

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



UPLA

TESIS

**EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD
SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN DE LA ZONA
MONUMENTAL DE LA CIUDAD DE HUANCAYO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

Autor: Bach. Ramos Coronel, Ludwing Saul

Asesora: Mg. Ing. Herrera Montes Jeannelle Sofia

Línea de investigación institucional: Nuevas Tecnologías y Procesos

Huancayo - Perú

2023

Asesora

Mg. Ing. Herrera Montes Jeannelle Sofia

Hoja de Conformidad del Jurado

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera
Presidente

Jurado 1

Jurado 2

Jurado 3

Ing. Leonel Untiveros Peñaloza
Secretario Docente

DEDICATORIA

Dedico mi proyecto de investigación a mis padres en agradecimiento por su apoyo incondicional, que me ha inspirado y dado la fuerza para perseverar en la consecución de una de mis mayores ambiciones. También se lo dedico a mis hermanos en agradecimiento por su amor. Su apoyo inquebrantable por estar a mi lado en todo momento durante todo este proceso, y sobre todo, a nuestro Señor Padre quien dirige mis pies en el camino de esta vida.

Bach. Ramos Coronel, Ludwing Saúl

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a todos los profesionales que me apoyaron en la realización de este trabajo de investigación.

Bach. Ramos Coronel, Ludwing Saúl

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0165- FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la **Tesis**; titulada:

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN DE LA ZONA MONUMENTAL DE LA CIUDAD DE HUANCAYO

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : **Bach. RAMOS CORONEL LUDWING SAUL**

Facultad : **INGENIERÍA**

Escuela Académica : **INGENIERÍA CIVIL**

Asesor(a) : **Mg. HERRERA MONTES JEANNELLE SOFIA**

Fue analizado con fecha **29/04/2024**; con **94 págs.**; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

X

Excluye citas.

X

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

X

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de **24 %**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Version 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.**

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.



Huancayo, 29 de abril del 2024.

MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI
JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

CONTENIDO

CONTENIDO DE TABLAS	ix
CONTENIDO DE FIGURAS	x
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO I	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1. Descripción de la realidad problemática	15
1.2. Delimitación del problema	17
1.2.1. Espacial	17
1.2.2. Temporal	17
1.2.3. Económica	18
1.3. Formulación del problema	18
1.3.1. Problema general	18
1.3.2. Problemas específicos	18
1.4. Justificación	18
1.4.1. Social	18
1.4.2. Teórica	18
1.4.3. Metodológica	19
1.5. Objetivos	19
1.5.1. Objetivo general	19
1.5.2. Objetivos específicos	19
CAPÍTULO II	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes	20
2.1.1. Antecedentes nacionales	20
2.1.2. Antecedentes internacionales	22
2.2. Bases teóricas o científicas	26
2.2.1. Sismicidad	26
2.2.2. Peligro sísmico en el Perú	27
2.2.2.1. Sismicidad histórica del Perú	28

2.2.2.2. Peligrosidad sísmica en Huancayo	29
2.2.2.3. Sismicidad histórica en Huancayo	29
2.3. Marco conceptual	30
2.3.1. Vulnerabilidad	30
CAPÍTULO III	37
HIPÓTESIS	37
3.1. Hipótesis general	37
3.2. Hipótesis específicas	37
3.3. Variables	37
3.3.1. Definición conceptual	37
3.3.2. Definición operacional	37
3.3.3. Operacionalización de las variables	38
CAPITULO IV	39
METODOLOGÍA	39
4.1. Método de investigación	39
4.2. Tipo de investigación	39
4.3. Nivel de investigación	39
4.4. Diseño de la investigación	40
4.5. Población y muestra	40
4.5.1. Población	40
4.5.2. Muestra	40
4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	41
4.6.1. Técnicas de investigación	41
4.6.2. Instrumentos de recolección de datos	41
4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	41
4.8. Aspectos éticos de la investigación	42
CAPÍTULO IV	43
RESULTADOS	43
5.1. Descripción del diseño tecnológico	43
5.1.1. Ubicación de la edificación	43
5.1.2. Características de la edificación	43
5.1.3. Propiedades de los materiales de la edificación	45

5.1.4. Cargas verticales	45
5.1.5. Análisis sísmico dinámico	46
5.1.5.1. Normas de diseño:	46
5.1.5.2. Parámetros de diseño utilizados:	47
5.1.5.3. Espectro de pseudo-aceleraciones:	50
5.1.5.4. Modelamiento de la estructura:	52
5.2. Descripción de resultados	61
5.2.1. Objetivo específico 01:	61
5.2.2. Respecto al objetivo específico 02:	64
5.2.3. Respecto al objetivo específico 03:	66
CAPÍTULO V	70
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	70
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES	78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
ANEXOS	81
Anexo 01: Matriz de consistencia	82
Anexo 02: Matriz de operacionalización de variables	84
Anexo 03: Panel fotográfico	86
Anexo 04: Planos	89

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. <i>Sismos históricos en Huancayo.</i>	30
Tabla 2. <i>Parámetros de vulnerabilidad.</i>	34
Tabla 3. <i>Operacionalización de variable.</i>	38
Tabla 4. <i>Clasificación de los perfiles de suelo.</i>	48
Tabla 5. <i>Clasificación de suelos.</i>	48
Tabla 6. <i>T_P y T_L.</i>	49
Tabla 7. <i>Sistemas estructurales</i>	49
Tabla 8. <i>Peso del inmueble.</i>	61
Tabla 9. <i>Modos de vibración.</i>	61
Tabla 10. <i>Deriva de pisos en el eje X – X.</i>	63
Tabla 11. <i>Deriva de pisos en el eje Y – Y.</i>	63
Tabla 12. <i>Cortante dinámica en el eje X – X.</i>	65
Tabla 13. <i>Cortante dinámica en el eje Y – Y.</i>	65
Tabla 14. <i>A: Primer nivel.</i>	67
Tabla 15. <i>Configuración en elevación.</i>	68
Tabla 16. <i>Resumen del análisis.</i>	69

CONTENIDO DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Falla del Huaytapallana.	16
<i>Figura 2:</i> Edificación materia de la investigación.	17
<i>Figura 3:</i> Anillo de Fuego del Pacifico.	28
<i>Figura 4:</i> Subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana	29
<i>Figura 5:</i> Ubicación de la ubicación.	43
<i>Figura 6:</i> Planta sótano.	44
<i>Figura 7:</i> Planta primer nivel bloque C.	44
<i>Figura 8:</i> Elevación bloque C.	45
<i>Figura 8:</i> Factor de amplificación sísmica.	47
<i>Figura 10:</i> Espectro pseudo – aceleraciones x - x.	51
<i>Figura 12:</i> Espectro pseudo – aceleraciones y - y.	51
<i>Figura 12:</i> Adobe $f'm = 12 \text{ kg/cm}^2$.	52
<i>Figura 13:</i> Madera $f'm = 50 \text{ kg/cm}^2$.	53
<i>Figura 13:</i> Muro de 0.55 m	53
<i>Figura 15:</i> Entablado de 0.10 m.	54
<i>Figura 16:</i> Cargas estáticas	54
<i>Figura 17:</i> Definición de masas.	55
<i>Figura 18:</i> Diafragma rígido	55
<i>Figura 19:</i> Espectro de respuesta	56
<i>Figura 20:</i> Carga sísmica ERXX	57
<i>Figura 21:</i> Carga sísmica ERY Y	57
<i>Figura 22:</i> Carga muerta y viva en sótano	58
<i>Figura 23:</i> Carga muerta y viva en azotea	58
<i>Figura 24:</i> Sótano en el programa ETABS.	59
<i>Figura 25:</i> Primer nivel en el programa ETABS.	59
<i>Figura 26:</i> Bloque C de Electrocentro – Huancayo en 3D.	60
<i>Figura 27:</i> Configuración en planta.	67

RESUMEN

La problemática tratada fue considerada como: ¿Cuál es el resultado de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de una edificación de la Zona Monumental de la ciudad de Huancayo?, se contó con el objetivo de evaluar la vulnerabilidad sísmica de una edificación de la Zona Monumental de la ciudad de Huancayo, cuya hipótesis fue que el grado de vulnerabilidad sísmica de la edificación de la Zona Monumental de la ciudad de Huancayo es adecuado. Se utilizó la metodología científica, con un tipo aplicado y de nivel descriptivo, el cual utilizó un diseño no experimental. La población que se utilizó fue conformada por una edificación rústica propiedad de la Empresa Electrocentro ubicada en la esquina del Av. Giráldez y el Jr. Amazonas (Zona Monumental de la ciudad de Huancayo), teniéndose como muestra dirigida o intencional conformada por las estructuras de la edificación. Se indica que el grado de vulnerabilidad de la edificación rústica propiedad de la Empresa Electrocentro ubicada en la esquina de la Av. Giráldez y el Jr. Amazonas, la cual sirve de sede administrativa que se encuentra dentro de la Zona Monumental de la ciudad de Huancayo tiene un valor inadecuado.

Palabras claves: **Vulnerabilidad sísmica, edificación rústica, evento sísmico.**

ABSTRACT

The problem addressed was considered as: What is the result of the evaluation of the seismic vulnerability of a building in the Monumental Zone of the city of Huancayo? The objective was to evaluate the seismic vulnerability of a building in the Monumental Zone. of the city of Huancayo, whose hypothesis was that the degree of seismic vulnerability of the building of the Monumental Zone of the city of Huancayo is adequate. The scientific methodology was used, with an applied type and a descriptive level, which used a non-experimental design. The population that was used was made up of a rustic building owned by the Electrocentro Company located on the corner of Av. Giráldez and Jr. Amazonas (Monumental Zone of the city of Huancayo), having as a directed or intentional sample made up of the structures of the building. It is indicated that the degree of vulnerability of the rustic building owned by the Electrocentro Company located on the corner of Av. Giráldez and Jr. Amazonas, which serves as the administrative headquarters that is located within the Monumental Zone of the city of Huancayo has an inadequate value.

Keywords: Seismic vulnerability, rustic building, seismic event.

INTRODUCCIÓN

La investigación titulada "EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN DE LA ZONA MONUMENTAL DE LA CIUDAD DE HUANCAYO" se centra en evaluar la vulnerabilidad sísmica de un edificio utilizado para fines administrativos por Electrocentro, ubicado en la zona monumental de Huancayo y con más de 180 años de antigüedad. Esta edificación, construida con adobe y careciendo de criterios sísmicos estructurales y asesoramiento técnico profesional, presenta riesgos potenciales para sus ocupantes y para la preservación del patrimonio arquitectónico. El objetivo principal es prevenir posibles desastres a corto o largo plazo.

El trabajo de investigación presenta el siguiente desarrollo:

1. En el Capítulo I, "Planteamiento del problema", se aborda el problema general y específico, se establecen los objetivos generales y específicos, se justifica la relevancia práctica y metodológica del estudio, y se delimita el espacio y tiempo de la investigación.
2. El Capítulo II, "Marco teórico", comprende el análisis de estudios previos y literatura relevante para la investigación, incluyendo antecedentes y marco conceptual.
3. En el Capítulo III, "Hipótesis", se aprecian las hipótesis, tanto general como específicas de la investigación.
4. En el Capítulo IV, "Metodología", se describe la estructura central de la investigación, detallando el tipo de estudio, nivel y diseño de investigación, así como las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección y análisis de datos.
5. El Capítulo V, "Resultados", presenta los hallazgos obtenidos durante la investigación, mostrando los procesos llevados a cabo y sus respectivos resultados.

6. En el Capítulo VI, "Discusión de resultados", se analizan los resultados en comparación con investigaciones previas, buscando identificar diferencias o similitudes que enriquezcan el método científico y contribuyan al cuerpo de conocimiento existente.

Asimismo, se cuentan con conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexo.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

La capacidad de una comunidad o estructura para resistir y recuperarse tras un terremoto es lo que hace que la vulnerabilidad sísmica sea tan importante. El término "vulnerabilidad sísmica" describe cuán susceptibles son las personas, la infraestructura y los edificios de sufrir daños durante un evento sísmico. Como resultado, INVI (2014) afirma que, en la actualidad, Chile se encuentra en regiones montañosas cerca del océano, donde la mayoría de las viviendas son independientes, con algunas, en el peor de los casos, construidas de madera. Dado que muchas de estas viviendas están construidas sobre terrenos rellenados y carecen de cimientos adecuados, son vulnerables a la erosión. Estas casas han sufrido grandes daños por las fuertes inundaciones, y Valparaíso ha sufrido graves daños por terremotos, incluido el de magnitud 8,2 que sacudió la ciudad en 1906..

El Perú, de acuerdo a lo que indica el INEI (2015) se analizaron un total de 187,312 edificaciones educativas. Dentro de esta muestra, se identificaron 15,349 colegios construidos antes y durante 1977, y 63,976 entre 1978 y 1998. Es crucial entender la antigüedad de estas construcciones debido a los cambios en la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente (E:0.30), que incluyen modificaciones en la rigidez estructural y el impacto de los desplazamientos en los entrepisos. Dado el ejemplo de Chile, donde la normativa sismorresistente no resistió bien un terremoto de magnitud 8.8, existe la posibilidad de que los colegios mencionados en Perú, considerados infraestructuras esenciales, colapsen o queden inutilizables en caso de

un sismo, lo que causaría pérdidas económicas al Estado y afectaría gravemente a la población. Por tanto, surge la necesidad de evaluar y analizar las instalaciones educativas desde dos perspectivas: cualitativa, mediante un análisis visual rápido, y cuantitativa, utilizando el método de distorsiones laterales, para determinar su nivel de vulnerabilidad y actuar preventivamente en lugar de esperar a que ocurra una tragedia.

Según el mapa de clasificación sísmica de la R.N.E. E:030, parte de los edificios construidos son monumentos históricos de material de adobe con más de 150 años de antigüedad. Estas edificaciones fueron construidas sin seguir criterios sísmicos de estructuración, configuración y asesoría técnica profesional, lo que las pone en peligro de sismo. En consecuencia, la ciudad de Huancayo se ubica en la actualidad y son muy vulnerables a sufrir pérdidas significativas en vidas humanas y bienes materiales como consecuencia de un eventual sismo que se produciría debido a la falla superficial activa de Huaytapallana, la cual se encuentra en un silencio sísmico de aproximadamente 50 años, advirtiéndonos de un evento sísmico de alta magnitud en los próximos años.



Figura 1: Falla del Huaytapallana.

