



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Desempeño sísmico de una edificación esencial mediante métodos  
de análisis sísmico no lineal– Institución Educativa Santa Rosa,  
Abancay, Apurímac 2020**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Civil

**AUTORA:**

Meza Tintaya, Margoth (ORCID: 0000-0002-5894-4966)

**ASESOR:**

Dr. Ing. Muñiz Paucarmayta, Abel Alberto (ORCID: 0000-0002-1968-9122)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

Lima – Perú

2020

## **DEDICATORIA**

A mis padres Jaime Meza y Martina Tintaya, por su gran apoyo en cada momento de mi vida, y por ser mi impulso para seguir adelante y lograr mis metas. A mis hermanos, Wilber, Edwin y Brith, por ser mi fortaleza en cada adversidad y los mejores amigos.

A mis tíos, tías, y demás familiares porque creyeron en mí, y como familia siempre están para mí.

A mis grandes amigos, quienes fueron bastón de apoyo para culminar la carrera, y sobre todo en estos últimos meses cuando realizaba la tesis.

## **AGRADECIMIENTO**

Doy gracias a Dios por darme salud y fortaleza para culminar esta etapa de mi vida. A mis padres por darme la oportunidad de cumplir cada uno de mis sueños, gracias a ellos por cada día creer y confiar en mí.

Agradecimiento al Gobierno Regional de Apurímac, a la Gerencia de Infraestructura, por el apoyo brindado en el desarrollo de la tesis.

Doy gracias al asesor de tesis Ing. Abel Muñiz, por su persistencia y profesionalismo. Al Ing. Guido Elguera y a José por la colaboración en los trabajos realizados en campo, y de una manera muy especial al Ing. Edwin Meza, por ser apoyo fundamental en la parte técnica de la presente tesis, y por ser mi ejemplo a seguir.

## INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS .....	iv
ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS .....	v
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV.....	vi
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR .....	vii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN .....	15
II. MARCO TEÓRICO .....	19
III. METODOLOGÍA .....	33
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	33
3.1.1. Método de investigación: .....	33
3.1.2. Tipo de investigación: .....	33
3.1.3. Nivel de investigación:.....	33
3.1.4. Diseño de investigación: .....	34
3.2. Variables y operacionalización: .....	34
3.2.1. Variable 1: Métodos de análisis sísmico no lineal.....	34
3.2.2. Variable 2: Desempeño sísmico.....	34
3.3. Población, muestra y muestreo .....	37
3.3.1. Población: .....	37
3.3.2. Muestra: .....	37
3.3.3. Muestreo:.....	37
3.3.4. Unidad de análisis:.....	37
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	38
3.4.1. Técnica:.....	38
3.4.2. Validez.....	38
3.4.3. Confiabilidad.....	39
3.5. Procedimientos .....	39
3.5.1. Estudios de previos .....	39
3.5.4. Análisis estático no lineal Pushover .....	44
3.5.4. Análisis dinámico no lineal tiempo - historia .....	44
3.6. Método de análisis de datos .....	45

3.6.1. Determinación del punto de desempeño mediante el análisis no lineal (Pushover).....	45
3.6.2. Determinación del punto de desempeño, mediante el análisis no lineal (Tiempo historia).....	50
3.6.3. Determinar el desempeño sísmico de una edificación esencial mediante métodos de análisis sísmico no lineal.....	54
3.7. Aspectos éticos .....	54
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>55</b>
4.1. Determinación del punto de desempeño mediante el análisis no lineal (Pushover).....	55
4.2. Determinación del punto de desempeño, mediante el análisis no lineal (Tiempo historia).....	60
4.3. Determinación el desempeño sísmico de una edificación esencial mediante métodos de análisis sísmico no lineal.....	63
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>64</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>66</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>67</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>72</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.2.</b> Niveles de movimiento sísmico.....	24
<b>Tabla 2.2.</b> Valores de rigidez efectiva.....	28
<b>Tabla 3.2.</b> Estados de daño y niveles de desempeño.....	30
<b>Tabla 4.2</b> Matriz de niveles recomendados de desempeños esperados.....	31
<b>Tabla 5.2</b> Estado de daño según la deriva de entrepiso para pórticos de concreto armado.....	32
<b>Tabla 6.2</b> Estado de daño según la deriva de entrepiso para muros de concreto armado.....	32
<b>Tabla 1.3.</b> Matriz de operacionalización de variables.....	36
<b>Tabla 2.3.</b> Rangos de validez para instrumentos de recolección de datos.....	38
<b>Tabla 3.3.</b> Juicio de expertos.....	39
<b>Tabla 4.3.</b> Rangos de confiabilidad.....	39
<b>Tabla 5.3.</b> Distribución de ambientes por niveles.....	40
<b>Tabla 6.3.</b> Registros sísmicos considerados.....	50
<b>Tabla 1.4.</b> Coordenadas de la curva de capacidad en la dirección XX.....	55
<b>Tabla 2.4.</b> Desplazamientos y fuerzas cortante para cada nivel de demanda sísmica en XX.....	56
<b>Tabla 3.4.</b> Coordenadas de la curva de capacidad en la dirección YY.....	58
<b>Tabla 4.4.</b> Desplazamientos y fuerzas cortante para cada nivel de demanda sísmica en YY.....	59
<b>Tabla 5.4.</b> Derivas de entrepiso – Curvas IDA en XX.....	60
<b>Tabla 6.4.</b> Derivas de entrepiso – curvas IDA en YY.....	62
<b>Tabla 7.4.</b> Desempeño sísmico obtenidos por cada método de análisis.....	63

## Índice de figuras

<b>Figura 1.1.</b> Vista del sótano de la Institución Educativa Santa Rosa.....	17
<b>Figura 2.1.</b> Vista de los tres niveles del bloque 5 de la Institución Educativa Santa Rosa.....	17
<b>Figura 1.2.</b> Estructura representada por 01 grado de libertad.....	25
<b>Figura 2.2.</b> Estructura representada por múltiples grados de libertad.....	26
<b>Figura 3.2.</b> Corte de base estático vs respuesta al desplazamiento del techo de la estructura.....	28
<b>Figura 4.2.</b> Relación máxima de deriva de entrepiso vs nivel de piso.....	29
<b>Figura 5.2.</b> Sectorización para el desempeño sísmico propuesta por SEAOC.....	31
<b>Figura 1.3.</b> Esquema en planta de la I.E. N° 54002 Santa Rosa.....	40
<b>Figura 2.3.</b> Esquema estructural en planta de la I.E. N° 54002 Santa Rosa (bloque 5).....	41
<b>Figura 3.3.</b> Asignación de propiedades del material.....	42
<b>Figura 4.3.</b> Secciones de los elementos estructurales.....	43
<b>Figura 5.3.</b> Asignación de cargas.....	43
<b>Figura 6.3.</b> Modelo en 3D de la estructura.....	44
<b>Figura 7.3.</b> Mecanismo de formación de rotulas plásticas en la dirección XX.....	45
<b>Figura 8.3.</b> Mecanismo de formación de rotulas plásticas en la dirección YY.....	46
<b>Figura 9.3.</b> Punto de desempeño sismo ocasional en XX.....	47
<b>Figura 10.3.</b> Punto de desempeño sismo raro en XX.....	47
<b>Figura 11.3.</b> Punto de desempeño sismo muy raro en XX.....	48
<b>Figura 12.3.</b> Punto de desempeño sismo ocasional en YY.....	48
<b>Figura 13.3.</b> Punto de desempeño sismo raro en YY.....	49
<b>Figura 14.3.</b> Punto de desempeño sismo muy raro en YY.....	49
<b>Figura 15.3.</b> Registros sísmicos introducidos al ETABS.....	50
<b>Figura 16.3.</b> Espectros compatibles.....	51
<b>Figura 17.3.</b> Configuración para cada nivel de demanda sísmica.....	52
<b>Figura 18.3.</b> Configuración de la matriz de amortiguamiento.....	52
<b>Figura 19.3.</b> Configuración del método de integración numérica.....	53
<b>Figura 20.3.</b> Configuración de los parámetros del análisis no lineal.....	53
<b>Figura 21.3.</b> Definición de las rotulas plásticas en columnas.....	54

<b>Figura 1.4.</b> Curva de capacidad en la dirección XX.....	56
<b>Figura 2.4.</b> Punto de desempeño en la dirección XX.....	57
<b>Figura 3.4.</b> Curva de capacidad en la dirección YY.....	59
<b>Figura 4.4.</b> Punto de desempeño en la dirección YY.....	60
<b>Figura 5.4.</b> Curva IDA en la dirección XX.....	61
<b>Figura 6.4.</b> Nivel de daño en la dirección XX.....	61
<b>Figura 7.4.</b> Curva IDA en la dirección YY.....	62
<b>Figura 8.4.</b> Nivel de daño en la dirección YY.....	63

## RESUMEN

La presente tesis titulada: **Desempeño sísmico de una edificación esencial mediante métodos de análisis sísmico no lineal– Institución Educativa Santa Rosa, Abancay, Apurímac 2020**, fijó por objetivo determinar el desempeño sísmico de una edificación esencial mediante métodos de análisis sísmico no lineal. Como metodología se aplicó el método científico, del tipo: aplicativo, del nivel: explicativo, y diseño: cuasi experimental.

Los resultados obtenidos para ambos métodos aplicados fueron el nivel de desempeño, obteniendo: para el sismo ocasional funcional, para el sismo raro de resguardo de vida, y para el sismo muy raro de colapso. Considerando los lineamientos de la norma americana ASCE 41-13, la propuesta de la comisión visión 2000 y parámetros del manual HAZUS MR4.

La investigación muestra como conclusión que los niveles de desempeño mediante los métodos de análisis sísmico no lineal fueron similares, pero un análisis dinámico no lineal tiempo historia, es el más adecuado debido a que considera los ciclos reversibles de la carga sísmica.

**Palabras clave:** Desempeño sísmico, métodos de análisis sísmico no lineal, ASCE 41-13, VISION 2000, manual HAZUS MR4.

## ABSTRACT

The present thesis entitled: Seismic performance of an essential building using non-linear seismic analysis methods - Institution Educative Santa Rosa, Abancay, Apurímac 2020, set the objective of determining the seismic performance of an essential building using non-linear seismic analysis methods. As methodology, the scientific method was applied, of the type: applicative, of the level: explanatory, and design: quasi-experimental.

The results obtained for both applied methods were the level of performance, obtaining: for the occasional functional earthquake, for the rare earthquake of protection of life, and for the very rare earthquake of collapse. Considering the guidelines of the American standard ASCE 41-13, the vision 2000 commission proposal and the parameters of the HAZUS MR4 manual.

The research shows as a conclusion that the performance levels by non-linear seismic analysis methods were similar, but a non-linear dynamic time-history analysis is the most appropriate because it considers the reversible cycles of the seismic load.

**Keywords:** Seismic performance, nonlinear seismic analysis methods, ASCE 41-13, VISION 2000, HAZUS MR4 manual.

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la ingeniería sísmica ha tomado gran importancia, en base a los registros sísmicos que se dado a nivel mundial. Según la revista Nacional Geographic Society (2010), indica que 10.000 personas muren por año a causa de los terremotos ocurridos en el mundo con 8 grados de magnitud en la escala de Richter.

Con el pasar de los años, el Perú también ha atravesado por una serie de movimientos sísmicos, el cual ha causado el colapso y la destrucción de las edificaciones. Nuestro país se encuentra en el “cinturón de fuego”, donde se ocasiona una intensa actividad sísmica; y casi al borde del encuentro de dos placas tectónicas, la placa de Nazca y Sudamericana, provocando una zona de subducción que, en los últimos tiempos, es el causal de los terremotos de gran magnitud (Muñoz, 2004). Según datos del Instituto Geofísico del Perú (IGP), Tavera (2014), indica que en nuestro país en la zona andina existe la presencia de sismos de gran magnitud en lugares como Huaytapallana (Junín), Ayacucho, Cusco, Abancay y Arequipa, por razones de la presencia fallas inversas y normales importantes (pág. 1),

Otro hecho es que el Perú está atravesando por un silencio sísmico, el cual nos lleva permanecer en largos periodos de tiempo sin terremotos, es así, que de acuerdo a la zona sísmica se espera desde un pequeño terremoto hasta un sismo de elevada magnitud (Muñoz, 2004).

Todo esto conlleva a que la norma técnica peruana actualice los criterios de diseño sismo resistente y la zonificación sísmica, ubicando a la sierra en la zona 2 y 3, considerándola como una región de moderada actividad sísmica. Por ello, es necesario conocer el desempeño sísmico de una edificación, y mucho más de edificaciones categorizadas como esenciales dentro de nuestra NTP E030, el cual exige que ante un sismo severo debe permanecer operacional.

El desempeño sísmico de la edificación esencial que es objeto de estudio en el presente trabajo de investigación, toma en consideración la Norma Técnica Peruana E-030 de diseño sismo resistente y normas internacionales, a fin de que

estos puedan cumplir con los principios y la filosofía del diseño sismo resistente, primordialmente en edificaciones categorizadas como esenciales, aquellas que en un sismo sirva de refugio. En este sentido, los colegios y demás edificaciones de servicio educativo, tienen la obligación de cumplir con los requerimientos normativos sobre el diseño sísmico, debido a que estas albergan un gran número de personas en sus ambientes, desde estudiantes, docentes, personal administrativo y público en general.

La institución educativa Santa Rosa de la ciudad de Abancay, es un proyecto que se viene ejecutando por el Gobierno Regional de Apurímac, considerado uno de los colegios más grandes de la región, y frente a la aplicación de un diseño sísmico convencional, el cual únicamente considera el comportamiento lineal de la estructura, se hace necesario realizar un análisis más profundo con la aplicación de diseños más sofisticados, para un comportamiento inelástico (no lineal), el cual se acercaría al comportamiento más real de estructura.



**Figura 1.1.** Vista del sótano de la Institución Educativa Santa Rosa.

Fuente: Gobierno Regional de Apurímac, 2020.



**Figura 2.1.** Vista de los tres niveles del bloque 5 de la Institución Educativa Santa Rosa.

Fuente: Gobierno Regional de Apurímac, 2020.

Es así que la presente tesis tiene como variables los métodos de análisis sísmico no lineal y el desempeño sísmico, siendo preciso que, analizando la realidad problemática se formulen el siguiente problema general: ¿Cuál es el desempeño sísmico de una edificación esencial mediante métodos de análisis sísmico no lineal? Y como problemas específicos: ¿Cuál es el punto de desempeño

mediante el análisis no lineal estático?, y el segundo ¿Cuál es el punto de desempeño, mediante el análisis no lineal dinámico?

Continuando con el esquema de investigación se muestra la **justificación del problema**, desde el punto de vista **teórico**, la investigación tiene el propósito de aportar al conocimiento existente sobre los métodos de análisis sísmico no lineal de edificaciones esenciales en el distrito de Abancay, el cual a su vez busca contribuir al conocimiento que podrá servir para futuros planes de contingencia y planes de reforzamiento estructural. Desde la perspectiva **práctica**, la investigación nace de la necesidad de verificar si las edificaciones esenciales básicamente de las instituciones educativas de la ciudad de Abancay cumplen con los desempeños sísmicos esperados según los estándares normativos. Por último, en lo **metodológico**, la presente tesis realiza un análisis sísmico basada en el desempeño, utilizando los dos métodos de análisis sísmico no lineal. El cálculo que se utilizó para concretar nuestros objetivos es el análisis sísmico estático no lineal – Pushover, utilizando un espectro de respuesta como medida de la demanda sísmica y el desplazamiento lateral como medida del daño estructural, y la aplicación del análisis dinámico no lineal, realizado con distintos registros sísmicos, para cada nivel de demanda sísmica y la deriva de entrepiso como medida del daño en la estructura; de esta manera se realizó un procedimiento comparativo del desempeño con ambas metodologías.

Por lo que la investigación fija como objetivo general, determinar el desempeño sísmico de una edificación esencial mediante métodos de análisis sísmico no lineal; y como objetivos específicos: el primero, determinar el punto de desempeño mediante el método de análisis no lineal estático, y el segundo, determinar el punto de desempeño, mediante método de análisis no lineal dinámico.

Asimismo, planteado los problemas y fijados los objetivos se formula las hipótesis, siendo la hipótesis general, el desempeño sísmico de una edificación esencial mediante métodos de análisis sísmico no lineal, no es el adecuado con el desempeño esperado según estándares normativos. Las hipótesis específicas: primero, el punto de desempeño mediante el análisis no lineal estático (Pushover), no es consistente con los estándares normativos, y el segundo, el punto de

desempeño, mediante el análisis no lineal dinámico (tiempo - historia), no es consistente con los estándares normativos.

## II. MARCO TEÓRICO

Los sismos ocurridos a lo largo de la historia en el mundo, ha generado el desarrollo de los códigos de diseño sísmico, ya que de esta manera se garantiza la seguridad en la construcción de edificaciones. En la actualidad se cuenta con investigaciones de carácter internacional como las que se mencionan a continuación:

Según Salcedo (2017), en la tesis titulada “Desempeño sísmico por el método Pushover de un edificio construido en la ciudad de Barranquilla Bajo la norma NSR-10”, establece como **objetivo**, determinar el desempeño sísmico mediante el método de análisis estático no lineal Pushover para los distintos niveles de intensidad sísmica. La **metodología** definida como una investigación aplicada; obtuvo como **resultados**, que para un sismo de alta intensidad se determinó una deriva de 841.94mm el cual representa el 2.59%, y una deriva máxima permitida de 465mm correspondiente al 1% referida a la altura del edificio. Asimismo, fija como **conclusiones**, primero, que con menos acero y realizado el análisis de varios elementos, estos fallarían arrastrando al resto el cual genera el colapso de toda la estructura, y segundo que el desempeño esperado para el sismo de diseño es de ocupación inmediata. Por consiguiente, se tiene a Báez (2018), con la tesis de grado titulada “Evaluación del desempeño sísmico de marcos a momento en edificios de baja y mediana altura”, que fija como **objetivos**, calcular el desempeño sísmico de estructuras conformadas por marcos con la norma de diseño chilena NCh433.Of1996, determinar los puntos de desempeño sísmico para las edificaciones resultantes. La **metodología** de la investigación del tipo aplicada; en el que precisa como **resultados**, se verifica que en el análisis estático no lineal pushover los marcos en su mayoría respondieron en el rango lineal de la curva de capacidad para las demandas analizadas, solo en algunos casos sobrepasó ligeramente el punto de fluencia. Finalmente, se fija como **conclusiones**, que, mediante el análisis no lineal dinámico, se evidenció que precedió el estado no lineal de la columna en su base, y en otras ambas situaciones simultáneamente.

