



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Análisis del riesgo sísmico para el mejoramiento de la I.E 14793 Luciano
Castillo Colonna mediante el método Hazus en el distrito de Bellavista,
Sullana, 2022**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Civil

AUTORAS:

Purizaca Navarro, Rosa Angelica (orcid.org/0000-0002-1645-4416)

Velasquez Coba, Fatima del Rosario (orcid.org/0000-0003-1597-6447)

ASESOR:

Mgtr. De La Cruz Vega, Sleyther Arturo (orcid.org/0000-0003-0254-301X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Económico, Empleo y Emprendimiento

PIURA – PERÚ

2023

Dedicatoria

Dedicamos ante todo esta tesis a nuestro creador, Dios. Por habernos dado la vida para llegar hasta este grato momento en nuestra carrera universitaria, por darnos fortaleza para haber recorrido este largo camino hacia la obtención de un logro académico más.

Para nuestros padres, por su comprensión y ayuda en momentos difíciles y menos difíciles. Por enseñarnos a encarar las adversidades sin perder nunca la vista en nuestra meta ni mucho menos habernos dejado desfallecer en el intento.

A nuestros docentes por su tiempo, apoyo y sabiduría que nos han impartido en el desarrollo de nuestra formación profesional.

Finalmente, a nuestro asesor de tesis por su valiosa orientación y asesoramiento durante la realización de la misma.

Los Autores

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por brindarnos salud y vida, por bendecirnos en cada proceso, por la sabiduría y fuerza de voluntad para terminar con nuestro proyecto, a nuestra familia por ser nuestro principal motivo e impulso para salir adelante, por inculcarnos valores que hemos aplicado a lo largo de nuestros estudios, por su apoyo emocional, por ese aliento constante para enfrentar nuestros miedos a este gran reto.

A nuestro asesor de tesis por todas sus enseñanzas, su orientación, por su tiempo brindado, por dedicarse a ayudarnos con nuestro proyecto que con tanto esfuerzo y esmero hemos logrado terminar.

Los autores.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT.....	viii
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
II.- MARCO TEÓRICO.....	5
III.- METODOLOGÍA.....	28
3.1. Tipo y diseño de investigación :.....	28
3.2. Variables y Operacionalización:.....	29
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis:.....	29
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:.....	30
3.5. Procedimientos:.....	32
3.6. Método de análisis de datos:	32
3.7. Aspectos éticos:.....	33
IV.- RESULTADOS.....	34
V.- DISCUSIÓN.....	51
VI.- CONCLUSIONES.....	55
VII.- RECOMENDACIONES.....	57
REFERENCIAS.....	59
ANEXOS.....	65

Índice de tablas

Tabla 1. Factores de Zona "Z"	11
Tabla 2. Formato de matriz de probabilidad de daño.	24
Tabla 3. Factores de daño.	27
Tabla 4. Factor de corrección aplicado a los testigos de concreto.	34
Tabla 5. Resistencia de las estructuras.	35
Tabla 6. Datos del programa Hazus	36
Tabla 7. Estimación del estado de daño	40
Tabla 8. Resultados de datos de fragilidad	40
Tabla 9. Niveles de daño según porcentaje	46
Tabla 10. Factores de daño	47
Tabla 11. Relación entre los Niveles de daño según porcentaje y los factores de daño.....	48
Tabla 12. Estimación de exposición en base al estado de daño probable	50

Índice de figuras

Figura 1. Zonificación Sísmica.	10
Figura 2. Cinturón del Pacífico.	10
Figura 3. Respuesta Espectral.	13
Figura 4. Ejemplo de curva de fragilidad.	17
Figura 5. Ejemplo de curva de capacidad.	20
Figura 6. Factor de corrección Vs H/D.	35
Figura 7. Curva de capacidad	38
Figura 8. Curva de fragilidad	41
Figura 9. Perfil de Suelo.....	42
Figura 10. Espectro demanda	43
Figura 11. Espectro de demanda SD SA.....	44
Figura 12. Punto de desempeño	45
Figura 13. Punto de desempeño en Curva de Fragilidad	46
Figura 14. Estado de daño vs desplazamiento espectral	49

RESUMEN

El proyecto de investigación titulado “Análisis del riesgo sísmico para el mejoramiento de la I.E 14793 Luciano Castillo Colonna mediante el método de Hazus en el distrito de Bellavista, Sullana 2022” tiene como principal objetivo determinar el nivel de riesgo sísmico en el que se encuentra la institución, usando el método de Hazus, para posteriormente brindar alternativas de solución y recomendaciones que permitan mitigar los daños ocasionados ante un posible evento sísmico y además salvaguardar la vida de toda la plana estudiantil. En este proyecto se escogió el pabellón “A” iniciando los estudios correspondientes que necesita el programa Hazus para iniciar su evaluación, tales como: Estudio de suelos donde se obtuvo que el tipo de suelo era un s1 y arena pobremente graduada (SP), pruebas de diamantina a la columna D-1 con resultado a resistencia de concreto $F'_c=178.5 \text{ Kg/cm}^2$, resultados que posteriormente ingresaremos al programa Hazus. Con los datos obtenidos de nuestras características del suelo, de la edificación en estudio, la población y la zona sísmica en que se encuentra siendo esta “Zona 4”, procedimos a crear y elegir un escenario del programa que tenga las mismas características y condiciones sísmicas de nuestra zona, con ello escogeremos el tipo de edificación de la institución el cual es un CL3, el programa brinda valores para los cuatro estados de daño, cuyos valores utilizamos para resolver cada una de las ecuaciones que se desarrollan en el procedimiento de obtener principalmente el nivel de riesgo sísmico en el que se encuentra nuestra edificación obteniendo que esta se encuentra en nivel de riesgo severo, mediante las curvas de capacidad y fragilidad, obtendremos la curva de vulnerabilidad y también el porcentaje de daño económico de la edificación, el cual tuvo como resultado 63.02% de riesgo.

Palabras clave: Riesgo sísmico, curvas de vulnerabilidad, curvas de fragilidad, estados de daño.

ABSTRACT

The research project entitled "Analysis of seismic risk for the improvement of the I.E 14793 Luciano Castillo Colonna through the Hazus method in the district of Bellavista, Sullana 2022" has as its main objective to determine the level of seismic risk in which the institution, using the Hazus method, to later provide alternative solutions and recommendations that minimize the damage caused by a possible seismic event and also save the lives of the entire student body. In this project, pavilion "A" was chosen, starting the corresponding studies that the Hazus program needs to start its evaluation, such as: Soil study where it was obtained that the type of soil was s1 and poorly graded sand (SP), tests of diamond to column D-1 with the result of concrete resistance $F'_c=178.5 \text{ Kg/cm}^2$, results that we will later enter into the Hazus program. With the data obtained from our soil characteristics, the building under study, the population and the seismic zone in which this "Zone 4" is located, we proceeded to create and choose a program scenario that has the same characteristics and seismic conditions. of our area, with this we will choose the type of building of the institution which is a CL3, the program provides values for the four states of damage, whose values we use to solve each of the equations that are developed in the procedure to obtain mainly the seismic risk level in which our building is located, obtaining that it is at a severe risk level, through the capacity and fragility curves, we will obtain the vulnerability curve and also the percentage of economic damage of the building, which resulted in 63.02% risk.

Keywords: Seismic risk, vulnerability curves, fragility curves, damage states.

I.- INTRODUCCIÓN

Es frecuente encontrar informes o escuchar noticias acerca de la falta de infraestructuras adecuadas en escuelas o colegios, incluso cuando los gobiernos declaran haber invertido sumas considerables de dinero en este ámbito. Desafortunadamente, hay una cantidad significativa de instituciones educativas en todo el mundo que se encuentran en condiciones deplorables e insalubres, lo que dificulta el acceso a una educación de calidad para los estudiantes.

Según el informe presentado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Oficina Regional de Educación para Latinoamérica y el Caribe, se estima que un cuarto de los estudiantes asiste a centros educativos que presentan deficiencias en cuanto a infraestructura se refiere. Las condiciones incluyen columnas en mal estado, falta de agua y saneamiento y equipamiento insuficiente en las aulas. Esta situación representa un obstáculo significativo para garantizar un acceso igualitario a una educación de calidad en la región (BID, 2017).

Según el diario Semana (2022) en América Latina, la calidad de la educación está en peligro debido a las deficiencias en la infraestructura de los colegios, las cuales afectan al 85% de ellos. Muchos de estos colegios han permanecido en las mismas condiciones durante años sin ningún tipo de renovación, lo que ha provocado la aparición de grietas tanto en los pisos y paredes de las aulas como en los patios. Además, debido a un diseño deficiente, estos colegios carecen de un sistema de alcantarillado y energía eléctrica.

Un ejemplo destacado es México, el cual en 2017 sufrió las consecuencias de un terremoto que dejó como resultado más de cinco mil colegios dañados. En muchos casos, estas edificaciones se encontraban en una situación insuficiente para atender las urgencias que la población requería. Esto se debió en gran medida a errores en su construcción, tales como una cimentación inadecuada para el tipo de suelo, así como la presencia de columnas agrietadas. Debido a estas debilidades, estos colegios eran altamente vulnerables y presentaban un alto riesgo sísmico. El colapso de una escuela en particular resultó en un número significativo de heridos, incluyendo a once niños en estado grave, así como la trágica pérdida de diecinueve vidas.

Por otro lado, en el Perú, es común que la construcción de edificios, incluyendo colegios y viviendas, sea llevada a cabo por mano de obra sin conocimientos en construcción y normas de diseño. Como resultado, la mayoría de estas edificaciones tienden a presentar vulnerabilidades y riesgos medio o alto. Un gran número de instituciones educativas en el país fueron construidas antes de la publicación de la Norma Peruana de Diseño Sismo Resistente, lo que significa que muchas de estas escuelas son vulnerables a los terremotos.

Este es el caso de las instituciones educativas FONDODES y PRONAA, construidas hace veinte años en Arequipa mientras la norma estaba aún en proceso de actualización. Poco tiempo después de su construcción, estas escuelas presentaron fallas estructurales debido a cimientos pequeños que no soportaban todo el peso necesario, grietas en vigas y columnas, entre otros problemas. Hasta entonces, los diseños para escuelas eran iguales en todo el país, sin tomar en cuenta las diferencias en los suelos de las distintas regiones. Por lo tanto, la mayoría de las escuelas que tienen muchos años de antigüedad deberían ser remodeladas para garantizar la seguridad de los estudiantes y del personal educativo.

Así mismo la región de Piura ha estado lidiando con la precariedad de la infraestructura de sus colegios durante años. Es común que los residentes informen del mal estado en que se encuentran las instituciones educativas en las zonas de Ayabaca, Morropón y Piura. A pesar de las denuncias presentadas por los pobladores y las autoridades, no se presta la debida atención al grave peligro al que se enfrentan los estudiantes y profesores. Un caso ilustrativo es el del colegio Manuel Gonzales Prada, donde el 90% de sus instalaciones se encuentran en mal estado. El deterioro es notorio en la losa aligerada, la cual ha sufrido una importante pérdida de capacidad de carga. Las paredes, que fueron afectadas por el fenómeno del Niño costero, aún presentan humedad y grietas, lo que indica que la estructura no ha sido debidamente rehabilitada. Además, las columnas se encuentran en un avanzado estado de degradación, lo que aumenta significativamente el riesgo de colapso inminente. A esto debemos agregar que en la provincia de Sullana a partir del año 2021 en el cual se presentó un sismo de magnitud 6.1, se han venido

presentando sismos hasta la actualidad, aunque de menor magnitud; el sismo mencionado dejó escuelas con profundos daños estructurales, y además se tuvo que cancelar las clases por temor a réplicas.

Dado los escenarios previamente mencionados acerca de la inestabilidad de la infraestructura y la actividad sísmica del país, resulta fundamental llevar a cabo una evaluación exhaustiva de las instituciones educativas en todo el territorio nacional. El propósito de dicha evaluación es verificar si estas edificaciones se encuentran en condiciones adecuadas a nivel estructural para proporcionar un ambiente seguro a los estudiantes, especialmente en el caso de sismos de mediana o gran magnitud. Este análisis permitiría identificar las escuelas que necesitan ser remodeladas o reforzadas estructuralmente, y de esta manera garantizar que los estudiantes tengan acceso a una educación de calidad en un ambiente seguro.

En tal sentido se plantea como problema general: ¿Cuál es el nivel de riesgo sísmico de la IE 14793 Luciano Castillo Colonna mediante el método Hazus en el distrito de Bellavista, Sullana?

La importancia de esta investigación radica en su capacidad para salvaguardar la vida de las personas que ocupan o se encuentran dentro o cerca de la escuela. Además, su propósito es concientizar a los profesionales de la construcción sobre la necesidad de incluir análisis, estudios de suelos y diseño de planos sismo-resistentes en cualquier proyecto de construcción. Asimismo, se busca verificar y garantizar que se cumpla a cabalidad con lo establecido en el expediente técnico durante la ejecución de la obra. Esto incluye la verificación de que todos los elementos estructurales estén hechos con el material y dosificación adecuada, para asegurar que, al finalizar el proyecto, estos elementos cuenten con la resistencia de concreto necesaria de acuerdo con lo especificado en el expediente. De esta manera, se garantiza que la obra finalizada cumpla con su vida útil y que cumpla con los requisitos necesarios para salvar vidas.

Uno de los aspectos más relevantes a considerar en esta investigación es la conciencia sobre la protección de la inversión en infraestructura. Es fundamental

que una obra ya finalizada y con varios años de operatividad se mantenga en óptimas condiciones para cumplir con su objetivo mínimo de desempeño: proteger vidas en caso de cualquier evento sísmico, independientemente de su magnitud. En este sentido, el interés de la investigación recae en un colegio de alto valor monetario, con el propósito de conocer la resistencia estructural de la edificación y garantizar el cumplimiento de las normas de construcción, asegurando un ambiente seguro para la comunidad educativa. Además, esta evaluación permitirá identificar áreas que requieren refuerzos estructurales para mejorar la seguridad en el futuro.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, se ha planteado como objetivo general determinar el nivel de riesgo sísmico de la IE 14793 Luciano Castillo Colonna mediante el método Hazus en el distrito de Bellavista, Sullana, mediante el método Hazus. Para alcanzar este objetivo general, se han establecido como objetivos específicos: determinar la resistencia del concreto de las estructuras de la IE, representar las curvas de fragilidad de la IE ante un fenómeno sísmico y representar las curvas de vulnerabilidad de la IE.

En tal sentido se plantea como hipótesis general: La IE 14793 Luciano Castillo Colonna en el distrito de Bellavista, Sullana presenta un nivel de riesgo sísmico alto.

II.- MARCO TEÓRICO

En los trabajos previos internacionales se han considerado las siguientes investigaciones:

Chávez (2016), planteó con su tesis denominada "*Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la ciudad de Quito-Ecuador y riesgo de pérdida*", Chávez (2016) propuso analizar la debilidad sísmica y el riesgo de pérdidas en las construcciones de la ciudad de Quito, considerando el representativo Centro Histórico, que abarca diversas tipologías constructivas. Para ello, se utilizaron metodologías comprobadas en Europa y Estados Unidos, como el método de Hazus, que permitieron determinar las curvas de fragilidad, capacidad, puntos de potencia y desplazamientos máximos del suelo. Los resultados de la investigación señalaron que la ciudad presenta un alto nivel de vulnerabilidad sísmica debido no solo a la naturaleza del suelo y sus imperfecciones, sino también al proceso de diseño y construcción de las edificaciones.

Álzate (2016), realizó la tesis cuya denominación fue *Evaluación de la vulnerabilidad estructural de edificaciones del sector educación del grupo III en el municipio de Dosquebradas, Risaralda* propuso evaluar la vulnerabilidad de los elementos estructurales de 11 colegios mediante el método Hazus y la modelación de un software especializado, con el fin de determinar los índices de sobreesfuerzos en edificaciones de dos o más pisos, siguiendo los estándares requeridos por la norma NSR-10. Al final de la investigación, se reportó que el 100% de las instituciones evaluadas no contaba con planos adecuados, lo que se reflejaba en el mal estado de cada bloque de los colegios. Por lo tanto, se propuso el levantamiento de los planos de los 47 bloques de los 11 colegios, los cuales incluyen detalles de las secciones de los elementos estructurales, programas de modelación estructural con detalles en planta y la modelación estructural del diseño estructural.

Gonzales y Pujades (2020) llevaron a cabo una tesis titulada "Evaluación de la vulnerabilidad sísmica. Aplicación a edificios convencionales, de especial

importancia y esenciales" con el objetivo de contribuir a una sociedad más segura mediante herramientas capaces de evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificios especiales. Para lograrlo, utilizaron métodos avanzados como el método Hazus, que define una edificación mediante índices de vulnerabilidad y evalúa la acción sísmica en términos de intensidad macro sísmica y espectros. Con ello, pudieron identificar el índice de vulnerabilidad de la edificación en estudio y promover el uso de métodos más precisos, como el método de espectro de capacidad de Hazus, para edificios esenciales. Además, determinaron que el índice medio de vulnerabilidad fue de 0.605.

En los trabajos previos nacionales se han considerado las siguientes investigaciones:

Palomino (2019) realizó su tesis en la Universidad Nacional de Cajamarca, titulada "Evaluación del riesgo sísmico de la infraestructura educativa pública César Vallejo - Chanta Alta, distrito La Encañada, provincia de Cajamarca-2018". El objetivo principal de su investigación fue determinar el nivel de vulnerabilidad, peligrosidad y riesgo de los pabellones de la escuela pública César Vallejo ante un sismo, y además obtener información sobre la configuración estructural de las edificaciones y sus parámetros sísmicos. La investigación también contempló la elaboración de un proyecto para mejorar las estructuras deficientes encontradas, basado en estudios de mecánica de suelos y utilizando el programa ETABS. En conclusión, se determinó que las estructuras de la edificación son adecuadas, ya que las columnas son capaces de soportar las fuerzas a las que están sometidas, las vigas principales tienen un momento de inercia menor que el momento de impacto, y las vigas secundarias tienen un momento de resistencia mayor que el momento de actuación. Además, se identificó que el nivel de riesgo sísmico de la edificación es medio.

Carbajal y Ramón (2021), en su tesis para optar el título de ingeniero civil llamada *Estimación de riesgo sísmico de las edificaciones del distrito de Chancay mediante método Hazus* plantearon como finalidad precisar el riesgo sísmico de los edificios de la ciudad de Chancay y sus probables consecuencias en económicas.

Para lograr esto, se cuantificaron los costos estructurales de la ciudad a través de información oficial del gobierno y se aplicó la estrategia propuesta por FEMA mediante Hazus. Los resultados de la investigación indicaron que el 70% de las edificaciones presentan un estado de vulnerabilidad y más de la mitad de las estructuras de Chancay están en riesgo. Además, se identificó que el porcentaje de daño estructural oscila entre 15% y 60%, y la tasa de daño promedio por riesgo de sismo urbano fue de 42.85%. En términos de posible pérdida económica, se estimó que superaría los 954,3 millones de soles.

Cárdenas y Farfán (2021) llevaron a cabo una investigación titulada "Análisis de riesgo sísmico en escuelas públicas de San Juan de Miraflores mediante la metodología de evaluación visual rápida y evaluación del desempeño sísmico del pabellón 780 Pre a través del análisis no lineal". El objetivo del estudio fue reducir el riesgo de infraestructuras educativas y hospitalarias en Perú frente a terremotos, mediante la aplicación de procedimientos que permitieran obtener el índice de riesgo sísmico de los edificios, utilizando la metodología de Inspección Visual Rápida del FEMA P-154. Se concluyó que la mayoría de los edificios escolares tenían una alta susceptibilidad a los terremotos y no cumplían con los requisitos post-terremoto requeridos por la norma sísmica; además, se verificó mediante análisis no lineal que el módulo 780 Pre no tenía la resistencia suficiente contra terremotos severos.

No se reportaron trabajos Previos locales.

La información teórica se basa en las variables de estudio *Riesgo sísmico* y *Método Hazus*, las que analizaremos posteriormente:

Como base teórica tenemos; Riesgo sísmico: El riesgo puede entenderse como la probabilidad de que se ocasione una pérdida de un elemento después de un evento de gran magnitud, que se relaciona con el daño cuando hablamos de un sismo, por ejemplo. Como tipos de riesgo se hablan de riesgos extensivo e intensivo, los primeros referidos a fenómenos de bajo nivel, pero con tendencia intrínseca de que se vea afectado un elemento o que esté susceptible de colapsar ante un evento

potencialmente intenso, y el riesgo intensivo se produce a gran escala y en poco tiempo, causando mucho daño. (González, Aguilar, Mora, Palacios y Figueroa, 2012, p. 67)

Según Vargas (2002) el riesgo es el volumen de daño de un hábitat en especial o de alguna de sus partes, en un tiempo específico, dada la presencia de un movimiento con condiciones peligrosas. Tiene dos elementos, la amenaza que es la fuerza que se puede desatar y la vulnerabilidad que es la propensión a padecer daños.

Montoro y Ferradas (2005) señalan que el país peruano tiene a los millones de habitantes en peligro ya que en mayoría están ubicados en la costa, idea fundada por que es la zona con mayor nivel de riesgo sísmico, especialmente en las regiones de Piura, Tumbes, etc. Agregando también que nuestro país se encuentra sobre las placas de Nazca y la sudamericana, siendo estas las responsables de los eventos telúricos.

Según Delanoy (2010) El riesgo sísmico depende de la exposición y vulnerabilidad de los edificios a las amenazas, las condiciones elásticas o propiedades del suelo, la educación de los residentes y su comportamiento durante y después de los terremotos, las actividades de servicios a las personas y la economía, etc. A partir de esta contribución de Delanoy, es necesario conocer la exposición socio-económica/pérdidas económicas de una edificación para hallar las condiciones de riesgo sísmico de la misma; para ello será necesaria la recopilación de presupuestos para determinar el valor de la edificación.

