-	0.44	98699.76	244.67	57832.63
MODAL	LinModal	Mode	2	21230.84	19404.85	94.29	-531.12	108333.43	42726.45
MODAL	LinModal	Mode	3	259.92	-1822.13	1.72	12551.87	1251.47	-235013.16
MODAL	LinModal	Mode	4	174.95	-	-9.05	-32783.43	-91.95	240285.78
MODAL	LinModal	Mode	5	49656.72	44235.27	-1871.75	3685.2	-52216.35	95609.56
MODAL	LinModal	Mode	6	36.82	-	-15.31	-28736.97	-224.95	-515078.84
MODAL	LinModal	Mode	7	-1386.24	25212.98	888464.23	-2394465.08	1167431.88	-4106.97
MODAL	LinModal	Mode	8	242.66	244.81	-145176.52	-4292407.4	-223666.46	-9639.56
MODAL	LinModal	Mode	9	-2087.58	1672.51	500928	-1108814.28	4389670.83	-4720.41
MODAL	LinModal	Mode	10	-67.84	55.6	14355.66	2996327.56	154519.95	18116.34
MODAL	LinModal	Mode	11	-1845.46	-1225.42	889871.19	-4995782.86	1031839.98	-9950.58
MODAL	LinModal	Mode	12	775.64	70.79	-366810.78	-7672201.63	-464189.94	-15086.86
MODAL	LinModal	Mode	13	10683.71	-6.73	-494796.06	972430.75	-	21326.7
MODAL	LinModal	Mode	14	17.02	7082.15	762.89	18434495.94	8706111.31	4345.04
MODAL	LinModal	Mode	15	3609.26	762.89	2681904.14	-5389148.62	2521927.81	26267.94
LIVE	LinStatic			-6.615E-12	-1.066E-14	635574.38	-1242213.64	1409822.37	-3.803E-11

Fuente. Elaboración propia a partir de SAP 2000.

Se determinaron las reacciones en base a modelos estáticos y modales, los modelos estáticos fueron determinados por la carga muerta y viva aplicada; las respuestas para la carga muerta de manera global fueron; FX $-7.539E^{-12}$ Kgf, en FY igual a $-7.105E^{-15}$ Kgf, y en FZ fue de 667839.29 Kgf, los momentos fueron; MX -1282456.04 Kgf-m; MY 1470676.28 Kgf-m y MZ -3.848E⁻¹¹ Kgf-m. Para la carga viva las fuerzas fueron FX -6.615 E-12 Kgf, en FY igual a -1.066E⁻¹⁵ Kgf, y en FZ fue de 635574.38 Kgf, los momentos fueron; MX -1242213.64 Kgf-m; MY 1409822.37 Kgf-m y MZ -3.803E⁻¹¹ Kgf-m.

Tabla 10. Síntesis de cumplimiento en base al modelamiento realizado en el programa en base a la norma E.030. I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del Distrito de Carhuaz – Ancash.

	Módulo 1 (Aulas)	Módulo 2 (Aulas y Laboratorios)	Módulo 3 (Aulas)	Módulo 4 (Aulas)	Módulo 5 (Aulas)	Módulo 6 (Auditorio)
Modelamiento y respuesta del modulo	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple
Distribución de cargas, corte, momento y desviación	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple
Factores de participación	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Frecuencia y periodo modal	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple
Reacciones de base	No cumple	No cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple
Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 9 se muestra la síntesis de lo realizado para todos los módulos; se observa que los módulos 1 y 2 cumplen de forma general con lo dispuesto en la norma E.030; sin embargo son deficientes en las reacciones en base de acuerdo a los modelamientos establecidos ya que los desplazamientos tienden a ser demasiado altos. Los módulos 3,4 y 5 cumplen con los parámetros establecidos en la norma; esto se debe a que no están expuestos a grandes cargas ya que solo son de un piso. El módulo 6 no cumple con la norma E.030 ya que es una construcción de material rustico antiguo, lo cual hace que el modelamiento para esta estructura no concuerde ya que debe de regirse a la norma técnica para construcciones de adobe E.080.

Tabla 11. Síntesis en base al modelamiento porcentaje de cumplimiento realizado en el programa en base a la norma E.030. I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del Distrito de Carhuaz – Ancash.

	Módulo 1 (Aulas)	Módulo 2 (Aulas y Laboratorios)	Módulo 3 (Aulas)	Módulo 4 (Aulas)	Módulo 5 (Aulas)	Módulo 6 (Auditorio)
Modelamiento y respuesta del modulo	1	1	1	1	1	0
Distribución de cargas, corte, momento y desviación	1	1	1	1	1	0
Factores de participación	1	1	1	1	1	1
Frecuencia y periodo modal	1	1	1	1	1	0
Reacciones de base	0	0	1	1	1	0
% de cumplimiento	80.00%	80.00%	100.00%	100.00%	100.00%	20.00%

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 10 se muestra la síntesis de lo realizado para todos los módulos en base a valoraciones dadas para el modelamiento 0 si no cumple y 1 si cumple; la puntuación máxima es de 5 lo cual representa el 100%; se observa que los módulos 1 y 2 cumplen con la norma E.030 en un 80% y el módulo 6 no cumple con la norma E.030 ya que es una construcción de material rustico antiguo obteniendo solo 20% para el porcentaje de cumplimiento lo cual se debe a factores de participación de acuerdo a lo modelado, es necesario que esta se rija a la norma técnica para construcciones de adobe E.080.

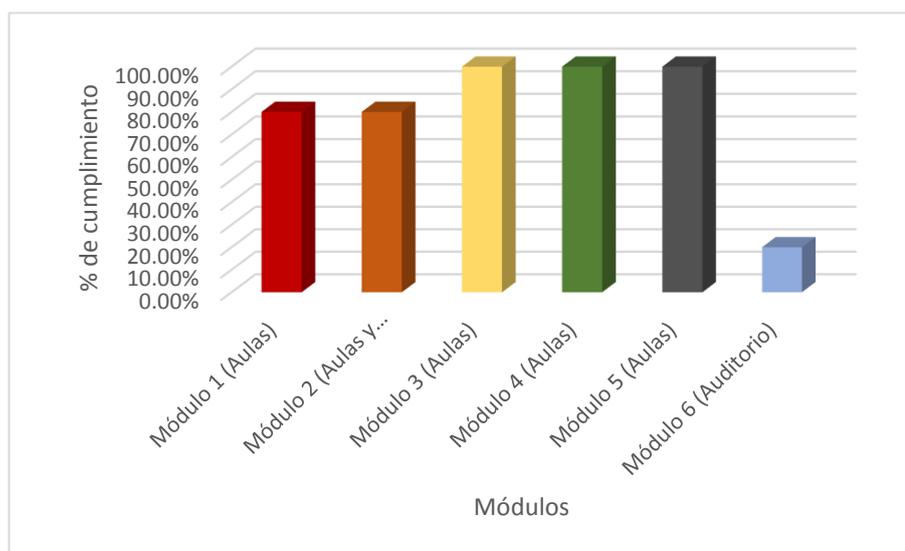
Tabla 12. Síntesis en base al modelamiento análisis estático de acuerdo a la norma E.030. I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del Distrito de Carhuaz – Ancash.

	Módulo 1 (Aulas)	Módulo 2 (Aulas y Laboratorios)	Módulo 3 (Aulas)	Módulo 4 (Aulas)	Módulo 5 (Aulas)	Módulo 6 (Auditorio)
Fuerza cortante en base	1	1	1	1	1	1
Distribución de la fuerza sísmica en altura	0	0	1	1	1	0
Periodo fundamental de vibración	1	1	1	1	1	0
Excentricidad accidental	1	1	1	1	1	0
Fuerzas sísmicas verticales	1	1	1	1	1	0
% de cumplimiento	80.00%	80.00%	100.00%	100.00%	100.00%	20.00%

Fuente. Elaboración propia.

Para el análisis estático no se cumple con la distribución de fuerzas sísmicas en los módulos 1 y 2; sin embargo de acuerdo a la valoración general los módulos 1, 2 3, 4 y 5 cumplen con lo establecido en la norma técnica E.030.

Gráfico 2. Análisis estático de acuerdo a la norma E.030.



Fuente. Elaboración propia.

En la figura se puede apreciar que todos los módulos cumplen con lo establecido en la norma E.030; sin embargo el auditorio o módulo 6 no cumple con lo establecido ya que es una construcción de adobe lo cual no se rige a esta norma.

OE3. Analizar cuál es el índice de vulnerabilidad aplicando el método de Benedetti y Petrini de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes.

Tabla 13. Parámetros tomados en cuenta para el método de Benedetti y Petrini.

i	Parámetro	Ki*A	Ki*B	Ki*C	Ki*D	W
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 plasma	0	5	25	45	0,50
7	Configuración en elevación	0	5	25	45	1,00
8	Distancia entre columnas	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. Elaboración propia.