Asimismo, tenemos los siguientes artículos y revistas internacionales:

Para Anda et al (2019), en el artículo del XXII Congreso Nacional de ingeniería sísmica de México, titulado “Evaluación de vulnerabilidad sísmica de

edificios en la ciudad de México construidos antes de 1985”, que tuvo como **objetivo**, el proponer una metodología de vulnerabilidad para las construcciones afectadas en la Ciudad de México, con énfasis en las edificaciones construidas antes de 1985. La **metodología** utilizada en esta investigación es del tipo aplicativa, fijo como **resultados**: la capacidad máxima de la estructura alcanza una aceleración espectral 0.135g que genera un desplazamiento de 37.74cm, por el que la estructura al tener una capacidad mínima se hace vulnerable. De esta manera, finalmente se **concluye** que, las edificaciones construidas antes 1985 presentaron importantes daños, representando el 73.3% de las edificaciones estudiadas. Otra investigación realizada por Medina et al (2018), artículo en ingeniería sísmica titulada “Determinación del nivel de desempeño de un edificio habitacional estructurado en base a muros de hormigón armado y diseñado según normativa chilena”, en el que tuvo como **objetivos**, calcular el desempeño sísmico de un edificio en donde predomina muros de concreto armado; siendo la **metodología** utilizada, aplicativa del tipo explicativa comparativa, la misma que obtuvo como **resultados**, que de los desplazamientos calculados en ambas direcciones, las mayores diferencias están en la dirección –y en referencia a la dirección +X, con valores que llegan 7.2% más que en el desplazamiento de la azotea y 11.6% menos en la cortante basal. En la que finalmente llega a **concluirse** que, analizado el desempeño para distintos niveles de demanda sísmica para el sismo frecuente la estructura se encontraría totalmente operacional y para sismos de mayor intensidad la estructura llegaría hasta a un desempeño operacional, el cual cumple con los criterios de la comisión visión 2000.

Por último, se tiene a Piscal et al (2019), en la Revista Científica Ingeniería y Desarrollo, Vol. 37, siendo No 1 en el año 2019, titulada “Comparación de las dos metodologías de análisis y diseño más recientes de ASCE 7, para el análisis de su posible empleo en edificaciones con aislamiento sísmico de base en Colombia”, la misma que fijo como **objetivos**, estudiar los importantes cambios técnicos de versiones anteriores y actuales de la normativa americana, y su aplicabilidad en realidad colombiana, se realizó mediante una **metodología** explicativa del tipo aplicativa; y se obtuvo como **resultados**, los desplazamientos laterales y fuerzas mínimas, es más restrictivo con ASCE 7-16. De esta forma, se **concluye** que, a

pesar de los cambios en los métodos de análisis los desempeños esperados para edificaciones importantes tiende a ser el mismo.

El Perú, no siendo ajeno a los movimientos telúricos elabora la primera norma en el año 1963, la cual se actualizó en los años 1977, 1997, 2016, siendo la última versión vigente la del año 2018.

De esta manera resulta necesario conocer el comportamiento sísmico de las edificaciones construidas con normativas anteriores, de acuerdo a los nuevos requerimientos que establece la norma actual y a los nuevos estándares normativos internacionales. En la actualidad existe estudios realizados respecto al análisis en base al desempeño de edificios construidos con normas antiguas, un ejemplo de ello es el realizado en las siguientes investigaciones **nacionales**:

En la tesis “Evaluación del desempeño sísmico de hospitales aislados en el Perú” de la Pontificia Universidad Católica del Perú”, presentado por Yucra (2018); en el que se evaluó el diseño realizado de la estructura de un hospital con aislamiento sísmico, se planteó como **objetivo**: desarrollar el análisis no lineal dinámico para estructura mencionada y determinar el desempeño sísmico. La **metodología** utilizada es una investigación del tipo aplicada, la misma que tuvo como **resultados**: que las máximas derivas de entrepiso en la dirección “X”, fueron de 0.0013 y en “Y” 0.0021, para un PGA 0.45g. Finalmente, fija como **conclusiones**, que mediante el análisis realizado en relación al daño-deriva la estructura califica a un desempeño sísmico de ocupación inmediata para el sismo raro. Otra de las tesis que cabe mencionar es la Moscoso (2019), titulada “Evaluación del desempeño de edificaciones hospitalarias prefabricadas con aislamiento sísmico en el Perú”, teniendo entre sus **objetivos**: evaluar el desempeño de un edificio prefabricado de un hospital moderno realizada en base a la normativa peruana actual. Aplicando una **metodología**, del tipo aplicada; obtuvo como **resultados**: que para un 0.675g (PGA) las derivas máximas fluctúan en valores de 0.0021(Tarapata 2005) al 0.006 (Pisco 2007). Finalmente, fija como **conclusiones**: que para un PGA 0.45g (sismo de diseño) se determina un desempeño de daño leve. Asimismo, Calcina (2017), en la tesis de posgrado titulada “Evaluación del desempeño sísmico de un edificio de once pisos utilizando análisis estático y dinámico no-lineal”, precisando como **objetivos**: comparar la

medida en que el análisis estático y dinámico no lineal permiten determinar la capacidad estructural y el desempeño sísmico en una edificación de 11 niveles. Mediante una **metodología**, definida como investigación pura, con un diseño de investigación causal explicativo, obtuvo como **resultados**: un desplazamiento máximo de 2.019cm, con el que califico un nivel de desempeño de ocupación inmediata haciendo referencia a un nivel de daño menor o ninguno, tanto en los componentes no estructurales como estructurales. Por último, se tiene como **conclusiones**: que el análisis no lineal dinámico y estático nos proporciona los daños que podrían sufrir las estructuras, en referencia rangos de desempeño.

Entre los artículos y revistas **nacionales** tenemos:

Según Vega et al (2019), en el artículo titulado “Evaluación del desempeño sísmico mediante el análisis estático no lineal, vivienda-comercio Miura Grill, Chiclayo”, fijo como **objetivos**: evaluar el desempeño sísmico mediante el análisis sísmico estático no lineal (Pushover) de una estructura en concreto armado. Utilizando una **metodología**; el cual define una investigación aplicada descriptiva, obtiene como **resultados**: que mediante el análisis sísmico Pushover se determina que la estructura en la dirección x, se encuentra en un nivel de desempeño sísmico de colapso para un sismo según el espectro de la norma E030, con un desplazamiento de 63.318 mm. **Concluyendo**, en lo siguiente: se verifica que del análisis de fuerzas estáticas equivalentes la máxima deriva es 0.0085, debiendo ser 0.007 de acuerdo a la norma E.030, considerando a la estructura como flexible. Luego se tiene Mosqueira (2012), en el artículo titulado “Riesgo sísmico en las edificaciones de la facultad de ingeniería, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú”, que precisa como **objetivos**: determinar el riesgo sísmico que tiene las edificaciones de la Universidad Nacional de Cajamarca. Mediante la **metodología** de investigación aplicada, se determina como **resultados**, que, de los desplazamientos relativos de entrepiso producidos por el sismo, los valores son mayores en la dirección en Y que en la de X, considerando que el máximo permitido por NTP E-030  $D_i/H_i \leq 0.007$ . De esta manera, se **concluyó**, que la edificación estudiada tiene un comportamiento inadecuado ante cargas de sismo, pudiendo llegar al colapso.

De esta manera, comenzaremos por definir algunos conceptos importantes:

Los **efectos sísmicos en las edificaciones** hacen necesario conocer las características de la acción sísmica. Por ello, Meli (2009) define que: la base de un edificio desarrolla el mismo movimiento del suelo, mientras que por efectos de inercia la masa de la estructura sigue un desplazamiento dinámico y el movimiento en la base, es así que las fuerzas inerciales ponen la seguridad de la estructura en peligro (pág. 29).

Es primordial también conocer los distintos niveles de amenaza sísmica a la que está sometida una edificación, ya que en vista a los amplios estudios estadísticos se ha determinado que está relacionada a periodos de retorno, con niveles de amenaza sísmica que van desde los más frecuentes hasta un sismo muy raro (Melone Salvador , 2003).

Según la Comisión Visión 2000, la cual forma parte de la Asociación de Ingenieros Estructurales de California - SEAOC (1985), citado por Melome (2003) define: que una manera de expresar los niveles de amenaza sísmica son en forma probabilística y determinística. En el aspecto probabilista, definiendo un nivel de movimiento asociado a una probabilidad de ocurrencia; y por otro lado el enfoque determinista que el movimiento máximo esperado de un sismo, con cierta magnitud dada y asociado a una fuente específica en términos de parámetros de ingeniería con los fines de diseño, así como la intensidad macro sísmica, espectros de respuesta, PGA, etc; se relacionan con el periodo de retorno o con la probabilidad de excedencia (págs. 70-71).

El periodo de retorno y la probabilidad de excedencia pueden relacionarse en la siguiente ecuación:

$$T = -\frac{t}{\ln(1-p)} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Donde:

T: Periodo de retorno, en años.

p: Probabilidad de excedencia.

t: Tiempo de exposición, en años.

Como propuesta de la comisión visión 2000 (SEAOC 1985), se define los siguientes niveles de amenaza sísmica. **Ver tabla 1.2.**

**Tabla 1.2.**

Niveles de movimiento sísmico.

<i>Nivel del movimiento sísmico</i>	<i>Período medio de retorno T (años)</i>	<i>Probabilidad de excedencia (p,t)</i>
Frecuente	43 años	50% en 30 años
Ocasional	72 años	50% en 50 años
Raro	475 años	10% en 50 años
Muy Raro	970 años	10 % en 100 años

Fuente: Adaptación de (SEAOC, 1995) citada por Melone (2003)

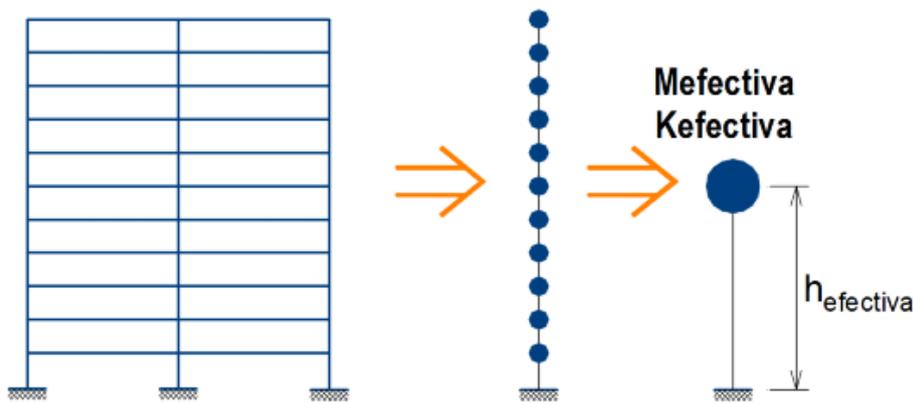
Por otro lado, definimos el **análisis sísmico** de edificios que utiliza distintas metodologías siendo las más convencionales el análisis sísmico lineal, el cual es utilizado según la norma técnica peruana E030, para estructuras regulares (NTP E030, 2018); para estructuras especiales dependiendo de su complejidad y uso, son evaluados a través de métodos de análisis no lineal, siendo estudios más sofisticados.

Aunque la presente tesis se centra netamente al estudio del análisis no lineal, también se hace necesario conocer los métodos de análisis elásticos (lineal), siendo estas las que se utilizan con mayor frecuencia por ser más accesibles.

El **análisis sísmico mediante modelos elásticos**, hace referencia a **métodos de análisis sísmico convencionales**, los cuales se define a continuación:

El primer método de análisis sísmico lineal, es el **análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes**, es un análisis que considera los movimientos sísmicos como un conjunto de fuerzas equivalentes, según la NTP E030 (2018), indica que pueden ser utilizadas en edificaciones regulares de baja altura. Se basa en suponer que las cargas aplicadas al sistema son constantes en el tiempo, y en que las cargas y repuestas inducidas, son lineales.

En un procedimiento estático lineal, el modelo estructural es adoptado con una rigidez constante y el sistema es de un grado de libertad, se calculan deformaciones unitarias, desplazamientos, fuerzas de tensión y reacción debido a las cargas laterales aplicadas al sistema estructural (Calcina Peña, 2017).



**Figura 1.2.** Estructura representada por 01 grado de libertad.

Fuente: Reproducida de (Calcina Peña, 2017)

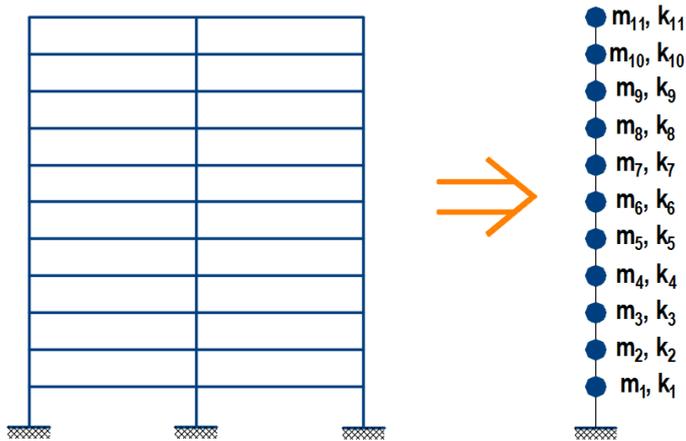
Segundo, definimos el **método de análisis lineal dinámico**, el cual según Meli (2009), el análisis sísmico de una estructura en movimiento por efecto de los sismos, es la condición más desfavorable de una estructura. Es así que, desde esta perspectiva, un análisis más puntual y preciso es el dinámico, la misma que incluye información omitida o considerada de manera indirecta en el análisis sísmico estático.

El análisis dinámico lineal considera dos sub metodologías:

El **modal espectral**, este método se basa en espectros de respuesta, que considera las propiedades dinámicas de la estructura tales como amortiguamiento, frecuencias y modos de vibrar. Según la NTP E030 (2018), el diseño debe considerar la frecuencia que es una propiedad inherente de la estructura, y conocer la respuesta estructural ante estas fuerzas que intervienen.

Es así, que, para un procedimiento modal espectral, se considera múltiples grados de libertad, la matriz de amortiguamiento viscoso equivalente y la matriz de rigidez lineal elástica (Calcina Peña, 2017).

Otra metodología, del análisis dinámico de un modelo elástico es el **tiempo – historia**, se realiza mediante aceleraciones de registros sísmicos reales y escalados, y la respuesta estructural se conoce en el tiempo que dura el evento sísmico.



**Figura 2.2.** Estructura representada por múltiples grados de libertad.

Fuente: Reproducida de (Calcina Peña, 2017)

Asimismo, definiremos lo concerniente a la **variable 1** y las respectivas **dimensiones**, las que se detallan a continuación.

Utilizar el **análisis sísmico de modelos inelásticos– métodos de análisis sísmico no lineal**, nos aproxima al comportamiento más real de la estructura, ya que por medio de esta se tiene menor incerteza, además que nos permite conocer la falla y el potencial progresivo.

Asimismo, cabe mencionar que, dentro de este tipo de análisis sísmico no lineal, se menciona dos métodos: el análisis estático no lineal o conocida también como el método Pushover, y el análisis dinámico no lineal, también llamada tiempo historia, siendo esta última la más compleja y más avanzada dentro de los métodos análisis sísmico.

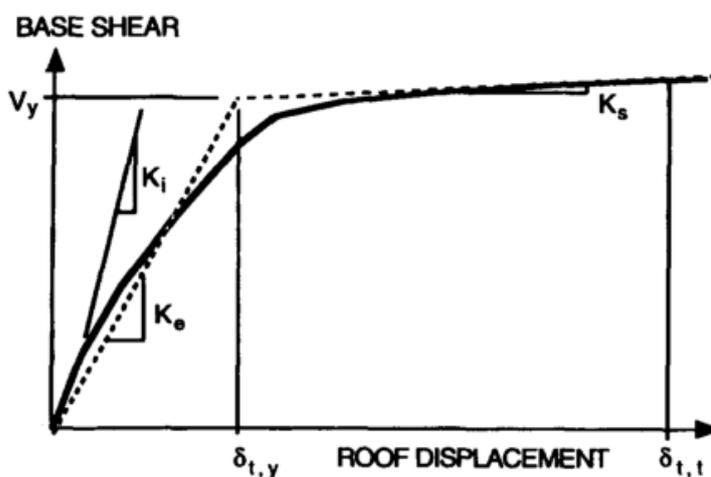
Actualmente no se tiene lineamientos para un análisis no lineal dentro de la NTP E030-2018, por lo que la investigación se rige a las normas americanas. El Consejo de Tecnología Aplicada (ATC), propone el documento ATC 40 en 1996, considerada la primera norma técnica que propone lineamientos para el análisis sísmico no lineal, a partir de esta se realizan varias actualizaciones a fin de perfeccionar la metodología; la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias, conocida como el FEMA por las siglas en inglés, realizan los documentos del FEMA 273 y FEMA 274 en 1997, FEMA 356 en el año 2000. Siendo la última versión mejorada del ATC y el FEMA el FEMA 440 del año 2005.

Por otro lado, el ASCE/SEI 31-03 publicada en el 2003, el cual pretendió adaptarse y ser compatible con el FEMA 356; ASCE/SEI 41-06 en el 2007 se publica a partir del FEMA 356 y recomendaciones del FEMA 440; posterior a ello fue mejorada con el ASCE/SEI 41-13 en el 2014, la misma que es considerada como el documento más completo y normativa actual para los procedimientos de análisis sísmicos de modelos inelásticos.

Por consiguiente, definimos la **dimensión 1**, como primer método de análisis no lineal a continuación:

El **análisis estático no lineal (Pushover)**, el FEMA 440 (2005) define que “los procedimientos estáticos no lineales generalmente emplean el análisis Pushover para desarrollar una representación de la capacidad estructural” (pág. 82). Por otro lado Krawinkler (1998) indica que el análisis estático inelástico representa el método que predice las fuerzas sísmicas y demandas de deformación, lo que explica de forma próxima la redistribución de fuerzas internas que se dan cuando la estructura está sujeta a fuerzas de inercia, por razones de que el comportamiento estructural no puede resistir en el rango elástico.

Esta dimensión a su vez tiene como indicadores el **cortante en la base** y el **desplazamiento lateral**.



**Figura 3.2.** Corte de base estático vs respuesta al desplazamiento del techo de la estructura.

Fuente. Reproducido de (Krawinkler, 1998)

Asimismo, para el cálculo de las secciones agrietadas se tomará la rigidez efectiva según ASCE/SEI 41-13. Ver tabla 2.2.