Tomado de <http://diariocorreo.pe/ciudad/alerta-terremoto-acecha-a-la-region-centr-39892/>

Debido a que no se han realizado estudios que indiquen el estado actual y las condiciones en que se encuentra este monumento histórico, el examen de la vulnerabilidad sísmica del bloque C del Local Central de Electrocentro S.A. en la ciudad de Huancayo es altamente esencial, beneficioso y requerido. Examinar el edificio de adobe y quincha conocido como el hito histórico del centro de Huancayo es el objetivo de este estudio. Los resultados de este estudio se aplicarán a estructuras similares para calcular su riesgo sísmico.



Figura 2: Edificación materia de la investigación.

1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Espacial

Se realizó en la edificación rústica propiedad de la Empresa Electrocentro ubicada en la esquina del Av. Giráldez y el Jr. Amazonas, situada dentro de la Zona Monumental de la ciudad de Huancayo, Junín, Perú.

1.2.2. Temporal

Entre los meses de enero de 2023 y el mes de junio del mismo año.

1.2.3. Económica

El tesista asumió todo el financiamiento de la investigación, sin intervención de terceros.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el resultado de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de una edificación de la Zona Monumental de la ciudad de Huancayo?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Qué resultado se obtiene de la evaluación de los desplazamientos laterales relativos?
- ¿Qué resultado se obtiene de la evaluación de las cortantes basales?
- ¿Qué resultado se obtiene respecto al índice de vulnerabilidad?

1.4. Justificación

1.4.1. Social

La evaluación sísmica que se llevó a cabo tuvo un impacto significativo en nuestra sociedad, ya que reveló la vulnerabilidad de las edificaciones actualmente en funcionamiento en la zona monumental de la ciudad de Huancayo. Esto condujo a la planificación de construcciones formales que tuvieran en cuenta las normativas vigentes.

1.4.2. Teórica

Los datos recopilados, analizados y procesados han servido como base para esta y otras investigaciones similares sobre la vulnerabilidad de las características de esta edificación y su relación con el riesgo sísmico.

Los datos encontrados en esta investigación que se abordaran esta problemática y se buscan poner en evidencia y explicarla para avanzar en el conocimiento establecido o ubicar nuevas explicaciones que puedan modificar o complementar el entendimiento inicial.

1.4.3. Metodológica

Durante la ejecución del proyecto, se tomaron en cuenta las normativas actuales del reglamento de edificaciones de Perú, así como las normas vigentes, como la E. 030 y la E. 080. Estas normativas detallan todos los requisitos específicos para las construcciones en la zona monumental de Huancayo. Este estudio tiene un enfoque metodológico, ya que justifica la realización del proyecto mediante la utilización de instrumentos para recopilar información en el lugar (in situ) y técnicas para analizar los datos, los cuales serán útiles para esta investigación.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Evaluar la vulnerabilidad sísmica de una edificación de la Zona Monumental de la ciudad de Huancayo.

1.5.2. Objetivos específicos

- Establecer el resultado que se obtiene de la evaluación de los desplazamientos laterales relativos.
- Verificar el resultado que se obtiene de la evaluación de las cortantes basales.
- Calcular el resultado que se obtiene respecto al índice de vulnerabilidad.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes nacionales

Álvarez y Pulgar (2019) realizaron una investigación para evaluar la vulnerabilidad sísmica de los módulos escolares en el distrito de Villa María del Triunfo. Sin embargo, se restringe a instituciones públicas debido a la falta de acceso a instituciones privadas. Además, se limita a utilizar el enfoque cuantitativo de los valores de resistencia del hormigón que figuran en los planos estructurales de los pabellones convencionales, en lugar de realizar costosos ensayos con diamante que se consideran superfluos para la evaluación estructural. Sin embargo, como no se dispone de planos estructurales de las autoconstrucciones y los materiales no son fiables para una investigación cuantitativa exhaustiva, las autoconstrucciones sólo se evalúan utilizando el método cualitativo. A partir de los resultados, se descubrió que la Construcción Prefabricada (MH) y la Construcción de Hormigón con Ladrillos (C3) son los dos sistemas estructurales más comunes en las escuelas públicas del distrito. Los módulos escolares presentan una serie de anomalías que afectan a la estructura y aumentan su susceptibilidad a los daños, como sistemas no paralelos, esquinas entrantes, niveles divididos, torsión, pilares cortos y desplazamiento fuera del plano. no suelen ser susceptibles, pero las columnas estrechas y otras anomalías del sistema C3 lo hacen extremadamente susceptible. Se consideró que los pabellones Bloqueta y Apenkai eran los más vulnerables a un evento sísmico importante en términos de daños proyectados, seguidos por los pabellones 780

medios. Además, se mencionó que se han documentado fallos del tipo de columna corta en terremotos pasados, por lo que atenerse a las derivas inferiores a los criterios sísmicos no garantiza que la estructura no se derrumbe. Por último, se realizó una comparación entre las técnicas cualitativa y cuantitativa, que arrojó resultados comparables con respecto a los impactos potenciales de las construcciones. Se determinó que, dado que la metodología cualitativa tiene en cuenta todos los sistemas estructurales, puede aplicarse eficazmente para analizar con rapidez todos los edificios.

Marín (2020) llevó a cabo la evaluación del riesgo sísmico en el centro histórico de la ciudad de Huánuco. Para este estudio se llevaron a cabo numerosas actividades de campo, incluidas investigaciones geofísicas, exámenes estructurales de cada edificio, mediciones de microtrepidaciones para evaluar el comportamiento dinámico del suelo y la caracterización geotécnica de la región de estudio. Utilizando una metodología basada en el Índice de Vulnerabilidad, fue posible evaluar el riesgo sísmico de los edificios y derivar varios escenarios de daños para distintos niveles de intensidad sísmica relacionados con la aceleración de la roca (0,14g para terremotos frecuentes, 0,29g para terremotos raros y 0,33g para terremotos extremadamente raros), teniendo en cuenta también la vida útil de los edificios en relación con una probabilidad. Además, el índice de daños previsto se multiplicó por el coste del edificio para cuantificar rápidamente las pérdidas directas en los edificios. Esta metodología es relevante para nuestra investigación porque nos permite evaluar la vulnerabilidad actual del monumento Hotel Palermo y calcular su daño estructural utilizando la aceleración máxima del suelo en la

región Huancayo, según lo especificado por el Reglamento Nacional de Edificaciones E.030. Como resultado, nuestra investigación constituyó un aporte significativo a las evaluaciones de vulnerabilidad del estado actual de las edificaciones en esa zona.

Ortega (2019) llevó a cabo la determinación de la vulnerabilidad estructural de edificaciones debido a efectos sísmicos en el centro urbano del distrito de Villarrica. Comenzó su investigación recopilando datos mediante fichas minuciosas y, a continuación, los procesó de acuerdo con las directrices establecidas por el método de evaluación italiano. Esto permitió determinar el índice de vulnerabilidad de cada edificio. A continuación, utilizando valores de aceleración máxima efectiva (A.G.P.) de 0,18 g, 0,24 g y 0,32 g para la mampostería no estructural y los grados V.I.I., V.I.I.I. y I.X. de la escala macrosísmica M.M. para los edificios de hormigón, se calcularon los índices de daños pertinentes de acuerdo con los escenarios propuestos. Siguiendo la categorización sugerida por el ing. Julio Kuroiwa, los resultados fueron presentados en tablas y gráficos estadísticos, permitiendo la posterior creación de funciones de vulnerabilidad para cada tipología de estructura en cada escenario planteado. Los resultados de este estudio hicieron factible la utilización de esta.

2.1.2. Antecedentes internacionales

Cáceres (2023) estudió la unidad nueva del Hospital Básico El Puyo, una estructura construida según la normativa vigente. Sin embargo, los especialistas que lo diseñaron carecían de criterio técnico, lo que afectó considerablemente al

edificio y provocó problemas de agrietamiento. La evaluación de la vulnerabilidad de esta estructura se realizó durante el desarrollo del estudio mediante inspecciones visuales rápidas y la aplicación de formularios utilizando la metodología N.E.C. 2.0.1.5, F.E.M.A. P.-1.5.4. y F.U.N.V.I.S.I.S. Para confirmar la adherencia a los planos de diseño, también se llevaron a cabo pruebas no destructivas del hormigón y pruebas de suelo. A continuación, utilizando software de diseño estructural, se examinó un modelo matemático de la estructura formada por dos bloques. Mediante este análisis estático lineal se detectó torsión en uno de los bloques, lo que llevó a sugerir el uso de diagonales de rigidización de acero en algunos marcos laterales como refuerzo estructural. Por otro lado, se utilizó un análisis estático no lineal para evaluar el comportamiento sísmico actual de los bloques 1 y 2. Debido a su incapacidad para soportar las fuerzas sísmicas, los resultados demostraron que no cumplen la norma de comportamiento para el terremoto de diseño poco frecuente. En respuesta, se utilizaron dos estructuras reforzadas en un examen p.u.s.h.o.v.e.r, que confirmó su buen comportamiento sísmico. Por último, se realizó un estudio de la interacción entre el suelo y la estructura, y los resultados indicaron que la unidad hospitalaria presenta asentamientos diferenciales dentro de los límites permitidos. Se descubrió que el bloque 1 mostraba una irregularidad torsional durante el análisis estático lineal de la estructura existente en las condiciones actuales de su infraestructura, mientras que el bloque 2 se ajustaba a la evaluación de los planos de planta. Los resultados de las pruebas no destructivas del hormigón, que incluían la extracción de testigos y las lecturas del esclerómetro, verificaron que las losas y los pilares tenían resistencias superiores al límite de diseño de 280 kg/cm^2 . En cuanto a la prueba

para determinar el acero de refuerzo, se descubrió que la zona de acero de refuerzo longitudinal se había alterado durante la construcción de esta unidad. Durante las pruebas de suelo se determinó un período de vibración de 0,58 segundos, lo que es indicativo de un suelo blando (E). Se descubrió que las construcciones de los bloques 1 y 2 tenían un punto de comportamiento fuera de la curva de capacidad sísmica en el análisis estático no lineal, lo que indica una configuración estructural sísmica defectuosa. En consecuencia, se determinó que para que estos bloques alcanzaran el nivel de rendimiento requerido para el sismo de diseño poco común, era necesario reforzarlos. La capacidad de resistencia y la rigidez de las construcciones de los bloques 1 y 2 se mejoraron mediante el refuerzo con el sistema de arriostramiento diagonal de acero. Se descubrió que el punto de rendimiento de las estructuras mejoradas se encontraba dentro de la curva de capacidad durante el análisis no lineal, lo que demostró que las estructuras podían resistir el terremoto no común de diseño. N.E.C 2.0.1.5 y F.E.M.A. P.-.1.5.4., dos técnicas de inspección visual rápida para determinar la susceptibilidad sísmica, categorizaron el nuevo edificio de la unidad Hospital Básico El Puyo como altamente vulnerable y requirió una investigación especializada. Sin embargo, la estructura mostraba un índice de priorización de vulnerabilidad intermedio, según el enfoque F.U.N.V.I.S.I.S., que era más.

Cadena (2018) se enfocó en investigar la vulnerabilidad y el reforzamiento sísmico de estructuras antiguas de mampostería no confinada, centrándose en el caso específico del edificio colonial del Colegio Liceo Fernández Madrid en Quito. Para evaluar esta propiedad fundamental de las estructuras se utilizaron el

Índice de Vulnerabilidad y el Índice de Densidad de Área, contrastándolos con la información de edificios que habían sufrido daños de diversa consideración en distintos sismos ocurridos en todo el mundo. A la hora de determinar los criterios también se tuvo en cuenta a expertos conocedores de estas técnicas y de los distintos parámetros de estudio. A continuación, utilizando técnicas analíticas como el análisis sísmico y estático, se reforzaron sísmicamente las estructuras de mampostería. Con el uso de fichas de evaluación, el autor espera mejorar y modificar estos enfoques a la luz de la investigación, aplicando las técnicas de acuerdo con las leyes y las características únicas del edificio que afectan a su susceptibilidad sísmica. Se prevé que este estudioal conocimiento y la protección de nuestra edificación, declarada monumento.

Manitio y Vascones (2019) llevaron a cabo una investigación sobre la vulnerabilidad y el reforzamiento estructural de un inmueble patrimonial en el Distrito Metropolitano de Quito. Para abordar la cuestión del estado patológico de los edificios patrimoniales, su estudio comenzó con un estudio planialtimétrico y un informe técnico que incluía información sobre la ubicación de la estructura, la superficie en planta, la disposición de muros, puertas y ventanas, la disposición de los entresuelos y la composición de los materiales, entre otras cosas. Posteriormente, se empleó la técnica italiana del Índice de Vulnerabilidad de los muros de adobe para realizar un análisis de vulnerabilidad, evaluando la sensibilidad sísmica de las estructuras en función de su nivel de integridad. A continuación, introdujeron las medidas geométricas del proyecto utilizando aplicaciones informáticas de tipo CAD en 3D, exportando los datos a Etabs v9.7.2

para realizar un análisis más exhaustivo que incluyera las cargas de servicio, los materiales y las limitaciones específicas de las estructuras de adobe. Se siguieron los criterios correspondientes para evaluar los resultados del comportamiento sísmico en términos de desplazamientos, derivas, tensiones, capacidad y esfuerzos cortantes. Tras el análisis, utilizaron armaduras de malla electrosoldada con chapa de hormigón para asegurarse de que la rigidez pudiera soportar las principales tensiones de cizalladura y no se viera comprometida frente a las fuerzas actuantes. Por último, utilizaron el coste directo de los materiales que se ofrecían en el mercado local para determinar cuánto costaría el refuerzo estructural.

2.2. Bases teóricas o científicas

2.2.1. Sismicidad

Pérez et al. (2018) Tenga en cuenta que la susceptibilidad de un edificio a la actividad sísmica puede variar en función de una serie de variables, como la magnitud del terremoto, la disposición y el calibre de la construcción del edificio, y la geología local. Entre las consecuencias más típicas se encuentran:

Daños estructurales: Los daños estructurales de los terremotos pueden incluir grietas en muros, pilares o forjados, deformación de elementos estructurales o incluso el derrumbe total o parcial del edificio.

Daños no estructurales: Los terremotos pueden dañar los componentes no estructurales, así como la estructura, incluyendo revestimientos, paredes interiores, fontanería, electricidad y otros sistemas.