Para determinar el índice de vulnerabilidad de acuerdo al método de Benedetti y Petrini se tomaron en cuenta los 11 factores para cada módulo. Del mismo modo se tomó en cuenta la norma E.030 y la E.080.

Tabla 14. Calculo para el índice de vulnerabilidad el método de Benedetti y Petrini.

	Ki* W Modulo 1 (Aulas)	Ki* W Modulo 2 (Aulas y Laboratorios)	Ki* W Modulo 3 (Aulas)	Ki* W Modulo 4 (Aulas)	Ki* W Modulo 5 (Aulas)	Ki* W Modulo 6 (Auditorio)
1	5	5	5	5	5	45
2	6.25	6.25	1.25	1.25	1.25	6.25
3	37.5	37.5	7.5	7.5	7.5	37.5
4	0	0	0	0	0	33.75
5	5	5	5	5	5	15
6	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	12.5
7	5	5	5	5	5	45
8	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	11.25
9	15	15	15	15	15	45
10	6.25	6.25	0	0	0	11.25
11	5	5	5	5	5	45
Σki^* W	88.75	88.75	47.5	47.5	47.5	307.5

Fuente. Elaboración propia.

Se determinó el índice de vulnerabilidad para los 6 módulos; para el módulo 1 y 2 los índices fueron de 88.75; para el módulo 3,4 y 5 los módulos fueron de 47.50 y para el módulo 6 el modulo fue de 307.50.

Tabla 15. Determinación de vulnerabilidad el método de Benedetti y Petrini.

Modulo	Iv	%Iv	Vulnerabilidad
Módulo 1 (Aulas)	88.75	23.20%	Media Baja
Módulo 2 (Aulas y laboratorios)	88.75	23.20%	Media Baja
Módulo 3 (Aulas)	47.5	12.42%	Baja
Módulo 4 (Aulas)	47.5	12.42%	Baja
Módulo 5 (Aulas)	47.5	12.42%	Baja
Módulo 6 (Auditorio)	307.5	80.39%	Alta

Fuente. Elaboración propia.

Se determinó la vulnerabilidad en base al método de Benedetti y Petrini; los porcentajes de índices de vulnerabilidad fueron 23.20% para los módulos 1 y 2; para los módulos 3, 4 y 5 los porcentajes de los índices fueron de 12.42% y para el módulo 6 el índice fue de 80.39%.

V. DISCUSIÓN

OG. Determinar cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica estructural aplicando la norma E.030 de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del distrito de Carhuaz – Ancash.

Si bien el porcentaje de cumplimiento de la norma no tiene correspondencia directa con el porcentaje del índice de vulnerabilidad, si lo hace con su complemento para el módulo 1 y 2 el valor de este fue de 76.80%, para los módulos 3, 4 y 5 fue de 87.58% y para el módulo 6 fue de 19.61%. Estos cálculos muestran que es posible determinar la vulnerabilidad por medio de la norma E.030, siendo la vulnerabilidad alta para el módulo 6; El índice R2 para el complemento fue de 0.9669 y para la norma fue de 0.9642; esto muestra la resistencia de los datos. Esto concuerda con Pizarro, Tornello, Agüera & Gioacchini (2021) que sostienen que existe un conjunto de alternativas para calcular el índice de vulnerabilidad. Ordoñez, Bernal, & Ruiz (2019); también sostienen lo mismo; sosteniendo que es importante realizar modelamientos para el cálculo del índice de vulnerabilidad.

OE1. Determinar qué espectro sísmico tiene los módulos de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del distrito de Carhuaz, 2022.

En la presente investigación se encontró que la Zona Sísmica de la institución es 3, el perfil de suelo es de tipo S2 con S igual a 1.15; T_p encontrado fue igual a 0,6 y T_L fue igual a 2; los módulos tuvieron categoría esencial A2 con factor de uso U igual a 1.5; los factores de irregularidad fueron 1 y el coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas R fue igual a 3. Se determinó un peso máximo de 375 kg/m², una pseudo aceleración de 1.48 m/s² y una fuerza cortante V igual a 22,64 kg/m². Esto concuerda con el estudio antecedente de Carbajal (2019), que reporta zonas sísmicas 2 y 3 respectivamente para su estudio del mismo modo reporta variaciones de perfiles de 1,20 y 1,05 y coeficientes de reducción sísmica de $R = 4,5$ y $R = 5,4$. Estas variaciones se deben principalmente a las zonas donde se estudian las estructuras en este caso el autor realiza su estudio en Tacna; del mismo modo es necesario tener en cuenta el tipo de edificación en nuestro estudio la edificación fue un colegio y en el estudio del autor fue un Hotel, es necesario tener en cuenta que los factores de irregularidad son más dispares debido en los hoteles a comparación del colegio ya que, estos últimos son de categoría esencial A2. Del mismo modo, se concuerda con el estudio antecedente de Rodríguez (2019), que reporta su zonificación dentro de la zona 3, zona de alta sismicidad asociada al proceso de subducción de la placa de Nazca debajo de la Placa Continental, su estudio también reporta coeficientes R mayores a 4.5; esto si bien difiere de nuestro estudio se debe a que el estudio de este autor se basa en viviendas.

OE2. Analizar cuál es el comportamiento estructural estático aplicando la norma E.030 de las edificaciones de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes del distrito de Carhuaz – Ancash frente a un evento sísmico

En el presente estudio para la distribución de cargas se encontró que estas se mueven en dos direcciones a 955.7 Kgf y 63.02 Kgf a 2.845 m para una carga aplicada de 375 kgf/m. Donde la desviación mínima es de 0.000406 y la máxima es de 2.845m. Se determinaron los factores de participación modal de la I.E donde se encontró una rigidez modal mínima de 57.496 Kgf-m y máxima de 13537.735 Kgf-m. En base a lo encontrado se estableció que los módulos 1 y 2 cumplen de forma general con lo dispuesto en la norma E.030; sin embargo son deficientes en las reacciones en base de acuerdo a los modelamientos establecidos ya que los desplazamientos tienden a ser demasiado altos. Los módulos 3,4 y 5 cumplen con los parámetros establecidos en la norma; esto se debe a que no están expuestos a grandes cargas ya que solo son de un piso. El módulo 6 no cumple con la norma E.030 ya que es una construcción de material rustico antiguo, lo cual hace que el modelamiento para esta estructura no concuerde ya que debe de regirse a la norma técnica para construcciones de adobe E.080. Por tanto los módulos 1 y 2 cumplen con la norma E.030 en un 80% y el módulo 6 no cumple con la norma E.030 ya que es una construcción de material rustico antiguo obteniendo solo 20% para el porcentaje de cumplimiento. Si bien es una evaluación en base a la norma, esto difiere con el estudio antecedente de Pizarro, Tornello, Agüera & Gioacchini (2021), que sostiene que la existen métodos más óptimos para evaluar la vulnerabilidad sísmica basándose en la norma FEMA P-154. Esto debido a que estas evaluaciones si bien se ajustan a la norma, al estar ajustados a esta mediante el modelamiento estructural tienden a ser más exactos que una evaluación cualitativa. Del mismo modo, se concuerda con el estudio antecedente de Calle (2017), que sostiene que las edificaciones más recientes tienen una configuración estructural que permite estructuras confiables durante un evento sísmico, a diferencia de los antiguos. Es necesario recalcar que no solo estructuras más recientes son más confiables sino aquellas que tienen una distribución adecuada y con menos pisos como se pudo encontrar en el presente estudio.

OE3. Analizar cuál es el índice de vulnerabilidad aplicando el método de Benedetti y Petrini de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes.

El presente estudio encontró iv; para el módulo 1 y 2 los índices fueron de 88.75; para el módulo 3,4 y 5 los índices fueron de 47.50 y para el módulo 6 el índice fue de 307.50. Esto indica que el modulo con mayor peligro es el número 6. Esto difiere con los estudios antecedentes de Rodríguez (2019) que si bien determina vulnerabilidades altas para sus viviendas usa otro tipo de índice. Del mismo modo, Viera (2018), al igual que viera nosotros reportamos para uno de nuestros módulos vulnerabilidad alta; es necesario tener en cuenta que este autor al hacer la caracterización para viviendas informales encuentra vulnerabilidades altas. **Enríquez (2018)**, acota también que las probabilidades de daño se correlacionan con la vulnerabilidad sísmica de un edificio; en baso a esto, se sostiene que nuestros módulos tendrían muy alta probabilidad de daño grado 3 para el módulo 6 y los demás módulos probabilidad de daño grado 1.

VI. CONCLUSIONES

Respecto al objetivo general; el nivel de vulnerabilidad sísmica estructural aplicando la norma E.030 de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes fue determinado en base al complemento del lv para el módulo 1 y 2 el valor fue de 76.80%, para los módulos 3, 4 y 5 fue de 87.58% y para el módulo 6 fue de 19.61%. Estos cálculos muestran que es posible determinar la vulnerabilidad por medio de la norma E.030.