Pérdida económica: Las pérdidas económicas estructurales, dependerán del tipo de material, niveles del edificio y sus patrones de uso, datos mediante los cuales obtendremos una estimación de daño proyectado en termino de riesgo económico. También existen pérdidas económicas no estructurales, las que dependen de los bienes dentro de la edificación, los cuales pueden ser maquinarias, equipos eléctricos, instrumentos de cualquier tipo, muebles y entre otros. (National Research Council (U.S.). Committee on Earthquake Engineering, 1992)

Amenaza Sísmica: Según Vargas (2002), la amenaza es una manifestación grave. Se determina como la magnitud y duración de una fuerza con intensidad peligrosa por su disposición de destruir ecosistemas u otros factores y la posibilidad de activar esa energía. Se compone por tres elementos: Energía Potencial: capacidad de actividad que se pueden desatar. Susceptibilidad: inclinación de un sistema para generar fuerza potencial peligroso, dado la presencia de resonantes. Detonador: Un evento externo capaz de liberar energía potencial, también llamado resonante.

Las amenazas son procesos potencialmente dañinos, fallas tecnológicas o simplemente acciones que podrían resultar en la pérdida de vidas o lesiones, daños, trastornos económicos y sociales y/o degradación ambiental en un área y período determinado. No es de importancia el grado o nivel de la amenaza y habitualmente es difícil actuar para exterminarla parcialmente, sin embargo, podemos bajar o minorar el nivel de vulnerabilidad para que la amenaza pase desapercibida. (Ocola, 2009)

Para López (2021), Los científicos han identificado zonas sísmicas en todo el mundo, incluido el "Anillo de Fuego del Pacífico", que tiene una intensa actividad sísmica y volcánica en Latinoamérica es decir países como Ecuador, Perú, también en América central, y del norte, Rusia, Taiwán, Japón, Indonesia, Filipinas, Nueva Guinea, Nueva Zelanda.

Según Torres (2018), El riesgo de terremotos en Perú es alto porque se posiciona en el ya mencionado Anillo de Fuego del Pacífico. Señala que los peligros de terremotos están estrechamente relacionados con sistemas de fallas activas lo cual representan una variedad de amenazas.



Figura 1. Cinturón del Pacífico. Fuente: Física I, 2021.

En Perú, el peligro o amenaza sísmica está plasmada en el mapa del mismo, elaborado y propuesto en el Reglamento Nacional de Edificaciones, para ser más específicos en la E.030 Diseño Sísmico, la zonificación está basada en 4 zonas, según las características de las regiones.



Figura 2. Zonificación Sísmica. Fuente: Norma E.030, 2019.

A cada zona se le asigna un factor Z, como se muestra en la Tabla 1. Dicho factor se entiende como la máxima aceleración horizontal del terreno rígido que se puede superar con un 10% de probabilidad en 50 años. El factor Z se expresa como un porcentaje de la rapidez debido a la gravedad. (RNE E.030, 2019, p. 8)

TABLA N° 1 Factores de Zona "Z"	
Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Tabla 1. Factores de Zona "Z". Fuente: Norma E.030, 2019.

Como podemos observar, según el mapa de zonificación el departamento de Piura está ubicado en la zona 4, con un factor de aceleración de la gravedad de 0.45, lo cual quiere decir que el territorio ante un sismo sufriría a grandes rangos.

Método Hazus: es una herramienta metodológica que se convirtió en una necesidad para los planificadores y expertos que se enfocan en los impactos de los desastres naturales. Fue desarrollado por una agencia federal Emergencias en los Estados Unidos de América. (Arce, 2011)

Requisitos para hallar las curvas de fragilidad y de capacidad según hazus: Los datos requeridos para conocer el nivel de daño en una estructura son los siguientes:

1. Tipo de estructura específica y su altura (h), nivel de diseño sísmico de los edificios que la conformen.

2. Espectro de respuesta y la deformación permanente del suelo para la evaluación de fallas de la tierra en la ubicación de la edificación.

Tipo de estructura: Martínez (2015), nos define estructuras como un grupo de componentes fuertes, entrelazados entre sí, que soportan las cargas de cada uno de los componentes del edificio, y las envían a los apoyos. Teniendo que soportar su carga propia, las sobrecargas, consecuencias de los vientos, movimientos telúricos, etcétera.

En el manual de Hazus se define estructura a todo tipo de construcción con duración permanente o semipermanente, sin embargo, estas estructuras están clasificadas en 5 tipos (edificios en general, instalaciones esenciales, sistemas de transporte, sistema de servicio público e instalación de alta pérdida potencial).

Así mismo nos da el concepto de cada una de ellas, de la siguiente manera:

1. Edificios en general: considera a todo tipo de edificios censados en las ciudades, ya sean edificios industriales, comerciales y residenciales.
2. Instalaciones esenciales: instalaciones básicas y fundamentales para la respuesta de emergencia y la recuperación después de un desastre. Estas instalaciones pueden incluir, entre otras, instalaciones de atención médica, instalaciones de respuesta a emergencias y escuelas. Para tales estructuras, el daño y la pérdida de función se evalúan edificio por edificio.
3. Sistemas de transporte: Aquí se consideran las carreteras, estacionamientos de ferrocarriles y trenes, sistemas de autobuses, puertos, etcétera. El daño y pérdida se calcula en cada elemento del sistema.

4. Sistema de servicios públicos: Son tratados de igual manera o casi parecida a las estructuras de sistema de transporte. Aquí se consideran los edificios que incluyen agua potable, energía eléctrica, aguas residuales, comunicaciones, entre otros.
5. Instalaciones de alto potencial de pérdida: Son aquellas estructuras que requieren información especial complementaria para determinar el nivel de daño y pérdida. Tales como diques, presas o represas, entre otras.

Además de este tipo de tipología, hazus contempla el tipo de construcción de edificación y con qué materiales fue realizado (pórtico, mixto, madera, albañilería confinada, etcétera).

El segundo dato requerido es el espectro de respuesta o desplazamiento espectral el cual es un esquema de la respuesta máxima (máximo de desplazamiento máximo, rapidez o aceleración máxima, u otra cantidad de interés) a una función específica de excitación para todos los posibles grados de libertad del sistema. (Paz, 1992)

Paz nos detalla en una figura el concepto de esto, nos muestra un diagrama en el que una edificación de un nivel esta subyugado al desplazamiento de su base indicado por la función $y(t)$, obteniendo una curva de respuesta espectral con el desplazamiento de la masa (m).

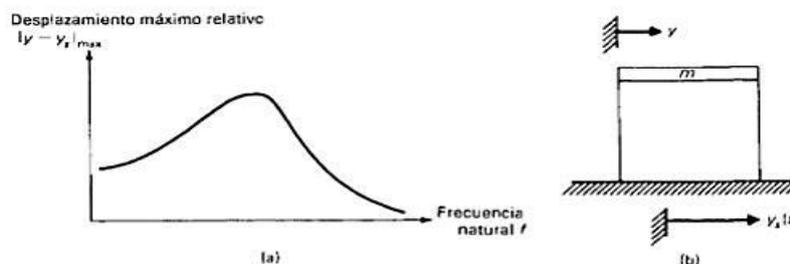


Figura 1. Respuesta Espectral. Fuente: Dinámica Estructural, 1992.

El manual hazus en su capítulo 5 define el desplazamiento espectral como parte de los parámetros sugeridos de PEH para definir las curvas de fragilidad, como umbral de un estado de daño y además lo calcula mediante la siguiente ecuación:

$$S_d = \bar{S}_{d,ds} * \varepsilon_{ds}$$

Dónde:

$\bar{S}_{d,ds}$ Valor mediano del desplazamiento espectral en la situación de daño.

ε_{ds} Variable aleatoria log-normal con valor medio unitario y desviación estándar

El reglamento nacional de edificaciones nos da el espectro de demanda de respuesta de la amenaza o peligro sísmico, mediante una ecuación la cual tiene como componentes el tipo de suelo (S), factor de zona (Z), coeficiente de amplificación (C) y coeficiente de reducción (R), y es la siguiente:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} (g)$$

Así mismo la norma nos brinda una ecuación para obtener el tiempo o periodo de vibración, la cual tiene como componentes la altura de la edificación (h), y tipo de edificación de acuerdo a su material predominante (C), y es la siguiente:

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

Dónde:

$C_T = 35$ Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.

b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

$C_T = 45$ Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.

b) Pórticos de acero arriostrados.

$C_T = 60$ Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

Las curvas de fragilidad y capacidad se usan para conocer los niveles de daños físicos y, pérdidas económicas y sociales directas debido al movimiento telúrico. Son confiables como predictores.

FEMA (2020), considera importante conocer los estados de daño de la edificación a estudiar, con el objetivo de estimar las víctimas por consecuencia de los perjuicios estructurales, las bajas económicas por los daños ya que serán requeridas reparaciones a la construcción, además de la clausura completa o temporal del edificio, y finalmente las consecuencias sociales.

Con el fin de tener claros los tipos de daño, FEMA dividió los daños aplicados a elementos estructurales que provocarían pérdidas económicas, sociales y funcionales, víctimas leves por heridas y fallecidos; y no estructurales que provocarían también pérdidas económicas y sociales, sin embargo, las víctimas solo tendrían heridas leves o un poco moderadas.

Por lo que se estableció cinco estados de daño; los cuales son: ninguno, ligero, moderado, extensivo y completo; agregado a esto supone diferentes tipos de edificio según su material de construcción y su rango de daño.

Curvas de capacidad: Según el manual de Hazus capítulo 5, la mayor parte de las edificaciones se diseñan o estudian usando procedimientos de análisis elástico lineal, esto se debe a la poca complejidad de estos procesos en comparación a métodos no lineales que son más tediosos. Generalmente la respuesta de la edificación se centra en propiedades elásticas lineales de los elementos estructurales y las fuerzas que corresponden al sismo base de diseño. Para diseñar los elementos constructivos, la respuesta elástica lineal, la cual es amortiguada en un 5% se disminuye por un factor "R" que cambia para los distintos tipos de sistemas resistentes a las fuerzas laterales que prevalecen; este factor de reducción se centra en datos obtenidos por experiencia que identifican la capacidad de deformación inelástica de los elementos estructurales, el exceso de resistencia, la redundancia, el incremento del amortiguamiento que sobrepasa del 5% del crítico en grandes deformaciones y las diferentes causas que influyen en la capacidad de una edificación.

Una curva de capacidad también llamadas curvas de empuje, son gráficos del aguante a cargas laterales de una edificación con respecto a los desplazamientos laterales. Estas curvas nacen de gráficos de cortantes bases estáticos contra el desplazamiento que sufre una edificación, por ejemplo, un techo. Para simplificar la comparación directa con la respuesta sísmica, lo que significaría superponer una curva de capacidad con espectros de respuesta, el eje de esta fuerza que viene a ser el corte base, pasa a ser una aceleración espectral. Obtendríamos una estimación de deflexión del edificio, para los distintos comportamientos sísmicos.

En el Manual de Hazus se identifican tres factores de control que fijan la capacidad de construcción, que caracterizan a cada curva, siendo estos la capacidad de diseño, rendimiento y su última capacidad.

La capacidad de diseño es la resistencia nominal de una edificación que debe estar guiada por el código sísmico de las disposiciones del NEHRP de 1994 o también la estimación de la resistencia nominal para aquellas edificaciones que se han ejecutado sin ningún diseño de cargas sísmicas. En el caso del diseño del viento, esta no se toma en cuenta en la estimación de la capacidad de diseño, como también las edificaciones altas que se encuentran en lugares de sismicidad baja, estos pueden presentar una resistencia de diseño lateral importante que se centra en lo establecido en el código sísmico.

Capacidad de rendimiento es la que está dada por la correcta fuerza lateral de una edificación tomando en cuenta los excesos existentes en el diseño, lo establecido en las estipulaciones del código sísmico y todas aquellas fuerzas reales de los diferentes materiales.

Y la capacidad última es la resistencia máxima que soporta un edificio cuando los elementos estructurales han llegado a una situación completamente plástica. Esta capacidad representa la pérdida de la resistencia originada por la falla cortante de los componentes más débiles.

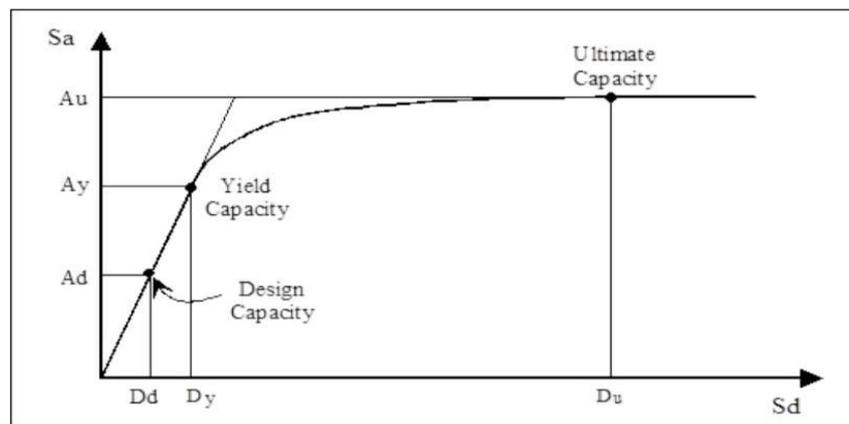


Figura 4. Ejemplo de curva de capacidad. Fuente: Manual Hazus, FEMA, 2020.

Las curvas de capacidad de las edificaciones se crean a través de las estimaciones de los conocimientos de ingeniería que podría afectar gravemente al diseño,

rendimiento y capacidad ultima. Estas propiedades están basadas en los siguientes parámetros:

C_s : Coeficiente de resistencia del diseño.

T_e : Verdadero periodo de construcción en modo elástico(segundos)

α_1 : Fracción del peso de la edificación.

α_2 : Fracción de la altura en la ubicación del desplazamiento en modo pushover.

γ : Factor de sismo resistencia que relaciona el límite elástico con la resistencia del diseño.

λ : Factor de sismo resistencia relacionado de la resistencia ultima con el límite elástico.

μ : Factor de ductilidad que enlaza el desplazamiento ultimo con A multiplicado por el desplazamiento de fluencia.

Freeman (1998) definen a las curvas de capacidad como una gráfica de resistencia a aquellas cargas laterales de una edificación, la cual está dada como una función del desplazamiento lateral. Generalmente estas curvas se van construyendo al momento en que se grafica la fuerza cortante en la base de una edificación contra el desplazamiento que se genera en los techos.

Lawson (1998) nos propone que para poder identificar esta curva se debe realizar una indagación y estudio de carga lateral teniendo en cuenta la cantidad de grietas del concreto y del acero cuando empieza a ceder, a dicho análisis se le conoce en inglés como "pushover". Las cargas laterales se dispersan en proporción a la primera forma de vibración de la estructura, posteriormente su dimensión se va elevando poco a poco, mediante se van elevando las cargas se va identificando la creación de rótulas plásticas en cada elemento, y por último se va perdiendo rigidez,

en donde las curvas de capacidad ya no son líneas rectas. Para dicha conversión se utilizan las siguientes ecuaciones en donde se define al desplazamiento espectral S_{di} en términos del desplazamiento en el techo Δ_{roof} y por último la aceleración espectral S_{ai} dependiente de la fuerza cortante en la base V_i .

$$S_{di} = \frac{\Delta_{roof}}{(PF_1 \times \phi_{1,roof})}$$

$$S_{di} = \frac{V_i/W}{\alpha_1}$$

En donde:

α_1 : Coeficiente de masa modal.

PF: Factor de participación para el primer estado de la estructura.

$\phi_{1,roof}$: Amplitud del primer modo en la parte superior de la estructura.

Curvas de fragilidad: Del Valle y González (2021), definen curvas de fragilidad como la obtenida al representar la posibilidad de que una edificación exceda los daños establecidos por causa de una oscilación sísmica. Esta posibilidad se presenta como el vínculo entre la potencia del movimiento del territorio y un factor sismo resistente. Las curvas de fragilidad se arman ordenando y calculando las pérdidas luego de un evento telúrico.

El manual Hazus en la sección 5 clasifica las curvas de fragilidad para daño estructural y no estructural en cuatro; leve, moderas, extenso y completo. Cada una de las curvas se identifica por la mediana y la desviación log-normal (β) de la demanda de Peligros Potenciales de Terremotos el cual incluye el movimiento del suelo y fallas del suelo (PEH, según sus siglas en ingles). PEH utiliza como factor al desplazamiento espectral en perjuicios estructurales y no estructurales con

elementos frágiles a la corriente; mientras que para cuantificar el daño no estructural de los elementos sensibles a la aceleración utiliza el factor de aceleración espectral.

La probabilidad de que una condición de daño comience o aumente se modela como una distribución logarítmica. Mientras que, para daño estructural, con base en el cambio de espectro, SD, la posibilidad de iniciar o incrementar el estado de daño se modela como:

$$P \left[ds/S_d \right] = \Phi \left[\frac{1}{\beta_{ds}} \ln \left(\frac{S_d}{S_{d,ds}} \right) \right]$$

Dónde:

- S_d, ds Valor mediano del desplazamiento espectral en que la estructura llega al umbral de la situación de daño.
- B_{ds} Deflexión estándar del logaritmo natural del desplazamiento espectral para la situación de daño.
- Φ Función de disposición reunida normal estándar.

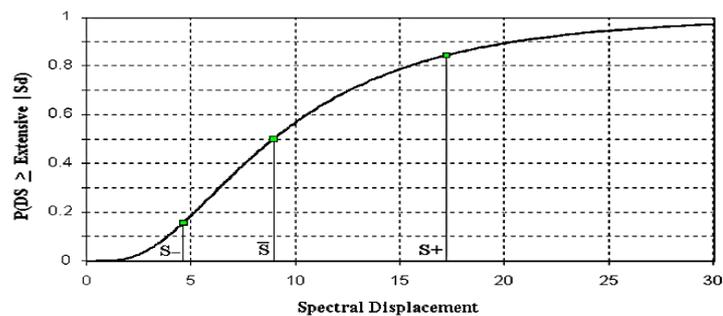


Figura 5. Ejemplo de curva de fragilidad. Fuente: Manual Hazus, 2020.

Los datos medios de fragilidad de los elementos estructurales se fundamentan en las distribuciones de deriva de la estructura que identifica el umbral de la situación

de daño. Sd, ds y Bds son datos que el software de Hazus nos arroja en su análisis.

La curva de fragilidad dependerá de los parámetros de PEH, según la situación o tipo de edificio; para fallas de tierra el parámetro a utilizar será PGD que quiere decir de formación permanente del suelo, para el movimiento de suelos se requerirá la respuesta espectral máxima, y en edificios de sistema de transporte y servicio público se utilizara el parámetro PGA es decir la aceleración máxima del suelo.

Vulnerabilidad Sísmica: Según Bonet (2016), se define como la tendencia a sufrir daños y perjuicios cuando ocurren movimientos sísmicos que afectan al conjunto de estructuras o a su vez a un proyecto urbano, y está ligada directamente con sus características estructurales y físicas de diseño. La vulnerabilidad se puede estudiar a través de la relación entre las curvas de fragilidad y además el porcentaje de perjuicio, este porcentaje vendría a ser la exposición.

Este concepto de vulnerabilidad sísmica es de vital importancia cuando hacemos estudios sobre los riesgos sísmicos, pero además para identificar las medidas de mitigación ante un desastre causado por un terremoto. El concepto de riesgo sísmico, es sinónimo de la magnitud de las pérdidas estimadas que padecen las estructuras en el lapso en que se desarrolla la acción sísmica. A este periodo de tiempo se le conoce como lapso de exposición, también conocida como periodo de vida útil de cada elemento estructural.

Bonet explica que mitigar los riesgos sísmicos al que una edificación está sometida, supone disminuir las amenazas, la vulnerabilidad y además los costos que generarían al restaurar los elementos estructurales agraviados. Los conocimientos idóneos acerca de la amenaza sísmica que prevalecen, permite identificar no solo aquellas acciones que se deben tomar en cuenta cuando diseñamos nuevas estructuras, sino además el terreno donde ejecutaremos la construcción, tal es así que las condiciones de los emplazamientos sean las ideales; esto significaría construir en lugares retirados a las fallas evitando así los rellenos, evitar construir

en zonas de asentamientos o deslizamientos y por últimos las zonas con gran potencial de licuefacción.

Los saberes previos del comportamiento sísmico de los elementos estructurales permiten identificar los mecanismos y el conjunto de acciones de refuerzo que se necesitan para la mitigación de las consecuencias provocadas por los movimientos del terreno. En cuanto a las edificaciones nuevas aún se pueden plantear nuevos procesos constructivos o metodologías de diseño que aseguren un correcto desempeño para cada elemento estructural sometidos a posibles movimientos ante un sismo.

La aplicación del análisis de vulnerabilidad en zonas urbanas, debe tener en cuenta metodologías estructurales como las funcionales, urbanas y operativas, que nos permitan compartir conocimientos provechosos para prevenir los desastres, la planificación y ordenación de la zona. Con este concepto podemos definir un importante punto de partida para decidir sobre la rehabilitación, mantenimiento y demolición de edificaciones peligrosas, la correcta ubicación de hospitales en una zona específica para diseñar las vías alternas de salida y traslado y además de las vías de acceso rápido para los lugares más vulnerables.

La primera etapa en un estudio de vulnerabilidad es identificar su origen y además hasta donde podría terminar y que es lo que causaría, ello está determinado por diferentes factores, tal es el caso de: el prototipo de daño en cuestión a evaluar, el porcentaje de amenaza que existe en el lugar, los conocimientos en cuanto a cada uno de los elementos estructurales y por último la información relacionada con los perjuicios visibles en los sismos que antes habían dañado la zona en estudio. Teniendo identificados estos factores, es viable poder evaluar la vulnerabilidad a través de significados correctos en cuestión de la acción sísmica y la capacidad de las estructuras.

