



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERIA CIVIL
TESIS**

**ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE DAÑO MEDIANTE
HIROSAWA PARA EVALUAR LA
VULNERABILIDAD SISMICA EN LOS CENTROS
EDUCATIVOS DEL DISTRITO DE REQUE
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

Autor:

Bach. Enriquez Porras Randy Enmanuel

<https://orcid.org/0000-0002-2741-0769>

Asesor:

Dr. Ing. Muñoz Pèrez Sócrates Pedro

<https://orcid.org/0000-0003-3182-8735>

Línea de Investigación:

Infraestructura, tecnología y medio ambiente

Pimentel – Perú

2022

ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE DAÑO MEDIANTE HIROSAWA PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD SISMICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL DISTRITO DE REQUE

Aprobación De Tesis

Jurado Evaluador

Dr. Ing. Marín Bardales Noe Humberto

Presidente del Jurado de Tesis

Mg. Ing. Cubas Armas Marlon Robert

Secretario del Jurado de Tesis

Ing. Ballena Del Rio Pedro Manuel

Vocal del Jurado de Tesis

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación a mi familia por apoyarme en cada paso dado en esta etapa universitaria, para poder concluir la carrera de ingeniería civil y en forma especial a mi padre Rafael, por darme la oportunidad de estudiar esta carrera, es por eso que esta tesis está dedicada a ellos por el sacrificio que hacen por nosotros.

Enriquez Porras Randy Enmanuel

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, me gustaría agradecer a Dios por bendecirme hasta donde eh llegado, permitiendo este sueño anhelado.

A mi familia por siempre guiarme y apoyarme en cada paso que doy en mi vida.

A la Universidad Señor de Sipán, por proveer todos los conocimientos necesarios para desarrollar capacidades competitivas en nuestra profesión y hacer posible la elaboración de esta investigación.

A todos los ingenieros civiles que fueron nuestros docentes, por infundir sus enseñanzas y experiencias en el campo laboral de esta profesión.

Enriquez Porras Randy Enmanuel

Resumen

En este proyecto se busca efectuar un estudio sobre los problemas que deja un sismo en una edificación esencial, como lo son los centros educativos del distrito de Reque, con el objetivo de determinar el grado de vulnerabilidad de dichas edificaciones existentes a presentar daños ante un eventual sismo, realizando un plan estratégico de reducción del deterioro que pueden recibir, dado a la problemática que se están presentando en estos últimos años con los presentes sismos, originando una gran cantidad de pérdidas humanas.

Para evaluar la vulnerabilidad sísmica de los centros educativos del distrito de Reque, se empleará el estudio preliminar por el método japonés - Hirosawa. Este tipo de edificaciones según la norma E.030 “Diseño Sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones, son catalogados como edificaciones esenciales debido a que pueden servir como refugio después de un desastre causado por un evento sísmico.

En la actualidad esta metodología es utilizada para edificios mixtos de concreto armado y albañilería como los edificios escolares, esta técnica se basa en el estudio del comportamiento sísmico de cada nivel del edificio y es un análisis convincente en base al Análisis Dinámico Modal Espectral de la E.030 “Diseño Sismorresistente”.

Palabras Clave: Vulnerabilidad Sísmica, Centros Educativos, Sistema estructural, Hirosawa.

Abstract

This project seeks to carry out a study on the problems caused by an earthquake in an essential building, such as the educational centers of the Reque district, with the aim of determining the susceptibility of said existing buildings to present damage in the event of an earthquake. carrying out a strategic plan to reduce the deterioration that they may receive, given the problems that have been occurring in recent years with the present earthquakes, causing a large number of human losses.

To evaluate the seismic vulnerability of the educational centers of the district of Reque, the preliminary study will be used by the Japanese method - Hirosawa. These types of buildings, according to standard E.030 "Earthquake Resistant Design" of the National Building Regulations, are classified as essential buildings because they can serve as shelter after a disaster caused by a seismic event.

Currently this methodology is used for mixed buildings of reinforced concrete and masonry such as school buildings, this technique is based on the study of the seismic behavior of each level of the building and is a conclusive study based on the Spectral Modal Dynamic Analysis of the E .030 "Earthquake Resistant Design".

Keywords: Seismic Vulnerability, Educational Centers, Structural System, Hirosawa.

INDICE

I. Introducción	15
1.1. Realidad Problemática.....	15
1.1.1. A Nivel Internacional	15
1.1.2. A Nivel Nacional.....	17
1.1.3. A Nivel local	18
1.2. Trabajos previos.....	18
1.2.1. A Nivel internacional.....	18
1.2.2. A Nivel Nacional.....	21
1.2.3. A Nivel local	22
1.3. Teorías con relación a los temas.....	23
1.3.1. Definiciones Importantes	23
1.3.2. Riesgo Sísmico.....	25
1.3.3. Historia Sísmica del Norte del Perú	27
1.3.4. Vulnerabilidad Sísmica en edificaciones	36
1.3.5. Métodos Para Evaluar La Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones	36
1.4. Formulación del problema	51
1.5. Justificación e importancia del estudio	51
1.5.1. Justificación Social	51
1.5.2. Justificación Económica	51
1.5.3. Justificación Técnica.....	51
1.5.4. Importancia.....	51
1.6. Hipótesis	52
1.7. Objetivos.....	52
1.7.1. Objetivo General.....	52
1.7.2. Objetivos Específicos	52
II. Material y Método.....	53
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	53
2.1.1. Tipo de investigación:	53
2.1.2. Diseño de investigación	53
2.2. Población y Muestra.....	53
2.2.1. Población.....	53
2.2.2. Muestra – Caso de estudio	55

2.3.	Variables y Operacionalización	59
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	62
2.4.1.	Instrumentos de recolección de datos	62
2.5.	Procedimiento de análisis de datos	62
2.5.1.	Procesamiento de la información.....	62
2.5.2.	Procedimiento de la investigación.....	63
2.6.	Criterios Éticos	64
2.6.1.	Ética para la recolección de datos	64
2.6.2.	Ética de la publicación	64
2.6.3.	Ética de la aplicación.....	64
2.7.	Criterios de rigor científico	64
2.7.1.	Replicabilidad.....	64
2.7.2.	Fiabilidad.....	64
2.8.	Diagrama de flujos de procesos.....	65
III.	RESULTADOS.....	66
3.1.	Patologías	66
3.2.	Estudio de mecánica de suelos.....	75
3.3.	Ensayo de extracción de núcleos diamantinos (Diamantina)	79
3.4.	Ensayo para determinar el número de rebote del concreto endurecido (Esclerómetro)	80
3.5.	Derivas - Parámetros.....	82
3.6.	Método Hirosawa	84
3.6.1.	Institución Educativa María Burga de la Oliva.....	84
3.6.2.	Institución Educativa Discípulos de Jesús	84
3.6.3.	Institución Educativa Rayitos del Sol	85
3.6.4.	Institución Educativa San Martin de Thours.....	85
3.7.	Discusión de Resultados	86
3.8.	Aporte Práctico.....	88
IV.	Conclusiones y Recomendaciones.....	89
4.1.	Conclusiones.....	89
4.2.	Recomendaciones.....	90
V.	Referencias.....	91

Anexos	94
Anexo 1. Informes de estudio de mecánica de suelos.....	94
Anexo II. Panel fotográfico de estudio de mecánica de suelos	112
Anexo III. Informe de ensayos de corazones diamantinos	117
Anexo IV. Informe de ensayos para determinar el número de rebote del concreto endurecido (Esclerómetro)	120
Anexo V. Modelamiento en software Etabs 2019 v19.1.0.....	125
Institución Educativa “María Burga de la Oliva”	125
Institución Educativa “Discípulos de Jesús”	131
Institución Educativa “Rayitos del Sol”	138
Institución Educativa “San Martin de Thours”	145
Anexo VI. Planos de los Centros Educativos.....	155
Anexo VII. Autorizaciones firmadas por las autoridades pertinentes.....	159

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Crónica Sísmica del Norte del Perú.</i>	28
Tabla 2. <i>Data de eventos sísmicos que perjudicaron el norte del Perú con Magnitud >5.0 Mb.</i>	33
Tabla 3. <i>Propuesta de Benedetti – Petrini.</i>	40
Tabla 4. <i>Valores de coeficiente ai</i>	44
Tabla 5. <i>Estimacion de Gi y Ri.</i>	46
Tabla 6. <i>Importes del índice T para distintas causas y ejemplos de desgaste.</i>	49
Tabla 7. <i>Separación de deterioros provocados por eventos sísmicos.</i>	50
Tabla 8. <i>54Lista oficial de centros educativos públicos y privados del distrito de Reque.</i>	54
Tabla 9. <i>Variables y operacionalización</i>	59
Tabla 10. <i>Ficha de patologías de la IE María Burga de la Oliva</i>	66
Tabla 11. <i>Ficha de patologías de la IE Discípulos de Jesús</i>	68
Tabla 12. <i>Ficha de patologías de la IE Rayitos del Sol</i>	71
Tabla 13. <i>Ficha de patologías de la IE San Martin de Thours</i>	73
Tabla 14. <i>Resultados del estudio de mecánica de suelos a los centros educativos</i>	75
Tabla 15. <i>Resultados del ensayo de diamantinas en la IE. María Burga de la Oliva</i> ...	79
Tabla 16. <i>Resultados del ensayo de esclerómetro en la IE. María Burga de la Oliva</i> ..	80
Tabla 17. <i>Resultados del ensayo de esclerómetro en la IE. Discípulos de Jesús</i>	81
Tabla 18. <i>Resultados del ensayo de esclerómetro en la IE. Rayitos del Sol</i>	81
Tabla 19. <i>Resultados del análisis dinámico modal espectral</i>	82
Tabla 20. <i>Resultados del método de hirosawa para la I.E. María Burga de la Oliva</i> ..	84
Tabla 21. <i>Resultados del método de hirosawa para la I.E. Discípulos de Jesús</i>	84
Tabla 22. <i>Resultados del método de hirosawa para la I.E. Rayitos del Sol</i>	85
Tabla 23. <i>Resultados del método de hirosawa para la I.E. San Martin de Thours</i>	85

Tabla 24.	<i>Estados de Cargas I.E. María Burga de la Oliva</i>	126
Tabla 25.	<i>Estados de Cargas I.E. Discípulos de Jesús.....</i>	132
Tabla 26.	<i>Estados de Cargas I.E. Rayitos del Sol</i>	138
Tabla 27.	<i>Estados de Cargas I.E. San Martin de Thours</i>	146

INDICE DE IMAGENES

Figura 1.	Cuadro Tectónico del Perú.....	24
Figura 2.	Croquis del tipo de Subducción de la estampa oceánica inferior a la placa Sudamericana en el Norte y Centro del Perú.	25
Figura 3.	Relación de sismos destructores 1555 a 1974.....	31
Figura 4.	Mapa de Sismicidad del Perú: Lambayeque, Magnitud > 3MB, Enero 1900 - Junio 2001.....	32
Figura 5.	Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas.	34
Figura 6.	Zonificación Sísmica.....	35
Figura 7.	Correlación: Vulnerabilidad-Riesgo-Amenaza.....	36
Figura 8.	Técnica de investigación visual rápida.....	39
Figura 9.	Regularidad en planta con áreas salientes.....	46
Figura 10.	Relación largo - ancho en plantas tipo l y U.	47
Figura 11.	Contracción en planta.....	47
Figura 12.	Ubicación del centro educativo.	55
Figura 13.	Ubicación del centro educativo.	56
Figura 14.	Ubicación del centro educativo.	57
Figura 15.	Ubicación del centro educativo.	57
Figura 16.	Organigrama de flujos de procesos.....	65
Figura 17.	Grieta vertical en columna.	67
Figura 18.	Grieta entre columna y ventana.....	69
Figura 19.	Fisuras en el techo.....	69
Figura 20.	Grieta entre columna y ventana.....	70
Figura 21.	Grieta debido a deficiencia en el método de unión.	70
Figura 22.	Fisura debido a problemas de humedad.....	70
Figura 23.	Humedad ambiental.....	74
Figura 24.	Humedad por capilaridad.....	74

Figura 25.	<i>Grietas en Zigzag.....</i>	70
Figura 26.	<i>Introduciendo las muestras de suelo al horno.....</i>	77
Figura 27.	<i>Tamizado de las muestras de suelo.....</i>	77
Figura 28.	<i>Muestras de suelo recién retiradas del horno.</i>	77
Figura 29.	<i>Ensayo de Límites de consistencia.....</i>	70
Figura 30.	<i>Ensayo de Límites de consistencia.....</i>	79
Figura 31.	<i>Identificación de punto de estudio(calicata).....</i>	112
Figura 32.	<i>Calicata a cielo abierto.</i>	112
Figura 33.	<i>Medición de la profundidad reglamentaria de calicata.</i>	113
Figura 34.	<i>Identificación de estratos.....</i>	113
Figura 35.	<i>Calicata a cielo abierto.</i>	114
Figura 36.	<i>Retirando estratos de la calicata para su posterior estudio.....</i>	114
Figura 37.	<i>Elaboración de ensayo granulométrico.....</i>	115
Figura 38.	<i>Lavando el material del suelo por la malla N°200.</i>	115
Figura 39.	<i>Límites de consistencia.</i>	116
Figura 40.	<i>Ensayo de contenido de sales solubles.</i>	116
Figura 41.	<i>Extracción de diamantina en una columna.</i>	118
Figura 42.	<i>Extracción de diamantina.....</i>	118
Figura 43.	<i>Ensayo de resistencia a la compresión del concreto.....</i>	119
Figura 44.	<i>Rotura de núcleos diamantinos.....</i>	119
Figura 45.	<i>Identificando la zona de estudio para el ensayo.....</i>	123
Figura 46.	<i>Elaboración de diagrama de puntos de rebote.....</i>	123
Figura 47.	<i>Aplicación de ensayo con Esclerómetro en columna.</i>	124
Figura 48.	<i>Aplicación de ensayo con Esclerómetro en viga.</i>	124
Figura 49.	<i>Espectro de pseudoaceleraciones.....</i>	128
Figura 50.	<i>Modelamiento Bloque B.....</i>	129
Figura 51.	<i>Modelamiento Bloque A.....</i>	129

Figura 52.	<i>Modos de vibración y periodos fundamentales, bloque A.</i>	130
Figura 53.	<i>Modos de vibración y periodos fundamentales, bloque B.</i>	130
Figura 54.	<i>Espectro de pseudoaceleraciones, factor (R=8).</i>	134
Figura 55.	<i>Modelamiento Bloque A.</i>	135
Figura 56.	<i>Modos de vibración y periodos fundamentales, bloque A.</i>	136
Figura 57.	<i>Modelamiento Bloque B.</i>	136
Figura 58.	<i>Modos de vibración y periodos fundamentales, bloque B.</i>	137
Figura 59.	<i>Espectro de pseudoaceleraciones.</i>	141
Figura 60.	<i>Modelamiento Bloque A.</i>	142
Figura 61.	<i>Modos de vibración y periodos fundamentales, bloque A.</i>	142
Figura 62.	<i>Modelamiento Bloque B.</i>	143
Figura 63.	<i>Modos de vibración y periodos fundamentales, bloque B.</i>	143
Figura 64.	<i>Modelamiento Bloque C.</i>	144
Figura 65.	<i>Modos de vibración y periodos fundamentales, bloque C.</i>	144
Figura 66.	<i>Espectro de pseudoaceleraciones.</i>	148
Figura 67.	<i>Modelamiento Bloque A.</i>	149
Figura 68.	<i>Modos de vibración y periodos fundamentales, bloque A.</i>	150
Figura 69.	<i>Modelamiento Bloque B y D.</i>	150
Figura 70.	<i>Modos de vibración y periodos fundamentales, bloque B y D.</i>	151
Figura 71.	<i>Modelamiento Bloque C.</i>	151
Figura 72.	<i>Modos de vibración y periodos fundamentales, bloque C.</i>	152
Figura 73.	<i>Modelamiento Bloque E.</i>	152
Figura 74.	<i>Modos de vibración y periodos fundamentales, bloque E.</i>	153
Figura 75.	<i>Modelamiento Bloque F.</i>	153
Figura 76.	<i>Modos de vibración y periodos fundamentales, bloque F.</i>	154

I. Introducción

1.1. Realidad Problemática

(Anelli et al., 2019) Considera que es indiscutible el papel vital de las escuelas en la actualidad y para las futuras generaciones. En muchas emergencias locales, los centros educativos cumplen la función de centros de distribución y puntos de encuentro, el uso es crucial para los planificadores y gerentes de emergencias. Todos estos aspectos son muy importantes para los estudiantes que frecuentan las escuelas en malas condiciones, debido a la exclusión social y tener que asistir a escuelas públicas con una alta vulnerabilidad estructural, donde no hay un plan de preparación y manejo de desastres, por lo que el riesgo a dejar la escuela tiende a ser muy alto.

1.1.1. A Nivel Internacional

Para (Palazzi et al., 2019) la sismicidad chilena es bien conocida alrededor del mundo. Se caracteriza por una zona de subducción activa, en la cual la convergencia entre Nazca y las placas de América del Sur producen varios terremotos severos de magnitud de momento $M_w = 8.0$ o mayor. La ausencia de estudios de vulnerabilidad sísmica a escala territorial para la mitigación de riesgos y la falta de estándares orientados a la protección y valorización de la historia de las estructuras, son un factor de vulnerabilidad.

Ademas (D'Ayala et al., 2020) en China la última década se ha visto numerosos informes de víctimas de niños en edad escolar en colapsos de edificios escolares, causado por peligros naturales. En 2008, el terremoto de Wenchuan causó el colapso de más de 7,000 aulas, en su mayoría en zonas rurales, que supuestamente causaron la muerte de más de 5,000 estudiantes (aunque algunos padres creen que la cifra real es el doble de lo citado oficialmente) y la lesión de más de 15,000 estudiantes. Esta situación no es una excepción: cada año los peligros naturales en todo el mundo han tenido efectos devastadores en la educación de los niños.

Según (Aguirre et al., 2018) el 1 de abril de 2014, un terremoto en construcciones residenciales en Iquique (Chile) proporciona un precio razonable en representación de los hechos reales. Una comparación cuantitativa precisa es impracticable debido a ambigüedades en las definiciones de estados de daños, definición poco clara de muestras de

edificios y la incertidumbre en criterios de evaluación aplicados por equipos de inspección. Sin embargo, los resultados son consistentes en términos generales de parcial a daño completo, que son los más relevantes desde la perspectiva de la población afectada, víctimas inducidas, necesidades de vivienda y planificación para la reconstrucción y recuperación.

Según (Chouhan et al., 2022) En los últimos años en el distrito de Dehradun de Uttarakhand, India, fueron atestiguanes de las distintas amenazas que ofrecen los fenómenos naturales, este distrito pertenece a la zona sísmica IV, predispuesto a los terremotos. Se evaluaron 50 escuelas con dos situaciones distintas para hallar los diversos riesgos que se producen en los centros educativos, la primera con un plan de inspección visual rápida y la segunda el análisis de vulnerabilidad para terremotos, los resultados generaron una concientización en la localidad para la reforma y actualización de las instituciones educativas, con el fin de aminorar y proteger de forma segura a estas.

Para (Motlagh et al., 2020) Irán es considerado un país altamente sísmico, exponiendo así a los niños a sucesos muy desastrosos. Como centros de gestión de emergencias durante un desastre, las escuelas requieren un plan de acción sólido para minimizar las pérdidas. Los diversos esfuerzos para hacer más seguros los edificios escolares llevan al surgimiento de planes para reducir el riesgo de desastre en las escuelas. Por lo tanto, es vital planificar, anticipar y reducir las pérdidas causadas por un sismo.

(Román-De La Sancha et al., 2019) Describe que en México el 19 de septiembre de 2017 a las 18:14 h un terremoto de magnitud de momento (Mw) 7.1 con normalidad, el mecanismo focal fallido golpeó la región central. El epicentro fue a 14.85 latitud norte y 94.11 longitud oeste a una profundidad de 58 km (SNN). El evento causó daños importantes en personas de bajos ingresos. casas en los estados de Oaxaca y Chiapas, así como en el centro y sur de la Capital de México. En particular, Las brigadas de Ingeniería de México reportaron 36 edificios colapsados, 311 edificios con daños mayores y más de 900 con daños moderados.

(Perrone, et al., 2020) Considera que el colapso de una escuela primaria durante el terremoto de Molise en 2002 en el sur de Italia aumentó la conciencia de la necesidad de comprender mejor la vulnerabilidad potencial de edificios escolares italianos. La evaluación sísmica de los edificios escolares es muy importante para salvaguardar la existencia de los asistentes y gestionar la respuesta y recuperación después del terremoto. Los datos del censo proporcionados por el instituto de estadística del país destacaron que los más altos porcentaje

de edificios italianos fueron construidos antes de la introducción de las disposiciones sísmicas, esto conduce a una vulnerabilidad sísmica potencialmente alta.

Para (Yardim et al., 2020) en el último medio siglo en Albania, varios terremotos pequeños a moderados que golpearon al país han causado algunas fallas estructurales locales y generales, principalmente en estructuras de mampostería no reforzada (URM). La falla de corte diagonal se informó como la más común para edificios típicos de URM. Se usaron varios modelos estructurales típicos para construir edificios de mampostería en el país, la mayoría de estos edificios fueron construidos antes del primer código sísmico en el país; por lo tanto, no cumplen con los estándares sísmicos actualmente en uso.

Para (Samadian et al., 2020) el terremoto de Ezgeleh-Sarpole-Zahab en 2017 fue uno de los más devastadores en Irán, por consiguiente, se realizó un estudio a 17 centros educativos iraníes con el fin de detallar el daño originado. Las escuelas de mampostería obtuvieron un resultado óptimo en el terremoto, no obstante, las escuelas de un nivel edificadas entre 1975 y 1985 padecieron daños eminentes, generando un gasto económico alto para su reparación. Posterior a este estudio se requiere generar estudios de vulnerabilidad sísmica a las escuelas, para así evitar las consecuencias que pueden ocasionar los fenómenos naturales

1.1.2. A Nivel Nacional.

(Liguori et al., 2019) Considera que Perú es uno de los países de alto riesgo sísmico. en el mundo, con una larga historia de destructivos terremotos. La principal causa de este fenómeno es el proceso de subducción entre el Nazca y platos sudamericanos. Los terremotos destructivos registrados fueron los de Lima de 1746 terremoto (8.4 Mw), el terremoto de Ancash de 1970 (7,8 Mw), el terremoto de Arequipa de 2001 (6,9 Mw), y el terremoto de Pisco de 2007 (8.0 Mw).

Para (Santa-Cruz et al., 2016) Lima, Perú, forma parte del "Anillo de fuego" sísmico intensivo del Océano Pacífico y ha sido objeto de muchos terremotos durante los años. Desde la década de 1950, Lima ha crecido en gran medida de manera informal para una población estimada de nueve millones de personas y hoy carece de infraestructura pública adecuada e instalaciones urbanas que incluyen escuelas, hospitales, clínicas de salud y centros culturales.

(Aroquipa & Hurtado, 2022) Considera que mediante una evaluación de la resiliencia sísmica de los edificios, se realizaron dos casos de estudio, en el primer caso formado por edificios educativos de 3, 6 y 9 niveles de concreto, con un grado especial en la norma sísmica, el segundo caso se toma en consideración las pérdidas ficticias de 190 mil edificaciones a lo largo del territorio peruano, obteniendo como resultado una gran susceptibilidad a la población activa, en la duración en reestructuración y las pérdidas indirectas, aclarando la importancia de generar la reducción del riesgo de desastres a través de una evaluación de riesgo sísmico convencional.

(Spacone et al., 2019) Señala que Cusco se encuentra en un territorio con sismicidad media a alta y los numerosos terremotos que azotaron la ciudad en el pasado hicieron hincapié en la vulnerabilidad del adobe y estructuras. Por esta razón, se deben tomar medidas específicas de mitigación en el futuro próximo, para desarrollar políticas y medidas que afronten el riesgo sísmico, iniciando con un resumen de datos del análisis histórico del desarrollo urbano, que representa los terremotos pasados.

1.1.3. A Nivel local

Para (Olarde et al., 2008) Lambayeque, Chiclayo es una ciudad con grandes probabilidades sísmicas, por lo que se realizó un estudio de vulnerabilidad sísmica mediante el “Índice de Vulnerabilidad” para 2342 edificaciones, obteniendo que del 100% de las edificaciones estudiadas, tan solo el 10,5% son de hormigón armado, el 40% de albañilería y el 49,5% de adobe. Por lo tanto, las edificaciones de concreto armado y de albañilería normalmente muestran una vulnerabilidad regular, con una gran intervención de estas en una vulnerabilidad considerable y las de adobe que usualmente tienen vulnerabilidad alta, debido a que la ciudad está llevando un silencio sísmico pronunciado apartando las medidas indispensables para mitigar un desastre en caso de emergencias.

1.2. Trabajos previos

1.2.1. A Nivel internacional

(Liu et al., 2020) En su investigación titulada “Scenario-based seismic vulnerability and hazard analyses to help direct disaster Risk reduction in rural Weinan, China” tiene como objetivo evaluar la vulnerabilidad sísmica de los edificios en las zonas rurales de Weinan en

el noroeste de China mediante el método del índice de vulnerabilidad (VIM), Primero se realizó una encuesta de campo in situ para tres pueblos con diferentes áreas topográficas, luego un estudio analítico de la vulnerabilidad de los edificios, finalmente se realizó una evaluación cualitativa del riesgo sísmico para los tres pueblos considerando posibles situaciones posteriores al desastre, los resultados fueron calculados y presentado en ArcGIS. El índice medio de vulnerabilidad de construcción de los tres pueblos es 0.69, 0.70 y 0.76 para Helan, Zhaojia y Dongyu Village respectivamente.

(Joshi et al., 2020) En su investigación titulada “Assessment of seismic vulnerability of health infrastructure in Uttarakhand: An earthquake prone Himalayan province of India” con la finalidad de analizar la vulnerabilidad sísmica de la infraestructura de salud estatal en Uttarakhand ubicado en el Himalaya (India), utilizando el método de detección visual rápida (RVS) establecida en parámetros como el tipo del edificio, la edad, la altura, el material de construcción, etc. En conclusión, se sugiere el colapso del 36.73% de las instalaciones de salud, con otro 63.27% que podrían sufrir daños mayores en caso de un terremoto en la región, generando gran número de personas que probablemente sean lesionadas, y la infraestructura de salud restante se volverá funcional bajo una presión de montaje.

(Muñoz et al., 2016) En su investigación titulada “Estimación de la vulnerabilidad sísmica de una edificación indispensable mediante confiabilidad estructural” los resultados se basan en brindar datos existentes de planos, memorias de cálculo, estudios patológicos, levantamiento estructural y evaluar el riesgo sísmico local. Por lo tanto, se desarrolló un análisis estático no lineal de pushover para estimar la capacidad a cortante de tres modelos estructurales de la edificación, alterando su rigidez mediante cien datos del módulo de elasticidad y la resistencia a la compresión del concreto.

(Julián, 2008) En su investigación titulada “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de estructuras utilizando un diseño por desempeño” tiene como objetivo demostrar el valor de utilizar el diseño por desempeño en la vulnerabilidad sísmica de edificaciones, concluyendo que, mediante este procedimiento, se puede evaluar de un modo más certero las demandas sísmicas de la localidad e inclusive a nivel global de una edificación. Por lo que es posible adoptar decisiones más adecuadas al reforzar una estructura de forma

individual. Obteniendo una reducción en el valor de la restauración estructural, indispensable en las demandas sísmicas actuales dadas en un código de diseño.

(Maldonado Rondon et al., 2007) En su investigación titulada “Aplicación de los conjuntos difusos en la evaluación de los parámetros de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de mampostería” Su objetivo es crear un tipo de evaluación para edificios de mampostería frente a un movimiento sísmico y encontrar el nivel de influencia ante la estimación de la vulnerabilidad sísmica, por lo que este trabajo permitió definir el grado de vulnerabilidad, aplicando experiencias vividas de conocedores del tema y mediante la teoría de los conjuntos difusos , por lo tanto según el criterio de expertos se calculó el nivel de validez de estos parámetros ,concluyendo que los más relevantes fueron la resistencia estructural , el sistema estructural y la calidad del sistema resistente.

(Alam & Haque, 2020) En su investigación titulada “Seismic vulnerability evaluation of educational buildings of Mymensingh city, Bangladesh using rapid visual screening and index based approach” tiene como finalidad evaluar la vulnerabilidad sísmica de 458 edificios escolares en Bangladesh mediante un estudio visual rápido (RVS) y un criterio dado en índices, el procedimiento RVS añade una evaluación de campo y un estudio secundario para analizar las condiciones de vulnerabilidad estructural. Se concluye que el 23.14% de los edificios educativos tiene vulnerabilidad alta, el 46.29% es moderado y el 26.86% es moderadamente bajo y solo el 3.71% de los edificios tiene una baja vulnerabilidad sísmica

(Ferreira et al., 2020) En su investigación titulada “Seismic Vulnerability Assessment of Existing Reinforced Concrete Buildings in Urban Centers” tiene como objetivo la metodología para evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificios de hormigón armado, que luego se aplica a un grupo de 91 edificios afectados por terremotos recientes con diferentes intensidades macro sísmicas. Finalmente, gran parte del caso de estudio con esta estrategia simplificada es un material preciado para ejecutar evaluaciones de vulnerabilidad sísmica a gran proporción. Por lo tanto, cuando un edificio tiene un alto índice de vulnerabilidad, significa que es más probable sufrir mayores niveles de daño, incluso si es sometido a bajas intensidades sísmicas.

(Chácará et al., 2019) En su investigación titulada “Seismic vulnerability of URM structures based on a Discrete Macro-Element Modeling (DMEM) approach” tiene como finalidad evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de mampostería no reforzada (URM) basado en datos numéricos, el modelado cumple una conducta compleja, en el área dinámica no lineal, y la ausencia de material computacional. Se concluyó que los análisis dinámicos para la derivación de curvas de fragilidad, requieren una razonable carga computacional, por lo tanto, la demanda para el tipo de evaluación puede constituir una limitación importante de esta metodología. El análisis dinámico no lineal generó un tiempo aproximado de 30 min. por lo que esta técnica permite un análisis trabajoso de la vulnerabilidad sísmica de estructuras URM.

1.2.2. A Nivel Nacional

(Brando et al., 2019) En su investigación titulada “Structural Survey and Empirical Seismic Vulnerability Assessment of Dwellings in the Historical Centre of Cusco, Perú” con el fin de evaluar la vulnerabilidad sísmica de viviendas en el centro histórico de Cusco (Perú) mediante un método empírico, En conclusión, los análisis de vulnerabilidad de este estudio se caracterizan por varias fuentes de fragilidad y pocos o ningún dispositivo antisísmico. El método que se emplea para estimar los efectos de posibles estrategias de mitigación se aplica a todos los edificios, siendo el resultado una reducción significativa en la vulnerabilidad a escala urbana y una considerable reducción del daño previsto incluso a niveles relativamente altos de aceleraciones máximas en tierra.

(Aguilar et al., 2019) En su investigación titulada “Integration of reverse engineering and non-linear numerical analysis for the seismic assessment of historical adobe buildings” tiene como objetivo presentar una metodología que añada material de ingeniería inversa con una combinación de métodos analíticos avanzados y simplificados para llevar a cabo el análisis sísmico de edificios históricos de adobe en el Cusco, exactamente en Huaró, en la iglesia de San Juan Bautista. Los resultados de esta metodología permitieron estimar el comportamiento global y los posibles patrones de daño en la iglesia durante los eventos sísmicos, mostrando que los mecanismos de falla más probables serían el balanceo global de la fachada y el colapso parcial del tímpano, también permitió definir los niveles de rendimiento de esta iglesia cuando se enfrenten a diferentes escenarios sísmicos.

(Briceño et al., 2019) En su investigación titulada “Seismic vulnerability assessment of a 17th century adobe church in the peruvian andes” con el fin de realizar la evaluación de vulnerabilidad sísmica de una iglesia del patrimonio del adobe: "Virgen de la Asunción" de Sacsamarca ubicada en Ayacucho región andina del Perú; empleando una estrategia de detección rápida y un análisis numérico más detallado. Primero, el estudio de daños se realizó mediante inspección visual y termografía infrarroja. Posteriormente, el análisis de vulnerabilidad sísmica se efectuó en dos etapas, el primero se basó en criterios simplificados para las estructuras de mampostería, y el otro en un análisis simple del rendimiento global. De esta evaluación, fue posible concluir que la iglesia es realmente vulnerable a las demandas sísmicas peruanas.

(Tarque et al., 2012) En su investigación titulada “Displacement-Based Fragility Curves for Seismic Assessment of Adobe Buildings in Cusco, Peru”. tiene como objetivo el análisis de la evaluación sísmica de las viviendas de adobe ubicadas en Cusco, Perú; para evaluar las funciones de fragilidad. Resultados experimentales de especímenes de adobe se han utilizado para estudiar el período de vibración en función de su altura, Por lo tanto, la vibración elástica es alrededor de 0.15 s para viviendas de adobe de un piso, y de 0.25 s para viviendas de dos pisos. Se concluyó que el estado límite dado se ha calculado a partir de la comparación de la condición y demanda sísmica de cada edificio aleatorio, y esto inicialmente se ha relacionado con un valor de PGA para producir curvas de fragilidad.

1.2.3. A Nivel local

Según la Oficina de Defensa Civil - Lambayeque en su programa distrital de acciones para sismos 2012 destaca que en los últimos años en esta región no se han pronunciado fenómenos de gran magnitud, generando una consideración de gran importancia ya que se está acumulando una gran energía. Por lo tanto, se está buscando resolver la mitigación de estos fenómenos que podrían ocurrir en cualquier momento, ocasionando muchas pérdidas y consecuencias que llevarían al colapso caótico de la sociedad y dificultando al sector económico en los lugares afectados, por lo cual se deben adoptar acciones para proteger a la población.

1.3. Teorías con relación a los temas

1.3.1. Definiciones Importantes

Sismo o Terremoto

Se define como un fenómeno producido por un rompimiento en la cobertura rígida de la Tierra, señalada como corteza terrestre. Debido a esto se generan movimientos que se dispersan y se dan a notar en forma de una sacudida con duraciones e intensidades variables. Es decir, la ruptura de la superficie terrestre que se ve evidenciado en un estremecimiento (Rivera & Quintero, 2019).

Intensidad Sísmica

Se le conoce como la capacidad que mide a un sismo en su mayor epicentro y que se va minorando de manera que nos distanciamos, la intensidad necesita primordialmente de la magnitud y profundidad del epicentro. Además, se determina por la escala de Mercalli Modificado (MM) y contiene 12 grados de intensidades, donde cada grado se enfoca en representación de la gente, en la caída de los materiales al interior de la estructura, también en la disposición de la arquitectura y los daños en la naturaleza originados por los sismos.

Magnitud y momento sísmico

El concepto de magnitud deriva de la proporción de energía que desata un sismo en su epicentro, y se halla en un sismograma que evalúa las ondas sísmicas, para comprender la brusquedad esencial de un evento sísmico la magnitud es el parámetro más objetivo, hoy en día se siguen utilizando la escala de magnitudes según F. Richter que interpreta 10 niveles del cero al nueve, formando cada nivel 10 veces mejor al posterior. Para determinar con mayor exactitud la magnitud sísmica se utiliza el momento sísmico, que mide el tamaño de la ruptura y desplazamientos de los bloques de falla que se realiza a partir del espectro de ondas sísmicas registradas (Aravana,2017).

Principales causas de los sismos en el Perú

Nuestro país es reconocido a nivel internacional por su contenido sísmico, por lo que se sitúa al interior del Cinturón de Fuego del Pacífico. Al conectar la placa Nazca y la placa sudamericana se produce un hundimiento entre la placa más liviana, generando una zona de

subducción, la misma que produce una fuerza exhaustiva con variedad de magnitudes e intensidades (sismos).



Figura 1. Cuadro Tectónico del Perú.

Fuente: Instituto Geofísico del Perú (IGP).

Según un informe realizado por el Instituto Geofísico del Perú (IGP) son 3 las fuentes que ocasionan los terremotos que ocurren en nuestro país, La primera, es por la fricción entre ambas placas mencionadas, coincidentes en el espacio occidental del Perú, este da procedencia a eventos sísmicos de magnitudes de alrededor 8,0 en la escala de Mercalli, como es el caso de los terremotos de Arequipa (2001) y Pisco (2007). En segundo orden, estima la deformación de la corteza continental debido a fallas geológicas de diversas geometrías y dimensiones, produciendo sismos de magnitud de 6,5 causando licuefacción de suelos y daños en las estructuras. Por último, la tercera fuente son los sismos que se originan por la deformación interna de la placa de Nazca por debajo de la cordillera de los Andes. (IGP, 2014)

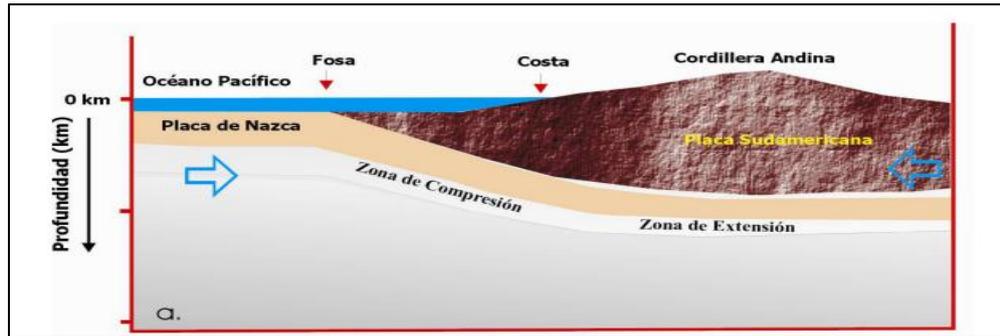


Figura 2. Croquis del tipo de Subducción de la estampa oceánica inferior a la placa Sudamericana en el Norte y Centro del Perú.

Fuente: (IGP).

1.3.2. Riesgo Sísmico

El afecto sísmico se da entender a manera de composición de la peligrosidad sísmica, la vulnerabilidad de las estructuras y las pérdidas económicas. Es una idea de estructuración social y económica. Se manifiesta de la siguiente manera

:

$$\boxed{RIESGO\ SISMICO = P \times V \times C}$$

Ecuación 1. Riesgo Sísmico.

Fuente: (Gonzáles & Montserrat, 2003)

Dónde:

P= peligro sísmico

V= vulnerabilidad sísmica

C= costo

Esta definición abarca dos aspectos muy importantes; el tema científico y el punto de vista económico. El primero, de suma importancia para los profesionales de la construcción, debido a que describe el actuar de la estructura ante un sismo, el segundo aspecto se sitúa en gran medida a los factores socio económicos.

1.3.2.1. Peligro Sísmico

Señala la posibilidad de arranque de un temblor durante un momento pronunciado. Es el parte decisivo para la juicio del riesgo sísmico de un departamento determinado. (Gonzáles & Montserrat, 2003)

Para determinar la peligrosidad sísmica de un distrito se precisa aprender la repartición de los terremotos en el tiempo y espacio, por lo que se comenta, que se debe saber la sismicidad de la zona. Sin una buena noción de la sismicidad de un distrito no se puede crear un buen juicio de la peligrosidad sísmica. Sin una buena consideración de la complejidad sísmica es inalcanzable representar buenas tomas de mitigación. (Gonzáles & Montserrat, 2003)

$$\boxed{PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA = 1 - (1 - PA)^t}$$

$$\boxed{PA = 1/PR}$$

Ecuación 2. Probabilidad de excedencia.

Fuente: (Alvarez & Pulgar, 2019).

Donde:

PA: probabilidad anual de un terremoto

PR: periodo de retorno

t: tiempo de exposición

1.3.2.2. Vulnerabilidad Sísmica

Responsable de analizar el grado de daño de una edificación posterior a sismos de diferentes intensidades. Es normal tratar el tema de vulnerabilidad y relacionarlo con las estructuras, por lo que estas transfieren el efecto que deja un sismo a los seres humanos y al material que se encuentra al interior de esta. La vulnerabilidad es esencial para cada edificación sin depender de la amenaza de la zona, por lo que se puede suponer que una edificación vulnerable no necesariamente tiene que estar en riesgo, y esto se genera por la ubicación en el mapa sísmico de la edificación. La vulnerabilidad se aplica a todos los tipos de estructura. (Gonzáles & Montserrat, 2003)

Para encasillar los edificios en distintas clases de vulnerabilidad se debería tener en cuenta la estructura de la construcción, no obstante, esta puede ser alterada por otras circunstancias como antigüedad, envergadura, estado y simetría de la estructura, etc. Es de

suma importancia el estado de conservación de la estructura ya que si este se encuentra en mal estado tiende a ser más vulnerable que una estructura de buen estado, otro aspecto muy predominante es la simetría de la estructura, por lo que se sabe una estructura asimétrica tiende a ser irregular y por lo tanto más frágil que una estructura regular. Las estructuras en plantas tipo L, H, T son las más afectadas en términos de vulnerabilidad. (González & Montserrat, 2003)

Su evaluación se puede realizar de dos formas: métodos subjetivos, mediante la visualización del daño generado después de un terremoto con análisis estadísticos; y métodos analíticos, a través de un modelo estructural con sus características de los materiales, cargas y las normativas empleadas. (Alvarez & Pulgar, 2019).

1.3.2.3. Costo

Es la valoración de pérdidas materiales y humanas, generadas por la aparición de un sismo, considerando la vulnerabilidad de las edificaciones. Las pérdidas se estiman de dos formas, directas y indirectas, en cuanto a las directas se vinculan netamente con las pérdidas de la estructura y las indirectas implican víctimas humanas, lo material al interior de la estructura y la economía paralizada por la productividad de las actividades. (González & Montserrat, 2003)

En edificaciones principales, el enfoque debe estar ligado al actuar de la edificación, no obstante, sin dejar de lado la firmeza y comodidad de la estructura. Los causantes socioeconómicos más relevantes son:

- o Materiales idóneos para una respuesta sísmica positiva.
- o Implementación de alarmas para una rápida evacuación.
- o Pérdidas de vidas humanas.
- o Análisis de costos de reforzamiento.
- o Ubicación de las estructuras.