Respecto al objetivo específico 1. El espectro sísmico de los módulos de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes está determinado por la Zona Sísmica donde se encuentra; siendo de 3 el perfil de suelo con S igual a 1.15; Tp encontrado fue igual a 0,6 y TL fue igual a 2; los módulos tuvieron categoría esencial A2 con factor de uso U igual a 1.5; los factores de irregularidad fueron 1 y el coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas R fue igual a 3. El peso máximo fue de 375 kg/m², y la seudo aceleración determinada fue de 1.48 m/s² la fuerza cortante V fue igual a 22,64 kg/m².

Respecto al objetivo específico 2. El comportamiento estructural estático aplicando la norma E.030 de las edificaciones de la institución fue adecuado ya que la distribución de cargas se mueve en dos direcciones a 955.7 Kgf y 63.02 Kgf a 2.845 m para una carga aplicada de 375 kgf/m. Donde la desviación mínima es de 0.000406 y la máxima es de 2.845m. Los módulos 1 y 2 cumplen de forma general con lo dispuesto en la norma E.030; sin embargo son deficientes las reacciones en base de acuerdo a los modelamientos establecidos ya que los desplazamientos tienden a ser demasiado altos. Los módulos 3,4 y 5 cumplen con los parámetros establecidos en la norma; esto se debe a que no están expuestos a grandes cargas ya que solo son de un piso.

Respecto al objetivo específico 3. El índice de vulnerabilidad aplicando el método de Benedetti y Petrini de la institución fueron determinados por módulos siendo; para el módulo 1 y 2 de 88.75; para el módulo 3,4 y 5 fueron de 47.50 y para el módulo 6 fue de 307.50. Esto indica que el modulo con mayor peligro es el número 6.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda para futuras investigaciones realizar la diferencia de parámetros entre normas actualizadas y anteriores ya que se tiene en cuenta que en años anteriores se manejaban 3 zonas y actualmente se manejan cuatro zonas sísmicas.

Si bien el comportamiento estructural estático modelado es suficiente para determinar correspondencia con el índice de vulnerabilidad como se demostró, sería interesante determinar modelamientos mediante el análisis dinámico de estructuras.

Es necesario seguir estandarizando este método ya que a mayor uso, será mucho mejor por tanto se plantea para futuras investigaciones aplicar el método junto con el método de Benedetti y Petrini.

Por último, dado el índice de vulnerabilidad sísmica estructural el módulo 6, perteneciente al auditorio ya no debe de ser usado dado que expone la salud de alumnos, docentes y trabajadores de la institución.

REFERENCIAS

ARCILA, M.; MUÑOZ, A.; DE VICENTE, G. Análisis sismotectónica de la convergencia Caribe, Nazca y Sudamérica. En *Primer Simposio Colombiano de Sismología. Instituto Colombiano de Geología y Minería (Ingeominas), Memoria digital, Bogotá. 2002.*

AVALOS, M. Desarrollo del análisis estructural para mejorar el equilibrio sísmico, pabellón B del Colegio Virgen de la Puerta, Los Olivos, 2018. 2018.

BARBAT, H; OLLER, S. *Conceptos de cálculo de estructuras en las normativas de diseño sismorresistente.* Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE), 1997.

BARBAT, A; PUJADES, L. Evaluación de la Vulnerabilidad y del riesgo sísmico en zonas urbanas. Aplicación a Barcelona. En *Sísmica 2004: 6º Congreso Nacional de Sismología e Engenharia Sísmica.* 2004. p. 229-252.

BARBAT, H; OLLER, S; VIELMA, J. *Cálculo y diseño sismorresistente de edificios: aplicación de la norma NCSE-02.* Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE), 2005.

BARBAT, A., et al. Evaluación probabilista del riesgo sísmico de estructuras con base en la degradación de rigidez. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para cálculo y diseño en Ingeniería,* 2016, vol. 32, no 1, p. 39-47.

CABALLERO, R.; GADEA, M.; FIGUERES, V. Sismicidad del Paraguay. 29 y 30 de noviembre del 2018 *Universidad Nacional de Asunción,* 2018, p. 82.

CALLE, C. Vulnerabilidad estructural de la IE N° 10024 Nuestra Señora de Fátima. 2017.

CALAHUILLE, A. Análisis y diseño estructural comparativo basado en la Norma E. 030 del 2016 y 2006 para un edificio de uso hotel en la ciudad de Tacna. 2019.

CARDONA, O. *Vulnerabilidad sísmica de hospitales: fundamentos para ingenieros y arquitectos*. Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE), 1999.

CARRILLO, J. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de estructuras utilizando un diseño por desempeño. *Dyna*, 2008, vol. 75, no 155, p. 91-102.

CASTELLS, A. El informe de la administración concursal (I): estructura del informe y determinación de la masa activa. En *Las claves de la ley concursal*. Aranzadi Thomson Reuters, 2005. p. 381-415.

CERNA, R. Diagnóstico de la Patologías en Edificaciones de Albañilería Confinada Según Zonas de Vulnerabilidad del Distrito de Chimbote, Provincia del Santa y Departamento de Ancash Diciembre–2015.

CHOQUEZA, W; MOLLUNI, J. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones públicas de concreto armado en la zona urbana del distrito de Ocuvirí, prov. Lampa, reg. Puno-2017. 2018.

CRISAFULLI, F. Diseño sismorresistente de construcciones de acero. *Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina*, 2013.

ENGEL, H; RAPSON, R; ZOLLINGER, C. *Sistemas de estructuras*. Gustavo Gili, 2001.

ENRIQUEZ, J. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del edificio de ingeniería de la Universidad Señor de Sipán, actualizada a la Norma E-030. 2018.

FREEMAN, S. Development and use of capacity spectrum method. En *The 6th US National Conference on Earthquake Engineering/EERI, Seattle, Washington, 1998*. 1998.

HURTADO, J. Introducción a la dinámica de estructuras. *Departamento de Ingeniería Civil*, 2000.

GIESECKE, A. Sismos en Sudamérica: ¿cómo enfrentarlos desde un enfoque regional? 2005.

GRASES, G., et al. Diseño sismorresistente: especificaciones y criterios empleados en Venezuela. En *Academia de Ciencias Físicas Matemáticas y Naturales (Caracas)*. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, 1997.

GRÜNTHAL, G. European macroseismic scale 1998 (EMS-98). 1998.

HERNANDEZ, R.; FERNANDEZ, C.; BAPTISTA, P. Metodología de la investigación. 6ta Edición Sampieri. 2015.

IRIZARRY, J., et al. Ground-shaking scenarios and urban risk evaluation of Barcelona using the Risk-UE capacity spectrum based method. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 2011, vol. 9, no 2, p. 441-466.

LANTADA, N, et al. Seismic hazard and risk scenarios for Barcelona, Spain, using the Risk-UE vulnerability index method. *Bulletin of earthquake engineering*, 2010, vol. 8, no 2, p. 201-229.

LÓPEZ, G, et al. Análisis de acciones sísmicas y propuestas para su diseño. 2014.

LÓPEZ, O.; MARINILLI, A; CORONEL, D. Reducción del riesgo sísmico en edificaciones escolares de Venezuela. *Caracas, Venezuela*, 2015.

MADARIAGA, R. Sismicidad de Chile. *Física de la Tierra*, 1998, no 10, p. 221.

MENA, U. *Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas*. Universitat Politècnica de Catalunya, 2002.

MENDOZA, M; AYALA, A. Gustavo. Procedimiento de evaluación de edificios de concreto reforzado basado en desempeño: desarrollo y validación. *Ingeniería sísmica*, 2013, no 88, p. 23-41.

MENDOZA, A; SERNA, L. Vulnerabilidad sísmica de la infraestructura escolar urbana en Girardot-Cundinamarca. *Ingenierías*, 2015, vol. 18, no 68, p. 23-31.

MERCADO, A. Análisis de la variación espacial de la sismicidad en el Borde Occidental de Sudamérica y cálculo de períodos de retorno. 2018.

MVCS (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento). Reglamento Nacional de Edificaciones. Consideraciones Generales de las Edificaciones. 2017.

MORETA, J. *Evaluación estructural mediante el fema 154 del NEC y propuesta de reforzamiento del Centro Educativo Juan Pablo I del DM Q.* 2015. Tesis de Licenciatura. Quito: UCE.

MUÑOZ, D. Conceptos básicos en riesgo sísmico. *Física de la Tierra*, 1989, vol. 1, p. 199-215.

NÚÑEZ, F.; RUIZ, D.; CORTÉS, J. Análisis dinámico no lineal de edificios de acero sometidos a sismos. *Revista ingeniería de construcción*, 2021, vol. 36, no 2, p. 173-196.