**Tabla 2.2.**

Valores de rigidez efectiva

Component	Flexural Rigidity	Shear Rigidity	Axial Rigidity
Beams—nonprestressed <sup>a</sup>	$0.3E_c I_g$	$0.4E_c A_w$	—
Beams—prestressed <sup>a</sup>	$E_c I_g$	$0.4E_c A_w$	—
Columns with compression caused by design gravity loads $\geq 0.5A_g f'_c$	$0.7E_c I_g$	$0.4E_c A_w$	$E_c A_g$
Columns with compression caused by design gravity loads $\leq 0.1A_g f'_c$ or with tension	$0.3E_c I_g$	$0.4E_c A_w$	$E_c A_g$ (compression) $E_c A_g$ (tension)
Beam-column joints	Refer to Section 10.4.2.2.1		$E_c A_g$
Flat slabs—nonprestressed	Refer to Section 10.4.4.2	$0.4E_c A_g$	—
Flat slabs—prestressed	Refer to Section 10.4.4.2	$0.4E_c A_g$	—
Walls-cracked <sup>b</sup>	$0.5E_c A_g$	$0.4E_c A_w$	$E_c A_g$ (compression) $E_c A_g$ (tension)

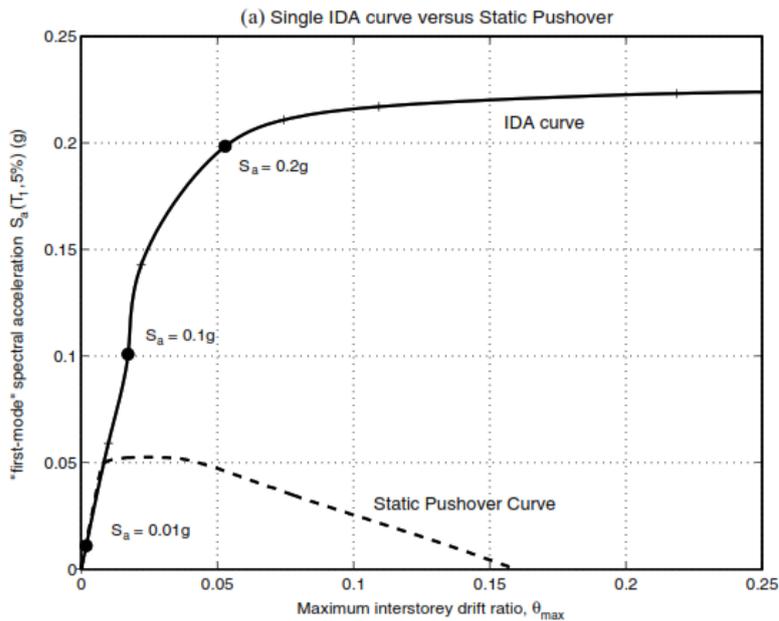
Fuente. Reproducido de (American Society of Civil Engineers, 2014)

Seguidamente definiremos la **dimensión 2**, como segundo método de análisis sísmico no lineal.

El **análisis dinámico no lineal (tiempo - historia)**, según Deierlein et al (2010) define que “el método de análisis dinámico no lineal generalmente proporciona modelos más reales de respuesta estructural a agitaciones fuertes del suelo y, por lo tanto, proporcionar una evaluación más confiable del comportamiento sísmico que análisis estático no lineal” (p. 22). Por otro lado, Romero (2018) define en su investigación que: “el análisis no lineal dinámico (tiempo-historia) pretende, mediante registros de aceleración escalados, determinar el margen de colapso (CMR o Collapse Margin Ratio) para cada modelo arquitectónico” (p. 23).

Como indicadores para esta dimensión se define el PGA y la deriva de entrepiso.

El **PGA** (Peak Ground Acceleration) referida a la aceleración pico o máxima del suelo, y la **deriva de entrepiso**



**Figura 4.2.** Relación máxima de deriva de entrepiso vs nivel de piso.

Fuente. Reproducido de Vamvatsikos (2001)

De esta manera conceptualizamos la **variable 2**, que se indica seguidamente:

El **desempeño sísmico** asociado al nivel de movimiento sísmico y a la respuesta estructural, define el daño estructural y no estructural que tendrá una edificación, luego de un determinado nivel de amenaza sísmica.

Existen corporaciones que adoptan la aplicación sistemática y podríamos nombrar a SEAOC (1985), ATC -40 y al Manual técnico HAZUS MR4 siendo algunas de las que se tiene. La indagación que se realizará para el diseño será basada a los niveles de desempeño sísmico propuesta por la Comisión Visión 2000 de la corporación SEAOC y el manual HAZUS MR4.

Según el ATC – 40 (1996), define el nivel de desempeño, como “un estado de daño limitante o condición descrita por los daños físicos al interior del edificio, la amenaza de seguridad de vida de los ocupantes de los debido al daño, y el pos terremoto a la capacidad de servicio” (p. 15).

La propuesta de los niveles de desempeño por la comisión visión 2000 (SEAOC, 1995), comprende cinco niveles, las cuales se detallan en la **tabla 3.2**.

**Tabla 3.2.**

Estados de daño y niveles de desempeño.

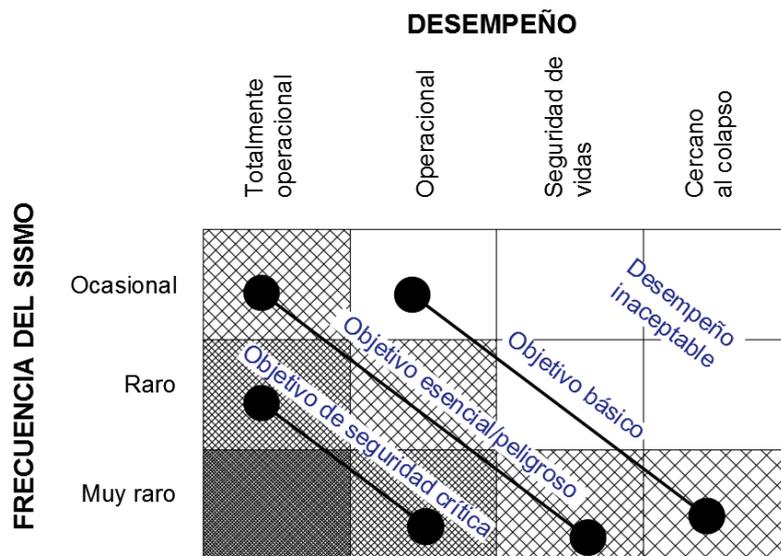
<i>Estado de daño</i>	<i>Nivel de Desempeño</i>	<i>Características principales</i>
Despreciable	Totalmente Operacional	Daño estructural y no estructural despreciable o nulo. Las instalaciones continúan prestando sus servicios y funciones después del sismo.
Ligero	Operacional	Daños ligeros. Las instalaciones esenciales continúan en servicio y las no esenciales pueden sufrir interrupciones de inmediata recuperación.
Moderado	Seguridad	Daños moderados. La estructura sufre daños pero permanece estable. Seguridad de ocupantes. Algunos elementos no estructurales pueden dañarse
Severo	Pre-Colapso	Daño estructural severo, en la proximidad del colapso estructural. Falla de elementos no estructurales. Seguridad de ocupantes comprometida.
Completo	Colapso	Colapso estructural

Fuente: Adaptación de (SEAOC, 1995) citada por (2003)

Otro de los conceptos importantes para la presente investigación es el desempeño esperado, según la propuesta Visión 2000 es la siguiente:

**Tabla 4.2**

Matriz de niveles recomendados de desempeño.

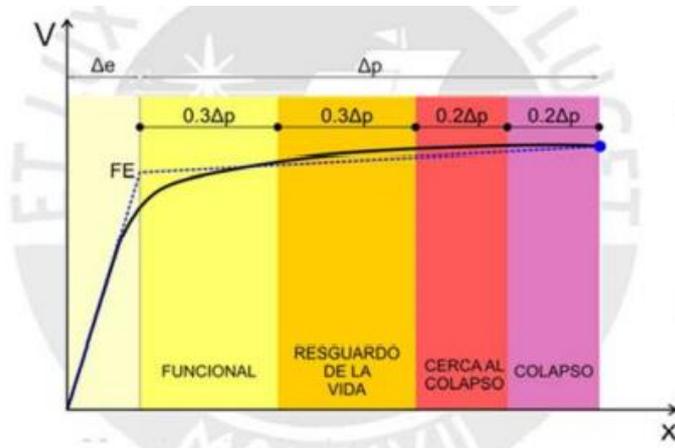


Fuente: Adaptación de la (SEAOC, 1995).

Para determinar el nivel de desempeño sísmico es necesario realizar el cálculo de la respuesta estructural que tendrá la edificación, mediante un análisis

sísmico no lineal, como los antes descritos, para ello se hace necesario determinar el **punto de desempeño**, siendo esta la dimensión para el desempeño sísmico.

Para poder calificar el desempeño se recurre a la sectorización que propone el SEAOC, en el cual se relaciona el nivel de daño o nivel de desempeño, de acuerdo a los desplazamientos laterales, siendo FE el punto de fluencia efectiva, a partir de la cual la estructura incursiona en el rango inelástico.



**Figura 5.2.** Sectorización para el desempeño sísmico propuesta por SEAOC

Fuente: Adaptación de SEAOC, reproducido de (Muñoz, 2020)

Por otro lado, se menciona la propuesta por el manual HAZUS MR4, que relaciona el estado de daño con la deriva de entrepiso según el sistema estructural, se muestra en la **tabla 5.2.**, para pórticos de concreto armado y en la **tabla 6.2.** para muros de concreto armado o placas.

**Tabla 5.2**

Estado de daño según la deriva de entrepiso para pórticos de concreto armado.

ESTADO DE DAÑO	DERIVA DE ENTREPISO
Leve	0.0033
Moderado	0.0067
Severo	0.0200
Completo	0.0533

Fuente: Adaptación de Technical Manual HAZUS MR4 (2003)

**Tabla 6.2**

Estado de daño según la deriva de entrepiso para muros de concreto armado.

<b>ESTADO DE DAÑO</b>	<b>DERIVA DE ENTREPISO</b>
<b>Leve</b>	0.0027
<b>Moderado</b>	0.0067
<b>Severo</b>	0.0200
<b>Completo</b>	0.0533

Fuente: Adaptación de Technical Manual HAZUS MR4 (2003)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### 3.1.1. Método de investigación:

Según Sierra citada por Baena (2018) considera que el método científico consiste en un procedimiento que pretende formular problemas y/o preguntas sobre la realidad y los seres humanos, se basa en la observación y las teorías existentes; anticipa soluciones a través de la formular hipótesis de los problemas y contrastarlos (pág. 33).

La investigación se iniciará con la observación directa del objeto de estudio, por el cual se plantean las preguntas y las hipótesis, de esta manera se busca proseguir con la investigación para contrastar las hipótesis previamente planteadas. Por lo antes mencionado, la presente investigación desarrolla el método ***científico***.

##### 3.1.2. Tipo de investigación:

Para Rodríguez (2005) considera que una investigación del tipo aplicada define que refiere a investigaciones con problemas específicos en circunstancias específicas. Son investigaciones inmediatas, no desarrollo de teorías (pág. 23)

La presente investigación se aplica y es estudiada para un lugar y problema específico, en base a las teorías ya existentes.

Por lo que, esta investigación se clasifica en el tipo ***aplicada***.

##### 3.1.3. Nivel de investigación:

Para Mendoza et al (2018) define al nivel de investigación explicativa como estudios que van más allá de describir fenómenos, variables o conceptos o de relaciones entre estas; dirigidas a responder por causas de eventos y fenómenos de cualquier índole (págs. 111-112).

El presente estudio tiene la finalidad de comparar dos métodos de análisis sísmico no lineal de una edificación esencial, mediante la determinación del nivel de desempeño sísmico de la misma.

Bajo este concepto la investigación es del nivel **explicativo**.

#### **3.1.4. Diseño de investigación:**

El diseño de investigación denominada como cuasi experimental es definida por Hernández et al (2014) quien indican que este diseño manipula intencionadamente al menos una variable independiente y afecta sobre una o más variables dependientes (pág. 151)

De lo expuesto, se manipula la variable métodos de análisis sísmico no lineal, utilizando las dos dimensiones a partir de la cual se determinó el desempeño sísmico para cada una de ellas.

Bajo este análisis el diseño de esta investigación corresponde a la investigación denominada **cuasi experimental**.

### **3.2. Variables y operacionalización:**

#### **3.2.1. Variable 1:** Métodos de análisis sísmico no lineal

**Definición conceptual:** los métodos de análisis no lineal consideran el comportamiento tenso-deformacional de los materiales y la no linealidad geométrica (Tapia, 2012).

**Definición operacional:** Se operacionalizó a través de las dimensiones indicadas como el análisis estático no lineal pushover y el análisis dinámico no lineal tiempo historia, que corresponden a ser los métodos de análisis no lineal.

#### **3.2.2. Variable 2:** Desempeño sísmico

**Definición conceptual:** El nivel de desempeño sísmico, es un estado de daño limitante o condición descrita por los daños físicos al interior del edificio, la amenaza de seguridad de vida de los ocupantes del edificio debido al daño, y el pos terremoto a la capacidad de servicio (Applied Technology Council, 1996).

**Definición operacional:** Se operacionalizó mediante el cálculo del punto de desempeño, siendo esta la dimensión para el desempeño sísmico.

La **operacionalización de variables** se observa en la **tabla 5.3.**, también se verifica en el anexo 1 la **matriz de consistencia**.

**Tabla 1.3.**

Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala
<b>V1: Métodos de análisis sísmico no lineal</b>	Los métodos de análisis no lineal consideran el comportamiento tenso-deformacional de los materiales y la no linealidad geométrica (Tapia, 2012).	Se operacionalizó a través de las dimensiones indicadas como el análisis estático no lineal pushover y el análisis dinámico no lineal tiempo historia, que corresponden a ser los métodos de análisis no lineal.	D1: Análisis no lineal estático (Pushover)  D2: Análisis no lineal dinámico (Tiempo historia)	I1: Desplazamiento lateral. I2: cortante basal  I3: PGA I4: Derivas de entrepiso.	Ficha de recolección de datos.	Razón
<b>V2: Desempeño sísmico</b>	El nivel de desempeño sísmico, es un estado de daño limitante o condición descrita por los daños físicos al interior del edificio, la amenaza de seguridad de vida de los ocupantes del edificio debido al daño, y el pos terremoto a la capacidad de servicio (Applied Technology Council, 1996).	Se operacionalizó mediante el cálculo del punto de desempeño, siendo esta la dimensión para el desempeño sísmico.	D1: Punto de desempeño.	I1: Intersección entre la curva de capacidad y la curva demanda.  I2: Intersección entre el PGA y curva IDA.	Ficha de recolección de datos.	Razón

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **3.3.1. Población:**

Según Hernández et al (2014) considera que la “población es el conjunto de todos los casos que se relacionan con una serie de especificaciones” (p. 195).

En la presente investigación la población estuvo constituida por las **78** instituciones educativas del ámbito urbano de la ciudad de Abancay. **Ver anexo 3**, reporte que se obtuvo de la plataforma ESCALE-MINEDU, referente al último censo realizado el 2020.

#### **3.3.2. Muestra:**

Según Palella et al (2012) considera que la muestra no es más que escoger una parte específica de una población, cuyas características sean de la forma más exacta posible.” (p. 105).

Por ello, se consideró la edificación del Bloque 05 de la Institución educativa Santa Rosa, en vista de reunir ciertas condiciones.

#### **3.3.3. Muestreo:**

Ñaupas (2014) considera que el muestreo del tipo no probabilístico por juicio son aquellas investigaciones en la que no es un muestreo al azar tampoco utiliza el cálculo de probabilidades, por lo que no se tiene mucha confiabilidad; se selecciona la muestra en base al criterio del que investiga.

Por lo referido, en el párrafo anterior se realizó un muestreo no probabilístico por juicio.

#### **3.3.4. Unidad de análisis:**

La unidad de análisis para Azcona et al (2013) es el tipo de objeto definido por el investigador para ser investigado (pág. 70).

De lo anterior, la unidad de análisis son las instituciones educativas categorizadas como esenciales del distrito de Abancay.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.4.1. Técnica:

Según Arias (2012) considera que la técnica de la observación directa consisten en ver y captar con la vista, de manera sistemática, alguna situación fenómeno o hecho que se de en la naturaleza o en la sociedad, en relación a los objetivos establecidos de la investigación (pág. 204).

En la presente investigación se aplicará la técnica de la **observación directa** para recopilar información.

#### 3.4.2. Validez

Para Hernandez et al (2014) define validez como grado en el que el instrumento evalúa con precisión lo que la variable pretende medir. Es decir, a través de los indicadores empíricos, si refleja el concepto abstracto (pág. 158).

La validez del instrumento de la presente tesis se determina con el juicio de expertos, por la valoración que brindan a las variables de acuerdo a los rangos de validez descrita en la **tabla 2.3**, y con el promedio de estas asignaciones se obtiene el índice de validez.

#### **Tabla 2.3.**

Rangos de validez para instrumentos de recolección de datos

0.53 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Valida
0.66 a 0.71	Muy valida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1.00	Validez perfecta

Fuente: Reproducida según Herrera 1998 citada por Oseda (2009).

La validez del instrumento para la recolección de información ha sido evaluada por profesionales expertos, el cual se puede visualizar en la **tabla 3.3**, según los rangos mostrados en la **tabla 2.3**, el promedio de validez de los 3 profesionales fue de **0.900**, la misma que se considera como una **excelente validez**.

**Tabla 3.3.**

Juicio de expertos.