Según Consanego y Petrini (1990) para poder clasificar los distintos métodos de evaluación de la vulnerabilidad sísmica, se ha tenido que apoyar de información antigua, Una de las propuestas más relevantes corresponden a los autores

Consanego y Petrini (1990), en ella encontramos a los diferentes modelos de estudios distribuidos en clases según los resultados producidos. Estas clases están asociadas a las propiedades de las aproximaciones definidas más constantes. En este sentido se derivan otras normas de clasificación teniendo en cuenta diferentes aspectos, por lo tanto, estas clasificaciones no son generales ni profundas. Por tal motivo se propuso integrar una clasificación que pudiera analizar independientemente tres parámetros básicos los cuales son: la información de estrada, el proceso empleado y los resultados sobre el análisis de vulnerabilidad. Es por ello que se estudia separadamente cada uno de los elementos antes mencionados teniendo en cuenta su consistencia.

La clasificación en cuanto al tipo de resultado es una de las propuestas más importantes, reconocidas y completas que se han ejecutado hasta el momento. Fue propuesta por Consanego y Petrini (1990). Las técnicas empleadas para evaluar la vulnerabilidad sísmica se clasifican en cuatro grandes grupos: técnicas convencionales, directas, indirectas, y técnicas híbridas. La primera técnica analiza el perjuicio ocasionado por un sismo a los elementos estructurales teniendo en cuenta dos metodologías: tipológicas y mecánicas.

La primera técnica además trata a las estructuras como componentes que se pueden clasificar, donde éstas están clasificadas a partir de los materiales que se han empleado, los procesos y otros principios que intervienen en la respuesta sísmica, esta evaluación de probabilidad se centra en los daños obtenidos y observados en sismos antiguos, necesita de un análisis de campo simple, sin embargo, las conclusiones obtenidas son válidas desde una perspectiva estadística. La definición de la relación existente entre intensidad y daño empleado en esta metodología, necesita de una gran cantidad de información y es correcta para la zona o región estudiada, y también para poblaciones semejantes.

La relación de perjuicio existente se define como la concordancia entre el monto total que se empleará en la restauración y la reposición. Siendo este uno de los procesos más empleados para identificar la distribución probable de daños causados. Sin embargo, la cantidad de estados de daños que se han tenido en

cuenta van de entre cuatro y seis, con una tendencia a no usar muchos estados puesto que sería muy complejo distinguirlos. Su limitación es que no se puede tener en cuenta los cambios que han sufrido las estructuras durante su vida útil, como por ejemplo las renovaciones y mantenimientos.

Estado de daño	Daño estructural	Daño no estructural	Relación de daño	Intensidad del sismo				
				V	VI	VII	VIII	IX
0	Ninguno	Ninguno	0 - 0.05	...	...	...	...	...
1	Ninguno	Menor	0.05 - 0.3	...	...	...	...	...
2	Ninguno	Puntuales	0.3 - 1.25	...	...	...	...	...
3	No apreciable	Distribuidos	1.25 - 3.5	...	...	...	...	...
4	Menor	Substanciales	3.5 - 4.5	...	...	...	...	...
5	Substancial	Severo	7.5 - 20	...	...	...	...	...
6	Mayor	Casi total	20 - 65	...	...	...	...	...
7	Construcción en ruinas	Construcción en ruinas	100	...	...	...	...	...
8	Colapso	Colapso	100	...	...	...	...	...

Tabla 2. Formato de matriz de probabilidad de daño. Fuente: Whitman, 1974

Los métodos mecánicos hacen referencia a los efectos sísmicos a través de ejemplos y modelos mecánicos correctos de las edificaciones. Dentro de esta metodología podemos diferenciar dos grandes grupos que se encuentran entrelazados con la tipología de modelo empleado para personificar la estructura.

En los métodos analíticos que se encuentran sujetos a modelos simples se debe poseer suficiente inteligencia para estudiar una cantidad significativa de construcciones en un lapso corto de tiempo. Esto nos atribuye a métodos donde intervengan modelos simples, modelos que únicamente necesiten pocos factores de entrada donde a través de ellos sea viable estudiar el comportamiento de un sismo en las edificaciones. Se centra entonces en identificar un método sencillo, que utilice muy poco tiempo de estudio pero que sea el correcto para la ejecución de escenarios sísmicos.

La metodología que se emplea en estos métodos se centra en determinar los mecanismos de colapsos que puedan identificar la capacidad cortante, definida como la aceleración crítica originada por los agentes que provocan el colapso. Para poder identificar esta aceleración se necesita de la geometría y los parámetros de fronteras a partir de las estimaciones visibles. En estructuras de mampostería esta significa materia perfectamente plástica y rígida, además supone que el elemento más vulnerable son las fachadas. Cada uno de estos mecanismos está relacionado con el grado de daño causado. Así, calculando el cortante equivalente de una edificación se logra obtener el grado de daño esperado.

Otro método analítico que se apoya en modelos fáciles fue ejecutado por Calvi (1999) desarrollado en la ciudad de Catania. Este se apoya por definiciones que analicen el detallado de construcciones que ya existían, desarrollado en la asignación de la capacidad de desplazamiento de una edificación que corresponden a diferentes estados límites y además en la demanda del desplazamiento que resulta de un espectro de desplazamiento. Este sistema toma en cuenta pocos factores, estos son: periodo de la construcción, cantidad de pisos y el tipo de material empleado. Se emplean cuatro estados de daños: LS1 que es el no daño, LS2 que vienen a ser los daños estructurales leves o simples y los daños no estructurales controlados, LS3 que son los daños estructurales de gran impacto y a los daños no estructurales graves, y por último el LS4 que viene a ser el colapso de la edificación. En este caso para cada elemento estructural y para cada momento de daño se emplea un sistema estructural adecuado, basado en

estudios de rigidez secante en el sitio de desplazamiento máximo, y parámetros de reducción de demanda de desplazamientos, que va a depender de la energía que desborda la estructura.

Si hablamos de técnicas indirectas son las que identifican en primer plano, un índice de vulnerabilidad, posteriormente determinan la relación entre la intensidad sísmica y el daño o perjuicio a través de estudios y análisis post-terremotos y estudios estadísticos obtenidos a lo largo de la historia. Esta técnica es viable solo para evaluaciones sísmicas en edificaciones a gran escala.

El método del índice de vulnerabilidad empezó a ejecutarse en Italia desde el año 1976, gracias a los estudios post-terremotos que se desarrollaron en ese país. Este método se basa en la clasificación a través de observar las propiedades físicas, basados en los cálculos estructurales, tratando de determinar los factores importantes que controlan el daño estructural. Esta clasificación se desarrolla a través de un coeficiente conocido como índice de vulnerabilidad.

Yepéz (1996), Nos dice que este método emplea fuentes de datos de daños obtenidos mediante la observación de edificios después de que ocurre el sismo. Las funciones de vulnerabilidad nos llevan a identificar el índice para cada grado de intensidad macro sísmica de un terremoto, que viene a ser la aceleración máxima, aparte de evaluar de forma acelerada y sencilla el comportamiento de la vulnerabilidad sísmica de edificios los cuales representarían un método útil para la ejecución de estudios urbanos a gran escala. Las conclusiones obtenidas son complejas para comparar a las diferentes tipologías de construcciones esto gracias a las diferencias que hay entre los componentes considerados. Encontramos generalmente dos grandes conjuntos de métodos: el primero se refiere a calificar las distintas propiedades físicas de las estructuras; los segundos se centran en el mismo criterio usado en normativas de diseño sismo resistente, analizando así la relación que existe entre capacidad y demanda de las edificaciones de forma simplificada, ya sea usando los cortantes proyectados como fuerzas horizontales o a través de un estudio modal.

Para poder estudiar la vulnerabilidad de una edificación primero es vital identificar el tipo de afectación que se tiene en cuenta en la evaluación de vulnerabilidad, posteriormente centrarse en tres grandes aspectos: exposición, fragilidad y resiliencia o aprendizaje.

Estimación de las curvas de vulnerabilidad:

$$Vulnerabilidad(\%) = \sum_{ds=1}^n \langle P[ds = DS] \times MDF_{ds} \rangle$$

Donde ds viene a ser el estado de daño definido por la curva de fragilidad. Para los valores de MDF (Mean Damage Factor) y determinar las curvas de vulnerabilidad, se debe tener en cuenta la siguiente tabla:

Damages states	Damage factor range (%)	Mean damage factor (%)
None	0	0.00
Slight	>0-4	2.00
Moderate	4-16	10.00
Extensive	16-84	50.00
Complete	100	100.00

Tabla 3. Factores de daño. Fuente: Hazus, FEMA, 2020.

III.- METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

Tipo

Es aplicada, ya que se basa en solucionar dificultades o problemas mediante la toma de resoluciones mediante diversas estrategias. (Namakforoosh, 2005)

Rodríguez (2005) nos indica que la investigación aplicada es también llamada investigación activa o dinámica, la cual estará sujeta a los sustentos teóricos e innovaciones, se da en circunstancias donde no busca originar nuevas teorías sino resolver problemas o ponerla en práctica de manera inmediata.

Enfoque cuantitativo, debido a que los investigadores utilizarán el método Hazus para recopilar datos sobre las características físicas de la estructura y la probabilidad de daño durante un evento sísmico. Luego, los datos serán analizados utilizando técnicas estadísticas para obtener resultados numéricos y conclusiones sobre el riesgo sísmico de la escuela y posibles soluciones para su mejoramiento. Este enfoque permitirá a los investigadores evaluar el riesgo sísmico de la escuela de manera objetiva y obtener información cuantitativa sobre su probabilidad de daño durante un evento sísmico.

Diseño

Es experimental, debido a que es una investigación prospectiva, es decir que estudia las causas sociales, económicas y científicas de un problema o situación en específico y sobre todo en preverlas a futuro. En esta investigación se manipula una de las variables del tema a indagar, con el fin de tener conocimiento de la causa que origina el problema. (Rodríguez, 2005).

3.2. Variables y Operacionalización:

Variable 1:

Riesgo Sísmico: El riesgo es el volumen de daño de un hábitat en especial o de alguna de sus partes, en un tiempo específico, dada la presencia de un movimiento con condiciones peligrosas. Tiene dos elementos, la amenaza que es la fuerza que se puede desatar y la vulnerabilidad que es la propensión a padecer daños. (Vargas, 2002)

Variable 2:

Método Hazus: es una herramienta metodológica que se convirtió en una necesidad para los planificadores y expertos que se enfocan en los impactos de los desastres naturales. Fue desarrollado por una agencia federal Emergencias en los Estados Unidos de América. (Arce, 2011)

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis:

Población

Es un sector colectivo de individuos con ciertas propiedades o atributos, que son los individuos a analizar. Cuando ya sabemos la cantidad de individuos que la conforman, la llamamos población finita; sin embargo, si desconocemos dicha cantidad la llamamos población infinita. Es importante tener en cuenta esta distinción cuando se estudian partes en lugar de poblaciones enteras, ya que la fórmula para identificar el número de individuos a tratar en una muestra diferirá según las dos tipologías antes mencionadas. (Fuente: Isaz, Icart y Pulpón, 2006, p. 55)

La población en la presente investigación son las aulas de la institución educativa 14793 Luciano Castillo Colonna ubicado en el distrito de Bellavista-Sullana.

Muestra

Es el conjunto real de sujetos a indagar, que es un subgrupo de la población. Para universalizar los resultados conseguidos, la muestra debe ser característica de la población. Para ser característicos, los criterios de inclusión y exclusión tienen que presentarse muy definidos y, lo que es más imprescindible, deben usarse técnicas de muestreo adecuadas. Debido a que es prácticamente imposible estudiar a toda la población y lo que se está estudiando. (Fuente: Isaz, Icart y Pulpón, 2006, p. 55)

La muestra en la presente investigación es un aula del pabellón A de la institución educativa a investigar.

Muestreo

Existen dos modelos de muestreo y estos son el probabilístico y no probabilístico. El primero es aquel donde la totalidad de elementos de la población pueden ser elegidos para su evaluación, sin embargo, no hay forma de que el muestreo sea representativo; el segundo modelo de muestreo estará orientado a elección de la persona a investigar un fenómeno, dependiendo las características de la población. (Namakforoosh, 2005)

El muestreo en la presente investigación será no probabilístico debido a que el investigador seleccionará las muestras según su necesidad.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Dentro de las técnicas que emplearemos en nuestro trabajo de investigación además del análisis de material bibliográfico, destacan la búsqueda y recolección de información acerca del método de Hazus, analizaremos el contenido del manual técnico de Hazus, para identificar el nivel de riesgo sísmico que presenta la IE 14793 Luciano Castillo Colonna, Bellavista y posterior a ello representar mediante gráficos sus curvas de vulnerabilidad, capacidad y fragilidad.

Otras de las técnicas que usaremos es la observación de las características físicas de cada uno de los elementos estructurales que se deben tomar en cuenta de las cuales podamos obtener datos sobre la buena o mala situación en la que se encuentran, identificando si presentan algún tipo de falla o fisura.

Como instrumentos para la recolección de datos tendremos a los equipos de laboratorio que nos permitan llevar a cabo nuestros ensayos correspondientes para verificar la resistencia del concreto, al analizar nuestra muestra.

3.5. Procedimientos:

Primero. Visitamos la zona en estudio en el distrito de Bellavista, ubicamos el pabellón a analizar y los ambientes que lo conforman.

Segundo. Realizamos una calicata en el pabellón a analizar, obtenemos una muestra del suelo para posteriormente llevarla al laboratorio para el ensayo correspondiente.

Tercero. Identificamos el modelo del tipo de edificación, material predominante, su altura y observamos si los elementos estructurales presentan un tipo de falla.

Cuarto. Obtenemos muestras de los elementos estructurales de la institución, las mismas que serán llevadas al laboratorio para analizar si cumplen con la resistencia correcta.

Quinto. Procedemos a introducir los datos obtenidos en ambos estudios en el Software de Hazus para obtener nuestras curvas de capacidad, vulnerabilidad y fragilidad, junto a la pérdida económica.

Sexto. Se procederá a analizar los resultados obtenidos en nuestras curvas de capacidad y fragilidad para así representarlas en gráficos, y finalmente determinar el nivel de riesgo sísmico de la IE ya mencionada.

3.6. Método de análisis de datos:

Este método se obtiene en la etapa final a través de la interpretación, orientación, la especificación de cada dato que se han recopilado en las diferentes etapas de ejecución del proyecto, posteriormente son resumidos y organizados para poder interpretarlos con la finalidad de explicar claramente los resultados del tema en estudio.

El análisis del riesgo sísmico de la institución en mención se inició con los estudios de suelos, para obtener las características de nuestro suelo, como lo es el tipo de suelo, posteriormente a través de un corte directo obtuvimos su capacidad portante, y por último realizamos un ensayo de diamantina para identificar la resistencia de los elementos estructurales.

Por último, con nuestros datos numéricos obtenidos en cada uno de los ensayos, los introducimos en el programa Hazus con la finalidad de que este nos brinde un análisis más completo, claro y preciso para identificar el estado en que se encuentra dicha institución.

3.7. Aspectos éticos:

De acuerdo al presente código de ética, nuestra investigación asegura y garantiza la autonomía de los participantes de nuestro estudio, respetando la identidad de las personas y haciendo prevalecer el valor de la honestidad en la búsqueda de la información y recolección de datos, la veracidad en la ejecución de ensayos o pruebas que podamos realizar para tener como resultado una investigación clara y veraz que pueda servir como guía a futuros estudiantes. Dado ello en nuestra investigación se respeta y agradece a los diferentes autores que nos han servido como guía para obtener nuevos aprendizajes.

Es por ello que para poder desarrollar nuestra investigación es necesario tomar en cuenta las normas que regulan los valores y buenas acciones, promoviendo en todo momento los principios éticos y valores más importantes que aseguren el bienestar de todas las personas.

Esta investigación engloba un estricto proceso e interpretación de información, donde es fundamental recurrir a múltiples fuentes, comparar teorías e interpretar datos, para que dicha información pueda ser clara y durante la ejecución se pueda profundizar y actualizar con conocimientos científicos.

IV. RESULTADOS

Los resultados obtenidos se presentan de acuerdo a los objetivos de la investigación

Del objetivo específico 1: determinar la resistencia del concreto de las estructuras de la IE 14793 Luciano Castillo Colonna en el distrito de Bellavista, Sullana.

Para determinar la resistencia del concreto de las estructuras se realizó un **ensayo de resistencia diamantina**, donde en primer lugar se aplicó el respectivo factor de corrección: Si la relación altura diámetro es menor que 1.80 se corrige el resultado obtenido multiplicándose por el factor apropiado que se muestra en la tabla siguiente. En ese sentido el propósito del ensayo de resistencia diamantina es medir la resistencia del concreto. Sin embargo, los resultados pueden estar influenciados por factores como la relación altura diámetro de los testigos de concreto. Por lo tanto, para obtener resultados más precisos, se aplica un factor de corrección basado en la H/D.

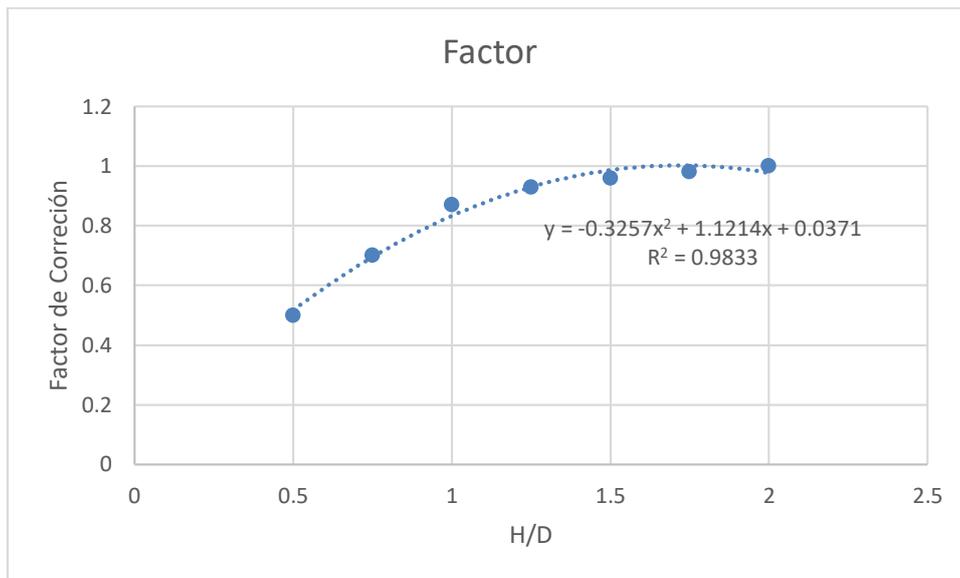
Tabla 4. Factor de corrección aplicado a los testigos de concreto.

H/D	Factor
2.00	1.00
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.87
0.75	0.70
0.50	0.50

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra que a medida que la H/D disminuye, el factor de corrección aumenta, lo que indica que los resultados del ensayo deben ser corregidos en mayor medida para las muestras con una H/D más baja. De tal manera que, si la relación H/D es de 0.50, se debe multiplicar el resultado del ensayo por 0.50 para obtener el resultado corregido.

Figura 6. Factor de corrección Vs H/D.



Nota: El coeficiente de determinación R^2 proporciona una medida de la bondad de ajuste de la ecuación a los datos utilizados para construirla. El valor R^2 varía de 0 a 1. Donde un valor de 1,0 del coeficiente de determinación indica que el modelo ajusta perfectamente los datos y, por lo tanto, proporciona una alta confianza en las predicciones futuras. Por otro lado, un valor de 0,0 indica que el modelo no puede ajustarse a los datos de manera alguna, lo que implica una imposibilidad de obtener una predicción precisa de los datos futuros, en ese sentido se interpreta como la proporción de la variación total en los valores de y que puede explicarse por la ecuación. En este caso, el valor R^2 es 0.9833, lo que indica que la ecuación explica aproximadamente el 98.33% de la variación total en los valores de y. Al estar muy cerca a uno indica que el ajuste cumple su propósito.

Tabla 5. Resistencia de las estructuras.

Registros	Ubicación	Lado	Diámetro	Área	Altura	Relación	Carga		Factor de corrección	Resistencia	Resistencia	Obs	Resistencia	Resistencia	Obs
	Columnas		Cm	Cm ²	Cm	H/D	KN	Kg		Kg/cm ²	Esp. 075 f'c		Promedio	Esp. 085 f'c	
D1	Columna-eje	Der.	7.3	41.85	6.5	0.89	50.85	51.85	0.78	96.3	131.3	X	96.3	178.5	X

Fuente: Elaboración propia.

Nota: en la tabla se puede ver que las resistencias promedio de la columna D1 es de 96.3 Kg/cm², mientras que la resistencia específica es de 178.5 Kg/cm². Esto

sugiere que los valores de resistencia observados para las columnas D1 son variables y no son consistentes. Aunque en Perú, el valor mínimo de f'_c para columnas de concreto armado es de 175 Kg/cm² (17.2 MPa), según la NTP 339.030:2005, la norma de construcción peruana (NTP 339.030:2005) establece que, para considerar una columna de concreto en buen estado, su resistencia a la compresión debe ser mayor o igual al valor f'_c especificado en el diseño de la estructura. En tal sentido, la estructura no cumple con las especificaciones del diseño que se encuentran en el expediente técnico, que establece una resistencia de 210 Kg/cm², lo que significa que no cumple con los requisitos para ser considerada sismo resistente.

Del objetivo específico 2: 3epresentar las curvas de fragilidad de la IE 14793 Luciano Castillo Colonna en el distrito de Bellavista, Sullana ante un fenómeno sísmico.

Cálculo de la curva de capacidad. En el caso de estudio los valores entregados por el programa fueron los siguientes:

Tabla 6. Datos del programa Hazus.

AY/SAY=	0.15			DY/SdY=	0.18	0.4572
AU/SaU=	0.338			DU/SdU=	2.428	6.16712

Fuente: Programa Hazus.

La tabla 7, proporciona en una evaluación estructural en cuatro medidas diferentes de capacidad: AY/SAY, DY/SdY, AU/SaU y DU/SdU.