ORDOÑEZ, R, et al. *Análisis sísmico por el método directo de diseño sísmico basado en desplazamientos (DDBD) de una estructura aporticada en concreto y su comparación con el método de fuerzas del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).* 2019. Tesis Doctoral.

ORTEGA, M, et al. Estructura como materialidad arquitectónica. 2016.

PAULAY, T; PRIESTLEY, M. Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings. 1992.

PIZARRO, N., et al. VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICIOS EDUCACIONALES. COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS CUALITATIVOS. CASOS DE ESTUDIO. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 2021, vol. 26, no 3, p. 498-522.

QUINDE, P; REINOSO, E. Estudio de peligro sísmico de Ecuador y propuesta de espectros de diseño para la Ciudad de Cuenca. *Ingeniería sísmica*, 2016, no 94, p. 1-26.

QUISPE, R; TAVERA, H; BERNAL, Y. Geometría de la Placa de Nazca en el borde occidental de Sudamérica partir de las tendencias medias de sismicidad. 2003.

RODRÍGUEZ, R. Vulnerabilidad estructural ante riesgo sísmico de las viviendas de la subcuenca Chucchun-Carhuaz. 2019.

RONDÓN, M., CHO, G., & ARAUJO, I. Índice de vulnerabilidad sísmica en edificaciones de mampostería basado en la opinión de expertos. *Ingeniería y Universidad*, 2007, vol. 11, no 2.

RONQUILLO, S. Validación de los límites para distintos niveles de desempeño en edificios con muros de hormigón armado (Typical Chilean RC Building). 2017.

SÁNCHEZ, B., STIWART, P., & ALVAREZ, J. Comparación del modelamiento, análisis y diseño estructural en concreto armado utilizando los Software Etabs y Robot structural analysis, para un edificio de cinco niveles (cuatro pisos y un semisótano). 2018.

SANDOVAL, R. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica por el método de índice de vulnerabilidad de benedetti y petrini de la IE Sabio Antonio Raimondi-Independencia-Huaraz–Ancash-2016. 2016.

SANTOS, J. Diseño y evaluación del comportamiento estructural entre un sistema convencional y disipadores de energía fluido viscoso, en una edificación de siete niveles y un semisótano en el distrito de Huacho, 2018. 2018.

TAMAYO, M, et al. *El proceso de la investigación científica*. Editorial Limusa, 2004.

TAPIA, P; ROLDÁN, W; VILLACIS, C. Vulnerabilidad sísmica de las ciudades del norte de Chile: Arica, Antofagasta y Copiapó. *VIII Jornadas Chilenas de Sismología e Ing. Antisísmica*, 2002.

TAVERA, H, et al. Re-evaluación del peligro sísmico probabilístico para el Perú. 2014.

TORRES, H, et al. Diseño estructural de la vía que comunica a Puerto Ariari con Puerto Gómez en el municipio de Cubarral departamento del Meta. *Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio. Recuperado de <http://repository.ucc.edu.co/handle/ucc/13117>*, 2019.

VEGA, G., & ALEX, W. Determinación y evaluación de las patologías en muros de albañilería confinada del cerco perimétrico de la losa deportiva “Los Ángeles”, distrito de Independencia, provincia Huaraz, departamento de Ancash, mayo–2017. 2018.

VIERA, R. Vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas de albañilería confinada de la ciudad de Recuay-Ancash-2017. 2018.

YAMIN, L.; RUIZ, D. Vulnerabilidad sísmico de puentes en Colombia y estrategias para rehabilitación. *Revista de Ingeniería*, 2001, no 13, p. 74-80.

ANEXOS

Anexo 1. Declaratoria de autenticidad de los autores

Yo, Gilber Mariano, Rodríguez Apolinario alumno de la facultad de Ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Huaraz, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al proyecto de tesis “Aplicación de Norma E.030 para Evaluación de Vulnerabilidad Estructural de I.E. Nuestra Señora de las Mercedes, Distrito de Carhuaz, Ancash”, son:

1. De nuestra autoría.
2. El presente proyecto de tesis no ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
3. El presente proyecto de tesis no ha sido publicado ni presentado anteriormente.
4. Los resultados presentados en el presente proyecto son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto a las normas académicas vigentes de la Universidad Cesar Vallejo.

Huaraz, Diciembre de 2021.

Gilber Mariano, Rodriguez Apolinario

DNI. N° :.....

Anexo 2. Declaratoria de autenticidad (asesor)

Yo, Sagastegui Vasquez German, Identificado con DNI N°docente de la facultad de Ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Huaraz, revisor del proyecto de tesis; “Aplicación de Norma E.030 para Evaluación de Vulnerabilidad Estructural de I.E. Nuestra Señora de las Mercedes, Distrito de Carhuaz, Ancash” del alumno, Rodriguez Apolinario Gilber Mariano de la facultad de Ingeniería, constato que la investigación tiene un índice de similitud de%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias destacadas no constituyen plagio. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Huaraz, Diciembre de 2021.

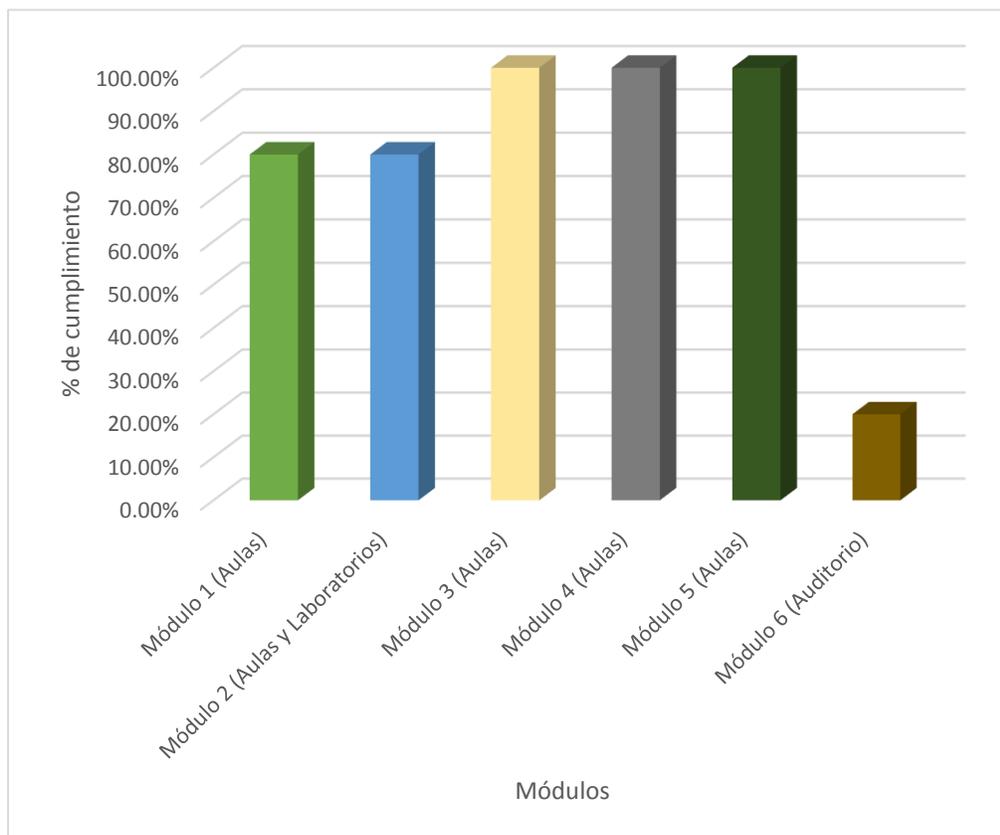
Sagastegui Vásquez German

Anexo 3. Variables y Operacionalización

Variables de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición
Variable independiente: Norma E.030	Es la norma encargada del diseño sismoresistente, que se encarga de estudiar las obras civiles y su probable colapso por medio de su comportamiento frente a terremotos; sirviendo para repararlas después que se den estos, esta tiene como finalidad minimizar daños a la propiedad, asegurar la continuidad de los servicios básicos y evitar pérdidas humanas (Norma E.030, 2021).	Son los parámetros que ayudan a identificar; el tipo de estructura, dimensiones y demás características requeridas, realizando posteriormente el análisis estructural tanto un análisis estático, para finalmente poder validar la estructura y determinar su eficiencia y buen diseño.	-Espectro sísmico - Modelamiento estructural -Análisis estructural	-Factor de zona -Perfil de suelo -Parámetros de sitio -Factor de ampliación sísmica -Categoría y factor de uso -Sistema estructural -Reducción de fuerzas sísmicas -Factores de irregularidad -Coef. Reducción -Modelamiento y respuesta del modulo - Distribución de cargas, corte, momento y desviación - Factores de participación - Frecuencia y periodo modal - Reacciones de base -Momentos -Desviación -Rigidez Modal - Fuerza cortante en base - Distribución de la fuerza sísmica en altura - Periodo fundamental de vibración - Excentricidad accidental	Nominal Ordinal Ordinal