1.3.3. Historia Sísmica del Norte del Perú

A partir de la recolección de datos en 1606, en Lambayeque se produjeron sismos cuyas intensidades se mostraron en la escala de Mercalli menores de VII grados en diferentes partes de la región, la mayoría localizados en el océano pacífico. Los eventos sísmicos que perjudicaron el Norte del Perú, previos a 1974 se entienden por comentarios y anotaciones

de intérpretes que habitaban en esos tiempos. Toda esta información fue seleccionada por el Dr. Enrique Silgado Ferro y difundidos en su libro "Historia de los Sismos más notables ocurridos en el Perú (1513- 1974)". A continuación, se señalan los eventos sísmicos más notorios en el Norte del Perú:

Tabla 1. *Crónica Sísmica del Norte del Perú.*

Data	Hora	Detalle
23/03/1606	03:00 pm	En Zaña, Lambayeque se produjo un sismo severo.
14/02/1619	11:30 am	El norte del Perú sufre un sismo que dejo en colapso a edificios de Trujillo y llegando también hasta el territorio de Zaña y Santa.
07/01/1725	11.25 pm	Sismo muy notable en Trujillo originando daños en la región, el cual no dejo rastro de un pueblo cerca a Yungay dejando un número de víctimas de mil quinientas vidas.
02/09/1759	11:15 am	Gran temblor en Trujillo dejo 5 pérdidas humanas , provocando interferencia en sus construcciones , llegando a sentirse en todo Lambayeque.
01/02/1814	05:00 am	Se produjo un sismo en territorio piurano, afectando viviendas y edificaciones.
20/08/1857	07:00 am	Piura sufre las consecuencias del colapso de algunos edificios ante un sismo cuya duración fue de 40 segundos aproximadamente , lo que genero la abertura de la tierra , daños inferiores se produjeron en el distrito de Paita.
26/11/1877	-----	La tierra se sacude en Chachapoyas.
02/01/1902	09:08 am	Se presenta sismo en Chimbote y Casma que origino un ambiente caótico dentro de la población. Se sintió también en Chiclayo de forma moderada y en Paita de forma leve.
23/04/1905	11:15 pm	Sismo en la costa litoral de Tumbes y Valle de Santa.
09/01/1906	05:00 am	El Noroeste del país sufre fuerte temblor, sentido en forma fuerte en Piura y de forma moderada en Trujillo..
20/06/1907	06:33 am	Sismo de grado 4 de Mercalli en la ciudad de Chiclayo, Lambayeque y Éten. De inferior intensidad en Trujillo.
16/11/1907	05:10 am	Se produce un temblor en el norte del Perú y en la región central, sentido entre Lambayeque y Casma.
24/07/1912	06:50 am	Un terremoto en el Norte de una intensidad estimada de X – XI devastó a la ciudad de Piura, viéndose también afectadas poblaciones vecinas, donde hubieron muchos fallecidos y heridos , siendo esta intensidad estimada muy exagerada para las construcciones en dicha época.

20/05/1917	11:45 pm	Trujillo fue azotado por un temblor, que provoco muchas grietas pronunciadas en edificaciones esenciales , también fue sentido fuertemente en Chimbote y Casma
14/05/1928	05:12 pm	Un fuerte sismo produjo destrucción y muchas pérdidas humanas en poblaciones interandinas en el norte del país , siendo la más afectada la ciudad de Chachapoyas.
18/07/1928	02:05 pm	Réplica del sismo anterior acontecido en Chachapoyas, origino el colapso de un número considerable de viviendas que ya se encontraban vulnerables por el fuerte sismo del 14 de mayo.
21/06/1937	10:13 am	Temblor en la costa del Perú, originando en la ciudad de Trujillo fallas estructurales en las paredes de las viviendas y edificios; en Lambayeque se produjeron desplomes parciales de las torres de las iglesias.
06/07/1938	11:50 pm	Sismo en el noroeste del Perú, percibido intensamente en el departamento de Piura, las ciudades de Sullana y Chulucanas, generando pánico en la población, sentido de forma moderada en Chepén y Lambayeque.
24/05/1940	11:35 am	La capital del Perú y ciudades cercanas fueron sacudidas por un fuerte temblor de una intensidad estimada de grado VII – VIII, por los daños ocasionados a las construcciones, fue sentido en casi todo el territorio Peruano.
08/05/1951	03:03 pm	Corriente sísmica regional en la ciudad de Chiclayo de grado V en la escala de Mercalli.
23/06/1951	08:44 pm	Se origina un sismo de grado V escala MM , en el océano en dirección a la costa litoral del norte. Sentido en Trujillo y en la ciudad de Pacasmayo.
30/03/1952	07:51 pm	Sismo en el norte del Perú con una intensidad apreciada por pobladores del departamento Cajamarca de grado V – VI en la escala de Mercalli.
15/06/1954	08:30 am	Se presenta un fuerte sismo en la zona nororiental siendo afectadas las ciudades de Celendín, Chachapoyas e incluso en la capital. Este fenómeno fue sentido en una área de 460, 000 Km ² .
19/08/1955	02:45 am	Sismo sacudió la franja norte del Perú, poco devastador en Trujillo y en Chimbote. Percibido en Piura , hasta la zona sureña de la capital del Perú.
07/02/1959	04:38 am	Tumbes y Chiclayo, fueron sacudidos por un fuerte sismo de intensidad grado VI MM, generando leves daños en pocos hogares de material noble en Talara.
20/11/1960	05:02 pm	Sismo en el Norte del Perú, afecto a Piura provocando dos pérdidas humanas, muchos accidentados y deterioro en las construcciones, luego un tsunami de 9 m de altura, origino daños en los puertos y caletas de la región de Lambayeque.
15/11/1962	06:25 pm	Se origina sismo frente a la costa de Trujillo, deterioros mínimos a las viviendas débiles. También sentido en las ciudades de Chimbote y Chiclayo..
30/08/1963	10:30 am	Sismo de grado V MM en la parte noroeste del país, generando rotura de objetos decorativos en Piura.
04/02/1969	11:11 pm	El norte del Perú fue sacudido por un fuerte sismo, siendo más relevante en las ciudades de Chiclayo y Trujillo.
31/05/1970	15:24 pm	Terremoto de grado VIII MM y se estima que en algunos lugares la intensidad llego a grado IX MM ,considerado uno de los sismos más destructores de la historia del Perú, dejo un aproximado de 50,000 personas muertas, 20,000 desaparecidas y 150,000

		heridas, esto debido a que se produjo un aluvión de tierra luego del terremoto, desapareciendo en su totalidad al pueblo de Yungay.
09/12/1970	11:55 pm	Sismo de magnitud 7.2 estremeció a la región noroeste del Perú dejando daños en las edificaciones de los pueblos, fallecieron 48 personas.
10/07/1971	08:33 pm	Evento sísmico en la zona nororiental del Perú, origino en Sullana el colapso de edificaciones antiguas, ya deterioradas por el ultimo terremoto del 09 de diciembre , por lo que genero intranquilidad en las ciudades vecinas , como Piura, Chiclayo, Trujillo y Tumbes.
22/03/1972	02:34 am	Sismo sacudió violentamente Juanjuí y Saposoa, dejando a 22 heridos y 500 hogares inhabitables..

Fuente: (Silgado, 1978)

Los sismos que acontecen en todo el país son registrados por el instituto Geofísico del Perú (IGP), recopila toda la información de los sismos y los da a conocer para sus fines convenientes. Dentro de esta información se encuentra el catalogo Sísmico del Perú, dando a conocer los sismos originados en el país entre 1471 – 1982, por lo que se distingue notoriamente que en la zona Sur del país son más frecuentes los movimientos sísmicos, eso no libra a la región Norte de sufrir sismos de gran magnitud.

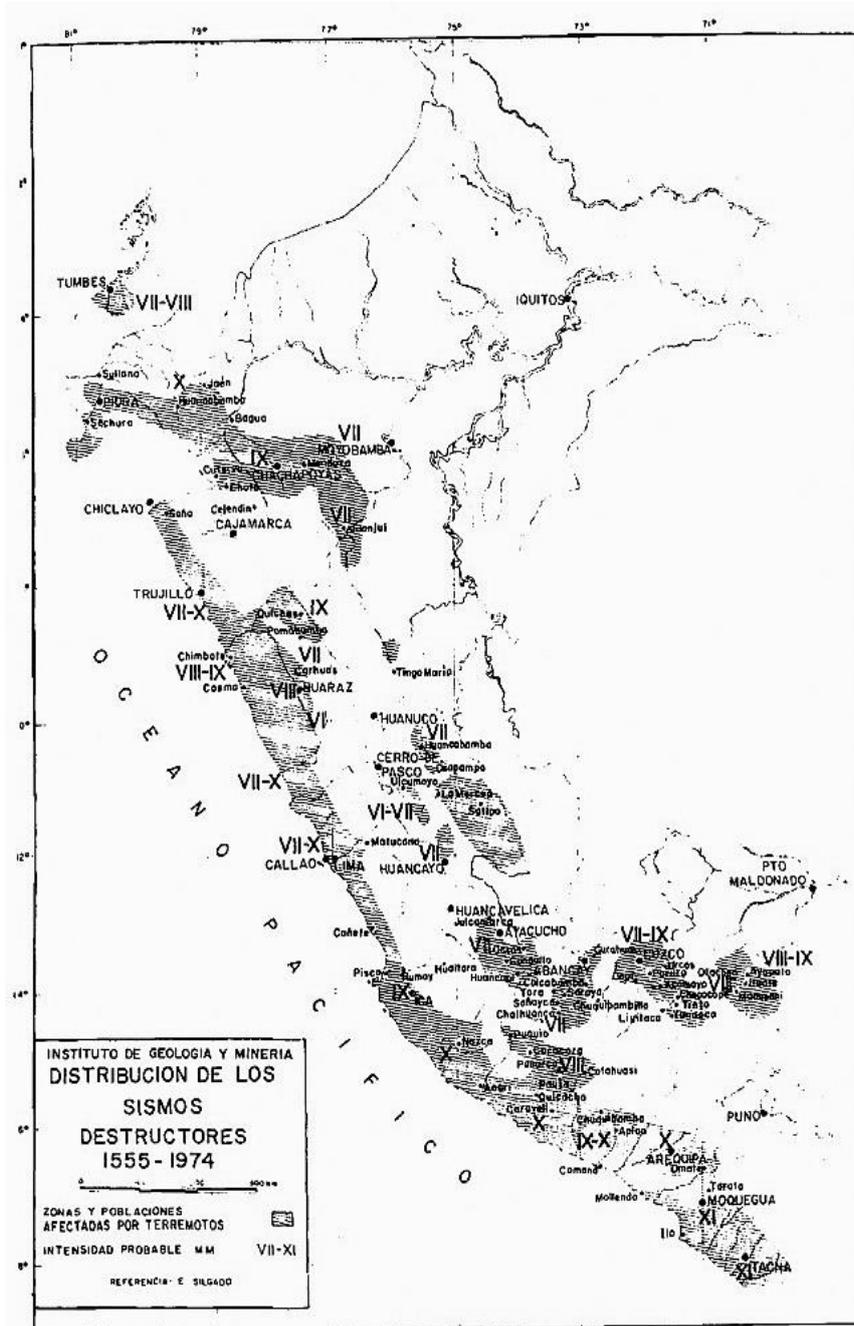


Figura 3. Relación de sismos destructores 1555 a 1974.

Fuente: (Silgado, 1978)

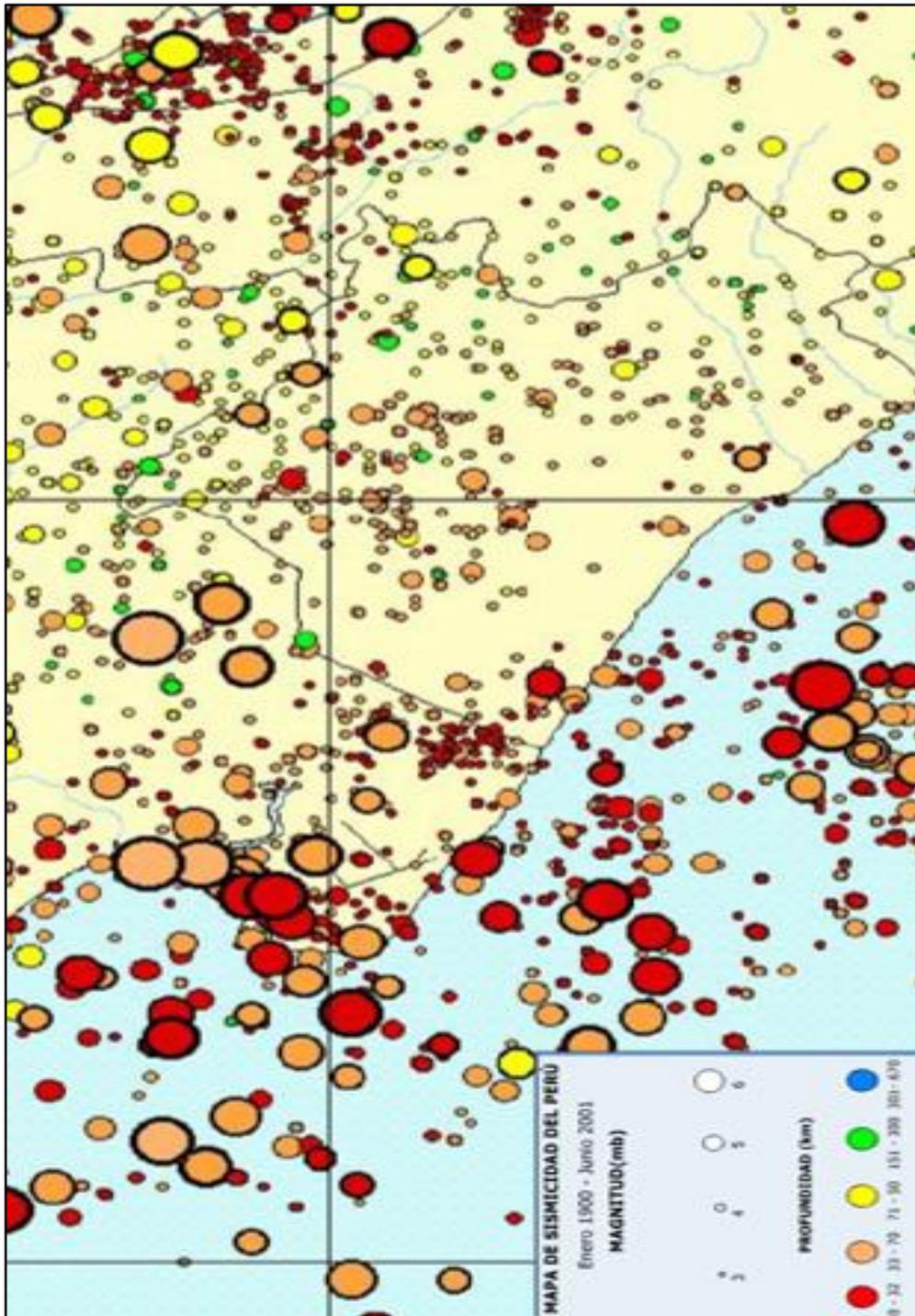


Figura 4. Mapa de Sismicidad del Perú: Lambayeque, Magnitud > 3MB, Enero 1900 - Junio 2001.

Fuente: IGP

Se deduce que en Lambayeque la mayoría de los sismos de gran magnitud son originados cerca de la zona, en el océano pacifico, ubicado frente a nuestra región; en la tabla 2, se evidencia los sismos con Magnitud >5.0 Mb. que afectaron el norte del país.

Tabla 2. *Data de eventos sísmicos que perjudicaron el norte del Perú con Magnitud >5.0 Mb.*

DATA	DISTANCIA OESTE	DISTANCIA SUR	FONDO KM	MAGNITUD
05/09/1932	-81.000	-6.000	50.000	6.0
21/06/1937	-80.000	-8.500	60.000	5.8
08/01/1942	-78.500	-6.000	110.000	5.6
06/11/1942	-77.000	-6.000	130.000	5.9
29/10/1956	-77.000	-8.500	60.000	6.4
20/11/1960	-81.000	-6.800	55.000	6.8
03/07/1961	-79.100	-8.700	57.000	5.5
08/07/1961	-77.100	-6.200	15.000	5.5
23/11/1961	-80.300	-5.600	61.000	5.9
29/11/1961	-76.400	-7.200	33.000	5.6
24/12/1961	-80.900	-5.700	33.000	5.7
13/04/1963	-76.700	-6.300	125.000	6.1
29/08/1963	-81.600	-7.100	23.000	6.1
03/08/1965	-81.270	-7.310	50.000	5.8
29/11/1965	-78.600	-6.000	39.000	5.5
09/05/1968	-81.790	-5.290	34.000	5.6
19/06/1968	-77.220	-5.550	33.000	6.4
20/06/1968	-77.300	-5.510	33.000	5.8
21/06/1968	-77.290	-5.640	22.000	5.6
07/07/1968	-77.180	-5.690	16.000	5.5
30/07/1968	-80.420	-6.860	36.000	5.8
31/03/1970	-80.130	-5.730	90.000	5.6
20/03/1972	-76.760	-6.790	52.000	6.1
09/06/1974	-81.000	-5.770	35.000	5.7
02/10/1974	-81.100	-5.880	6.000	5.7
20/05/1979	-77.390	-6.320	33.000	5.7
10/08/1982	-77.390	-5.340	3.000	5.5
11/10/1983	-79.360	-5.140	85.000	5.6
05/06/1984	-76.710	-7.830	25.000	5.7
05/02/1985	-78.100	-5.400	85.000	5.5
14/05/1987	-81.380	-5.640	26.000	5.7
09/09/1988	81.500	-7.130	35.000	5.7
04/04/1991	-77.130	-6.040	21.000	6.0
05/04/1991	-76.900	-5.950	20.000	6.5
05/04/1991	-77.090	-5.980	20.000	6.5
05/04/1991	-76.090	-5.810	24.000	5.5
11/04/2005	-76.998	-7.287	143.000	6.1
26/09/2005	-76.471	-5.564	118.000	6.7
04/02/2007	-80.330	-7.010	36.000	5.5
26/09/2007	-79.860	-3.960	124.000	5.6
04/07/2010	-80.471	-8.469	28.000	5.7
25/08/2011	-81.772	-5.962	35.000	5.1
12/08/2013	-81.873	-5.384	10.000	6.1
04/08/2014	-81.550	-6.910	19.000	5.4

Fuente: Instituto Geofísico del Perú (IGP)

La Figura 05 nos brinda información sobre la extensión de la intensidad sísmica que presenta Lambayeque, que en casi todo su territorio muestra intensidad de grado VI, esto coincide con la indagación recopilada y se admite como la intensidad más razonable a mostrarse ante un epicentro sísmico.

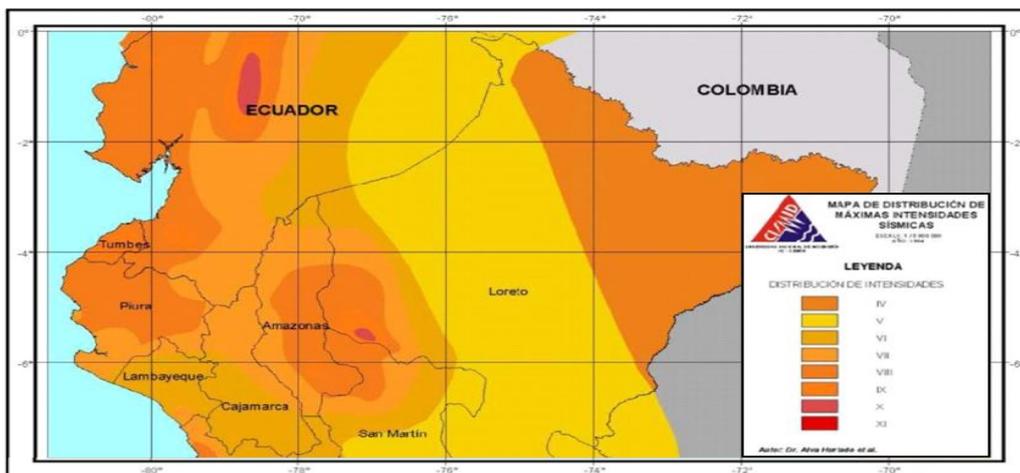


Figura 5. *Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas.*

Fuente: CISMID.

Las fallas activas en nuestro país según los estudios de paleo sismicidad, sostienen que los sismos de gran magnitud presentan periodos de retorno de aproximadamente 1000 a 2000 años, y que se encontró una falla activa que no se ha vuelto a mostrar por más de dos milenios, por lo tanto, lejos de pensar que es una falla activa con poca posibilidad de provocar un sismo tendría que adoptarse como una probabilidad muy peligrosa, por el tamaño de energía que se vendría acumulando en su entorno y que en cualquier momento llegaría a mostrarse. Entonces lo que está sucediendo en Lambayeque se puede interpretar como a una región predispuesta a recibir un evento sísmico de gran envergadura, a esta falta de sismos en una región que anteriormente sufrió de este tipo de fenómenos se le adopta el apelativo de “silencio sísmico”.

Por lo tanto, es de suma importancia estar alerta ante un posible acontecimiento sísmico de gran intensidad en la región costera. La normativa E.030 “Diseño Sismorresistente” vigente desde el 2016 clasifica a Lambayeque dentro de la zona 4 (alta sismicidad), ya que cuenta con una elevada posibilidad de acontecer un evento sísmico de gran magnitud, por estar situado dentro del ya mencionado Cinturón de Fuego del Pacífico.

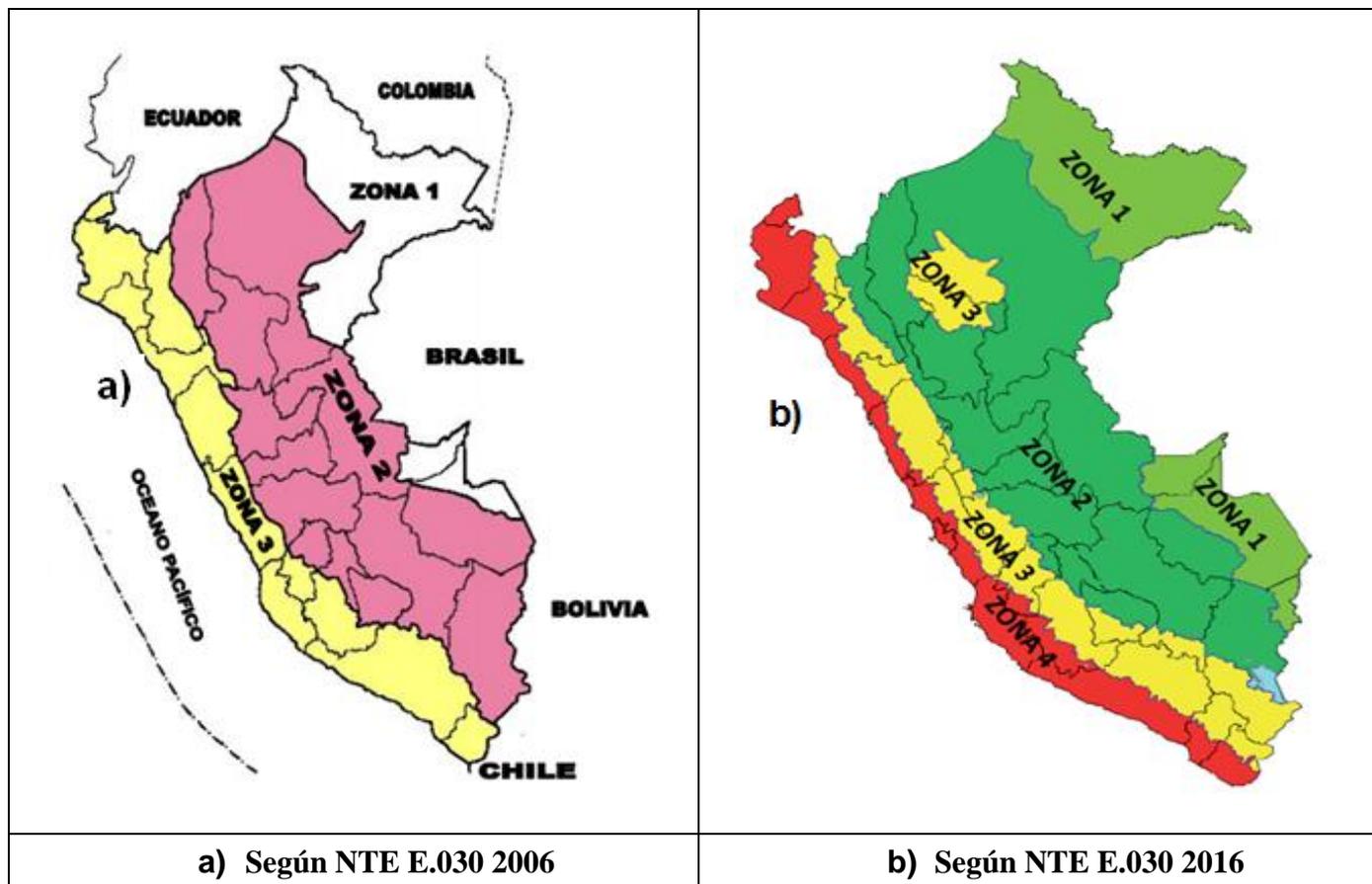


Figura 6. Zonificación Sísmica
Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

1.3.4. Vulnerabilidad Sísmica en edificaciones

Se designa como vulnerabilidad sísmica al nivel de deterioro que origina un sismo a un conjunto de edificaciones, teniendo en cuenta que el daño puede generar pérdidas que se representan en vidas humanas y bienes materiales, ya sea por la intensidad y magnitud del sismo como por la duración y la zona establecida. (Peralta, 2002).

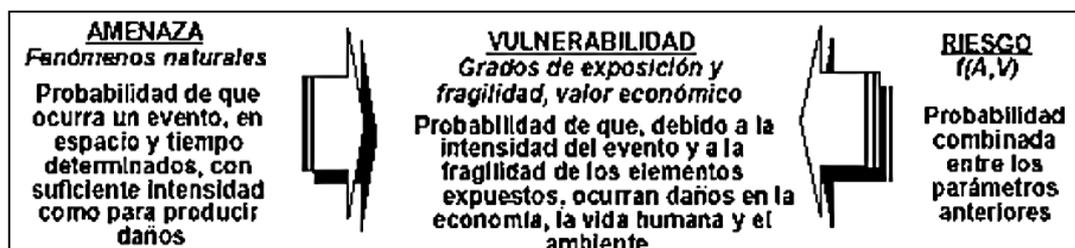


Figura 7. Correlación: Vulnerabilidad-Riesgo-Amenaza

Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)

1.3.5. Métodos Para Evaluar La Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones

Al hablar de analizar la vulnerabilidad sísmica en edificaciones, se proponen muchas técnicas y metodologías de distintos autores, para poder decidir una de estas se tendrán en cuenta factores como la particularidad del edificio, la naturaleza presentada en el lugar, recopilación de datos existentes, entre otras.

Actualmente subsisten diversas técnicas para analizar la vulnerabilidad sísmica estructural, estas técnicas comúnmente se clasifican en los métodos cualitativos y cuantitativos, y se distinguen por su nivel de dificultad, el cual va de la mano con el plan determinado.

En el análisis de las distintas escuelas del distrito de Reque se aplicará el método japonés de Hirozawa, ya que este método es empleado en edificios de concreto armado y albañilería como lo son los centros educativos. Actualmente es utilizado por el ámbito de la construcción en Latinoamérica.

1.3.5.1. Métodos Cualitativos

El planteamiento se basa en estudiar diversas estructuras de una forma fácil y rápida, trabajando particularmente con estructuras que necesiten de este análisis. Por lo general estos métodos se emplean para evaluar estructuras de forma masiva, para obtener el riesgo sísmico de una localidad ya sea de un distrito o ciudad, estos datos alcanzados no suelen ser definitivos, a no ser el caso de que sean comprobados y garanticen la seguridad de la edificación. (OPS, 2004).

Estos métodos emplean las características de las estructuras para calificarla, siendo los puntajes de acuerdo a la particularidad de la misma, ya sea por sus discontinuidades, en planta y elevación, por la zona en la que está ubicada, por el estado en que se encuentre, etc. Estas calificaciones son realizadas para establecer la vulnerabilidad en conceptos básicos y en pocas ocasiones el grado de deterioro ocasionado por un sismo. (OPS, 2004).

1.3.5.1.1. Método FEMA P-154 (ATC-21)

Este método es elaborado por el Consejo Aplicado de la Tecnología (ATC) por pedido de la Agencia Federal del Manejo de Emergencias (FEMA) con el fin de hallar la firmeza sísmica de estructuras reales. Cabe precisar que el FEMA P-154 diagnostica si las estructuras cuentan con un grado de vulnerabilidad pronunciado y proporción de colapso; por lo que este método es adecuado para evaluar gran número de estructuras por ser un estudio rápido, también ayuda a detectar que estructuras deben ser no habitables por su nivel de vulnerabilidad.

Debido a su procedencia este método fue primordialmente utilizado en los Estados Unidos, y gracias a su eficiente y sencillo uso, muchas naciones en el mundo lo emplean para estudiar rápidamente la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones importantes, estructuras escolares, establecimientos de salud, edificios, etc.

Con el fin de reconocer, registrar y organizar edificaciones vulnerables ante un sismo, es que surge la técnica de Investigación Visual Rápida (RVS, Rapid Visual Screening) que fue originado por empleadores e supervisores multidisciplinarios de estructuras públicas, capacitado en diseño, dueños de estructuras privadas, asociados de universidades que utilizan el método RVS como instrumento para su investigación y trabajo, público en general.

La realización de este procedimiento puede ser muy beneficioso ya que es utilizado de forma rápida y sencilla, además resulta muy económica al agrupar edificios con un gran peligro de colapso ante un sismo, ya que evita un análisis sísmico de alto costo para edificios individuales; este procedimiento se adapta a cualquier edificación, y su primordial función es encontrar estructuras que hayan sido levantadas anteriormente a las normas sísmicas, edificaciones en suelos suaves y relativamente pobres, edificaciones con un desempeño negativo ante eventos sísmicos; ya identificadas estas edificaciones se deberían realizar estudios más detallados sobre estas, para así poder hallar sus debilidades.

El RVS está basado en una indagación en el exterior de la estructura con una configuración basada en una recaudación de información, siendo este formato manejado por la persona que está a cargo de la evaluación. Este formato se adopta respecto a la zona y amenaza sísmica de la edificación, también se informa su uso y altura, una foto de la edificación y datos relacionados a su conducta sísmica. Para finalizar la recolección de datos se tiene que verificar el sistema estructural que resiste cargas laterales y los instrumentos estructurales de la edificación, siendo estos aspectos partes de un puntaje final.

Este puntaje consta de aspectos básicos para cada sistema estructural, por lo que el encargado de la investigación debe ir marcando el puntaje que le corresponda según su sistema estructural, luego el puntaje puede sumar o restar según las características que influyan en la conducta sísmica de la estructura, teniendo un rango en el puntaje básico de 0 a 7, donde a mejor puntuación actúa de forma positiva ante un sismo en la edificación y el puntaje de S de 2 es el límite en la norma del diseño sísmico, por lo tanto estos puntajes tendrían que ser investigadas rigurosamente.

Hay distintos pasos en el planteamiento del RVS la sucesión más común se da a notar en la posterior figura:

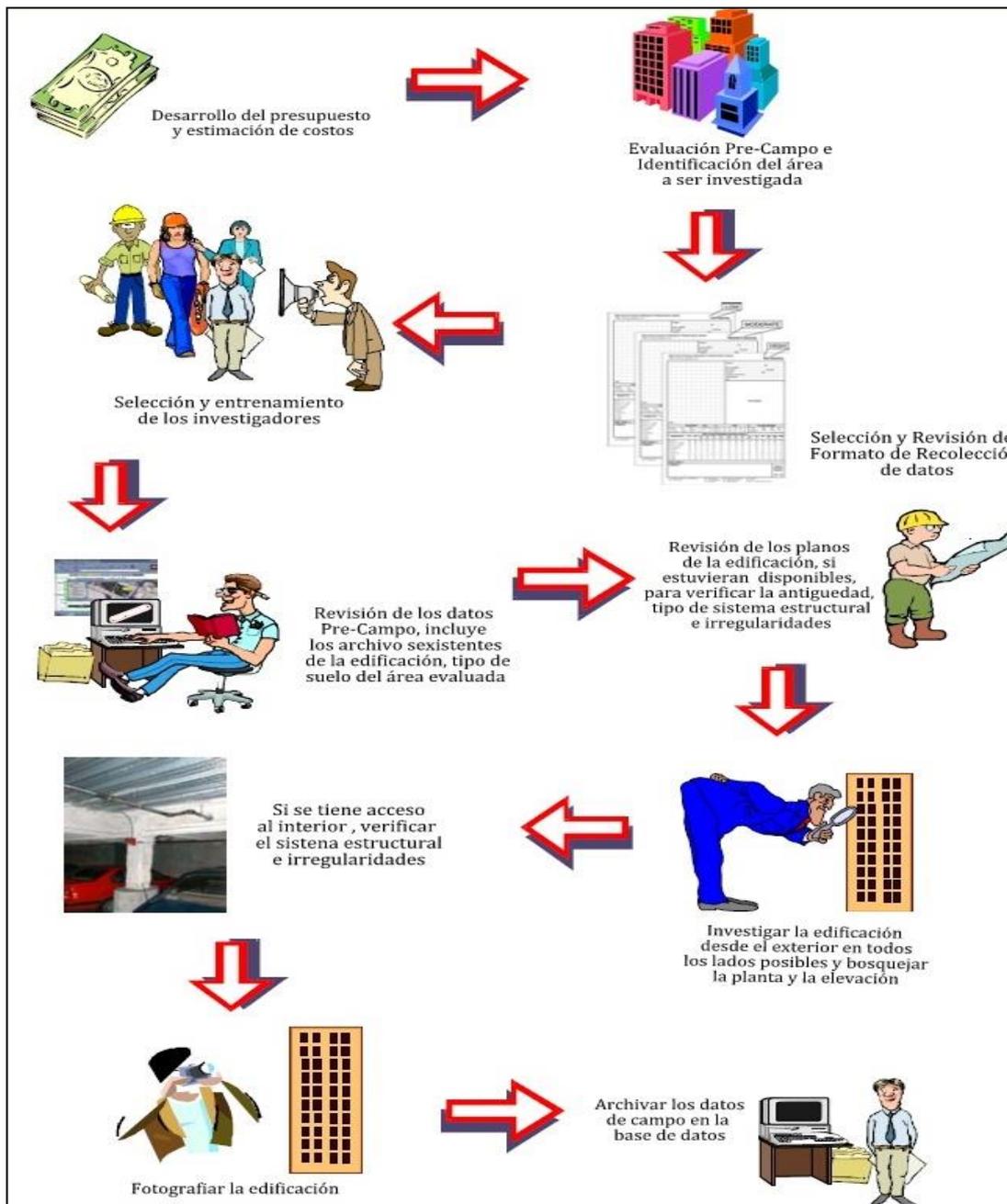


Figura 8. Técnica de investigación visual rápida

Fuente: Investigación Visual Rápida (A Handbook – FEMA 154)

1.3.5.1.2. Método del índice de vulnerabilidad Benedetti – Pretini

Esta metodología fue planteada en 1982 por los italianos Benedetti - Pretini, es una evaluación visual que se elabora básicamente por juicio de expertos, y se encargan de evaluar componentes estructurados y no estructurados, ante el deterioro de una edificación provocado por un sismo. La técnica del índice de vulnerabilidad se puede realizar en sistemas estructurales con albañilería confinada, no confinada y concreto armado. Esta metodología se implementó a estructuras con daños post sismo en diferentes

países del continente europeo, generando resultados muy confiables e incluso siendo de gran utilidad para el organismo gubernamental de protección civil en Italia.

Dentro de este método se propusieron cuatro tipos de vulnerabilidad: A, B, C, D; clasificando en un rango al tipo “A” como de alto grado y al tipo “D” como bajo grado, en la opinión de un experto. Estos tipos de vulnerabilidad son dañados por un valor numérico (Si) cuyos valores oscilan entre 0 y 45, finalmente se define un factor de peso (Wi) cuyos valores están entre 0.25 y 1.5, estos valores del (Wi) simboliza cada factor en efecto del sismo (adherido en la tabla 03). Entonces, el índice de vulnerabilidad Iv se obtiene con la siguiente ecuación:

$$Iv = \sum_{i=1}^{11} Si * Wi$$

Ecuación 3. Índice de vulnerabilidad, Benedetti - Petrini.

Dónde:

Si= Tipo de vulnerabilidad, valor numérico.

Wi= Importancia del parámetro, coeficiente de peso.

La tabla 03 nos muestra valores precedidos por el autor. Para hacer un uso beneficiario de esta tabla se necesita elaborar cálculos simples donde sus valores estarán entre 0 y 382.5, en otros casos solo se necesitará inspección visual. Es juicio del revisor decidir el empleo de una evaluación cuantitativo, debido a la simplicidad de esta técnica se pueden adoptar decisiones rápidas y lograr una notable mitigación de desastres. El método Bendetti – Petrini se da conocer en la tabla 03

Tabla 3. Propuesta de Benedetti – Petrini.

Parámetros	Tipo de Vulnerabilidad (SI)				PESO (WI)
	A	B	C	D	
1. Regulación de estructura resistente	0	5	20	45	1.00
2. Categoría de estructura resistente	0	5	25	45	0.25
3. Fuerza habitual	0	5	25	45	1.50
4. Postura del edificio y cimentación	0	5	25	45	0.75
5. Diafragma horizontal	0	5	15	45	1.00
6. Distribución en planta	0	5	25	45	0.50
7. Distribución en elevación	0	5	25	45	1.00
8. Separación máxima entre muros	0	5	25	45	0.25
9. Clase de cubierta	0	15	25	45	1.00

10. Componentes no estructurados	0	0	25	45	0.25
11. Condición de mantenimiento	0	5	25	45	1.00

Fuente: Mena, 2002.

1.3.5.2. Métodos Cuantitativos

Este método se rige a un proceso de indagación y plan antisísmico sugerido por la normativa actual, por lo que resulta indispensable para evaluar edificaciones primordiales, como las edificaciones educativas, establecimientos de salud, etc. por lo tanto, este método debe ser llevado rigurosamente. El propósito de esta metodología es revelar la conducta de las estructuras ante un sismo, ya que así se logra distinguir los distintos métodos a utilizar para evaluar a las mismas.

Los métodos cuantitativos a pesar de ser muy rigurosos no necesariamente son más precisos que los otros métodos, así mismo estos ayudan a los métodos cualitativos a que su estudio sea más exhaustivo, más preciso acerca de la firmeza de la edificación.

Normalmente los métodos cuantitativos o también llamados analíticos son desarrollados por modelamientos matemáticos de la edificación, adoptando aspectos como la relación suelo estructura con los componentes no estructurales, fuerzas actuales a la que está sujeta la edificación, distintos estudios para eventos sísmicos que se presenten a futuro, etc. Por lo tanto, estos métodos estiman posibles esfuerzos y deformaciones.

1.3.5.2.1. Método Japonés – Hirosawa

Este método fue desarrollado por Hirosawa apoyado por el ministerio de construcción de Japón, usualmente utilizado en este país. Esta técnica impulsa a evaluar la conducta sísmica por nivel de los edificios. Provisionalmente esta técnica fue elaborada para edificios de concreto armado con una altura de entre 6 a 8 pisos estructurados. Hoy en día este método es empleado en edificio de concreto armado y albañilería. (OPS, 2004).

Para evaluar la vulnerabilidad estructural se necesita determinar la disposición resistente, que se adapta a la geometría, el daño de la estructura en el grado de un eventual sismo, que según la zona de la edificación enfoca un riesgo sísmico determinado. Este método dispondrá de dos índices, el índice de vulnerabilidad estructural (I_s) y el índice

de juicio estructural (Iso), responsables de determinar cuan vulnerables son las estructuras ante un sismo.

Esta técnica permite evaluar la vulnerabilidad sísmica mediante tres grados de importancia, siendo uno más preciso que el siguiente debido al comportamiento de los sistemas estructurales. Donde el primero se basa en la función de los elementos estructurales. El segundo basado en el estudio del esfuerzo último de la edificación, adoptando un comportamiento de una estructura cortante para el método estructural, por lo tanto, se admite que hay desplazamientos horizontales en las uniones, en este grado también se compromete la geometría y el grado de deterioro que existe en la estructura. El tercer grado considera todo lo referente al segundo grado y agrega una evaluación de periodo, tiempo y situación de no linealidad del factor del sistema estructural.

En esta investigación se adopta la técnica de segundo grado para el estudio de la fragilidad estructural de todos los centros educativos del distrito de Reque, debido a que este método es el admitido por la OPS. En este estudio también se realizará con una evaluación de periodo – historia según los lineamientos de la normativa RNE E.030 para evidenciar los desvíos de entre piso

La vulnerabilidad estructural se da de la siguiente manera:

Adoptando a I_s mayor a I_{so} se determina que la estructura actúa positivamente ante un acontecimiento sísmico.

Considerando I_s menor a I_{so} se determina que la estructura actúa fragilmente ante un acontecimiento sísmico, considerándose no segura.

a. Cálculo del índice de vulnerabilidad estructural (I_s)

El I_s se determina de la siguiente manera:

$$I_s = E_o * SD * T \dots \dots \dots Ec. (4)$$

Dónde: E_o = es el índice sísmico fundamental de la conducta estructural, SD = es el índice de adecuación estructural, T = es el índice de daño de la estructura”.

Cálculo de E_o .

Este valor se adopta después de una evaluación singular del esfuerzo ultimo de corte de cada nivel. Este término varía dependiendo del sector, comienza añadiendo el área de las secciones transversales de una columna o muro y su resistencia de corte, superponiendo un factor (α_i) de acuerdo al grado de distorsión que se adquiere de los componentes que manipulan el comportamiento sísmico. Por lo tanto, la resistencia de los componentes verticales tendrá que ser incitado por un índice de ductilidad (F)

relacionados a los componentes en vertical y según hirosawa es equivalente a 1 ya que los encargados de controlar la falla en los bloques son las columnas y los muros de corte.

El índice E_0 es proporcionado al margen del factor de resistencia (C) y del factor de ductilidad (F).

$$E_0 = \alpha C * F \dots \dots \dots Ec. (5)$$

Para hallar E_0 , se organizarán los componentes verticales pertenecientes a una estructura:

Las columnas cortas, son las que en su relación h_0/D , entre el ancho de la sección transversal (D) y la altura libre (h_0), es \leq a 2. Ante un evento sísmico este tipo de apoyos esta resguardada por un error de corte dada por el poco desplazamiento en el que se obtiene la dureza y por la disminución del desplazamiento inelástico. Para establecer el grado libre se adoptó la aparición de los componentes arquitectónicos que resten al nivel de la columna.

Columnas, son todas las que la relación h_0/D es $>$ a 2.

Muros de concreto armado. Son los componentes de concreto armado con un corte transversal en que la correlación entre el lado mayor y menor del corte transversal es $>$ que 3.

Muros de albañilería. Son los que usualmente tienen poco o ningún esfuerzo, localizados dentro de los vanos de la subestructura sin separarlos de ella.