N°	Grado académico	Nombres y apellidos	CIP	VALIDEZ
1	Ing. civil	Henry Cáceres Sánchez	139132	0.958
2	Ing. Civil	Edwin Meza Tintaya	171827	0.962
3	Ing. Civil	Américo Mendoza Navarro	163358	0.775

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.3. Confiabilidad

Para Hernandez et al (2014) este conceptualiza confiabilidad o fiabilidad de un instrumentos como el grado en que su utilidad repetitiva a la misma muestra, caso o individuo darán resultados iguales (pág. 25)

**Tabla 4.3.**

Rangos de confiabilidad

0.81 a 1.00	Muy alta confiabilidad
0.61 a 0.80	Alta confiabilidad
0.41 a 0.60	Moderada confiabilidad
0.21 a 0.40	Baja confiabilidad
0.01 a 0.20	Muy baja confiabilidad

Fuente: Reproducida de Pallela y Martins 2010 citada por Cardozo et al (2016)

## 3.5. Procedimientos

### 3.5.1. Estudios de previos

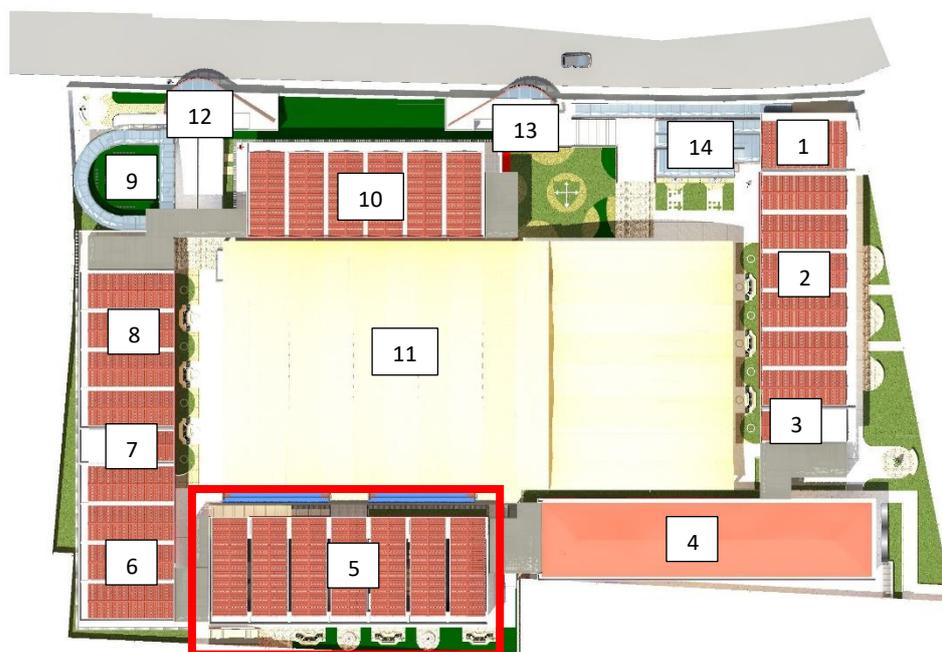
#### 3.5.1.1. Ubicación de la edificación

La edificación de la institución educativa está ubicada en la ciudad de Abancay, capital de la región Apurímac, la misma que se encuentra a 2500 m.s.n.m.

#### 3.5.1.2. Arquitectura de la edificación

La edificación de la institución educativa Santa Rosa, actualmente se viene ejecutando por Gobierno Regional de Apurímac, la misma que está conformada por 14 bloques. La estructura que se evalúa es el **bloque 5** conformada por 3 niveles y 1 sótano, los ambientes están distribuidas según la **tabla 5.3**. En la **figura 1.3**. se

muestra el esquema en planta de los bloques consideradas en el expediente técnico.



**Figura 1.3.** Esquema en planta de la I.E. N° 54002 Santa Rosa.

Fuente. Adaptada de la memoria descriptiva del expediente técnico: “Mejoramiento del servicio educativo en la I.E.P. N° 54002 Santa Rosa e I.E.S. Santa Rosa del distrito de Abancay, provincia de Abancay – región Apurímac” – SNIP 167720.

**Tabla 5.3.**

Distribución de ambientes por niveles.

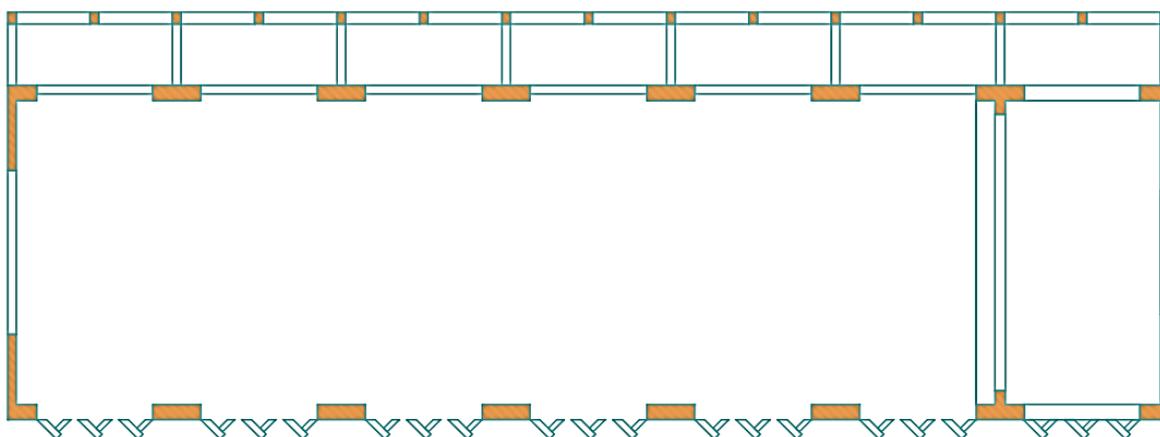
Niveles	Descripción	Área
<b>Sótano</b>	01 cocina	43.79 m <sup>2</sup>
	01 comedor	135.79 m <sup>2</sup>
	Almacén general	82.69 m <sup>2</sup>
	Oficina de educación física incl. depósito de material deportivo	42.82 m <sup>2</sup>
	<b>Primer nivel</b>	01 sala de usos múltiples (Comparte con primaria)
<b>Segundo nivel</b>	Mezzanine	62.50 m <sup>2</sup>
<b>Tercer nivel</b>	02 taller de Educación para el trabajo.	84.72 m <sup>2</sup>
	01 biblioteca tipo incl. depósito de biblioteca	97.82 m <sup>2</sup>
	Oficina de tutoría y consejería	18.37 m <sup>2</sup>

Fuente. Adaptada de la memoria descriptiva del expediente técnico: “Mejoramiento del servicio educativo en la I.E.P. N° 54002 Santa Rosa e I.E.S. Santa Rosa del distrito de Abancay, provincia de Abancay – región Apurímac” – SNIP 167720.

### 3.5.1.3. Descripción del sistema estructural

La edificación está compuesta por un sistema estructural dual, en la dirección más larga por pórticos de concreto armado y en la dirección corta por placas de 3.10m de longitud, asimismo, en el sótano se tiene muro de contención en una dirección larga y un lado de la dirección corta. La losa entrepiso del tipo aligerado de 30, 40cm de espesor y losa maciza de 20cm de espesor.

El concreto empleado para los elementos estructurales es de una resistencia específica de  $f'c = 2100 \text{ tnf/m}^2$  y el acero de refuerzo con esfuerzo a la fluencia de  $f_y = 42000 \text{ tnf/m}^2$ .



**Figura 2.3.** Esquema estructural en planta de la I.E. N° 54002 Santa Rosa (bloque 5).

Fuente. Adaptada de la memoria descriptiva del expediente técnico: “Mejoramiento del servicio educativo en la I.E.P. N° 54002 Santa Rosa e I.E.S. Santa Rosa del distrito de Abancay, provincia de Abancay – región Apurímac” – SNIP 167720.

### 3.5.1.4. Condiciones geotécnicas

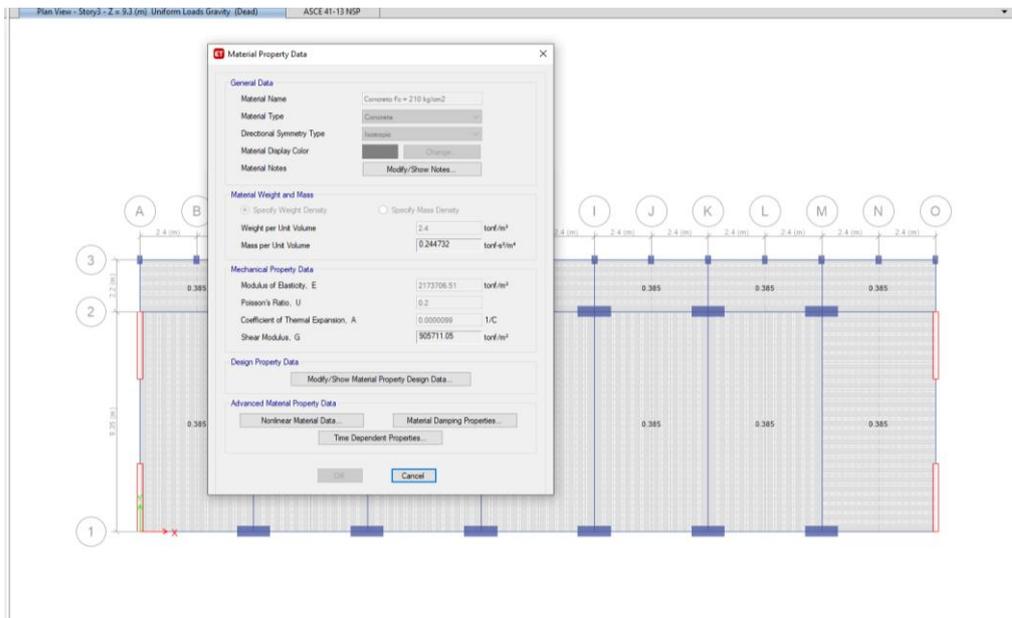
Las condiciones geotécnicas, están referidas a los perfiles de suelo en relación a la velocidad de propagación de ondas sísmicas. Por lo que, se definió un suelo del tipo “S2”, considerado como un suelo intermedio.

### 3.5.1.5. Estudios de campo (verificación insitu)

La edificación del bloque 05 de la Institución educativa Santa Rosa aplico el trabajo en campo para la contrastación de los elementos estructurales (secciones de columnas, vigas, etc). Realizada la verificación de las secciones estructurales no tuvo variación en referencia a los planos estructurales del expediente técnico. **Ver anexo 5.**

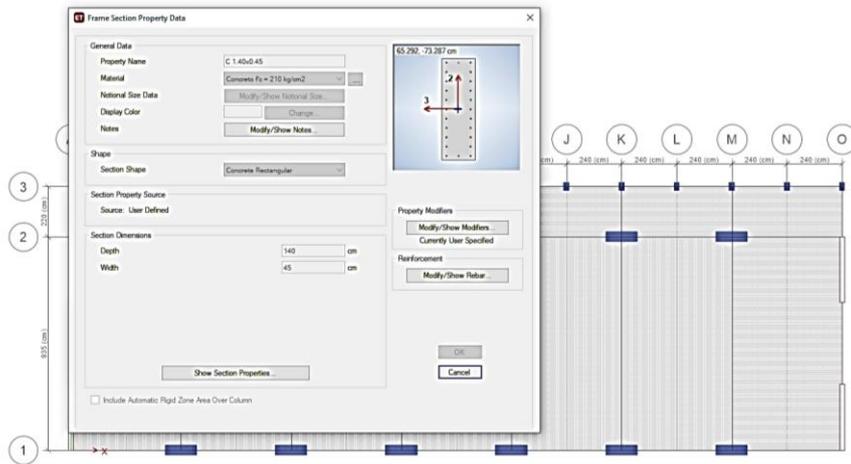
### 3.5.2. Modelamiento numérico de la edificación

Se realiza representación del modelo numérico con los datos contrastados en campo de los elementos estructurales mediante el software ETABS ULTIMATE 18.1.1. Se definió las propiedades del material, según lo especificado en el expediente técnico, la resistencia específica del concreto  $f'c = 2100 \text{ tnf/m}^2$  y el acero de refuerzo con un esfuerzo a la fluencia de  $f_y = 42000 \text{ tnf/m}^2$ . En el procedimiento de modelamiento se asignaron secciones agrietadas y se tuvo en cuenta los valores de rigidez efectiva de la **tabla 2.2** del ASCE SEI 41-13.

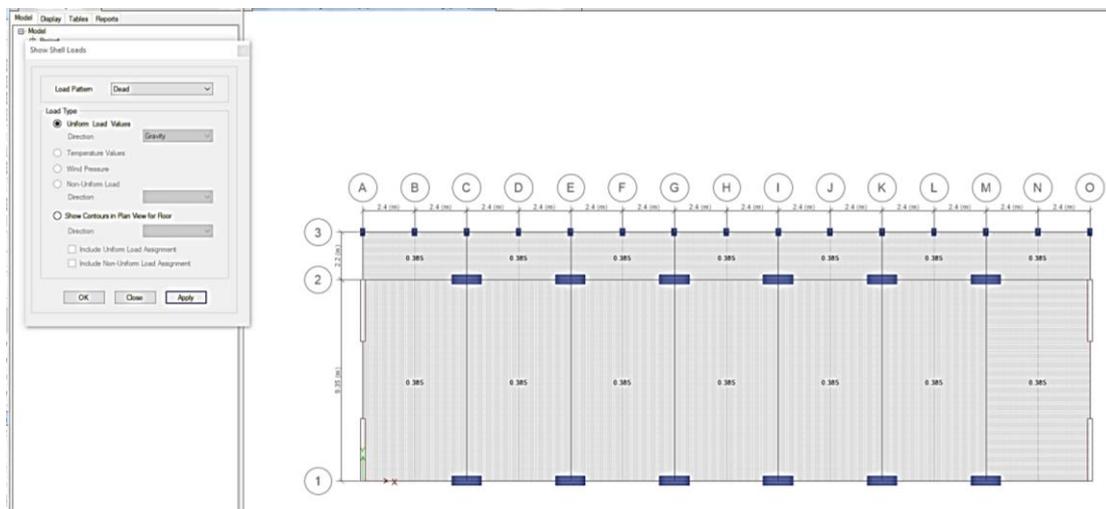


**Figura 3.3.** Asignación de propiedades del material.

Fuente. Elaboración propia.



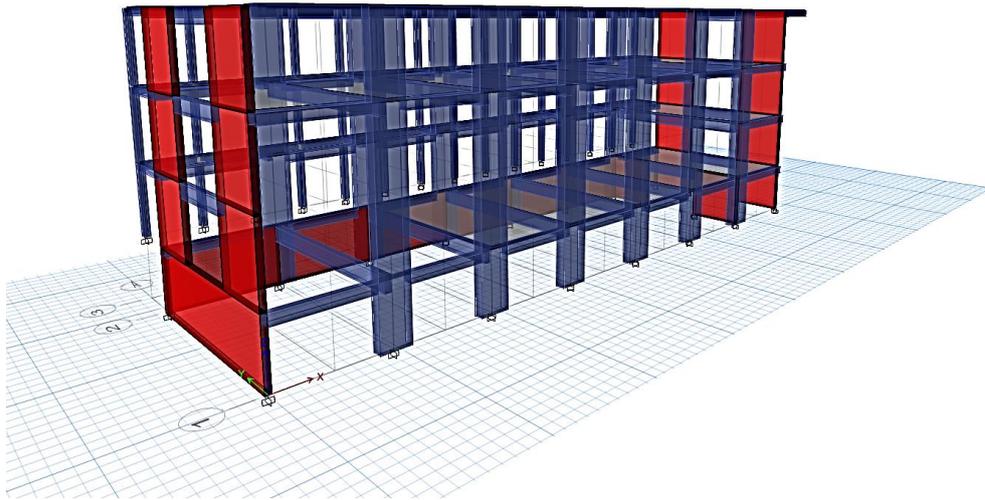
**Figura 4.3.** Secciones de los elementos estructurales  
Fuente. Elaboración propia.



**Figura 5.3.** Asignación de cargas  
Fuente. Elaboración propia.

Cabe mencionar que, las cargas asignadas en el techo fueron en referencia al metrado realizado de la estructura metálica.

El modelo tridimensional definido se muestra en la **figura 6.3.** para el cual la presente tesis tiene como finalidad únicamente realizar la verificación en base al modelo inelástico de la estructura.



**Figura 6.3.** Modelo en 3D de la estructura.  
Fuente. Elaboración propia.

### **3.5.3. Características consideradas para el análisis sísmico no lineal**

El metrado de carga se realizó considerando el muro (peso del ladrillo), la carga del techo (peso de la estructura metálica), y la sobrecarga de uso.

### **3.5.4. Análisis estático no lineal Pushover**

Desarrollado el modelamiento numérico de la estructura se calculó el punto de desempeño, mediante el método de análisis no lineal estático, considerando los desplazamientos en la azotea y la cortante en la base, en la dirección XX y en la dirección YY, se ubicó estos puntos en la curva de capacidad considerando la sectorización de desempeño propuesta por el SEAOC – Comité Vision 2000, para calificar el desempeño de la edificación según el escenario sísmico.

### **3.5.4. Análisis dinámico no lineal tiempo - historia**

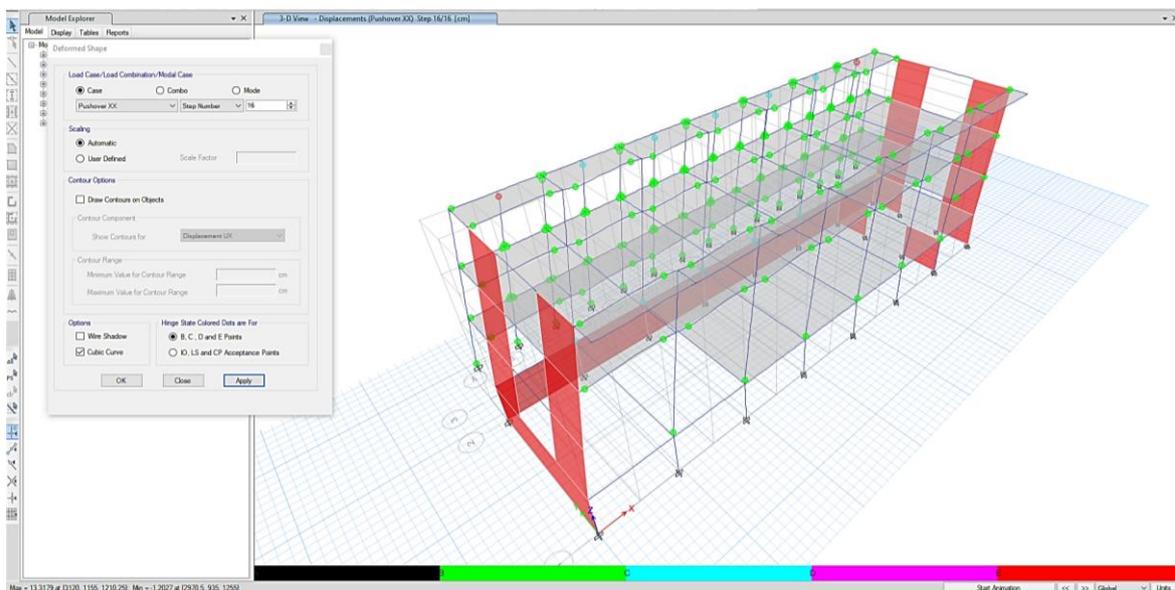
Para la determinación del punto de desempeño sísmico, se utilizó los registros sísmicos históricos, teniendo en cuenta el PGA y derivas de entrepiso, que fueron calculados para ambas direcciones.