Variables de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición
Variable dependiente: vulnerabilidad sísmica estructural	Se refiere a la susceptibilidad que presentan las estructuras frente a posibles daños en aquellas partes de la construcción que lo mantienen en pie ante un sismo intenso. Esto incluye cimientos, columnas, muros, vigas y losas.	Es la aplicación del índice de vulnerabilidad por el método de Benedetti y Petrini que de acuerdo a un conjunto de once parámetros bajo un sistema a causa de un sismo (Ramírez, 2020). Considerando aspectos como organización del sistema resistente, su calidad, la resistencia convencional, la posición del edificio y su cimentación, los diafragmas horizontales, la configuración del planta y elevación, la separación entre muros, los tipos de cubierta, los elementos no estructurales y el estado de conservación (Vallejos & Valverde, 2021).	Índice de vulnerabilidad	<ul style="list-style-type: none"> - Fuerzas sísmicas verticales - Organización del sistema resistente - Calidad del sistema resistente - Resistencia Convencional - Posición del edificio y cimentación - Diafragmas horizontales - Configuración de planta - Configuración de elevación - Separación máxima entre muros - Tipos de cubierta - Elementos no estructurales - Estado de conservación 	Ordinal

Anexo 4. Porcentaje de cumplimiento.



Fuente. Elaboración propia.

Anexo 5. Ficha de observación para espectro sísmico

“Aplicación de Norma E.030 para Evaluación de Vulnerabilidad Estructural de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes, Distrito de Carhuaz, Ancash”

ESPECTRO DE SISMO PARA LOS MODULOS DE LA I.E..... DEL DISTRITO DE CARHUAZ - ANCASH	
ESPECTRO DE SISMO SEGÚN LA NORMA E.030 - 2018	
Zonificación, según la Norma E.0.30-2018	
Departamento	
Provincia	
Distrito	
Zona Sísmica	
Parámetros de Sitio Según E.030- 2018	
S	
Tp	
TL	
Caracterización de Modulos Según E.030- 2018	
Categoría del modulo	
U	
Restricciones de irregularidad	
Sistemas Estructurales E.0.30-2018	
R0	
Factores de irregularidad	
la	
lp	
Coeficiente de Reducción de Fuerzas Sísmicas	
R	
3	
Análisis estructural	
Peso	
Peso max	
V	
Sa	



Anexo 6. Ficha de observación para modelamiento estructural.

“Aplicación de Norma E.030 para Evaluación de Vulnerabilidad Estructural de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes, Distrito de Carhuaz, Ancash”

Modulo número:

Lugar:

Señalar si la característica cumple o no cumple.

1.-Modelamiento y respuesta del modulo

.....

2.-Distribución de cargas, corte, momento y desviación

.....

3.-Factores de participación

.....

4.-Frecuencia y periodo modal

.....

5.-Reacciones de base

.....

Anexo 7. Ficha de observación para análisis estructural.

“Aplicación de Norma E.030 para Evaluación de Vulnerabilidad Estructural de la I.E. Nuestra Señora de las Mercedes, Distrito de Carhuaz, Ancash”

Modulo número:

Lugar:

Señalar si la característica cumple o no cumple.

1.- Fuerza cortante en base

.....

2.- Distribución de la fuerza sísmica en altura

.....

3.- Periodo fundamental de vibración

.....

4.- Excentricidad accidental

.....

5.- Fuerzas sísmicas verticales

.....

Anexo 8. Ficha de observación para Índice de vulnerabilidad
“Aplicación de Norma E.030 para Evaluación de Vulnerabilidad Estructural de la
I.E. Nuestra Señora de las Mercedes, Distrito de Carhuaz, Ancash”

Modulo número:

Lugar:

Señalar si la característica cumple o no cumple.

Escala numérica del índice de vulnerabilidad de los edificios de albañilería.

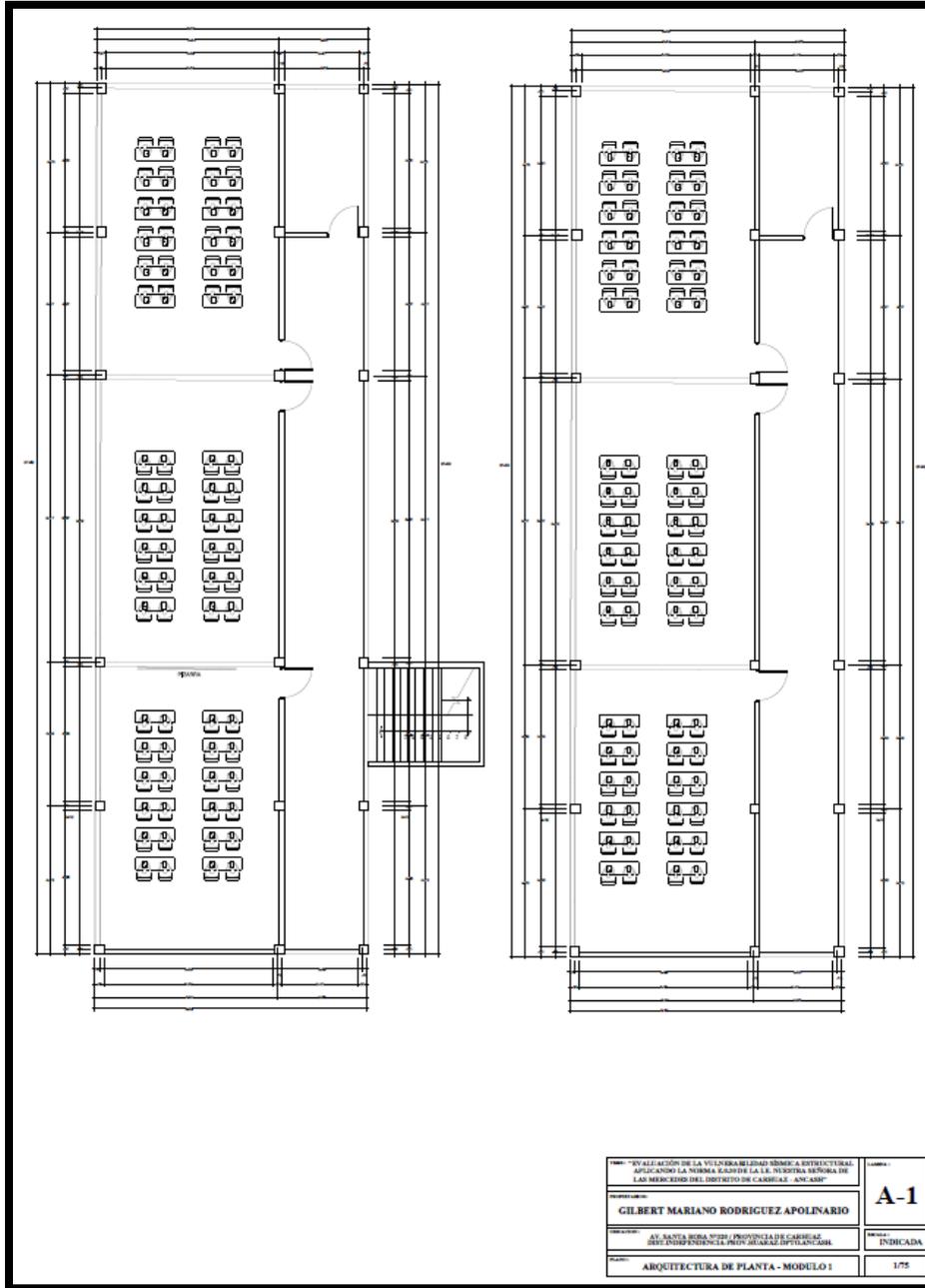
i	Parámetro	KiA	KiB	KiC	KiD	Wi
1	Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1,50
2	Calidad del sistema resistente	0	5	25	45	1,00
3	Resistencia Convencional	0	5	25	45	1,50
4	Posición del edificio y cimentación	0	5	25	45	0,75
5	Diafragmas horizontales	0	5	15	45	1,00
6	Configuración de planta	0	5	25	45	1,00
7	Configuración de elevación	0	5	25	45	1,00
8	Separación máxima entre muros	0	5	25	45	0,50
9	Tipos de cubierta	0	15	25	45	0,25
10	Elementos no estructurales	0	5	25	45	0,25
11	Estado de conservación	0	5	25	45	0,25

Fuente: Benedetti y Petrini (1984), citado en Ruffner, (2020).