Muros de albañilería confinada o armada con componentes delgados de concreto armado, cadenas y pilares.

Estos muros son creados y edificados para cargar los pesos tanto verticalmente como horizontalmente de un piso inferior, hasta llegar a la cimentación, y los que aguantan las derivas de su mismo peso no serán tomados en cuenta, como parapetos y tabiques. (OPS, 2004)

De esta forma se lleva a cabo un procedimiento para encontrar la rigidez, y de tal manera considera una menor capacidad de desplazamientos inelásticos y espacio de disipar la energía presentada en columnas cortas y muros de albañilería sin la debida protección. (OPS, 2004)

Para calcular el índice E_0 , se hace lo siguiente:

$$E_o = \frac{(n_p + 1)}{(n_p + 1)} * \{\alpha_1 * (C_{mar} + C_{sc} + C_a + C_{ma}) + \alpha_2 * C_w + \alpha_3 * C_c\} * F \dots \dots \dots Ec. (6)$$

F resulta igual a 1,0 siempre y cuanto los muros de albañilería confinada soporten la carga de la estructura y se debe considerar una resistencia a la deformación inelástica para emplear componentes de confinamiento

Para hallar el desplazamiento del método se debe verificar las fallas de los componentes más débiles, aunque si la falla no produce un inconveniente con la inestabilidad del método, entonces el desplazamiento se evaluara según el grupo que aproxima y dejando de lado las resistencias de los componentes que tuvieron errores. (OPS, 2004)

Tabla 4. Valores de coeficiente α_i

Tipo	α_1	α_2	α_3	Modo de falla
A	1.0	0.7	0.5	Muros de rellenos de albañilería o columnas cortas o muros de albañilería no reforzada y parcialmente confinada o muros de albañilería confinada controlan la falla.
B	0.0	1.0	0.7	Muros de concreto armado controlan la falla.
C	0.0	0.0	1.0	Columnas de concreto armado controlan la falla.

Fuente: OPS

Tener en cuenta $(n+1)$ $(n+i)$ en un vínculo con el coeficiente del cortante basal y del coeficiente cortante del piso i , cuando los valores que se nombraron anteriormente funcionen según a la carga de la estructura arriba del grado establecido. (OPS, 2004)

Los indicativos de resistencia (C_i) se hallan de la siguiente forma:

$$C_{mar} = \frac{0.6 * 0.85 * \tau_o * \sum A_{mar}}{\sum_{j=i}^{np} W_j} \dots \dots \dots Ec. (7)$$

$$C_{sc} = \frac{f_c * 15 * \sum A_{sc}}{200 * \sum_{j=i}^{np} W_j} \dots \dots \dots Ec. (8)$$

$$C_{ma} = \frac{0.6 * (0.45 * \tau_o + 0.25 * \sigma_o) * \sum A_{ma}}{\sum_{j=i}^{np} W_j} \dots \dots \dots Ec. (9)$$

$$C_w = \frac{f_c * (30 * \sum A_{m1} + 20 * \sum A_{m2} + 12 * \sum A_{m3} + 10 * \sum A_{m4})}{200 * \sum_{j=i}^{np} W_j} \dots \dots \dots Ec. (10)$$

$$C_a = C_{ma} \dots \dots \dots Ec. (11)$$

$$C_c = \frac{f_c 10 * \sum A_{c1} + 7 * \sum A_{c2}}{200 * \sum_{j=i}^{np} W_j} \dots \dots \dots Ec. (12)$$

Estas ecuaciones están interpretadas en pesos=kgf, resistencias y tensiones=kgf/cm², Áreas= cm², por último, los coeficientes al lado de las áreas simbolizan la resistencia al corte de los componentes que pertenecen sistema sismo resistente, reflejados en kgf/cm² (OPS, 2004).

Cálculo de SD.

El factor SD cumple la función de medir la influencia de la modificatoria estructural de una estructura. Para este término se adoptan una serie de datos de planos de estructuras, sumado a visitas a la estructura, Usualmente se manejan características en relación al largo – ancho en planta, regularidad, dimensiones, grosor de las juntas de dilatación, subsistencia de sotano y semejanza del nivel de los pisos del edificio. (OPS, 2004).

Se manifiesta que para el primer nivel debemos hallar el SD con la siguiente ecuación:

$$S_d = \prod_{i=1}^8 q_i \dots \dots \dots Ec. (13)$$

Dónde: $q_i = \{1,0 - (1 - G_i) * R_i\}$ para $i = 1, 2, 3, 4, 5, 7$ y 8 . $q_i = \{1,2 - (1 - G_i) * R_i\}$ para $i = 6$.

Los coeficientes G_i y R_i sugeridos por esta metodología se dan a conocer en la Tabla 5.

Tabla 5. Estimación de G_i y R_i .

ITEMS (q_i)	G_i			R_i
	1.0	0.9	0.8	
1. Regularidad	Regular (a_1)	Mediano (a_2)	Irregular (a_3)	1.0
2. Relación largo-ancho	$B \leq 5$	$5 < B \leq 8$	$B > 8$	0.5
3. Contratación de planta	$0.8 \leq c$	$0.5 \leq c < 0.8$	$c < 0.5$	0.5
4. Atrio o patio interior	$R_{ap} \leq 0.1$	$0.1 < R_{ap} \leq 0.3$	$0.3 < R_{ap}$	0.5
5. Excentricidad de atrio o patio interior	$f_1 \leq 0.4$ $f_2 \leq 0.1$	$0.4 < f_1 \leq 0.6$ $0.1 < f_2 \leq 0.3$	$0.6 < f_1$ $0.3 < f_2$	0.3
6. Subterráneo	$1.0 \leq R_{as}$	$0.5 \leq R_{as} < 1.0$	$R_{as} < 0.5$	1.0
7. Junta de dilatación	$0.01 \leq s$	$0.005 \leq s < 0.01$	$s < 0.005$	0.5
8. Uniformidad de altura de piso	$0.8 \leq R_h$	$0.7 \leq R_h < 0.8$	$R_h < 0.7$	0.5

Fuente: Organización Panamericana de Salud

Sus particularidades:

1. Regularidad a_i : a_1 : La planta es proporcionada en cada lado y el área de salientes es $x \leq 10\%$ del área total de la planta. Son estimadas en el caso que $l/b \geq 0,5$.

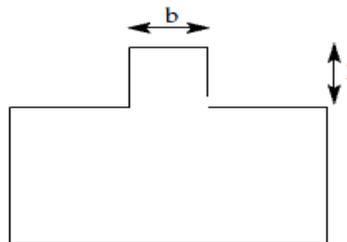


Figura 9. Regularidad en planta con áreas salientes

Fuente: OPS

a_2 : La planta es irregular, y el área de salientes es $x \leq 30\%$ del área del nivel. Aquí se visualizan las plantas tipo U, L, T y otras. a_3 : Es Irregular, inclusive menor que el caso a_2 , y el área de salientes es $x > 30\%$ del área de la planta.

2. Relación largo - ancho, B: Juicio entre el espacio mínimo y máximo de la planta. En las plantas tipo U, L, T u otras se supone el mayor lado como $2 \cdot l$, para l visualizado en la figura 10.



Figura 10. Relación largo - ancho en plantas tipo l y U.

Fuente: OPS

3. Contracción de planta, c:

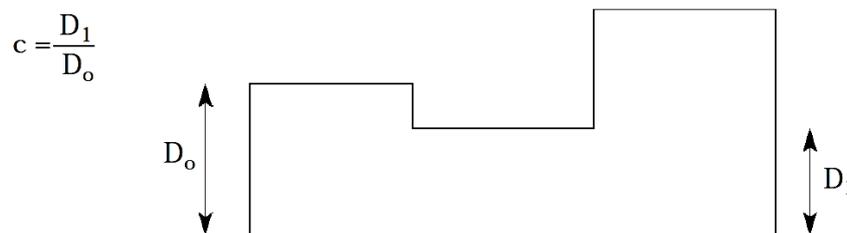


Figura 11. Contracción en planta.

Fuente: OPS

4. Atrio o patio interior, R_{ap} : Juicio entre el área del atrio y el Área tributaria de la planta, contenida el área del atrio. Por lo que una caja de escaleras fabricada con paredes de concreto no infiere en este estudio.

5. Excentricidad de atrio o patio interior, f: f1: Razón entre el recorrido del centro de la planta al centro del atrio y la longitud menor de la planta. f2: Razón entre el recorrido del centro de la planta al centro del atrio y la longitud mayor del nivel.

6. Subsuelo, Ras: Juicio del área medio de la planta de los sótanos al área medio de la planta del edificio.

7. Junta de dilatación, s: Este juicio se ejecuta a construcciones que presenten juntas de dilatación. Juicio entre el grosor de la junta de aumento sísmica y el nivel de donde se ubica hasta el suelo.

8. Semejanza entre alturas de pisos, Rh: Juicio entre la altitud del suelo mayor al calculado y la altitud de este. Para el suelo mayor, el suelo inminentemente mayor de esta variable es cambiado por el suelo inminentemente menor.

Según esta técnica, el importe de SD se realiza adoptando el resultado menos favorable, entre todos los ya logrados para las características de los distintos tipos de suelo, elegir el resultado más representativo de toda la edificación. (OPS, 2004).

Cálculo de T

Para hallar el coeficiente T se debe clasificar el grado del valor obtenido del deterioro de la edificación, dado por el tiempo de vida que posee o por haberse visto afectado por eventos sísmicos u otros factores que generaron un desgaste. El cálculo se determina con la información recopilada, pudiendo ser por las visitas a la edificación y por las referencias del dueño. (OPS, 2004)

A continuación, se precisa la tabla 6 que permite obtener este índice, considerando que puede resultar un único valor T hacia la edificación, y de no ser el caso se tendría que adoptar el importe más desfavorable de la Tabla 6.

Tabla 6. Importes del índice T para distintas causas y ejemplos de desgaste.

Deformación permanente (T1)	
Característica	T1
El edificio presenta inclinación debido a asentamiento diferencial.	0.7
El edificio está construido sobre relleno artificial.	0.9
El edificio ha sido reparado debido a deformaciones presentadas anteriormente.	0.9
Tiene visible deformación de vigas o columnas.	0.9
No presenta signos de deformación.	1.0
Grietas en muros o columnas debido a corrosión del acero de refuerzo (T2)	
Característica	T2
Presenta filtraciones con corrosión visible de armaduras.	0.8
Presenta grietas inclinadas visibles en columnas.	0.9
Presenta grietas visibles en muros.	0.9
Presenta filtraciones, pero sin corrosión de armaduras.	0.9
Nada de lo anterior.	1.0
Incendios (T3)	
Característica	T3
Ha experimentado incendio, pero no fue reparado.	0.7
Ha experimentado incendio y fue adecuadamente reparado.	0.8
No ha experimentado incendio	1.0
Uso del cuerpo o bloque (T4)	
Característica	T4
Almacena sustancias químicas.	0.8
No contiene sustancias químicas.	1.0
Tipo de daño estructural (T5)	
Característica	T5
Presenta daño estructural grave.	0.8
Presenta daño estructural fuerte.	0.9
Presenta daño estructural ligero o no estructural.	1.0

Fuente: Organización Panamericana de Salud

El principio para categorizar el deterioro afiliado al impacto se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Separación de deterioros provocados por eventos sísmicos.

Tipo de daño	Descripción
No estructural	Daños únicamente en elementos no estructurales
Estructural Ligero	Grietas de menos de 0.5 mm espesor en elementos de concreto armado. Grietas de menos de 3 mm de espesor en muros de albañilería.
Estructural fuerte	Grietas de 0.5 al 1 mm de espesor en elementos de concreto armado. Grietas de 3 a 10 mm de espesor en muros de albañilería.
Estructural grave	Grietas de más de 1 mm de espesor en elementos de concreto armado. Aberturas en muros de albañilería. Aplastamiento del concreto, rotura de estribos y pandeo del refuerzo en vigas, columnas y muros de concreto armado. Agrietamiento de capiteles y consolas. Desplome de columnas. Desplome del edificio de 1% de su altura. Asentamiento de más de 20 cm.

Fuente: OPS

b. Cálculo del índice de juicio estructural (Iso)

Obtenemos el índice en la siguiente manera:

$$I_{SO} = E_{SO} * Z * G * U \dots \dots \dots Ec. (14)$$

Se sostiene que:

Eso: El esfuerzo sísmico básico requerido. **Z:** El factor de la zona sísmica; este valor dependerá de la amenaza de la zonificación ($0.5 \leq Z \leq 1.0$). **G:** Es el factor de influencia del estado en que se localiza la geotecnia y la topografía. **U:** El factor de importancia de la estructura estimada como tipo de uso. (OPS, 2004)

El coeficiente “Eso” fue sugerida por hirosawa teniendo en cuenta las evaluaciones por deterioros en las estructuras producto de un terremoto, aparte la OPS aconseja que a pesar de los distintos análisis la resistencia solicitada sea dispuesta por el requisito de la resistencia elástica de la normativa en lugares que cuentan con un peligro sísmico pronunciado, aumentando a el coeficiente de reducción (R), por lo tanto, este parámetro se debe considera como el nivel de daño generado por la puesta fuera de servicio de la estructura. Entonces para poder calcular el Eso es indispensable revisar la norma local, en nuestro caso la R.N.E., por lo que se calcula por la expresión CS/R culminando la expresión del cortante basal condicionado en la norma E.030 para los factores uso y zona, generando su aparición en el método de hirosawa.

Y el valor G se estima 1.0 para una topografía sin pendientes e igual a 1.1 para zonas pendientes.

1.4. Formulación del problema

¿De qué forma se podría evaluar la vulnerabilidad sísmica de los centros educativos del distrito de Reque?

1.5. Justificación e importancia del estudio

1.5.1. Justificación Social

La presente tesis indica una justificación social, debido a el nivel de riesgo sísmico en el que se establecen los centros educativos del distrito de Reque, ya que estos centros educativos forman parte de las edificaciones esenciales, por lo tanto, sus funciones no deben quedar inmóviles posterior a un movimiento sísmico de gran envergadura, por lo que dichos edificios escolares podrían ser utilizados como posada para gran cantidad de afectados.

1.5.2. Justificación Económica

La presente tesis indica una justificación económica, debido a que los centros educativos están aventurados a una gran amenaza, por lo que la reparación de estas edificaciones consta de mayor envergadura, en comparación con las edificaciones no esenciales, por lo tanto, se desea impedir gastos ante una reparación futura o de ser posible su demolición por completo.

1.5.3. Justificación Técnica

La presente tesis tiene como fin evaluar la vulnerabilidad sísmica mediante el método de hirosawa, por lo tanto, se llevará con suma prudencia esta evaluación, que junto a investigaciones previas se obtendrá un formato que sea de suma ayuda para investigaciones futuras.

1.5.4. Importancia

Esta investigación es de suma importancia ya que el distrito de Reque forma parte de la zona sísmica con mayor peligrosidad (zona 4), por lo tanto, para centros

educativos su seguridad es esencial, ya que tienen gran cantidad de personas en sus interiores por extensas horas.

1.6. Hipótesis

Si evaluamos la vulnerabilidad sísmica de los centros educativos del distrito de Reque, se podrá determinar qué tan vulnerable serán estas edificaciones esenciales ante un evento sísmico severo.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

Determinar la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los centros educativos del distrito de Reque.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Identificar las patologías no estructurales y estructurales de los centros educativos del distrito de Reque, Chiclayo, Lambayeque.
- Determinar el índice de daño mediante de las patologías aplicando el método de Hirosawa en los centros educativos del distrito de Reque, Chiclayo, Lambayeque.
- Determinar la vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Hirosawa en los centros educativos del distrito de Reque.

II. Material y Método

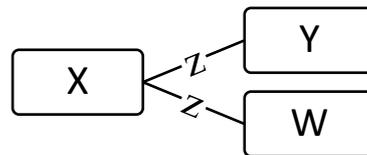
2.1. Tipo y diseño de investigación

2.1.1. Tipo de investigación:

Descriptiva, debido a que describe las características de las variables de investigación.

Sampieri (2015) dice, la investigación descriptiva es la que busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe la predisposición de un grupo o población.

2.1.2. Diseño de investigación



Donde:

X: Centros educativos sin vulnerabilidad sísmica

Y: Centros educativos con vulnerabilidad sísmica

W: Índice de daño

Z: Método Hirosawa

2.2. Población y Muestra

2.2.1. Población

Lista oficial de centros educativos en el distrito de Reque, ofrecida por el sistema virtual del ministerio de educación ESCALE.

Tabla 8. *Lista oficial de centros educativos públicos y privados del distrito de Requena.*

Nº	Nombre	Nivel / Modalidad	Gestión / Dependencia
1	019 MARIA ISABEL BURGOS DE OLIVA	Inicial - Jardín	Pública - Sector Educación
2	10043	Primaria	Pública - Sector Educación
3	10050	Inicial - Jardín	Pública - Sector Educación
4	10050	Primaria	Pública - Sector Educación
5	10051 SAN MARTIN DE THOURS	Primaria	Pública - Sector Educación
6	10051 SAN MARTIN DE THOURS	Secundaria	Pública - Sector Educación
7	10051 SAN MARTIN DE THOURS	Inicial - Jardín	Pública - Sector Educación
8	10052	Primaria	Pública - Sector Educación
9	10838	Primaria	Pública - Sector Educación
10	10838	Inicial - Jardín	Pública - Sector Educación
11	11259	Primaria	Pública - Sector Educación
12	11259	Inicial - Jardín	Pública - Sector Educación
13	11270	Primaria	Pública - Sector Educación
14	316 DISCIPULOS DE JESUS	Inicial - Jardín	Pública - Sector Educación
15	472 – RAYITOS DEL SOL	Inicial - Jardín	Pública - Sector Educación
16	ANA DE LOS ANGELES	Inicial - Jardín	Privada - Particular
17	ANA DE LOS ANGELES	Primaria	Privada - Particular
18	ANA DE LOS ANGELES	Secundaria	Privada - Particular
19	CONSTANTINO CARVALLO	Secundaria	Privada - Particular
20	DIEGO FERRE	Secundaria	Pública - Sector Educación
21	ESADE HISPANO AMERICANA	Inicial - Jardín	Privada - Particular
22	ESADE HISPANO AMERICANA	Primaria	Privada - Particular
23	ESADE HISPANO AMERICANA	Secundaria	Privada - Particular
24	JOSE ANTONIO ENCINAS	Primaria	Privada - Particular
25	MARIA MONTESSORI COLLEGE	Inicial - Jardín	Privada - Particular
26	MARY EMILY	Inicial - Jardín	Privada - Particular
27	MARY EMILY	Primaria	Privada - Particular
28	ROMA LEE COURVISIER	Inicial - Jardín	Privada - Instituciones Benéficas
29	ROMA LEE COURVISIER	Primaria	Privada - Instituciones Benéficas
30	ROMA LEE COURVISIER	Secundaria	Privada - Instituciones Benéficas
31	SAN MARTIN DE PORRES	Primaria	Privada - Parroquial
32	SAN MARTIN DE PORRES	Inicial - Jardín	Privada - Parroquial
33	SANTOS LLATAS COLLEGE	Secundaria	Privada - Particular

Fuente: sistema virtual del ministerio de educación (ESCALE).

2.2.2. Muestra – Caso de estudio

En esta investigación la muestra está conformada por cuatro centros educativos públicos, tales como: María Burga de la Oliva, Discípulos de Jesús, Rayitos del Sol y San Martín de Thours.

Estos centros educativos pertenecientes al distrito de Reque se ubican en la zona sísmica (Zona 4), por lo que se requiere de una evaluación de vulnerabilidad sísmica detallada, mediante el método de Hirosawa obtendremos el índice de daño de la estructura.

Institución Educativa 019 María Burga De La Oliva

Está situada en el distrito de Reque en la avenida Santa Rosa 316, está conformada por 4 pabellones de un solo nivel, siendo dos de estos de concreto armado y albañilería confinada, y los otros dos de material no constructivo como el adobe, esta institución es un centro educativo inicial.



Figura 12. Ubicación del centro educativo.

Fuente: Google Earth

Esta Institución educativa tiene un tiempo de vida de aproximadamente 41 años, cuenta con un área de 580.55 m² y un perímetro de 102.1m. En tanto a la infraestructura de la institución, cuenta con vigas y columnas de buenas dimensiones; los dos pabellones analizados no cuentan con losa aligerada, el techo es de una cobertura liviana (estructura metálica y viguetas de madera), así mismo no se encontraron planos e información pertinente que puedan favorecer la investigación.

Institución Educativa 316 Discípulos De Jesús

Está situada en el distrito de Reque en el sector las delicias en la Mz F lote 15, está conformada por 2 pabellones de un solo nivel, siendo este un centro educativo inicial.



Figura 13. *Ubicación del centro educativo.*

Fuente: Google Earth

Esta Institución educativa cuenta con dos pabellones uno del año 2006 y el otro de 2008, un área de 310.75 m² y un perímetro de 74.86m. En tanto a la infraestructura de la institución, cuenta con dimensiones de vigas y columnas ya establecidas en el manual de minedu para centros educativos públicos, el pabellón del año 2006 cuenta con una losa aligerada en forma de cono con un espesor que varía a lo largo de la losa, el pabellón del año 2008 tiene una losa aligerada de 20 cm de espesor, así mismo no se encontraron planos e información pertinente que puedan favorecer la investigación.

Institución Educativa 472 Rayitos Del Sol

Está situada en el distrito de Reque en el sector Nuevo Reque, está conformada por un pabellón con 3 bloques de un solo nivel, siendo este un centro educativo inicial.



Figura 14. *Ubicación del centro educativo.*

Fuente: Google Earth

Esta Institución educativa cuenta con un área de 652.65 m² y un perímetro de 117.05m. En tanto a la infraestructura de la institución, cuenta con dimensiones de vigas y columnas en forma de T y L ya establecidas en el manual de minedu para centros educativos públicos; la estructura tiene una losa aligerada de 20 cm de espesor, así mismo no se encontraron planos e información pertinente que puedan favorecer la investigación.

Institución Educativa 10051 San Martín De Thours

Está situada en el distrito de Reque en la calle José Balta S/N, está conformada por 6 pabellones, el pabellón A de 3 niveles, el pabellón B, C, D de 2 niveles y el pabellón E, F de un nivel, siendo este un centro educativo de inicial, primaria y secundaria.



Figura 15. *Ubicación del centro educativo.*

Fuente: Google Earth

Esta Institución educativa cuenta con 6 pabellones, un área de 5344.82 m² y un perímetro de 321.27m. En tanto a la infraestructura de la institución, cuenta con dimensiones de vigas y columnas en forma de T y L ya establecidas en el manual de minedu para centros educativos públicos; los pabellones cuentan con una losa aligerada de 20 cm de espesor, así mismo solo se encontró un plano de arquitectura con parte del colegio, no hubo más información sobre la institución que pueda favorecer la investigación.

2.3. Variables y Operacionalización

Tabla 9. Variables y operacionalización

Variable Independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnica	Instrumentos
Método Hirosawa	Según Pariona (2014), este método consta de 3 niveles de estudio, siendo uno más detallado que su antecesor, guiado por un estudio del comportamiento y resistencia del sistema estructural empleado.	Para la operación de este método se debe considerar la geometría y morfología de los elementos estructurales, así como el grado de deterioro e incidencia de la zona.	Estructuración	Planta	m	-Observación. -Revisión documentaria.	-Ficha de recolección de datos -Equipo de laboratorio
				Altura	m		
			Índice de juicio	Patologías estructurales	-----		
				Patología no estructural	-----		
			Índice de vulnerabilidad	Grado de lesión de patología	-----		
				Bajo	----		
Medio	-----						

Variable Dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Items	Técnica	Instrumentos
Índice de daño	Según la OPS (2004), este índice se determina de acuerdo al daño existente en la edificación, a consecuencia de la antigüedad y los sismos ocurridos in situ.	Este índice se obtiene de la data recopilada de la edificación y de antecedentes relatados por los titulares de la misma.	Patologías	Estructurales	m		
				No estructurales	m	-Observación -Revisión documentaria	-Ficha de recolección de datos -Equipo de laboratorio
			Uso de la edificación	A	mm		
				B	mm		
			C	-----			

Variable Dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Items	Técnica	Instrumentos
Vulnerabilidad sísmica	La OPS (2004), es el nivel de deterioro que sufren las edificaciones ante un evento sísmico y concierne a todo el planteamiento de la estructura, desarrollo constructivo y estado de los materiales utilizados.	Para obtener la vulnerabilidad sísmica surgen muchas propuestas y métodos, para elegir una de estas se debe tener en cuenta la particularidad de la estructura, la naturaleza en el lugar, datos existentes, entre otros.	Índice de vulnerabilidad	Medio	----		
				Bajo	---		
			Modelamiento estructural	-Cortante basal Desplazamientos	<u>Ton</u> cm	-Observación -Revisión documentaria	-Ficha de recolección de datos -Equipo de laboratorio
				-Derivas de entre piso	-----		

Fuente: Elaboración Propia

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.4.1. Instrumentos de recolección de datos

- a) **Contenido Bibliográfico:** Este ítem es fundamental para esta investigación debido a que gracias a este se pudieron seleccionar artículos de investigación, libros científicos e académicos, etc.
- b) **Entrevistas:** Se procedió a dialogar con personal de trabajo de las instituciones educativas, con el objetivo de indagar sobre la historia de las estructuras
- c) **Observación:** Este instrumento nos mostrara el estado de la edificación, tanto física y estructuralmente, con el fin de verificar la vigente condición de la estructura.
- d) **Documentación:** Concebidos por los permisos de ingreso a los centros educativos, planos, expedientes, cuaderno de obra, etc.
- e) **Norma E.030 2018:** Este instrumento es de suma importancia para el modelamiento de los centros educativos, la norma de Diseño Sismo resistente, nos brinda datos esenciales como los factores de amplificación sísmica, del tipo suelo, de reducción sísmica, de zona, de uso de la edificación, entre otros.
- f) **Modelamiento en Software Etabs 2019:** Se utilizó la versión 2019.1.0 para el modelamiento de los centros educativos a analizar, con el objetivo de examinar resultados y relacionarlos con el método de hirosawa.

2.5. Procedimiento de análisis de datos

2.5.1. Procesamiento de la información

Para analizar la información de esta investigación se indago al punto de verificar los planos de los centros educativos, tales como el María Burga De La Oliva, Discípulos De Jesús, Rayitos Del Sol y el San Martin De Thours; por lo que se logró conseguir poca información, se procedió a hacer un levantamiento in situ junto a la estructuración de la edificación, para hallar los metrados de cargas por piso.

2.5.2. Procedimiento de la investigación

En lo que corresponde a la aplicación del método de hirosawa, para determinar el índice de resistencia sísmica (I_s), se necesitó encontrar los valores de 3 índices, tales como el de la conducta estructural (E_o), el de forma estructural (S_d) y el de desgaste de la estructura (T); estos ítems son otorgados mediante tablas y formulas; para el índice de resistencia demandada (I_{so}), se tuvo en cuenta los parámetros de la norma E.030, siendo estos los factores de amplificación sísmica (C), del tipo suelo (S), de reducción sísmica (R), de zona (Z), de uso de la edificación (U) y las limitaciones topográficas del terreno (G).

Para calcular del índice de conducta estructural (E_o) se pusieron en función expresiones dadas por Hirosawa y por la norma E.030 2018, teniendo que calcular valores como la carga por piso por pabellón, el índice de resistencia para columnas (C_c) y el factor de reducción de fuerzas sísmicas (R).

Para el coeficiente de forma estructural (S_d), se tuvo que verificar en cada módulo 8 ítems expresados por hirosawa, como la regularidad de la estructura, la relación largo-ancho, contracción en planta, atrio o patios interiores, excentricidad en atrio, si cuenta con subterráneo, junta de dilatación y uniformidad de altura de piso, de todos estos ítems con valores ya establecidos, se adoptará el más desfavorable.

Para hallar el coeficiente de desgaste de la estructura (T) se tendrá en cuenta tablas proporcionadas por hirosawa, con la ayuda de estas tablas y las visitas a los centros educativos podremos adoptar el valor de T ya que los valores son de acuerdo al deterioro existente en la edificación.

Luego se procedió a realizar el estudio de mecánica de suelos, mediante calicatas a cielo abierto y uso de posteadora a los centros educativos a analizar, también se extrajeron muestras de diamantinas en un centro educativo (María Burga De La Oliva) y en los restantes se realizó el ensayo no destructivo con esclerómetro.

Por último, se empleó el software computacional Etabs 2019 v19.1.0, con el objetivo de hallar la vulnerabilidad sísmica cuantitativa para todos los centros educativos, considerando los parámetros otorgados por la norma E.030 2018.

2.6. Criterios Éticos

2.6.1. Ética para la recolección de datos

Para la adecuada ejecución de esta investigación, se presentó al directorio de los centros educativos los consentimientos pertinentes para lograr el acceso al interior de la institución. Ya que esta investigación podría ser tomada en cuenta en posteriores estudios, por lo tanto, se debe generar un expediente lo más preciso posible, y que los resultados sean los más contiguos a la verdad.

2.6.2. Ética de la publicación

Este proyecto tiene que ser identificado y referenciado por los beneficiarios que adoptaran la ideología de este estudio.

2.6.3. Ética de la aplicación

Este estudio será muy trascendente para que en un futuro se logren resultados sobresalientes, ya que este estudio se rige a las normas APA en la adquisición de fuentes de indagación, como respuesta a citar a los autores, en este caso sobre mi investigación.

2.7. Criterios de rigor científico

2.7.1. Replicabilidad

Este proceso será de sumo cuidado ante el manejo de sus resultados y datos obtenidos

2.7.2. Fiabilidad

Los resultados que se hallaron en la presente investigación, tales como estudio de mecánica de suelos, resultados en laboratorio, extracción de diamantinas, ensayo de esclerometría y modelamientos en el software etabs, con firma de los involucrados.

2.8. Diagrama de flujos de procesos

A continuación, se presenta el organigrama de flujos de procesos para este proyecto de investigación:

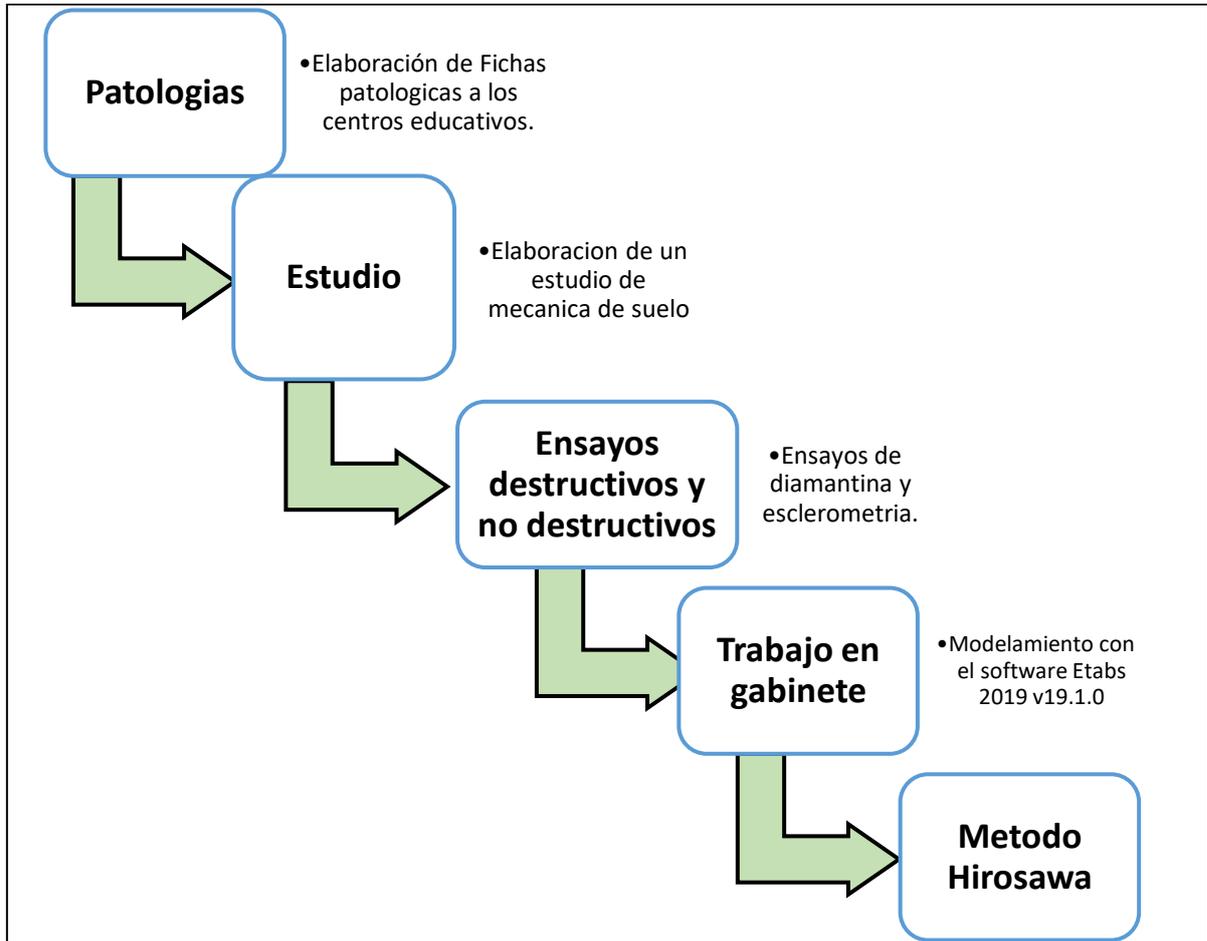


Figura 16. Organigrama de flujos de procesos.

Fuente: Elaboración propia

III. RESULTADOS

3.1. Patologías

Reflejar las patologías estructurales y no estructurales en las instituciones educativas del distrito de Reque.

- En la **I.E. María Burga de la Oliva**

Tabla 10. Ficha de patologías de la IE María Burga de la Oliva

FICHA DE PATOLOGIAS		
INSTITUCION EDUCATIVA MARIA BURGA DE LA OLIVA		
DATOS GENERALES	USO	Centro Educativo
	FECHA VISITA	12/08/2021
	AÑO DE CONSTRUCCIÓN	1981 - 2002
DESCRIPCIÓN	REGION	Lambayeque
	PROVINCIA	Chiclayo
	DISTRITO	Reque
-Desprendimiento debido al paso del tiempo originado por la humedad, cambios de temperatura, grietas, pérdidas de las propiedades del material, etc. - Fisuras verticales debido al asentamiento diferencial del terreno, ya que esta afecta a la estructura del edificio provocando unas tensiones y deformaciones de los materiales que no puede resistir sin fisurarse. - Grietas Verticales pronunciadas debido al asentamiento diferencial del terreno, generando desestabilización de las cargas en los muros	TIPO DE LESION (x)	
	HUMEDAD	
	SUCIEDAD	
	EFLORESCENCIA	
	EROSIÓN	
	FISURAS	X

o paredes de carga que reducen el comportamiento que cumplen las columnas las columnas.	GRIETAS	X
	CORROSION	
	DESPRENDIMIENTOS	X
	DEFORMACIONES	

Fuente: Elaboración propia



Figura 17. Grieta vertical en columna.

Fuente: Institución educativa María Burga de la Oliva

- En la **I.E. Discípulos de Jesús**

Tabla 11. Ficha de patologías de la IE Discípulos de Jesús

FICHA DE PATOLOGIAS		
INSTITUCION EDUCATIVA DISCÍPULOS DE JESÚS		
DATOS GENERALES	USO	Centro Educativo
	FECHA VISITA	12/08/2021
	AÑO DE CONSTRUCCIÓN	2006 - 2008
DESCRIPCIÓN	REGION	Lambayeque
	PROVINCIA	Chiclayo
	DISTRITO	Reque
<p>- Grieta entre columna y ventana, debido a una construcción deficiente, sobrecargas o un mal soporte del suelo y también puede ser causado por un mal asentamiento de los cimientos de la estructura.</p> <p>- Fisuras en el techo dadas por diversas razones, como por el paso del tiempo, la humedad del ambiente, la resistencia del terreno, mala calidad de los materiales, inadecuada aplicación de revestimientos, etc.</p> <p>- Grieta bajo una ventana, debido a la antigüedad de la estructura, empieza como una fisura donde ingresa la humedad y a partir de ahí se prolonga el problema, generando este tipo de grietas.</p>	TIPO DE LESION (x)	
	HUMEDAD	
	SUCIEDAD	
	EFLORESCENCIA	
	EROSIÓN	
	FISURAS	X
	GRIETAS	X
	CORROSION	
	DESPRENDIMIENTOS	
DEFORMACIONES		

Fuente: Elaboración propia



Figura 18. Grieta entre columna y ventana
Fuente: Institución educativa Discípulos de Jesús



Figura 19. Fisuras en el techo.
Fuente: Institución educativa Discípulos de Jesús



Figura 20. *Grieta entre columna y ventana.*
Fuente: Institución educativa Discípulos de Jesús

- En la **I.E. Rayitos del Sol**

Tabla 12. Ficha de patologías de la IE Rayitos del Sol

FICHA DE PATOLOGIAS		
INSTITUCION EDUCATIVA RAYITOS DEL SOL		
DATOS GENERALES	USO	Centro Educativo
	FECHA VISITA	13/08/2021
	AÑO DE CONSTRUCCIÓN	2014
DESCRIPCIÓN	REGION	Lambayeque
	PROVINCIA	Chiclayo
	DISTRITO	Reque
<ul style="list-style-type: none"> - Grieta debido al desperfecto en la técnica de unión, deformaciones de flexión de losas y vigas, debido a una construcción deficiente, sobrecarga o mal soporte del suelo. - Fisura debido a problemas de humedad, falta de adherencia entre ladrillo y mortero, también los sismos ejercen fuerzas repentinas a las estructuras, tomando por sorpresa a la edificación. - Grietas que siguen la línea de mortero en las paredes de ladrillo pueden indicar un defecto estructural, surgen generalmente debido a un asentamiento menor o una contracción normal. 	TIPO DE LESION (x)	
	HUMEDAD	
	SUCIEDAD	
	EFLORESCENCIA	
	EROSIÓN	
	FISURAS	X
	GRIETAS	X
	CORROSION	
	DESPRENDIMIENTOS	
DEFORMACIONES		

Fuente: Elaboración propia



Figura 21. Grieta debido a deficiencia en el método de unión.

Fuente: Institución educativa Rayitos del Sol

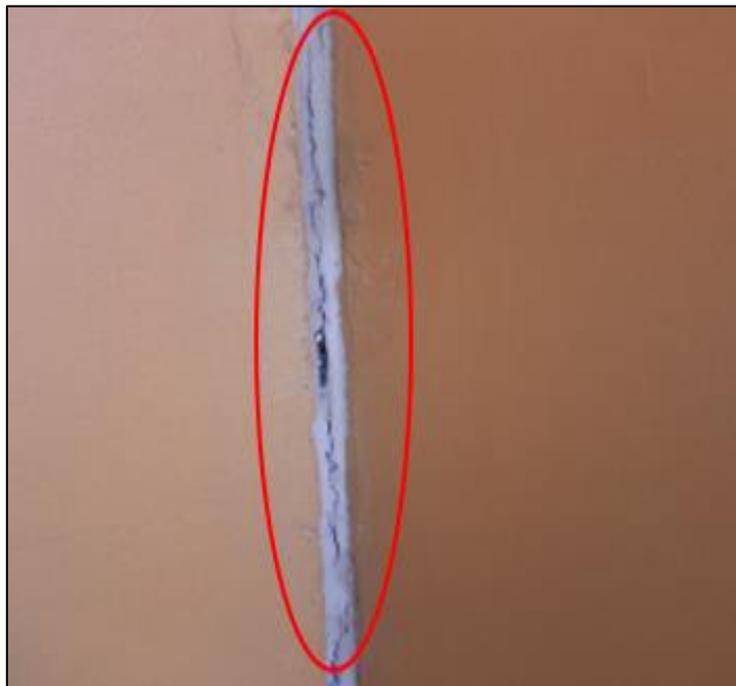


Figura 22. Fisura debido a problemas de humedad.

Fuente: Institución educativa Rayitos del Sol

- En la **I.E. San Martin de Thours**

Tabla 13. Ficha de patologías de la IE San Martin de Thours

FICHA DE PATOLOGIAS		
INSTITUCION EDUCATIVA SAN MARTIN DE THOURS		
DATOS GENERALES	USO	Centro Educativo
	FECHA VISITA	13/08/2021
	AÑO DE CONSTRUCCIÓN	1998 - 2006
DESCRIPCIÓN	REGION	Lambayeque
	PROVINCIA	Chiclayo
	DISTRITO	Reque
<p>- Humedad ambiental, debido al clima de la zona en la que se encuentra ubicada el colegio, siendo una zona costera se nota en invierno y en verano, cuando la sensación de frío y de calor se acentúa por culpa del ambiente húmedo.</p> <p>- Humedad dada por efecto de capilaridad, se genera cuando el agua ingresa a través del subsuelo de la estructura, esta sube gradualmente hasta llegar a los muros de la edificación.</p> <p>- Las grietas en zigzag o en escalón siguen la línea de mortero en las paredes de ladrillo debido a un defecto estructural, ya que su aparición también sugiere un mal asentamiento, son más comunes en paredes de ladrillo que de hormigón.</p>	TIPO DE LESION (x)	
	HUMEDAD	X
	SUCIEDAD	
	EFLORESCENCIA	
	EROSIÓN	
	FISURAS	X
	GRIETAS	X
	CORROSION	
	DESPRENDIMIENTOS	
DEFORMACIONES		

Fuente: Elaboración propia



Figura 23. *Humedad ambiental*

Fuente: Institución educativa San Martín de Thours



Figura 24. *Humedad por capilaridad*

Fuente: Institución educativa San Martín de Thours



Figura 25. *Grietas en Zigzag*

Fuente: Institución educativa San Martín de Thours

3.2. Estudio de mecánica de suelos

Tabla 14. Resultados del estudio de mecánica de suelos a los centros educativos

Ensayos	I.E. María	I.E. Discípulos de		I.E. Rayitos del Sol		I.E. San
	Burga de la Oliva	Jesús				Martin de Thours
Calicatas	C1	C2		C3		C4
Limite Liquido	M1: No Plástico (NP)	M1: 36.74	M2: 30.36	M1: 32.84	M2: 34.93	M1: No Plástico (NP)
Limite Plástico	M1: NP	M1: 20.84	M2: 20.87	M1: 19.24	M2: 20.03	M1: NP
Indicé de Plasticidad	M1: NP	M1: 15.90	M2: 9.49	M1: 13.61	M2: 14.90	M1: NP
Sales Solubles	Absolutos: ppm 3750 Absolutos en peso seco: % 0.37	M1: Absolutos: ppm 4167 Absolutos en peso seco: % 0.42	M2: Absolutos: ppm 2976 Absolutos en peso seco: % 0.30	M1: Absolutos: ppm 4375 Absolutos en peso seco: % 0.44	M2: Absolutos: ppm 3125 Absolutos en peso seco: % 0.31	Absolutos: ppm 8750 Absolutos en peso seco: % 0.88

Capacidad	M1:	M2:	M2:	M1:
Portante	C = 0.003	C = 0.181 kg/cm ²	C = 0.231 kg/cm ²	C = 0.006
(corte	kg/cm ²	∅ = 14.8°	∅ = 12.5°	kg/cm ²
directo)	∅ = 30.0°			∅ = 29.4°

Fuente: Elaboración propia

El estudio fue realizado mediante calicatas a cielo abierto, siendo sus coordenadas las siguientes:

- María Burga de la Oliva: 6°52'00.32" S - 79°49'12.28"- O
- Discípulos de Jesús: 6°53'01.34" S - 79°49'16.33"- O
- Rayitos del Sol: 6°52'49.20" S - 79°49'00.23"- O
- San Martin de Thous: 6°51'52.86" S - 79°48'56.58"- O



Figura 26. *Introduciendo las muestras de suelo al horno.*

Fuente: Laboratorio LEMS W&C EIRL-CHICLAYO



Figura 27. *Tamizado del suelo.*

Fuente: Laboratorio LEMS W&C EIRL-CHICLAYO



Figura 28. *Muestras de suelo recién retiradas del horno.*

Fuente: Laboratorio LEMS W&C EIRL-CHICLAYO



Figura 29. *Ensayo de Limites de consistencia*

Fuente: Laboratorio LEMS W&C EIRL-CHICLAYO



Figura 30. Ensayo de Límites de consistencia
Fuente: Laboratorio LEMS W&C EIRL-CHICLAYO

3.3. Ensayo de extracción de núcleos diamantinos (Diamantina)

Tabla 15. Resultados del ensayo de diamantinas en la IE. María Burga de la Oliva

Norma de Ensayo		Denominación		
NTP-339.059		Método para la obtención y ensayo de corazones diamantinos y vigas cortadas de hormigón (concreto)		
Muestra	Identificación	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Relación Longitud/Diámetro
1-1981	D-01 Columna	13.40	7.30	1.84
2-1981	D-02 Columna	13	7.30	1.78
3-2002	D-03 Columna	11.40	7.30	1.56
Norma de Ensayo		Denominación		
NTP-339.034		Método de ensayo normalizado para identificar la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.		