Deformaciones permanentes: Los movimientos sísmicos de gran intensidad tienen el potencial de deformar permanentemente la estructura,

poniendo en peligro su estabilidad a largo plazo y haciendo necesarias costosas reparaciones o, posiblemente, la retirada y reconstrucción de partes del edificio.

Inestabilidad del suelo: Los terremotos pueden causar licuefacción del suelo, especialmente en áreas cercanas a cuerpos de agua, lo que puede provocar asentamientos diferenciales y afectar la estabilidad de la edificación.

Riesgo de incendio: Dado que los terremotos pueden dañar las infraestructuras eléctricas y de gas, hay más probabilidades de que se produzcan incendios en las estructuras afectadas.

Riesgo para la vida humana: Las personas que se encuentran dentro de las estructuras durante un terremoto pueden correr directamente el riesgo de morir, sobre todo si un edificio se derrumba total o parcialmente.

Los edificios que no están diseñados para resistir la actividad sísmica corren el riesgo de sufrir graves consecuencias, de ahí que sea imperativo diseñar y construir estructuras resistentes a los terremotos. A la luz de la gravedad y frecuencia de la actividad sísmica, la normativa de construcción establece criterios precisos para garantizar que los edificios puedan seguir funcionando según lo previsto incluso ante distintos grados de actividad sísmica.

2.2.2. Peligro sísmico en el Perú

Con la sub-ducción de la placa de Nazca (oceánica) bajo la placa sudamericana (continental) a un ritmo de unos 6 milímetros al año, Perú, situado en la frontera occidental de Sudamérica, se encuentra en una zona de extraordinaria actividad tectónica. Esta actividad tectónica ha provocado terremotos de gran magnitud en la región. Además, la Fosa Oceánica Perú-Chile, un sistema de fallas

geológicas que se extiende desde Venezuela hasta el sur de Chile en el continente sudamericano, está relacionada con otro tipo de actividad sísmica en la Cordillera de los Andes. En comparación con los terremotos provocados por la subducción de placas, estos terremotos suelen tener una magnitud menor y se producen con menos frecuencia.

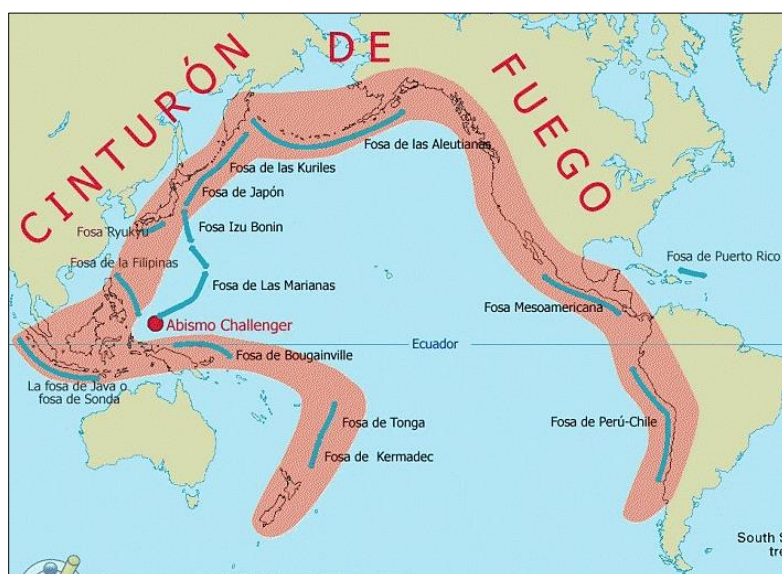


Figura 3: Anillo de Fuego del Pacífico.

Tomado de <http://diariocorreo.pe/el-anillo-de-fuego-del-pacifico/>

2.2.2.1. Sismicidad histórica del Perú

Castro (2015) señala que entre los siglos XV y XX, Como había poca información disponible sobre eventos sísmicos en áreas escasamente pobladas, los terremotos se reportaron principalmente en las grandes ciudades. No obstante, en 1963 se creó una red de sismógrafos. Debido a la fortaleza de la P.G.A, se observaron grandes daños materiales en las construcciones de adobe-quincha..

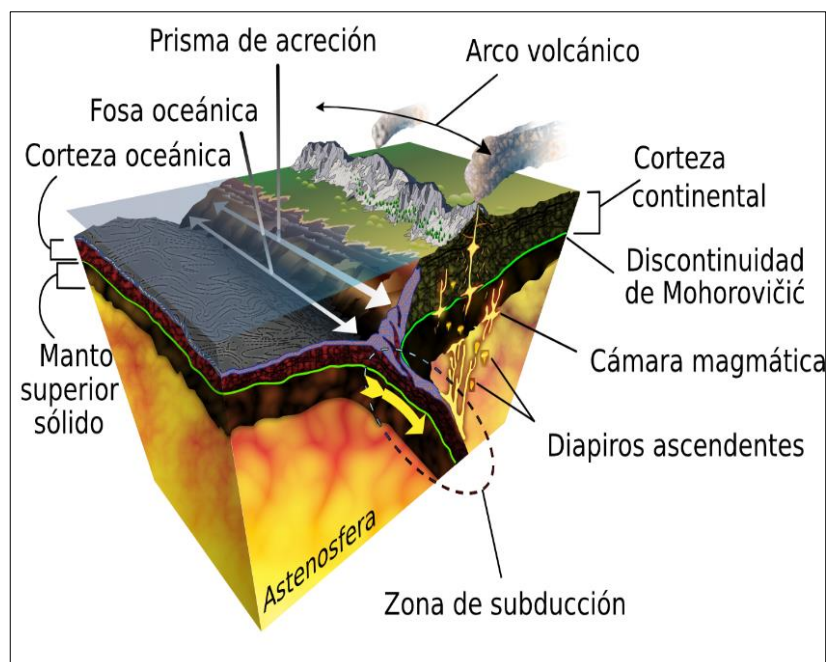


Figura 4: Subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana Tomado de Kuroiwa (2002).

2.2.2.2. Peligrosidad sísmica en Huancayo

La falla de Huaytapallana dificulta pronosticar con algún grado de precisión cuándo y en qué medida se podrá liberar energía sísmica después del evento de 1969. (I.N.D.E.C.I., 2011, p.95).

2.2.2.3. Sismicidad histórica en Huancayo

Debido a la discontinuación del sistema de monitoreo sísmico en 2007 y su reubicación a la provincia de Tayacaja para monitorear la falla de Huancavelica, hay muy pocos registros históricos de terremotos disponibles en Huancayo. (I.N.D.E.C.I., 2011, p.95).

Tabla 1. *Sismos históricos en Huancayo.*

SISMOS IMPORTANTES SENTIDOS EN HUANCAYO			
FECHA	LOCALIDAD	MAGNITUD ESCALA	INTENSIDAD ESCALA MM
24/07/1969	Huaytapallana	5.6	V
1/10/1969	Huaytapallana	6.2	VI
14/04/2014	Huancayo	4.6	III
4/11/2014	Huancayo	4.1	II
21/04/2017	Huancayo	4.7	II

Tomado de IGP (2017).

Huancayo, ubicado en los Andes Centrales del Perú y parte de la Cordillera Oriental, cuenta con un pico nevado que alcanza una altitud de 5556 msnm, mientras que otro pico llega a los 5525 msnm, con un área de 375.30 Km² (I.N.D.E.C.I., 2011, p.100).

La falla tiene un ángulo de buzamiento de 50° en dirección noreste y está orientada NO-SE dentro de la cordillera del mismo nombre al noreste de Huancayo. Esta falla liberó energía sísmica en julio y octubre de 1969, resultando en la creación de dos segmentos de 4,5 y 9,5 km de longitud, con un salto vertical de 1,7 a 2,0 m, que son trazas de falla de tipo inverso. Se espera que esta falla de 30 kilómetros de largo tenga un tiempo de retorno debido a la quietud sísmica. (I.N.D.E.C.I., 2011, p.95).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Vulnerabilidad

La función de vulnerabilidad explica la distribución de la probabilidad de pérdida según la intensidad de un evento. Para lograrlo se deben definir curvas que vinculen la intensidad de los fenómenos peligrosos con el daño esperado y su desviación estándar. (Sandi, 1986).

Dentro del concepto de vulnerabilidad, se destacan varios tipos principales:

A. Vulnerabilidad sísmica es el término utilizado para describir la facilidad con la que una estructura puede sufrir daños durante un terremoto. Aspectos como la geometría, la construcción y la propia estructura del edificio determinan esta vulnerabilidad. Debido a la multiplicidad de variables involucradas, evaluar esta vulnerabilidad puede resultar difícil. Ciertos enfoques para determinarlo pueden tener inconvenientes porque no tienen en cuenta todos los factores pertinentes que influyen en la estabilidad de la estructura (Sandi, 1986).

B. Vulnerabilidad estructural: Para evaluar la seguridad y habitabilidad de una estructura, es imperativo determinar hasta qué punto un terremoto podría afectarla.

C. Vulnerabilidad no estructural: describe la facilidad con la que los componentes no estructurales, como la maquinaria y las características arquitectónicas, pueden sufrir daños durante un terremoto. En lugares como hospitales y clínicas, donde una cantidad significativa del valor no está en los componentes estructurales tradicionales sino en el diseño arquitectónico y el equipo médico, este daño podría dejar la estructura intacta pero inutilizable. (Sandi, 1986).

D. El término "vulnerabilidad funcional" se refiere a la propensión de un edificio a sufrir un "colapso funcional" debido a un terremoto. Esto se muestra en tiempos de crisis cuando se evalúa la infraestructura, incluida la resistencia y flexibilidad de las tuberías de combustible, gas y alcantarillado, así como los sistemas de energía eléctrica, suministro de agua y otros servicios. (Sandi, 1986).

2.3.1.1. Método del índice de vulnerabilidad sísmica

Investigadores en Perú han identificado factores importantes que afectan los daños a edificios y viviendas informales como resultado del análisis de cómo se comportaron las casas durante los terremotos que han azotado varios lugares del país desde 1972. Desde 1982, se ha utilizado un formulario de encuesta que contiene estos factores para determinar rápidamente y simplemente evaluar la susceptibilidad sísmica de las estructuras existentes (Sandi, 1986).

Esta técnica, denominada Índice de Vulnerabilidad, utiliza una escala predeterminada para integrar estos elementos en un único valor numérico. Los parámetros básicos del formulario de encuesta no han cambiado a lo largo del tiempo, a pesar de las mejoras en la descripción de los daños y la observación de investigación de campo que fueron posibles gracias a las revisiones del formulario (Sandi, 1986).

El formulario tiene dos niveles: el primer nivel se utiliza para identificar estructuras potencialmente inseguras desde el punto de vista estructural, mientras que el segundo nivel ofrece una evaluación de vulnerabilidad más exhaustiva. Se reconoce, por tanto, que este enfoque sólo ofrece una evaluación burda de la vulnerabilidad, insuficiente para tomar decisiones relativas a los preparativos para la mitigación de desastres. (Sandi, 1986).

Mientras que el segundo nivel se concentra en los criterios clave para el cálculo del índice de vulnerabilidad, diferenciando entre edificios de mampostería y de hormigón armado, el primer nivel cubre datos generales de construcción, así como la recopilación de la cantidad y gravedad de los daños. (Sandi, 1986).

La escala de vulnerabilidad de Benedetti-Petrini se utiliza para clasificar los factores que influyen en el comportamiento de las construcciones de mampostería. Desde que el Grupo Nacional de Defensa contra Terremotos adoptó esta técnica para los planes gubernamentales de mitigación de desastres, se ha utilizado ampliamente en Italia durante los últimos quince años. Esto ha permitido que el sistema evolucione mediante pruebas y recopilación de una gran cantidad de información. base de datos de daños y vulnerabilidades (Sandi, 1986).

2.3.1.2. Cálculo del índice de vulnerabilidad

INETER (2019) según la escala de vulnerabilidad de Benedetti-Petrini, el índice de vulnerabilidad se determina mediante una suma ponderada de los valores numéricos que indican la "calidad sísmica" de cada parámetro estructural y no estructural considerado crucial en el comportamiento sísmico de las estructuras de mampostería. Para reducir las disparidades entre observadores, cada parámetro se clasifica durante la investigación de campo en uno de cuatro grupos: A, B, C o D. En este proceso se siguen pautas específicas. Como se muestra en la Tabla 2.0, a cada categoría se le asigna un valor K_i numérico entre 0 y 45. Por ejemplo, la "posición del edificio y los cimientos" se clasifica como sísmicamente peligrosa y se le asigna el valor numérico $K_4 = 46$, o categoría D. Para representar la importancia de cada parámetro dentro del sistema de resistencia del edificio, cada uno se pondera adicionalmente con un coeficiente de importancia W_i , que oscila entre 0,24 y 1,45. En consecuencia, la fórmula utilizada para determinar el índice de vulnerabilidad (VI) define el índice de vulnerabilidad (VI) de la siguiente manera.:

$$V_i = \sum_{i=g}^n K_g W_i$$

Donde:

- ❖ K.i. = se proponen cuatro tipos de clases A., B., C. y D.A. cada una de estos valores le corresponde unos valores numérico Ki que varía entre 0 y 45.
- ❖ W.i. = de igual manera, cada parámetro es afectado por un coeficiente de peso Wi, que varía entre 0,245 y 1,55. Este coeficiente refleja las importancias de cada uno de esos parámetros dentro de los sistemas de resistencias de las edificaciones.

2.3.1.3. Parámetros de vulnerabilidad

Ceresis (2018) indican que son los siguientes:

Tabla 2. *Parámetros de vulnerabilidad.*

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

Del análisis de la ecuación se puede deducir que el índice de vulnerabilidad define una escala de valores continua con un rango de 0 a 382,5, representando este último el valor más alto que se puede obtener. La tabla anterior indica que los parámetros .1., .2., .4., .5., .9., .10. y .11. son de naturaleza descriptiva y están completamente definidos por las pautas que siguen. Los parámetros 3, 6, 7 y 8, por otro lado, son de naturaleza cuantitativa y requieren algunas operaciones matemáticas muy básicas, que también se tratan más adelante.