$$Iv = \sum_{i=1}^{11} KixWi$$

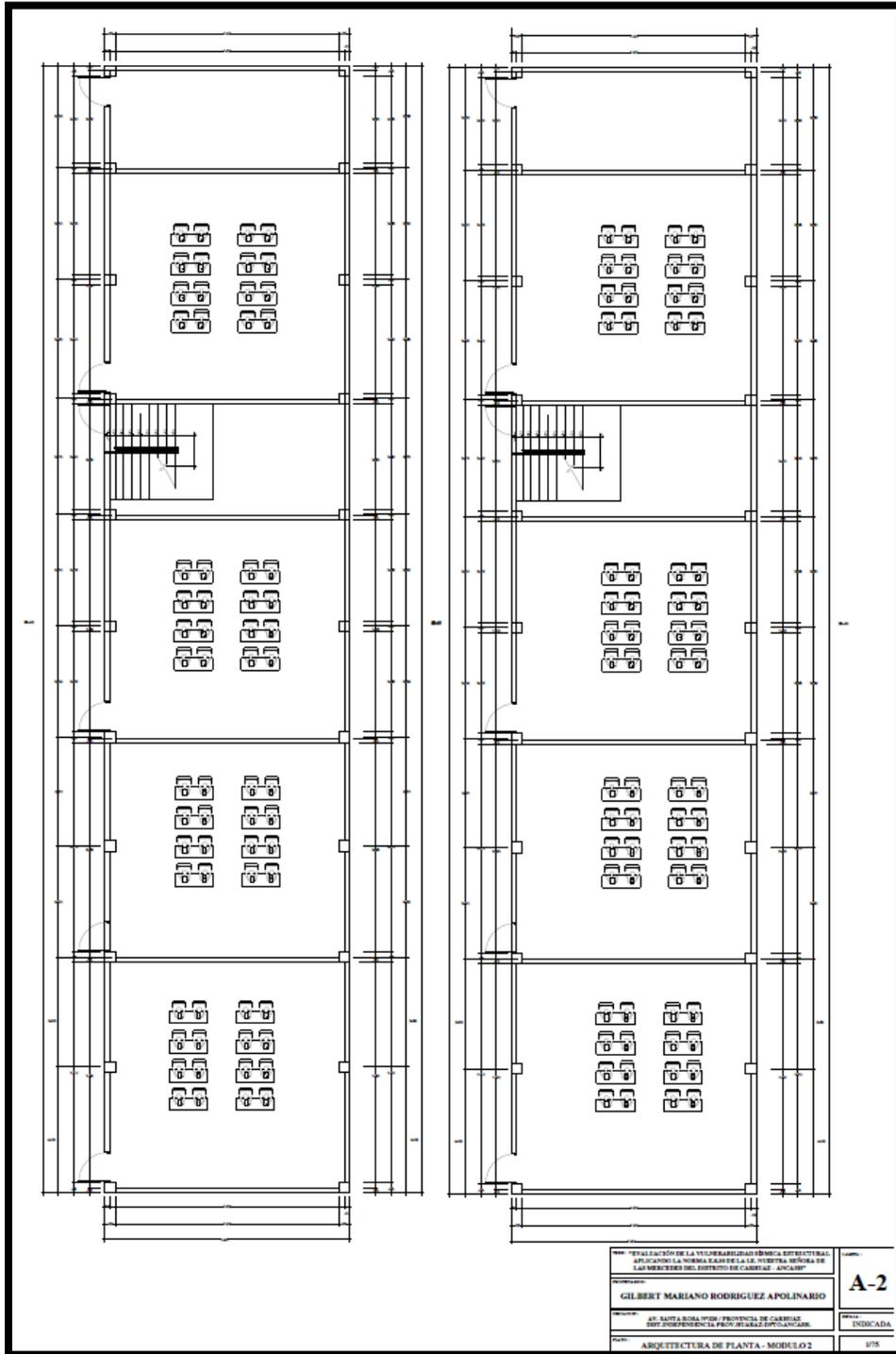
Anexo 9. Arquitecturas de planta

Arquitectura de planta Modulo 1, primer y segundo piso.



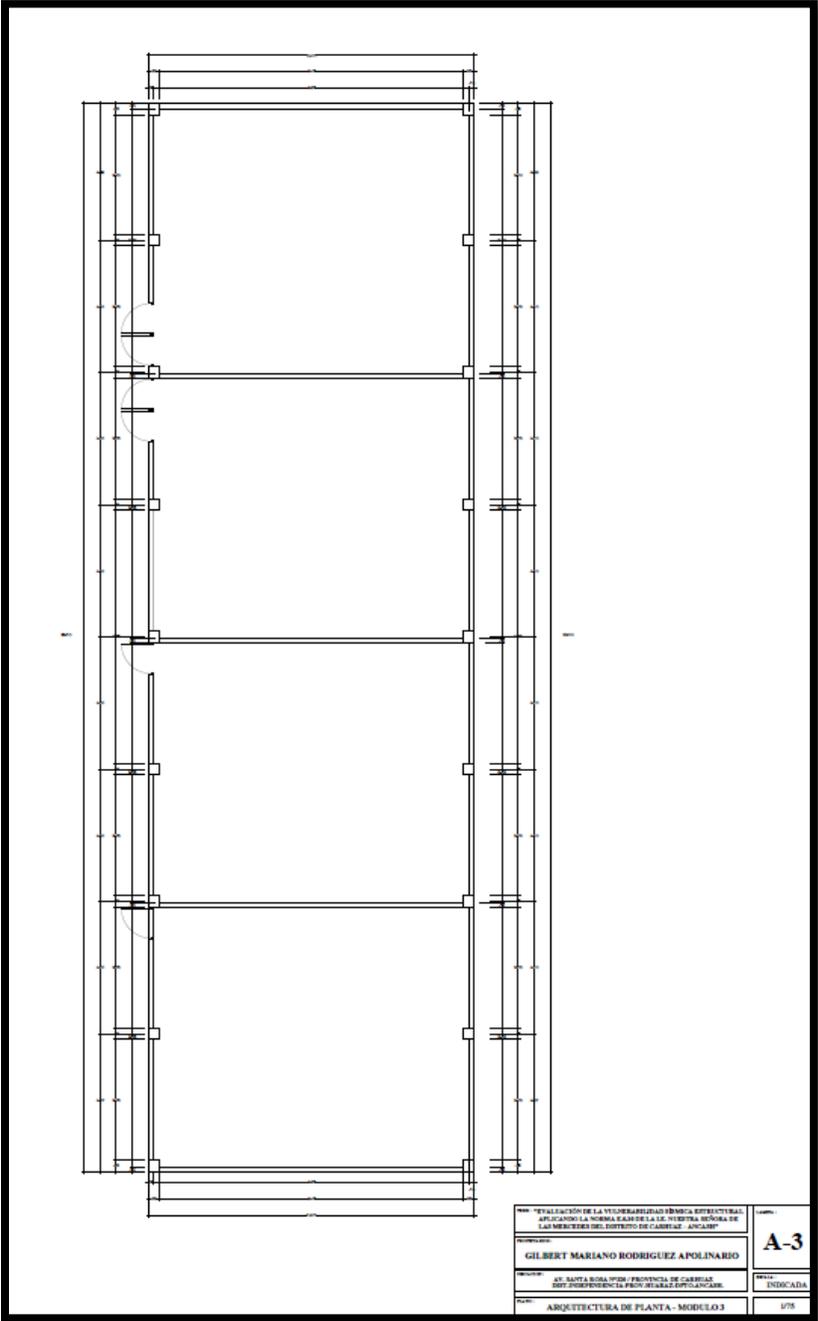
Fuente. Elaboración propia.

Arquitectura de planta Modulo 2, primer y segundo piso.