### 3.6. Método de análisis de datos

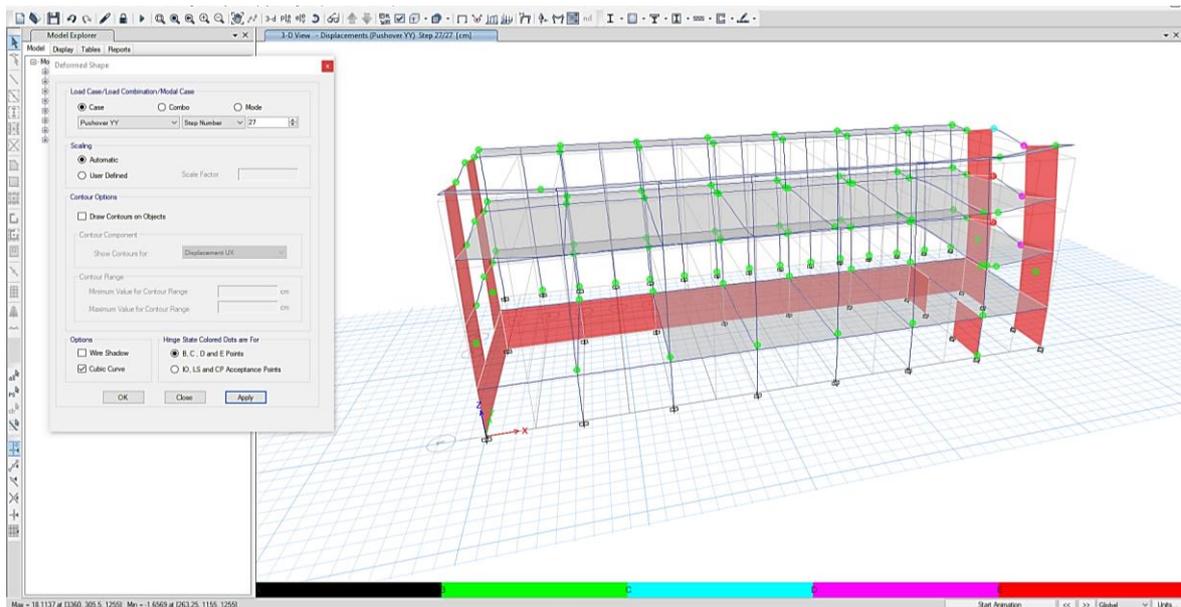
#### 3.6.1. Determinación del punto de desempeño mediante el análisis no lineal (Pushover).

##### 3.5.6.1. Asignación de rotulas plásticas

Se asignaron las rotulas plásticas y secciones agrietadas al modelo, la asignación de rotulas plásticas fueron realizadas para ambas direcciones. En la **figura 7.3 y 8.3**, se aprecia el mecanismo de formación de rotulas plásticas, asimismo se muestran que algunas de estas secciones estructurales ya llegaron a la falla.



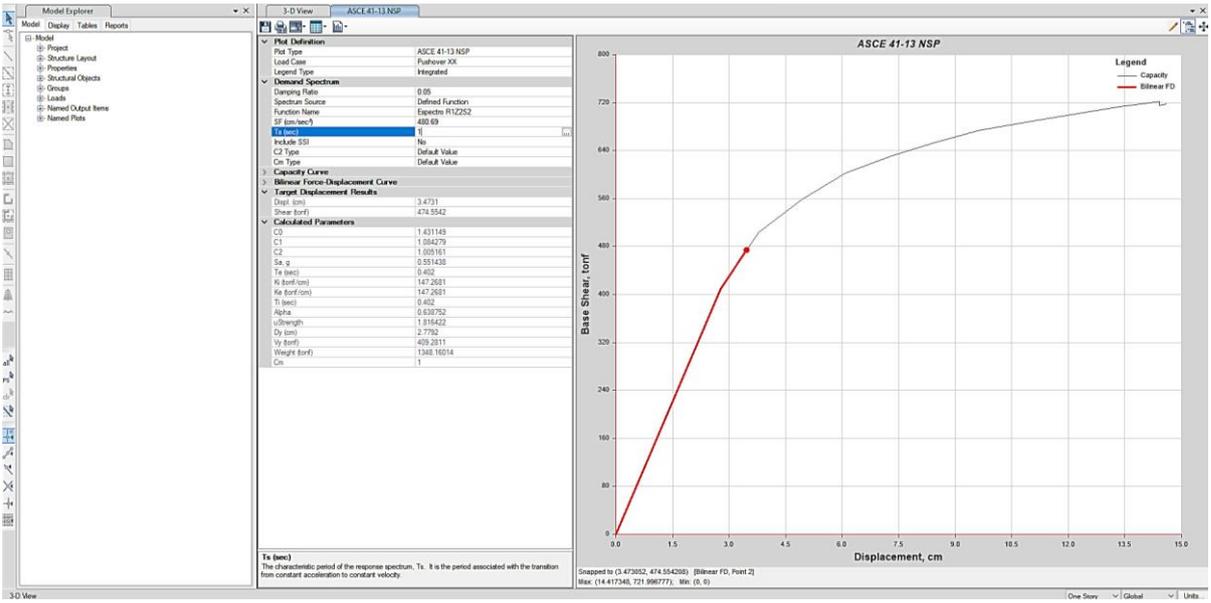
**Figura 7.3.** Mecanismo de formación de rotulas plásticas en la dirección XX  
Fuente. Elaboración propia.



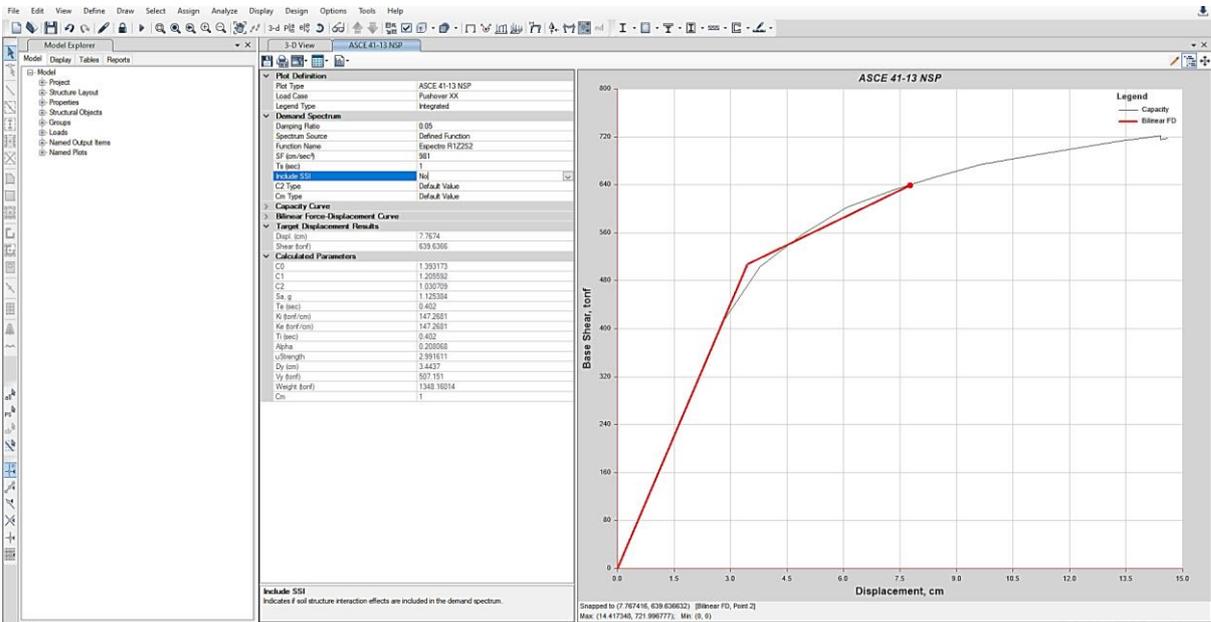
**Figura 8.3.** Mecanismo de formación de rotulas plásticas en la dirección YY  
Fuente. Elaboración propia.

### 3.5.6.2. Calculo de la curva de capacidad y puntos de desempeño

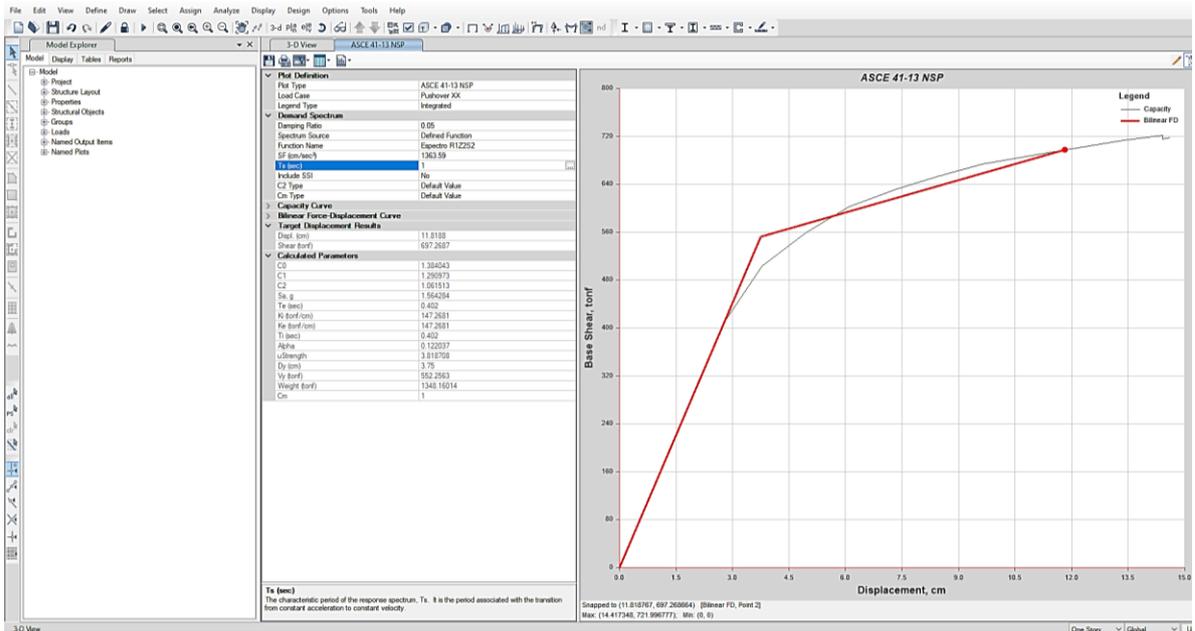
Luego de realizado el modelo se procedió calcular la curva de capacidad para la dirección en XX e YY, utilizando un patrón de cargas de acuerdo a la forma modal 1 para dirección en XX y el modo 2 en la dirección YY, para ello determinamos la curva de capacidad que relaciona el desplazamiento lateral y el cortante en la base para cada dirección de análisis. El cálculo del punto de desempeño para los distintos niveles de demanda de sísmica, desde el ocasional (sismo de servicio), raro (sismo de diseño) y muy raro (sismo máximo), se desarrolló siguiendo los lineamientos del ASCE 41-13, que utiliza el método de coeficientes para la obtención del desplazamiento que la estructura tendría en los diferentes escenarios sísmicos. En las siguientes figuras, se muestran los desplazamientos para cada nivel de demanda sísmica, calculo que se realizó en el software ETABS.



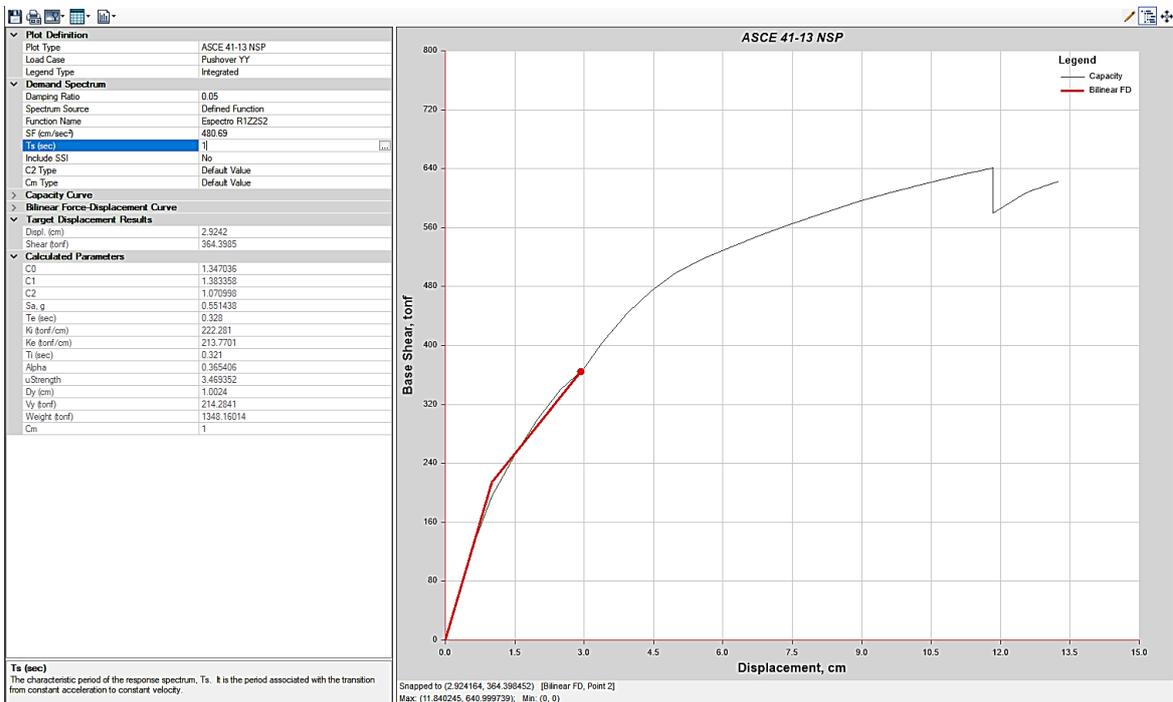
**Figura 9.3.** Punto de desempeño sismo ocasional en XX  
Fuente. Elaboración propia.



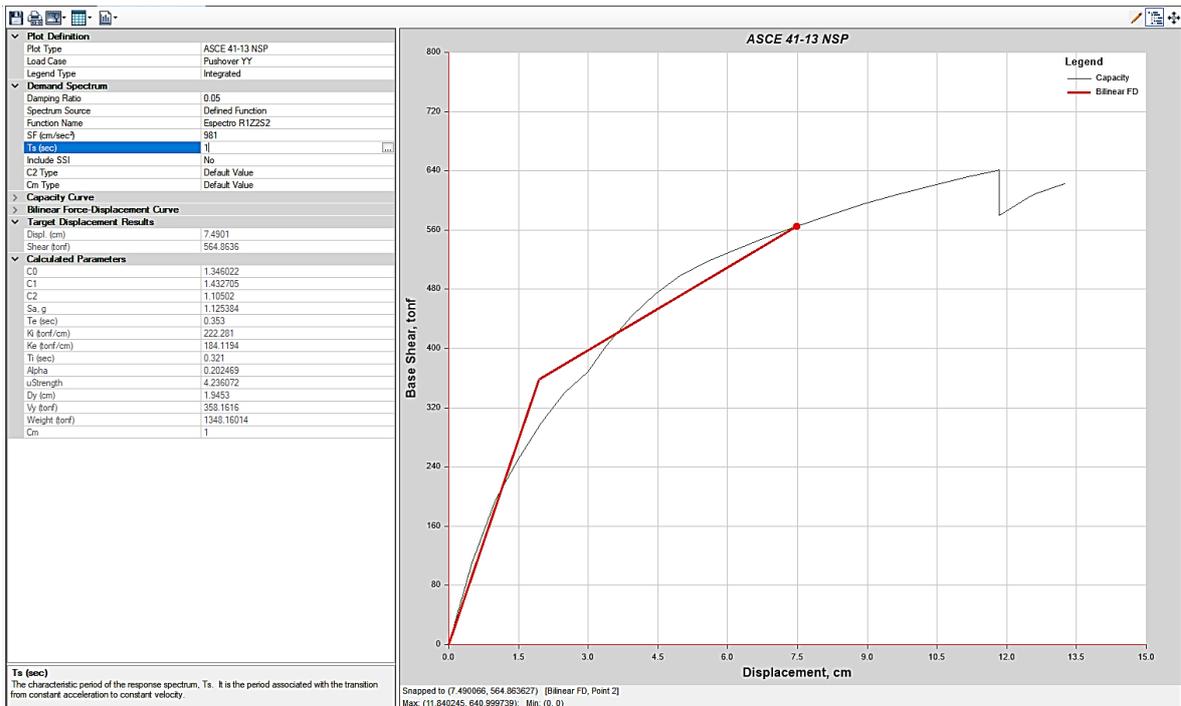
**Figura 10.3.** Punto de desempeño sismo raro en XX  
Fuente. Elaboración propia.



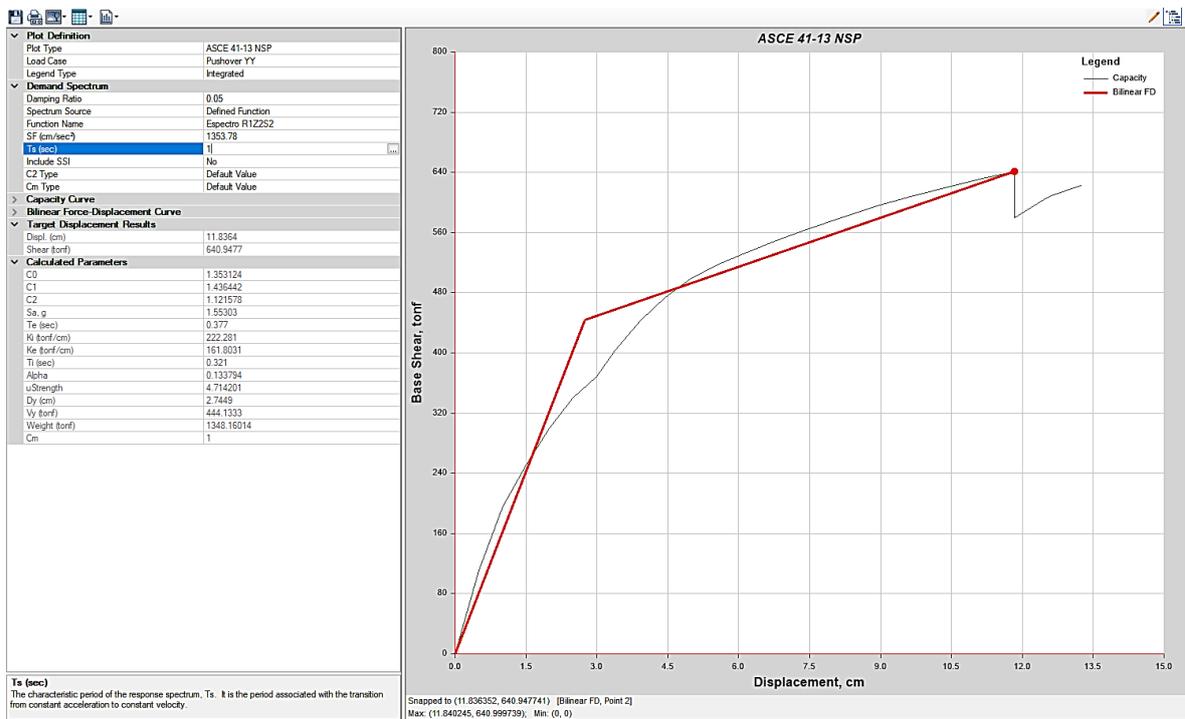
**Figura 11.3.** Punto de desempeño sismo muy raro en XX  
Fuente. Elaboración propia.