AY/SAY se refiere a la capacidad del proceso para producir resultados dentro de los límites de especificación en una sola característica de calidad, en este caso, la dimensión Y. En el contexto de una evaluación estructural, esto podría interpretarse como la capacidad de la estructura para soportar cargas dentro de los límites de diseño. El valor de 0.15 indica que el proceso es capaz de producir un resultado dentro de los límites de especificación el 15% del tiempo para esta característica. En otras palabras, la estructura puede soportar cargas dentro de los límites de

diseño el 15% del tiempo. Un valor más alto de AY/SAY indicaría una mayor capacidad de la estructura para soportar cargas dentro de los límites de diseño.

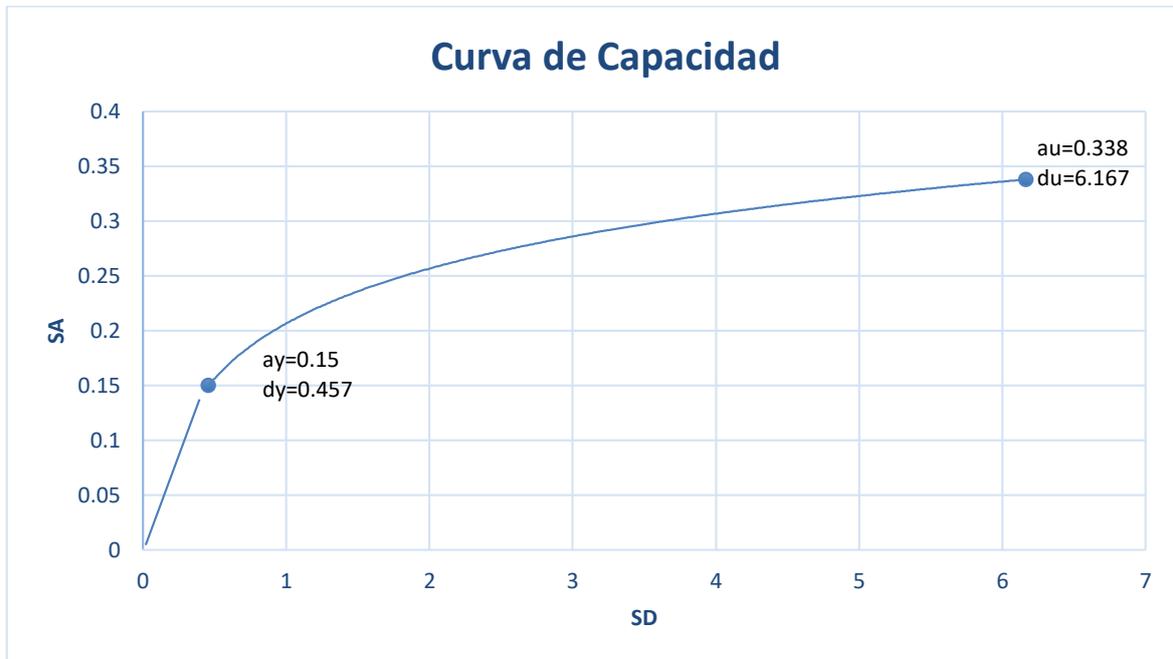
DY/SdY se refiere a la capacidad del proceso para producir resultados dentro de los límites de especificación en una sola característica de calidad, en este caso, la dimensión Y, teniendo en cuenta la variabilidad del proceso. En el contexto de una evaluación estructural, esto podría interpretarse como la capacidad de la estructura para soportar cargas dentro de los límites de diseño, teniendo en cuenta la variabilidad en las cargas a las que está expuesta. El valor de 0.18 indica que el proceso es capaz de producir un resultado dentro de los límites de especificación el 18% de las veces, después de tener en cuenta la variabilidad del proceso. En otras palabras, la estructura puede soportar cargas dentro de los límites de diseño el 18% del tiempo, teniendo en cuenta la variabilidad en las cargas a las que está expuesta. Un valor más alto de DY/SdY indicaría una mayor capacidad de la estructura para soportar cargas dentro de los límites de diseño, teniendo en cuenta la variabilidad en las cargas a las que está expuesta.

AU/SaU se refiere a la capacidad del proceso para producir resultados dentro de los límites de especificación en todas las características de calidad del proceso, en este caso, las dimensiones X, Y y Z. En el contexto de una evaluación estructural, esto podría interpretarse como la capacidad de la estructura para soportar cargas dentro de los límites de diseño en todas las direcciones. El valor de 0.338 indica que el proceso es capaz de producir resultados dentro de los límites de especificación el 33.8% del tiempo en todas las características de calidad. En otras palabras, la estructura puede soportar cargas dentro de los límites de diseño en todas las direcciones el 33.8% del tiempo. Un valor más alto de AU/SaU indicaría una mayor capacidad de la estructura para soportar cargas dentro de los límites de diseño en todas las direcciones.

DU/SdU se refiere a la capacidad del proceso para producir resultados dentro de los límites de especificación en todas las características de calidad del proceso, en este caso, las dimensiones X, Y y Z, teniendo en cuenta la variabilidad del proceso.

Los datos anteriores de la curva de capacidad nos permiten conocer la capacidad de la estructura de acuerdo a la metodología Hazus (ver figura 7)

Figura 2. Curva de capacidad. Fuente: Elaboración propia.



Nota: En cuanto al periodo efectivo de vibración del suelo de diseño (SdY), se observa que es de 0.457 segundos, lo que indica el tiempo que tarda la estructura en completar una oscilación completa en respuesta a un movimiento sísmico. Asimismo, se puede observar que el coeficiente de amplificación de respuesta de la estructura para la aceleración de diseño (AU) es de 0.338, lo que indica que la estructura es capaz de soportar una carga sísmica de hasta 0.338 veces la aceleración de diseño.

Además, el desplazamiento de diseño (DU) de la estructura es de 2.428, lo que significa que la estructura es capaz de soportar un desplazamiento de hasta 2.428 veces la aceleración de diseño. Finalmente, el periodo efectivo de vibración de la estructura (SdU) es de 6.167 segundos, lo que indica el tiempo que tarda la

estructura en completar una oscilación completa en respuesta a un movimiento sísmico.

Es importante destacar que los valores de la tabla deben ser utilizados con precaución, ya que están diseñados para proporcionar una estimación general de la vulnerabilidad sísmica de la edificación del estudio. Además, otros factores como la calidad de construcción, la edad del edificio y la presencia de mejoras o modificaciones pueden afectar significativamente su vulnerabilidad sísmica.

Prosiguiendo con el análisis se efectuó la **estimación de estado de daño** considerando los siguientes parámetros:

El grado de daño 0 indica que no hay daño en la estructura y se corresponde con un límite de desplazamiento espectral de 0.

El grado de daño 1, denominado operacional, se da cuando el desplazamiento espectral está por debajo de 0.7 veces el desplazamiento de diseño (D_y). En el estudio analizado, se encontró un valor de 0.32004 para este límite.

El grado de daño 2, denominado ocupación inmediata, se da cuando el desplazamiento espectral está entre 0.7 y 1.0 veces D_y . En el estudio analizado, se encontró un valor de 0.4572 para este límite.

El grado de daño 3, denominado seguridad de vida, se da cuando el desplazamiento espectral está entre $1.0 D_y$ y $D_y + D_{uy}$, donde D_{uy} es igual a 0.25 veces la diferencia entre D_u y D_y . En el estudio analizado, se encontró un valor de 1.88468 para este límite,

El grado de daño 4, denominado prevención del colapso, se da cuando el desplazamiento espectral está entre $D_y + D_{uy}$ y D_u . En el estudio analizado, se encontró un valor de 6.16712 para este límite.

El valor de D_{uy} del estudio tuvo un valor de 1.42748.

Tabla 7. Estimación del estado de daño.

Grado de daño	definición	Límite de desplazamiento espectral	Valores del estudio
0	Sin daño	0	
1	Operacional	$D < 0.7 D_y$	0.32004
2	Ocupación inmediata	$0.7 D_y < D < 1.0$	0.4572
3	seguridad de vida	$1.0 D_y < D < D_y + D_{uy}$	1.88468
4	prevención del colapso	$D_y + D_{uy} < D < D_u$	6.16712
		$D_{uy} = 0.25 (D_u - D_y)$	1.42748

Fuente: Elaboración propia.

Nota: El valor de D_{uy} en la tabla 2 hace referencia al límite superior del rango de desplazamiento espectral en el cual se estima que la estructura tiene una probabilidad del 10% de experimentar daños estructurales severos en un evento sísmico. En este caso, el valor de D_{uy} es de 1.42748 y se calculó como el 25% de la diferencia entre el desplazamiento de diseño ultimate (D_u) y el desplazamiento de diseño de cedencia (D_y), es decir:

$$D_{uy} = 0.25 (D_u - D_y) = 0.25 (6.16712 - 2.428) = 1.42748$$

Por lo tanto, si el desplazamiento espectral durante un sismo supera el valor de 6.16712, se estima que la estructura podría sufrir daños estructurales que pondrían en riesgo la vida de las personas que se encuentren dentro de ella, y se consideraría en el nivel de daño 4 “prevención de colapso” según la tabla presentada.

Estimación de la curva de fragilidad

Para la construcción de las curvas de fragilidad en función del PGA se tomaron los valores de la Tabla 8 facilitados por los resultados del análisis en Hazus para un tipo de edificio C3L.

Tabla 8. Resultados de datos de fragilidad.

	Building Type	Slight Median	Slight Beta	Modérate Median	Modérate Beta	Extensive Median	Extensive Beta	Complete Median	Complete Beta
1	C1H	2.160	0.660	4.320	0.640	12.960	0.670	34.560	0.780
2	C1L	0.900	0.810	1.800	0.840	5.400	0.860	14.400	0.800
3	C1M	1.500	0.680	3.000	0.670	9.000	0.680	24.000	810.000

4	C2H	1.730	0.680	4.320	0.650	12.960	0.660	34.560	0.760
5	C2L	0.720	0.820	1.800	0.840	5.400	0.930	14.400	0.920
6	C2M	1.200	0.740	3.000	0.770	9.000	0.680	24.000	0.770
7	C3H	1.300	0.710	2.590	0.740	6.480	0.900	15.120	0.960
8	C3L	0.680	0.920	1.350	0.990	3.3800	1.040	7.880	0.870
9	C3M	0.900	0.850	1.800	0.830	4.500	0.790	10.500	980.000
10	DFLT	0.100	0.700	0.400	0.700	0.700	0.700	1.200	0.700
11	MH	0.480	0.910	0.960	1.000	2.880	1.030	8.400	0.920
12	PCI	0.540	0.760	1.080	0.860	3.240	0.880	9.450	1.000
13	PC2H	1.730	0.640	3.460	0.660	10.370	0.680	30.240	0.800
14	PC2L	0.720	0.840	1.440	0.880	4.320	0.980	12.600	0.940
15	PC2M	1.200	0.770	2.400	0.800	7.200	0.700	21.000	0.830
16	RM1L	0.720	0.840	1.440	0.860	4.320	0.920	12.600	1.010
17	RM1M	1.200	0.710	2.400	0.800	7.200	0.770	21.000	0.750
18	RM2H	1.730	0.670	3.460	0.650	10.370	0.660	30.240	0.720
19	RM2L	0.720	0.800	1.440	0.820	4.320	0.910	12.600	0.980

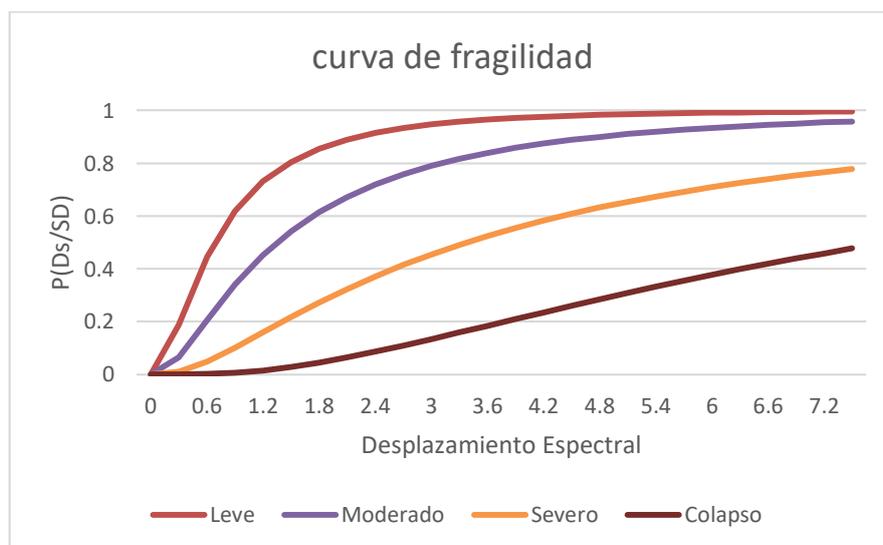
Fuente: Programa Hazus.

Con los datos obtenidos de hazus, procedemos a resolver la ecuación establecida en el manual:

$$P \left[\frac{ds}{S_d} \right] = \Phi \left[\frac{1}{\beta_{ds}} \ln \left(\frac{S_d}{S_{d,ds}} \right) \right]$$

Donde, $S_{d,ds}$ y β_{ds} son los datos obtenidos en la tabla 8 para cada estado de daño. En anexo 9 se adjunta el procedimiento y resultados de la ecuación para las curvas en cada estado de daño. En la figura 8 se presenta la curva de fragilidad obtenida para estado leve, severo, moderado y colapso.

Figura 3. Curva de fragilidad. Fuente: Elaboración propia.



Nota: En la figura 8 se puede observar que, a medida que aumenta la desviación estándar, la probabilidad de fragilidad leve aumenta, la probabilidad de fragilidad moderada aumenta, pero en menor medida, y las probabilidades de fragilidad severa y colapso se mantienen bajas en general. **De manera que la estructura podría sufrir daños estructurales que pondrían en riesgo la vida de las personas que se encuentren dentro de ella.**

Esto se puede confirmar observando el espectro de sismo-demanda.

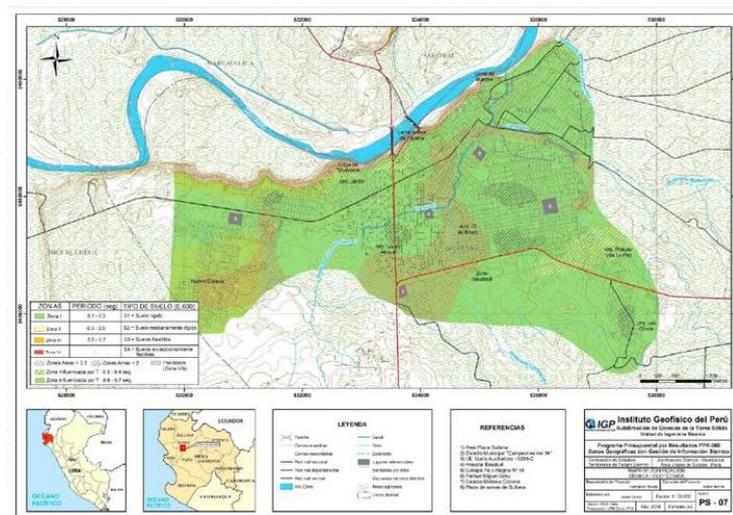
Para hallar el espectro de demanda nos guiaremos por la norma E030, en la cual obtendremos factores mediante nuestro caso de estudio, y estos son:

Factor de Zona: Bellavista está ubicada en Piura por lo que pertenece a la zona 4.

Factor de Uso: Según la norma los colegios e instituciones pertenecen a la categoría A (Edificaciones esenciales), específicamente en nuestro caso es A2.

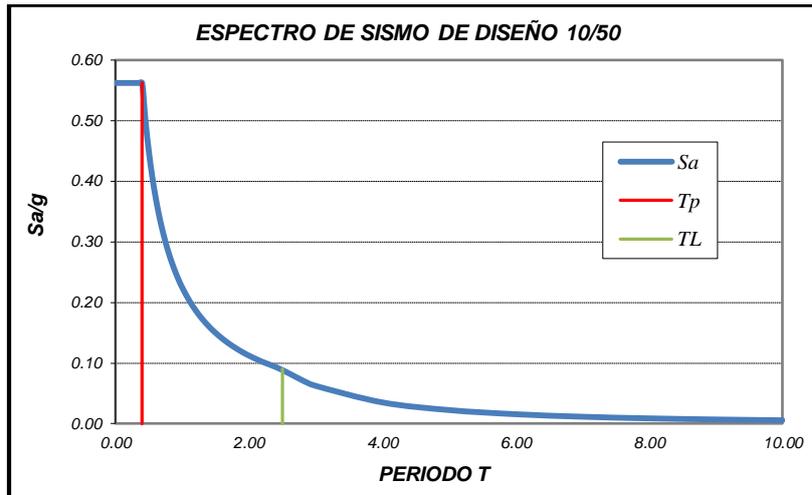
Factor de Suelo: según IGP nuestro perfil de suelo es S1.

Figura 9. Perfil de suelo. Fuente: Instituto Geofísico del Perú.



Coefficiente de Reducción: Para nuestro tipo de edificación que es albañilería confinada es 3, observar anexo 9 para conocer los resultados obtenidos en cada punto en nuestro espectro de demanda o de sismo de diseño. En la figura 10 se presenta el espectro demanda de la I.E.

Figura 10. Espectro demanda. Fuente: Elaboración propia.



Nota: En la curva se puede observar las siguientes tendencias y patrones:

En los períodos más cortos ($T = 0$ s hasta $T = 0.4$ s), la aceleración espectral Sa/g se mantiene constante en 0.563. Esto sugiere que, para estructuras con períodos de vibración muy cortos, la aceleración máxima esperada es constante e independiente del período de vibración. Estas estructuras podrían incluir edificios bajos y rígidos, que tienden a experimentar mayores aceleraciones durante un terremoto.

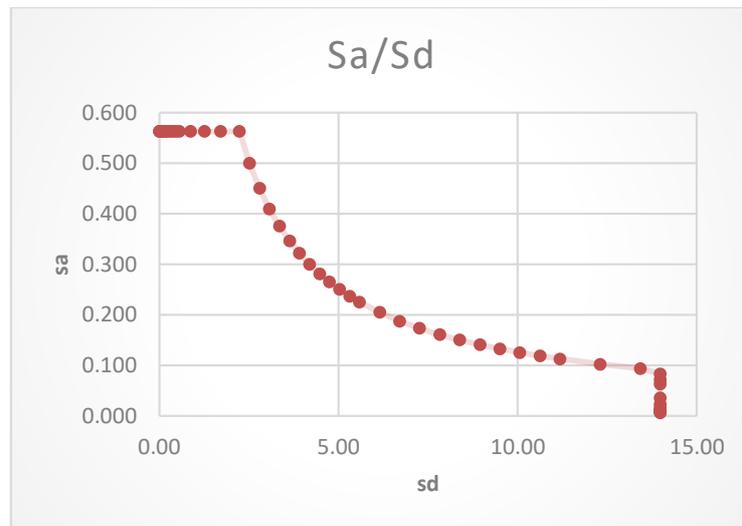
A medida que el período T aumenta (desde $T = 0.45$ s en adelante), la aceleración espectral Sa/g comienza a disminuir de forma no lineal. Este comportamiento indica que, para estructuras con períodos de vibración más largos, como edificios altos o flexibles, la aceleración máxima esperada disminuye a medida que aumenta el período de vibración. Esto se debe a que las estructuras con mayores períodos de vibración tienen una mayor capacidad para absorber y disipar la energía sísmica, lo que resulta en menores aceleraciones experimentadas.

En base a los datos proporcionados, se puede inferir que el espectro de sismo de diseño 10/50 muestra una relación no lineal entre el período T y Sd . Por lo que es necesario conocer los valores que tomara s_d , con este fin utilizamos la siguiente fórmula:

$$Sd = \frac{T^2}{4\pi^2} Sa \times g$$

Observar anexo 9 para conocer los resultados obtenidos en la ecuación. Con estos datos obtenemos el espectro demanda SD SA, ver figura 11:

Figura 11. Espectro de demanda SD SA. Fuente: Elaboración propia.



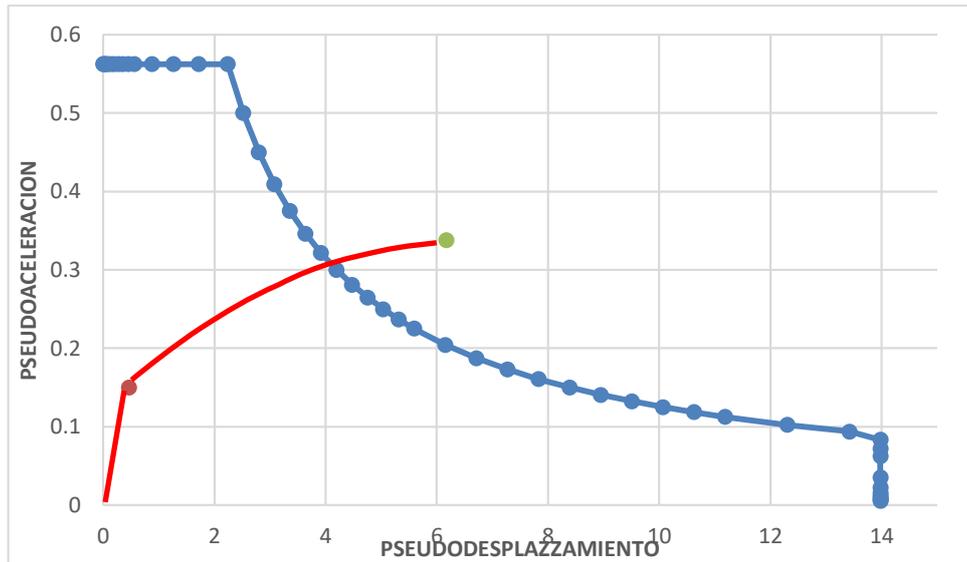
Nota: en las curvas podemos observar que cuando la relación SA/g es 0.563, la demanda SD aumenta de 0.00 a 2.24. A medida que la relación SA/g se mantiene constante, la demanda SD crece de manera casi lineal.

A partir de una relación SA/g de 0.500, la demanda SD disminuye gradualmente hasta llegar a 0.006 en SA/g = 13.98. En este rango, la demanda SD también muestra una tendencia decreciente a medida que disminuye la relación SA/g.