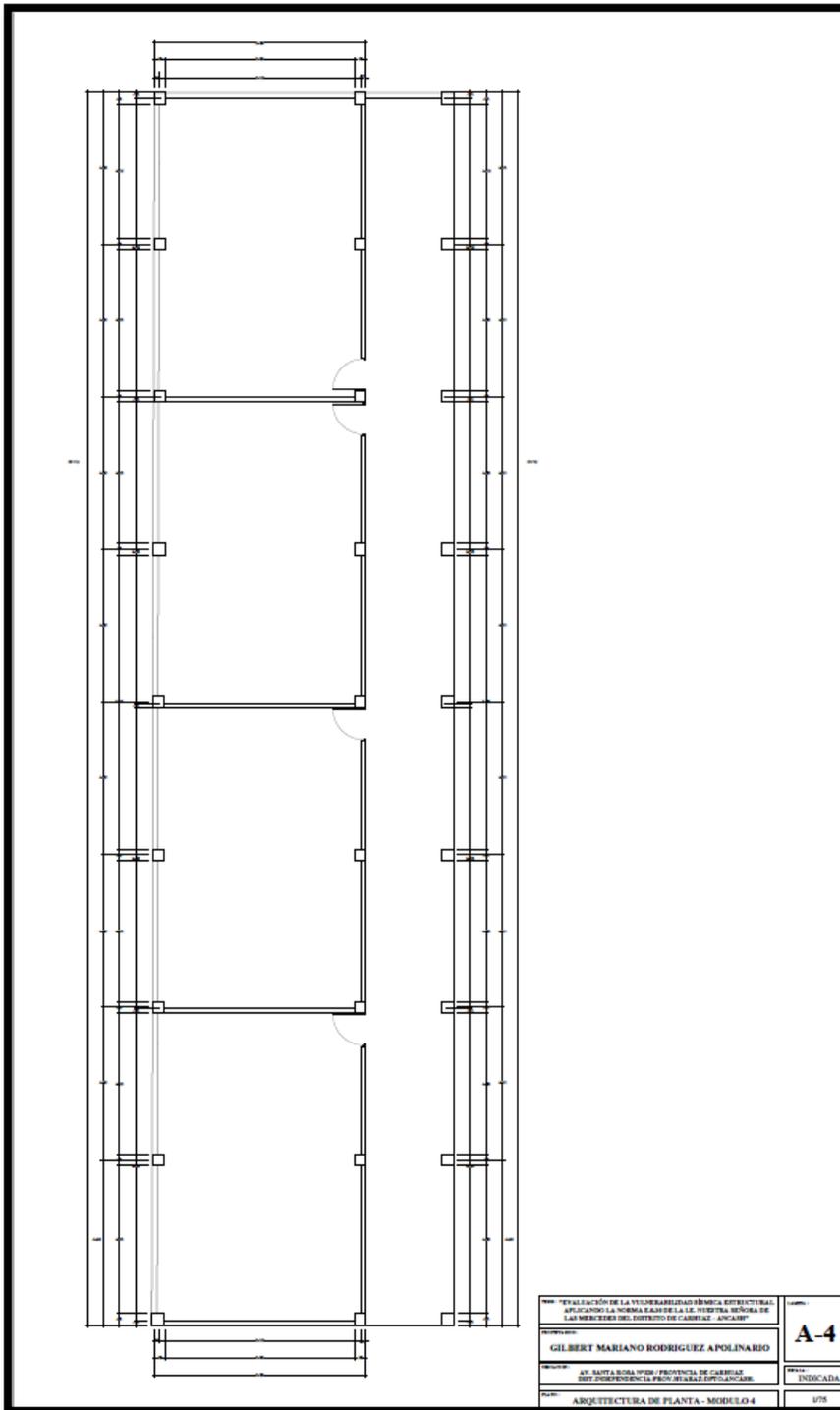
Fuente. Elaboración propia.

Arquitectura de planta Modulo 3, primer piso.



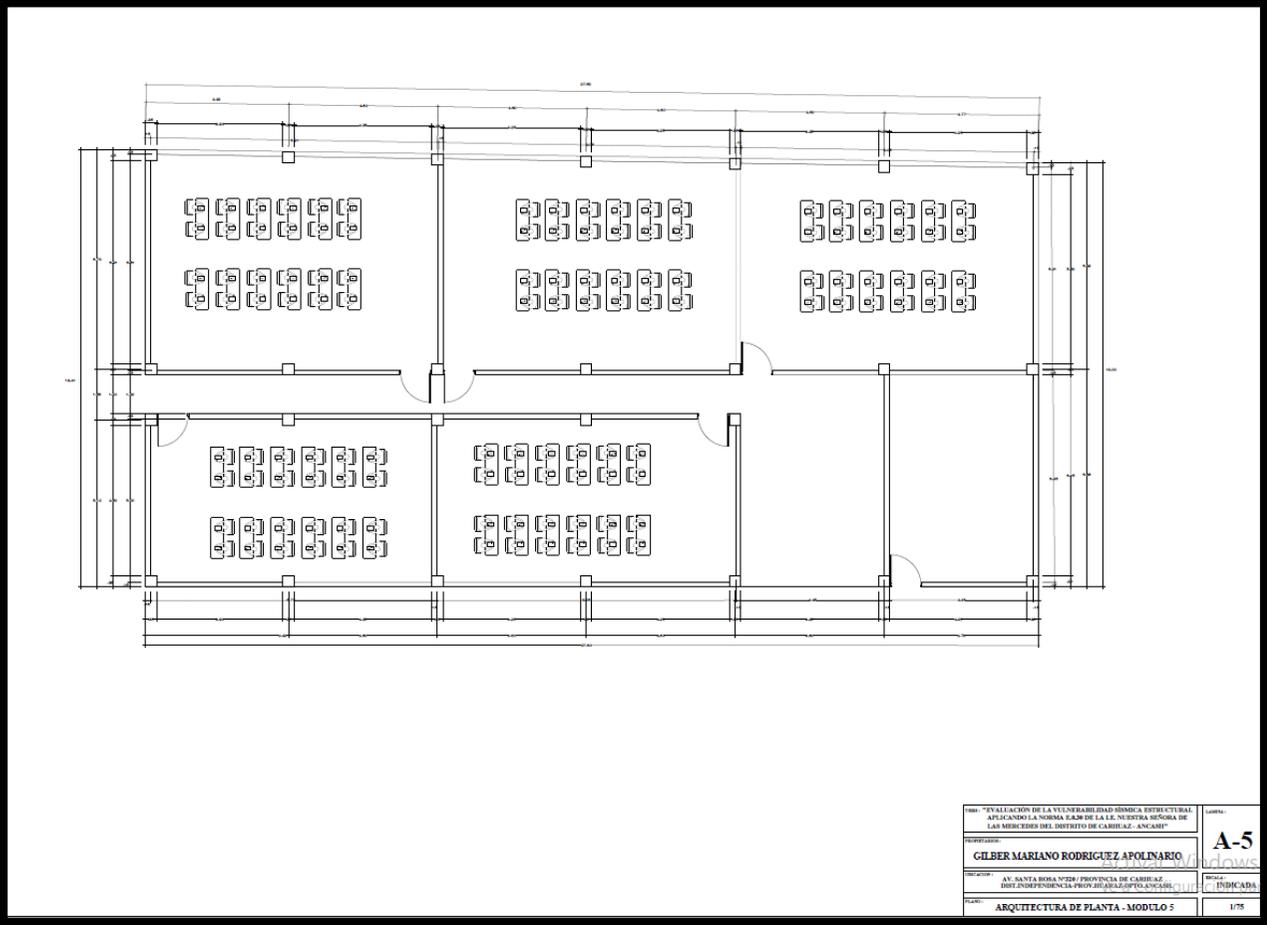
Fuente. Elaboración propia.

Arquitectura de planta Modulo 4, primer piso.



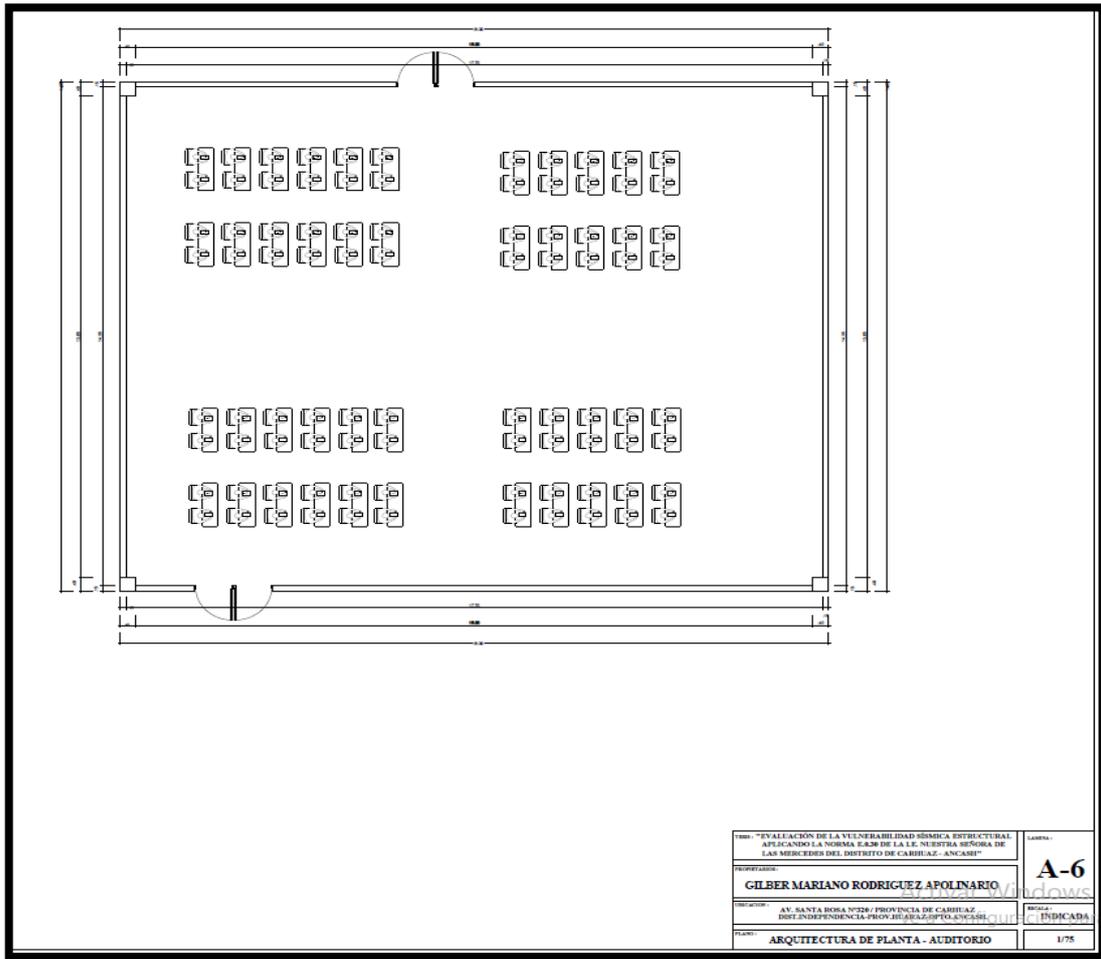
Fuente. Elaboración propia.