Muestra	Identificación	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia Corregida (kg/cm ²)
1-1981	D-01 Columna	7.30	41.9	5275	126	126
2-1981	D-02 Columna	7.30	41.9	4286	102	102
3-2002	D-03 Columna	7.30	41.9	4403	105	102

Fuente: Elaboración propia..

3.4. Ensayo para determinar el número de rebote del concreto endurecido (Esclerómetro)

Tabla 16. Resultados del ensayo de esclerómetro en la IE. María Burga de la Oliva

Norma de Ensayo	Denominación			
N.T.P. 399.181	Método de ensayo para determinar el número de rebote del hormigón (concreto) endurecido (esclerómetro)			
Muestra	Identificación	Año de Construcción	Ubicación según elemento	Número de Rebote - Promedio
1	E-01 Columna	1981	Centro	34.4
2	E-02 Columna	1981	Centro	32.7
3	E-03 Columna	1981	Centro	29.1
4	E-04 Columna	2002	Centro	29.2
5	E-05 Columna	2002	Centro	25.6
6	E-06 Viga	2002	Centro	25.1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. *Resultados del ensayo de esclerómetro en la IE. Discípulos de Jesús*

Norma de Ensayo	Denominación			
N.T.P. 399.181	Método de ensayo para determinar el número de rebote del hormigón (concreto) endurecido (esclerómetro)			
Muestra	Identificación	Año de Construcción	Ubicación según elemento	Número de Rebote - Promedio
1	E-01 Columna	2008	Centro	29.4
2	E-02 Columna	2008	Centro	29.2
3	E-03 Columna	2008	Centro	28.3
4	E-04 Columna	2006	Centro	23.1
5	E-05 Columna	2006	Centro	22.2
6	E-06 Viga	2006	Centro	24.6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. *Resultados del ensayo de esclerómetro en la IE. Rayitos del Sol*

Norma de Ensayo	Denominación			
N.T.P. 399.181	Método de ensayo para determinar el número de rebote del hormigón (concreto) endurecido (esclerómetro)			
Muestra	Identificación	Año de Construcción	Ubicación según elemento	Número de Rebote - Promedio
1	E-01 Columna	2014	Centro	25.6
2	E-02 Columna	2014	Centro	29.9
3	E-03 Viga	2014	Centro	30.5

Fuente: Elaboración propia

3.5.Derivas - Parámetros

Tabla 19. Resultados del análisis dinámico modal espectral

Descripción/Módulo Año / Bloque / Piso	Peso Edificación (Tn)		Tx (sg)	Ty (sg)	Ux Máx (cm)	Uy Máx (cm)	Derivas en X	Derivas en Y	
	C/Piso	Total							
I.E. Maria Burga de la Oliva	M-1981	49.20	49.20	0.242	0.224	0.3455	0.3671	0.006687	0.007106
	M-2002	16.34	16.34	0.408	0.266	0.9621	0.4212	0.019434	0.008508
I.E. Discípulos de Jesús	M-2006	54.34	54.34	0.302	0.309	0.5468	0.6091	0.010584	0.01179
	M-2008	68.05	68.05	0.31	0.32	0.5701	0.6288	0.011035	0.012169
I.E. Rayitos del Sol	M- 2014(B1)	57.39		0.181	0.13	0.2042	0.108	0.003952	0.00209
	M- 2014(B2)	97.81	210.01	0.118	0.105	0.0478	0.0858	0.000926	0.001661
	M- 2014(B3)	54.81		0.102	0.108	0.0596	0.0745	0.001153	0.001442
I.E. San Martin de Thours	M- 1998(P1)	508.5 8	893.17	0.357	0.413	0.1946	0.5406	0.003766	0.010464
	M- 1998(P2)	297.7 2		0.357	0.413	0.467	1.2103	0.005287	0.013007

M-1998(P3)	86.87		0.357	0.413	0.6419	1.6165	0.003433	0.00801
M-2006 (P1- B1-3)	318.1 2	425.36	0.263	0.212	0.1183	0.2888	0.00229	0.005589
M-2006 (P2- B1-3)	107.2 4		0.263	0.212	0.2379	0.5589	0.002333	0.005273
M-2006 (P1- B2)	432.1 4	574.29	0.231	0.271	0.1186	0.3464	0.002295	0.006705
M-2006 (P2- B2)	142.1 5		0.231	0.271	0.2393	0.6953	0.002355	0.0068
M-2006 (P1- B4)	56.74	56.74	0.114	0.087	0.0353	0.0779	0.000683	0.001507
M-2006 (P1- B5)	90.21	90.21	0.112	0.091	0.0765	0.0327	0.001481	0.000633

Fuente: Elaboración propia

3.6.Método Hirosawa

3.6.1. Institución Educativa María Burga de la Oliva

Los resultados mediante hirosawa para este centro educativo se brindan mediante una comparación entre el índice de juicio estructural (Iso) y el índice de vulnerabilidad (Is), en la siguiente tabla se aprecia que el índice de vulnerabilidad es mayor al índice de juicio estructural, finalmente en esta institución el modulo A y B no son vulnerables.

Tabla 20. *Resultados del método de hirosawa para la I.E. María Burga de la Oliva*

Módulo	Piso	Is	Iso	Estado
A	1°	1.25	0.52	Invulnerable
B	1°	0.77	0.52	Invulnerable

Fuente: Elaboración propia

3.6.2. Institución Educativa Discípulos de Jesús

Los resultados mediante hirosawa para este centro educativo se brindan mediante una comparación entre el índice de juicio estructural (Iso) y el índice de vulnerabilidad (Is), en la siguiente tabla se aprecia que el índice de vulnerabilidad en el módulo A es menor al índice de juicio estructural, por lo tanto, es vulnerable, caso contrario con el módulo B por lo que se considera invulnerable.

Tabla 21. *Resultados del método de hirosawa para la I.E. Discípulos de Jesús*

Módulo	Piso	Is	Iso	Estado
A	1°	0.41	0.52	Vulnerable
B	1°	0.80	0.52	Invulnerable

Fuente: Elaboración propia

3.6.3. Institución Educativa Rayitos del Sol

Los resultados mediante hirosawa para este centro educativo se brindan mediante una comparación entre el índice de juicio estructural (Iso) y el índice de vulnerabilidad (Is), en la siguiente tabla se aprecia que el índice de vulnerabilidad es mayor al índice de juicio estructural, finalmente en esta institución el modulo en sus tres bloques A, B y C no son vulnerables

Tabla 22. *Resultados del método de hirosawa para la I.E. Rayitos del Sol*

Bloque	Piso	Is	Iso	Estado
A	1°	1.25	0.52	Invulnerable
B	1°	1.35	0.52	Invulnerable
C	1°	1.51	0.52	Invulnerable

Fuente: Elaboración propia

3.6.4. Institución Educativa San Martín de Thours

Los resultados mediante hirosawa para este centro educativo se brindan mediante una comparación entre el índice de juicio estructural (Iso) y el índice de vulnerabilidad (Is), en la siguiente tabla se aprecia que el índice de vulnerabilidad es mayor al índice de juicio estructural, por consiguiente en esta institución el modulo A, B, C, D, E y F no son vulnerables.

Tabla 23. *Resultados del método de hirosawa para la I.E. San Martín de Thours*

Módulo	Piso	Is	Iso	Estado
A	1°	1.69	0.52	Invulnerable
A	2°	1.39	0.52	Invulnerable
A	3°	1.84	0.52	Invulnerable

B - D	1°	1.64	0.52	Invulnerable
B - D	2°	1.37	0.52	Invulnerable
C	1°	1.43	0.52	Invulnerable
C	2°	1.47	0.52	Invulnerable
E	1°	1.75	0.52	Invulnerable
F	1°	1.36	0.52	Invulnerable

Fuente: Elaboración propia

3.7. Discusión de Resultados

A partir de los hallazgos encontrados por (Alam & Haque, 2020), (Perrone et al., 2020), (Joshi et al., 2020), concuerdo en que se puede demostrar mediante una inspección visual rapida la vulnerabilidad sísmica en los centros educativos y así definirlos en porcentajes para una mejor apreciación de resultados. Mientras que el método de hirosawa se detalla en una comparación entre el índice de vulnerabilidad y el índice de juicio estructural, ya que si $I_s \geq I_{so}$ la estructura se considera invulnerable, mientras que si $I_s < I_{so}$ la estructura se considera vulnerable, siendo estos dos índices claves para hallar eficazmente la vulnerabilidad sísmica.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene (Liu et al., 2020), quien señala que mediante un índice de vulnerabilidad apropiado se obtendrá el grado de daño para un determinado número de edificaciones, en su investigación los índices medios de vulnerabilidad de los tres pueblos estudiados es 0.69, 0.70 y 0.76., en tanto que en el presente estudio el índice de vulnerabilidad para los centros educativos, varía entre 0.41 y 1.84.

Acorde con el estudio de (Ferreira et al., 2020) quien resalta que la evaluación de vulnerabilidad sísmica a gran escala es una herramienta valiosa para determinar el nivel de índice de daño de las estructuras, por lo tanto, concuerdo que cuando un edificio tiene un alto índice de vulnerabilidad, significa que es más probable sufrir mayores niveles de daño, incluso si es sometido a bajas intensidades sísmicas.

Estos resultados concuerdan con lo que sostienen (Aguilar et al., 2019), (Brando et al., 2019), quienes señalan que los estudios de vulnerabilidad sísmica permiten definir los niveles de rendimiento de las edificaciones frente a diferentes escenarios sísmicos, por lo que es de suma importancia respetar las demandas sísmicas peruanas, en la presente estudio el análisis del índice de daño mediante hirosawa nos permite recolectar y comparar datos de la norma peruana con la japonesa, para hallar eficazmente la vulnerabilidad sísmica en los centros educativos.

Esta investigación se relaciona con (De La Cruz et al., 2021) debido a que los valores de la configuración estructural debido a su condición de centros educativos, son prominentes debido a su estado regular en planta, su contracción en planta, su relación largo y ancho, para la posterior aplicación del método Hirosawa. El índice de demanda sísmica en su caso de estudio varía entre 0.41 y 1.10, en cuanto a la presente investigación se obtuvo un valor de 0.52 en todas las escuelas analizadas.

A partir de las patologías encontradas, tanto estructurales como no estructurales, se reconoce como disyuntiva general que los centros educativos tienden a sufrir fisuras, agrietamientos, humedad ambiental entre otras patologías, como menciona (De La Cruz et al., 2021) siendo predominantes las patologías estructurales, ello es acorde con lo que en este estudio se halla.

Para los valores alcanzados por el ensayo de resistencia a la compresión, se visualizan valores inferiores a la resistencia promedio para elementos estructurales que es de 210 kg/cm², según la RNE. E.060 de concreto armado, estos resultados para que se consideren como un concreto aceptable debería tener una resistencia a la compresión mayor al 75% del Fc promedio (157.50 kg/cm²), según la NTE. 122.E.060, por lo tanto, no cumple a las condiciones de la estructura en el centro educativo María Burga De la Oliva. En tanto en el ensayo no destructivo de esclerómetro, si cumple con dicha condición.

3.8. Aporte Práctico

3.8.1. Aporte N° 01” Reestructuración de módulos”

Este aporte se debe aplicar a los módulos que como resultado de esta investigación sean vulnerables, ya que se debe tener conciencia del gran número de personas que permanecen en los centros educativos, agregando que estos centros son utilizados como refugios ante eventos destructivos. Por lo tanto, la reestructuración es de mucha importancia, ya que adoptando esta medida se podrá poner a buen recaudo el bienestar de los alumnos y personal administrativo de las instituciones educativas.

3.8.2. Aporte N° 02” Reforzamiento Estructural”

Este aporte cumple un papel muy importante luego de la reestructuración, ya que permitirá que el centro educativo siga en funcionando sin riesgo alguno, optando por elementos que aporten rigidez a la estructura y puedan revertir lo evidenciado en esta investigación por el método de hirosawa y el modelamiento en Etabs v19.1.0., esto va generar que los desplazamientos entre piso resulten con valores inferiores y sean los aceptados por la NTE.030 de “Diseño Sismo resistente”. Otro beneficio de este aporte es que mejorara el funcionamiento de los elementos estructurados y no estructurados, con el fin de evitar el peligro de deficiencia en estos tales como columnas y vigas.

IV. Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

El análisis del índice de daño mediante el método de Hirosawa, manifiesta que, de todos los centros educativos estudiados, 6 módulos en San Martín de Thours, 2 módulos tanto en María Burga de la Oliva y Discípulos de Jesús y por último 3 módulos en la institución educativa Rayitos del Sol, solo un módulo es vulnerable, siendo el bloque A de la institución educativa Discípulos de Jesús.

Los valores obtenidos por su forma estructural son favorables debido a sus características en planta, ya que su relación largo y ancho es apropiada, igual que su contracción en planta. A pesar de eso luego de usar el método, dio como resultado valores inferiores en cuanto a la parte interior de la estructura.

Se realizó una inspección visual al estado actual de las estructuras y en concordancia a los datos actuales de la deformación permanente, se observó grietas en columnas, distintos tipos de daño estructural, esto fue un apoyo para analizar la clasificación de daños asociados a la edificación considerando ciertos parámetros, conteniendo estos en las mejores condiciones.

También se recolectaron datos insitu del terreno, como estudio de mecánica de suelos, se relacionaron parámetros de la norma japonesa y peruana, siendo estas el factor de influencia del terreno, factor de zona, factor de uso del edificio y la resistencia sísmica requerida, para poder hallar el índice de demanda sísmica, logrando un resultado de **0.52** en todos los centros educativos estudiados.

Luego de los estudios realizados se notó un concreto deficiente o no aceptable en la institución educativa María Burga de la Oliva ya que los módulos fueron construidos entre 1981 y 2002, por lo que el concreto muestra una baja calidad por su mismo tiempo de vida útil estructuralmente.

4.2. Recomendaciones

- Impulsar estudios de análisis de vulnerabilidad sísmica en centros educativos, siendo la finalidad evaluar el estado de estas edificaciones ante un sismo de gran magnitud y así llevar un control que genere acciones inmediatas y correctivas.
- Aprobar el método de índice de daño mediante Hirosawa para investigaciones a diversas instituciones educativas, debido a su confiabilidad y simplicidad, además este método se encuentra promovido en su lugar de origen como es Japón, siendo este un país con sismicidad alta, desarrollar un análisis detallado a edificaciones vulnerables y así evitar riesgos a los asistentes.
- Adicionar a la norma peruana parámetros del índice de Hirosawa, garantizados por la norma japonesa, realizar una confrontación rigurosa entre ambas normas y rescatar lo esencial para que en el país los estudios de vulnerabilidad sísmica sean más acertados.
- Dar a conocer los resultados de este estudio a las autoridades pertinentes del distrito de Reque y puedan conocer el valor de un estudio de vulnerabilidad sísmica en los centros educativos del distrito.

V. Referencias

Chouhan, S., Narang, A. and Mukherjee, M. (2022), "Multihazard risk assessment of educational institutes of Dehradun, Uttarakhand", *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-08-2021-0091>

Aroquipa, H., Hurtado, A. (2022). Seismic resilience assessment of buildings: A simplified methodological approach through conventional seismic risk assessment. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 77, 10.1016/j.ijdr.2022.103047

Muñoz, E., Ruiz, D., Prieto, J., & Ramos, A. (2016). ESTIMATION OF THE SEISMIC VULNERABILITY OF A BUILDING THROUGH INDISPENSABLE STRUCTURAL RELIABILITY. *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 31(2), 263-287,10.21311/002.31.2.14.

Julián, C. (2008). EVALUATION OF THE SEISMIC VULNERABILITY OF STRUCTURES USING A PERFORMANCE DESIGN. *Dyna*, 75(155), 91-102.

Maldonado Rondon, E., Gomez Araujo, I., & Chio Cho, G. (2007). Fuzzy sets application to assess the parameters of the masonry building seismic vulnerability. *Ingeniería y Desarrollo*, 22, 1-22.

Olarte, J., Julca, J., & Orbegoso, E. (2008). "EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO DEL CENTRO HISTÓRICO DE CHICLAYO". INDECI.

Pérez-Gavilan, J., Aguirre, J., & Ramirez, L. (2018). Seismicity and structural safety in buildings: lessons learned in Mexico. *Salud Pública de México*, 60(1), 41-51.

Ovando-Shelley, E., Ossa, A., & Santoyo, E. (2013). Effects of regional subsidence and earthquakes on architectural monuments in Mexico City. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 65(1), 157-167.

Motlagh, Z., Dehkordi, M., Eghbali, M., & Samadian, D. (2020). Evaluation of seismic resilience index for typical RC school buildings considering carbonate corrosion effects. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 46, 10.1016/j.ijdr.2020.101511.

D'Ayala, D., Galasso, C., Nassirpour, A., Adhikari, R., Yamin, L., Fernandez, R., . . . Oreta, A. (2020). Resilient communities through safer schools. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 45 , 10.1016/j.ijdr.2019.101446.

Anelli, A., Santa-Cruz, S., Vona, M., Tarque, N., & Laterza, M. (2019). A proactive and resilient seismic risk mitigation. *Structure and Infrastructure Engineering*, 15(2), 137-151, 10.1080/15732479.2018.1527373.

Santa-Cruz, S., De Córdova, G., Rivera-Holguin, M., Vilela, M., Arana, V., & Palomino, J. (2016). Social sustainability dimensions in the seismic risk reduction of

public schools: A case study of Lima, Peru. *Sustainability: Science, Practice, and Policy*, 12(1), 13, 10.1080/15487733.2016.11908152.

Spacone, E., Brando, G., Peruch, M., Mazzanti, C., Sovero, K., & Tarque, N. (2019). An Extensive Survey of the Historic Center of Cusco for Its Seismic Vulnerability Assessment. *RILEM Bookseries*, 18, 1257-1267, 10.1007/978-3-319-99441-3_135.

Liguori, N., Tarque, N., Bambaren, C., Santa-Cruz, S., Palomino, J., & Laterza, M. (2019). Basic Seismic Response Capability of Hospitals in Lima, Peru. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 13(2), 138-143, 10.1017/dmp.2018.47.

Román-De La Sancha, A., Mayoral, J., Hutchinson, T., Candia, G., Montgomery, J., & Tepalcapa, S. (2019). Assessment of fragility models based on the Sept 19th, 2017 earthquake observed damage. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 125, 10.1016/j.soildyn.2019.105707.

Palazzi, N., Rovero, L., De La Llera, J., & Sandoval, C. (2019). Preliminary Assessment on Seismic Vulnerability of Masonry Churches in Central Chile. *International Journal of Architectural Heritage*, 10.1080/15583058.2019.1570388.

Aguirre, P., Vásquez, J., de la Llera, J., González, J., & González, G. (2018). Earthquake damage assessment for deterministic scenarios in Iquique, Chile. *Natural Hazards*, 92(3), 1433-1461, 10.1007/s11069-018-3258-3.

Liu, Y., S. E., Li, Z., Su, G., Gross, L., Li, X., . . . Wu, L. (2020). Scenario-based seismic vulnerability and hazard analyses to help direct disaster risk reduction in rural Weinan, China. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 48, 10.1016/j.ijdr.2020.101577.

Joshi, G., Rautela, P., Ghildiyal, S., & Chauhan, R. (2020). Assessment of seismic vulnerability of health infrastructure in Uttarakhand: An earthquake prone Himalayan province of India. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 46, 10.1016/j.ijdr.2020.101506.

Alam, M., & Haque, S. (2020). Seismic vulnerability evaluation of educational buildings of Mymensingh city, Bangladesh using rapid visual screening and index based approach. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 11(3), 379-402, 10.1108/IJDRBE-07-2019-0043.

Ferreira, T., Rodrigues, H., & Vicente, R. (2020). Seismic vulnerability assessment of existing reinforced concrete buildings in urban centers. *Sustainability*, 12(5), 1-20, 10.3390/su12051996.

Brando, G., Cocco, G., Mazzanti, C., Peruch, M., Spacone, E., Alfaro, C., . . . Tarque, N. (2019). Structural Survey and Empirical Seismic Vulnerability Assessment of Dwellings in the Historical Centre of Cusco, Peru. *International Journal of Architectural Heritage*, 1-29, 10.1080/15583058.2019.1685022.

Aguilar, R., Noel, M., & Ramos, L. (2019). Integration of reverse engineering and non-linear numerical analysis for the seismic assessment of historical adobe buildings. *Automation in Construction*, 98, 1-15, 10.1016/j.autcon.2018.11.010.

Briceño, C., Moreira, S., Noel, M., Gonzales, M., Vila-Chã, E., & Aguilar, R. (2019). SEISMIC VULNERABILITY ASSESSMENT OF A 17th CENTURY ADOBE CHURCH IN THE PERUVIAN ANDES. *International Journal of Architectural Heritage*, 13(1), 140-152, 10.1080/15583058.2018.1497224.

Tarque, N., Crowley, H., Pinho, R., & Varum, H. (2012). Displacement-based fragility curves for seismic assessment of adobe buildings in Cusco, Peru. *Earthquake Spectra*, 28(2), 759-794, 10.1193/1.4000001.

Chácara, C., Cannizzaro, F., Pantò, B., Caliò, I., & Lourenço, P. (2019). Seismic vulnerability of URM structures based on a Discrete Macro-Element Modeling (DMEM) approach. *Engineering Structures*, 201, 10.1016/j.engstruct.2019.109715.

Yardim, Y., Mustafaraj, E., & Luga, E. (2020). Effects of Material Properties on Seismic Vulnerability Assessment of Unreinforced Masonry Buildings. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 24(5), 1557-1567, 10.1007/s12205-020-1066-2.

Perrone, D., O'Reilly, G., Monteiro, R., & Filiatrault, A. (2020). Assessing seismic risk in typical Italian school buildings: From in-situ survey to loss estimation. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 44, 10.1016/j.ijdr.2019.101448.

Davila, J.P. & Enriquez, R.A. (2019). EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA Y PROPUESTA DE REFORZAMIENTO AL “HOSPITAL REFERENCIAL FERREÑAFE” -PROVINCIA FERREÑAFE - REGIÓN LAMBAYEQUE-2018. (Tesis de grado) Universidad Señor de Sipán. Pimentel, Perú.

Aguirre, V.M. & Sandoval, A.A. (2019). VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO EL MÉTODO HIROSAWA EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA ELVIRA GARCÍA Y GARCÍA – CHICLAYO – PERÚ. (Tesis de grado) Universidad San Martín de Porres. Lima, Perú.

Samadian, D., Eghbali, M., Raissi Dehkordi, M., Ghafory-Ashtiany, M. (2020). Recovery and reconstruction of schools after M 7.3 Ezgeleh-Sarpole-Zahab earthquake of Nov. 2017; part I: Structural and nonstructural damages after the earthquake. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 139, 10.1016/j.soildyn.2020.106305

De La Cruz Diaz, D. R., Muñoz Pérez, S. P., & Marín Bardales, N. H. (2021). EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE DAÑO MEDIANTE HIROSAWA PARA DETERMINAR LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS EN LA VICTORIA, CHICLAYO. *Epistemia*, 5(1). doi:10.26495/re.v5i1.1837

Anexos

Anexo 1. Informes de estudio de mecánica de suelos



RNP - Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyceirl.com

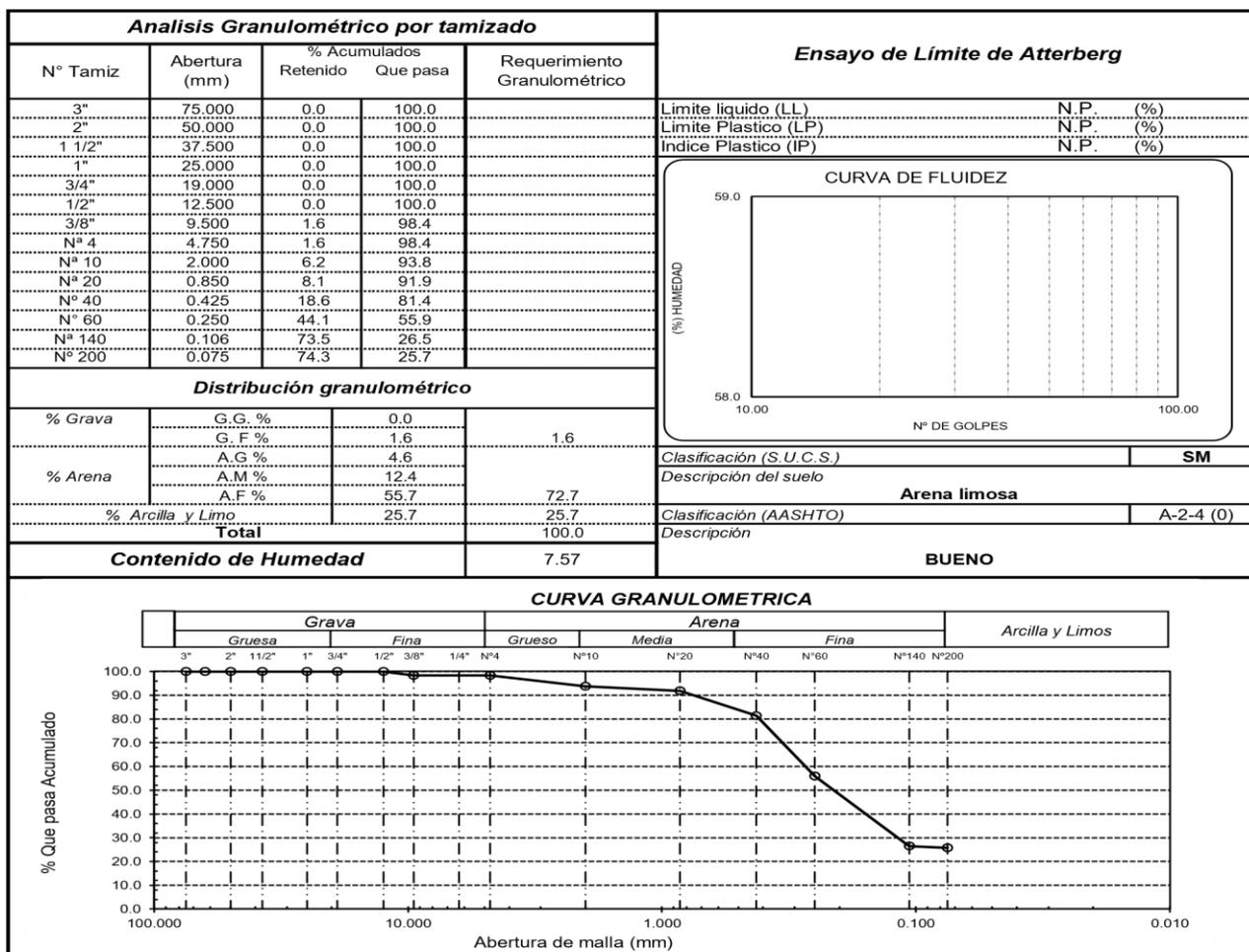
Solicitante : RANDY ENMANUEL ENRIQUEZ PORRAS
Proyecto / Obra : TESIS "ANALISIS DEL INDICE DE DAÑO MEDIANTE HIROSAWA PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD SISMICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL DISTRITO DE REQUE".
Centro Educativo :
Ubicación : I.E. María Burga de la Oliva
Fecha de apertura : Dist. Reque, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque
ENSAYO : Jueves, 12 de agosto del 2021.

NORMA DE REFERENCIA : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed. : N.T.P. 399.128 : 1999
: N.T.P. 399.131
: N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: C-1

Muestra: M - 1

Profundidad: 0.10 - 3.00m



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

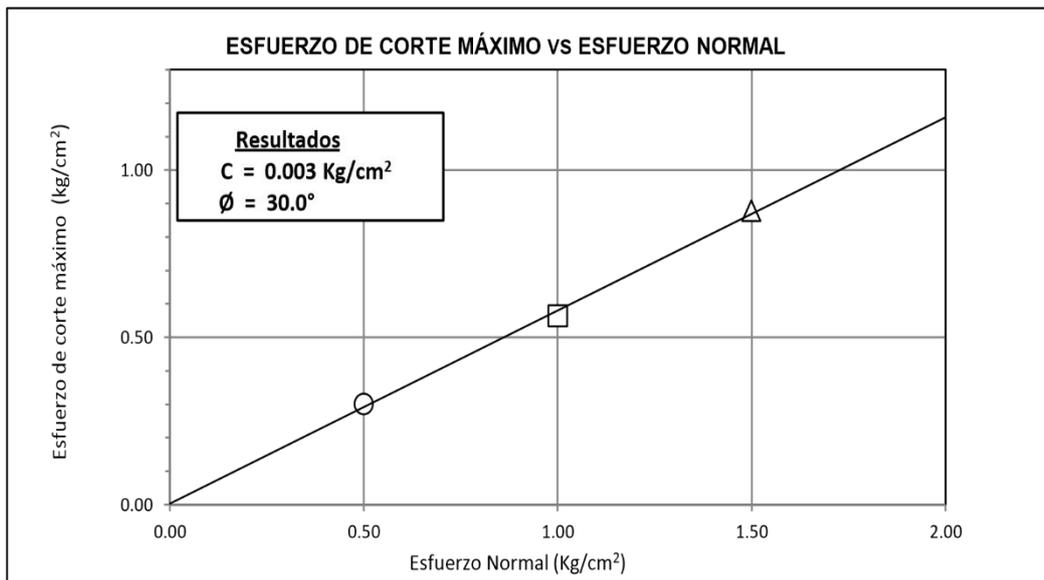
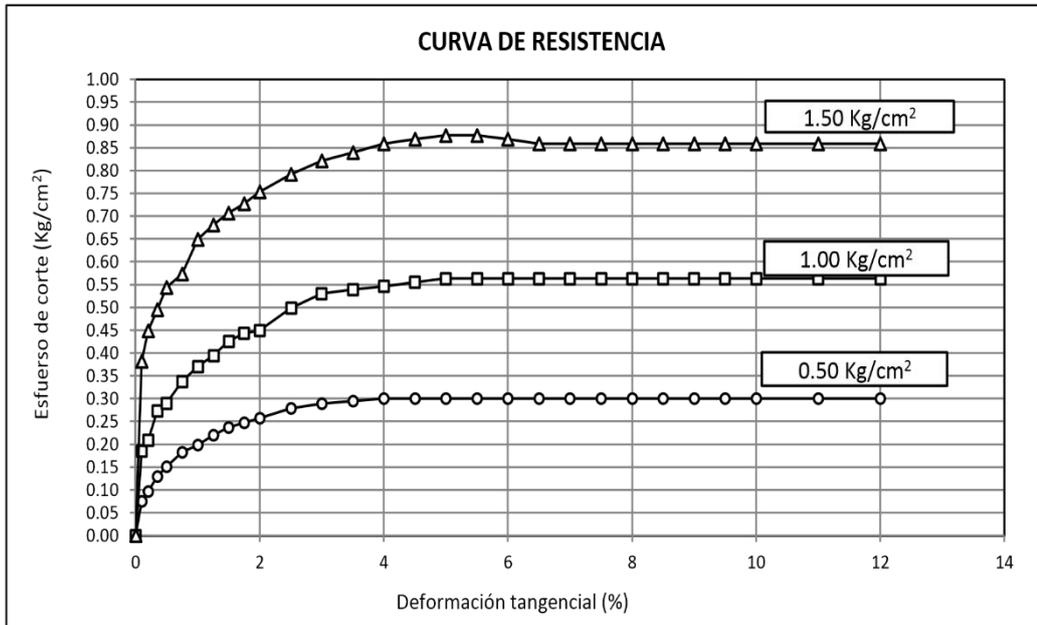
Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

9.50	0.300	0.600	9.50	0.564	0.564	9.50	0.859	0.573
10.00	0.300	0.600	10.00	0.564	0.564	10.00	0.859	0.573
11.00	0.300	0.600	11.00	0.564	0.564	11.00	0.859	0.573
12.00	0.300	0.600	12.00	0.564	0.564	12.00	0.859	0.573

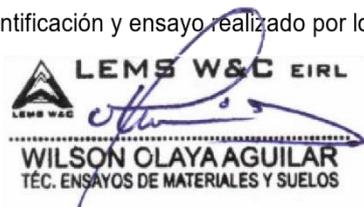
Calicata: C-1

Muestra: M-1

Profundidad : 0.00m - 3.00m.



- Muestreo, identificación y ensayo realizado por los testistas.



- Muestra separada por la Mafra N° 10 y Remolqueada.



LEMS W&C EIRL

RNP - Servicios S0608589

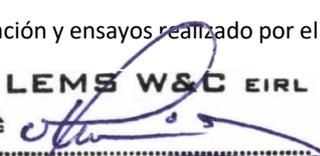
Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitante : RANDY ENMANUEL ENRIQUEZ PORRAS
Proyecto / Obra : TESIS "ANÁLISIS DEL INDICE DE DAÑO MEDIANTE HIROSAWA PARA
EVALUAR LA VULNERABILIDAD SISMICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL DISTRITO DE
REQUE"
Centro Educativo Ubicación : I.E. Maria Burga de la Oliva
Fecha de ensayo : Dist. Reque, Prov. Chiclayo, Dpto Lambayeque.
: Jueves, 12 de agosto del 2021.
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo normalizado para la determinación del
REFERENCIA contenido de sales solubles en suelo y agua subterránea.
: NORMA N.T.P. 399.152 : 2002

Calicata	: C - 1		
Muestra	: M - 1		
Profundidad	: 0.00 m. - 3.00 m		
Constituyentes de sales solubles totales		ppm	3750

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904



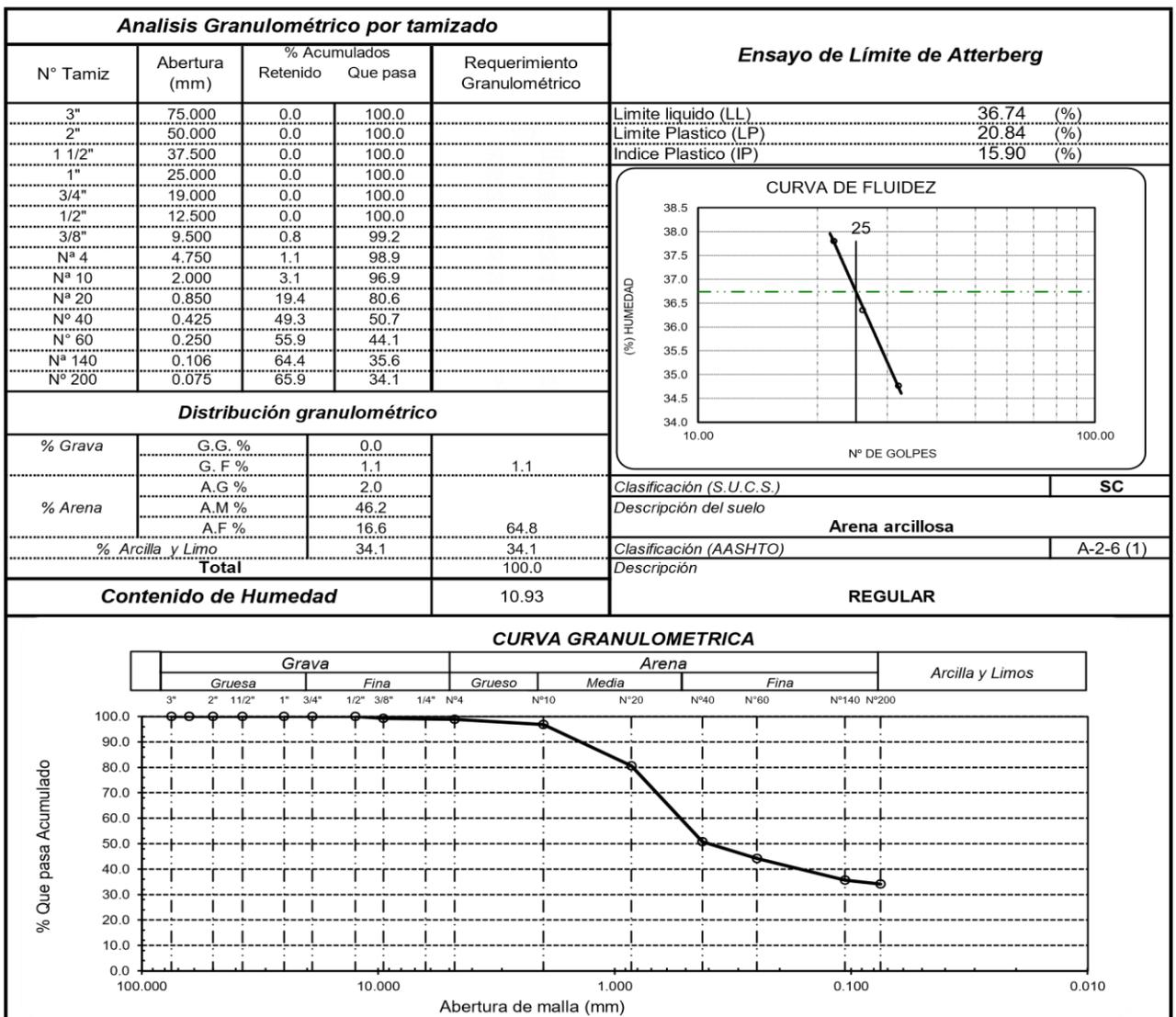
Solicitante : RANDY ENMANUEL ENRIQUEZ PORRAS
 Proyecto / Obra : TESIS "ANALISIS DEL INDICE DE DAÑO MEDIANTE HIROSAWA PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD SISMICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL DISTRITO DE REQUE".
 Centro Educativo : VULNERABILIDAD SISMICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL DISTRITO DE REQUE".
 Ubicación : I.E. DISCIPULOS DE JESÚS
 Fecha de apertura : Dist. Reque, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque
 ENSAYO : Jueves, 12 de agosto del 2021.

NORMA DE REFERENCIA : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed. : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 399.127: 1998

Calicata: C-1

Muestra: M - 1

Profundidad: 0.40 - 1.60m



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.



WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904



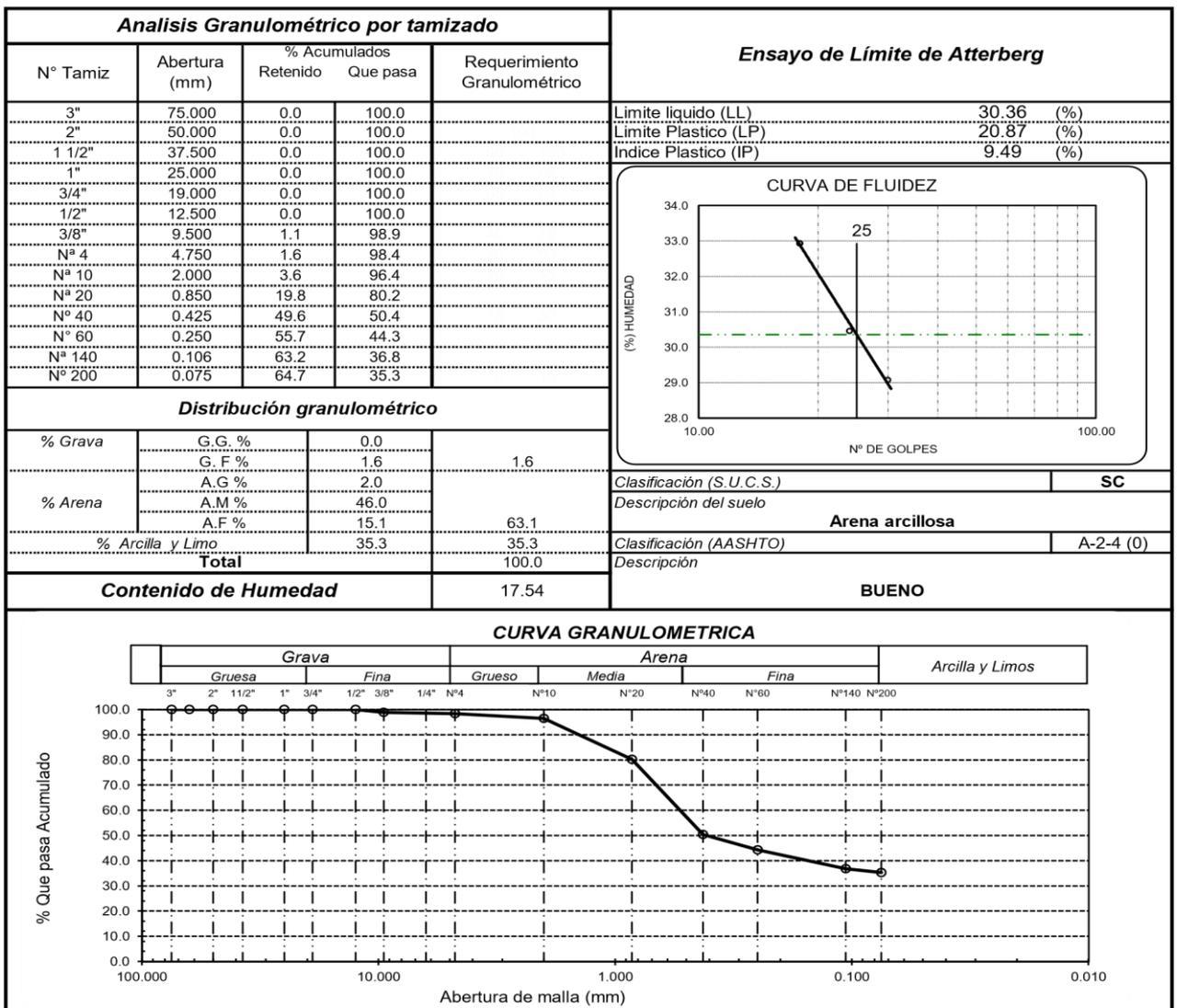
Solicitante : RANDY ENMANUEL ENRIQUEZ PORRAS
 Proyecto / Obra : TESIS "ANALISIS DEL INDICE DE DAÑO MEDIANTE HIROSAWA PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD SISMICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL DISTRITO DE REQUE".
 Centro Educativo : VULNERABILIDAD SISMICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL DISTRITO DE REQUE".
 Ubicación : I.E. DISCÍPULOS DE JESÚS
 Fecha de apertura : Dist. Reque, Prov. Chiclayo, Reg.Lambayeque
 ENSAYO : Jueves, 12 de agosto del 2021.