En base a los datos proporcionados, se puede inferir que existe una relación no lineal entre la demanda SD y la relación SA/g. Al principio, la demanda SD aumenta con una relación SA/g constante, luego disminuye a medida que disminuye la relación SA/g.

Una vez obtenido nuestro nuevo espectro de demanda, procedemos a unirlo con la curva de capacidad para obtener nuestro punto de desempeño, ver figura 12:

Figura 12. Punto de desempeño. Fuente: Elaboración propia.



La figura 12 se exhibe que la aceleración alcanza 0.301g cuando el punto de desempeño está en 4.1933. Dicha situación indica que la estructura examinada se encuentra en el rango de **"colapso" (zona roja) del nivel de daño**. No obstante, para confirmar esta afirmación, se requiere determinar el pseudo desplazamiento, el cual en este caso asciende a 4.1933 cm.

Es importante tener en cuenta que el punto de desempeño no es una medida absoluta de la seguridad sísmica de una estructura, ya que otros factores también pueden influir en su comportamiento ante un evento sísmico, como la ubicación geográfica, la antigüedad y la calidad de los materiales de construcción, entre otros. Por lo tanto, es necesario considerar estos factores para obtener una evaluación completa de la vulnerabilidad sísmica de una estructura.

Determinado el Pseudo-desplazamiento de 4.1933 cm recién se podrá evaluar las curvas de fragilidad y vulnerabilidad.

Figura 13. Punto de desempeño en Curva de Fragilidad. Fuente: Elaboración propia.

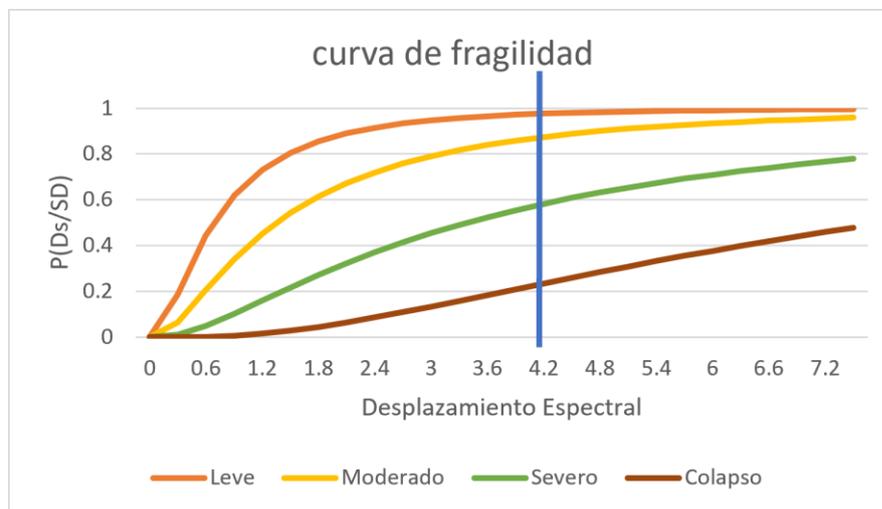


Tabla 9. Niveles de daño según porcentaje

1			%	
Colapso	0.23475747	0.76524253	23.48%	1 ←
Severo	0.58271914	0.34796167	34.80%	MAYOR %
moderado	0.87411943	0.29140029	29.14%	
Leve	0.9760961	0.10197666	10.20%	
sin daño	1	0.0239039	2.39%	

Fuente: Elaboración propia.

Observando la tabla 9. respecto a la relación entre las curvas de fragilidad y el desplazamiento obtenido (4.1933), se obtiene de acuerdo a la tabla de valores que el 2.39% de la estructura no presentara ningún daño, 10.20% daño leve, 29.14% daño moderado, 34.8% daño severo y 23.48% daño colapso.

Del objetivo específico 3: representar las curvas de vulnerabilidad de la IE 14793 Luciano Castillo Colonna en el distrito de Bellavista, Sullana.

Es posible calcular el porcentaje de vulnerabilidad utilizando la fórmula que considera Hazus mediante el MDF y la sumatoria de las probabilidades de estado

de daño obtenidas en los cálculos para la obtención de las curvas de fragilidad. El MDF nos permitirá cuantificar el grado de daño que puede ocurrir en la estructura debido a un evento sísmico; mientras que la curva de fragilidad, por su parte, nos permite cuantificar la probabilidad de que la estructura evaluada alcance un cierto nivel de daño para un determinado nivel de intensidad sísmica.

$$Vulnerabilidad (\%) = \sum_{ds=1}^n \{P[ds = DS] \times MDF_{ds}\}$$

Tabla 10. Factores de daño.

Damages states	Damage factor range (%)	Mean damage factor (%)
None	0	0.00
Slight	>0-4	2.00
Moderate	4-16	10.00
Extensive	16-84	50.00
Complete	100	100.00

Fuente: Manual Hazus, 2020.

Nota: la Tabla 10 presenta los Factores de Daño, los cuales están clasificados en diferentes Estados de Daño. Cada Estado de Daño se define por un rango específico de factores de daño, que a su vez se utilizan para calcular el Factor de Daño Principal. El Estado de Daño "None" corresponde a un factor de daño de 0, lo que implica que no hay daño alguno. El Estado de Daño "Slight" se caracteriza por un rango de factores de daño mayor a 0 pero menor o igual a 4, con un Factor de Daño Principal promedio del 2%. El Estado de Daño "Moderate" abarca un rango de factores de daño entre 4 y 16, con un Factor de Daño Principal promedio del 10%. El Estado de Daño "Extensive" se refiere a un rango de factores de daño entre 16 y 84, y un Factor de Daño Principal promedio del 50%. Por último, el Estado de Daño "Complete" se define por un factor de daño de 100, lo que implica daño total y un Factor de Daño Principal del 100%.

El Factor de Daño Principal se calcula en base al rango de factores de daño correspondiente a cada Estado de Daño. Por lo tanto, el Estado de Daño influye directamente en el cálculo del Factor de Daño Principal. La información proporcionada en la Tabla 6 resulta relevante para determinar la magnitud del daño en función del Estado de Daño y el Factor de Daño asociado.

Tabla 11. Relación entre los Niveles de daño según porcentaje y los factores de daño.

			%	Mean damage factor (%)
colapso	0.23475747	-0.23475747	23.48%	100.00%
severo	0.58271914	0.34796167	34.80%	50.00%
moderado	0.8741193	0.29140016	29.14%	10.00%
Leve	0.9760961	0.1019768	10.20%	2.00%
sin daño	1	0.0239039	2.39%	0.00%

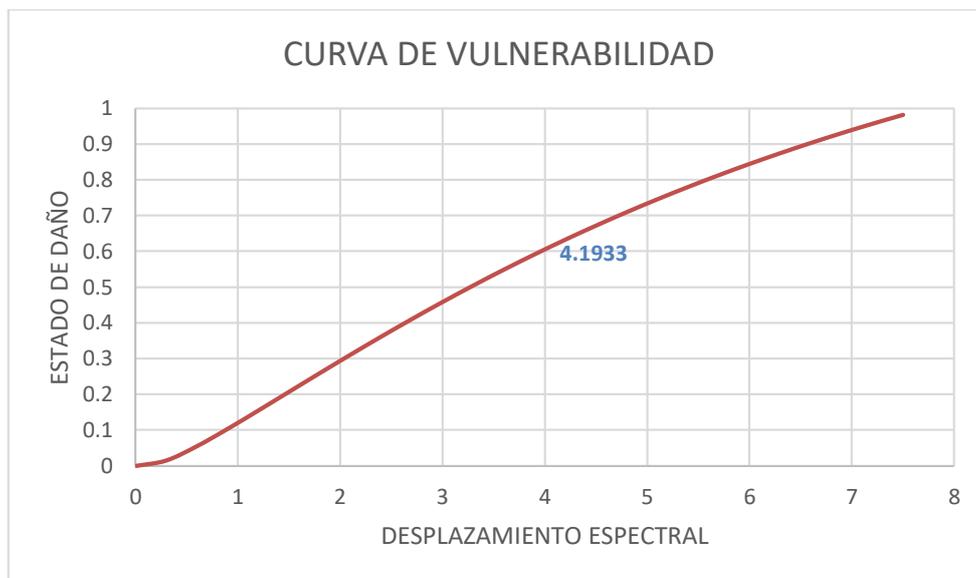
Fuente: Elaboración propia.

Nota: la Tabla 11 presenta la relación entre los Niveles de Daño y los Factores de Daño, expresados en porcentajes. Cada Nivel de Daño se define por un valor de porcentaje específico, el cual se utiliza para determinar el Factor de Daño correspondiente. Además, se incluye el Factor de Daño Promedio para cada Nivel de Daño. El nivel de Daño "Colapso" se refiere a un porcentaje de 0.23475747, lo que implica un Factor de Daño del 23.48% y un Factor de Daño Promedio del -0.23475747. El nivel de Daño "Severo" se caracteriza por un porcentaje de 0.58271914, un Factor de Daño del 34.80% y un Factor de Daño Promedio del 0.34796167. El nivel de Daño "Moderado" abarca un porcentaje de 0.8741193, un Factor de Daño del 29.14% y un Factor de Daño Promedio del 0.29140016. El nivel de Daño "Leve" se define por un porcentaje de 0.9760961, un Factor de Daño del 10.20% y un Factor de Daño Promedio del 0.1019768. Por último, el nivel de Daño "Sin Daño" corresponde a un porcentaje de 1, un Factor de Daño del 2.39% y un Factor de Daño Promedio del 0.0239039.

Los datos de la Tabla 11, resultan útiles para determinar el Índice de Vulnerabilidad en función del desplazamiento al punto de desempeño calculado. La relación entre

los Niveles de Daño y los Factores de Daño permite estimar el daño esperado en función del porcentaje de desplazamiento y, por ende, calcular el Índice de Vulnerabilidad correspondiente. De manera que, la información proporcionada por la Tabla 11 resulta relevante para evaluar la vulnerabilidad de una estructura ante un evento sísmico y, por consiguiente, tomar decisiones informadas en materia de mitigación de riesgos.

Figura 14. Estado de daño vs desplazamiento espectral. Fuente: Elaboración Propia.



Nota: la figura 14 muestra una representación visual de la relación entre el desplazamiento espectral y el estado de daño en una estructura, específicamente en el punto de desempeño 4.1933 sd. El cálculo del Índice de Vulnerabilidad, que se ha obtenido a partir de los cálculos correspondientes, indica que la estructura presenta **un alto nivel de riesgo** en caso de un evento sísmico importante. El Índice de Vulnerabilidad se sitúa en un 63.02% de daño general, lo que significa que se espera que la estructura sufra daños significativos en caso de un evento sísmico de cierta intensidad.

Respecto al objetivo general: determinar el nivel de riesgo sísmico de la IE 14793 Luciano Castillo Colonna mediante el método Hazus en el distrito de Bellavista, Sullana, mediante el método Hazus.

En este caso, se ha calculado el % de vulnerabilidad para el punto de desempeño 4.1933 sd, y se ha obtenido un valor de **63.02%**. El valor encontrado indica que la estructura presenta un **alto nivel de riesgo** ante un evento sísmico de cierta intensidad, lo que significa que es probable que sufra daños significativos y que gran parte de la estructura estaría en riesgo o comprometida.

En base a lo anterior es posible calcular la estimación de exposición conociendo que la Ejecución de la Obra "AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EN LA INSTITUCION EDUCATIVA N° 14793 LUCIANO CASTILLO COLONNA SULLANA - PIURA", ha demandado una inversión de S/. 1`753,891.44(Un Millon Setecientos Cincuenta y tres Mil Ochocientos Noventa y Uno con 44/100 Nuevos Soles).

Lo que nos lleva a evaluar el riesgo de la I.E en términos económicos:

Tabla 12. Estimación de exposición en base al estado de daño probable.

	Color de curva	Costo de estructura	Punto de desempeño	% de Daño	Estimación de Perdida (S/.)	Estado de Daño
I.E N° 14793 Luciano Castillo Colonna	ANARA NJADO	S/. 1.753,891. 44	4.1933	63.02 %	1105302.39	Prevención de Colapso

Fuente: Elaboración propia.

Nota: en la tabla 12, proporciona información relevante sobre la exposición y la vulnerabilidad sísmica de la estructura Luciano Castillo Colonna. La columna "Costo de estructura" indica que el valor total de la estructura es de S/. 1,753,891.44. Sin embargo, el punto de desempeño de la estructura es de 4.1933, lo que significa que el porcentaje de daño que la estructura podría sufrir en caso de un sismo es del 63.02%.

Este alto porcentaje de daño sugiere que es necesario tomar medidas para prevenir el colapso de la estructura, ya que, de no hacerlo, se estimó que el riesgo económico podría ascender a S/. 1,105,302.39. Además, no solo se vería afectada la parte económica, sino también la continuidad de las clases de manera regular y lo más preocupante la seguridad de los alumnos.

V. DISCUSIÓN

De acuerdo a la evaluación estructural de la IE 14793 Luciano Castillo Colonna, ubicada en el distrito de Bellavista, esta presenta un nivel de riesgo sísmico alto, lo que significa que es probable que sufra daños significativos y que gran parte de la estructura estaría en riesgo o comprometida. Los hallazgos de esta investigación se parecen a los informados por Chávez (2016), quien investigó la vulnerabilidad sísmica de edificios en Quito y descubrió que la ciudad es altamente vulnerable. Los resultados también coinciden con los informados por Gonzales y Pujades (2020), quienes encontraron que los edificios convencionales, de importancia especial y esenciales, tienen una vulnerabilidad del 60.5%, lo que representa un alto riesgo en caso de un terremoto. Además, los resultados son similares a los de Cárdenas y Farfán (2021), quienes analizaron el riesgo sísmico de las escuelas públicas en San Juan de Miraflores y descubrieron que la mayoría de los edificios escolares son altamente susceptibles a los terremotos y no cumplen con los requisitos de uso post-terremoto establecidos por la normativa sismo resistente. No obstante, difieren de los de Palomino (2019), que en su investigación de riesgo sísmico de la infraestructura educativa pública César Vallejo - Chanta Alta, en Cajamarca reportó que el riesgo sísmico es medio.

Los hallazgos de la investigación ponen de manifiesto la falta de conciencia del riesgo sísmico al momento de iniciar la construcción de edificios públicos, a pesar de ser lugares que albergan la vida de muchas personas. Esta situación evidencia la falta de seguimiento de los parámetros técnicos adecuados para garantizar la seguridad estructural de las edificaciones. Además, las similitudes encontradas con otros estudios sugieren que la preocupación por el riesgo sísmico es una problemática compartida en distintos lugares y tipos de edificios debido a la alta vulnerabilidad sísmica presente en diversas zonas geográficas; no obstante, las diferencias con otras investigaciones sugiere que el riesgo sísmico puede variar significativamente según el edificio y el contexto en el que se encuentra, de modo que las condiciones específicas de cada lugar pueden afectar la vulnerabilidad sísmica. Por lo tanto, es importante llevar a cabo evaluaciones específicas de la

vulnerabilidad sísmica para cada edificio y lugar, en lugar de generalizar los resultados de una investigación a otro lugar o contexto.

El examen de las pruebas de diamantina realizadas en las columnas D1 indica que las resistencias promedio obtenidas son de 96.3 Kg/cm², mientras que la resistencia específica es de 178.5 Kg/cm². Estos resultados sugieren que las columnas D1 presentan resistencia sísmica deficiente. Estos resultados se asemejan a los encontrados por Cárdenas y Farfán (2021), que en su análisis de riesgo sísmico de colegios públicos de San Juan de Miraflores encontró que presentaban falta de resistencia del módulo 780 Pre contra terremotos severos, sin embargo, difiere de la investigación de Palomino (2019), en análisis de riesgo sísmico de la infraestructura educativa pública César Vallejo en Cajamarca, reporto que la a edificación tiene un proceder de sus estructuras considerado aceptable.

En la investigación se puede observar que la construcción de la edificación presenta carencias técnicas que han generado una resistencia sísmica deficiente, lo que podría poner en riesgo la seguridad de las personas en caso de un terremoto. Aunque el expediente técnico establece las particularidades necesarias para una edificación sismorresistente, estas no se han cumplido de manera adecuada. Estas carencias podrían ser atribuidas a diversas causas, como la falta de personal capacitado en la obra, la corrupción y la falta de fiscalización adecuada.

La similitud de los resultados obtenidos sugiere que la falta de resistencia sísmica es una preocupación común en diferentes tipos de edificios y ubicaciones geográficas, y que es necesario tomar medidas para mejorar la calidad de las construcciones y reducir los riesgos asociados a los terremotos. Por otro lado, la diferencia en los resultados obtenidos por Palomino (2019) puede deberse a las particularidades de la infraestructura educativa evaluada, así como a las diferentes metodologías utilizadas en las investigaciones. Es importante tener en cuenta que cada edificación es única y presenta diferentes condiciones de vulnerabilidad, lo que requiere la implementación de estrategias específicas de evaluación y mejora de su resistencia sísmica.

Según la curva de fragilidad para la tipología C3L, cuando el punto de desempeño se sitúa en 4.1933, la aceleración llega a 0.301g. Este resultado es preocupante, ya que indica que la estructura se encuentra en la zona de "colapso" del nivel de daño, que se encuentra en la zona roja. Estos resultados se asemejan a los de Chávez (2016), que en evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la ciudad de Quito reportó que la curva de fragilidad indica que las estructuras de segundo y tercer piso presentaban alto riesgo sísmico. Difieren de los de Gonzales y Pujades (2020), que, en su evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificios convencionales, de especial importancia y esenciales reportos que la curva de fragilidad observaba estado de daño medio para la tipología C3M.

Según los resultados de la investigación, la estructura analizada se encuentra en una zona de alto riesgo sísmico, lo que es una preocupación importante debido a que no solo está en juego la infraestructura, sino también la pérdida de vidas humanas que podría resultar de un evento sísmico durante las horas de clase. Las similitudes entre los resultados de la evaluación de la estructura C3L y los reportados por Chávez (2016) pueden ser atribuidas a una serie de factores, como la ubicación geográfica, las características de la estructura y la metodología de evaluación utilizada, así como a la metodología empleada por ambos evaluadores. Por otro lado, las diferencias entre los resultados de la evaluación de la estructura C3L y los reportados por Gonzales y Pujades (2020) pueden deberse a la diferencia en la tipología de la estructura evaluada, así como a las características y ubicación geográfica de la misma.

La evaluación de la estructura ha revelado que el porcentaje de daño obtenido en las curvas de vulnerabilidad es del 63.02% para la tipología C3L, lo que indica un nivel de daño alto, Datos diferentes fueron los reportados Gonzales y Pujades (2020), cuya curva de vulnerabilidad para la tipología C3M indicaba valores de 69%, 51% y 63%, para sus tres casos analizados indicando daño medio de acuerdo con el análisis basado en el espectro de capacidad ATC, mientras que con Hazus el índice de vulnerabilidad de 0.75 que indica riesgo alto. Datos menores fueron los reportados por Carbajal y Ramón (2021), cuyo que el porcentaje de daño obtenido

en las curvas de vulnerabilidad fue de 42.85%, lo que significó daño medio ante un eventual sismo.

Los resultados de la investigación indican un alto nivel de riesgo, ya que las estructuras de la tipología C3L son especialmente vulnerables a los efectos sísmicos, lo que las hace propensas a sufrir daños significativos en caso de un sismo. Por esta razón, es crucial que las edificaciones se ajusten a los parámetros técnicos en cada una de las etapas de la construcción y sean ejecutadas y supervisadas por profesionales capacitados. En cuanto a las similitudes, tanto la evaluación en cuestión como la de Gonzales y Pujades (2020) reportaron niveles de daño que se consideran significativos y de riesgo medio-alto ante un eventual sismo, lo que puede atribuirse a la vulnerabilidad inherente de las estructuras de la tipología C3L. Por otro lado, las diferencias entre los resultados pueden deberse a diversos factores, como la metodología empleada por cada autor o las características particulares de las estructuras evaluadas. En conclusión, es fundamental considerar estos factores al interpretar los resultados de cualquier evaluación de la vulnerabilidad sísmica y tomar medidas adecuadas para garantizar la seguridad de las estructuras y de las personas que las ocupan.

La evaluación del riesgo sísmico de la estructura indica que la pérdida económica ante un evento de esta naturaleza podría ascender a S/ 1,105,302.39. soles. Cifras mayores fueron reportadas por Carbajal y Ramón (2021), que en su estimación de riesgo sísmico de las edificaciones del distrito de Chancay reportó que las pérdidas que ascienden a los 954,3 millones de soles.

Los resultados del estudio de la estructura evaluada pueden ser explicados por varios factores, como su ubicación en una zona de actividad sísmica considerada alta (nivel 4), las características de la estructura, como su antigüedad, tipo de construcción y estado de mantenimiento. Estos factores pueden haber influido en la evaluación del riesgo sísmico de la estructura y en la estimación de las posibles pérdidas económicas.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a la evaluación estructural de la IE 14793 Luciano Castillo Colonna, ubicada en el distrito de Bellavista, esta presenta un nivel de riesgo sísmico alto. Esta situación es motivo de preocupación debido a que la ocurrencia de sismos puede ocasionar daños significativos en la estructura, lo que representa un riesgo para la seguridad y la vida de quienes hacen uso de la institución educativa.

El análisis de las pruebas con diamantina realizadas en la columna D1 ha arrojado que las resistencias promedio obtenidas son de 96.3 Kg/cm², mientras que la resistencia específica es de 178.5 Kg/cm². Estos valores sugieren que la columna D1 presenta una variabilidad significativa en términos de su resistencia, lo cual indica que no se están cumpliendo los estándares de calidad especificados en el diseño de la estructura, tal como se establece en el expediente técnico con una resistencia esperada de 210 Kg/cm². Es importante destacar que la variabilidad en la resistencia de la columna D1 puede tener implicancias importantes en términos de la seguridad y estabilidad de la estructura, especialmente en situaciones de carga o eventos sísmicos. Por lo tanto, es necesario tomar medidas inmediatas para evaluar la situación y determinar las acciones correctivas necesarias para garantizar la integridad y seguridad de la estructura en su totalidad. Esto podría implicar la realización de pruebas adicionales en otras columnas y elementos estructurales, así como la revisión del diseño y la especificación de materiales y técnicas constructivas utilizadas en la obra.