Arquitectura de planta Modulo 5, primer piso.



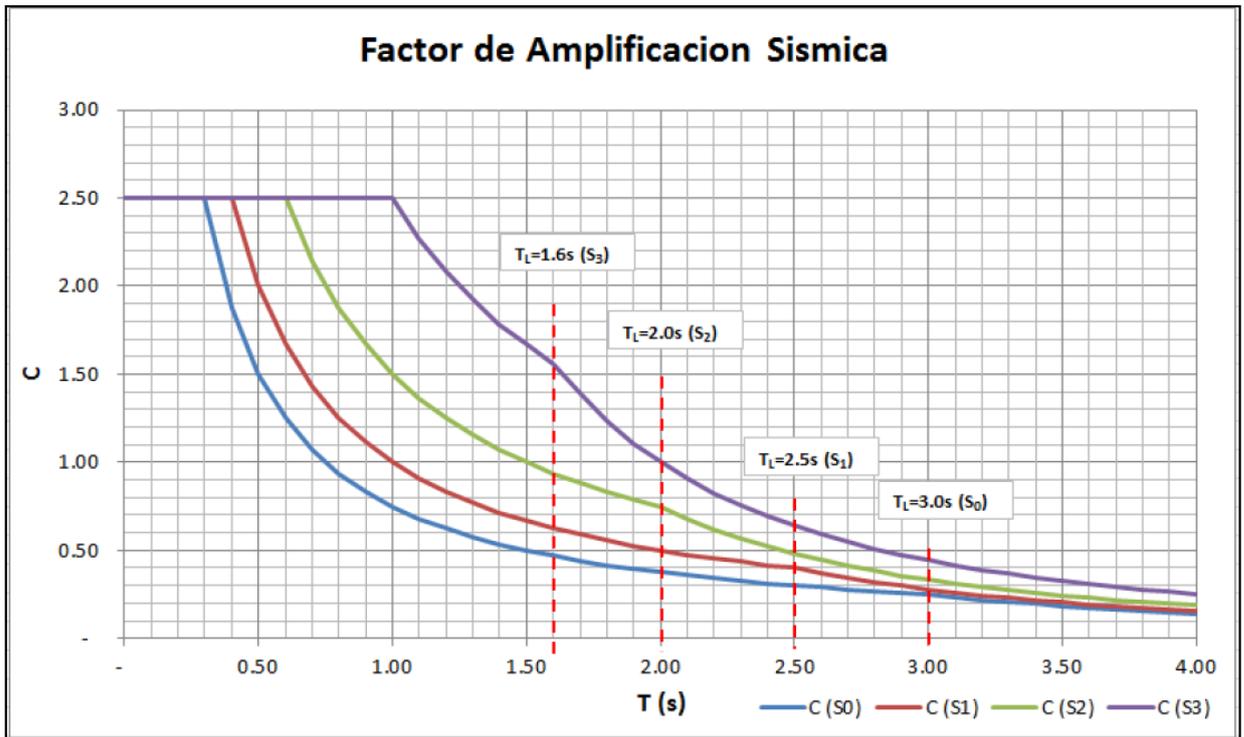
Fuente. Elaboración propia.

Arquitectura de planta Modulo 6, Auditorio.



Fuente. Elaboración propia.

Anexo 10. Factor de Amplificación sísmica.



Fuente. Elaboración propia.

Anexo 11. Fotografías de la I.E. Nuestra Señora de Las Mercedes

Foto del Frente de la I.E. Nuestra Señora de Las Mercedes.



Fuente. Toma propia, en el frontis de la institución educativa.

Foto del primer módulo de la I.E. Nuestra Señora de Las Mercedes.



Fuente. Toma propia, en el frontis del primer módulo de la I.E.

Foto del segundo módulo de la I.E. Nuestra Señora de Las Mercedes.



Fuente. Toma propia, fotografía tomada desde el primer módulo de la I.E.

Foto del quinto módulo de la I.E. Nuestra Señora de Las Mercedes.



Fuente. Toma propia, fotografía tomada desde el cuarto módulo de la I.E.

Foto del tercer módulo de la I.E. Nuestra Señora de Las Mercedes.



Fuente. Toma propia, fotografía tomada desde el cuarto módulo de la I.E.

Foto la falla observada en el quinto módulo de la I.E. Nuestra Señora de Las Mercedes.



Fuente. Toma propia, fotografía tomada en el quinto módulo de la I.E.

Foto la falla observada en el cuarto módulo de la I.E. Nuestra Señora de Las Mercedes.



Fuente. Toma propia, fotografía tomada en el cuarto módulo de la I.E.

Foto para observar el tipo de estructura en el segundo módulo de la I.E. Nuestra Señora de Las Mercedes.



Fuente. Toma propia, fotografía tomada en el segundo módulo de la I.E.

Foto para observar el Auditorio de la I.E. Nuestra Señora de Las Mercedes.



Fuente. Toma propia, fotografía tomada en el tercer módulo de la I.E.

Anexo 12. Solicitud y Constancia - I.E. Nuestra Señora de las Mercedes, distrito de Carhuaz.

Solicitud de permiso para la investigación

MINISTERIO DE EDUCACIÓN - DEL CARHUAZ	
I.E. "Nuestra Señora de las Mercedes"	
FECHA	27 DIC 2019
MP/CP	2120

SOLICITO: Permiso para realizar trabajo de investigación.

Señor: Liborio Mejía León

Director de la I.E.: Nuestra Señora de las Mercedes, Carhuaz – Ancash

De mi consideración:

Yo, **GILBER MARIANO RODRIGUEZ APOLINARIO**, identificado con DNI N° 44788338, Bachiller en Ingeniería Civil, con domicilio Prolong. La merced S/N del distrito de Carhuaz, me dirijo a usted para saludarle cordialmente y a la vez hacer de su conocimiento lo siguiente:

Solicito a usted el permiso para realizar trabajo de investigación en su I.E. sobre "EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA ESTRUCTURAL APLICANDO LA NORMA E. 030 DE LA I.E. NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES DEL DISTRITO DE CARHUAZ – ANCASH" a fin de optar al grado de Título Profesional de Ingeniero Civil.

Sin otro particular, me despido cordialmente, estando a la espera de su pronta respuesta.

Carhuaz, 27 de diciembre del 2019

Atentamente,

RODRIGUEZ APOLINARIO GILBER

Bachiller en Ingeniería Civil

D.N.I. N° 44788338

Constancia de autorización



MINISTERIO DE EDUCACIÓN
REPUBLICA DEL PERÚ



DIRECCIÓN
GENERAL DE ASESORIA TÉCNICA

I.E. "NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES" – CARHUAZ



CONSTANCIA

LA DIRECTORA DE LA I.E. "NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES" DE CARHUAZ; QUIEN AL FINAL SUSCRIBE, OTORGA LA PRESENTE CONSTANCIA DE AUTORIZACION – PERMISO A:

Don: GILMER MARIANO RODRIGUEZ APOLINARIO

Para realizar los trabajos en el interior de nuestra Institución Educativa concerniente al proyecto de investigación "Evaluación de la vulnerabilidad sísmica estructural de la I.E. Ntra. Sra. De las Mercedes" – Carhuaz; por lo que se le autoriza el permiso y brinde las facilidades los días viernes en horario de las 15:00 – 18:00 horas y los días domingos de las 09:00 – 12:00 horas.

Se expide la presente al interesado para los fines que estime por conveniente.

Carhuaz, 09 de enero de 2020.



I.E. "NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES"
CARHUAZ

Lucy Alicia F. Urbina Méndez
Lucy Alicia F. Urbina Méndez
DIRECTORA