NORMA DE REFERENCIA : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed. : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 399.127: 1998

Calicata: C-1

Muestra: M - 2

Profundidad: 1.60 - 3.00m



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.





Solicitante : RANDY ENMANUEL ENRIQUEZ PORRAS
Proyecto / Obra : TESIS "ANALISIS DEL INDICE DE DAÑO MEDIANTE HIROSAWA PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD SISMICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL DISTRITO DE REQUE".

Institución Educativa : I.E. Discípulos de Jesús

Ubicación : Dist. Reque, Prov. Chiclayo, Reg.Lambayeque

Ensayo : Suelos. Método De Ensayo Normalizado Para El Corte Directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas. 1a Edición

Referencia : NTP 339.171:2002 (revisada el 2017)

Calicata: C-1 Muestra: M-2 Profundidad : 1.60m - 3.00m.

ESPECIMEN	DENSIDAD REMOLDEADA	DENSIDAD SECA	ESFUERZO NORMAL	HUMEDAD NATURAL	HUMEDAD SATURADA	ESFUERZO CORTE MÁX.
N°	g/ cm ³	g/ cm ³	kg/ cm ²	%	%	kg/ cm ²
Nº 01	1.927	1.637	0.50	17.75	22.95	0.306
Nº 02	1.932	1.641	1.00	17.74	22.77	0.458
Nº 03	1.930	1.639	1.50	17.71	22.51	0.570

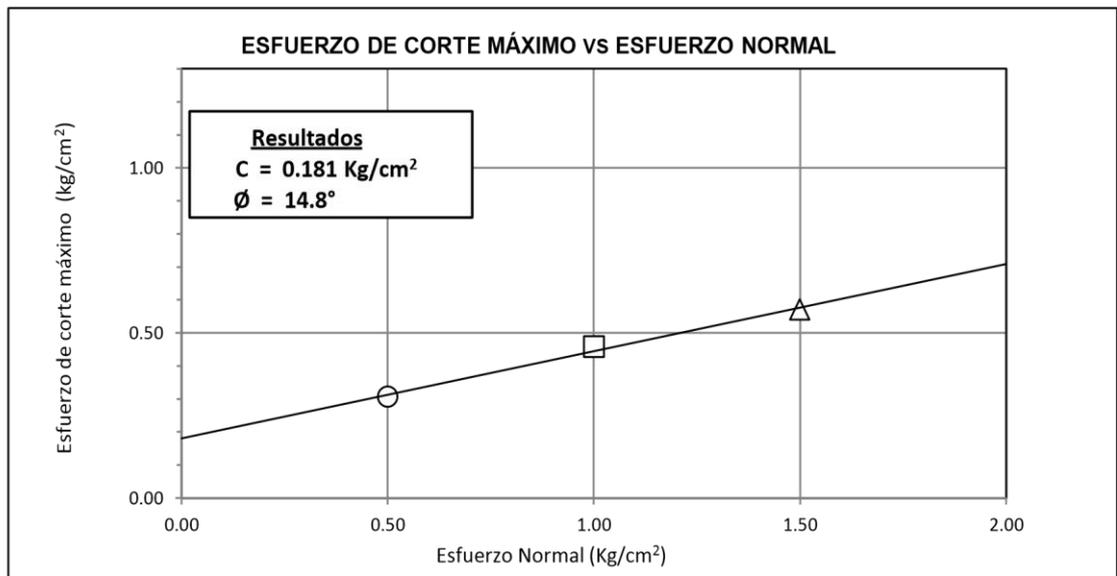
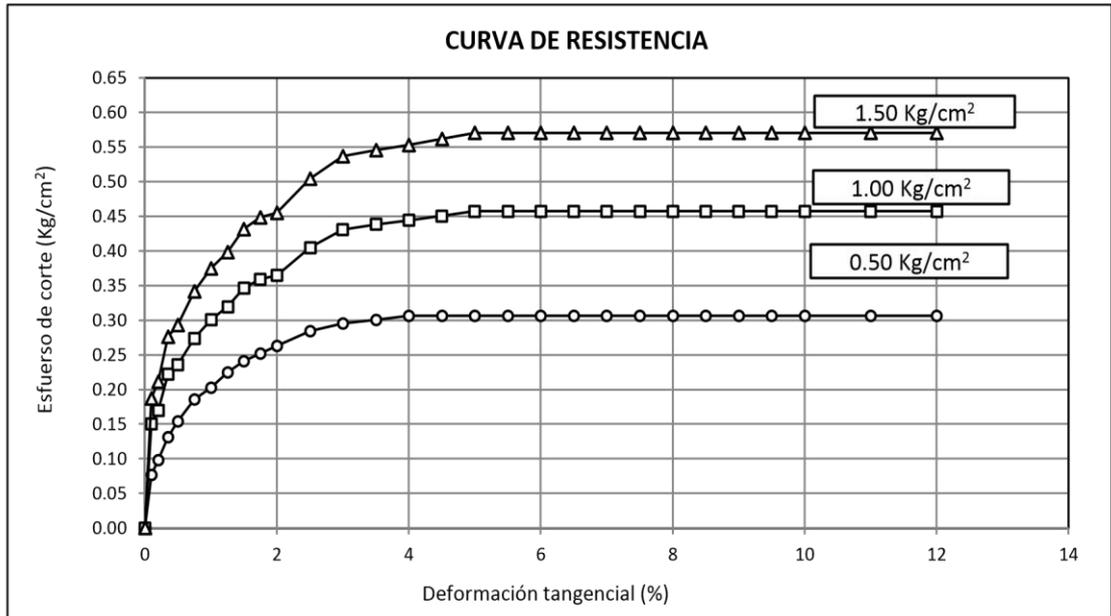
ESPECIMEN N° 1			ESPECIMEN N°2			ESPECIMEN N°3		
DEFORMACIÓN TANGENCIAL (%)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/Cm ²)	ESFUERZO NORMALIZ. (Kg/Cm ²)	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (%)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/Cm ²)	ESFUERZO NORMALIZ. (Kg/Cm ²)	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (%)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/Cm ²)	ESFUERZO NORMALIZ. (Kg/Cm ²)
0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.10	0.077	0.153	0.10	0.150	0.150	0.10	0.187	0.125
0.20	0.098	0.197	0.20	0.170	0.170	0.20	0.212	0.141
0.35	0.131	0.263	0.35	0.222	0.222	0.35	0.276	0.184
0.50	0.154	0.307	0.50	0.236	0.236	0.50	0.293	0.196
0.75	0.186	0.372	0.75	0.274	0.274	0.75	0.342	0.228
1.00	0.202	0.405	1.00	0.301	0.301	1.00	0.375	0.250
1.25	0.225	0.449	1.25	0.320	0.320	1.25	0.399	0.266
1.50	0.241	0.482	1.50	0.346	0.346	1.50	0.432	0.288
1.75	0.252	0.504	1.75	0.360	0.360	1.75	0.448	0.299
2.00	0.263	0.526	2.00	0.365	0.365	2.00	0.455	0.303
2.50	0.284	0.568	2.50	0.405	0.405	2.50	0.505	0.336
3.00	0.295	0.590	3.00	0.431	0.431	3.00	0.537	0.358
3.50	0.301	0.601	3.50	0.438	0.438	3.50	0.546	0.364
4.00	0.306	0.613	4.00	0.444	0.444	4.00	0.553	0.369
4.50	0.306	0.613	4.50	0.451	0.451	4.50	0.562	0.374
5.00	0.306	0.613	5.00	0.458	0.458	5.00	0.570	0.380
5.50	0.306	0.613	5.50	0.458	0.458	5.50	0.570	0.380
6.00	0.306	0.613	6.00	0.458	0.458	6.00	0.570	0.380
6.50	0.306	0.613	6.50	0.458	0.458	6.50	0.570	0.380
7.00	0.306	0.613	7.00	0.458	0.458	7.00	0.570	0.380
7.50	0.306	0.613	7.50	0.458	0.458	7.50	0.570	0.380
8.00	0.306	0.613	8.00	0.458	0.458	8.00	0.570	0.380
8.50	0.306	0.613	8.50	0.458	0.458	8.50	0.570	0.380
9.00	0.306	0.613	9.00	0.458	0.458	9.00	0.570	0.380

9.50	0.306	0.613	9.50	0.458	0.458	9.50	0.570	0.380
10.00	0.306	0.613	10.00	0.458	0.458	10.00	0.570	0.380
11.00	0.306	0.613	11.00	0.458	0.458	11.00	0.570	0.380
12.00	0.306	0.613	12.00	0.458	0.458	12.00	0.570	0.380

Calicata: C-1

Muestra: M-2

Profundidad : 1.60m - 3.00m.



- Muestreo, identificación y ensayo realizado por los testistas.



- Muestra separada por la Malla N° 10 y Remojada.



RNP - Servicios S0608589

LEMS W&C EIRL

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Chiclayo – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitante : RANDY ENMANUEL ENRIQUEZ PORRAS
Proyecto / Obra : TESIS "ANÁLISIS DEL INDICE DE DAÑO MEDIANTE HIROSAWA PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD SISMICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL DISTRITO DE REQUE"
Centro Educativo : I.E. Discipulos de Jesus
Ubicación : Dist. Reque, Prov. Chiclayo, Dpto Lambayeque.
Fecha de ensayo : Jueves, 12 de agosto del 2021.

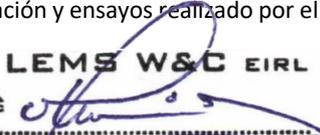
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelo y agua subterránea.

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.152 : 2002

Calicata : C - 1		
Muestra : M -1		
Profundidad : 0.40 m. - 1.60 m		
Constituyentes de sales solubles totales	ppm	4167
Calicata : C - 1		
Muestra : M -2		
Profundidad : 1.60 m. - 3.00 m		
Constituyentes de sales solubles totales	ppm	2976

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.



WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904



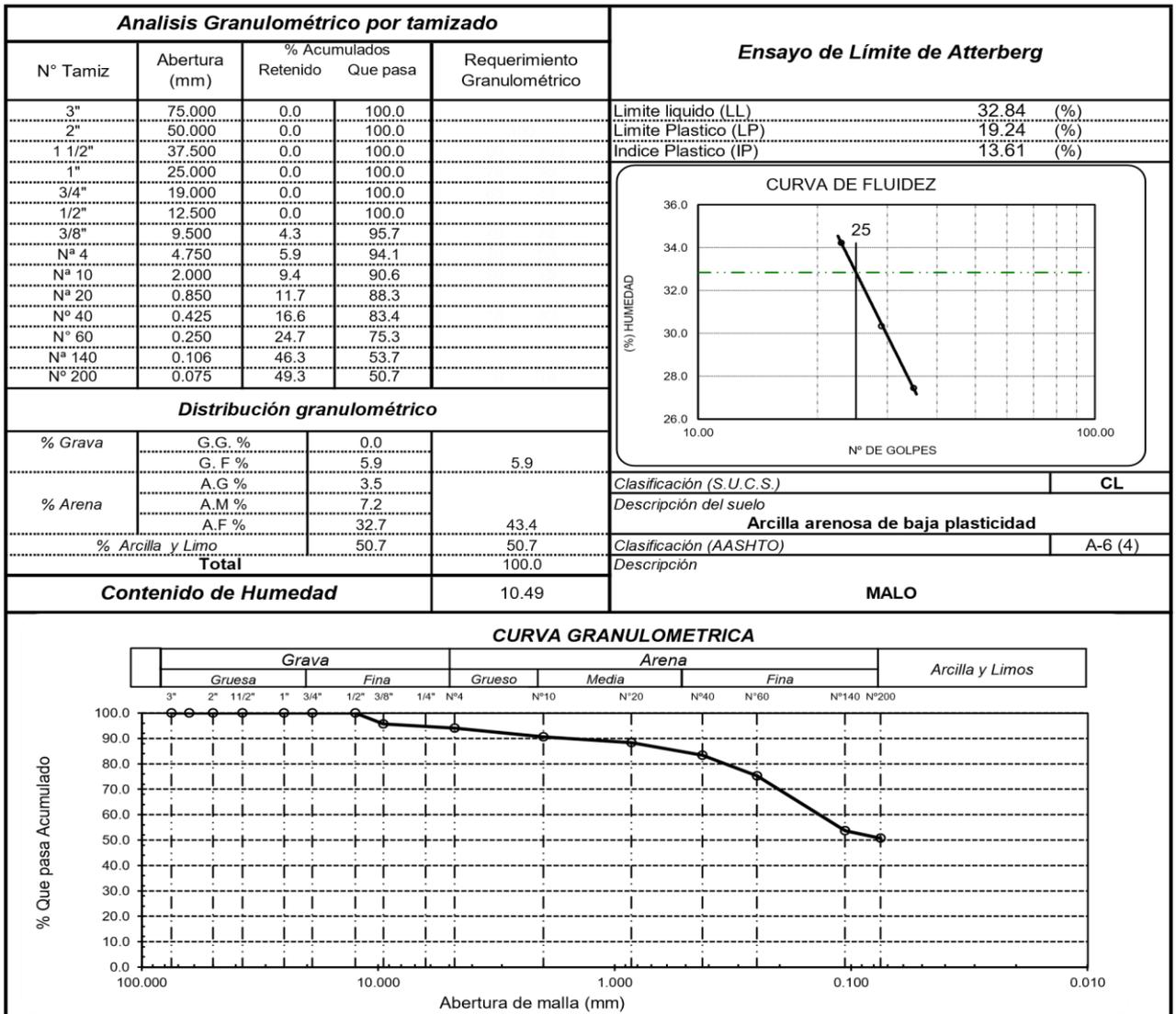
Solicitante : RANDY ENMANUEL ENRIQUEZ PORRAS
 Proyecto / Obra : TESIS "ANALISIS DEL INDICE DE DAÑO MEDIANTE HIROSAWA PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD SISMICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL DISTRITO DE REQUE".
 Centro Educativo : VULNERABILIDAD SISMICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL DISTRITO DE REQUE".
 Ubicación : I.E. RAYITOS DE SOL
 Fecha de apertura : Dist. Reque, Prov. Chiclayo, Reg.Lambayeque
 ENSAYO : Jueves, 12 de agosto del 2021.

NORMA DE REFERENCIA : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed. : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 399.127: 1998

Calicata: C-1

Muestra: M - 1

Profundidad: 0.70 - 1.40m



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.



WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904



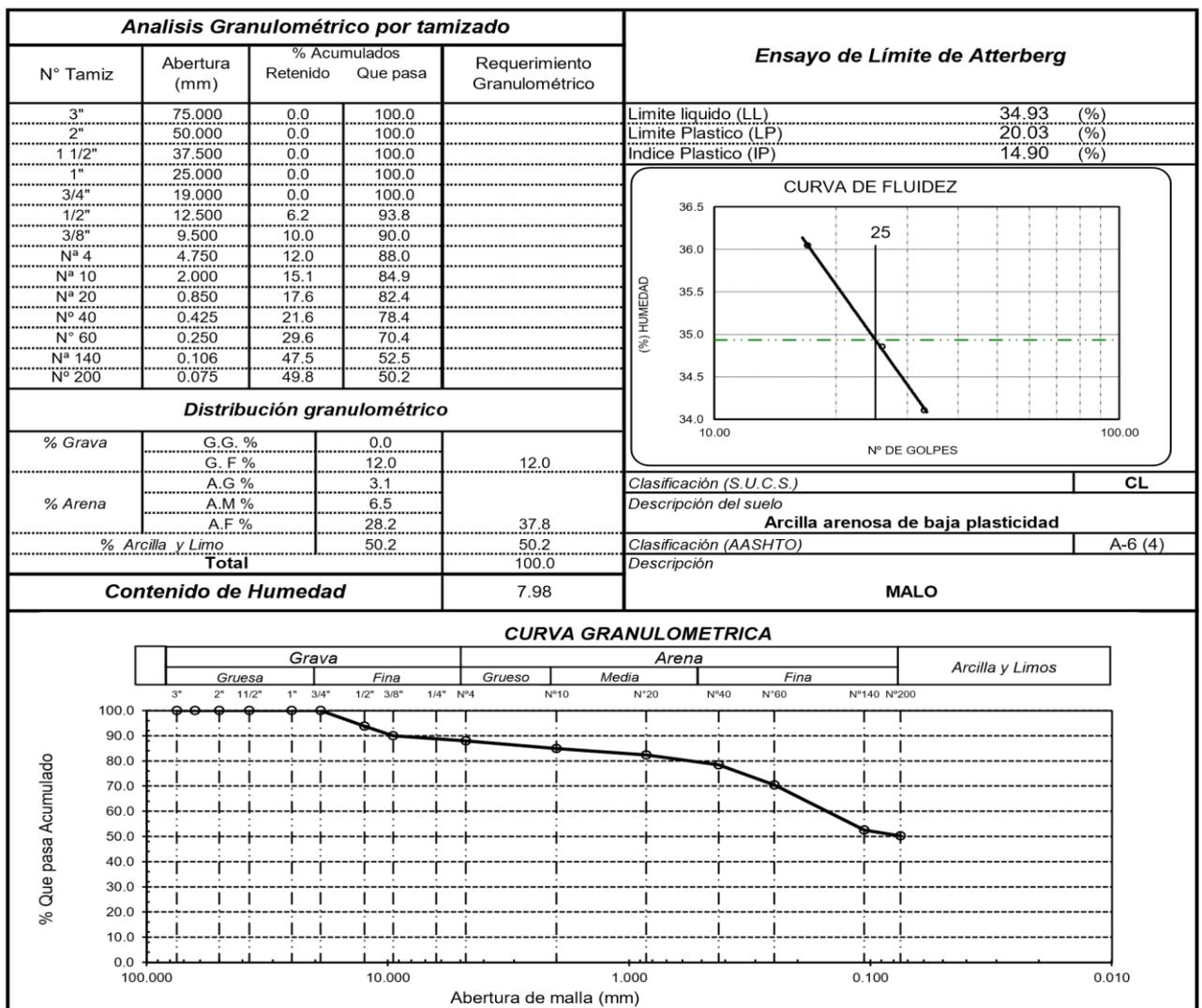
Solicitante : RANDY ENMANUEL ENRIQUEZ PORRAS
 Proyecto / Obra : TESIS "ANALISIS DEL INDICE DE DAÑO MEDIANTE HIROSAWA PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD SISMICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL DISTRITO DE REQUE".
 Centro Educativo :
 Ubicación :
 Fecha de apertura : I.E. RAYITOS DE SOL
 : Dist. Reque, Prov. Chiclayo, Reg.Lambayeque
 ENSAYO : Jueves, 12 de agosto del 2021.

: SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
 NORMA DE REFERENCIA : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed. : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 399.127: 1998

Calicata: C-1

Muestra: M - 2

Profundidad: 1.40 - 3.00m



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.

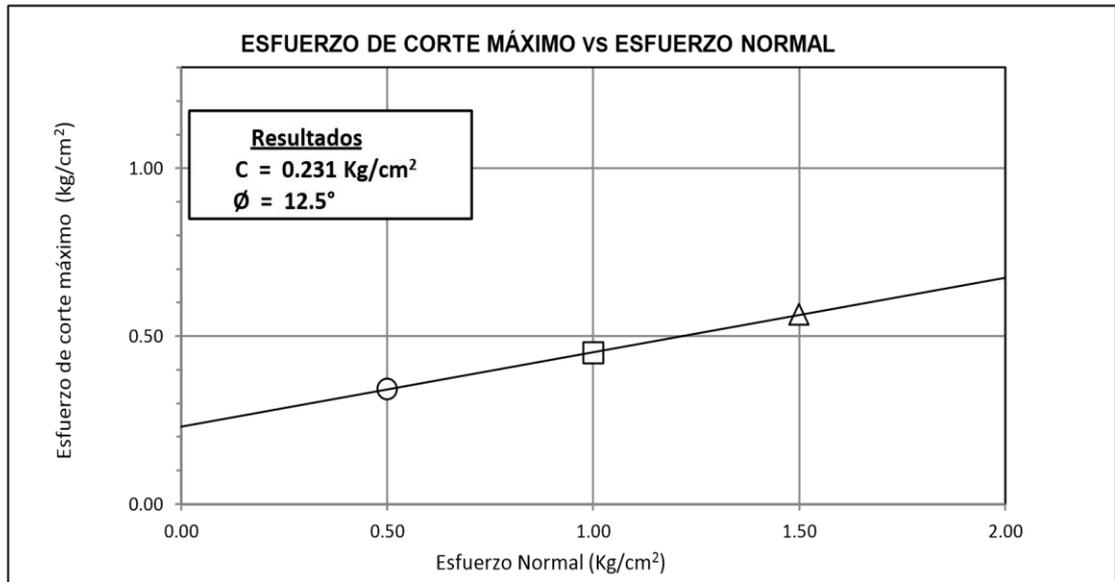
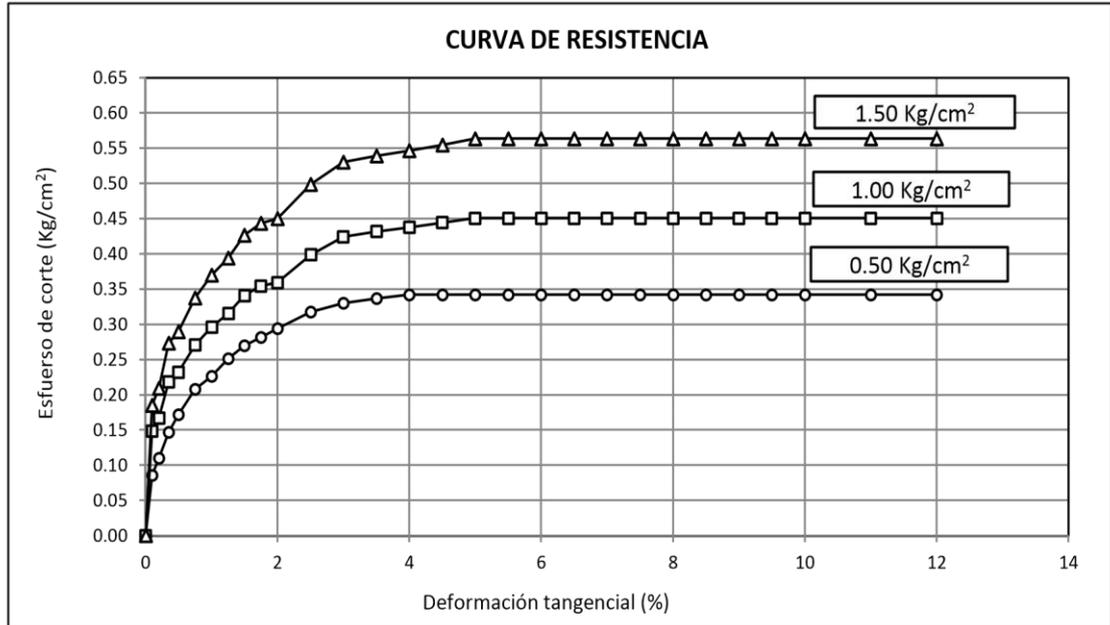


9.50	0.342	0.684	9.50	0.451	0.451	9.50	0.564	0.376
10.00	0.342	0.684	10.00	0.451	0.451	10.00	0.564	0.376
11.00	0.342	0.684	11.00	0.451	0.451	11.00	0.564	0.376
12.00	0.342	0.684	12.00	0.451	0.451	12.00	0.564	0.376

Calicata: C-1

Muestra: M-2

Profundidad : 1.40m - 3.00m.



- Muestreo, identificación y ensayo realizado por los tesistas.



Muestra separada por la Malla N° 10 y Remoldeada.



RNP - Servicios S0608589

LEMS W&C EIRL

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Chiclayo – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitante : RANDY ENMANUEL ENRIQUEZ PORRAS
Proyecto / Obra : TESIS "ANÁLISIS DEL INDICE DE DAÑO MEDIANTE HIROSAWA PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD SISMICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL DISTRITO DE REQUE"
Centro Educativo : I.E. Rayitos del Sol
Ubicación : Dist. Reque, Prov. Chiclayo, Dpto Lambayeque.
Fecha de ensayo : Jueves, 12 de agosto del 2021.

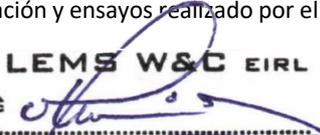
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelo y agua subterránea.

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.152 : 2002

Calicata : C - 1		
Muestra : M - 1		
Profundidad : 0.70 m. - 1.40 m		
Constituyentes de sales solubles totales	ppm	4375
Calicata : C - 1		
Muestra : M - 2		
Profundidad : 1.40 m. - 3.00 m		
Constituyentes de sales solubles totales	ppm	3125

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904



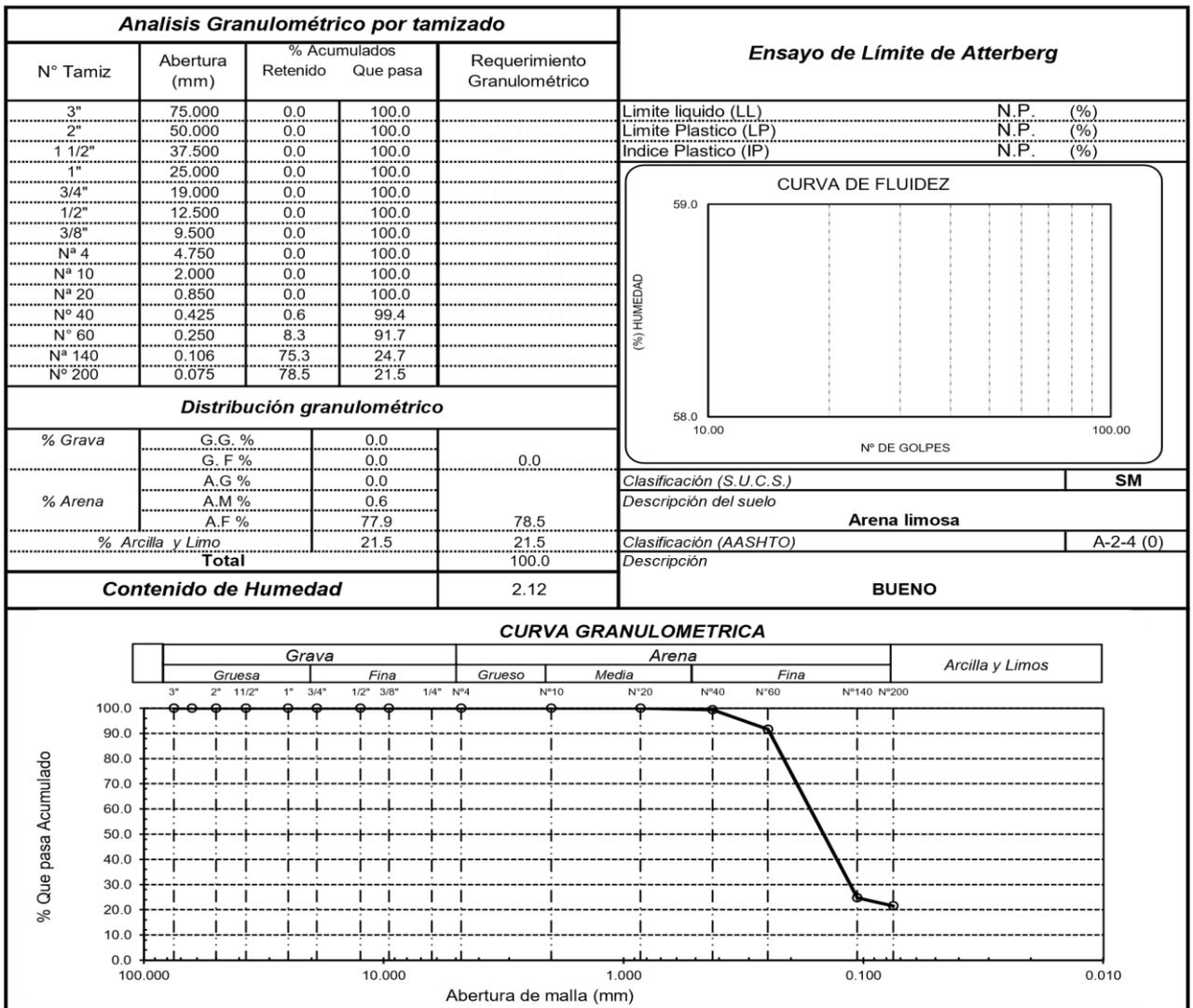
Solicitante : RANDY ENMANUEL ENRIQUEZ PORRAS
 Proyecto / Obra : TESIS "ANALISIS DEL INDICE DE DAÑO MEDIANTE HIROSAWA PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD SISMICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL DISTRITO DE REQUE".
 Centro Educativo : VULNERABILIDAD SISMICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL DISTRITO DE REQUE".
 Ubicación :
 Fecha de apertura : I.E. San Martin de Thours
 : Dist. Reque, Prov. Chiclayo, Reg.Lambayeque
 ENSAYO : Jueves, 12 de agosto del 2021.

: SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
 NORMA DE REFERENCIA : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed. : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: C-1

Muestra: M - 1

Profundidad: 0.10 - 3.00m



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL

WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904



Solicitante : RANDY ENMANUEL ENRIQUEZ PORRAS
Proyecto / Obra : TESIS "ANALISIS DEL INDICE DE DAÑO MEDIANTE HIROSAWA PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD SISMICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL DISTRITO DE REQUE".

Institución Educativa : I.E. San Martin de Thours

Ubicación : Dist. Reque, Prov. Chiclayo, Reg.Lambayeque

Ensayo : SUELOS. Método de ensayo normalizado para el corte directo desuelos bajo condiciones consolidadas drenadas. 1a Edición

Referencia : NTP 339.171:2002 (revisada el 2017)

Calicata: C-1 Muestra: M-1 Profundidad : 0.00m - 3.00m.

ESPECIMEN	DENSIDAD REMOLDEADA	DENSIDAD SECA	ESFUERZO NORMAL	HUMEDAD NATURAL	HUMEDAD SATURADA	ESFUERZO CORTE MÁX.
N°	g/ cm ³	g/ cm ³	kg/ cm ²	%	%	kg/ cm ²
N° 01	1.618	1.574	0.50	2.81	5.98	0.305
N° 02	1.623	1.578	1.00	2.89	6.00	0.537
N° 03	1.621	1.575	1.50	2.90	5.86	0.869

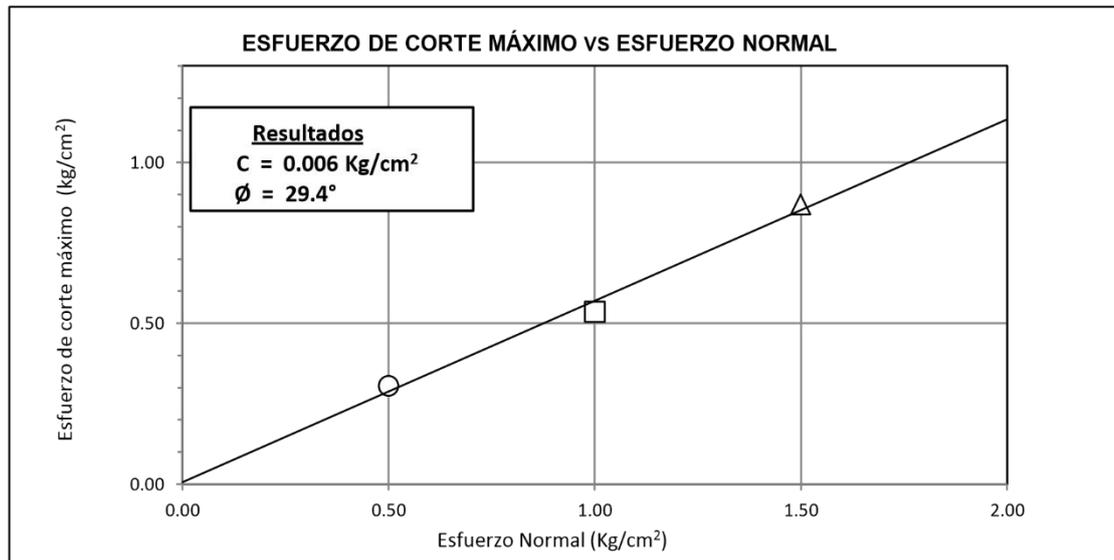
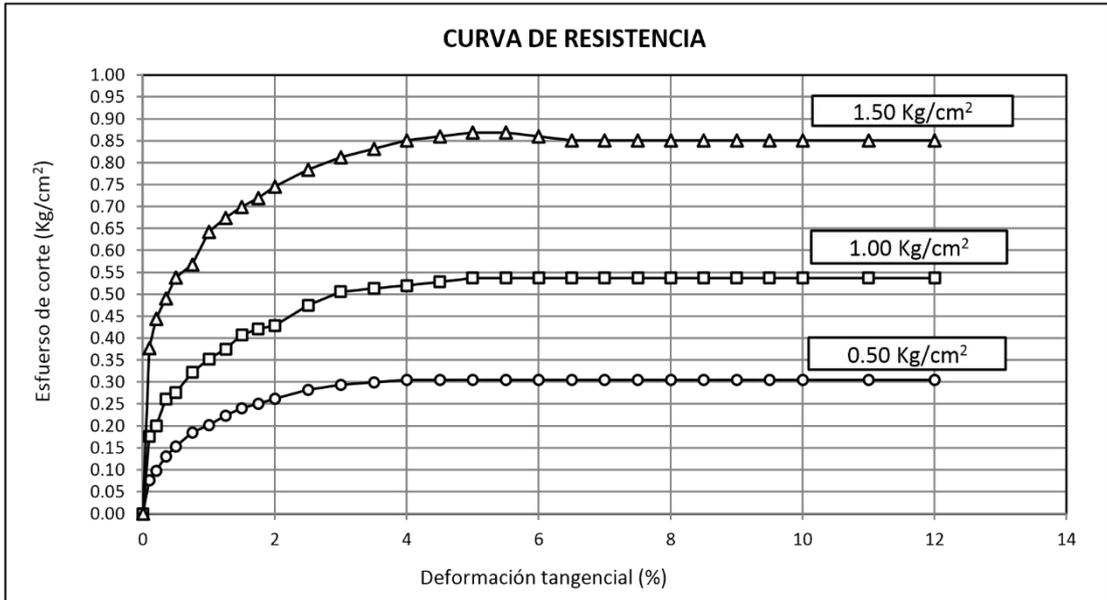
ESPECIMEN N° 1			ESPECIMEN N°2			ESPECIMEN N°3		
DEFORMACIÓN TANGENCIAL (%)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/Cm ²)	ESFUERZO NORMALIZ. (Kg/Cm ²)	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (%)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/Cm ²)	ESFUERZO NORMALIZ. (Kg/Cm ²)	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (%)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/Cm ²)	ESFUERZO NORMALIZ. (Kg/Cm ²)
0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.10	0.076	0.152	0.10	0.176	0.176	0.10	0.378	0.252
0.20	0.098	0.196	0.20	0.199	0.199	0.20	0.444	0.296
0.35	0.131	0.262	0.35	0.260	0.260	0.35	0.491	0.327
0.50	0.153	0.305	0.50	0.276	0.276	0.50	0.538	0.359
0.75	0.185	0.370	0.75	0.321	0.321	0.75	0.567	0.378
1.00	0.201	0.403	1.00	0.352	0.352	1.00	0.643	0.429
1.25	0.223	0.446	1.25	0.375	0.375	1.25	0.674	0.450
1.50	0.240	0.480	1.50	0.406	0.406	1.50	0.699	0.466
1.75	0.251	0.501	1.75	0.422	0.422	1.75	0.720	0.480
2.00	0.262	0.524	2.00	0.429	0.429	2.00	0.745	0.497
2.50	0.283	0.565	2.50	0.475	0.475	2.50	0.784	0.522
3.00	0.294	0.588	3.00	0.505	0.505	3.00	0.812	0.541
3.50	0.300	0.599	3.50	0.513	0.513	3.50	0.831	0.554
4.00	0.305	0.610	4.00	0.521	0.521	4.00	0.850	0.567
4.50	0.305	0.610	4.50	0.528	0.528	4.50	0.860	0.573
5.00	0.305	0.610	5.00	0.537	0.537	5.00	0.869	0.579
5.50	0.305	0.610	5.50	0.537	0.537	5.50	0.869	0.579
6.00	0.305	0.610	6.00	0.537	0.537	6.00	0.860	0.573
6.50	0.305	0.610	6.50	0.537	0.537	6.50	0.850	0.567
7.00	0.305	0.610	7.00	0.537	0.537	7.00	0.850	0.567
7.50	0.305	0.610	7.50	0.537	0.537	7.50	0.850	0.567
8.00	0.305	0.610	8.00	0.537	0.537	8.00	0.850	0.567
8.50	0.305	0.610	8.50	0.537	0.537	8.50	0.850	0.567
9.00	0.305	0.610	9.00	0.537	0.537	9.00	0.850	0.567

9.50	0.305	0.610	9.50	0.537	0.537	9.50	0.850	0.567
10.00	0.305	0.610	10.00	0.537	0.537	10.00	0.850	0.567
11.00	0.305	0.610	11.00	0.537	0.537	11.00	0.850	0.567
12.00	0.305	0.610	12.00	0.537	0.537	12.00	0.850	0.567

Calicata: C-1

Muestra: M-1

Profundidad : 0.00m - 3.00m.



- Muestreo, identificación y ensayo realizado por los testistas.



- Muestra separada por la Malla N° 10 y Remoldeada.



LEMS W&C EIRL

RNP - Servicios S0608589

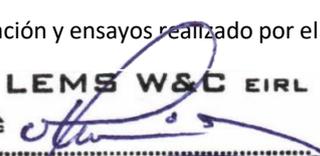
Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitante : RANDY ENMANUEL ENRIQUEZ PORRAS
Proyecto / Obra : TESIS "ANÁLISIS DEL INDICE DE DAÑO MEDIANTE HIROSAWA PARA
EVALUAR LA VULNERABILIDAD SISMICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL DISTRITO DE
REQUE"
Centro Educativo Ubicación : I.E. San Martin de Thours
Fecha de ensayo : Dist. Reque, Prov. Chiclayo, Dpto Lambayeque.
: Jueves, 12 de agosto del 2021.
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo normalizado para la determinación del
REFERENCIA contenido de sales solubles en suelo y agua subterránea.
: NORMA N.T.P. 399.152 : 2002

Calicata	: C - 1		
Muestra	: M - 1		
Profundidad	: 0.00 m. - 3.00 m		
Constituyentes de sales solubles totales		ppm	8750

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Anexo II. Panel fotográfico de estudio de mecánica de suelos



Figura 31. *Identificación de punto de estudio(calicata).*

Fuente: Elaboración Propia



Figura 32. *Calicata a cielo abierto.*

Fuente: Elaboración Propia



Figura 33. *Medición de la profundidad reglamentaria de calicata.*
Fuente: Elaboración Propia



Figura 34. *Identificación de estratos.*
Fuente: Elaboración Propia



Figura 35. Calicata a cielo abierto.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 36. Retirando estratos de la calicata para su posterior estudio.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 37. *Elaboración de ensayo granulométrico.*
Fuente: Elaboración Propia



Figura 38. *Lavando el material del suelo por la malla N°200.*
Fuente: Elaboración Propia



Figura 39. *Límites de consistencia.*

Fuente: Elaboración Propia



Figura 40. *Ensayo de contenido de sales solubles.*

Fuente: Elaboración Propia

Anexo III. Informe de ensayos de corazones diamantinos



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswceirl.com

CERTIFICADO DE ENSAYO EN CONCRETO ENDURECIDO

Solicitante : RANDY ENMANUEL ENRIQUEZ PORRAS
 Proyecto / Obra : TESIS "ANÁLISIS DEL INDICE DE DAÑO MEDIANTE HIROSAWA PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD SISMICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL DISTRITO DE REQUE"
 Centro Educativo : I.E. MARIA BURGA DE LA OLIVA
 Ubicación : Dist. Reque, Prov. Chiclayo, Dpto Lambayeque.
 Fecha de apertura : Jueves, 12 de agosto del 2021.

Norma de Ensayo		Denominación						
Norma Técnica Peruana 339.059		Método para la obtención y ensayo de corazones diamantinos y vigas cortadas de hormigón (Concreto)						
Núcleo Diamantino	(*)Descripción de la Muestra	Elemento	Fecha de vaciado	Fecha de Extracción	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Relación Longitud/Diámetro	Factor de Corrección
D-1	PABELLOS 1981	COLUMNA	1981	22/08/2021	13.40	7.30	1.84	1.00
D-2	PABELLOS 1981	COLUMNA	1981	22/08/2021	13.00	7.30	1.78	1.00
D-3	PABELLOS 2002	COLUMNA	2002	22/08/2021	11.40	7.30	1.56	0.96
Norma de Ensayo		Denominación						
Norma Técnica Peruana 339.034		Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas						
Núcleo Diamantino	(*)Descripción de la Muestra	Fecha de vaciado	Fecha de Ensayo	Edad del concreto (día)	Área (cm ²)	Carga (kgf)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia Corregida (Kg/cm ²)
D-1	PABELLOS 1981	1981	18/06/2021	25/08/2021	41.9	5275	126	126
D-2	PABELLOS 1981	1981	18/06/2021	25/08/2021	41.9	4286	102	102
D-3	PABELLOS 2002	2002	18/06/2021	25/08/2021	41.9	4403	105	102

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904



Figura 41. *Extracción de diamantina en una columna.*
Fuente: Elaboración Propia



Figura 42. *Extracción de diamantina.*
Fuente: Elaboración Propia



Figura 43. Ensayo de resistencia a la compresión del concreto.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 44. Rotura de núcleos diamantinos.