La curva de fragilidad para la tipología C3L, indica que la aceleración alcanza 0.301g cuando el punto de desempeño está en 4.1933. Este resultado es preocupante, ya que significa que la estructura se encuentra en el rango de "colapso" (zona roja) del nivel de daño. La situación descrita implica un riesgo elevado para todas las personas que utilizan la institución educativa, incluyendo a estudiantes, personal docente y administrativo, y visitantes. En tales condiciones, es imperativo tomar medidas inmediatas para evaluar la situación con mayor detalle

y determinar las acciones correctivas necesarias para garantizar la integridad y seguridad de la estructura en su totalidad.

La evaluación de la estructura ha revelado que el porcentaje de daño obtenido en las curvas de vulnerabilidad es del 63.02%, lo que indica un nivel de daño significativo. Este valor es especialmente preocupante debido a que se encuentra en un rango de desplazamiento alto respecto al nivel de riesgo, lo que sugiere que la estructura podría presentar un peligro para las personas que la utilizan. Es importante destacar que el nivel de daño de la estructura puede tener implicancias importantes en términos de seguridad y estabilidad, especialmente en situaciones de carga o eventos sísmicos.

La evaluación del riesgo sísmico de la estructura ha permitido determinar que la pérdida económica ante un evento de esta naturaleza podría ascender a S/ 1,105,302.39. No obstante, este costo económico no es el único que se debe considerar, ya que también se vería afectada la continuidad de las clases y, lo más preocupante, la seguridad de los alumnos y del personal docente y administrativo.

VII. RECOMENDACIONES

Ante la evaluación estructural de la IE 14793 Luciano Castillo Colonna, se recomienda realizar las mejoras y reparaciones necesarias en la estructura para reducir el nivel de riesgo sísmico y garantizar la seguridad de las personas que utilizan la institución educativa. Asimismo, es importante implementar protocolos de seguridad y un plan de contingencia para casos de emergencia, así como llevar a cabo simulacros periódicos para asegurar que los protocolos se cumplan adecuadamente.

Ante los resultados de las pruebas con diamantina en las columnas D1, se recomienda evaluar la situación con mayor detalle, llevar a cabo pruebas adicionales en otras columnas y elementos estructurales, revisar el diseño y la especificación de materiales y técnicas constructivas utilizadas en la obra, y determinar las acciones correctivas necesarias para garantizar la integridad y seguridad de la estructura en su totalidad. Esto permitirá evitar el riesgo de colapso y asegurar la estabilidad de la estructura ante situaciones de carga o eventos sísmicos.

Ante la situación expuesta en la curva de fragilidad, se sugiere que se adopten medidas inmediatas para evaluar con mayor detalle la estructura y determinar las acciones necesarias para garantizar su integridad y seguridad en su totalidad. Estas medidas podrían incluir la realización de mejoras estructurales, la implementación de protocolos de seguridad y un plan de contingencia para casos de emergencia, así como la ejecución de simulacros periódicos para verificar el cumplimiento efectivo de los protocolos establecidos.

Ante el resultado de la evaluación de la estructura, que revela un nivel de daño significativo del 63.02% según las curvas de vulnerabilidad, se recomienda tomar medidas inmediatas para evaluar la magnitud y alcance de los daños. Es fundamental contar con un equipo técnico especializado en estructuras para que realice una evaluación más detallada, con el objetivo de identificar las causas del daño y proponer soluciones específicas que garanticen la integridad y seguridad de la estructura en su totalidad.

Se recomienda la capacitación constante del personal docente, administrativo y estudiantes, sobre los protocolos de seguridad y los procedimientos a seguir en caso de emergencia. Esto permitirá garantizar que todos los miembros de la comunidad educativa estén preparados para actuar de manera adecuada en caso de que se produzca una emergencia en la estructura.

REFERENCIAS

- BBC Mundo. 7 gráficos para entender la devastación del terremoto de magnitud 7,1 que sacudió México [en línea]. BBC Mundo. 21 de septiembre de 2017. [Fecha de consulta: 27 de julio de 2022]. Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-41348483>
- BID y UNESCO: urge atender deficiencias en infraestructura escolar para promover la calidad de aprendizajes en América Latina y el Caribe [en línea]. BID. 13 de marzo de 2017. [Fecha de consulta: 27 de julio de 2022]. Disponible en: <https://www.iadb.org/es/noticias/comunicados-de-prensa/2017-03-13/educacion-con-infraestructura-basica%2C11737.html>
- BONETT, Ricardo. Vulnerabilidad y daños sísmicos. España [en línea] 3 de diciembre del 2016. [Fecha de consulta: 5 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6230/03CAPITULO2.pdf>
- Cámara Peruana de la Construcción. Reglamento Nacional de Edificaciones. En: E.030 Diseño Sismorresistente. Lima: CAPECO, 2019. pp 8.
- CARBAJAL, Luis y RAMON, Johann. Estimación del riesgo sísmico de las edificaciones del distrito de Chancay mediante método Hazus. Tesis (título de ingeniero civil). Universidad privada de ciencias aplicadas, 2021
Recuperado de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/654813>
- CARDENAS, Omar y FARFAN, Aarón. Análisis de riesgo sísmico de colegios públicos de San Juan de Miraflores mediante la metodología de Rapid Visual Screening y evaluación del desempeño sísmico con análisis no-lineales del pabellón 780 Pre. Tesis (título de ingeniero civil). Lima: Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas, 2021. Recuperado de: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/654634>

CEPAL ECLAC [en línea]. Santiago: Naciones Unidas, 2002. [Fecha de consulta: 04 de agosto de 2022]. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5749/S2002612_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CONSANELO, A Y PETRINI, V. Seismic vulnerability of buildings-work in progress (1990). [Fecha de consulta: 5 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/16269?mode=full>

DELANOY, Ramón. Aspecto de Sismología Dominicana [en línea]. República Dominicana, 2010. [Fecha de consulta: 20 de agosto de 2022]. Disponible en: https://www.google.com.pe/books/edition/Aspectos_de_Sismologia_Dominicana/pMOKstZ1tgAC?hl=es-419&gbpv=0&kptab=overview

DEL VALLE, Liliana y GONZÁLEZ, Gustavo. Riesgo Sísmico en San Miguel de Tucumán. Buenos Aires: Autores de Argentina, 2021. ISBN: 978-987-87-2147-7

El Buho. #Hace20Años Las fracturas de la improvisación: construcción deficiente de colegios en Arequipa [en línea]. El Búho. 1 de septiembre de 2020. [Fecha de consulta: 27 de julio de 2022]. Disponible en: <https://elbuho.pe/2020/09/hace20anos-las-fracturas-de-la-improvisacion-construccion-deficiente-de-colegios-en-arequipa/>

FERRADAS, Pedro y MONTORO, Bárbara. Reconstrucción y Gestión de Riesgo. Lima: Soluciones Prácticas-ITDG, 2005. pp 130. ISBN: 9972-47-119-5

FUENTEELSAZ, Isern, ICART, Teresa y PULPÓN, Anna. Elaboración Y Presentación De Un Proyecto De Investigación Y Una Tesina [en línea]. Publicacions I Edicions De La Universitat De Barcelona, 2006. [Fecha de consulta: 27 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=5CWKWi3woi8C&lpg=PA55&dq=PO>

BLACION%20Y%20MUESTRA&pg=PP5#v=onepage&q=POBLACION%20Y%20MUESTRA&f=false
ISBN: 84-8338-485-X

GUARNIZO, Gustavo. Piura: Paredes del colegio José Olaya, que alberga a más de 1400 escolares, se sostiene con palos ante riesgo de colapso [en línea]. RPP Noticias. 23 de noviembre de 2021. [Fecha de consulta: 27 de julio de 2022]. Disponible en: <https://rpp.pe/peru/actualidad/piura-paredes-del-colegio-jose-olaya-que-alberga-a-mas-de-1400-escolares-se-sostiene-con-palos-ante-riesgo-de-colapso-noticia-1370762>

GONZALEZ, Drigo y PUJADES Benoit Evaluación de la vulnerabilidad sísmica. Aplicación a edificios convencionales, de especial importancia y esenciales. Tesis Barcelona: UPC Barcelonateach, 2020. [Fecha de consulta: 19 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/342067/TFM%20ANA%20LAURA%20GARZON.pdf?sequence=2>

Hazus Earthquake Model Technical Manual [en línea]. FEMA, 2020. [Fecha de consulta: 15 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://www.fema.gov/es/flood-maps/tools-resources/flood-map-products/hazus/user-technical-manuals>

La Semana. Otra pesadilla para los niños: después de los paros y la pandemia, el 85% de los colegios tiene fallas de infraestructura [en línea]. Semana. 9 de abril de 2022. [Fecha de consulta: 27 de julio de 2022]. Disponible en: <https://www.semana.com/nacion/articulo/otra-pesadilla-para-los-ninos-despues-de-los-paros-y-la-pandemia-el-85-de-los-colegios-tiene-fallas-de-infraestructura/202227/>

LOPEZ, Isaura. Física I. México, 2021. 191 pp.
978-607-8682-99-7

ISBN:

Los Olivos: aulas del colegio Gonzales Prada siguen inhabitables [en línea]. RPP Noticias. 6 de febrero de 2015. [Fecha de consulta: 27 de julio de 2022]. Disponible en: <https://rpp.pe/lima/actualidad/los-olivos-aulas-del-colegio-gonzales-prada-siguen-inhabitables-noticia-767064>

MAMANI, Noemy. Cusco: Escolares hicieron clases en chozas por daños en su colegio tras sismo de magnitud 6.9 [en línea]. RPP Noticias. 27 de mayo de 2022. [Fecha de consulta: 27 de julio de 2022]. Disponible en: <https://rpp.pe/peru/cusco/cusco-escolares-hicieron-clases-en-chozas-por-danos-en-su-colegio-tras-sismo-de-magnitud-69-noticia-1407992?ref=rpp>

MARTINEZ, Ángela. UF0569: Edificación y eficiencia energética en los edificios. Edición 5.1. Editorial Elearning, España, 2015. ISBN: 978-84-16424-55-9

NAMAKFOROOSH, Mohammad. Metodología de la Investigación. Edición 2. México: Limusa, 2005. ISBN: 968-18-5517-8

National Research Council (U.S.). Committee on Earthquake Engineering. The Economic Consequences of a Catastrophic Earthquake. Editorial National Academy Press, USA, 1992. ISBN: 9780309046398

PALOMINO, Karen. "Riesgo sísmico de la infraestructura educativa pública César Vallejo - Chanta Alta, distrito La Encañada, provincia de Cajamarca-2018. Tesis (Maestría en ingeniería civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. 2019. Recuperado de: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/4252/Tesis%20Estefany%20Palomino.pdf?sequence=4>

PAZ, Mario. Dinámica Estructural Teoría y Cálculo. Editorial Reverte, Barcelona, 1992. ISBN: 978-84-291-4854-1

RPP: El 50% de las escuelas en Perú deben ser demolidas por su antigüedad y deterioro [en línea]. RPP Noticias. 27 de febrero de 2018. [Fecha de consulta: 27 de julio de 2022]. Disponible en: <https://rpp.pe/lima/actualidad/el-50-de-las-escuelas-en-peru-deben-ser-demolidas-por-su-antigüedad-y-deterioro-noticia-1107419>

RODRIGUEZ, Ernesto. Metodología de la investigación. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 2005. ISBN 968-5748-66-7

SANCHEZ, Lenin. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones aporticados de concreto armado mediante curvas de fragilidad en la ciudad de Huaraz-2017. Tesis (título de ingeniería civil). Huaraz: Universidad Alas Peruanas. 2017. Recuperado de: https://repositorio.uap.edu.pe/jspui/bitstream/20.500.12990/2791/1/Tesis_Evaluaci%C3%B3n_Vulnerabilidad_S%C3%ADsmica.pdf

Sismo en el sur: Minedu señala que clases en colegios de Moquegua y Arequipa suspendidas se recuperarán al 100% presencialmente [en línea]. El Comercio. 13 de junio de 2022. [Fecha de consulta: 27 de julio de 2022]. Disponible en: <https://elcomercio.pe/peru/minedu-clases-en-colegios-de-moquegua-y-arequipa-suspendidas-por-sismo-se-recuperaran-al-100-presencialmente-temblor-video-rmmn-noticia/>

TORRES, Augusto. Estudio de estabilidad de taludes para una cantera de caliza por métodos geomecánicas. Perú, 2018. 66 pp. ISBN: 978-85-540415-0-2

YEPEZ, Fabricio. Seismic vulnerability of existing buildings. [Fecha de consulta: 5 de agosto de 2022]. Disponible en:

<https://www.researchgate.net/project/Seismic-vulnerability-of-existing-buildings>

ANEXOS

ANEXO 3: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN	METDOLOGÍA
Riesgo Sísmico	El riesgo es el volumen de daño de un hábitat en especial o de alguna de sus partes, en un tiempo específico, dada la presencia de un movimiento con condiciones peligrosas. Tiene dos elementos, la amenaza que es la fuerza que se puede desatar y la vulnerabilidad que es la propensión a padecer daños. (Vargas, 2002)	Se medirá mediante la evaluación de la institución a través de estudios y toma de características de las estructuras.	Riesgo	Peligro	Algoritmo de hazus para estimar los riesgos y consecuencias de desastres naturales en estructuras y comunidades.	Índice de Riesgo Estimado	Tipo. Aplicada Nivel: Explicativa-descriptiva. Enfoque: cuantitativo: Diseño: experimental, transversal. Población: La institución educativa. Muestra Un aula de la institución educativa Técnica: La observación Instrumento Las fichas Procesamiento de datos Los datos se procesaron en el programa HAZUS.
				Valor	---	Bajo Medio Alto soles	
			Estimación de pérdida económica	Monto económico en soles	Calculo presupuestario		
Método Hazus	El método HAZUS es una herramienta metodológica que se convirtió en una necesidad para los planificadores y expertos que se enfocan en los impactos de los desastres naturales. Fue desarrollado por una agencia federal	Se medirá a través del tipo suelo, especificaciones técnicas de la edificación, costo presupuestal y un posible escenario sísmico.	Estudio de suelo	Tipo de suelo (S1, S2, S3 Y S4)	Análisis de suelo		
			Curva de capacidad	Corte basal: Relación de deriva Resistencia última : Ductilidad	Pushover analysis.	Relación entre el desplazamiento espectral y la	

Emergencias en los Estados Unidos de América. (Arce, 2011)					aceleración espectral	
	Curva de fragilidad	<p>Spectral Acceleration (Sa). Probability of Exceedanceaction Median Capacity (Sa50. Logarithmic Standard Deviation (Beta)</p> <p>Threshold Acceleration. Ultimate Capacity Point.</p>	<p>Análisis de peligro sísmico probabilístico (PSHA). Curvas de capacidad. La desviación estándar logarítmica (Beta) se estima utilizando simulaciones de Monte Carlo. La aceleración umbral. El punto de capacidad última.</p>	<p>spectral acceleration (Sa) or peak ground acceleration (PGA) and it is units of gravity (g)</p>		
	Curva de Vulnerabilidad	Vulnerabilidad	Análisis de Vulnerabilidad Hazus	Índice de vulnerabilidad		

ANEXO 4: Instrumento de recolección de datos

Según corresponda, también se incluirá: Cálculo del tamaño de la muestra, validez y confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos, autorización de aplicación del instrumento firmado por la respectiva autoridad, consentimiento informado, cuadros, figuras, fotos, planos, documentos o cualquier otro que ayude a esclarecer más la investigación, etc.

ANEXO 5: Ensayos de granulometría para determinar las características del suelo.



LEM-LA ROCA E.I.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - CONTROL DE CALIDAD
MANTENIMIENTO DE OBRAS CIVILES

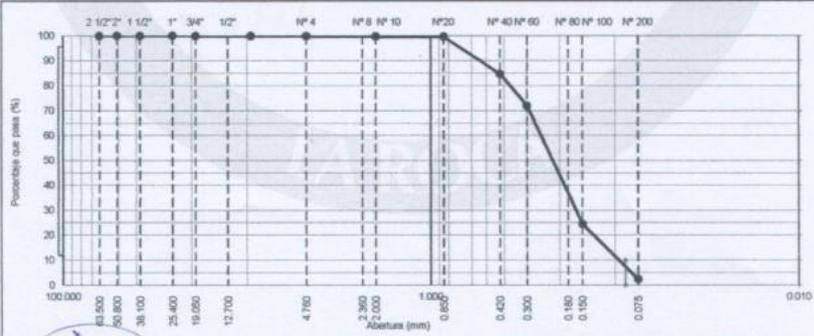
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NORMA (ASTM D 422)

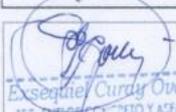
ANÁLISIS DEL RIESGO SÍSMICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA I.E. 14793 LUCIANO CASTILLO COLONIA MEDIANTE EL METODO DE HAZUS EN EL DISTRITO DE BELLAVISTA - SULLANA 2022

UBICACIÓN: BELLAVISTA		Reporte N°:	
SOLICITA: Fatima Del Rosario Velasquez Coba y Rosa Angelica Purizaca Navarro		Fecha: 7/1/2022	
MATERIAL: Arena pobremente gradada	N° DE MUESTRA: 1	TECNICO: Ezequiel Curay Ovalle	
CALICATA: 1		ING. RESP.:	
MUESTRA: 1		HECHO POR: E.C.O.	
PROFUND: 0.90 - 3.00		FECHA: 7/1/2022	
CANTERA: TERRENO NATURAL		HORA: 06:00:00 a.m.	
UBICACIÓN: BELLAVISTA			

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PASC.	%RET. AC.	% Q PASA	HUBO #	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
3"	76.200						PESO TOTAL = 190 gr	
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 97.6 gr	
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0	100	PESO FINO = 100.0 gr	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0		LÍMITE LÍQUIDO = 0.00 %	
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0	75.0	LÍMITE PLÁSTICO = 0.00 %	
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0		ÍNDICE PLÁSTICO = 0.00 %	
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0		CLASIF. AASHTO = A-3 (0)	
3/8"	9.525	0.1	0.1	0.1	99.9	40.0	CLASIF. SUCCS = SP	
1/4"	6.350		0.0	0.1	99.9		Ensayo Malla #100	
# 4	4.750	0.1	0.1	0.2	99.8	30.0	P.S. Seco = 100	
# 6	2.360					60	P.S. Lavado = 97.6	
# 10	2.000	0.1	0.1	0.3	99.7	20.0	% Grava = 0.2 %	
# 20	0.850	0.1	0.1	0.4	99.6	45	% Arena = 97.4 %	
# 40	0.420	15.0	15.0	15.4	84.6	15.0	% Fino = 2.4 %	
# 80	0.300	12.7	12.7	28.0	72.0		% HUMEDAD = P.S.H. P.S.S. % Humedad	
# 100	0.150	47.6	47.5	75.5	24.5		101.2 100.0 1.2%	
# 200	0.075	22.1	22.1	97.6	2.4	5.0		
# 300	FONDO	2.4	2.4	100.0	0.0			
FRACCIÓN TOTAL		100.0					Coeff. Uniformidad = 0 Índice de Consistencia	
		100.0					Coeff. Curvatura = -	
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada							Por. de Expansión = 0

CURVA GRANULOMÉTRICA



 Ezequiel Curay Ovalle Ing. Civil TECN. DE LABORATORIO	ING. CIVIL	TEC. SUPERVISIÓN ING. SUPERVISIÓN
--	------------	--------------------------------------

CAL ZARUMILLA N° 102 BAR. LETICIA PIURA - SULLANA - SULLANA
 CEL. 916 315 561 - 973 383 711 - 073 539706 - E-mail: lem-laroca@hotmail.com



LEM-LA ROCA E.I.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - CONTROL DE CALIDAD
MANTENIMIENTO DE OBRAS CIVILES

CAPACIDAD PORTANTE y PRESION DE TRABAJO

PROYECTO	"ANALISIS DEL RIESGO SISMICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA I.E. 14793 LUCIANO CASTILLO COLONNA MEDIANTE EL METODO DE HAZUS EN EL DISTRITO DE BELLAVISTA - SULLANA".		
UBICACIÓN	Provincia Sullana	Distrito Bellavista	
MUESTRA	CALICATAS - 01	M # 1	PROF. 0.90 - 3.00 m.
FECHA	12/11/2022		

TIPO DE ESTRUCTURA	Df m	B m	g gr/cm ³	c Kg/cm ²	f	Nc	Nq	N'g	Qc Kg/cm ²	Pt Kg/cm ²
ZAPATAS AISLADAS	1.50	1.40	1.522	0.09	21	12.8	4.3	1.1	2.23	0.74
	1.60	1.55	1.522	0.09	21	12.8	4.3	1.1	2.31	0.77
	1.90	1.50	1.522	0.09	21	12.8	4.3	1.1	2.50	0.83
	1.70	1.60	1.522	0.09	21	12.8	4.3	1.1	2.38	0.79
	1.70	1.65	1.522	0.09	21	12.8	4.3	1.1	2.38	0.79
	1.80	1.80	1.522	0.09	21	12.8	4.3	1.1	2.46	0.82
	1.85	2.30	1.522	0.09	21	12.8	4.3	1.1	2.52	0.84
	1.80	1.00	1.522	0.09	21	12.8	4.3	1.1	2.40	0.80
	2.70	1.80	1.522	0.09	21	12.8	4.3	1.1	3.04	1.01
	CIMENTOS CORRIDOS	0.80	0.40	1.522	0.09	21	12.8	4.3	1.1	1.72	0.57
1.50		1.20	1.522	0.09	21	12.8	4.3	1.1	2.24	0.75
1.50		1.40	1.522	0.09	21	12.8	4.3	1.1	2.26	0.75
1.60		1.60	1.522	0.09	21	12.8	4.3	1.1	2.34	0.78
1.00		0.80	1.522	0.09	21	12.8	4.3	1.1	1.88	0.63
1.70		1.90	1.522	0.09	21	12.8	4.3	1.1	2.43	0.81
1.80		2.00	1.522	0.09	21	12.8	4.3	1.1	2.50	0.83
1.80		2.10	1.522	0.09	21	12.8	4.3	1.1	2.51	0.84
2.00		2.15	1.522	0.09	21	12.8	4.3	1.1	2.65	0.88
2.00		2.20	1.522	0.09	21	12.8	4.3	1.1	2.65	0.88
2.00		2.25	1.522	0.09	21	12.8	4.3	1.1	2.65	0.88
2.00		2.30	1.522	0.09	21	12.8	4.3	1.1	2.66	0.89
2.00		2.35	1.522	0.09	21	12.8	4.3	1.1	2.66	0.89
2.00		2.40	1.522	0.09	21	12.8	4.3	1.1	2.67	0.89
2.10		2.45	1.522	0.09	21	12.8	4.3	1.1	2.74	0.91
2.15		2.50	1.522	0.09	21	12.8	4.3	1.1	2.77	0.92
2.20		2.50	1.522	0.09	21	12.8	4.3	1.1	2.80	0.93
2.30	2.70	1.522	0.09	21	12.8	4.3	1.1	2.89	0.96	

DONDE:

g	: PESO VOLUMETRICO	Df	: PROFUNDIDAD DE CIMENTACION
f	: ANGULO DE ROZAMIENTO INTERNO	Pt	: PRESION DE TRABAJO : Qc/F
Qc	: CAPACIDAD PORTANTE	B	: ANCHO DE CIMENTO y/o ZAPATAS
N'g, N'q y N'c	: COEFICIENTES DE CAPACIDAD PORTANTE	F	: FACTOR DE SEGURIDAD : 3

Exequiel Curay Ovalle
INGENIERO EN CIVIL Y ASISTENTE

CAL. ZARUMILLA N° 102 BAR. LETICIA PIURA - SULLANA - SULLANA
CEL. 916 315 561 - 973 383 711 - 073 539706 - E-mail: lem-laroca@hotmail.com



LEM-LA ROCA E.I.R.L.