2.3.1.4. Parámetros del método

Tal como señala Peña (2013), para el método se tienen los siguientes parámetros:

a. Organización del sistema resistente: Esta métrica evalúa el grado de estructura de los componentes verticales independientemente de la sustancia empleada. Para garantizar un comportamiento estructural adecuado, se centra en la existencia y resistencia de las conexiones entre muros ortogonales. Se ofrecen las siguientes clases:

- Estructura construida siguiendo las directrices de la norma E.030.
- Estructura que transmite cargas de corte vertical mediante conexiones realizadas mediante vigas de atado en cada piso.
- Todas las plantas del edificio están formadas por muros ortogonales perfectamente enlazados; vigas de unión no están presentes.
- Estructura con muros ortogonales y desconectados entre sí.

b. Calidad del sistema resistente: Este parámetro establece el tipo de mampostería más popular y lo distingue cualitativamente para asegurar un

comportamiento estructural eficaz. El tipo y la consistencia de los materiales utilizados para realizar la mampostería sirven como base para la clasificación.

Se ofrecen las siguientes clases:

- Albañilería de block o ladrillo de alta calidad.
- Mampostería de piedra cortada con precisión, con piezas uniformes y ligamentos que las unen.
- Mampostería de ladrillo, bloque o piedra cortada con precisión, con partes unidas, pero no distribuidas uniformemente a lo largo de toda la pared.
- Cantería mal cortada, con dovelas no uniformes pero muy unidas, o ladrillos de calidad inferior y sin elasticidad.
- Piedra irregular o ladrillo inferior mal adherido, con piedras y fragmentos no uniformes, o carentes de ligamento.

c. **Resistencia Convencional:** En esta sección del estudio, se supone el comportamiento ideal de "caja" de la estructura, lo que permite determinar la resistencia de un edificio de ladrillo con un grado decente de precisión. Durante el procedimiento se recolectan datos como el área total cubierta (A_t), el número de niveles (N) y el área total de muros resistentes en las direcciones X e Y ($A_{x,y}$). Utilizando fórmulas particulares, se determina la característica de resistencia al corte del tipo de mampostería, teniendo en cuenta la variada composición de los materiales, si los hubiera.

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

El grado de vulnerabilidad sísmica de la edificación de la Zona Monumental de la ciudad de Huancayo es adecuado.

3.2. Hipótesis específicas

- El resultado que se obtiene de la evaluación de los desplazamientos laterales relativos cumple con los parámetros permisibles.
- El resultado que se obtiene de la evaluación de las cortantes basales es adecuado.
- El resultado que se obtiene respecto al índice de vulnerabilidad es de valor bajo.

3.3. Variables

3.3.1. Definición conceptual

Variable única: VULNERABILIDAD SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN

Ceresis (2020) se refiere a la medida en que una estructura, edificio, infraestructura o comunidad es susceptible a sufrir daños o colapsos como consecuencia de un terremoto. Esta vulnerabilidad esta dependiente de varios factores, como la calidad de la construcción, el tipo de suelo, la ubicación geográfica y la intensidad del terremoto.

3.3.2. Definición operacional

Variable única: VULNERABILIDAD SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN

La vulnerabilidad sísmica de la edificación rústica propiedad de la Empresa Electrocentro ubicada en la esquina del Av. Giráldez y el Jr. Amazonas, la cual sirve

de sede administrativa dentro de la Zona Monumental de la ciudad de Huancayo fue evaluada a través del método de Benedetti-Petrini.

3.3.3. Operacionalización de las variables

Tabla 3. Operacionalización de variable.

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES						
VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UND	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable única: VULNERABILIDAD SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN	Ceresis (2020) se refiere a la medida en que una estructura, edificio, infraestructura o comunidad es susceptible a sufrir daños o colapsos como consecuencia de un terremoto. Esta vulnerabilidad depende de varios factores, como la calidad de la construcción, el tipo de suelo, la ubicación geográfica y la intensidad del terremoto.	La vulnerabilidad sísmica de la edificación rústica propiedad de la Empresa Electrocentro ubicada en la esquina de la Av. Giráldez y el Jr. Amazonas, la cual sirve de sede administrativa dentro de la Zona Monumental de la ciudad de Huancayo fue evaluada a través del método de Benedetti-Petrini.	Desplazamientos laterales relativos	Control de derivas	Metros	Razón
			Cortantes basales	Estática	Toneladas	Razón
				Dinámica	Toneladas	Razón
			Índice de vulnerabilidad	Clasificación de la vulnerabilidad de la edificación	Adimensional	Razón

CAPITULO IV

METODOLOGÍA

4.1. Método de investigación

El principal método empleado en este estudio de investigación fue el método científico, específicamente su enfoque experimental y analítico. Según Egg (1984), un tema de interés en epistemología es la investigación del Método Científico. Además, se ha producido un cambio perceptible en la interpretación de este término. Actualmente se reconoce como el conjunto de métodos y estrategias que permiten al investigador utilizar el análisis de datos para lograr sus objetivos y probar sus hipótesis.

4.2. Tipo de investigación

Sierra y Restituto (2002) categorizan el enfoque de estudio utilizado en esta investigación como aplicado. Este tipo de investigación implica definir y determinar variables de antemano y luego formular hipótesis que deben probarse mediante cálculos e iteraciones. Utilizando una muestra particular, estos datos se organizan en cuadros estadísticos y conducen a la formulación de conclusiones.

4.3. Nivel de investigación

Fue descriptivo ya que Según Hernández et al. (2010), Una fase del proceso de investigación conocida como nivel descriptivo se concentra en proporcionar una descripción detallada de los hechos o circunstancias bajo estudio. En esta etapa, la información se recopila, organiza y muestra de manera

que el tema del estudio pueda comprenderse completamente sin necesidad de interpretaciones profundas o análisis complejos. El objetivo principal es ofrecer una imagen clara y precisa de las características observables; No se buscan explicaciones causales ni correlaciones entre variables.

4.4. Diseño de la investigación

Conforme a las palabras de Fideas G. Arias (2012), El grupo control y la medición previa hicieron que el diseño fuera no experimental. Para observar las reacciones o efectos sobre la variable dependiente, este método implica manipular la variable independiente en entornos, estímulos o tratamientos particulares.

4.5. Población y muestra

4.5.1. Población

Según la definición de Hernández Sampieri (2014), una población consiste en la totalidad de los casos que cumplen con una serie de criterios específicos (pág. 65). En este estudio, la población fue definida por la edificación rústica propiedad de la Empresa Electro centro ubicada en la esquina del Av. Giráldez y el Jr. Amazonas (Zona Monumental de la ciudad de Huancayo).

4.5.2. Muestra

Carrasco (2005) señala que el investigador elige las unidades de análisis según su propio criterio. En el contexto de esta investigación, se optó por un enfoque de muestreo no probabilístico o dirigido, seleccionando por conveniencia las estructuras de la edificación.

4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.6.1. Técnicas de investigación

A la luz del análisis documental se tomaron en consideración las fuentes bibliográficas requeridas, brindando un marco teórico para la investigación de la susceptibilidad sísmica. También se empleó la observación directa como técnica complementaria. Pudimos visualizar directamente los resultados gracias a este método, lo que respaldó la validez del estudio. Además, los datos se recopilaron mediante observación directa, lo que significa que no se utilizaron herramientas de medición en el proceso; más bien, los eventos o circunstancias bajo estudio fueron observados directamente.

4.6.2. Instrumentos de recolección de datos

De acuerdo con Carrasco (2006), Todos los elementos tangibles que permiten recopilar y registrar información y percepciones subjetivas de eventos y fenómenos del mundo real se enumeran como instrumentos de evaluación. Fue esencial elegir una hoja de observación como herramienta de recopilación de datos para este estudio y tener en cuenta las observaciones de evaluación al ingresar datos en los dispositivos.

4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los resultados derivados del proceso de recopilación de información se sometieron a comparación con los criterios definidos por las regulaciones vigentes para evaluar la vulnerabilidad de la edificación, utilizando la estadística descriptiva. En este proceso, se emplearon varios programas informáticos como

Microsoft Excel para la elaboración de tablas, AutoCAD para la creación de planos, Etabs para el análisis sismorresistente.

4.8. Aspectos éticos de la investigación

Esta investigación se basó en fuentes confiables como artículos científicos y tesis de posgrado obtenidos de plataformas digitales reconocidas, incluyendo repositorios institucionales y revistas científicas de renombre como Redalyc, ScienceDirect y S.C.I.E.L.O. Se siguieron las directrices del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería – U.P.L.A. para citar y referenciar adecuadamente, y se incorporaron tablas y figuras pertinentes para respaldar la información presentada. Además, se utilizaron normas técnicas como la N.T.P. o A.S.T.M. para las pruebas específicas realizadas en la investigación.

Para garantizar la originalidad del trabajo y detectar cualquier similitud en el contenido, se empleó la herramienta Turnitin. Se enfatizó la responsabilidad del autor en presentar contenido original y ético, asegurando una adecuada cita de la información de otros autores y seleccionando lo más relevante para respaldar el estudio, en plena conformidad con el Código de Ética para la Investigación Científica en la Universidad Peruana Los Andes.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

5.1. Descripción del diseño tecnológico

5.1.1. Ubicación de la edificación

La edificación que sirvió para la realización de la presente investigación, se encuentra ubicada en:

- Departamento: Junín
- Provincia: Huancayo
- Distrito: Huancayo
- Lugar: Jr. Amazonas, cuadra Nro. 06 esquina con Av. Giráldez



Figura 5: Ubicación de la edificación.
Tomado de Google maps.

5.1.2. Características de la edificación

A. Sótano:

Construido con 0,55 m de adobe, tiene una altura de 3,15 m, con losa de madera aligerada de 0,10 m de espesor. En el sótano se guardan los documentos a

los que se accede a través de unas escaleras de madera separadas de la estructura del edificio. Hasta el momento, solo se ha observado que la propiedad tiene problemas menores, incluidas pequeñas grietas en las paredes y crujidos en el piso.

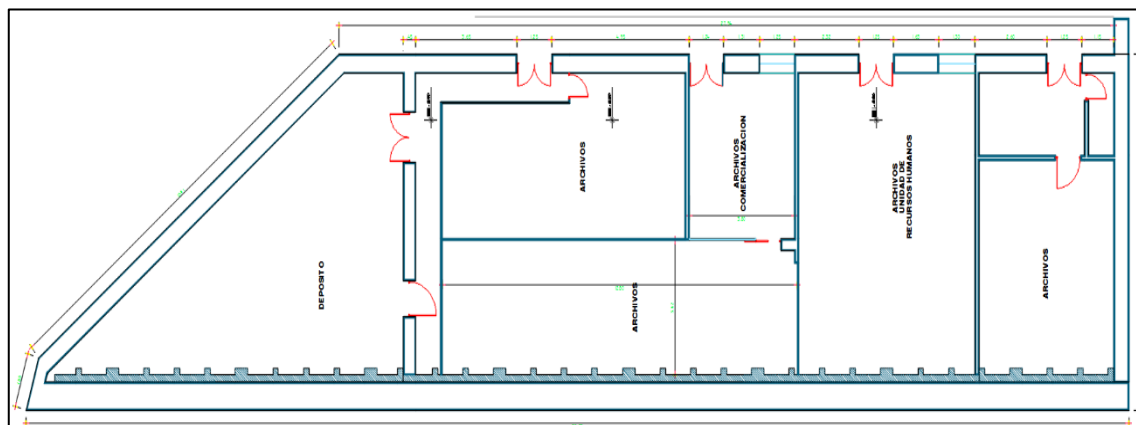


Figura 6: Planta sótano.

B. Primer nivel:

El techo aligerado del primer nivel está compuesto por madera de 0,10 metros de espesor y 0,55 metros de ancho por 3,00 metros de alto. Su aplicación es apropiada para oficinas que manejan diversos tipos de trámites. Además, existen cuatro baños básicos: uno de uso general y tres de uso individual. A este nivel no se han reportado hasta la fecha daños estructurales de ningún tipo.

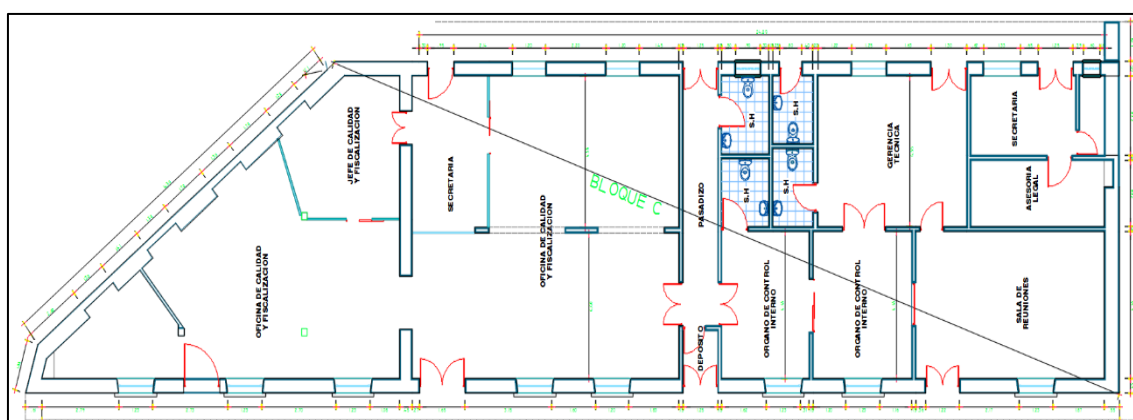


Figura 7: Planta primer nivel bloque C

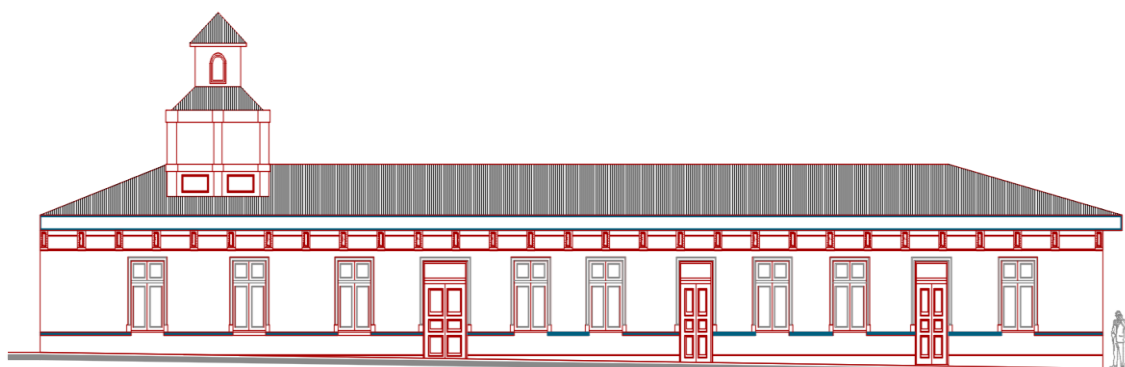


Figura 8: Elevación bloque C.