Fuente: Elaboración Propia

Anexo IV. Informe de ensayos para determinar el número de rebote del concreto endurecido (Esclerómetro)



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyceirl.com

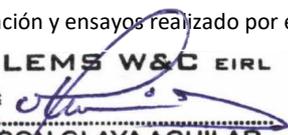
Solicitante :RANDY ENMANUEL ENRIQUEZ PORRAS
 Proyecto / Obra :TESIS: "ANÁLISIS DEL INDICE DE DAÑO MEDIANTE HIROSAWA PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD SISMICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL DISTRITO DE REQUE"
 Centro Educativo :I.E. MARIA BURGA DE LA OLIVA
 Ubicación :Dist. Reque, Prov. Chiclayo, Dpto Lambayeque.
 Fecha de apertura :Jueves, 12 de agosto del 2021.

ENSAYO : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar el número de rebote
 REFERENCIA : del hormigón (concreto) endurecido (esclerómetro)
 N.T.P. 399.181

Nº	(*)Descripción de la Muestra	(*)Fecha Construcción	Fecha de ensayo	Ubicación según elemento	Orientación del Martillo	Lectura del Esclerómetro										
						Número de rebote										Promedio
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
E-1	COLUMNA	1981	10/09/2021	Centro	┌	32	37	29	32	36	38	36	26	26	35	34.4
E-2	COLUMNA	1981	10/09/2021	Centro	┌	58	62	58	54	66	56	54	58	60	58	32.7
E-3	COLUMNA	1981	10/09/2021	Centro	┌	27	32	28	28	29	29	28	29	30	31	29.1
E-4	COLUMNA	2002	10/09/2021	Centro	┌	29	31	29	27	33	28	27	29	30	29	29.2
E-5	COLUMNA	2002	10/09/2021	Centro	┌	24	26	24	25	27	27	24	27	26	26	25.6
E-6	VIGA	2002	10/09/2021	Centro	┌	24	22	22	27	28	26	24	28	26	24	25.1

OBSERVACIONES :

- (*) : Dato del Solicitante.
- Elemento estructural de prueba :
COLUMNAS Y VIGA
- Ensayo efectuados con MARTILLO SCHMIDT :
ESCLEROMETRO PROCEQ, MODELO N - 34
- Material del encobrado del Elemento :
Madera
- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

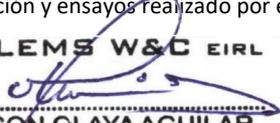
Solicitante : RANDY ENMANUEL ENRIQUEZ PORRAS
 Proyecto / Obra : TESIS: "ANÁLISIS DEL INDICE DE DAÑO MEDIANTE HIROSAWA PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD SISMICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL DISTRITO DE REQUE"
 Centro Educativo : I.E. DISCIPULOS DE JESUS
 Ubicación : Dist. Reque, Prov. Chiclayo, Dpto Lambayeque.
 Fecha de apertura : Jueves, 12 de agosto del 2021.

ENSAYO : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar el número de rebote
 REFERENCIA : del hormigón (concreto) endurecido (esclerómetro)
 N.T.P. 399.181

Nº	(*)Descripción de la Muestra	(*)Fecha Construcción	Fecha de ensayo	Ubicación según elemento	Orientación del Martillo	Lectura del Esclerómetro										
						Número de rebote										
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
E-1	COLUMNA	2008	08/09/2021	Centro	┌	28	27	30	39	29	40	27	29	30	35	29.4
E-2	COLUMNA	2008	08/09/2021	Centro	┌	46	44	40	48	42	44	52	48	72	52	29.2
E-3	COLUMNA	2008	08/09/2021	Centro	┌	28	30	27	33	28	30	26	24	26	31	28.3
E-4	COLUMNA	2006	08/09/2021	Centro	┌	23	22	20	24	21	22	26	24	36	26	23.1
E-5	COLUMNA	2006	08/09/2021	Centro	┌	22	22	23	24	20	22	21	24	23	21	22.2
E-6	VIGA	2006	08/09/2021	Centro	┌	24	24	25	27	23	24	21	25	27	26	24.6

OBSERVACIONES :

- (*) : Dato del Solicitante.
- Elemento estructural de prueba :
COLUMNAS Y VIGA
- Ensayo efectuados con MARTILLO SCHMIDT :
ESCLEROMETRO PROCEQ, MODELO N - 34
- Material del encobrado del Elemento :
Madera
- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitante : RANDY ENMANUEL ENRIQUEZ PORRAS
 Proyecto / Obra : TESIS: "ANÁLISIS DEL INDICE DE DAÑO MEDIANTE HIROSAWA PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD SISMICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL DISTRITO DE REQUE"
 Centro Educativo : I.E. RAYITOS DE SOL
 Ubicación : Dist. Reque, Prov. Chiclayo, Dpto Lambayeque.
 Fecha de apertura : Jueves, 12 de agosto del 2021.

ENSAYO : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar el número de rebote
 REFERENCIA : del hormigón (concreto) endurecido (esclerómetro)
 N.T.P. 399.181

Nº	(*)Descripción de la Muestra	(*)Fecha Construcción	Fecha de ensayo	Ubicación según elemento	Orientación del Martillo	Lectura del Esclerómetro										
						Número de rebote										Promedio
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
E-1	COLUMNA	2014	06/09/2021	Centro	┌	25	24	25	29	24	24	25	34	28	26	25.6
E-2	COLUMNA	2014	06/09/2021	Centro	┌	46	40	34	40	40	36	44	44	36	42	29.9
E-3	VIGA	2014	06/09/2021	Centro	┌	30	31	29	30	32	33	28	30	27	35	30.5

OBSERVACIONES :

- (*) : Dato del Solicitante.
- Elemento estructural de prueba :
COLUMNAS Y VIGA
- Ensayo efectuados con MARTILLO SCHMIDT :
ESCLEROMETRO PROCEQ, MODELO N - 34
- Material del encobrado del Elemento :
Madera
- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904



Figura 45. *Identificando la zona de estudio para el ensayo.*

Fuente: Elaboración Propia



Figura 46. *Elaboración de diagrama de puntos de rebote.*

Fuente: Elaboración Propia



Figura 47. *Aplicación de ensayo con Esclerómetro en columna.*

Fuente: Elaboración Propia

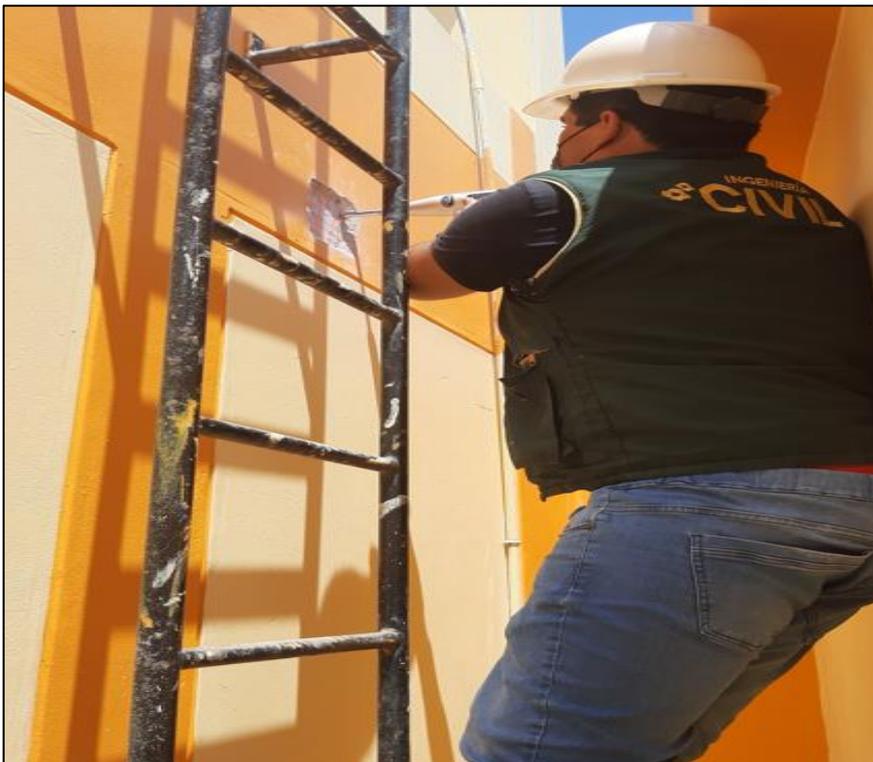


Figura 48. *Aplicación de ensayo con Esclerómetro en viga.*

Fuente: Elaboración Propia

Anexo V. Modelamiento en software Etabs 2019 v19.1.0.

Para la realización de este modelamiento se tuvieron en cuenta todos los lineamientos necesarios del Reglamento Nacional de Edificaciones, siendo las principales normas: Cargas (E.020), Diseño Sismo Resistente (E.030), Suelos y Cimentaciones (E.050) y Concreto Armado (E.060).

Especificaciones y Materiales a emplear en todos los centros educativos:

Concreto:

- Resistencia a la compresión ($f'c$) : 210 Kg/cm².
- Módulo de elasticidad ($E_c=15000\sqrt{f'c}$): 217370.6512Kg/cm².
- Módulo de Poisson (μ_c) : 0.20.
- Módulo de corte ($G_c=E_c/2(\mu_c+1)$) : 90570.833 Kg/cm²

Acero:

- Esfuerzo de Fluencia (f_y) : 4200 Kg/cm².

Institución Educativa “María Burga de la Oliva”

Se evaluará estructuralmente al centro educativo que consta de 2 módulos, distribuidos como salones de estudio. Para llevar a cabo un buen análisis es muy importante saber en qué categoría se encuentra la edificación, este estudio es una edificación esencial de tipo A, por lo tanto, hallar su conducta estructural es el objetivo de este análisis. Esta institución educativa tiene 2 módulos de un solo nivel, cuenta con sistema estructural a porticado

Estados de Carga

En este ítem es necesario el empleo de la norma E.020 de cargas, rigiéndonos a los valores que nos ofrece el reglamento para carga muerta, carga viva y carga de sismo.

Se estima Carga Muerta (CM), al peso de la edificación, los pesos de acabados y tabiquería, piezas inamovibles en la edificación. En lo que concierne a Carga Viva (CV) será considerado el peso de los habitantes y piezas movibles. En Carga de Sismo (CS), son las que generan los eventos sísmicos a las edificaciones.

Tabla 24. Estados de Cargas I.E. María Burga de la Oliva

CARGA MUERTA	
Peso del Concreto Armado	2400 kg/cm2
Peso de Acabados	100 kg/cm2
Peso de Tabiquería	100 kg/cm2
SOBRE CARGAS	
Aulas	250 kg/cm2
Techo con coberturas Livianas	30 kgf/m2

Fuente: Elaboración propia

La realización del metrado de cargas será mediante el procedimiento de áreas tributarias, trabajando tanto carga viva como carga muerta por separado, adoptando los valores expuestos por la NTE.020 de cargas del reglamento nacional de edificaciones. El programa nos garantiza la carga del peso propio de la edificación, solo con introducir el registro de cargas.

Análisis Sísmico

La versión de ETABS para esta investigación es la v19.1.0. creado por Computers and Structures. Según la norma técnica E.030. de Diseño Sismo resistente, la carga sísmica se genera con el 100 % de la Carga Muerta y el 50 % de Carga Viva, dicho esto para edificaciones esenciales, como lo son los centros educativos.

Se aplicará diafragmas rígidos a cada piso en el modelo espacial, para los ejes dinámicos se tendrán en cuenta tres giros y tres traslaciones, formando seis grados de libertad, considerando que tanto los giros verticales como los desplazamientos horizontales se rigen de acuerdo al diafragma.

El procedimiento de superposición espectral es el indicado por la norma E.030 para elaborar el análisis sísmico, por lo que se debe considerar como criterio de superposición la suma de absolutos y la media cuadrática, por lo tanto, tendrá la siguiente expresión:

$$r = 0.25 \sum [ri] + 0.75 \sqrt{\sum ri^2}$$

Es de conocimiento que existe también la combinación cuadrática completa (CQC), en esta investigación se empleó este último criterio de superposición espectral. Por lo tanto, de los objetivos particulares de todos los modos de vibración se generó la respuesta sísmica.

Para los parámetros sísmicos se tuvo como referencia la norma E.030, entonces para determinar el espectro de diseño se consideraron los siguientes parámetros:

- Zonificación: Se plantea de acuerdo a la estructuración espacial del evento sísmico estudiado, según la peculiaridad del movimiento sísmico y la mitigación de este con el recorrido al epicentro del sismo, también en un estudio geotécnico.
- El presente análisis está ubicado en el distrito de Reque, se sabe que está situado en la zona 4 según la norma E.030, con un factor de zona de 0.45, este factor se percibe como la aceleración máxima del terreno.
- Estado Geotécnico: es importante hallar tanto las propiedades mecánicas del suelo como los periodos fundamentales de vibración, todo esto para generar una buena clasificación del mismo, para la presente investigación, la norma E.030 nos otorga estos valores para un perfil de suelo como el de Reque que es de tipo (S3) que da lugar a suelos blandos, por lo tanto asociado con el factor de zona 4 nos brinda un valor numérico de $S = 1.10$, en tanto a los periodos T_p y T_l relacionados al tipo de suelo S3, nos ofrece los valores de 1.0 seg y 1.6 seg respectivamente.
- Categoría de las Edificaciones y factor U: Para esta investigación, al tratarse de centros educativos, la categoría de uso de la edificación es de tipo A por ser una edificación esencial y el valor del factor U es de 1.5.
- Sistema Estructural: Al tratarse de instituciones educativas públicas, el sistema estructural habitual es el de un sistema a porticado, el coeficiente de reducción sísmica (R) será dado por como este clasificado la estructura, en nuestra evaluación para pórticos ($R=8.0$). A continuación, se muestra el espectro de pseudoaceleraciones con el factor de reducción $R=8.00$.

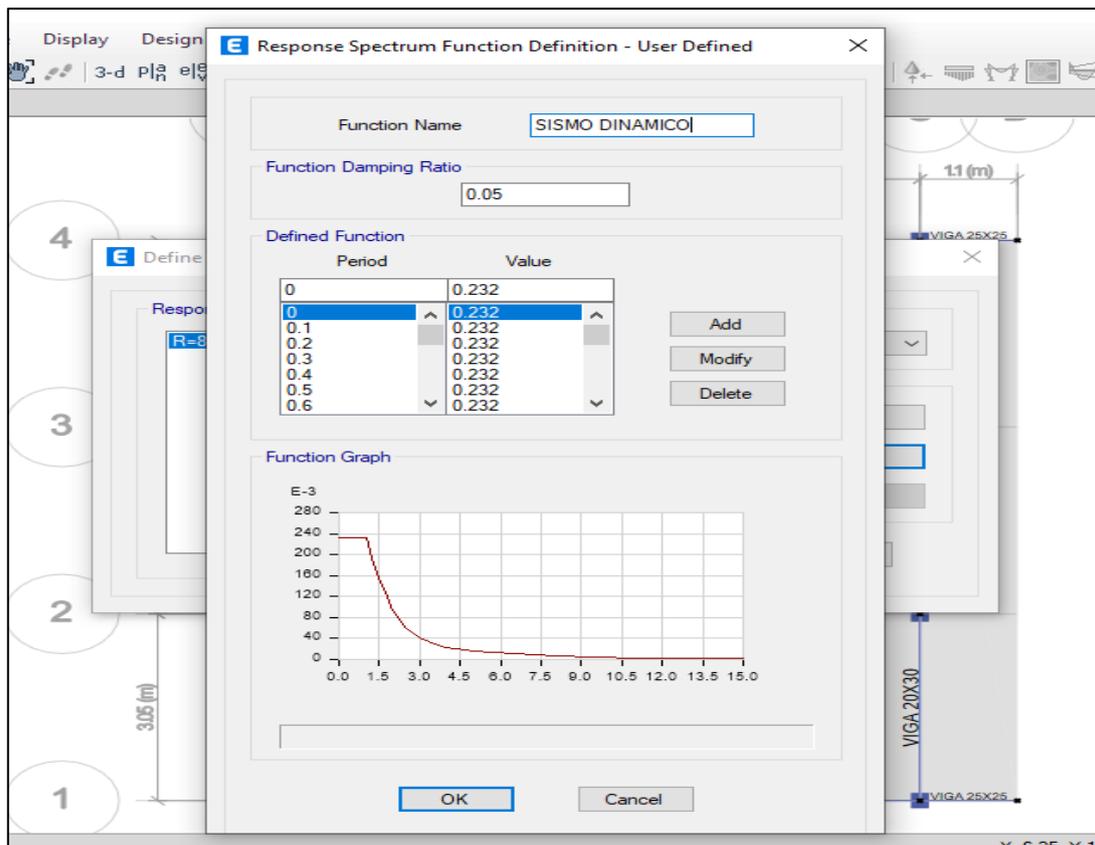


Figura 49. Espectro de pseudoaceleraciones.

Fuente: Elaboración Propia

Resultados del Análisis

Para el modelamiento es necesario tener en cuenta las deformaciones por flexión, la carga axial y fuerzas cortantes, se estimaron seis grados de libertad estáticos para cada nudo y tres grados de libertad dinámicos adecuados a dos traslaciones horizontales y a una rotación plana adaptada a un diafragma rígido por nivel.

Los modos de vibración garantizan en un 95 % el valor de los desplazamientos elásticos y el 5 % restantes lo otorgan la Combinación Cuadrática Completa (CQC). En cambio, los desplazamientos inelásticos resultan de multiplicar los desplazamientos elásticos con el factor de reducción sísmica, según el sistema estructural apropiado.

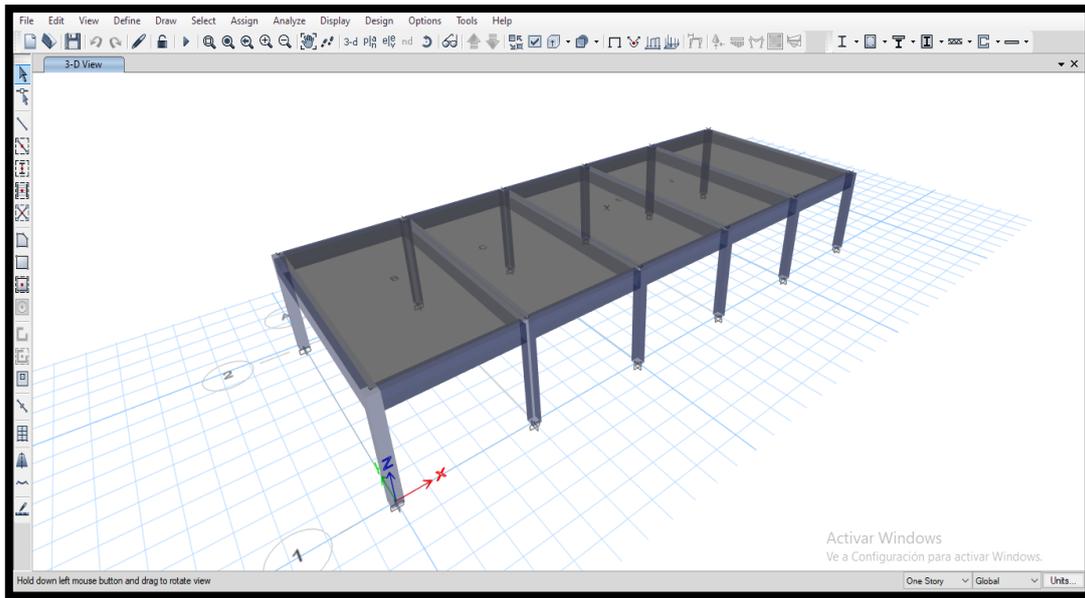


Figura 50. Modelamiento Bloque B.

Fuente: Elaboración Propia

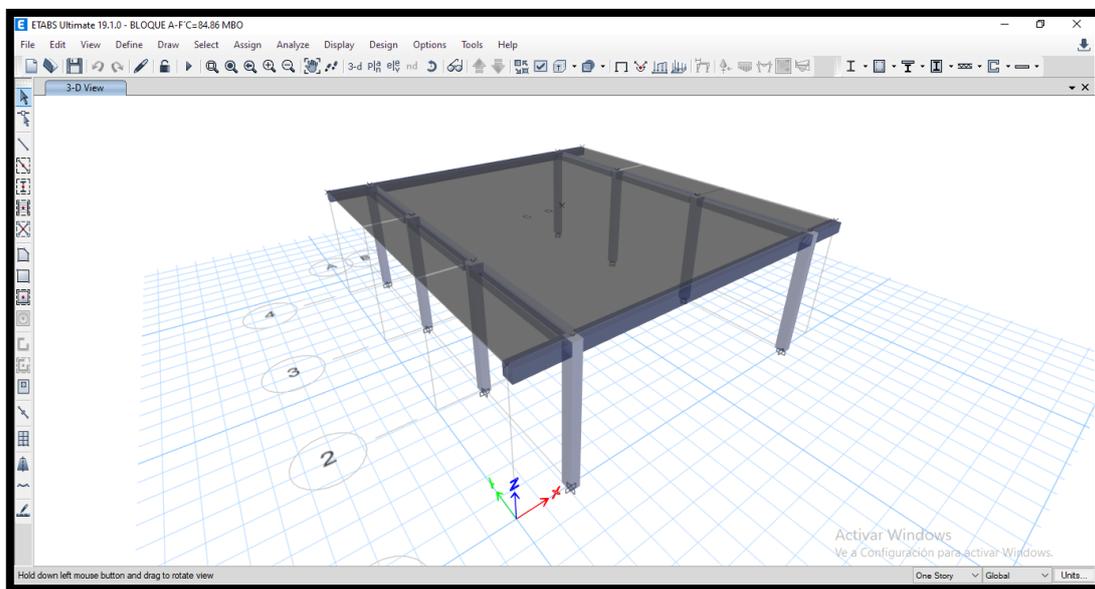


Figura 51. Modelamiento Bloque A.

Fuente: Elaboración Propia

Para determinar los modos de vibración es necesario analizar la distribución de masas y las características de rigidez de la estructura. Se considerarán los tres primeros modos de vibración dominantes, cada uno con su dirección de análisis.

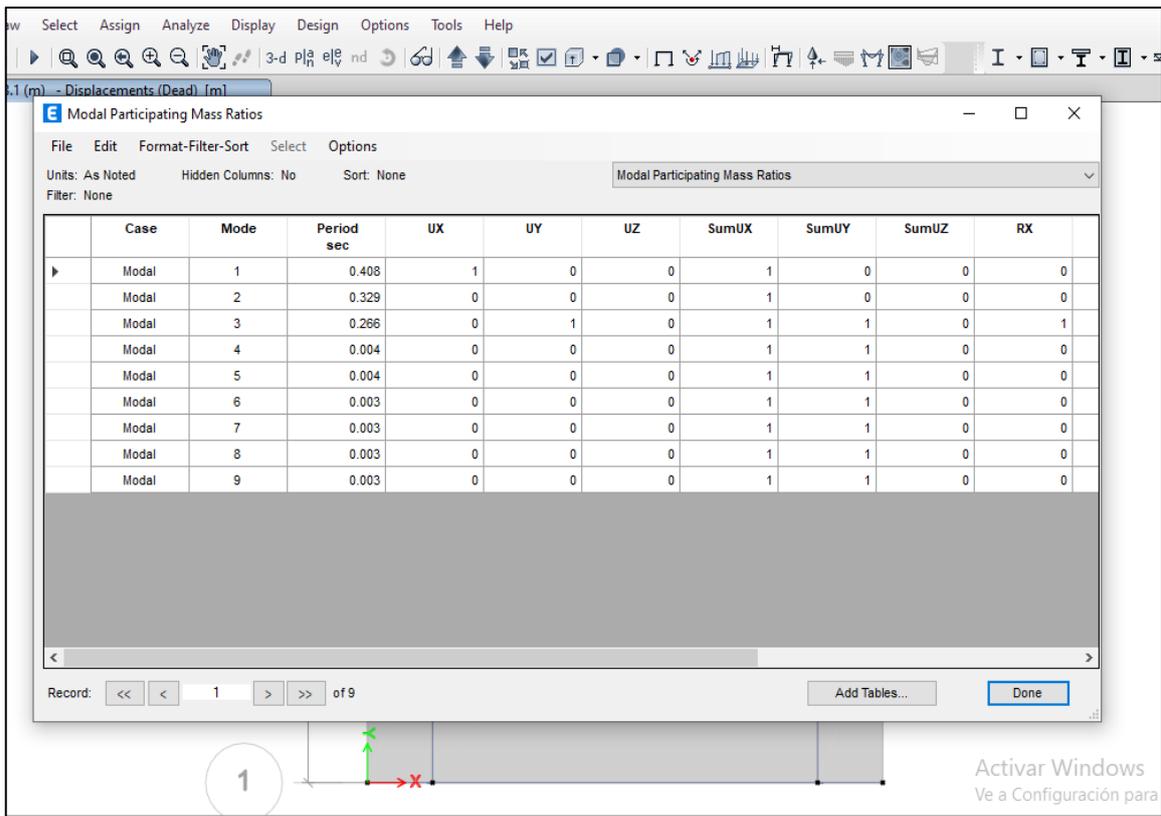


Figura 52. Modos de vibración y periodos fundamentales, bloque A.

Fuente: Elaboración Propia

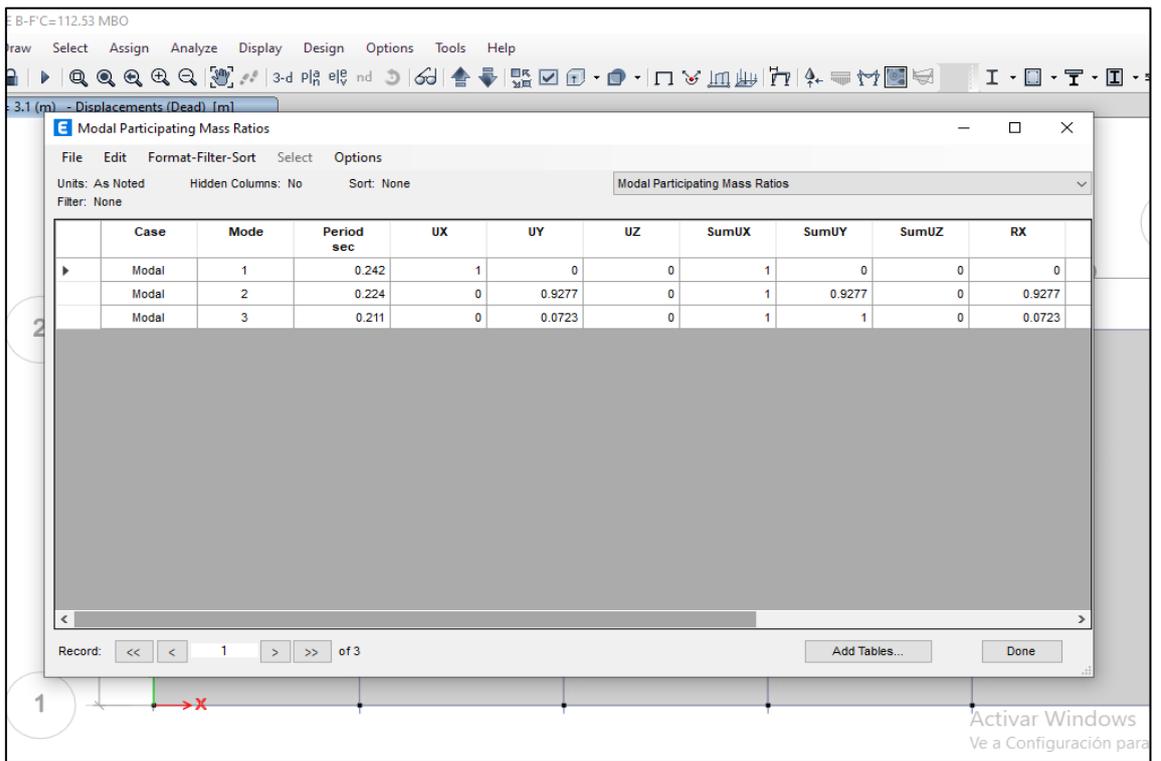


Figura 53. Modos de vibración y periodos fundamentales, bloque B.

Fuente: Elaboración Propia

Para el cálculo de Cortante Basal Estático y Dinámico:

Este análisis será para todas las direcciones examinadas, la fuerza cortante en el entrepiso será mayor al 80 % de la cortante basal hallada por el procedimiento estático para edificaciones regulares y mayor al 90 % para edificaciones irregulares. Si no se cumpliera estas condiciones será necesario aumentar el valor de la cortante para cumplir con los requerimientos mínimos indicados. A continuación, se describe la ecuación de cálculo:

$$V = \frac{ZUCS}{R} \times P$$

Según la norma E.030 el cortante dinámico tendrá un valor no menor al 80 % del cortante estático, en el presente estudio se verifico que esta condición se cumpla en todos los módulos.

Para el control de Derivas Máximas:

La deriva máxima en edificaciones de concreto armado es de 0.007, corroborada en la tabla 11 (Límites para la Distorsión de entre piso) del reglamento nacional de edificaciones, NTE E.030 de Diseño Sismorresistente. En la presente investigación para la I.E. María Burga de la Oliva, en el módulo B cumple dicha condición, caso contrario lo acontecido en el módulo A.

Se analizó estructuralmente al centro educativo María Burga de la Oliva, que cuenta con dos módulos de un solo nivel, con áreas destinadas a salones de estudio. Su sistema estructural es a porticado, conducida por toda la normativa expuesta por el reglamento nacional de edificaciones, esencialmente en la E020, E030, E050, E060.

Institución Educativa “Discípulos de Jesús”

Se evaluará estructuralmente al centro educativo que consta de 2 módulos, distribuidos como salones de estudio. Para llevar a cabo un buen análisis es muy importante saber en qué categoría se encuentra la edificación, este estudio es una edificación esencial de tipo A, por lo tanto, hallar su conducta estructural es el objetivo

de este análisis. Esta institución educativa tiene 2 módulos de un solo nivel, cuenta con un sistema estructural a porticado

Estados de Carga

En este ítem es necesario el empleo de la norma E.020 de cargas, rigiéndonos a los valores que nos ofrece el reglamento para carga muerta, carga viva y carga de sismo.

Se estima Carga Muerta (CM), al peso de la edificación, los pesos de acabados y tabiquería, piezas inamovibles en la edificación. En lo que concierne a Carga Viva (CV) será considerado el peso de los habitantes y piezas movibles. En Carga de Sismo (CS), son las que generan los eventos sísmicos a las edificaciones.

Tabla 25. *Estados de Cargas I.E. Discípulos de Jesús*

CARGA MUERTA	
Peso del Concreto Armado	2400 kg/cm ²
Peso de Acabados	100 kg/cm ²
Peso de Tabiquería	100 kg/cm ²
SOBRE CARGAS	
Aulas	250 kg/cm ²
Techo Inclinado (>3°)	100 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

La realización del metrado de cargas será mediante el procedimiento de áreas tributarias, trabajando tanto carga viva como carga muerta por separado, adoptando los valores expuestos por la NTE.020 de cargas del reglamento nacional de edificaciones. El programa nos garantiza la carga del peso propio de la edificación, solo con introducir el registro de cargas.

Análisis Sísmico

La versión de ETABS para esta investigación es la v19.1.0. creado por Computers and Structures. Según la norma técnica E.030. de Diseño Sismo resistente, la carga sísmica se genera con el 100 % de la Carga Muerta y el 50 % de Carga Viva, dicho esto para edificaciones esenciales, como lo son los centros educativos.

Se aplicará diafragmas rígidos a cada piso en el modelo espacial, para los ejes dinámicos se tendrán en cuenta tres giros y tres traslaciones, formando seis grados de libertad, considerando que tanto los giros verticales como los desplazamientos horizontales se rigen de acuerdo al diafragma.

El procedimiento de superposición espectral es el indicado por la norma E.030 para elaborar el análisis sísmico, por lo que se debe considerar como criterio de superposición la suma de absolutos y la media cuadrática, por lo tanto, tendrá la siguiente expresión:

$$r = 0.25 \sum [ri] + 0.75 \sqrt{\sum ri^2}$$

Es de conocimiento que existe también la combinación cuadrática completa (CQC), en esta investigación se empleó este último criterio de superposición espectral. Por lo tanto, de los objetivos particulares de todos los modos de vibración se generó la respuesta sísmica.

Para los parámetros sísmicos se tuvo como referencia la norma E.030, entonces para determinar el espectro de diseño se consideraron los siguientes parámetros:

- Zonificación: Se plantea de acuerdo a la estructuración espacial del evento sísmico estudiado, según la peculiaridad del movimiento sísmico y la mitigación de este con el recorrido al epicentro del sismo, también en un estudio geotécnico.
- El presente análisis está ubicado en el distrito de Reque, se sabe que está situado en la zona 4 según la norma E.030, con un factor de zona de 0.45, este factor se percibe como la aceleración máxima del terreno.
- Estado Geotécnico: es importante hallar tanto las propiedades mecánicas del suelo como los periodos fundamentales de vibración, todo esto para generar una buena clasificación del mismo, para la presente investigación, la norma E.030 nos otorga estos valores para un perfil de suelo como el de Reque que es de tipo (S3) que da lugar a suelos blandos, por lo tanto asociado con el factor de zona 4 nos brinda

un valor numérico de $S = 1.10$, en tanto a los periodos T_p y T_l relacionados al tipo de suelo S3, nos ofrece los valores de 1.0 seg y 1.6 seg respectivamente.

- Categoría de las Edificaciones y factor U: Para esta investigación, al tratarse de centros educativos, la categoría de uso de la edificación es de tipo A por ser una edificación esencial y el valor del factor U es de 1.5.
- Sistema Estructural: Al tratarse de instituciones educativas públicas, el sistema estructural habitual es el de un sistema a porticado, el coeficiente de reducción sísmica (R) será dado por como este clasificado la estructura, en nuestra evaluación para pórticos ($R=8.0$). A continuación, se muestra el espectro de pseudoaceleraciones con el factor de reducción $R=8.00$.

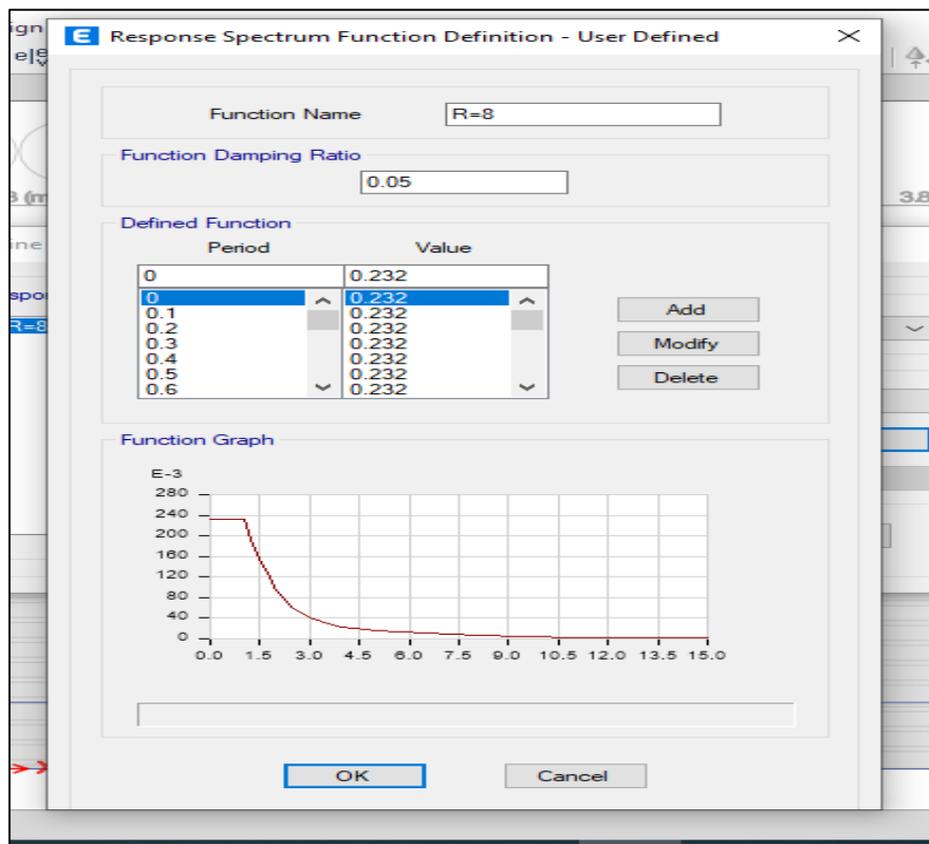


Figura 54. Espectro de pseudoaceleraciones, factor ($R=8$).

Fuente: Elaboración Propia

Resultados del Análisis

Para el modelamiento es necesario tener en cuenta las deformaciones por flexión, la carga axial y fuerzas cortantes, se estimaron seis grados de libertad estáticos para cada nudo y tres grados de libertad dinámicos adecuados a dos traslaciones horizontales y a una rotación plana adaptada a un diafragma rígido por nivel.

Los modos de vibración garantizan en un 95 % el valor de los desplazamientos elásticos y el 5 % restantes lo otorgan la Combinación Cuadrática Completa (CQC). En cambio, los desplazamientos inelásticos resultan de multiplicar los desplazamientos elásticos con el factor de reducción sísmica, según el sistema estructural apropiado.

Para determinar los modos de vibración es necesario analizar la distribución de masas y las características de rigidez de la estructura. Se considerarán los tres primeros modos de vibración dominantes, cada uno con su dirección de análisis.

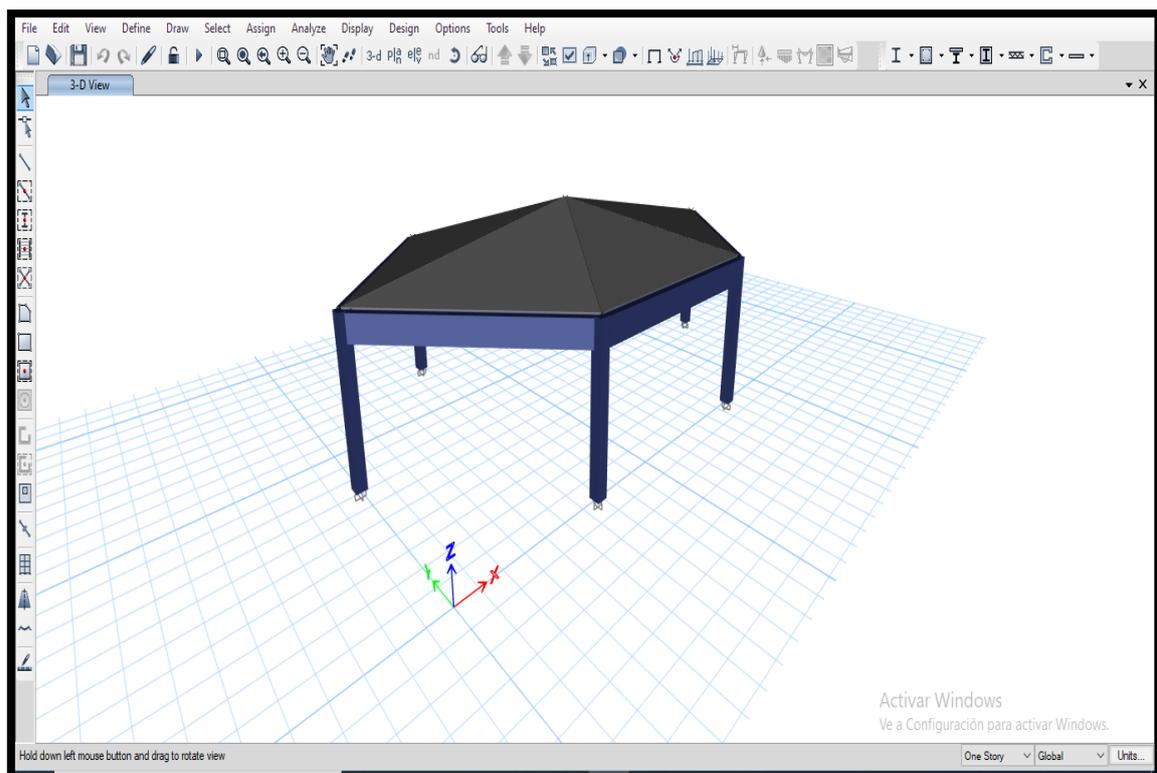


Figura 55. Modelamiento Bloque A.

Fuente: Elaboración Propia

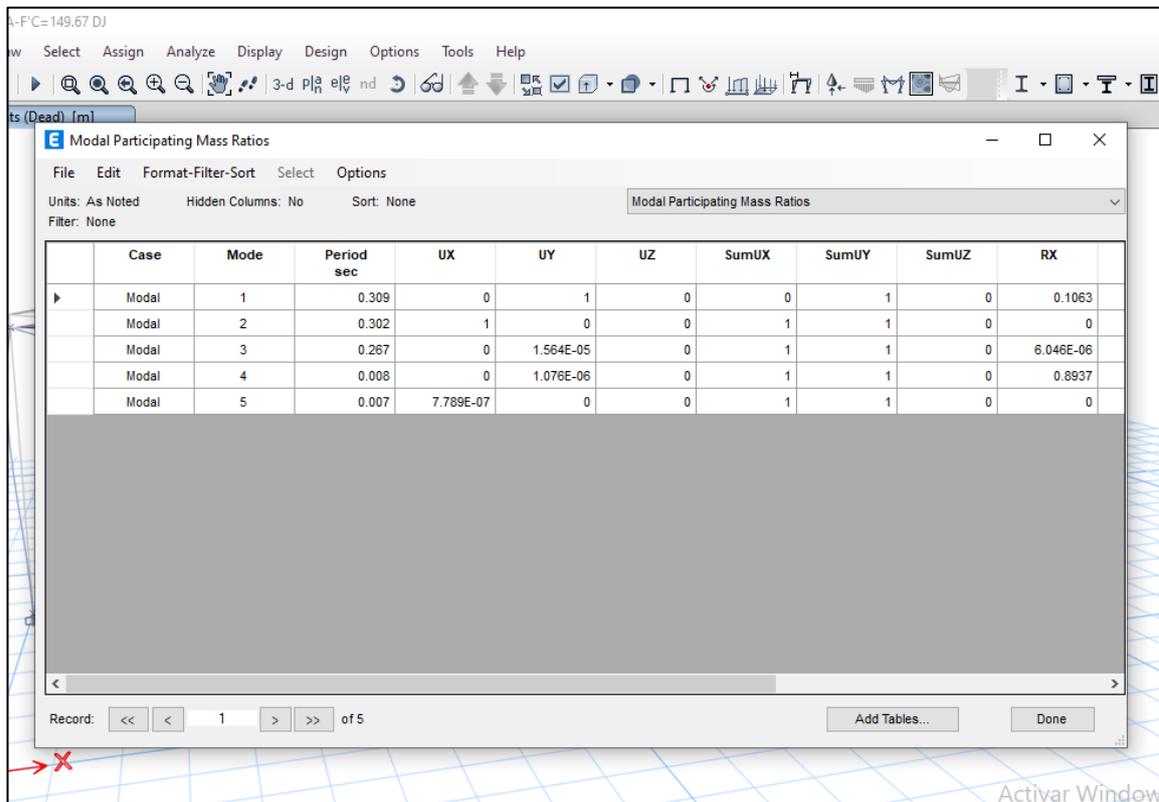


Figura 56. Modos de vibración y periodos fundamentales, bloque A.