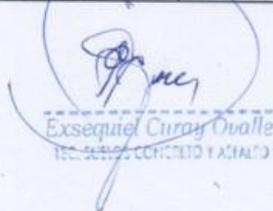
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - CONTROL DE CALIDAD
MANTENIMIENTO DE OBRAS CIVILES

Nombre del Proyecto ANALISIS DE RIESGO SISMICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA I.E. 14793
Número del Proyecto LUCIANO CASTILLO COLONNA
1
Ubicación de la Muestra BELLAVISTA
Solicitante Fatima del Rosario Velasquez Coba y Purizaca Navarro Rosa Angelica
Número de Trabajo 1
Número de Muestra 1
Descripción de la Muestra ARENA POBREMENTE GRADADA
Fecha de Muestreo 7/11/2022
Tiempo de Muestreo 3.00 H
Fecha de Recepción de la Muestra 6/11/2022
Hora de Recepción 11.00.00
Número de Pesado 0
Observaciones 0

Dimensiones del Material			
Nro Ensayo	Altura de la Muestra (cm)	Diámetro de la Muestra (cm)	Tipo de la Muestra
1	2.420	6.350	Cilindro
2	2.420	6.350	Cilindro
3	2.420	6.350	Cilindro

Parámetros Iniciales			
Nro Ensayo	Peso Suelo Humedo + Contenedor (g)	Peso Suelo Seco + Contenedor (g)	Peso Contenedor (g)
1	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000

Parámetros Finales			
Nro Ensayo	Peso Suelo Humedo + Contenedor (g)	Peso Suelo Seco + Contenedor (g)	Peso Contenedor (g)
1	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000


Exsequiel Curay Ovalle
TEC. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CAL. ZARUMILLA N° 102 BAR. LETICIA PIURA - SULLANA - SULLANA
CEL. 916 315 561 - 973 383 711 - 073 539706 - E-mail: lem-laroca@hotmail.com



LEM-LA ROCA E.I.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - CONTROL DE CALIDAD
MANTENIMIENTO DE OBRAS CIVILES

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Esfuerzo Normal (Kg/Cm ²)	ENSAYO 1		ENSAYO 2		ENSAYO 3	
	0.5		1		2	
Etapa	Resis.	Resid.	Resis.	Resid.	Resis.	Resid.
Esfuerzo Cortante (Kg/Cm ²)	0.284	0.264	0.484	0.459	0.870	0.783
Fuerza Cortante (Kg)	8.890	8.249	15.125	14.343	27.209	24.497
Angulo Fricción (*)					21.303	18.948
Cohesión					0.091	0.101

ENSAYO 1			ENSAYO 2			ENSAYO 3		
Def. Horiz. (%)	Esf. Cort. (Kg/Cm ²)	Def. Vert. (%)	Def. Horiz. (%)	Esf. Cort. (Kg/Cm ²)	Def. Vert. (%)	Def. Horiz. (%)	Esf. Cort. (Kg/Cm ²)	Def. Vert. (%)
0.000	0.013	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000	0.014	0.000
0.475	0.095	0.000	0.475	0.080	0.000	0.475	0.143	-1.700
0.951	0.159	-0.100	0.951	0.168	0.000	0.951	0.271	-1.700
1.426	0.190	-0.100	1.426	0.265	0.000	1.426	0.411	-1.700
1.902	0.216	-0.200	1.902	0.347	0.100	1.902	0.537	-1.800
2.377	0.235	-0.200	2.377	0.397	0.100	2.377	0.624	-1.800
2.853	0.247	-0.200	2.853	0.432	0.100	2.853	0.692	-1.800
3.328	0.246	-0.200	3.328	0.458	0.200	3.328	0.725	-1.800
3.803	0.250	-0.300	3.803	0.469	0.200	3.803	0.762	-1.800
4.279	0.249	-0.300	4.279	0.473	0.200	4.279	0.793	-1.800
4.754	0.252	-0.400	4.754	0.463	0.300	4.754	0.824	-1.800
5.230	0.253	-0.500	5.230	0.458	0.200	5.230	0.844	-1.800
5.705	0.255	-0.600	5.705	0.459	0.200	5.705	0.854	-1.900
6.181	0.258	-0.700	6.181	0.466	0.100	6.181	0.856	-1.900
6.656	0.264	-0.700	6.656	0.469	0.100	6.656	0.867	-2.000
7.132	0.269	-0.800	7.132	0.470	0.000	7.132	0.870	-2.000
7.607	0.270	-0.900	7.607	0.470	-0.100	7.607	0.867	-2.100
8.082	0.273	-0.900	8.082	0.469	-0.100	8.082	0.865	-2.100
8.558	0.276	-1.000	8.558	0.465	-0.200	8.558	0.860	-2.200
9.033	0.277	-1.000	9.033	0.463	-0.300	9.033	0.854	-2.300
9.509	0.272	-1.100	9.509	0.462	-0.400	9.509	0.852	-2.400
9.984	0.276	-1.200	9.984	0.463	-0.500	9.984	0.843	-2.500
10.460	0.280	-1.200	10.460	0.460	-0.600	10.460	0.837	-2.600
10.935	0.279	-1.300	10.935	0.459	-0.700	10.935	0.831	-2.800
11.410	0.281	-1.400	11.410	0.463	-0.800	11.410	0.831	-2.900
11.886	0.277	-1.500	11.886	0.464	-0.900	11.886	0.825	-3.000
12.361	0.279	-1.600	12.361	0.466	-0.900	12.361	0.820	-3.100
12.837	0.282	-1.700	12.837	0.469	-1.000	12.837	0.813	-3.100
13.312	0.279	-1.800	13.312	0.469	-1.100	13.312	0.811	-3.200
13.788	0.283	-1.900	13.788	0.465	-1.200	13.788	0.807	-3.300
14.263	0.283	-1.900	14.263	0.468	-1.300	14.263	0.804	-3.400
14.739	0.283	-2.000	14.739	0.469	-1.400	14.739	0.795	-3.600
15.214	0.284	-2.000	15.214	0.470	-1.500	15.214	0.787	-3.700
15.689	0.283	-2.100	15.689	0.466	-1.600	15.689	0.783	-3.800
16.165	0.283	-2.200	16.165	0.470	-1.600	16.165	0.783	-4.000
16.640	0.284	-2.200	16.640	0.474	-1.700	16.640	0.785	-4.100
17.116	0.283	-2.300	17.116	0.476	-1.800	17.116	0.791	-4.200
17.591	0.284	-2.400	17.591	0.480	-1.900	17.591	0.796	-4.300
18.067	0.283	-2.500	18.067	0.484	-1.900	18.067	0.802	-4.400
18.542	0.284	-2.500	18.542	0.483	-2.000	18.542	0.809	-4.500

Exequio Curo
100.000.000.000

CAL ZARUMILLA N° 102 BAR. LETICIA PIURA - SULLANA - SULLANA
CEL. 916 315 561 - 973 383 711 - 073 539706 - E-mail: lem-laroca@hotmail.com

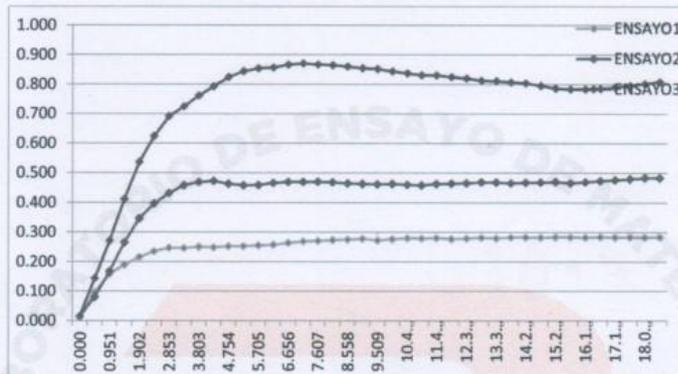


LEM-LA ROCA E.I.R.L.

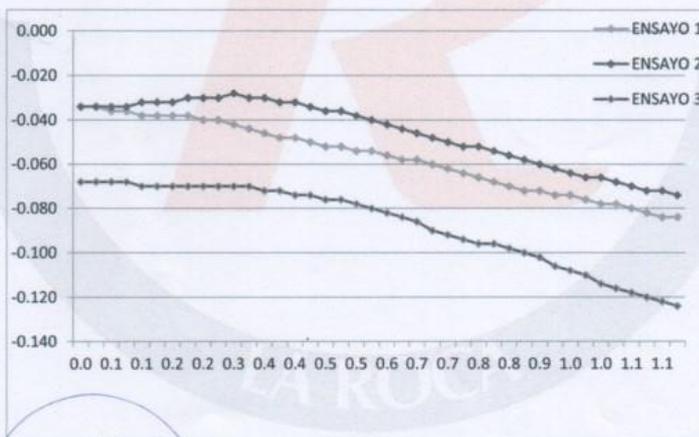
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - CONTROL DE CALIDAD
MANTENIMIENTO DE OBRAS CIVILES

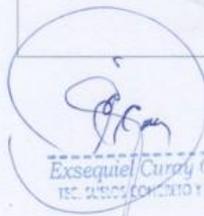
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ESFUERZO CORTANTE(Kg/Cm²) vs DEFORMACIÓN HORIZONTAL(%)



DEFORMACIÓN VERTICAL(Cm) vs DEFORMACION HORIZONTAL(%)




Exsequiel Curry Ovalle
ING. ESPECIALISTA EN CONCRETO Y ASFALTO

CAL. ZARUMILLA N° 102 BAR. LETICIA PIURA - SULLANA - SULLANA
CEL. 916 315 561 - 973 383 711 - 073 539706 - E-mail: lem-laroca@hotmail.com

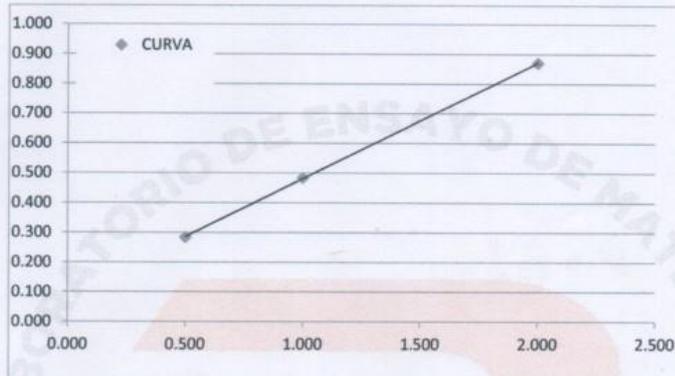


LEM-LA ROCA E.I.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - CONTROL DE CALIDAD
MANTENIMIENTO DE OBRAS CIVILES

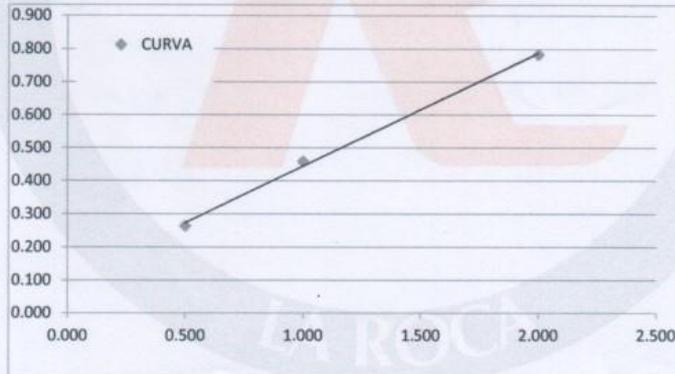
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ESFUERZO CORTANTE(Kg/Cm²) vs ESFUERZO NORMAL MÁXIMO(Kg/Cm²)

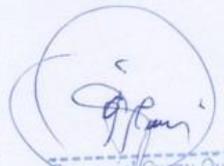


Angulo de Fricción (°)	21.303
Cohesión	0.091

ESFUERZO CORTANTE(Kg/Cm²) vs ESFUERZO NORMAL MÍNIMO(Kg/Cm²)



Angulo de Fricción (°)	18.948
Cohesión	0.101


Essequiel Curay Ovalle
ING. EN OBRAS CIVILES

CAL ZARUMILLA N° 102 BAR. LETICIA PIURA - SULLANA - SULLANA
CEL. 916 315 561 - 973 383 711 - 073 539706 - E-mail: lem-laroca@hotmail.com

ANEXO 6: Ensayos de diamantina para determinar la resistencia del concreto de la columna C1.



CONSULTGEOPAV SAC
RUC: 20802407021
Sistema Integral
de Geotecnia
Suelos y Pavimentos

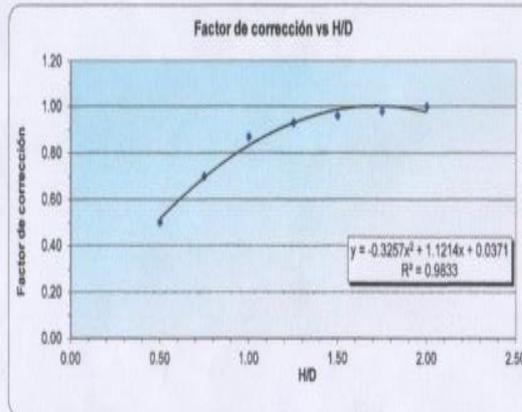
Tef: 072-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro
Direccion : Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura
Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com onultgeopav@gmail.com

ENSAYO DE RESISTENCIA COMPRESION DIAMANTINA	
PROYECTO	ANÁLISIS DEL RIESGO SÍSMICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA I.E 14793 LUCIANO CASTILLO COLONNA MEDIANTE EL MÉTODO HAZUS EN EL DISTRITO DE BELLAVISTA, SULLANA, 2022
SOLICITANTE	
UBICACIÓN	I.E 14793 LUCIANO CASTILLO COLONNA
FECHA	17/12/22

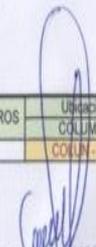
FACTOR DE CORRECCION APLICADO A LOS TESTIGOS DE CONCRETO

Si la relacion altura diametro es menor que 1.80, corrijae el resultado obtenido multiplicando por el factor apropiado que se muestra a continuacion

HD	Factor
2.00	1.00
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.87
0.75	0.70
0.50	0.50



REGISTROS	Ubicación	Lado	Diametro cm	Area cm2	Altura cm	Relacion HD	Carga		Factor de correccion	Resist. Kg/cm2	Resist. Esp. 0.75 fc	Obs.	Resist. Prom.	Resist. Esp. 0.85fc	Obs.
D-1	COLON-EJE	Der.	7.3	41.85	6.5	0.89	50.85	5185	0.78	96.3	131.3	X	96.3	178.5	X


MANUEL CASTRO GALLO
TECNICO DE SUELOS Y PAVIMENTO
SENCICO CODIGO
PJ-0530-08
CONSULTGEOPAV S.A.C




ROBERTO ELIAS CASTRO AGUIRRE
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 88077
CONSULTGEOPAV S.A.C



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 037 - 2022

Página : 1 de 2

Expediente : T 483-2022
 Fecha de emisión : 2022-08-17

1. Solicitante : CONSULTGEOPAV S.A.C.

Dirección : CAL AREQUIPA NRO. 308 CERCADO URBANO -
 BELLAVISTA - SULLANA - PIURA

2. Descripción del Equipo : MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL

Marca de Prensa : GEM
 Modelo de Prensa : STYE-2000
 Serie de Prensa : 190608
 Capacidad de Prensa : 2000 kN

Marca de indicador : MC
 Modelo de Indicador : LM-02
 Serie de Indicador : NO INDICA

Bomba Hidráulica : ELÉCTRICA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precision S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración
 CAL AREQUIPA NRO. 308 CERCADO URBANO - BELLAVISTA - SULLANA - PIURA
 15 - AGOSTO - 2022

4. Método de Calibración
 La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 106-2021	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

6. Condiciones Ambientales

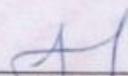
	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	34.0	33.8
Humedad %	39	39

7. Resultados de la Medición
 Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.




 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
 PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 037 - 2022

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kN	SERIES DE VERIFICACIÓN (kN)				PROMEDIO "B" kN	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
100	99,311	99,410	0,69	0,59	99,4	0,64	-0,10
200	200,026	200,459	-0,01	-0,23	200,2	-0,12	-0,22
300	300,367	301,054	-0,13	-0,36	300,7	-0,24	-0,22
400	401,072	401,464	-0,27	-0,37	401,3	-0,32	-0,10
500	501,443	502,100	-0,29	-0,42	501,8	-0,35	-0,13
600	602,422	603,634	-0,40	-0,64	603,1	-0,52	-0,24
700	703,536	702,783	-0,51	-0,40	703,2	-0,45	0,11

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

- 1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = Error(2) - Error(1)$$
- 2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %
- 3.- Coeficiente Correlación : $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste : $y = 0,9935x + 1,2169$

Donde: x : Lectura de la pantalla
y : Fuerza promedio (kN)

GRÁFICO N° 1

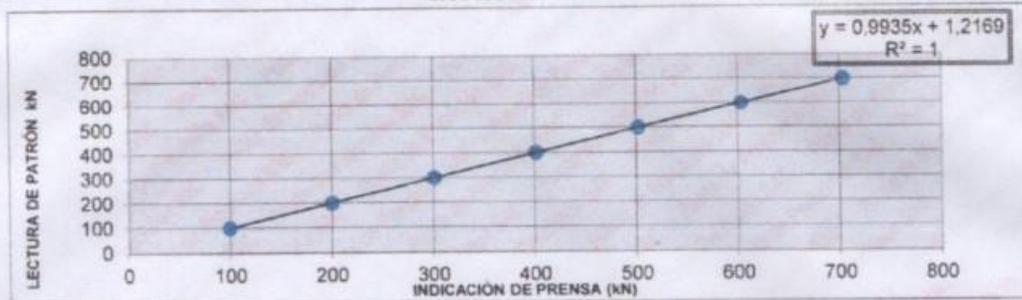
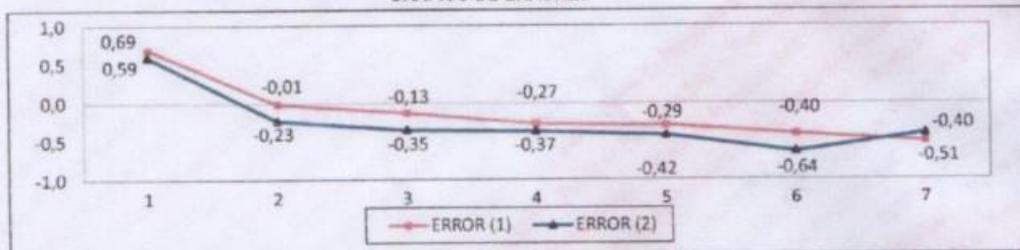