5.1.3. Propiedades de los materiales de la edificación

Los materiales conformantes de la edificación que sirvió para la realización de la presente investigación, poseen las siguientes características:

A. Adobe:

- Resistencia a la compresión ($F'c$): 12 kg/cm^2
- Módulo de elasticidad (E): 6500 kg/cm^2
- Peso específico (γ_c): 1600 kg/m^3
- Módulo de Poisson: 0.25

B. Madera:

- Límite de fluencia ($F'c$): 50 kg/cm^2
- Módulo de elasticidad (E): 66000 kg/cm^2
- Peso específico (γ_y): 750 kg/m^3
- Módulo de Poisson: 0.15

5.1.4. Cargas verticales

A. Carga muerta en pisos típicos:

- Entablado: 100 kg/m^2

- Acabados: 100 kg/m²

B. Carga viva en pisos típicos:

- Oficinas: 250 kg/m²
- Corredores y escaleras: 400 kg/m²

C. Carga muerta en azotea:

- Entablado: 100 kg/m²
- Acabados: 50 kg/m²

D. Carga viva en azotea:

- Oficinas: 5 kg/m²

5.1.5. Análisis sísmico dinámico

La masa de la estructura se determinada considerando el 100 % de las cargas muertas más el incremento 25 % de las cargas vivas según lo estipulado en la Norma Sismo resistente E.0.3.0.

Se verifica el desplazamiento lateral de cada punto además del piso de la edificación teniendo en cuenta los límites establecidos según el tipo y material de la edificación del R.N.E.

5.1.5.1. Normas de diseño:

- Norma Técnica de Edificaciones E.0.2.0. “Cargas”
- Norma Técnica de Edificaciones E.0.30” Diseño Sismorresistente”
- Norma Técnica de Edificaciones E.0.50” Suelos y Cimentaciones”
- Norma Técnica de Edificaciones E.080 “Diseño y Construcción con tierra reforzada”.

5.1.5.2. Parámetros de diseño utilizados:

Factor de zona (Z):

Según la ubicación del proyecto descrito anteriormente, nos encontramos una la zona 3, por lo tanto, el factor de zona (Z) es igual a 0.35.

Factor de uso (U):

La estructura a analizar corresponde a una vivienda multifamiliar y según la norma E.0.3.0. corresponde a la categoría C, por lo tanto, el factor de uso (U) será igual a 1.00.

Factor de ampliación sísmica (C):

Este parámetro se determina haciendo uso de la siguiente figura:

$$\begin{array}{l}
 T < T_P \quad C = 2,5 \\
 T_P < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right) \\
 T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)
 \end{array}$$

Figura 9: Factor de ampliación sísmica.
Tomado de: Norma E.030 del RNE.

Para determinar este factor es necesario conocer el periodo fundamental de vibración (T), por lo tanto, lo determinaremos más adelante.

Factor de ampliación de suelo (S):

La capacidad portante obtenida en el estudio de mecánica de suelos es de 0.52 kg/cm² y según la siguiente figura:

Tabla 4. Clasificación de los perfiles de suelo.

CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{S}_u
S_0	> 1500 m/s	-	-
S_1	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S_2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S_3	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S_4	Clasificación basada en el EMS		

Tomado de: Norma E.030 del R.N.E.

Nos encontramos en un suelo S_3 correspondiente a suelos blandos, para determinar el factor de suelo hacemos uso de la siguiente figura:

Tabla 5. Clasificación de suelos.

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO \ ZONA	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_4	0,80	1,00	1,05	1,10
Z_3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z_2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z_1	0,80	1,00	1,60	2,00

Tomado de: Norma E.030 del RNE.

Ya que nos encontramos en la zona 3 y tenemos un tipo de suelo S_3 , nuestro factor de suelo es igual a 1.25.

Periodo largo (TL) y periodo de plataforma (Tp):

Los determinamos aplicando la siguiente figura:

Tabla 6. T_p y T_L

Tabla N° 4				
PERÍODOS “T_p” Y “T_L”				
	Perfil de suelo			
	S_0	S_1	S_2	S_3
T_p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T_L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Tomado de: Norma E.030 del RNE.

Nuestro periodo de plataforma y periodo largo será igual a 1.00 y 1.60 respectivamente.

Coefficiente de reducción sísmica (R):

El sistema estructura consta de muros de ductilidad limitada y según la siguiente figura nuestro coeficiente de reducción sísmica será igual a 4.

Tabla 7. *Sistemas estructurales*

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción R_o (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada.	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

Tomado de: Norma E.030 del RNE.

Irregularidad:

Se determinó que la estructura presenta esquinas entrantes como irregularidad en planta y según la norma E.030 el factor de irregularidad en planta (I_p) es igual a 0.90.

Para determinar el coeficiente de reducción sísmica real debemos multiplicar el R_r por I_p dándonos un producto igual a 3.60.

5.1.5.3. Espectro de pseudo-aceleraciones:

Para determinar el espectro de respuesta aplicamos los parámetros de diseño descritos anteriormente y utilizamos la siguiente ecuación:

$$S_a = \frac{Z * U * C * S}{R} * g \dots \dots (1)$$

Donde:

Sa: Aceleración espectral

G: Aceleración de la gravedad.

Para determinar el factor de ampliación sísmica (C) debemos tantear el periodo fundamental de vibración (T) desde 0.020 hasta 10.00 para lo cual utilizaremos una hoja de cálculo excel. Los espectros pseudo – aceleraciones se muestran a continuación:

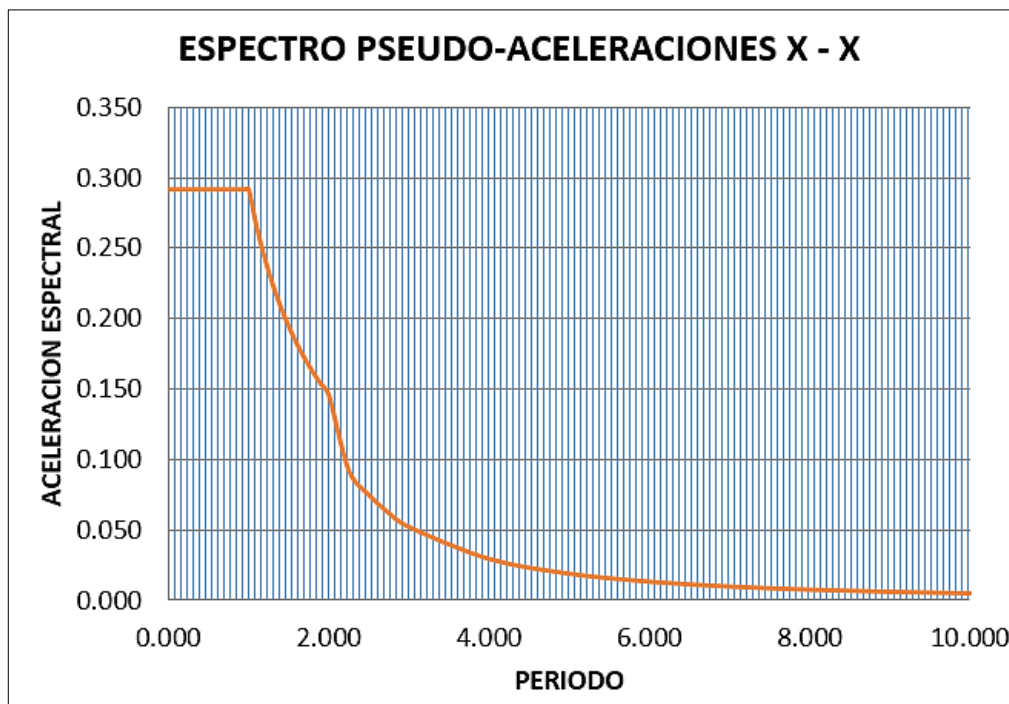


Figura 10: Espectro pseudo – aceleraciones x - x.

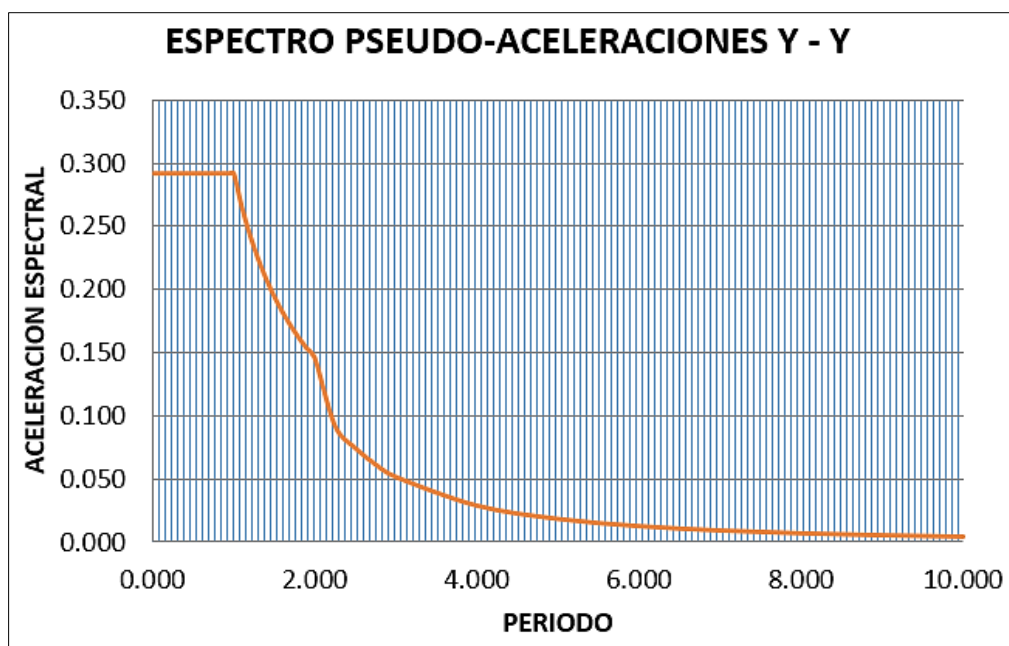


Figura 11: Espectro pseudo – aceleraciones y - y.

5.1.5.4. Modelamiento de la estructura:

Se hizo uso del programa ETABS 2016 para el modelamiento de la estructura, posteriormente se procederá a analizar los modos de vibración, las derivas de piso y la cortante basal todo esto para determinar si el bloque C de Electrocentro – Huancayo es vulnerable a un movimiento sísmico.

A. Materiales:

Material Property Data

General Data

Material Name: ADOBE

Material Type: Other

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Color] Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 1.85 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0.1886 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 65000 tonf/m²

Poisson's Ratio, U: 0.25

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 26000 tonf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

Figura 12: Adobe $f'_m = 12 \text{ kg/cm}^2$.

Material Property Data

General Data

Material Name: MADERA

Material Type: Other

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: █ Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 0.95 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0.09684 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 660000 tonf/m²

Poisson's Ratio, U: 0.15

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 286956.52 tonf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

Figura 13: Madera $f'm = 50 \text{ kg/cm}^2$.

B. Elementos estructurales:

Wall Property Data

General Data

Property Name: MURO ADOBE

Property Type: Specified

Wall Material: ADOBE ...

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thick

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color: █ Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Thickness: 0.55 m

OK Cancel

Figura 14: Muro de 0.55 m

Slab Property Data

General Data

Property Name: ENTABLADO

Slab Material: MADERA

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Membrane

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show...

Use Special One-Way Load Distribution

Property Data

Type: Slab

Thickness: 0.1 m

OK Cancel

Figura 15: Entablado de 0.10 m.

C. Cargas estáticas:

Define Load Patterns

Load	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load
D	Dead	1	
D	Dead	1	
L1	Live	0	
L1A	Live	0	
EXD	Seismic	0	User Coefficient
EXI	Seismic	0	User Coefficient
EYD	Seismic	0	User Coefficient
EYI	Seismic	0	User Coefficient
L2	Live	0	
L2A	Live	0	

Click To:

Add New Load

Modify Load

Modify Lateral Load...

Delete Load

OK Cancel

Figura 16: Cargas estáticas

D. Definición de masas:

Según la norma E.030 del reglamento nacional de edificaciones, el inmueble pertenece a la categoría C debido a que su uso es para oficinas por lo tanto en cuestión de masa se tomara el 100% de la carga muerta más el 25% de la carga viva.

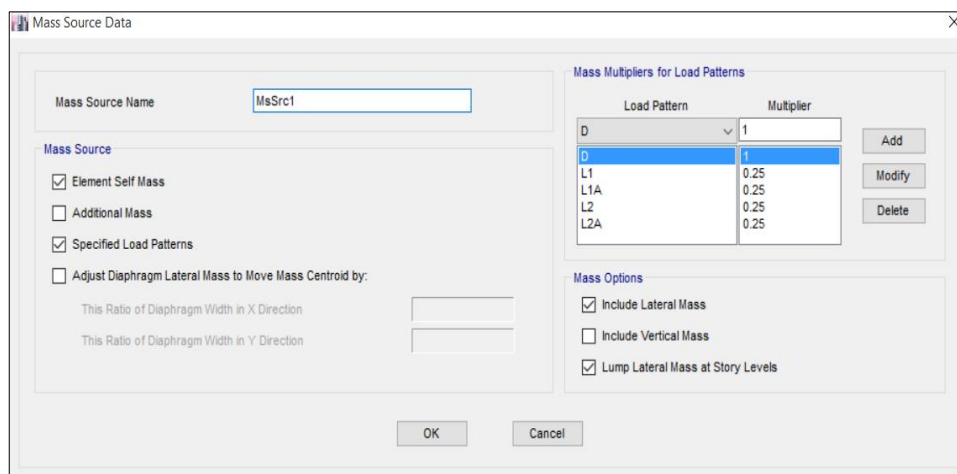


Figura 17: Definición de masas.

E. Diafragma rígido:

Se le asigna diafragma rígido a la estructura para que cada piso trabaje como si fuera un solo bloque.