Fuente: Elaboración Propia

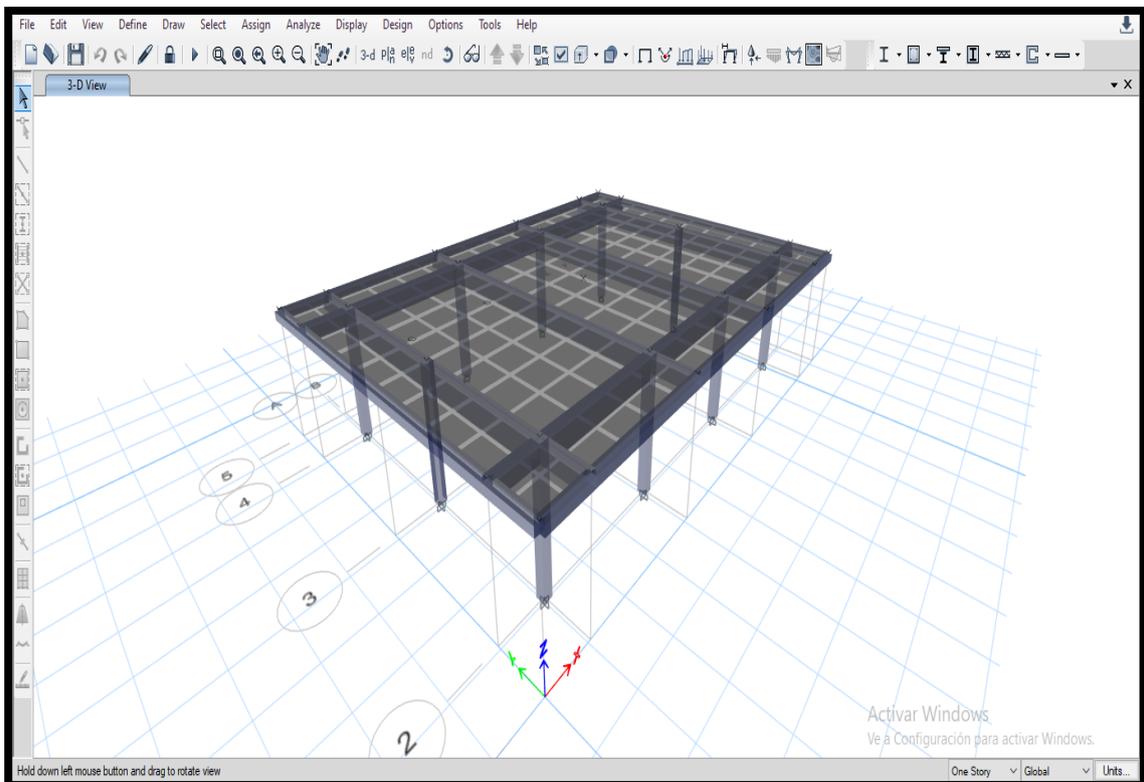


Figura 57. Modelamiento Bloque B.

Fuente: Elaboración Propia

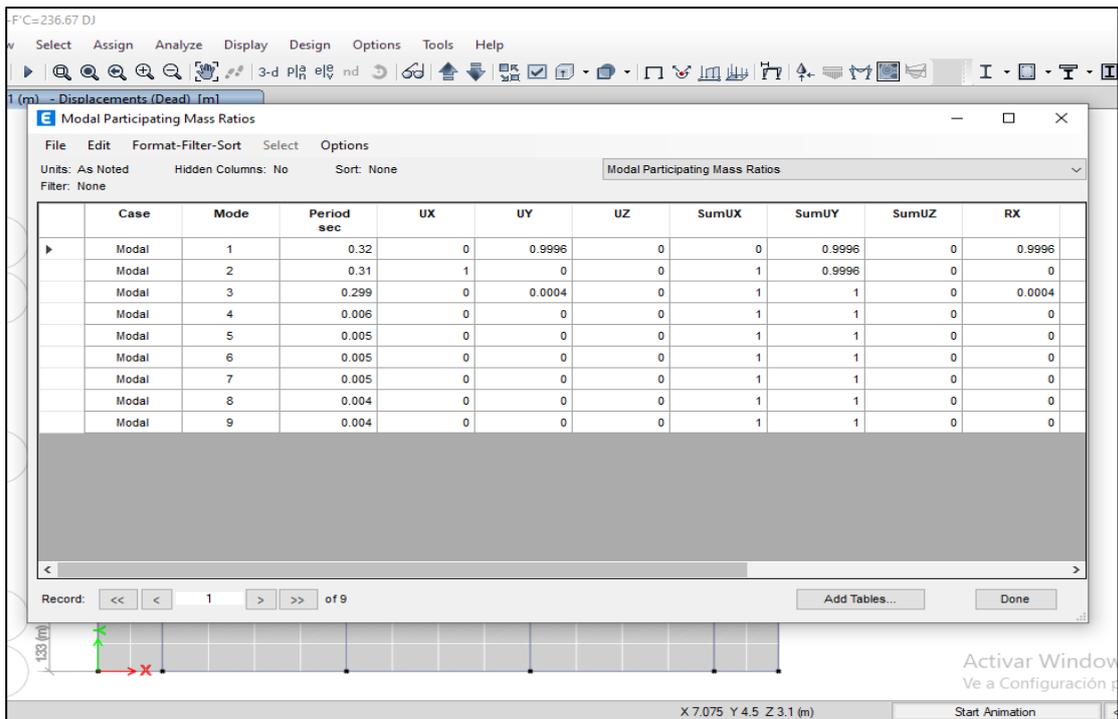


Figura 58. Modos de vibración y periodos fundamentales, bloque B.

Fuente: Elaboración Propia

Para el cálculo de Cortante Basal Estático y Dinámico:

Este análisis será para todas las direcciones examinadas, la fuerza cortante en el entrepiso será mayor al 80 % de la cortante basal hallada por el procedimiento estático para edificaciones regulares y mayor al 90 % para edificaciones irregulares. Si no se cumpliera estas condiciones será necesario aumentar el valor de la cortante para cumplir con los requerimientos mínimos indicados. A continuación, se describe la ecuación de cálculo:

$$V = \frac{ZUCS}{R} \times P$$

Según la norma E.030 el cortante dinámico tendrá un valor no menor al 80 % del cortante estático, en el presente estudio se verificó que esta condición se cumpla en todos los módulos.

Para el control de Derivas Máximas:

La deriva máxima en edificaciones de concreto armado es de 0.007, corroborada en la tabla 11 (Límites para la Distorsión de entre piso) del reglamento nacional de edificaciones, NTE E.030 de Diseño Sismorresistente. En la I.E. Discípulos de Jesús, tanto en el módulo A como en el módulo B no cumple con dicha condición.

Se analizó estructuralmente al centro educativo Discípulos de Jesús, que cuenta con dos módulos de un solo nivel, con áreas destinadas a salones de estudio. Su sistema estructural es a porticado, conducida por toda la normativa expuesta por el reglamento nacional de edificaciones, esencialmente en la E020, E030, E050, E060.

Institución Educativa “Rayitos del Sol”

Se evaluará estructuralmente al centro educativo que consta de 1 módulo distribuido en 3 bloques, distribuidos como salones de estudio y oficina de dirección. Para llevar a cabo un buen análisis es muy importante saber en qué categoría se encuentra la edificación, este estudio es una edificación esencial de tipo A, por lo tanto, hallar su conducta estructural es el objetivo de este análisis. Esta institución educativa tiene un módulo conformado por 3 bloques de un solo nivel, cuenta con un sistema estructural a porticado

Estados de Carga

En este ítem es necesario el empleo de la norma E.020 de cargas, rigiéndonos a los valores que nos ofrece el reglamento para carga muerta, carga viva y carga de sismo.

Se estima Carga Muerta (CM), al peso de la edificación, los pesos de acabados y tabiquería, piezas inamovibles en la edificación. En lo que concierne a Carga Viva (CV) será considerado el peso de los habitantes y piezas movibles. En Carga de Sismo (CS), son las que generan los eventos sísmicos a las edificaciones.

Tabla 26. *Estados de Cargas I.E. Rayitos del Sol*

CARGA MUERTA	
Peso del Concreto Armado	2400 kg/cm ²
Peso de Acabados	100 kg/cm ²
Peso de Tabiquería	100 kg/cm ²
SOBRE CARGAS	
Aulas	250 kg/cm ²
Techo Inclinado (>3°)	100 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

La realización del metrado de cargas será mediante el procedimiento de áreas tributarias, trabajando tanto carga viva como carga muerta por separado, adoptando los

valores expuestos por la NTE.020 de cargas del reglamento nacional de edificaciones. El programa nos garantiza la carga del peso propio de la edificación, solo con introducir el registro de cargas.

Análisis Sísmico

La versión de ETABS para esta investigación es la v19.1.0. creado por Computers and Structures. Según la norma técnica E.030. de Diseño Sismo resistente, la carga sísmica se genera con el 100 % de la Carga Muerta y el 50 % de Carga Viva, dicho esto para edificaciones esenciales, como lo son los centros educativos.

Se aplicará diafragmas rígidos a cada piso en el modelo espacial, para los ejes dinámicos se tendrán en cuenta tres giros y tres traslaciones, formando seis grados de libertad, considerando que tanto los giros verticales como los desplazamientos horizontales se rigen de acuerdo al diafragma.

El procedimiento de superposición espectral es el indicado por la norma E.030 para elaborar el análisis sísmico, por lo que se debe considerar como criterio de superposición la suma de absolutos y la media cuadrática, por lo tanto, tendrá la siguiente expresión:

$$r = 0.25 \sum [ri] + 0.75 \sqrt{\sum ri^2}$$

Es de conocimiento que existe también la combinación cuadrática completa (CQC), en esta investigación se empleó este último criterio de superposición espectral. Por lo tanto, de los objetivos particulares de todos los modos de vibración se generó la respuesta sísmica.

Para los parámetros sísmicos se tuvo como referencia la norma E.030, entonces para determinar el espectro de diseño se consideraron los siguientes parámetros:

- Zonificación: Se plantea de acuerdo a la estructuración espacial del evento sísmico estudiado, según la peculiaridad del movimiento sísmico y la mitigación de este con el recorrido al epicentro del sismo, también en un estudio geotécnico.
- El presente análisis está ubicado en el distrito de Reque, se sabe que está situado en la zona 4 según la norma E.030, con un factor de zona de 0.45, este factor se percibe como la aceleración máxima del terreno.
- Estado Geotécnico: es importante hallar tanto las propiedades mecánicas del suelo como los periodos fundamentales de vibración, todo esto para generar una buena clasificación del mismo, para la presente investigación, la norma E.030 nos otorga estos valores para un perfil de suelo como el de Reque que es de tipo (S3) que da lugar a suelos blandos, por lo tanto asociado con el factor de zona 4 nos brinda un valor numérico de $S = 1.10$, en tanto a los periodos T_p y T_l relacionados al tipo de suelo S3, nos ofrece los valores de 1.0 seg y 1.6 seg respectivamente.
- Categoría de las Edificaciones y factor U: Para esta investigación, al tratarse de centros educativos, la categoría de uso de la edificación es de tipo A por ser una edificación esencial y el valor del factor U es de 1.5.
- Sistema Estructural: Al tratarse de instituciones educativas públicas, el sistema estructural habitual es el de un sistema a porticado, el coeficiente de reducción sísmica (R) será dado por como este clasificado la estructura, en nuestra evaluación para pórticos ($R=8.0$). A continuación, se muestra el espectro de pseudoaceleraciones con el factor de reducción $R=8.00$.

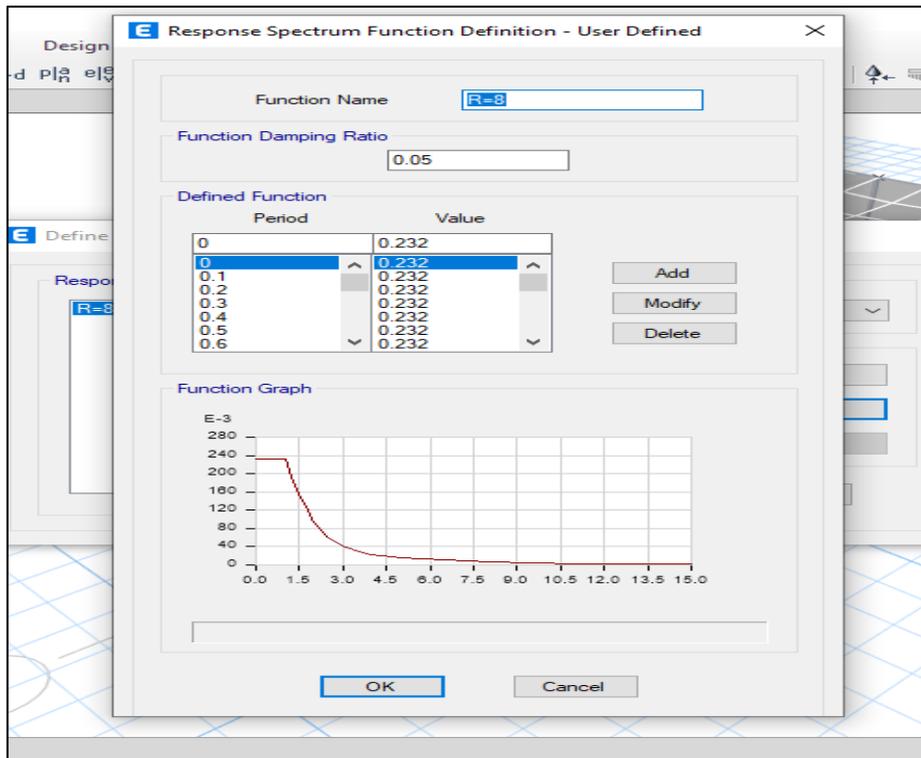


Figura 59. Espectro de pseudoaceleraciones.

Fuente: Elaboración Propia

Resultados del Análisis

Para el modelamiento es necesario tener en cuenta las deformaciones por flexión, la carga axial y fuerzas cortantes, se estimaron seis grados de libertad estáticos para cada nudo y tres grados de libertad dinámicos adecuados a dos traslaciones horizontales y a una rotación plana adaptada a un diafragma rígido por nivel.

Los modos de vibración garantizan en un 95 % el valor de los desplazamientos elásticos y el 5 % restantes lo otorgan la Combinación Cuadrática Completa (CQC). En cambio, los desplazamientos inelásticos resultan de multiplicar los desplazamientos elásticos con el factor de reducción sísmica, según el sistema estructural apropiado.

Para determinar los modos de vibración es necesario analizar la distribución de masas y las características de rigidez de la estructura. Se considerarán los tres primeros modos de vibración dominantes, cada uno con su dirección de análisis.

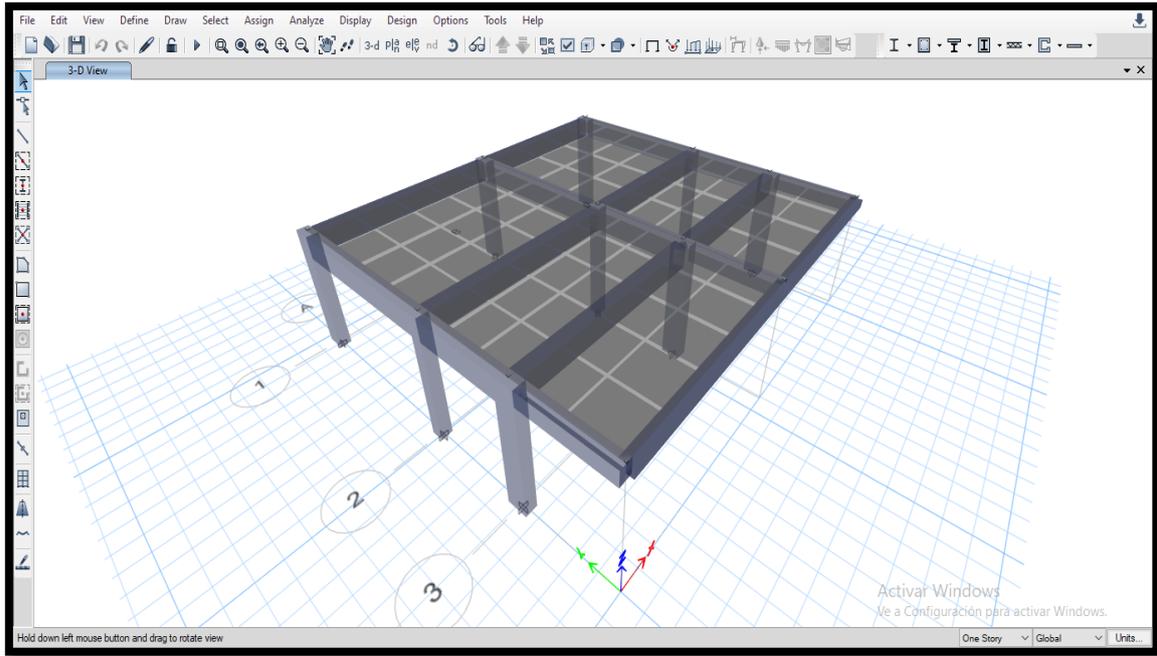


Figura 60. Modelamiento Bloque A.

Fuente: Elaboración Propia

BLOQUE A-FC=234 RS

File Edit View Define Draw Select Assign Analyze Display Design Options Tools Help

ny1 - Z = 3.1 (m) - Displacements (Dead) [m]

Modal Participating Mass Ratios

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None Modal Participating Mass Ratios

Filter: None

	Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
▶	Modal	1	0.181	0.9781	3.036E-05	0	0.9781	3.036E-05	0	3.036E-05
	Modal	2	0.13	0.0005	0.9865	0	0.9786	0.9866	0	0.9865
	Modal	3	0.121	0.0214	0.0134	0	1	1	0	0.0134
	Modal	4	0.006	0	0	0	1	1	0	0
	Modal	5	0.005	0	0	0	1	1	0	0
	Modal	6	0.005	0	0	0	1	1	0	0
	Modal	7	0.005	0	0	0	1	1	0	0
	Modal	8	0.005	0	5.463E-07	0	1	1	0	5.463E-07
	Modal	9	0.004	0	0	0	1	1	0	0

Record: << < 1 > >> of 9

Add Tables... Done

Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows

X-1.7 Y-5.4 Z 3.1 (m) Start Animation << >>

Figura 61. Modos de vibración y periodos fundamentales, bloque A.

Fuente: Elaboración Propia

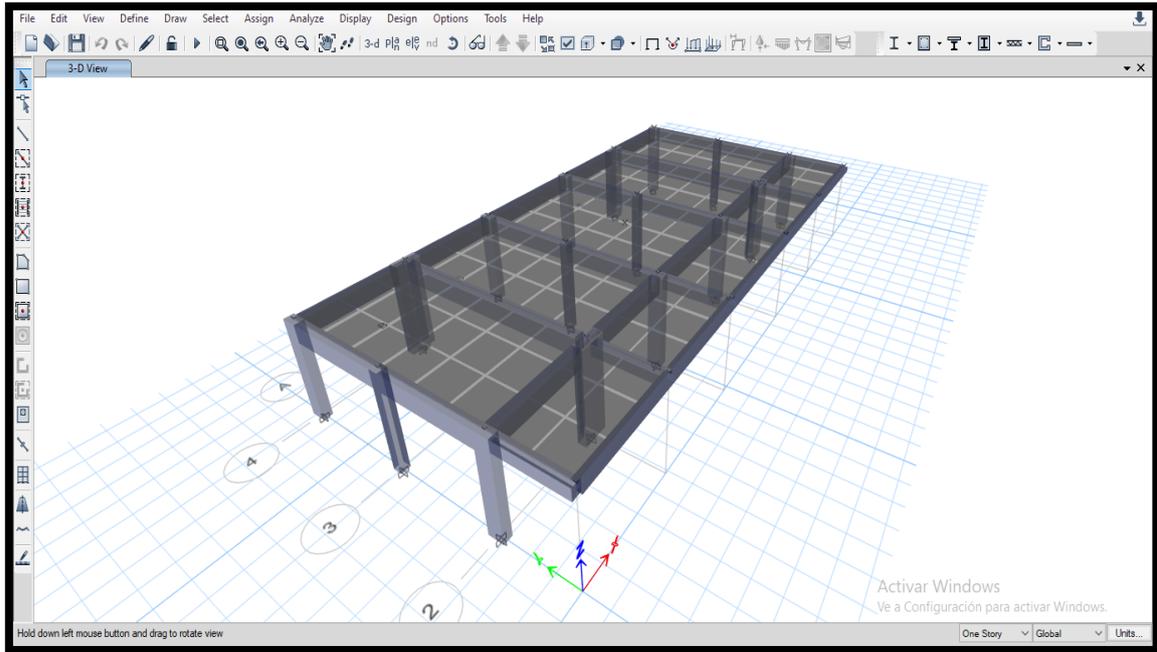


Figura 62. Modelamiento Bloque B.

Fuente: Elaboración Propia

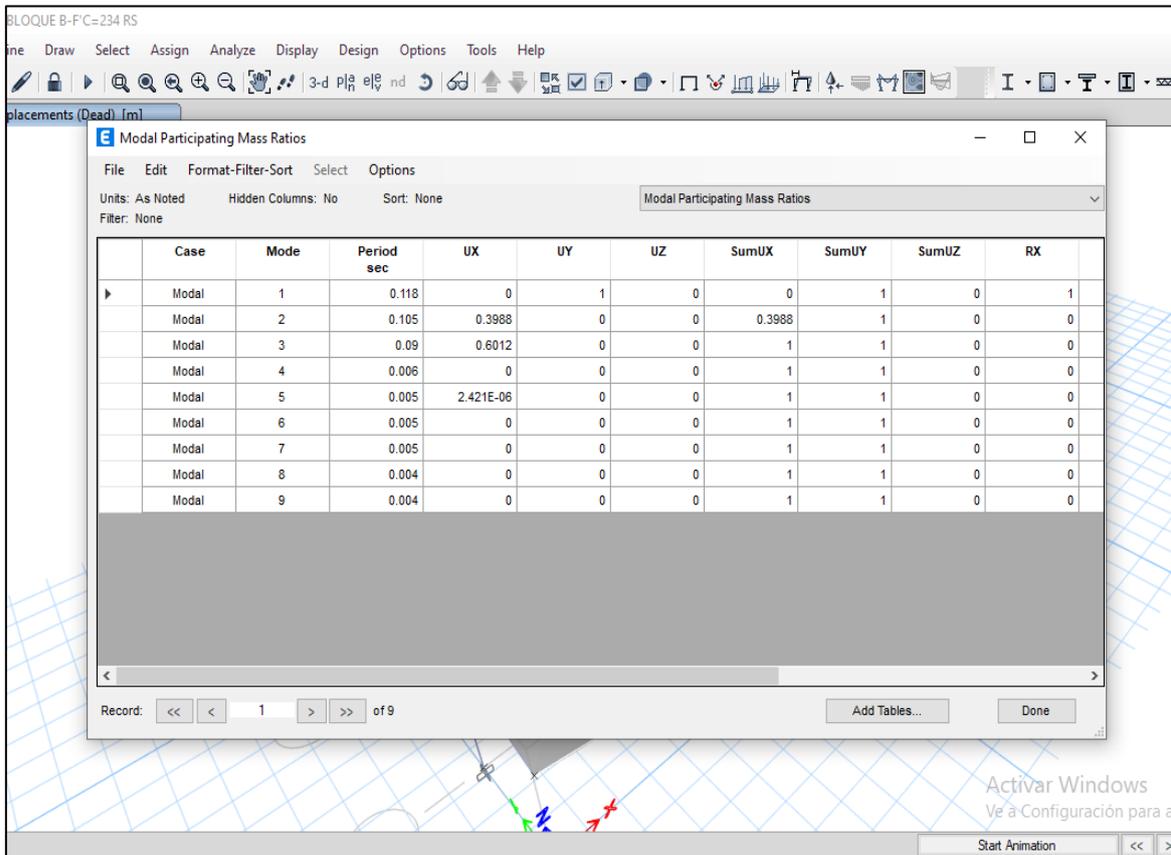


Figura 63. Modos de vibración y periodos fundamentales, bloque B.

Fuente: Elaboración Propia

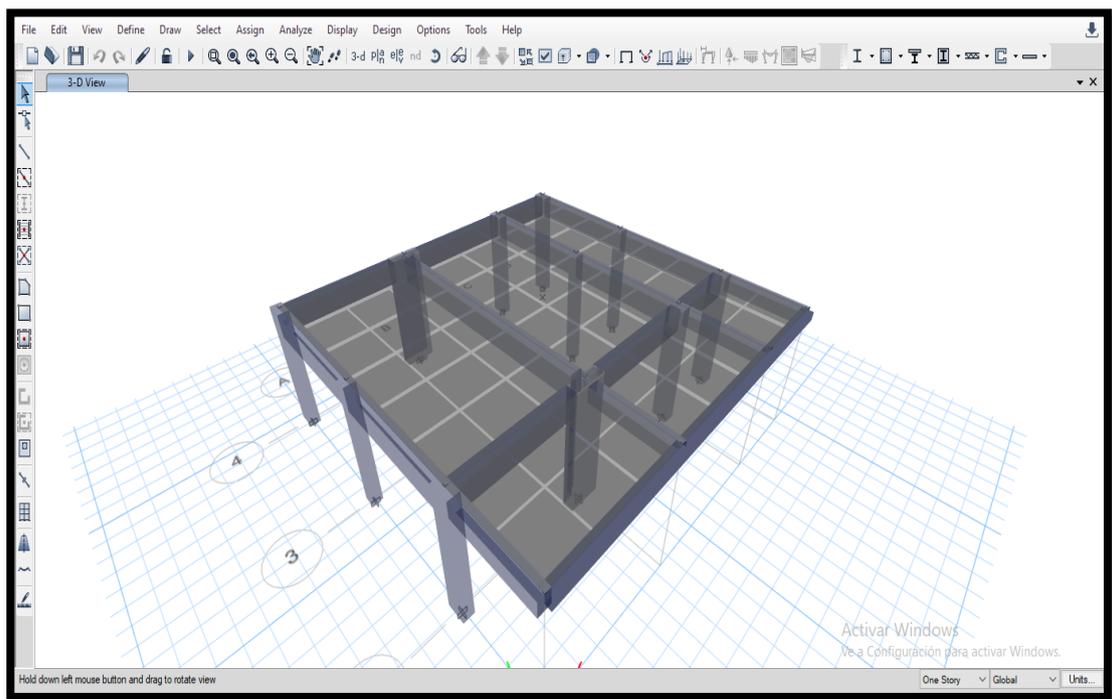


Figura 64. Modelamiento Bloque C.

Fuente: Elaboración Propia

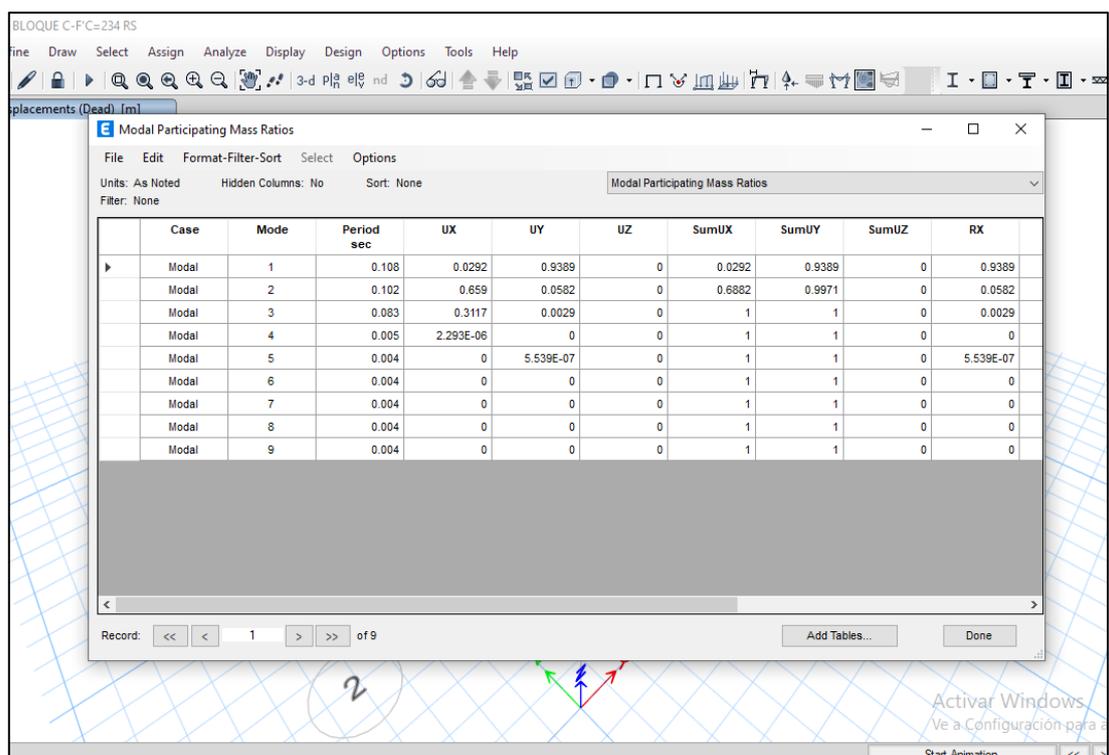


Figura 65. Modos de vibración y periodos fundamentales, bloque C.

Fuente: Elaboración Propia

Para el cálculo de Cortante Basal Estático y Dinámico:

Este análisis será para todas las direcciones examinadas, la fuerza cortante en el entrepiso será mayor al 80 % de la cortante basal hallada por el procedimiento estático para edificaciones regulares y mayor al 90 % para edificaciones irregulares. Si no se cumpliera estas condiciones será necesario aumentar el valor de la cortante para cumplir con los requerimientos mínimos indicados. A continuación, se describe la ecuación de cálculo:

$$V = \frac{ZUCS}{R} \times P$$

Según la norma E.030 el cortante dinámico tendrá un valor no menor al 80 % del cortante estático, en el presente estudio se verifico que esta condición se cumpla en todos los módulos.

Para el control de Derivas Máximas:

La deriva máxima en edificaciones de concreto armado es de 0.007, corroborada en la tabla 11 (Limites para la Distorsión de entre piso) del reglamento nacional de edificaciones, NTE E.030 de Diseño Sismorresistente. En la I.E. Rayitos del sol, la deriva máxima se cumple en todos los bloques del módulo,

Se analizó estructuralmente al centro educativo Rayitos del sol, que cuenta con un módulo de tres bloques de un solo nivel, con áreas destinadas a salones de estudio y dirección, Su sistema estructural es a porticado, conducida por toda la normativa expuesta por el reglamento nacional de edificaciones, esencialmente en la E020, E030, E050, E060.

Institución Educativa “San Martín de Thours”

Se evaluará estructuralmente al centro educativo que consta de 4 módulos distribuido en 6 bloques, distribuidos como salones de estudio, laboratorios, SS.HH., oficina de dirección. Para llevar a cabo un buen análisis es muy importante saber en qué categoría se encuentra la edificación, este estudio es una edificación esencial de tipo A, por lo tanto, hallar su conducta estructural es el objetivo de este análisis. Esta institución educativa tiene 4 módulos conformado por 6 bloques, el primer módulo consta de un bloque de tres niveles, el segundo módulo consta de tres bloques de dos niveles, el tercer y cuarto módulo con un bloque cada uno de un nivel, todo el centro educativo cuenta con un sistema estructural a porticado.

Estados de Carga

En este ítem es necesario el empleo de la norma E.020 de cargas, rigiéndonos a los valores que nos ofrece el reglamento para carga muerta, carga viva y carga de sismo.

Se estima Carga Muerta (CM), al peso de la edificación, los pesos de acabados y tabiquería, piezas inamovibles en la edificación. En lo que concierne a Carga Viva (CV) será considerado el peso de los habitantes y piezas movibles. En Carga de Sismo (CS), son las que generan los eventos sísmicos a las edificaciones.

Tabla 27. *Estados de Cargas I.E. San Martin de Thours*

CARGA MUERTA	
Peso del Concreto Armado	2400 kg/cm ²
Peso de Acabados	100 kg/cm ²
Peso de Tabiquería	100 kg/cm ²
SOBRE CARGAS	
Aulas	250 kg/cm ²
Techo Inclinado (>3°)	100 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

La realización del metrado de cargas será mediante el procedimiento de áreas tributarias, trabajando tanto carga viva como carga muerta por separado, adoptando los valores expuestos por la NTE.020 de cargas del reglamento nacional de edificaciones. El programa nos garantiza la carga del peso propio de la edificación, solo con introducir el registro de cargas.

Análisis Sísmico

La versión de ETABS para esta investigación es la v19.1.0. creado por Computers and Structures. Según la norma técnica E.030. de Diseño Sismo resistente, la carga sísmica se genera con el 100 % de la Carga Muerta y el 50 % de Carga Viva, dicho esto para edificaciones esenciales, como lo son los centros educativos.

Se aplicará diafragmas rígidos a cada piso en el modelo espacial, para los ejes dinámicos se tendrán en cuenta tres giros y tres traslaciones, formando seis grados de

libertad, considerando que tanto los giros verticales como los desplazamientos horizontales se rigen de acuerdo al diafragma.

El procedimiento de superposición espectral es el indicado por la norma E.030 para elaborar el análisis sísmico, por lo que se debe considerar como criterio de superposición la suma de absolutos y la media cuadrática, por lo tanto, tendrá la siguiente expresión:

$$r = 0.25 \sum [ri] + 0.75 \sqrt{\sum ri^2}$$

Es de conocimiento que existe también la combinación cuadrática completa (CQC), en esta investigación se empleó este último criterio de superposición espectral. Por lo tanto, de los objetivos particulares de todos los modos de vibración se generó la respuesta sísmica.

Para los parámetros sísmicos se tuvo como referencia la norma E.030, entonces para determinar el espectro de diseño se consideraron los siguientes parámetros:

- Zonificación: Se plantea de acuerdo a la estructuración espacial del evento sísmico estudiado, según la peculiaridad del movimiento sísmico y la mitigación de este con el recorrido al epicentro del sismo, también en un estudio geotécnico.
- El presente análisis está ubicado en el distrito de Reque, se sabe que está situado en la zona 4 según la norma E.030, con un factor de zona de 0.45, este factor se percibe como la aceleración máxima del terreno.
- Estado Geotécnico: es importante hallar tanto las propiedades mecánicas del suelo como los periodos fundamentales de vibración, todo esto para generar una buena clasificación del mismo, para la presente investigación, la norma E.030 nos otorga estos valores para un perfil de suelo como el de Reque que es de tipo (S3) que da lugar a suelos blandos, por lo tanto asociado con el factor de zona 4 nos brinda un valor numérico de $S = 1.10$, en tanto a los periodos T_p y T_l relacionados al tipo de suelo S3, nos ofrece los valores de 1.0 seg y 1.6 seg respectivamente.

- Categoría de las Edificaciones y factor U: Para esta investigación, al tratarse de centros educativos, la categoría de uso de la edificación es de tipo A por ser una edificación esencial y el valor del factor U es de 1.5.
- Sistema Estructural: Al tratarse de instituciones educativas públicas, el sistema estructural habitual es el de un sistema a porticado, el coeficiente de reducción sísmica (R) será dado por como este clasificado la estructura, en nuestra evaluación para pórticos (R=8.0). A continuación, se muestra el espectro de pseudoaceleraciones con el factor de reducción R=8.00.

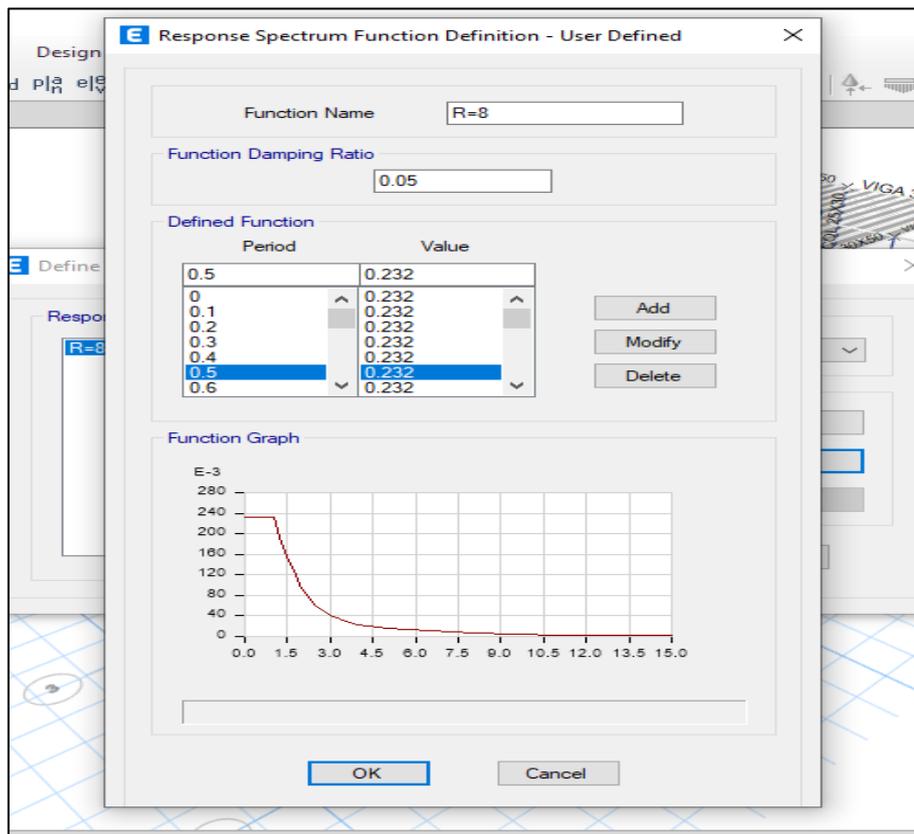


Figura 66. Espectro de pseudoaceleraciones.

Fuente: Elaboración Propia

Resultados del Análisis

Para el modelamiento es necesario tener en cuenta las deformaciones por flexión, la carga axial y fuerzas cortantes, se estimaron seis grados de libertad estáticos para cada nudo y tres grados de libertad dinámicos adecuados a dos traslaciones horizontales y a una rotación plana adaptada a un diafragma rígido por nivel.

Los modos de vibración garantizan en un 95 % el valor de los desplazamientos elásticos y el 5 % restantes lo otorgan la Combinación Cuadrática Completa (CQC). En cambio, los desplazamientos inelásticos resultan de multiplicar los desplazamientos elásticos con el factor de reducción sísmica, según el sistema estructural apropiado.

Para determinar los modos de vibración es necesario analizar la distribución de masas y las características de rigidez de la estructura. Se considerarán los tres primeros modos de vibración dominantes, cada uno con su dirección de análisis.

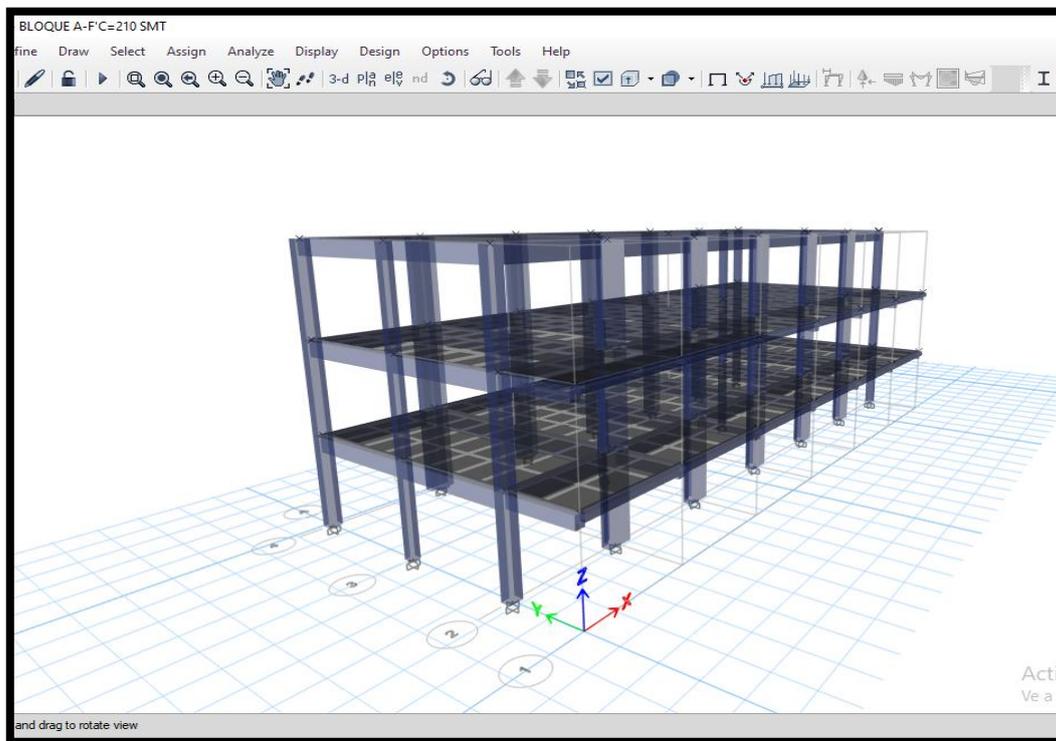


Figura 67. Modelamiento Bloque A.