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO

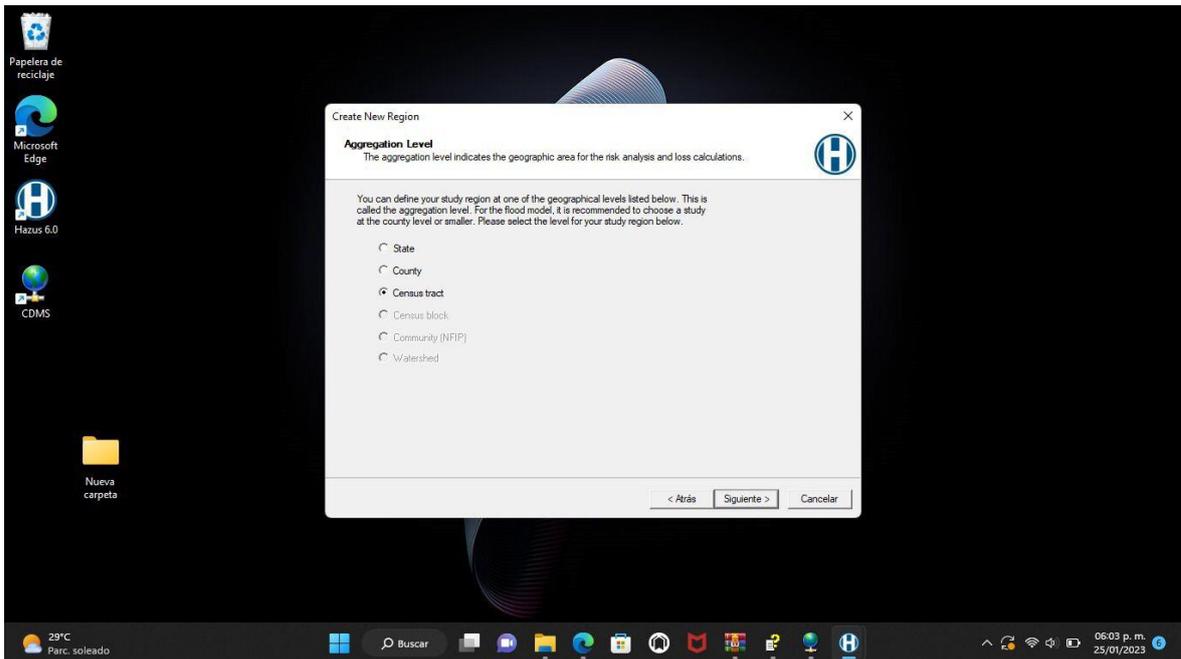


Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

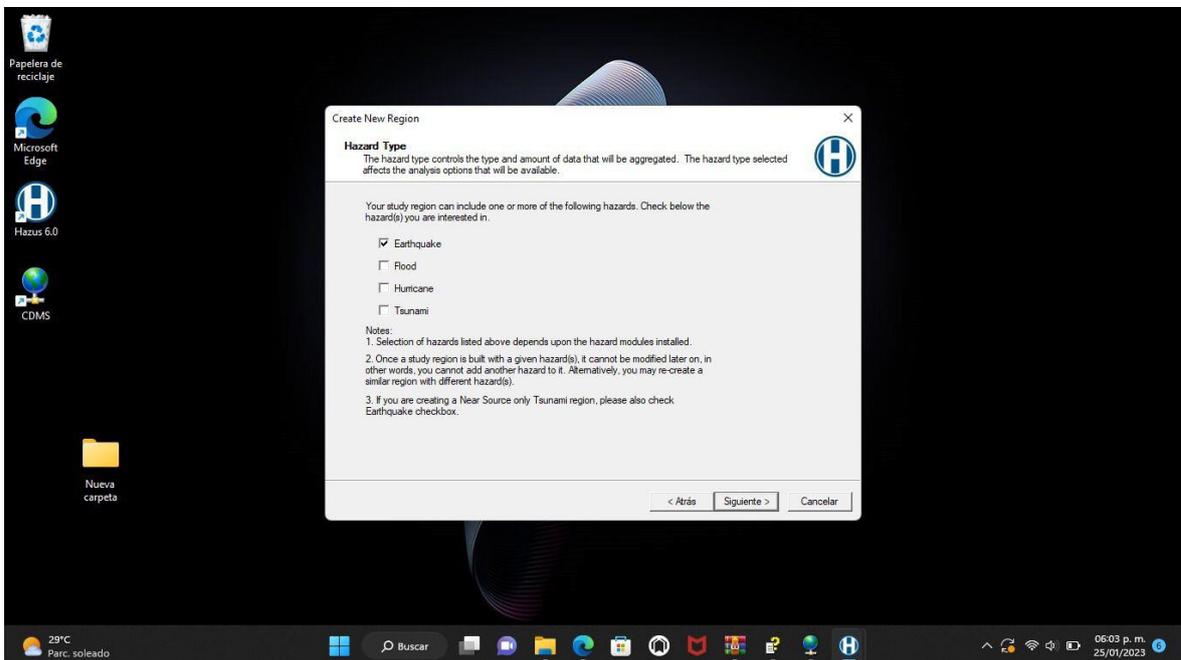
Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

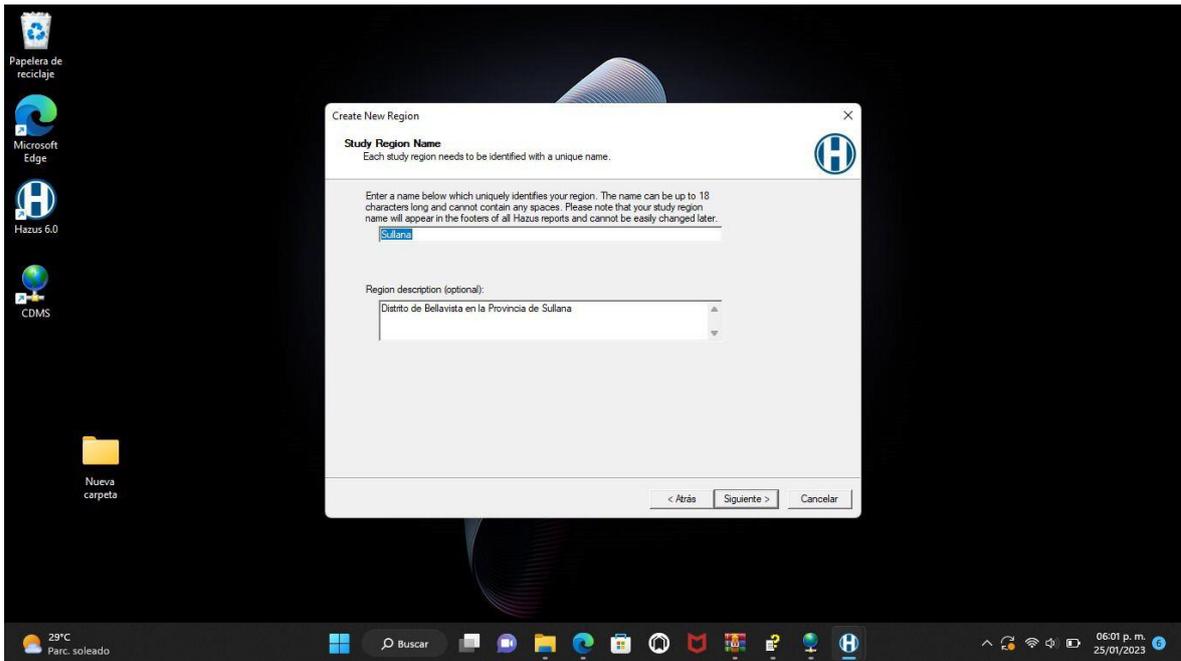
ANEXO 7: PROCEDIMIENTO DEL PROGRAMA HAZUS.



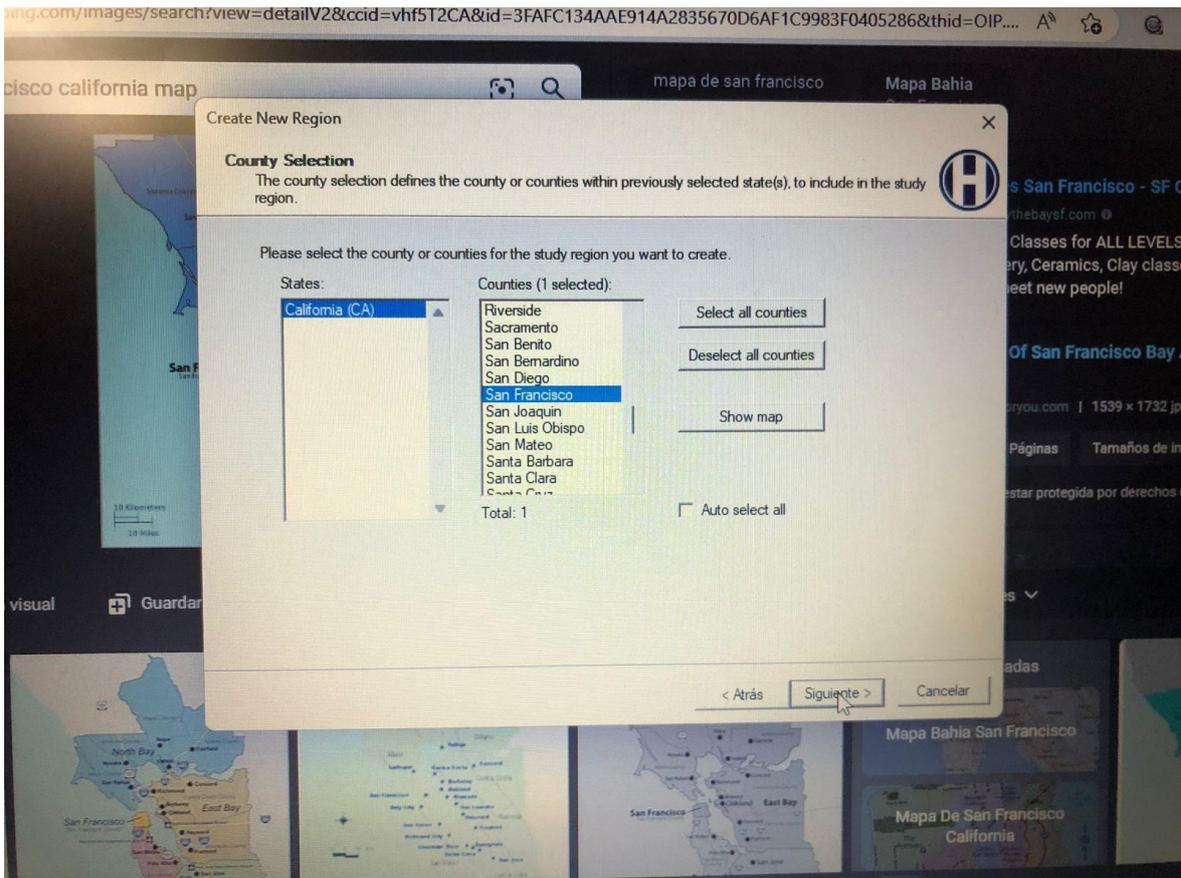
Creación de la nueva región en el programa Hazus.



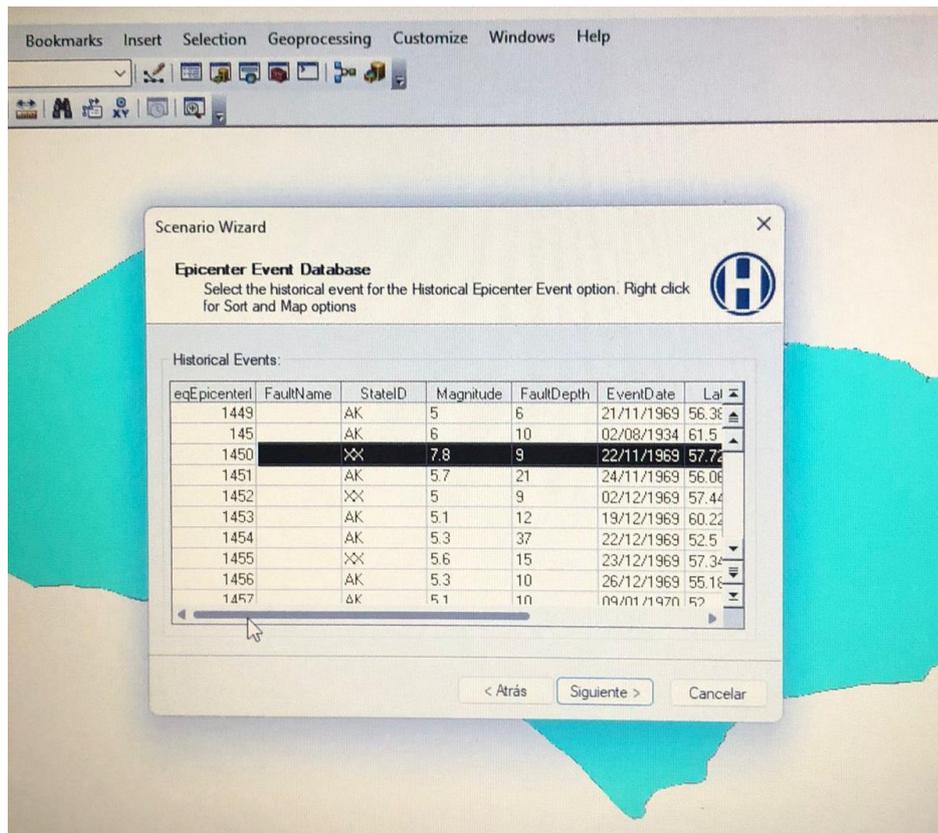
Se procedió a elegir el tipo de peligro: Terremoto



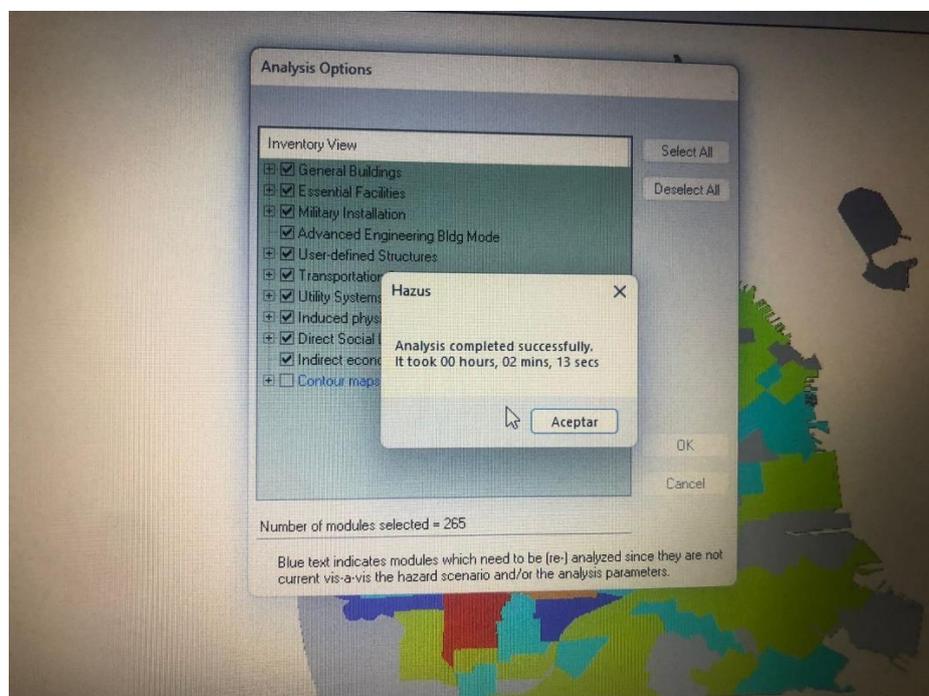
La nueva región sísmicamente similar a Sullana.



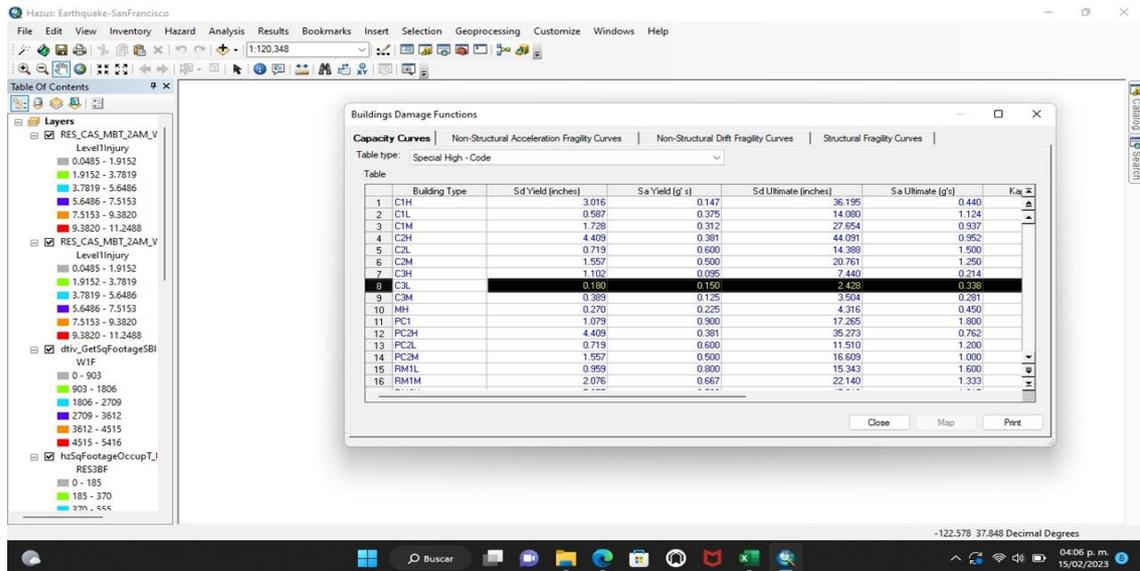
San Francisco, California fue la zona escogida.



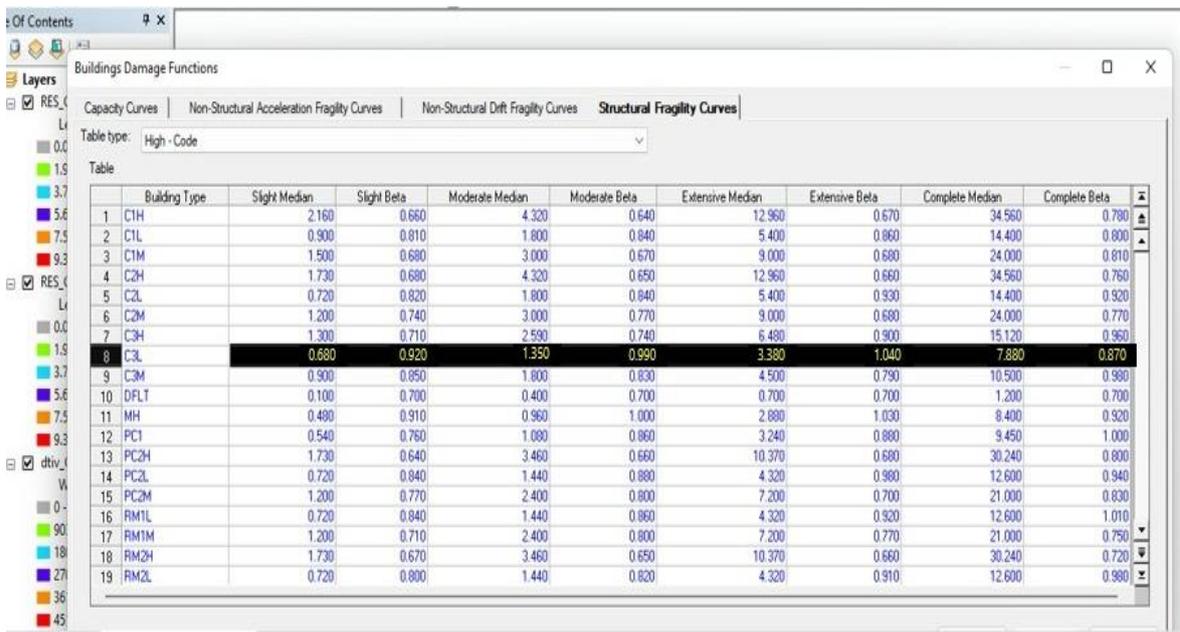
Magnitud similar a los sismos más fuertes producidos en Perú.



Zona creada respecto a condiciones sísmicas de nuestro escenario real.



Datos para Sd yield llamado también DY, Sa Yield que será Ay, Sd Ultimate y Sa Ultimate que será DU Y AU respectivamente.



Datos para los cuatro estados de daño según nuestro tipo de estructura: C3L

ANEXO 8: EVIDENCIAS FOTOGRAFICAS.



Situación actual de los elementos estructurales del Pabellón A.



Situación actual de los elementos estructurales del Pabellón A.



Agrietamiento de las columnas.



Grieta vertical en la columna.



Situación actual de las ventanas de la sección A del Pabellón A.



Situación actual de los elementos estructurales del Pabellón A.



Visita a la II.EE Luciano Castillo Colonna



Visita al pabellón A de la II.EE Luciano Castillo Colonna



Calicata C1 para evaluar las características del terreno en estudio.



Calicata de 0.90x3m



Muestra de 300gr que fueron llevados posteriormente al laboratorio.



Identificando el peso total de nuestra muestra en el laboratorio de Mecánica de Suelos.



Identificando el peso lavado de nuestra muestra en el laboratorio de Mecánica de Suelos.



Datos tomados en el laboratorio.



Granulometría por tamizado.



Tamizaje supervisado por el técnico responsable.



Ensayo de diamantina a la columna C-1.



Ingreso de los pernos de expansión para sujetar la base.



Máquina de ensayo de diamantina ya sujeta a la columna C1.



Diamantina perforando a la columna C-1.



Se extrajo una porción de muestra del concreto de la columna C-1.



Columna C-1 perforada por la diamantina.



Muestra del concreto de la columna C-1.

ANEXO 9: Procedimiento completo de los resultados.

Este ANEXO se presenta de forma digital debido a la extensión de este. Los archivos se mostrarán en una carpeta comprimida y serán presentados en formato Excel. Cada archivo contendrá el proceso completo para identificar las diferentes curvas y estimación de daño. El orden en que se muestran las diferentes hojas de Excel es el siguiente:

- Curvas de capacidad.
- Datos de capacidad.
- Estimación de estado de daño.
- Curva de fragilidad.
- Datos de fragilidad.
- Espectro de demanda.
- Punto de desempeño.
- Interpretación de fragilidad.
- Curva de vulnerabilidad.
- Interpretación de vulnerabilidad.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, DE LA CRUZ VEGA SLEYTHER ARTURO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, asesor de Tesis titulada: "Análisis del Riesgo Sísmico para el mejoramiento de la I.E 14793 Luciano Castillo Colonna mediante el método Hazus en el distrito de Bellavista, Sullana, 2022", cuyos autores son VELASQUEZ COBA FATIMA DEL ROSARIO, PURIZACA NAVARRO ROSA ANGELICA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

PIURA, 27 de Junio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
DE LA CRUZ VEGA SLEYTHER ARTURO DNI: 70407573 ORCID: 0000-0003-0254-301X	Firmado electrónicamente por: SLEYTHER el 28-06- 2023 18:40:09

Código documento Trilce: TRI - 0555090