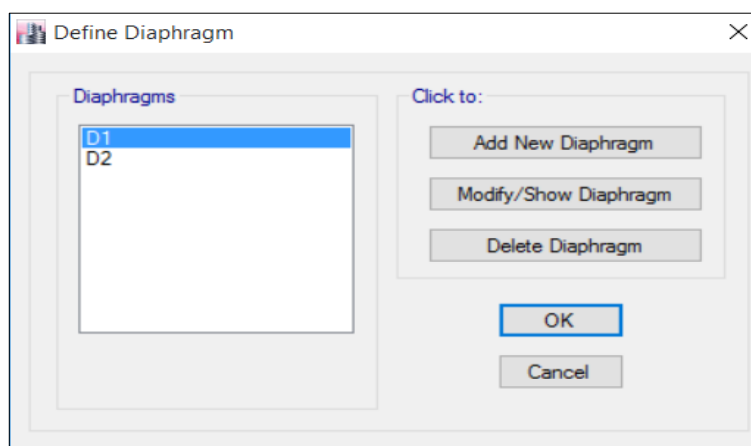


Figura 18: Diafragma rígido

F. Definición de espectro de respuesta:

Como se mencionó anteriormente se creó un solo espectro Pseudo-Aceleraciones debido a que el tipo de sistema estructural de ambas direcciones corresponden a muros de ductilidad limitada.

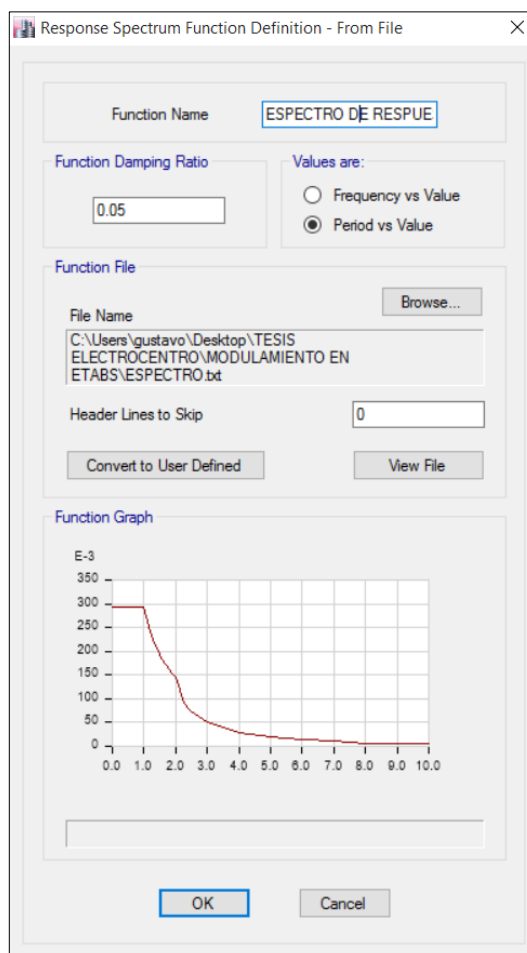


Figura 19: Espectro de respuesta

G. Definición de carga sísmica:

Para el eje X – X se creó una carga sísmica con el nombre de ERXX y para el eje Y – Y se creó otra carga sísmica con el nombre de ERYX.

Load Case Data

General

Load Case Name: ERXX [Design...]

Load Case Type: Response Spectrum [Notes...]

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (ELECTROCENTRO)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	ESPECTRO DE RE...	9.81

[Add] [Delete] [Advanced]

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: []

Rigid Frequency, f2: []

Periodic + Rigid Type: []

Earthquake Duration, td: []

Directional Combination Type: Absolute

Absolute Directional Combination Scale Factor: 1

Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]

Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Figura 20: Carga sísmica ERXX

Load Case Data

General

Load Case Name: ERYX [Design...]

Load Case Type: Response Spectrum [Notes...]

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (ELECTROCENTRO)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	ESPECTRO DE RE...	9.81

[Add] [Delete] [Advanced]

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: []

Rigid Frequency, f2: []

Periodic + Rigid Type: []

Earthquake Duration, td: []

Directional Combination Type: Absolute

Absolute Directional Combination Scale Factor: 0

Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]

Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Figura 21: Carga sísmica ERYX

H. Carga viva y carga muerta:

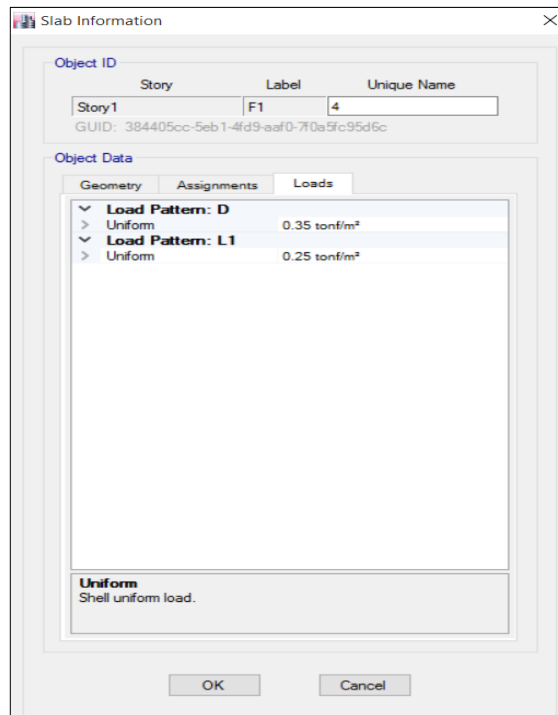


Figura 22: Carga muerta y viva en sótano

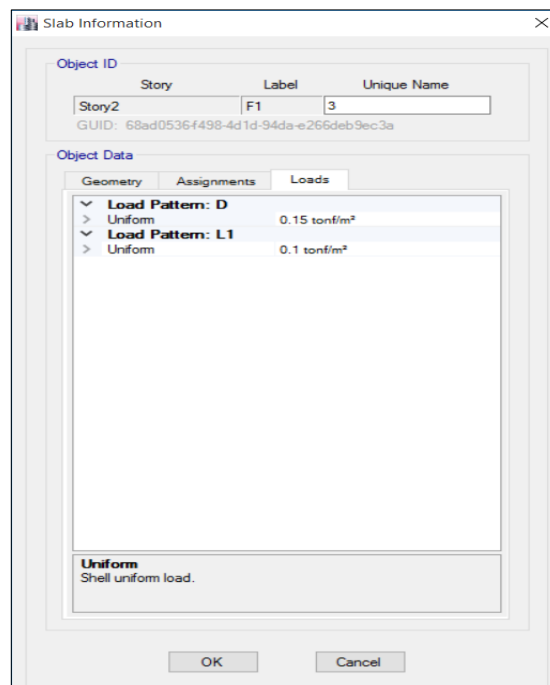


Figura 23: Carga muerta y viva en azotea

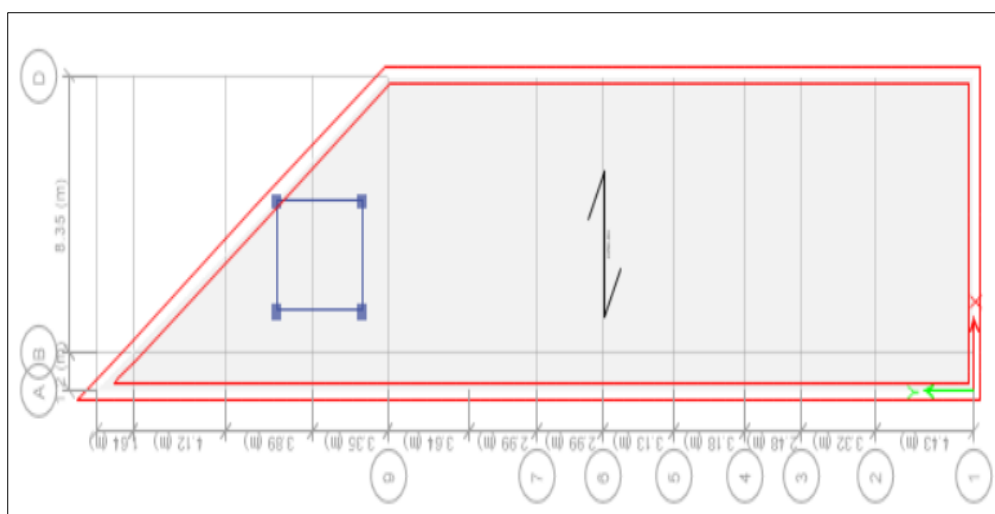
I. Modelamiento:

Figura 24: Sótano en el programa ETABS.

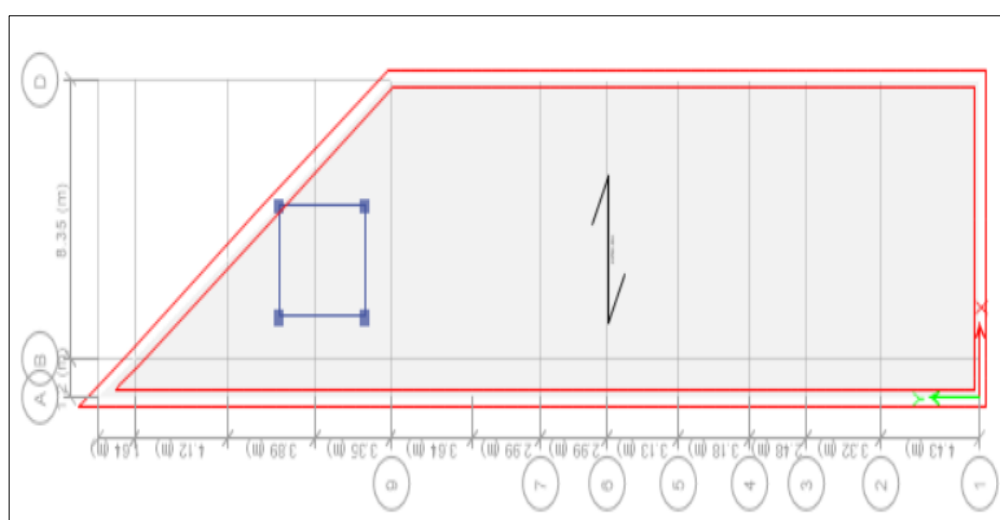


Figura 25: Primer nivel en el programa ETABS.

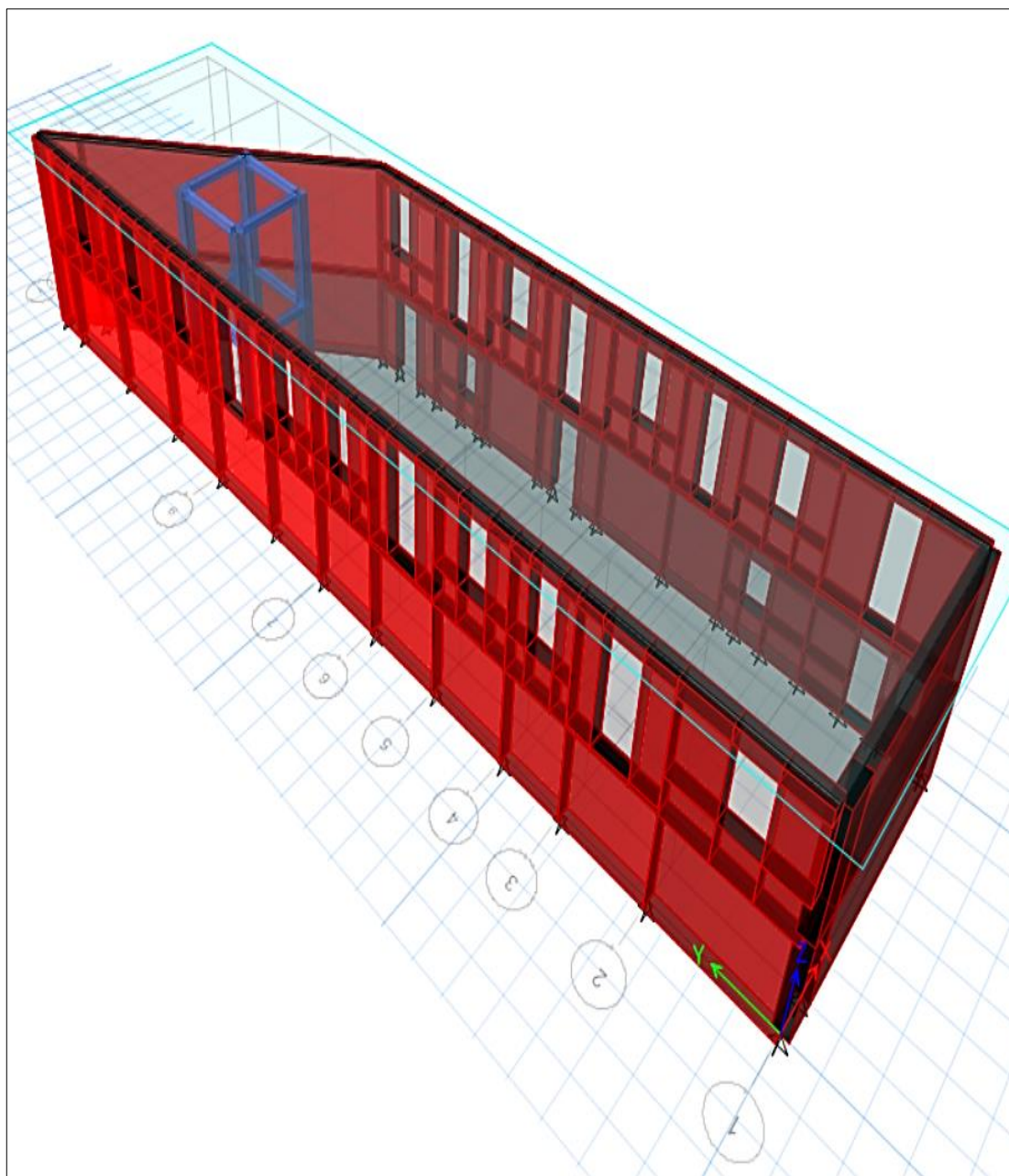


Figura 26: Bloque C de Electrocentro – Huancayo en 3D.

5.2. Descripción de resultados

5.2.1. Objetivo específico 01:

Este indica: Establecer el resultado que se obtiene de la evaluación de los desplazamientos laterales relativos, por lo que se tiene lo siguiente:

A. Peso del inmueble:

Lo obtenemos directamente del programa E.T.A.B.S, este dato nos servirá más adelante para determinar la cortante basal estático.

Tabla 8. *Peso del inmueble.*

N° DE PLANTA	DIAFRAGMA	MASA EN "X"	MASA EN "Y"
2 ° PLANTA	D2	24.04796	24.04796
1 ° PLANTA	D1	46.64372	46.64372
PESO DEL EDIFICIO (Tn)		693.49	

B. Modos de vibración:

Siguiendo las recomendaciones de la norma E.0.3.0. se consideró 3 modos de vibración por nivel dos para los desplazamientos laterales y uno para la torsión.