**Figura 12.3.** Punto de desempeño sismo ocasional en YY  
Fuente. Elaboración propia.



**Figura 13.3.** Punto de desempeño sismo raro en YY  
 Fuente. Elaboración propia.



**Figura 14.3.** Punto de desempeño sismo muy raro en YY  
 Fuente. Elaboración propia.

### 3.6.2. Determinación del punto de desempeño, mediante el análisis no lineal (Tiempo historia).

#### 3.6.2.1. Registros sísmicos considerados

En la **tabla 6.3** se muestran los registros sísmicos que se consideraron para el análisis.

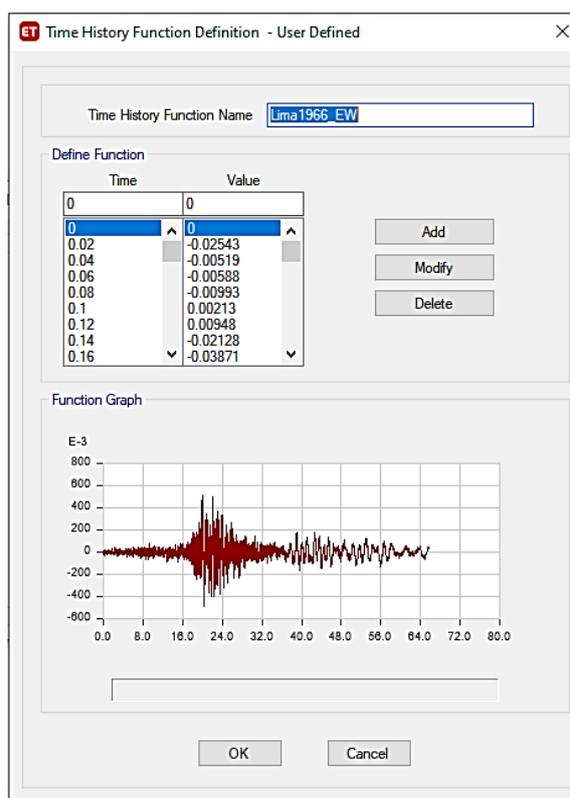
**Tabla 6.3.**

Registros sísmicos considerados

Registro	Fecha	PGA (cm/s <sup>2</sup> )		Magnitud (Mw)	Duración (seg.)
		NS	EW		
Lima	03/10/1974	180.09	194.21	6.6	97.96
Huaraz	31/05/1970	97.7	104.8	6.6	45.16
Lima	17/10/1966	268.24	180.56	8.1	65.64

Fuente. Elaboración propia.

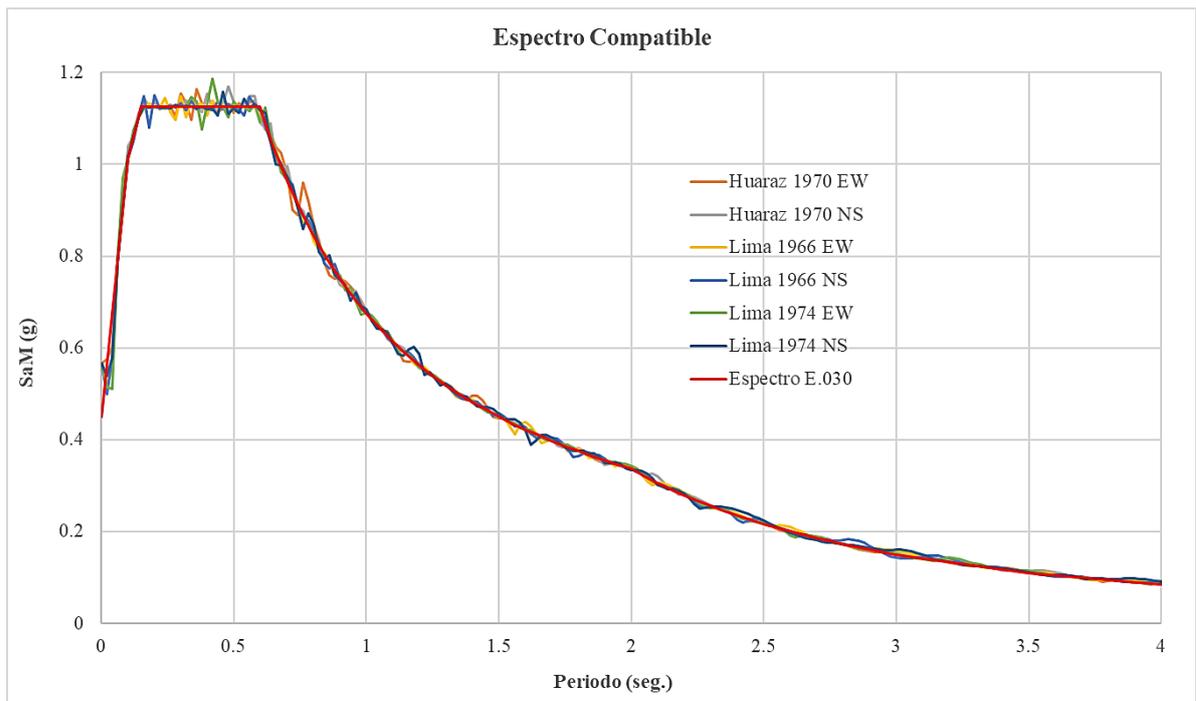
En las figuras mostradas a continuación se observa que dichos registros sísmicos fueron introducidos al programa ETABS.



**Figura 15.3.** Registros sísmicos introducidos al ETABS.  
Fuente. Elaboración propia.

### 3.5.4.2. Espectro de respuesta compatibles

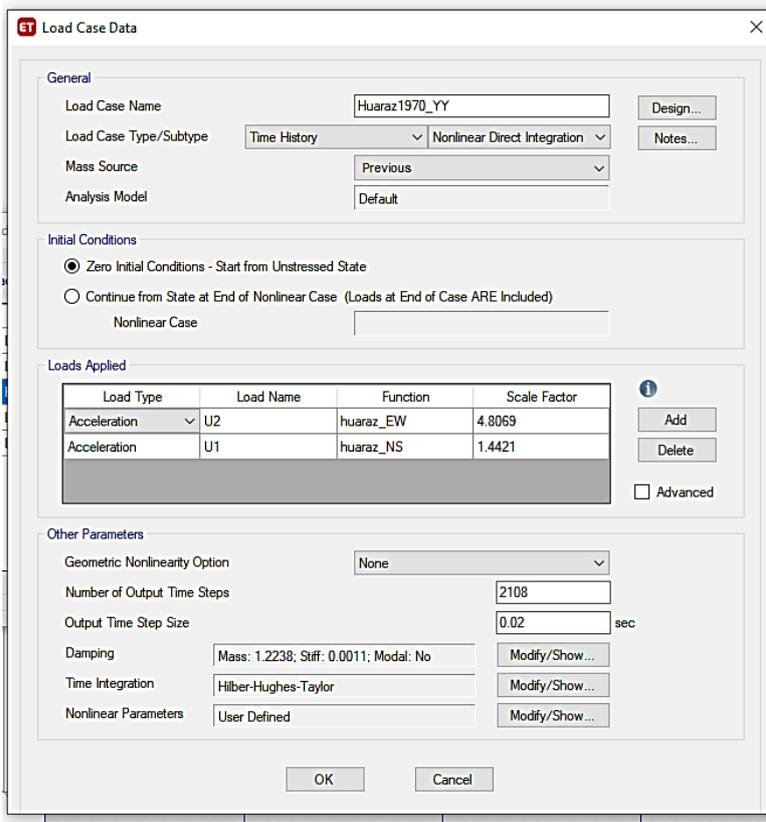
De acuerdo al artículo 30.1 de la E.030, para realizar un análisis tiempo historia se debe utilizar registros espectro compatibles al espectro de la norma E.030 en un rango de periodos entre  $0.2T$  y  $1.5T$  (siendo  $T$  el periodo fundamental), este proceso de compatibilización de cada componente de los registros sísmicos descritos en la Tabla anterior se realizó con la ayuda del programa de computación Seismomach. En la figura 12.3 se muestra los espectros compatibles para los diferentes registros sísmicos.



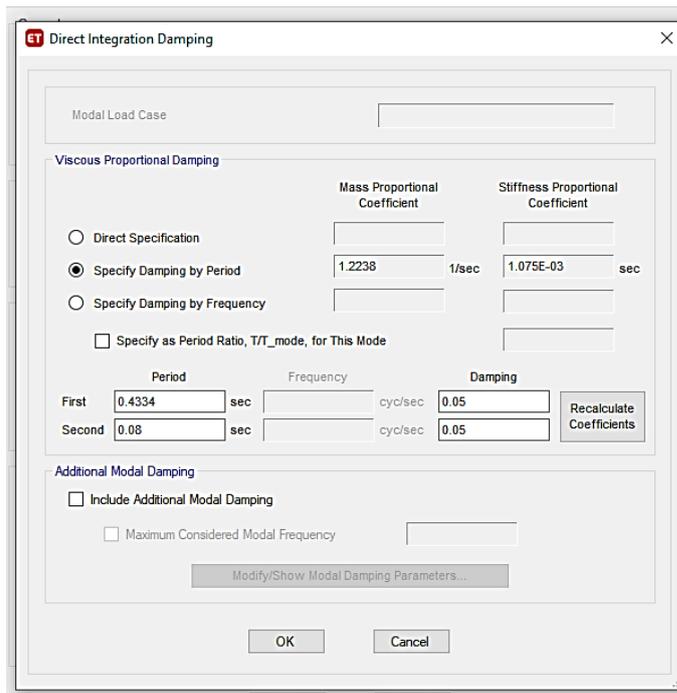
**Figura 16.3.** Espectros compatibles  
Fuente. Elaboración propia.

### 3.5.4.3. Configuración de los parámetros para el análisis tiempo historia

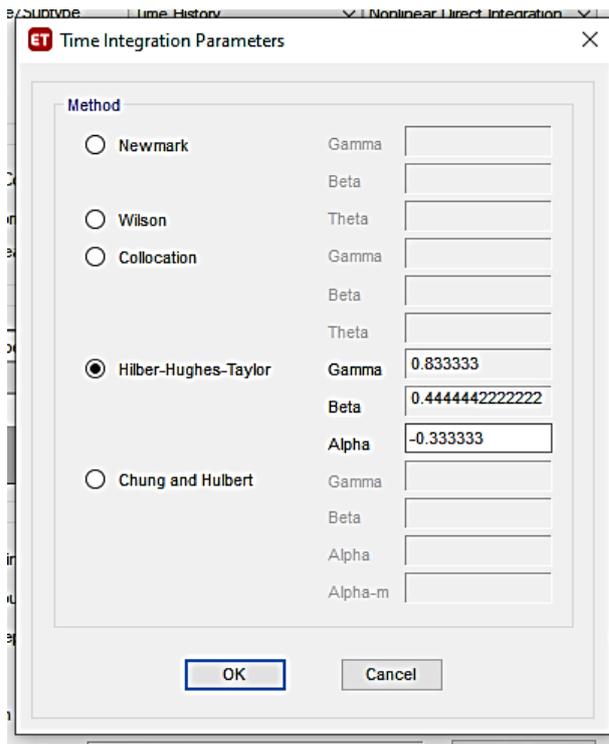
En las figuras mostradas a continuación se observa que las configuraciones realizadas en el software ETABS para el análisis no lineal tiempo historia.



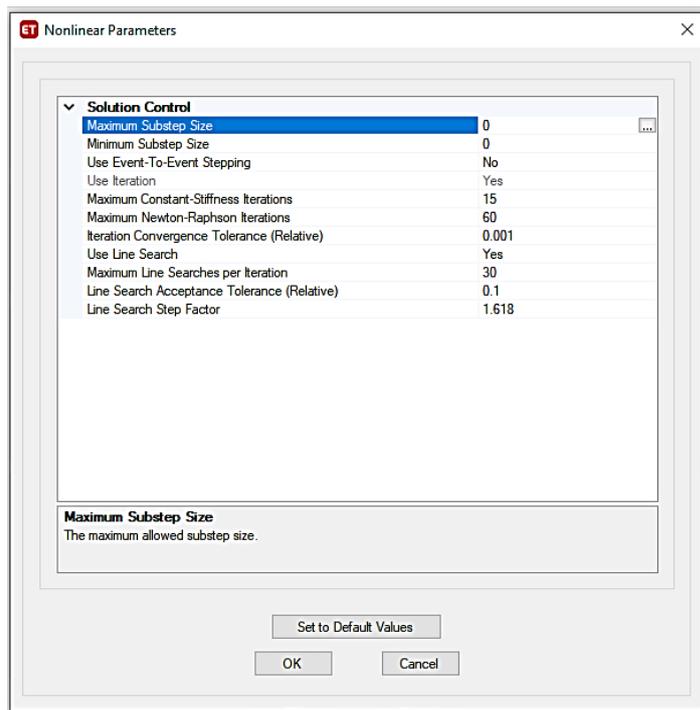
**Figura 17.3.** Configuración para cada nivel de demanda sísmica  
Fuente. Elaboración propia.



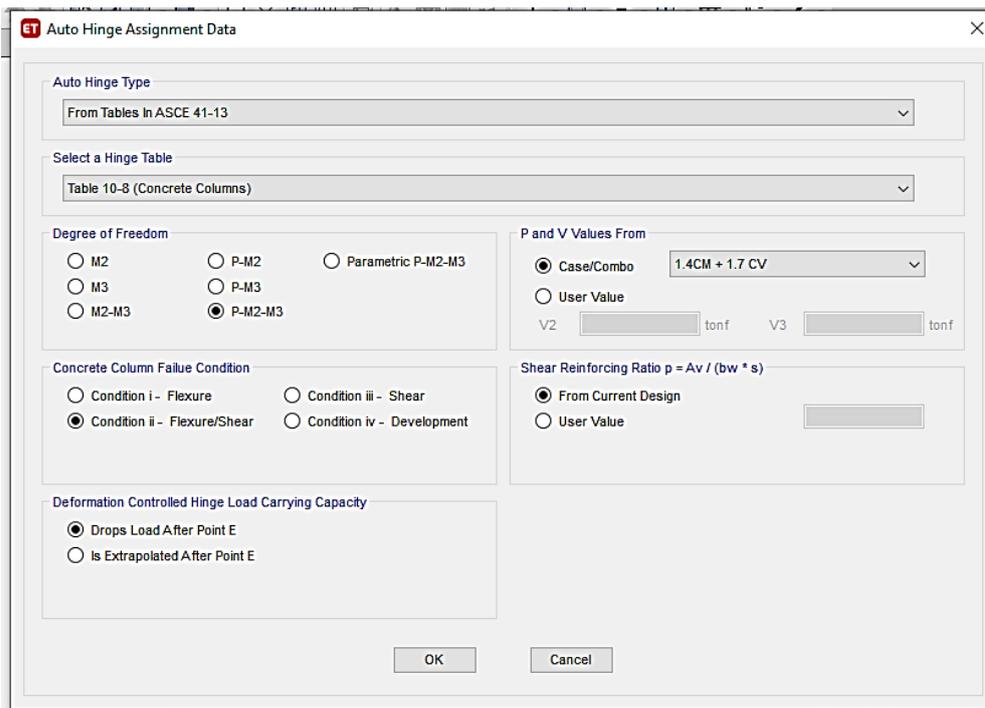
**Figura 18.3.** Configuración de la matriz de amortiguamiento.  
Fuente. Elaboración propia.



**Figura 19.3.** Configuración del método de integración numérica  
Fuente. Elaboración propia.



**Figura 20.3.** Configuración de los parámetros del análisis no lineal  
Fuente. Elaboración propia.



**Figura 21.3.** Definición de las rotulas plásticas en columnas  
Fuente. Elaboración propia.

### 3.6.3. Determinar el desempeño sísmico de una edificación esencial mediante métodos de análisis sísmico no lineal.

El desempeño sísmico de la edificación esencial de la institución educativa se determinó utilizando los dos métodos de análisis no lineal, en relación a la propuesta de la COMISIÓN VISIÓN 2000 y el manual HAZUS MR4.

### 3.7. Aspectos éticos

La presente investigación acato la validez de los resultados, la pertenencia intelectual del autor y la identidad de personas que participan en el estudio.

Los criterios éticos considerados fueron: objetividad, originalidad, confidencialidad y el informado consentimiento de las personas implicadas en la investigación.

## IV. RESULTADOS

Los resultados se muestran en el orden de los objetivos.