Fuente: Elaboración Propia

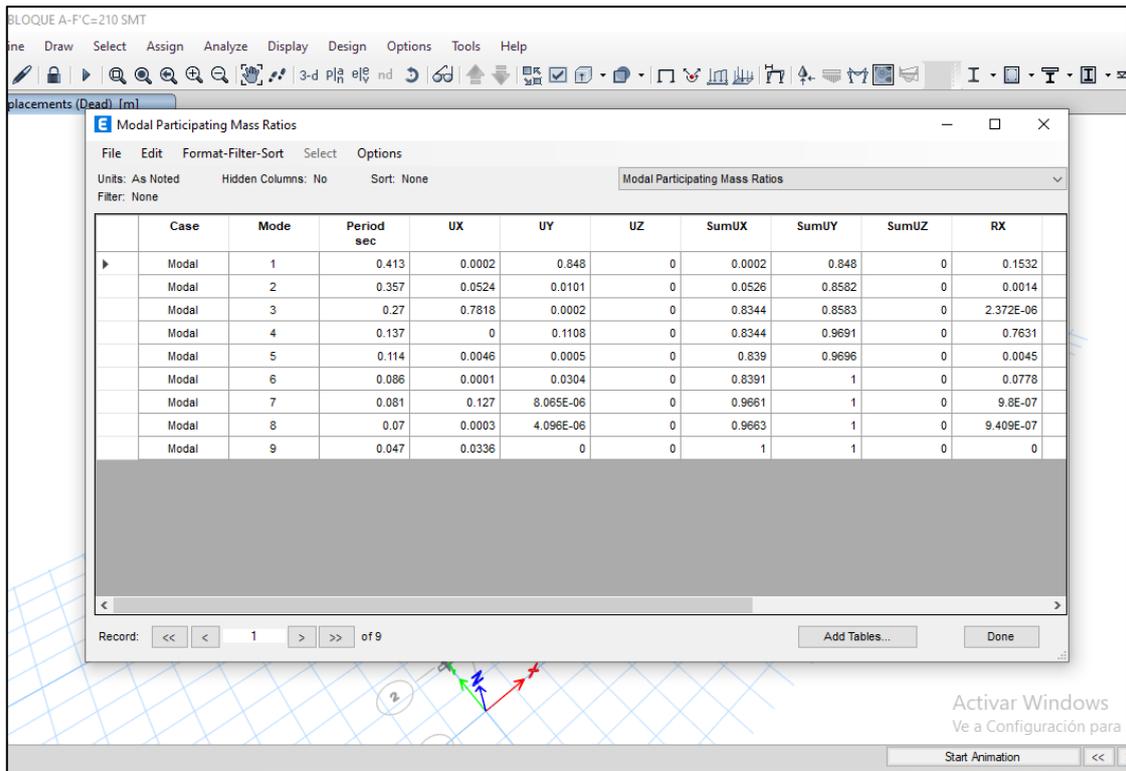


Figura 68. Modos de vibración y periodos fundamentales, bloque A.

Fuente: Elaboración Propia

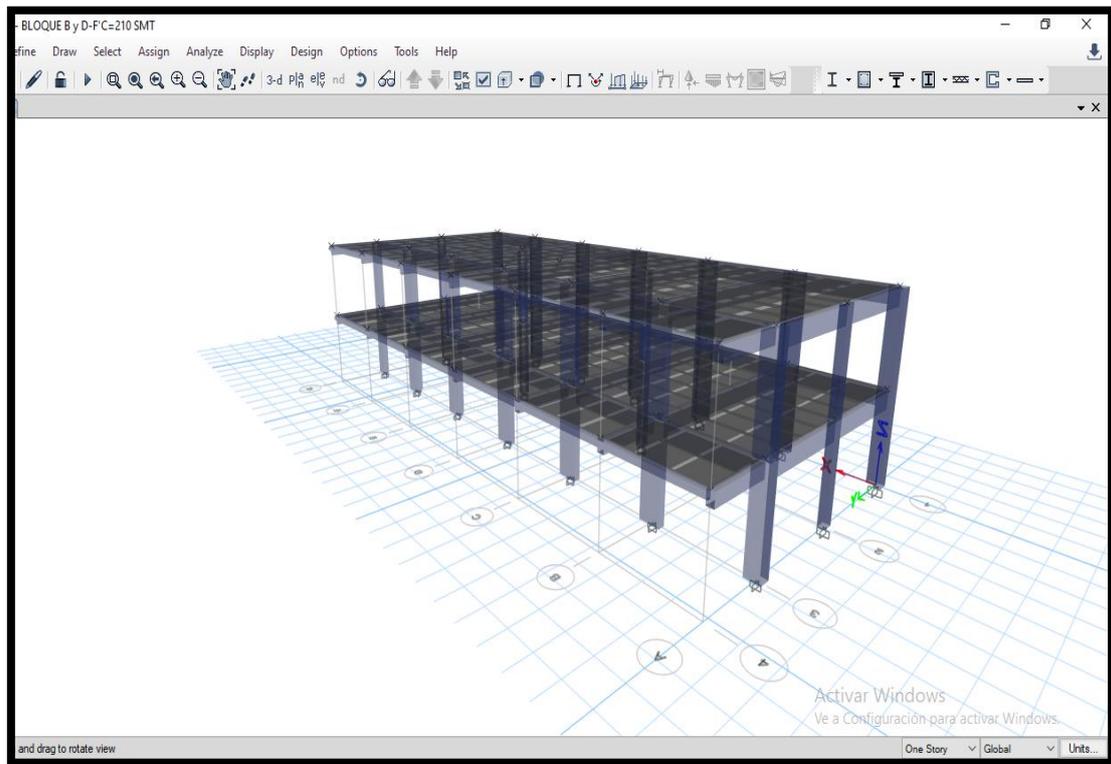


Figura 69. Modelamiento Bloque B y D.

Fuente: Elaboración Propia

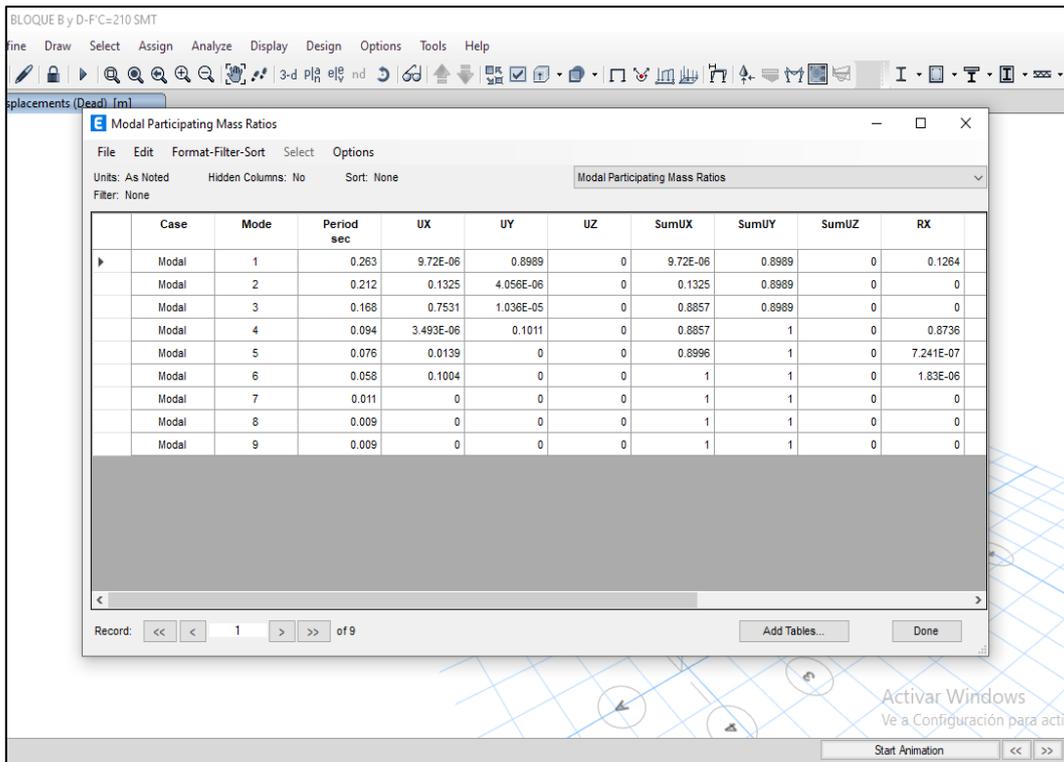


Figura 70. Modos de vibración y periodos fundamentales, bloque B y D.

Fuente: Elaboración Propia

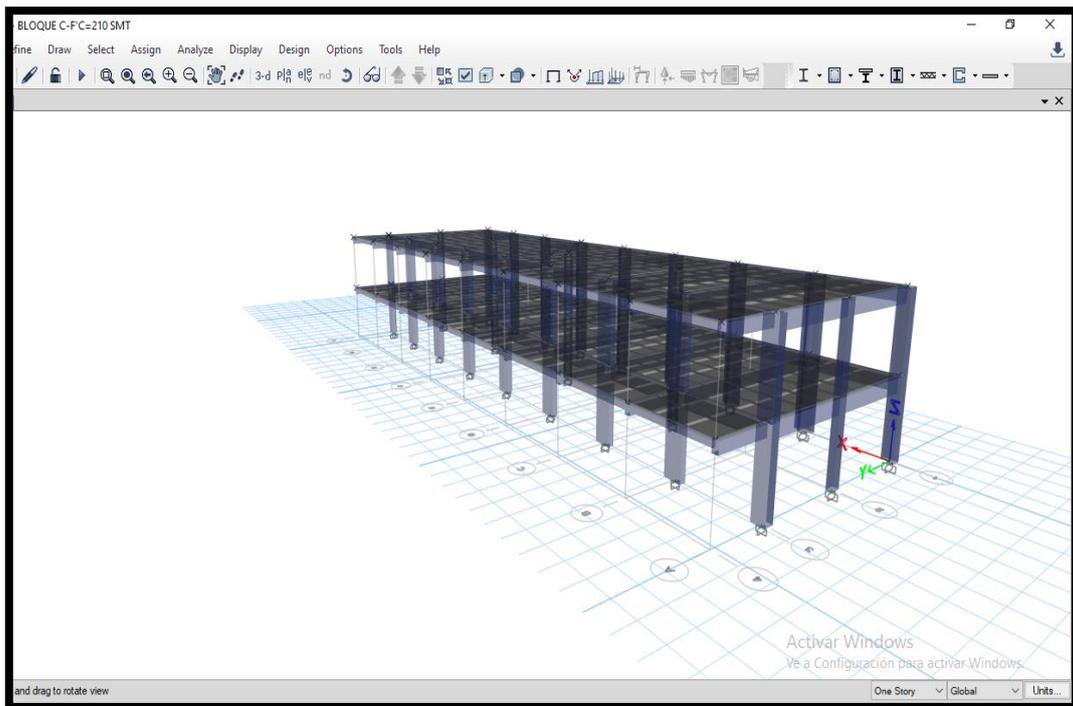


Figura 71. Modelamiento Bloque C.

Fuente: Elaboración Propia

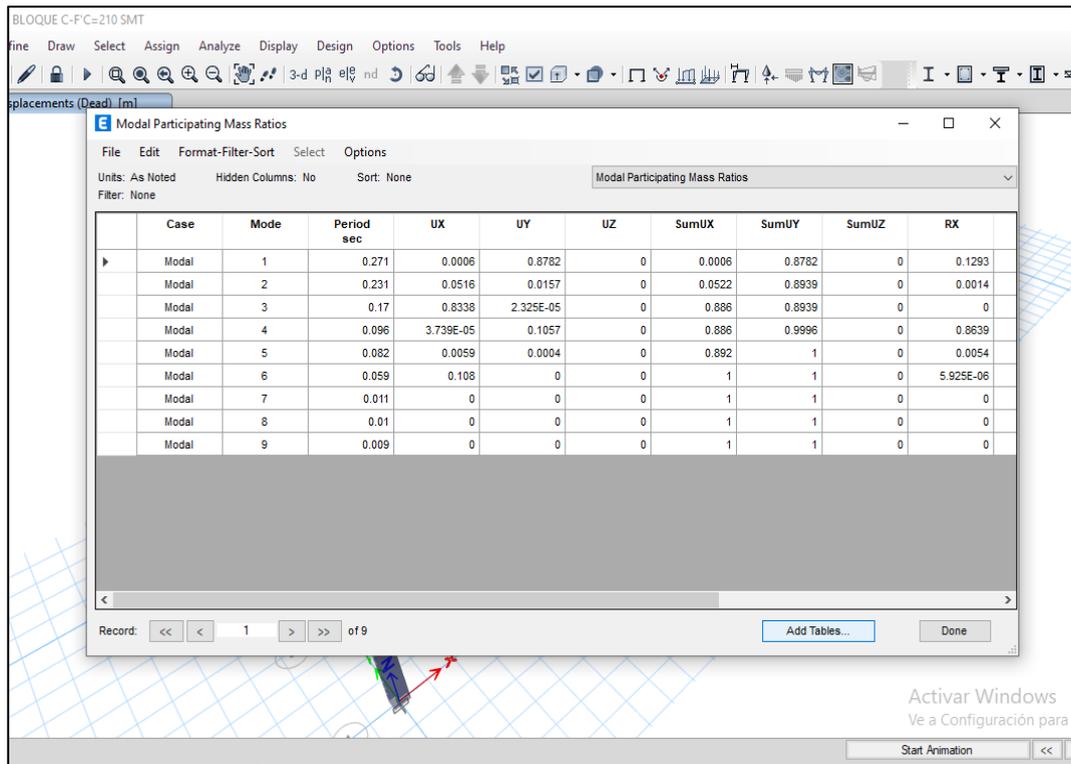


Figura 72. Modos de vibración y periodos fundamentales, bloque C.

Fuente: Elaboración Propia

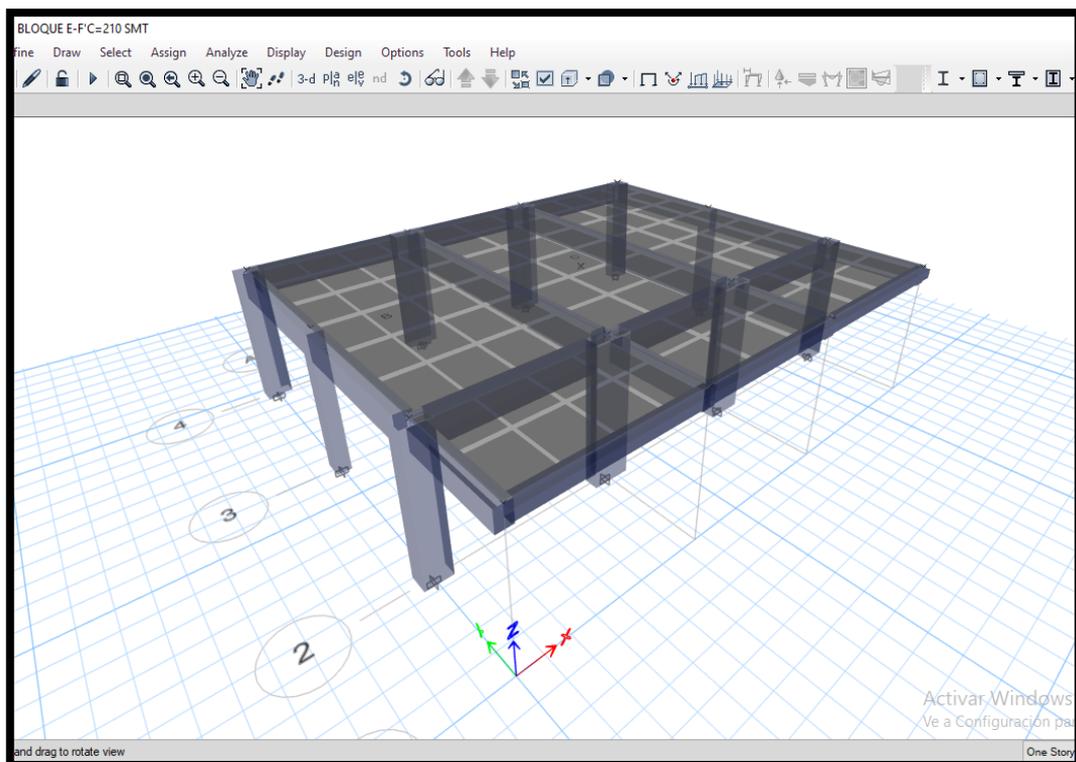


Figura 73. Modelamiento Bloque E.

Fuente: Elaboración Propia

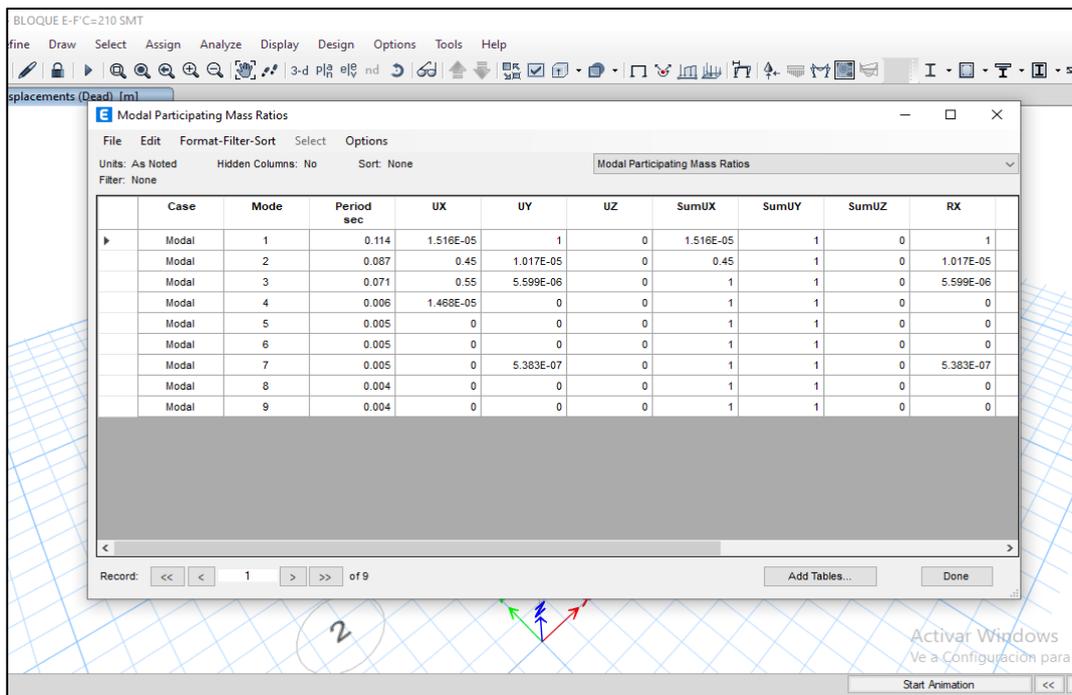


Figura 74. Modos de vibración y periodos fundamentales, bloque E.

Fuente: Elaboración Propia

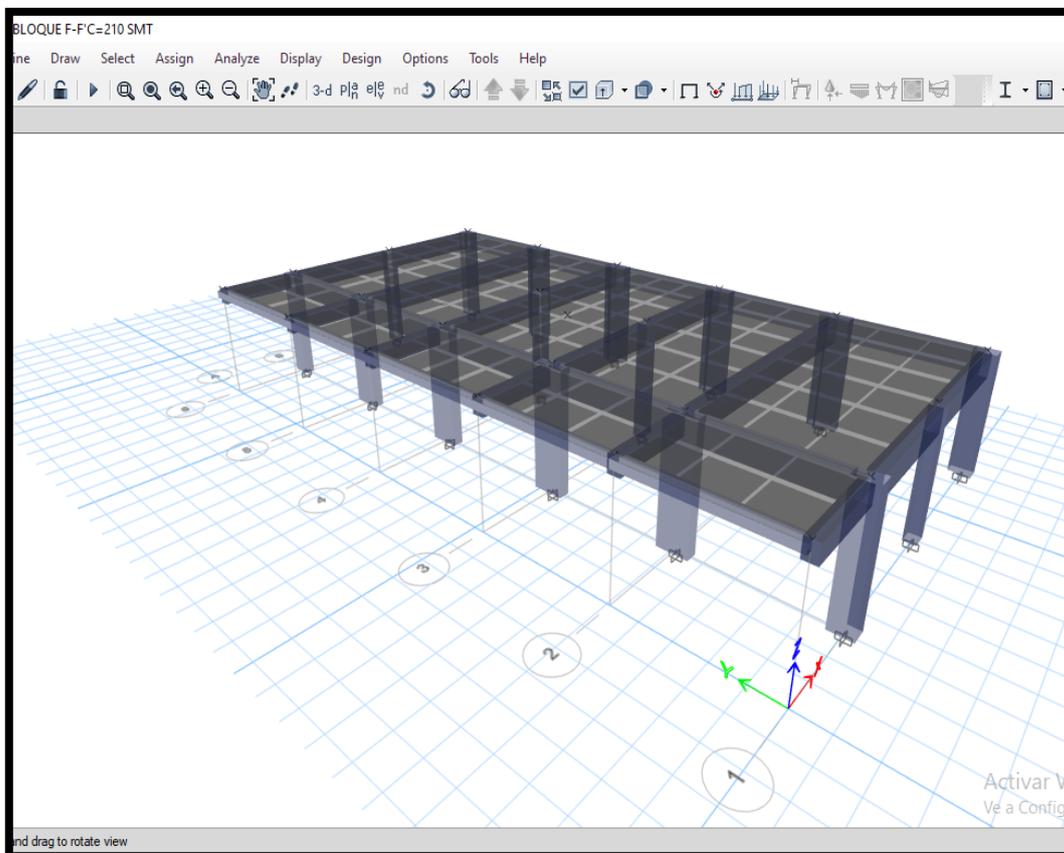


Figura 75. Modelamiento Bloque F.

Fuente: Elaboración Propia

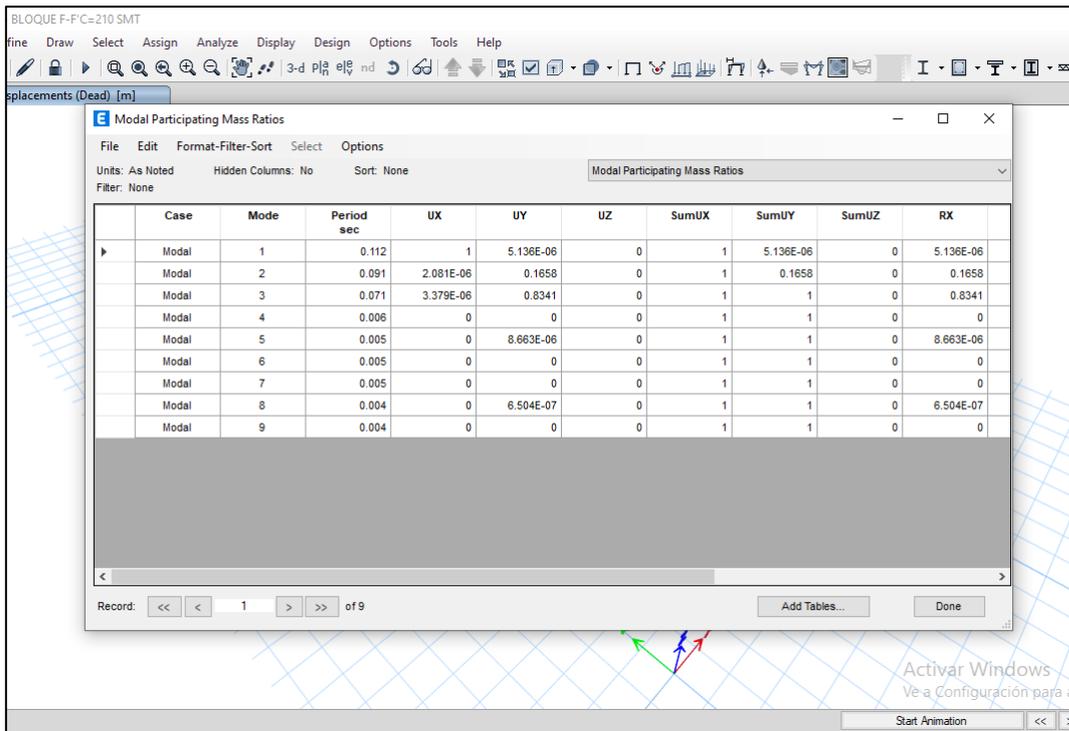


Figura 76. Modos de vibración y periodos fundamentales, bloque F.

Fuente: Elaboración Propia

Para el cálculo de Cortante Basal Estático y Dinámico:

Este análisis será para todas las direcciones examinadas, la fuerza cortante en el entrepiso será mayor al 80 % de la cortante basal hallada por el procedimiento estático para edificaciones regulares y mayor al 90 % para edificaciones irregulares. Si no se cumpliese estas condiciones será necesario aumentar el valor de la cortante para cumplir con los requerimientos mínimos indicados. A continuación, se describe la ecuación de cálculo:

$$V = \frac{ZUCS}{R} x P$$

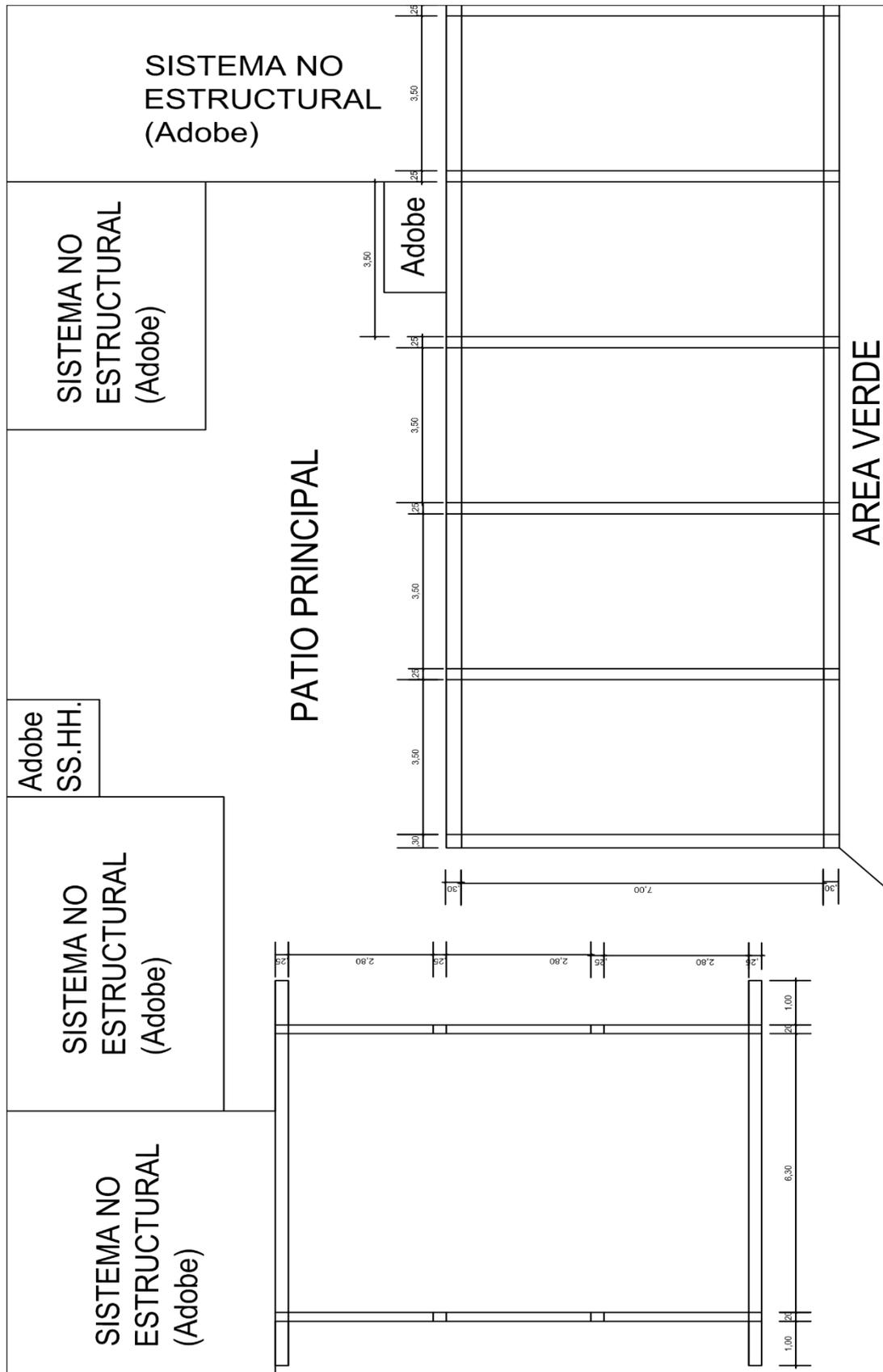
Según la norma E.030 el cortante dinámico tendrá un valor no menor al 80 % del cortante estático, en el presente estudio se verifico que esta condición se cumpla en todos los módulos.

Para el control de Derivas Máximas:

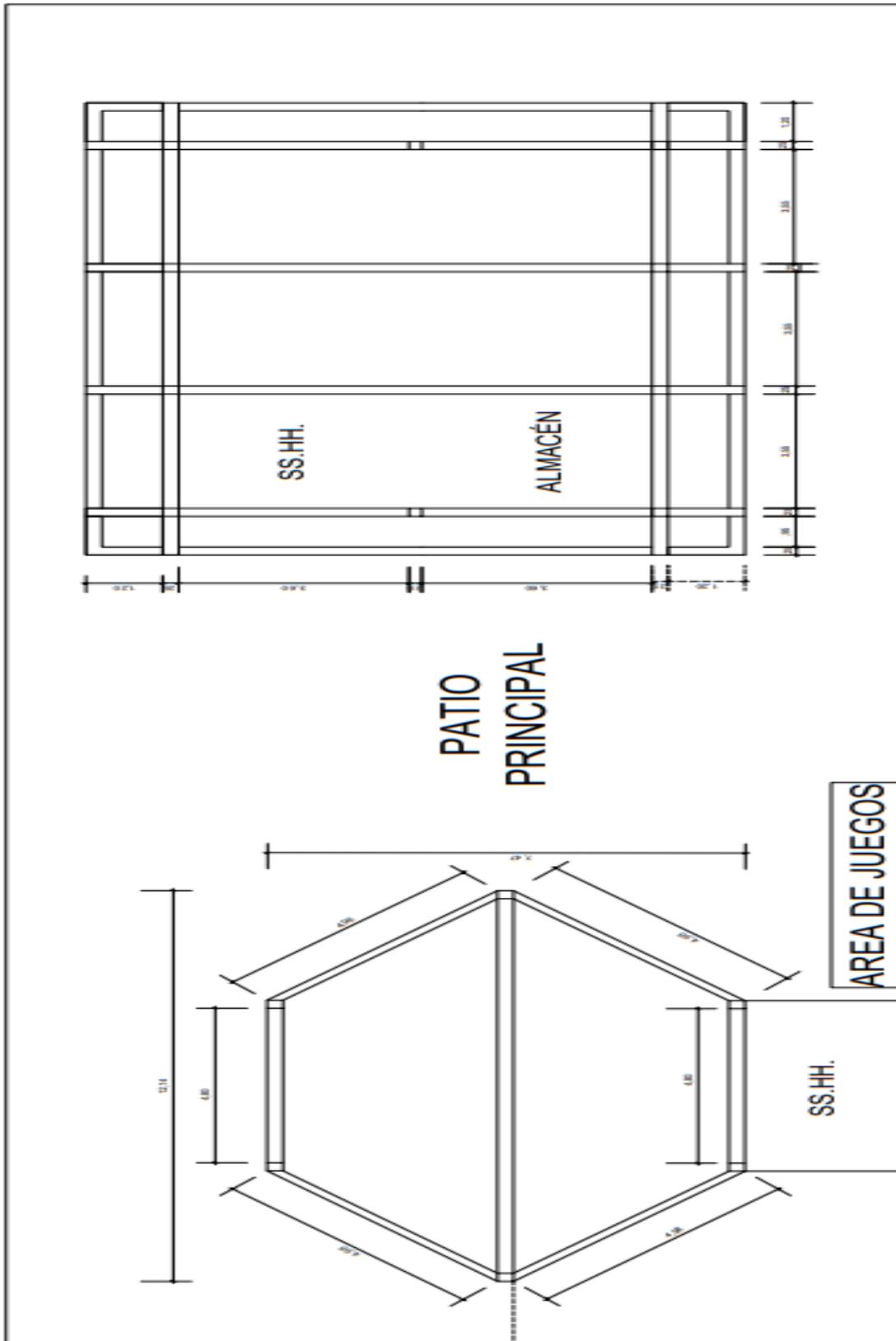
La deriva máxima en edificaciones de concreto armado es de 0.007, corroborada en la tabla 11 (Limites para la Distorsión de entre piso) del reglamento nacional de edificaciones, NTE E.030 de Diseño Sismo resistente. En la I.E. San Martin de Thours, la deriva máxima se cumple en todos los bloques a excepción del bloque A en la dirección en “Y”.

Anexo VI. Planos de los Centros Educativos

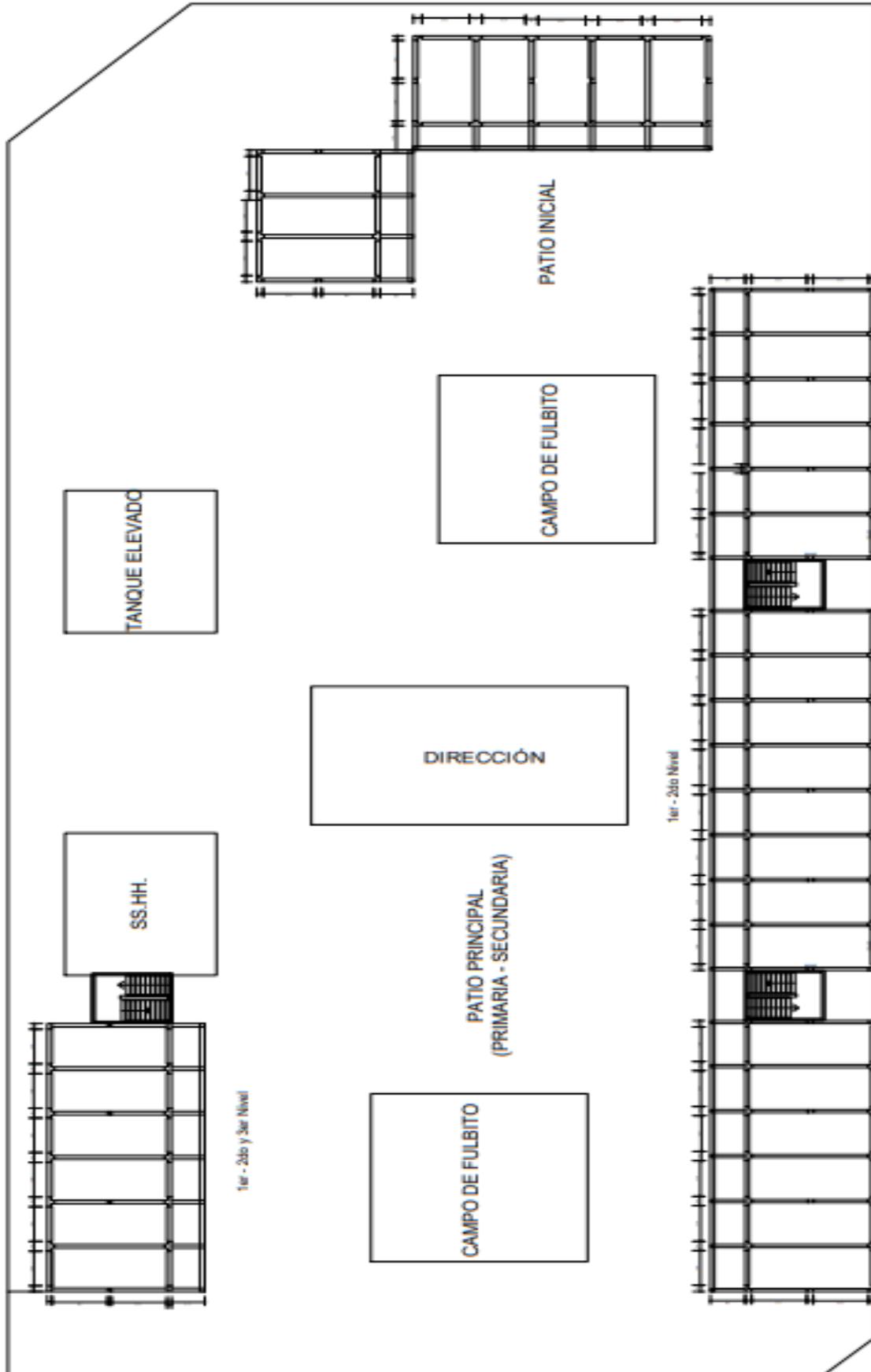
MARÍA BURGA DE LA OLIVA



DISCÍPULOS DE JESÚS



SAN MARTIN DE THOURS



Anexo VII. Autorizaciones firmadas por las autoridades pertinentes.



"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ: 200 AÑOS DE INDEPENDENCIA"

Pimentel, 27 de julio del 2021

Licenciada
MARY JANET CARLOS MUNDACA
Directora
I.E N° 019 María Burga de la Oliva
Ciudad.-

Asunto: Solicita permiso y facilidades a egresado de Ingeniería Civil para realizar trabajos de investigación

Es grato dirigirme a usted para expresarle el saludo institucional a nombre de la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Señor de Sipán - Escuela Profesional de Ingeniería Civil y desearte éxitos en su gestión institucional.

Asimismo me permito presentar al Bachiller de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, **Randy Emanuel Enriquez Porras**, con Código Universitario N° 2131817316, identificado con DNI N° 72032487, para quien solicito autorización para realizar estudios de vulnerabilidad sísmica, estudio de suelos y ensayos de esclerómetro o diamantina a la institución educativa que usted dirige, así como también acceder a los planos respectivos, con la finalidad de realizar su proyecto de tesis titulado: **"ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE DAÑO MEDIANTE HIROSAWA PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL DISTRITO DE REQUE"**.

Seguro de contar con su gentil atención, aprovecho la oportunidad para reiterarle las muestras de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,




Dr. Sócrates Muñoz Pérez
Director - Ingeniería Civil
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN



ADMISSION E INFORMES
074-40000 074-40133
CAMPUS USS
Km. 5, Carretera a Pimentel
Chilaya, Perú
www.uss.edu.pe

Pimentel, 19 de julio del 2021

Sr.
FREY RICHARD CARRASCO MENDO
Director
I.E N° 10051 San Martín de Thours
Ciudad.-

Asunto: Solicita permiso y facilidades a egresado de Ingeniería Civil para realizar trabajos de investigación

Es grato dirigirme a usted para expresarle el saludo institucional a nombre de la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Señor de Sipán - Escuela Profesional de Ingeniería Civil y desearle éxitos en su gestión institucional.

Asimismo me permito presentar al Bachiller de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, **Randy Emmanuel Enriquez Porras**, con Código Universitario N° 2131817316, identificado con DNI N° 72032487, para quien solicito autorización para realizar estudios de vulnerabilidad sísmica, estudio de suelos y ensayos de esclerómetro o diamantina a la institución educativa que usted dirige, así como también acceder a los planos respectivos, con la finalidad de realizar su proyecto de tesis titulado: **"ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE DAÑO MEDIANTE HIROSAWA PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL DISTRITO DE REQUE"**.

Seguro de contar con su gentil atención, aprovecho la oportunidad para reiterarle las muestras de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,


I.E. SAN MARTÍN DE THOURS-SCDUE
N° Ed: 0028-2021
Fecha: 11-08-2021
Hora: 11:32
FIRMA




Dr. Sécnates Muñoz Pérez
Director - Ingeniería Civil
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

ADMISSION E INFORMES
07440500 074 411611
CAMPUS USS
P.O. 5, Carretera a Pimentel
Chiclayo, Perú



UNIVERSIDAD
SEÑOR DE SIPÁN

"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ: 200 AÑOS DE INDEPENDENCIA"

Pimentel, 19 de julio del 2021

Sra.

MÓNICA LIZETTY CIURLIZZA GARNIQUE

Directora

I.E. 316 Discipulos de Jesús

Ciudad.-

Asunto: Solicita permiso y facilidades a egresado de Ingeniería Civil para realizar trabajos de investigación.

Es grato dirigirme a usted para expresarle el saludo institucional a nombre de la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Señor de Sipán - Escuela Profesional de Ingeniería Civil y desearte éxitos en su gestión institucional.

Asimismo me permito presentar al Bachiller de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, **Randy Emmanuel Enriquez Porras**, con Código Universitario N° 2131817316, identificado con DNI N° 72032487, para quien solicito autorización para realizar estudios de vulnerabilidad sísmica, estudio de suelos y ensayos de esclerómetro o diamantina a la institución educativa que usted dirige, así como también acceder a los planos respectivos, con la finalidad de realizar su proyecto de tesis titulado: **"ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE DAÑO MEDIANTE HIROSAWA PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL DISTRITO DE REQUE"**.

Seguro de contar con su gentil atención, aprovecho la oportunidad para reiterarle las muestras de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,




Dr. Silvestre Muñoz Pérez
Director - Ingeniería Civil
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

ADMIÓN E INFORMES

074 400610 074 400611

CAMPUS USS

Av. 5, carretera a Pimentel
Chiclaya, Perú

www.uss.edu.pe

Pimentel, 27 de julio del 2021

Licenciada
EMÉRITA SUAREZ ZAMORA
Directora
I.E N° 472 Rayitos De Sol
Ciudad.-

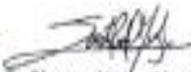
Asunto: Solicita permiso y facilidades a egresado de Ingeniería Civil para realizar trabajos de investigación

Es grato dirigirme a usted para expresarle el saludo institucional a nombre de la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Señor de Sipán - Escuela Profesional de Ingeniería Civil y desearle éxitos en su gestión institucional.

Asimismo me permito presentar al Bachiller de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, **Randy Emmanuel Enriquez Porras**, con Código Universitario N° 2131817316, identificado con DNI N° 72032487, para quien solicito autorización para realizar estudios de vulnerabilidad sísmica, estudio de suelos y ensayos de esclerómetro o diamantina a la institución educativa que usted dirige, así como también acceder a los planos respectivos, con la finalidad de realizar su proyecto de tesis titulado: **"ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE DAÑO MEDIANTE HIROSAWA PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL DISTRITO DE REQUE"**.

Seguro de contar con su gentil atención, aprovecho la oportunidad para reiterarle las muestras de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,


 **Dr. Sócrates Muñoz Pérez**
Director - Ingeniería Civil
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN



ADMISIÓN E INFORMES
074400000 - 074400002
CAMPUS USS
Rm. 5, Carretera a Pimentel
Chilayo, Perú

www.usp.edu.pe