Tabla 9. *Modos de vibración.*

CASO	MODO	PERIODO (seg)	UX	UY
MODAL	1	0.65	20.02	53.06
MODAL	2	0.34	51.01	14.06
MODAL	3	0.25	11.52	14.43
MODAL	4	0.25	10.82	11.17
MODAL	5	0.18	4.32	4.10
MODAL	6	0.16	2.32	3.18
PERIODO EN "X"		0.34		
PERIODO EN "Y"		0.65		

C. Deriva de pisos:

La norma E.0.3.0. del reglamento nacional de edificaciones no especifica un límite de distorsión del entrepiso para estructuras de adobe; pero ya que sabemos que el tipo de estructura corresponde a muros de ductilidad limitada utilizaremos 0.005 como deriva de piso máximo.

En nuestro caso el programa E.T.A.B.S. nos dará como resultado la deriva de piso elástico; pero es necesario transformarlo a inelástico para esto utilizaremos la siguiente ecuación:

$$D_i = D_e * R_r \dots\dots(1)$$

Donde:

D_i : Deriva de piso inelástico.

D_e : Deriva de piso elástico.

R_r : Factor de reducción sísmica real.

Este resultado debe ser menor a 0.005 para que la estructura sea rígida y tenga un buen comportamiento durante un movimiento sísmico.

Los análisis de derivas de piso no incluyen sótanos debido a que son estructuras enterradas y estos no sufren desplazamientos ni en el eje X – X como en el eje Y – Y.

a. En el eje X – X:

Aplicando la ecuación n° 01 calculamos la deriva de piso para la 1° planta, el resumen se observa en la siguiente tabla:

Tabla 10. *Deriva de pisos en el eje X – X.*

Nº DE PLANTA	CARGA	DRAFT ELÁSTICO	DRIFT INELÁSTICO	COMPROBACIÓN CON LA NORMA
1º PLANTA	ERXX	0.003	0.011	NO CUMPLE

Como podemos observar en la tabla anterior, la deriva de piso inelástico es mayor a 0.005 por lo tanto es vulnerable a un movimiento sísmico por el eje X – X.

b. En el eje Y – Y:

De igual manera como en el eje X – X, calculamos la deriva de piso para el eje Y – Y, el resumen lo mostramos en la siguiente tabla:

Tabla 11. *Deriva de pisos en el eje Y – Y.*

Nº DE PLANTA	CARGA	DRIFT ELÁSTICO	DRIFT INELÁSTICO	COMPROBACIÓN CON LA NORMA
1º PLANTA	ERY Y	0.002	0.010	NO CUMPLE

La deriva de piso es superior a 0.005 por lo tanto el eje Y – Y también es vulnerable a un movimiento sísmico.

Tal como muestran los análisis realizados, se ha podido establecer el resultado que se obtiene de la evaluación de los desplazamientos laterales relativos, el cual indica que tanto en el eje X-X como en el eje Y-Y, las derivas no cumplen el parámetro normado por lo cual la edificación es vulnerable a un movimiento sísmico.

5.2.2. Respecto al objetivo específico 02:

Este buscó verificar el resultado que se obtiene de la evaluación de las cortantes basales, realizándose lo siguiente:

Cortante basal:

Como recomienda la norma E.030 del reglamento nacional de edificaciones, la cortante basal dinámica para estructuras irregulares debe ser menor del 90% de la cortante basal estática.

$$Vd > 0.90 * Vs \dots\dots(2)$$

Donde:

Vs: Cortante basal estática (Tn).

a. Cortante basal estática:

Para calcular la cortante basal estática se aplica la siguiente ecuación:

$$V_S = \frac{Z*U*C*S}{Rr} * P \dots\dots (3)$$

Donde:

P: Peso del inmueble (Tn).

Utilizando los parámetros de diseño descritos anteriormente, el peso del inmueble y la ecuación n° 03 determinamos la cortante basal estática el cual es igual a 202.27 Tn para ambos ejes.

b. Cortante basal dinámica en el eje X – X:

Este dato lo obtenemos directamente del programa ETABS, el cual podemos observar en la siguiente tabla:

Tabla 12. *Cortante dinámica en el eje X – X.*

Nº DE PLANTA	CARGA	LOCACIÓN	P	CORTANTE EN "X"
2º PLANTA	ERXX	BOTTOM	0	76.1491
1º PLANTA	ERXX	BOTTOM	0	150.0482

Como se observa en la tabla anterior la cortante basal en la primera planta es igual a 150.05 Tn y no cumple con la ecuación n° 02 por lo tanto determinamos que las fuerzas no están equilibradas en este eje.

c. Cortante basal dinámica en el eje Y – Y:

Las cortante del eje Y – Y lo observamos en la siguiente tabla:

Tabla 13. *Cortante dinámica en el eje Y – Y.*

Nº DE PLANTA	CARGA	LOCACIÓN	P	CORTANTE EN "X"
2º PLANTA	ERY Y	BOTTOM	0	74.23
1º PLANTA	ERY Y	BOTTOM	0	148.95

La cortante del primer nivel es igual a 148.95 Tn y este valor es menor comparándolo con lo descrito en la ecuación Nro. 02 por lo tanto en este eje las cargas también están desequilibradas.

Tal como muestran los análisis realizados, se ha podido verificar el resultado que se obtiene de la evaluación de las cortantes basales el cual indica que en los ejes X-X y los ejes Y-Y se encuentran desequilibrados.

5.2.3. Respetto al objetivo específico 03:

Este objetivo se centró en calcular el resultado que se obtiene respecto al índice de vulnerabilidad, habiéndose realizado lo siguiente:

Método Benedetti – Petrini

Se compone de once parámetros, los que considera aspectos como configuración de planta y elevación, tipo de cimentación, calidad y estado de conservación, entre otros.

Parámetro 1: El año de construcción se utilizó para identificar el grado A, B, C o D de la casa, indicando las normas bajo las cuales fue construida. Si la construcción no estaba estandarizada, este parámetro se definió de la siguiente manera: Esto inevitablemente resulta en la deducción de que este tipo de vivienda se clasifica como (C).

Parámetro 2: La calidad del sistema resistivo se evaluó durante una visita de campo, cuando se observó que las cerraduras de ladrillo cumplían con los estándares del manual para proyectos de un solo piso, luego de que se retirara parcialmente una pared para dejar espacio para un mostrador., (C), de mampostería de adobe, de regular a buena calidad con presencia de ligamento entre las piezas.

Parámetro 3: Resistencia tradicional, utilizando información recopilada en el lugar, incluyendo el número de pisos (1), toda la superficie cubierta, las áreas resistentes en cada dirección, la altura promedio del piso, la resistencia al corte de la mampostería, el peso específico de l y el peso. del diafragma por unidad de área.

Tabla 14. A: *Primer nivel.*

Sentido x Ax (cm/m ²)	Sentido y Ay (cm/m ²)
25.04	37.27

La sección superior contiene un cálculo de la densidad de las paredes del primer nivel. Tome nota del importante desequilibrio en las direcciones x e y. Según los hallazgos, la estructura se clasificaría como (D) en este parámetro porque el valor de α es mayor a 1.

Parámetro 4: Posición del edificio y cimentación La calificación en este parámetro está ligada con dos aspectos, la pendiente cuyo valor en este caso la vivienda esta cimentada sobre terreno suelto con pendiente mayor al 8% o donde su clasificación seria (D).

Parámetro 5: Diafragmas horizontales, los diafragmas de esta edificación consisten en las vigas de amarre y en la respectiva placa superior (construida posteriormente al diseño original), estos diafragmas presentan conexiones eficaces con los muros estructurales, además de que no hay desniveles donde se puede clasificar en el parámetro está en clasificación (D).

Parámetro 6: Configuración en planta de la edificación evaluada.



Figura 27: Configuración en planta.

De acuerdo con las condicionales de forma se tiene que: $B = 0,2357$, a partir del criterio que destaca el método trabajado, donde B se encuentra entre 0.7 y 0.5, la estructura se clasifica como (D), es decir de configuración en planta regular mas no ideal.

Parámetro 7: Configuración en elevación en este aspecto la vivienda se cataloga como de clasificación C, puesto que es de tan solo un piso y no cuenta con salidas o protuberancias en altura, de acuerdo con las condicionales de forma en altura se tiene que:

Tabla 15. *Configuración en elevación.*

I: distancia de la irregularidad	0
H: Altura total del edificio	2.7
A: área del piso bajo	97.93
Da: cambio de área de pisos	0
Área libre	0

Parámetro 8: Distancia máxima entre los muros

L: Espaciamiento de los muros: 4.03

S: Espesor del muro maestro: 0.40

$$\frac{L}{S} = 10.075$$

De acuerdo con lo anterior, la relación entre la distancia entre los muros transversales y el espesor del muro maestro indica que es 16.12 y por lo tanto está entre el rango de 18 y 25 por lo tanto se clasifica como (C).

Parámetro 9: Tipo de cubierta la estructura de cubierta clasifica como (C) puesto que es una vivienda con cubierta inestable y provista de viga cumbreira.

Parámetro 10: Elementos no estructurales la vivienda se clasifica como (C) puesto que tiene elementos de pequeña dimensión, mal vinculados a la pared.

Parámetro 11: Estado de conservación, se clasifica la estructura con el ítem (C), puesto que los muros presentan lesiones capilares, presentando un pésimo estado actual.

Tabla 16. *Resumen del análisis.*

Parámetros	C				PESO (Wi)
	A	B	C	D	
1. organización del sistema					
2. Calidad del sistema resistente	0	5	20	45	1.00
3. Resistencia convencional	0	5	25	45	0.25
4. Posición del edificio y detalles	0	5	25	45	1.25
5. Diafragmas Horizontales	0	5	25	45	0.75
6. Configuración en planta	0	5	15	45	0.50
7. Configuración en elevación	0	5	25	45	1.00
8. Distancia máxima entre muros	0	5	25	45	0.25
9. Tipo de cubierta	0	15	25	45	1.00
10. Elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25
11. Estado de conservación	0	5	25	45	1.00

De tal modo que el índice de vulnerabilidad será: $IV = 271.45$, dividiendo este valor por el valor máximo porcentual que se obtiene (381.6) se tiene: $IV/381.6 = 70.13\%$, como el valor es mayor al 15%, se define como estructura de un grado de vulnerabilidad sísmico medio - alto.

Tal como muestran los análisis realizados, se ha podido calcular el resultado que se obtiene respecto al índice de vulnerabilidad con un valor medio-alto.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Hipótesis general: El grado de vulnerabilidad sísmica de la edificación de la Zona Monumental de la ciudad de Huancayo es adecuado.

Se ha realizado la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de una edificación rústica propiedad de la Empresa Electrocentro ubicada en la esquina de la Av. Giráldez y el Jr. Amazonas, la cual sirve de sede administrativa la cual se encuentra dentro de la Zona Monumental de la ciudad de Huancayo, para dicha evaluación se ha considerado la determinación de los desplazamientos laterales relativos, las cortantes basales y el índice de vulnerabilidad por el método de Benedetti-Petrini.

En cuanto a los desplazamientos laterales relativos se encontró que tanto en el eje X-X como en el eje Y-Y, las derivas no cumplen el parámetro normado por lo cual la edificación es vulnerable a un movimiento sísmico, esto es un indicador de que la edificación se encuentra en un riesgo mayor de daño estructural, colapso o inseguridad para los ocupantes del edificio.

En lo que se refiere a las cortantes basales se ha podido verificar el resultado que se obtiene de la evaluación de las cortantes basales el cual indica que en los ejes X-X e Y-Y se encuentran desequilibrados. Esta situación significa que las fuerzas horizontales generadas en la base de una estructura durante un evento sísmico o carga lateral exceden los límites establecidos por la Norma E.030, lo cual es un indicador de un riesgo considerable para la estabilidad estructural del edificio y la seguridad de sus ocupantes.

Respecto al índice de vulnerabilidad se ha podido calcular el resultado que se obtiene respecto al índice de vulnerabilidad con un valor medio-alto, lo cual significa que

la estructura tiene un nivel significativo de susceptibilidad a sufrir daños o colapsos durante un evento sísmico u otra situación de riesgo.

En dicho sentido, ante los resultados obtenidos, se puede rechazar la hipótesis general alternativa: El grado de vulnerabilidad sísmica de la edificación de la Zona Monumental de la ciudad de Huancayo es adecuado, aceptándose la hipótesis general nula: El grado de vulnerabilidad sísmica de la edificación de la Zona Monumental de la ciudad de Huancayo no es adecuado.

Hipótesis específica 01: El resultado que se obtiene de la evaluación de los desplazamientos laterales relativos cumple con los parámetros permisibles.

Tal como muestran los análisis realizados, se ha podido establecer el resultado que se obtiene de la evaluación de los desplazamientos laterales relativos, el cual indica que tanto en el eje X-X como en el eje Y-Y, las derivas no cumplen el parámetro normado por lo cual la edificación es vulnerable a un movimiento sísmico. Ya que en el eje X-X la deriva de piso inelástico es mayor a 0.005 (0.011) por lo tanto es vulnerable a un movimiento sísmico por el eje X – X. En el eje Y-Y la deriva de piso inelástico es mayor a 0.005 (0.010) por lo tanto es vulnerable a un movimiento sísmico por el eje Y – Y.

Siendo este un parámetro importante, ya que la deriva en edificaciones, se refiere al desplazamiento lateral o la deformación horizontal experimentada por un edificio durante eventos sísmicos o cargas laterales significativas como vientos fuertes, es crucial en ingeniería estructural. Su importancia radica en múltiples aspectos vitales: garantiza la seguridad estructural al evitar daños graves o colapsos durante eventos sísmicos, protege vidas humanas al permitir la evacuación segura durante terremotos al limitar el desplazamiento lateral, salvaguarda propiedades y contenido al prevenir daños significativos en la estructura del edificio y sus sistemas internos, asegura el

cumplimiento de códigos de construcción y normativas sísmicas al establecer límites para la deriva permitida, y contribuye al diseño sísmico y la mitigación de riesgos mediante la implementación de estrategias como sistemas estructurales adecuados, amortiguadores sísmicos y dispositivos de aislamiento sísmico para reducir el riesgo de daños durante terremotos.

Los datos obtenidos en la presente investigación concuerdan con los hallados por Marín (2020), ya que el investigador determinó parámetros sísmicos para la evaluación desarrollada, habiendo considerado las derivas de la edificación, es decir los desplazamientos laterales relativos en lo que es el cumplimiento de la normativa E.030.