### 4.1. Determinación del punto de desempeño mediante el análisis no lineal (Pushover).

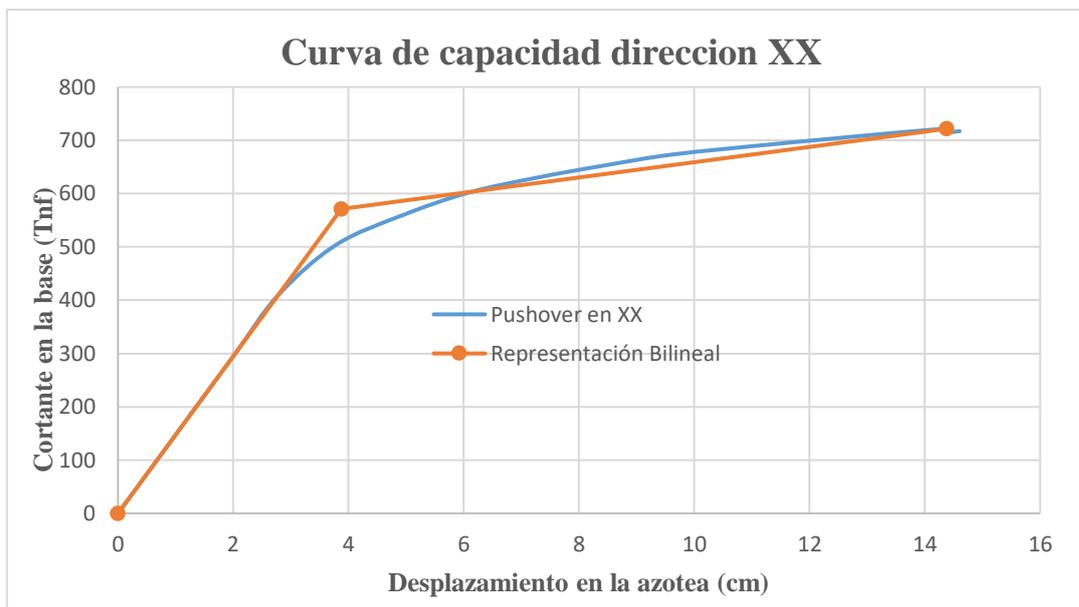
En la **tabla 1.4** se muestra los resultados del análisis estático no lineal en la dirección X, y en la **figura 1.4** se observa el grafico de la curva de capacidad y la representación bilineal.

**Tabla 1.4.**

Coordenadas de la curva de capacidad en la dirección XX

<b>Desplazamientos Laterales (cm)</b>	<b>Cortante En La Base (Tnf)</b>
0	0
1	147.2681
2	294.536
2.7792	409.2823
3.7822	503.6319
4.9334	559.2303
6.1002	602.2915
7.2942	630.4127
8.4288	652.528
9.6287	673.4087
11.3481	692.4861
12.3481	702.6482
13.383	713.0403
14.4173	721.9968
14.4175	715.241
14.6046	717.1504

Fuente. Elaboración propia.



**Figura 1.4.** Curva de capacidad en la dirección XX

Fuente. Elaboración propia.

En la **figura 1.4** se observa que el desplazamiento para el punto de fluencia efectiva es de 3.88cm, de esta forma el desplazamiento en el régimen inelástico es de 10.50cm (14.38cm – 3.88cm), el mismo que se utilizó para la sectorización de la curva de capacidad.

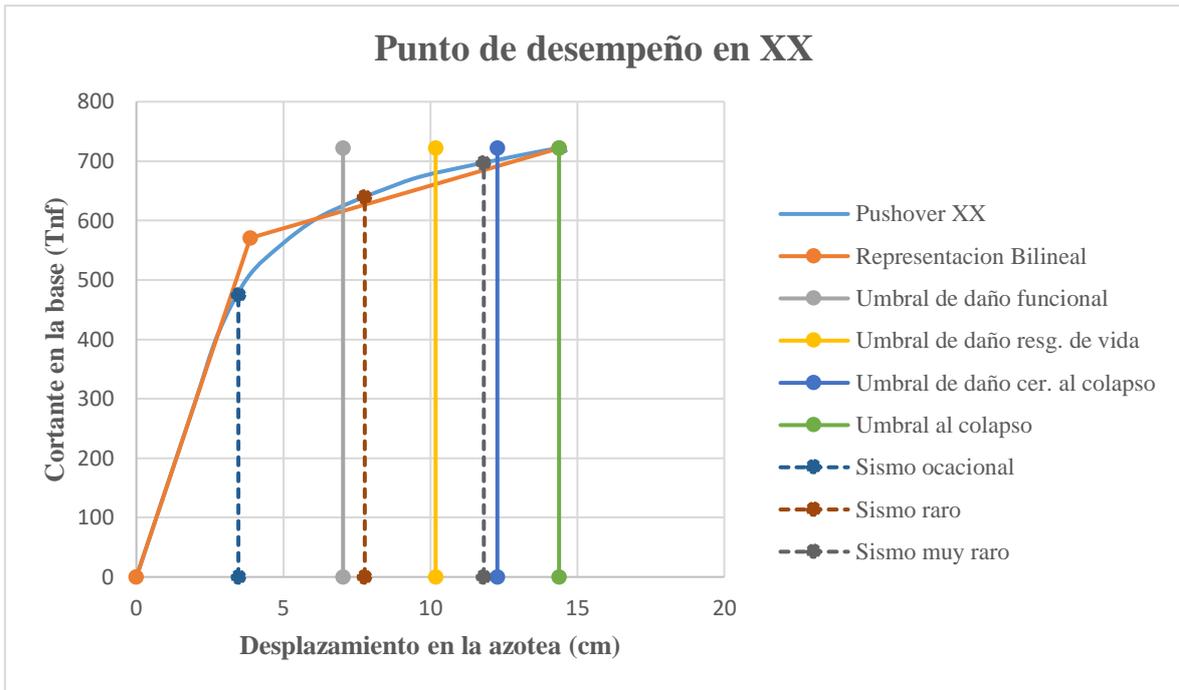
En la **tabla 2.4**, se muestra los desplazamientos y fuerzas cortantes para los diferentes niveles de demanda sísmica; mientras que, en la **figura 2.4** se aprecia la gráfica del desempeño sísmico de la estructura en la dirección X para los diferentes sismos.

**Tabla 2.4.**

Desplazamientos y fuerzas cortante para cada nivel de demanda sísmica en XX

Nivel de demanda sísmica	Desplazamientos (cm)	Cortante en la base (Tnf)
Sismo ocasional	3.47	474.55
Sismo raro	7.77	639.64
Sismo muy raro	11.82	697.27

Fuente. Elaboración propia.



**Figura 2.4.** Punto de desempeño en la dirección XX  
Fuente. Elaboración propia.

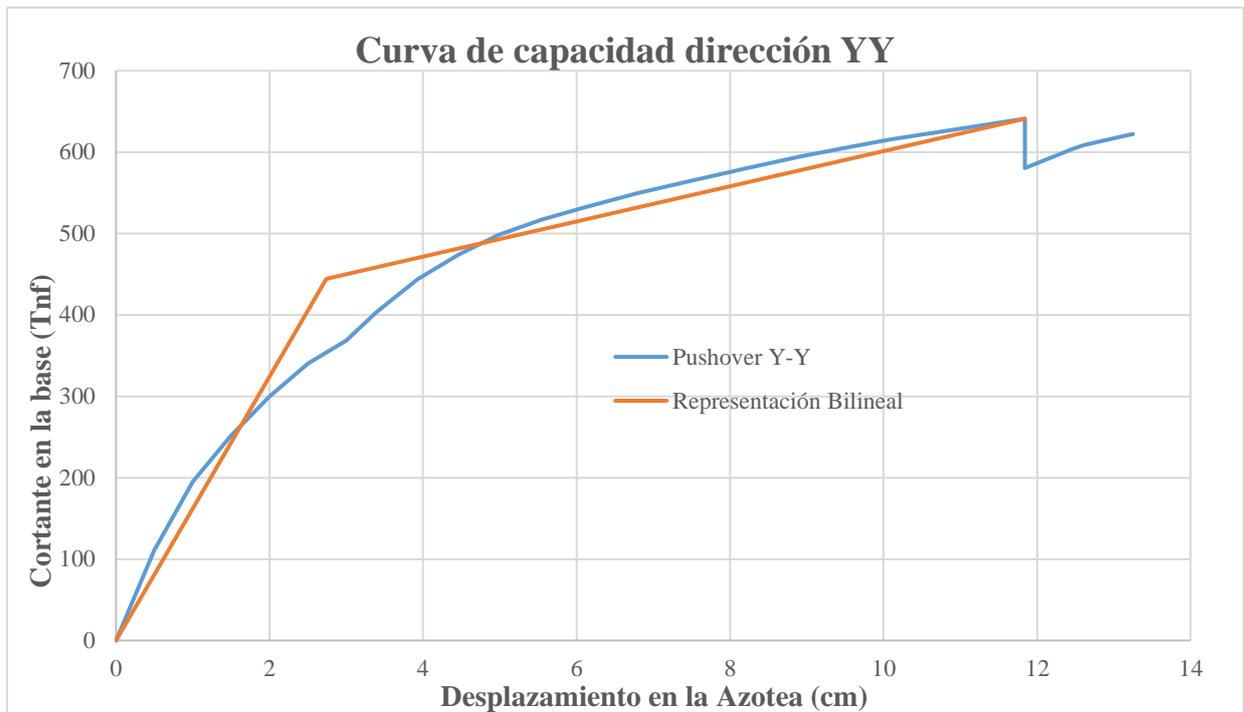
De igual manera se muestra en la **tabla 3.4** para la dirección en YY, los valores de desplazamiento lateral y cortantes, en la **figura 3.4** se observa el gráfico respectivo para estos valores, que representan la curva de capacidad y la representación bilineal.

**Tabla 3.4.**

Coordenadas de la curva de capacidad en la dirección YY

<b>Desplazamientos (cm)</b>	<b>Cortante en la base (Tnf)</b>
0	0
0.5	111.1405
1	195.0895
1.5	251.2701
2	299.9832
2.5	340.6757
3	368.6398
3.3885	403.0235
3.9311	443.6928
4.4577	473.7607
4.9779	498.0324
5.5411	516.8496
6.0988	532.1
6.7971	549.686
7.4289	563.5577
8.2268	580.5845
8.9248	594.8148
9.5723	606.3661
10.0939	615.4978
11.088	630.3449
11.7083	639.2375
11.8402	640.9997
11.8404	580.0915
12.4625	604.1731
12.6038	608.7704
13.1853	621.0717
13.25	622.0543

Fuente. Elaboración propia.



**Figura 3.4.** Curva de capacidad en la dirección YY  
Fuente. Elaboración propia.

En la **figura 3.4** se aprecia que el desplazamiento para la fluencia efectiva es de 2.74cm, de esta forma el desplazamiento en el régimen inelástico es de 9.10cm (11.84cm – 2.74cm), el mismo que se utilizó para la sectorización de la curva de capacidad.

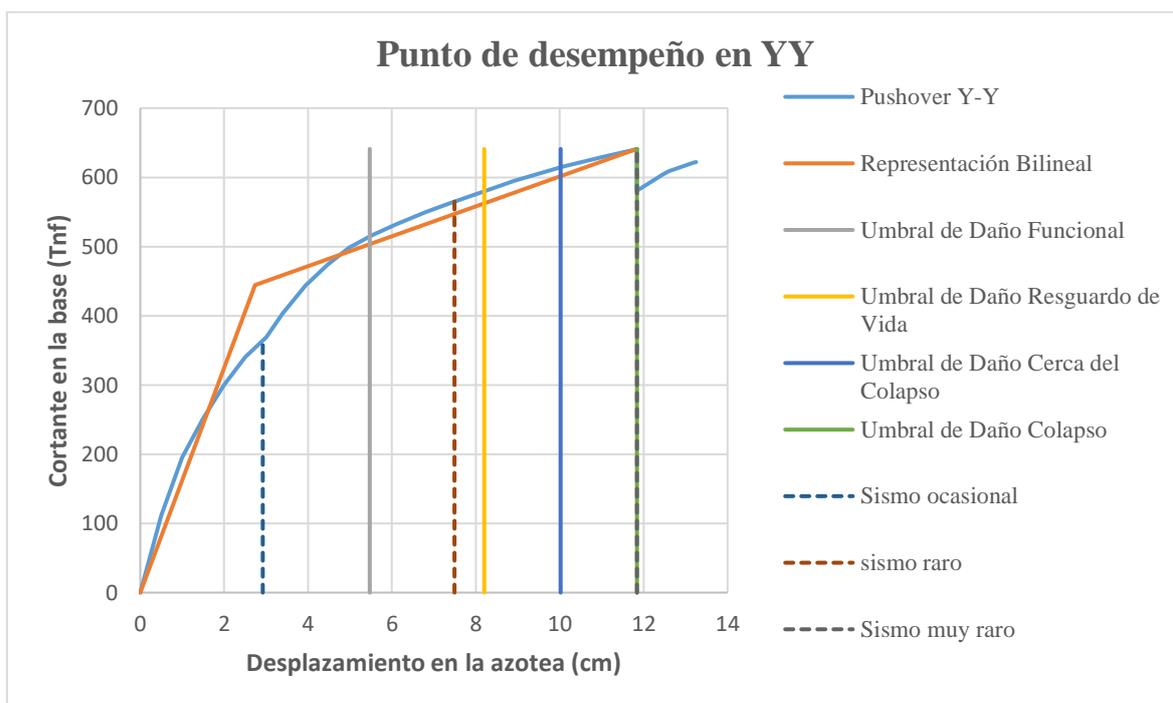
En la **tabla 4.4**, se muestra los desplazamientos y fuerzas cortantes para los diferentes niveles de demanda sísmica en la dirección YY; mientras que, en la **figura 4.4** se aprecia la gráfica del desempeño sísmico de la estructura en la dirección YY para los distintos sismos

**Tabla 4.4.**

Desplazamientos y fuerzas cortante para cada nivel de demanda sísmica en YY

Nivel de demanda sísmica	Desplazamientos (cm)	Cortante en la base (Tnf)
Sismo ocasional	2.92	364.4
Sismo raro	7.49	564.86
Sismo muy raro	11.84	640.95

Fuente. Elaboración propia.



**Figura 4.4.** Punto de desempeño en la dirección YY  
Fuente. Elaboración propia.

#### 4.2. Determinación del punto de desempeño, mediante el análisis no lineal (Tiempo historia).

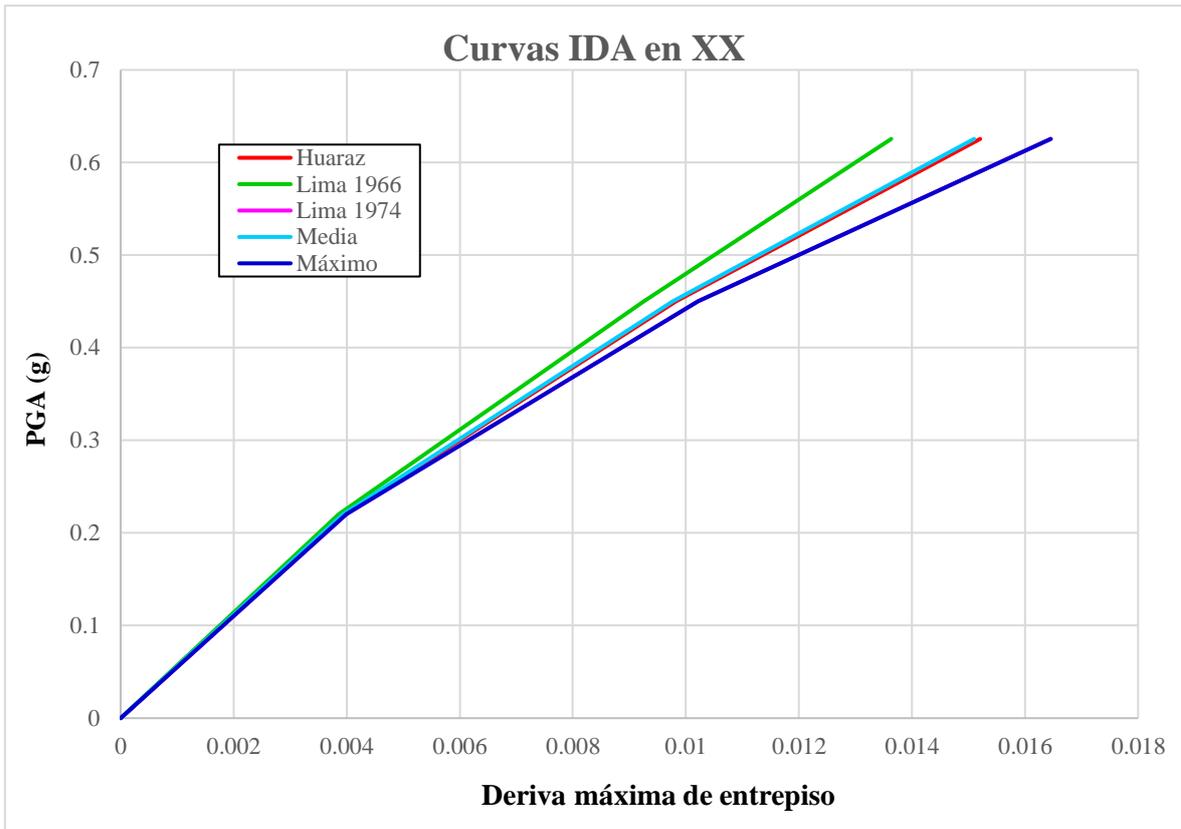
En la **tabla 5.4** se muestra que los valores PGA para cada nivel de demanda sísmica para la dirección en XX, y su respectiva gráfica en la figura 33.3, que representa la curva IDA esta dirección.