Los resultados han mostrado que la edificación rústica propiedad de la Empresa Electrocentro ubicada en la esquina de la Av. Giráldez y el Jr. Amazonas, la cual sirve de sede administrativa y se encuentra dentro de la Zona Monumental de la ciudad de Huancayo, presenta un desplazamiento lateral o la deformación horizontal experimentada por el edificio durante un evento sísmico u otra carga lateral significativa excede los límites establecidos por la normatividad. Esto puede indicar un riesgo mayor de daño estructural, colapso o inseguridad para los ocupantes del edificio. En tal caso, se requerirían acciones correctivas, como evaluaciones estructurales adicionales, reparaciones o refuerzos para garantizar la seguridad del edificio y cumplir con los estándares de diseño y construcción.

Esto nos permite rechazar la hipótesis alternativa específica 01: El resultado que se obtiene de la evaluación de los desplazamientos laterales relativos cumple con los parámetros permisibles, aceptándose la hipótesis nula específica 01: El resultado que se obtiene de la evaluación de los desplazamientos laterales relativos no cumple con los parámetros permisibles.

Hipótesis específica 02: El resultado que se obtiene de la evaluación de las cortantes basales es adecuado.

Tal como muestran los análisis realizados, se ha podido verificar el resultado que se obtiene de la evaluación de las cortantes basales el cual indica que en los ejes X-X y los ejes Y-Y se encuentran desequilibrados.

Esto debido a que la cortante basal en la primera planta en el eje X-X es igual a 150.05 Tn y no cumple con la ecuación n° 02 por lo tanto determinamos que las fuerzas no están equilibradas en este eje. Para el eje Y-Y, la cortante del primer nivel es igual a 148.95 Tn y este valor es menor comparándolo con lo descrito en la ecuación Nro. 02 por lo tanto en este eje las cargas también están desequilibradas.

Lo cual es un indicador del estado actual de la edificación, siendo este un parámetro importante, ya que las cortantes basales son fuerzas horizontales generadas en la base de una estructura durante eventos sísmicos, son cruciales en la estabilidad y seguridad de las edificaciones. Su consideración en el diseño sísmico garantiza la resistencia de la estructura ante movimientos excesivos, previniendo colapsos y protegiendo la vida de los ocupantes al permitir una evacuación segura. Además, el cumplimiento de la Norma E.030 asegura que las edificaciones sean lo suficientemente robustas para resistir las fuerzas generadas por eventos sísmicos, incluidas las cortantes basales, preservando así la integridad estructural y la seguridad de las personas.

Los datos obtenidos en la presente investigación concuerdan con los hallados por Ortega (2019), el cual llevó a cabo la determinación de la vulnerabilidad estructural de edificaciones debido a efectos sísmicos en el centro urbano del distrito de Villarica, en su investigación llegó a calcular diversos parámetros sísmicos en función de la Norma E.030.

Los resultados han mostrado que la edificación rústica propiedad de la Empresa Electrocentro ubicada en la esquina de la Av. Giráldez y el Jr. Amazonas, la cual sirve de sede administrativa y se encuentra dentro de la Zona Monumental de la ciudad de Huancayo, presenta un comportamiento desequilibrado en cuanto a las cortantes basales en X-X y en Y-Y, esta situación significa que las fuerzas horizontales generadas en la base de una estructura durante un evento sísmico o carga lateral exceden los límites establecidos por la Norma E.030. Esta situación puede indicar un riesgo aumentado para la estabilidad estructural del edificio y la seguridad de sus ocupantes. En tales casos, sería necesario realizar una revisión detallada del diseño estructural y, posiblemente, implementar medidas correctivas para asegurar que la edificación cumpla con los estándares de seguridad establecidos.

Esto nos permite rechazar la hipótesis alternativa específica 02: El resultado que se obtiene de la evaluación de las cortantes basales es adecuado, aceptándose la hipótesis nula específica 02: El resultado que se obtiene de la evaluación de las cortantes basales no es adecuado.

Hipótesis específica 03: El resultado que se obtiene respecto al índice de vulnerabilidad es de valor bajo.

Tal como muestran los análisis realizados, se ha podido calcular el resultado que se obtiene respecto al índice de vulnerabilidad con un valor medio-alto, ya que el índice de vulnerabilidad será: $IV = 271.45$, dividiendo este valor por el valor máximo porcentual que se obtiene (381.6) se tiene: $IV/381.6 = 70.13\%$, como el valor es mayor al 15%, se define como estructura de un grado de vulnerabilidad sísmico medio - alto.

Lo cual es un indicador del estado actual de la edificación, siendo este un parámetro importante, ya que la evaluación de la vulnerabilidad sísmica es esencial por

varias razones clave: facilita la identificación de riesgos al evaluar la probabilidad de daños, colapsos o pérdida de vidas humanas durante un terremoto, permitiendo así la priorización eficiente de acciones de mitigación y fortalecimiento sísmico en áreas con mayor vulnerabilidad. Además, posibilita la planificación anticipada de medidas de respuesta y recuperación ante desastres sísmicos, como planes de evacuación y atención médica, lo que puede salvar vidas y reducir el impacto del desastre. La evaluación también contribuye a mejorar los estándares de diseño y construcción de estructuras, al proporcionar retroalimentación valiosa que ayuda a desarrollar códigos de construcción más efectivos y prácticas de ingeniería más seguras. Asimismo, aumenta la conciencia pública sobre el riesgo sísmico y la importancia de la preparación para terremotos, motivando a propietarios de edificaciones y comunidades a fortalecer sus estructuras y reducir el riesgo de daños durante un evento sísmico.

Los datos obtenidos en la presente investigación concuerdan con los hallados por Cáceres (2023), el cual indicó que para la evaluación del Hospital Básico El Puyo, utilizó una metodología de inspección visual rápida para la determinación de la vulnerabilidad sísmica. También se concuerda con Manitio y Vascones (2019) los cuales realizaron una investigación sobre la vulnerabilidad y el reforzamiento estructural de un inmueble patrimonial en el Distrito Metropolitano de Quito.

Los resultados han mostrado que la edificación rústica propiedad de la Empresa Electrocentro ubicada en la esquina de la Av. Giráldez y el Jr. Amazonas, la cual sirve de sede administrativa y se encuentra dentro de la Zona Monumental de la ciudad de Huancayo, presenta un índice de vulnerabilidad con un valor medio–alto, lo cual significa que la estructura tiene un nivel significativo de susceptibilidad a sufrir daños o colapsos durante un evento sísmico u otra situación de riesgo. Un valor medio-alto sugiere que la

vulnerabilidad de la estructura está por encima del promedio, lo que implica que se necesitan medidas de mitigación y fortalecimiento para reducir el riesgo de daños. Es importante tomar en consideración este índice para implementar acciones preventivas adecuadas y mejorar la seguridad de la estructura o área en cuestión, como reforzar la construcción, implementar sistemas de amortiguación sísmica o realizar ajustes en el diseño estructural para garantizar una mayor resistencia ante eventos sísmicos.

Esto nos permite rechazar la hipótesis alternativa específica 03: El resultado que se obtiene respecto al índice de vulnerabilidad es de valor bajo, aceptándose la hipótesis nula específica 03: El resultado que se obtiene respecto al índice de vulnerabilidad no es de valor bajo.

CONCLUSIONES

1. El grado de vulnerabilidad de la edificación rústica propiedad de la Empresa Electrocentro ubicada en la esquina de la Av. Giráldez y el Jr. Amazonas, la cual sirve de sede administrativa que se encuentra dentro de la Zona Monumental de la ciudad de Huancayo tiene un valor inadecuado.
2. En cuanto a los desplazamientos laterales relativos se encontró que las derivas no cumplen el parámetro normado (valores mayores a 0.005), por lo cual la edificación es vulnerable a un movimiento sísmico.
3. En lo que se refiere a las cortantes basales se ha podido verificar que tanto en el eje X-X y el eje Y-Y, se encuentran desequilibrados, por lo cual las fuerzas horizontales generadas en la base de una estructura durante un evento sísmico exceden los límites establecidos por la Norma E.030, constituyendo una situación de riesgo considerable.
4. Respecto al índice de vulnerabilidad se ha obtenido un valor medio-alto, por lo cual la estructura tiene un nivel significativo de susceptibilidad a sufrir daños o colapsos durante un evento sísmico.

RECOMENDACIONES

1. Los resultados encontrados en la presente investigación deben ser comunicados a la empresa Electrocentro S.A., ya que, la situación actual de la edificación han indicado un índice de vulnerabilidad de medio-alto, lo cual genera un riesgo para la personas que laboran y usuarios de esta.
2. Ante los resultados encontrados se recomienda que en la edificación materia de investigación se profundicen las acciones de evaluación estructural y se realicen las acciones correspondientes de demolición o de reparación, teniendo en cuenta la normatividad respecto a la Zona Monumental que rige en la ciudad de Huancayo.
3. Para futuras investigaciones se recomienda realizar la evaluación de vulnerabilidad sísmica de otras edificaciones dentro de la Zona Monumental de Huancayo, ya que, pueden encontrarse también con valores inadecuados y generen riesgos a la población.
4. Asimismo, para futuras investigaciones, pueden considerarse otros métodos de evaluación de vulnerabilidad sísmica, así como considerar ensayos como diamantinas, etc., a fin de obtenerse resultados más profundos y comunicarse a los interesados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, R. (2008). *Análisis sísmico de edificios. Ecuador, Centro de Investigaciones científicas.*
- ARNOLD, C. y REITHERMAN, R. (1997). *Diseño en Concreto Armado. Lima, Editorial Limusa.*
- ARNOLD, C. y REITHERMAN, R. (1991). *Manual de configuración y diseño sísmico de edificios, Tomo I y II Editorial Limusa, México, D.F.*
- BLANCO, A. (1998). *Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado. (2ª ed.) Lima, Colegio de ingenieros del Perú*
- BARBAT, OLLER y VIELMA. (2002). *Cálculo y diseño sismorresistente de edificios. (2ª ed.) Barcelona, Editor A.H.Barbat.*
- CERVERA, M y BLANCO, E. (2002). *Métodos de análisis. (2ª ed.) Barcelona, Universidad Politécnica de Catalunya.*
- CRUZ, A. (2009). *Aspectos estructurales para caracterizar la respuesta sísmica dinámica de edificios torsionalmente acoplados. (Tesis de Maestría).*
- GARCÍA, L. (1998). *Dinámica Estructural aplicada al Diseño Sísmico. Bogotá: Universidad de Los Andes.*
- GULLPI, D. (2015). *Análisis de torsión accidental en edificios con diafragma flexible. (Tesis de Pregrado). Recuperada.*
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. Metodología de la investigación. 4.a ed. México: Mc Graw Hill Interamericana, 2006. 849 pp. ISBN: 978-970-10-5753-7.
- HERRERA, R. (2016). *Vulnerabilidad y daño sísmico de edificios aporticados de hormigón armado, irregulares en planta, en Barquisimeto – Venezuela. (Tesis de Doctorado).*

KASSIMALI, A. (2015). *Análisis Estructural. (5ª ed.) México: Cengage Learning Editores.*

MORALES, R. (1998). *Diseño en Concreto Armado.(3ª ed.). (2ª ed.) Lima, ICG*

NORMA E.030.(2016) *Diseño Sismorresistente, Lima Perú.*

OSEDA, D. *et al. Fundamentos de la investigación científica.* Huancayo: Soluciones Gráficas SAC, 2018. 288 pp. ISBN: 978-612-47601-3-6.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

Titulo:		EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN DE LA ZONA MONUMENTAL DE LA CIUDAD DE HUANCAYO			
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	OPERACIONALIZACIÓN		METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE	DIMENSIONES	METODO DE LA INVESTIGACIÓN:
¿Cuál es el resultado de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de una edificación de la Zona Monumental de la ciudad de Huancayo?	Evaluar la vulnerabilidad sísmica de una edificación de la Zona Monumental de la ciudad de Huancayo.	El grado de vulnerabilidad sísmica de la edificación de la Zona Monumental de la ciudad de Huancayo es adecuado.	Variable única:	Desplazamientos laterales relativos	METODO DE LA INVESTIGACIÓN: * GENERAL: Científico.
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS	Variable única: VULNERABILIDAD SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN		Cortantes basales
¿Qué resultado se obtiene de la evaluación de los desplazamientos laterales relativos?	Establecer el resultado que se obtiene de la evaluación de los desplazamientos laterales relativos.	El resultado que se obtiene de la evaluación de los desplazamientos laterales relativos cumple con los parámetros permisibles.		MUESTRA NO PROBABILISTICA: La muestra es dirigida o intencional conformada por las estructuras de la edificación.	
¿Qué resultado se obtiene de la evaluación de las cortantes basales?	Verificar el resultado que se obtiene de la evaluación de las cortantes basales.	El resultado que se obtiene de la evaluación de las cortantes basales es adecuado.			TECNICA DE INVESTIGACIÓN: * Observación directa. * Revisión documental.
¿Qué resultado se obtiene respecto al índice de vulnerabilidad?	Calcular el resultado que se obtiene respecto al índice de vulnerabilidad.	El resultado que se obtiene respecto al índice de vulnerabilidad es de valor bajo.		Índice de vulnerabilidad	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN: * Ficha de observación.

Anexo 02: Matriz de operacionalización de variables

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES						
VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UND	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable única: VULNERABILIDAD SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN	Ceresis (2020) se refiere a la medida en que una estructura, edificio, infraestructura o comunidad es susceptible a sufrir daños o colapsos como consecuencia de un terremoto. Esta vulnerabilidad depende de varios factores, como la calidad de la construcción, el tipo de suelo, la ubicación geográfica y la intensidad del terremoto.	La vulnerabilidad sísmica de la edificación rústica propiedad de la Empresa Electrocentro ubicada en la esquina de la Av. Giráldez y el Jr. Amazonas, la cual sirve de sede administrativa dentro de la Zona Monumental de la ciudad de Huancayo fue evaluada a través del método de Benedetti-Petrini.	Desplazamientos laterales relativos	Control de derivas	Metros	Razón
			Cortantes basales	Estática	Toneladas	Razón
				Dinámica	Toneladas	Razón
			Índice de vulnerabilidad	Clasificación de la vulnerabilidad de la edificación	Adimensional	Razón

Anexo 03: Panel fotográfico



Ubicación del terreno



Medición del terreno con estación total



Medición del terreno.



Lugar del terreno.

Anexo 04: Planos