**Tabla 5.4.**

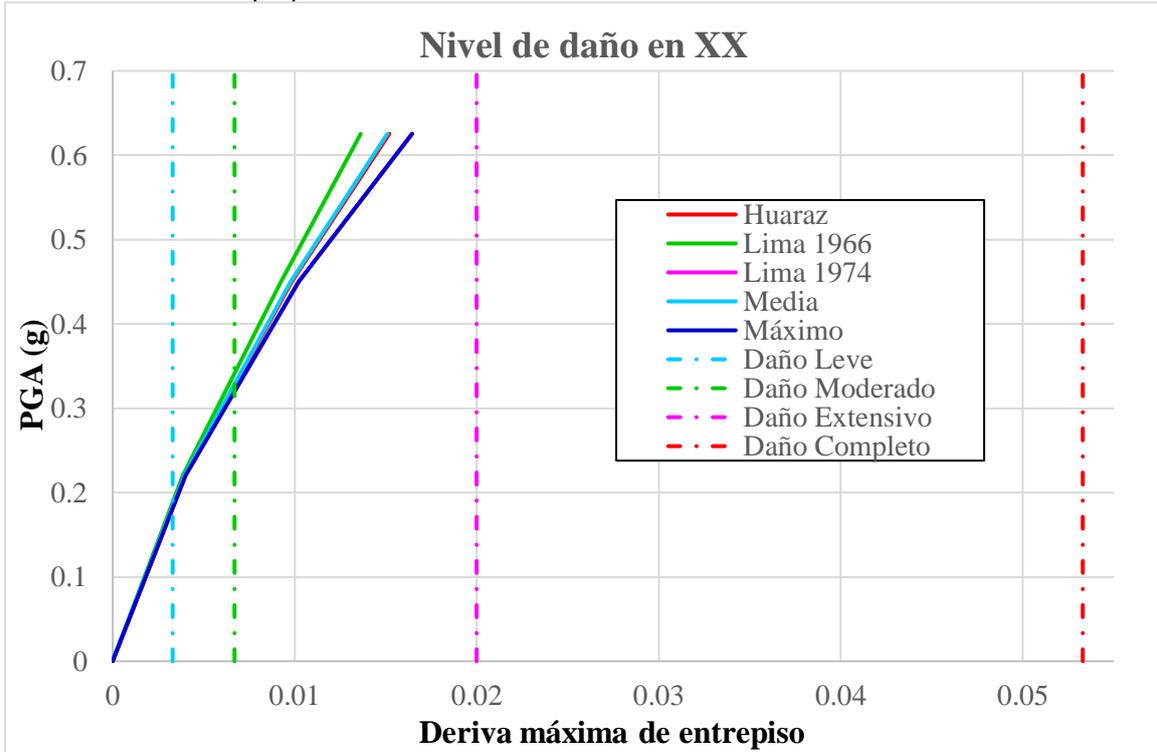
Derivas de entrepiso – Curvas IDA en XX

PGA (g)	REGISTROS SIMICOS			Media	Máximo
	Huaraz	Lima 1966	Lima 1974		
0	0	0	0	0	0
0.2205	0.0039644	0.003861	0.00399625	0.0039406	0.0039963
0.45	0.009828	0.0092586	0.01021525	0.0097673	0.0102153
0.6255	0.015206	0.013633	0.0164556	0.0150982	0.0164556

Fuente. Elaboración propia



**Figura 5.4.** Curva IDA en la dirección XX  
Fuente. Elaboración propia.



**Figura 6.4.** Nivel de daño en la dirección XX  
Fuente. Elaboración propia.

En la **figura 6.4**, describe los niveles de daño para cada demanda sísmica, según la sectorización que relaciona daño deriva del manual HAZUS MR4.

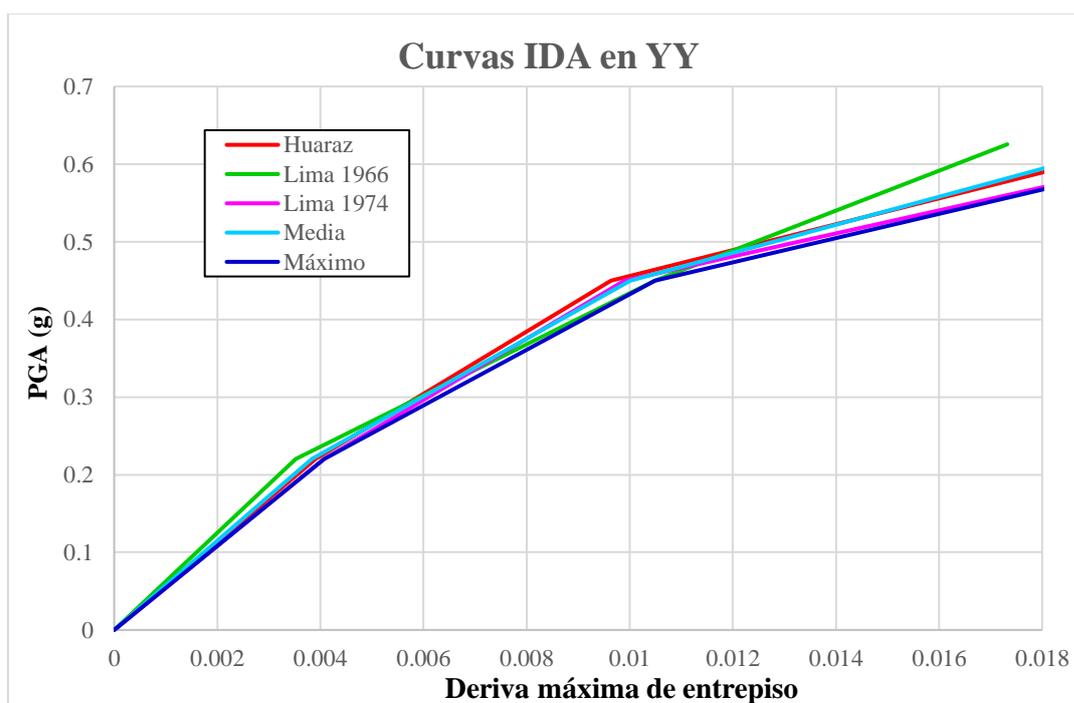
De la misma manera, con un procedimiento similar se realizó el cálculo para la dirección en YY, el cual se representa la curva IDA para YY en la **figura 7.4**. Y el desempeño sísmico que se visualiza en la **figura 8.4**.

**Tabla 6.4.**

Derivas de entrepiso – curvas IDA en YY

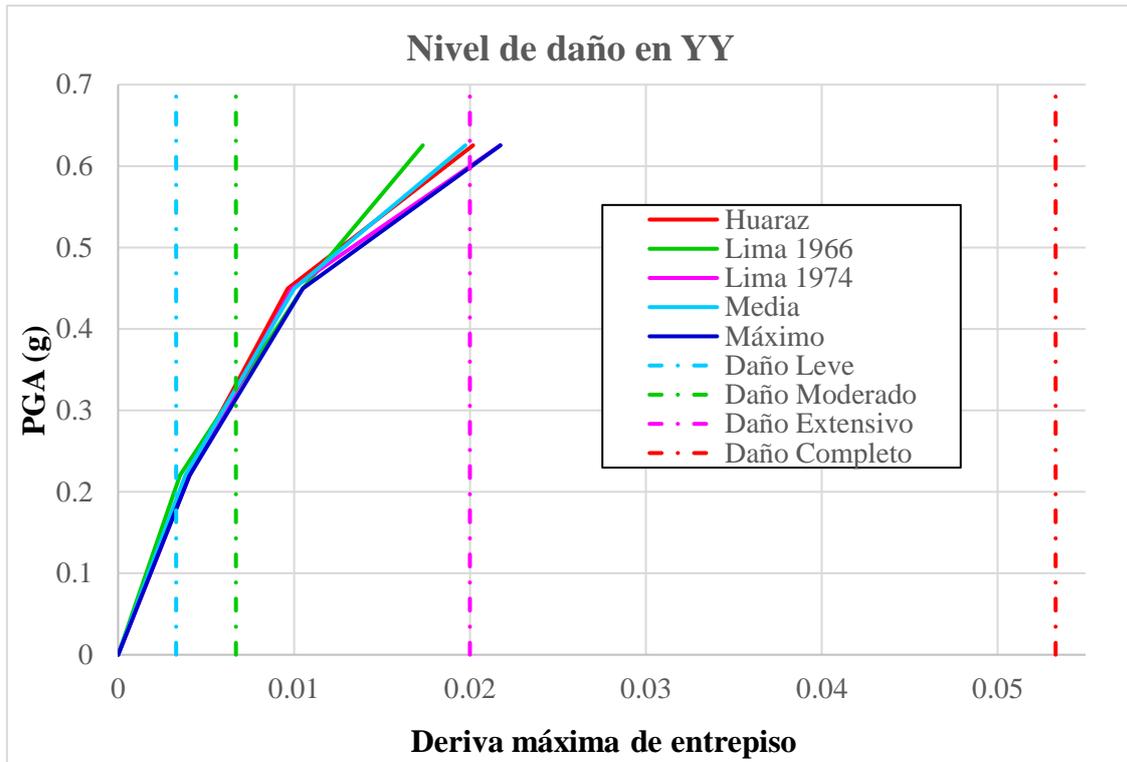
PGA (g)	REGISTROS SISMICOS			Media	Máximo
	Huaraz	Lima 1966	Lima 1974		
0	0	0	0	0	0
0.2205	0.0039024	0.0035255	0.0040687	0.0038322	0.0040687
0.45	0.00964	0.0104922	0.009891	0.0100077	0.0104922
0.6255	0.0201793	0.0173238	0.021735	0.019746	0.021735

Fuente. Elaboración propia.



**Figura 7.4** Curva IDA en la dirección YY

Fuente. Elaboración propia.



**Figura 8.4.** Nivel de daño en la dirección YY  
Fuente. Elaboración propia.

#### 4.3. Determinación el desempeño sísmico de una edificación esencial mediante métodos de análisis sísmico no lineal.

En la **tabla 7.4**, se muestra el resumen de los desempeños que se obtuvieron mediante los dos métodos de análisis no lineal que se aplicaron para la presente investigación.

**Tabla 7.4.**

Desempeño sísmico obtenidos por cada método de análisis

NIVEL DE DEMANDA SÍSMICA	MÉTODO ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER		MÉTODO DINÁMICO NO LINEAL TIEMPO HISTORIA	
	XX	YY	XX	YY
<b>Sismo Ocasional</b>	Funcional	Funcional	Moderado	Moderado
<b>Sismo raro</b>	Resguardo de vida	Resguardo de vida	Extensivo	Extensivo
<b>Sismo muy raro</b>	Cerca al colapso	Colapso	Extensivo	Completo

Fuente. Elaboración propia.

## V. DISCUSIÓN

Se presenta la discusión en el orden de los objetivos planteados:

### Discusión 1:

Para **determinar el punto de desempeño mediante el método de análisis no lineal estático**, se realizó el cálculo de desplazamientos en la dirección en "X": para el nivel de demanda sísmica ocasional es 3.47 cm, para el sismo raro (sismo de diseño) es 7.77cm, y para el sismo muy raro (sismo máximo) de 11.82; asimismo, en la dirección "Y" los desplazamientos fueron: para el ocasional 2.92cm, sismo raro 7.49cm y sismo muy raro 11.84cm. Por lo que, en consecuencia, la hipótesis específica 1, es aceptada ya que se verifica que el desempeño sísmico mediante el método de análisis no lineal estático con estos desplazamientos, no es adecuado según los estándares normativos de la comisión visión 2000.

Al respecto Calcina (2017), citado como antecedente nacional, obtuvo un desplazamiento máximo 2.019 cm con el que califico un nivel de desempeño de ocupación inmediata. Siendo el resultado obtenido mayores a estos desplazamientos, la estructura analizada califica otros desempeños sísmicos.

Como se puede observar los valores determinados para el primer objetivo específico son consistentes con lo descrito en el párrafo anterior, por consiguiente, el objetivo es alcanzado.

### Discusión 2:

Por otro lado, al **determinar el punto de desempeño, mediante el análisis no lineal (Tiempo historia)**, el PGA que se obtuvo para cada nivel de demanda sísmica fueron: para el sismo ocasional (SO) 0.2205g, sismo raro(SR) 0.45g, sismo muy raro (SMR) 0.6255g; siendo las derivas máximas para la dirección X: 0.003996 para el SO, SR 0.01021, SMR es 0.0164; asimismo, las derivas en la dirección Y: 0.004068 para el SO, SR 0.01049, SMR es 0.02173.

Al respecto Yucra (2018) citado como antecedente nacional obtuvo como deriva de entrepiso en "X" de 0.0013 y en la dirección "Y" 0.0021 para un PGA 0.45g, calificando un desempeño de daño leve. Por otro lado Moscoso (2019), determino para un PGA 0.45g el cual estuvo un desempeño de daño leve. Sin embargo, las edificaciones analizadas en las referencias anteriores fueron de base aislada razón

por la que se obtuvieron derivas pequeñas; por otro lado, la edificación analizada en la presente investigación es de base fija siendo las derivas superiores a los estudios mencionados alcanzando otros desempeños sísmicos.

Por lo que los valores determinados para el objetivo 2 son consistentes con los antecedentes, por consiguiente, el objetivo es alcanzado.

### **Discusión 3:**

Asimismo, al **determinar el desempeño sísmico de una edificación esencial mediante métodos de análisis sísmico no lineal**, los resultados obtenidos por cada nivel de demanda sísmica mediante el método de análisis no lineal estático y el análisis no lineal dinámico, fueron similares, por lo que para un **sismo ocasional** la estructura se encuentra en un nivel de desempeño **funcional**; para el **sismo raro** de **resguardo de vida** y para el **sismo muy raro** la estructura califica a un nivel de desempeño de **colapso**, el cual no cumple con desempeños esperados para edificaciones esenciales según la **tabla 4.2**, propuesta por la SEOAC.

Al respecto Medina et al (2018), citado como antecedente internacional, que realizó el estudio de un edificio con muros de concreto armado para los distintos niveles de sismo la estructura estuvo desde un desempeño totalmente operacional hasta el operacional para el sismo máximo, el cual cumple con estándares propuestos por visión 2000. En relación a que los desempeños obtenidos no fueron en este rango y tratándose de edificaciones esenciales, no son adecuados según los estándares normativos, en consecuencia, se acepta la hipótesis general planteada.

Como se puede observar los valores determinados para el objetivo general son consistentes con los de el antecedente mencionando; por consiguiente, el objetivo es alcanzado.

## **VI. CONCLUSIONES**

### **Conclusiones 1:**

Se concluye que los desplazamientos obtenidos para cada nivel de demanda sísmica desde el ocasional, raro y muy raro, calificaron a desempeños: funcional, resguardo de vida y colapso respectivamente.

### **Conclusiones 2:**

Se concluye que para derivas mayores a 0.01049 la estructura entra en el nivel de daño extensivo, para el sismo de diseño, y para un sismo máximo la estructura se encuentra en límite del colapso, con lo que la edificación tendrá un daño completo.

### **Conclusiones 3:**

Se concluye que los niveles de desempeño mediante los métodos de análisis no lineal fueron similares, pero un análisis dinámico no lineal tiempo historia, es el más adecuado debido a que considera los ciclos reversibles de la carga sísmica.

## **VII. RECOMENDACIONES**

### **Recomendación 1:**

Se recomienda el uso de estándares normativos tales como el ASCE y FEMA para el análisis de modelos no lineales, y para la calificación del desempeño el uso de la propuesta de la comisión visión 2000, que relaciona los desplazamientos para los diferentes niveles de demanda sísmica con niveles de desempeño, sectorizando la curva de capacidad a partir del punto de fluencia efectiva.

### **Recomendación 2:**

Se recomienda utilizar el manual HAZUS MR4 para determinar el nivel de desempeño debido a que sectoriza el nivel de daño en relación a las derivas de entrepiso y el uso de estándares normativos como los ya mencionados en el método estático, para la representación no lineal de estructura.

### **Recomendación 3:**

Se recomienda el uso de método dinámico no lineal tiempo historia, debido a que considera la respuesta dinámica de la estructura en cada paso de tiempo a diferencia del método estático no lineal Pushover en el que se considera un patrón de cargas monotonicas de empuje lateral.

## REFERENCIAS

**American Society of Civil Engineers. 2014.** *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings ASCE 41-13*. Reston, Virginia : American Society of Civil Engineers, 2014. 555.

**Applied Technology Council. 1996.** *Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings*. California : CALIFORNIA SEISMIC SAFETY COMMISSION, 1996. 346.

**Arias, Fidias G. 2012.** *El proyecto de investigación - 6ta Edición*. Caracas : Editorial APISTEME, C.A., 2012. 144.

**Azcona , Maximiliano, Manzini, Fernando and Dorati , Javier. 2013.** *Precisiones metodológicas sobre la unidad de análisis y la unidad de observación: Aplicación a la investigación en psicología*. La Plata, Argentina : Universidad Nacional de La Plata , 2013. 67-71.

**Baez Romero , Pablo Alberto. 2018.** Evaluación del desempeño sísmico de marcos a momento en edificios de baja y mediana altura. *Evaluación del desempeño sísmico de marcos a momento en edificios de baja y mediana altura*. Santiago de Chile : Universidad de Chile, 2018. Vol. 1, 134. 134.

**Calcina Peña, Ramon Manual. 2017.** EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE ONCE PISOS UTILIZANDO ANÁLISIS ESTÁTICO Y DINÁMICO NO-LINEAL. *EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE ONCE PISOS UTILIZANDO ANÁLISIS ESTÁTICO Y DINÁMICO NO-LINEAL*. Tacna : UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA, 2017. Vol. 1, 133. 133.

**Cardozo , Yosmar, et al. 2016.** Slideplayer. *Slideplayer*. [Online] Universidad Fermin Toro - Venezuela, agosto 01, 2016. [Cited: enero 21, 2021.] <https://slideplayer.es/slide/11381550/>. 8.

**Department of Homeland Security & Emergency Preparedness and Response Directorate & FEMA & Mitigation Division. 2003.** *Technical Manual HAZUS MR4*. Washington : Federal Emergency Management Agency, 2003. 712.

*Determinación del nivel de desempeño de un edificio habitacional estructurado en base a muros de hormigón armado y diseñado según normativa chilena.* **Medina, Ricardo and Music, Juan. 2018.** 1, Determinación del nivel de desempeño de un edificio habitacional estructurado en base a muros de hormigón armado y diseñado según normativa chilena : Universidad Católica del Norte, 2018, Vol. 1. 15.

*Evaluación de vulnerabilidad sísmica de edificios en la ciudad de México construidos antes de 1985.* **2019.** 24, Monterrey Mexico : Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, 2019, Vol. 1. 24.

*Evaluación del desempeño sísmico mediante el análisis estático no lineal, vivienda-comercio Miura Grill, Chiclayo.* **Vega Fernandez, Geremias and Muñoz Perez, Socrates Pedro. 2019.** 18, Chiclayo : Universidad Señor de Sipán, 2019, Vol. 1. 18.

**FEMA 440. 2005.** *Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures.* Washington : Applied Technology Council (ATC-55 Project), 2005. 251.

**Gregory G. Deierlein, Andrei M. Reinhorn , Michael R. Willford. 2010.** *Nonlinear Structural Analysis For Seismic Design - A Guide for Practicing Engineers.* San Francisco, California : National Institute of Standards and Technology, 2010. 36.

**Hernandez Sampieri , Roberto, Fernandez Collado, Carlos and Baptista Lucio, Pilar. 2014.** *Metodología de la Investigación .* Mexico : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, 2014. 632.

*Incremental dynamic analysis.* **Cornell, Dimitrios Vamvatsikos and C. Allin. 2001.** 24, California : Department of Civil and Environmental Engineering; Stanford University, 2001, Vol. 1. 24.

**Krawinkler, Helmut. 1998.** Pros and cons of a pushover analysis of seismic performance evaluation. *Engineering Structure.* Great Britain : Elsevier Science Ltd, 1998.

**Meli, Enrique Bazan & Roberto. 2009.** *Diseño Sísmico de Edificios .* España : LIMUSA NORIEGA EDITORES, 2009.

**Melone Salvador , Safina. 2003.** Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico. *Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico.* Catalunya : Universidad Politécnica de Catalunya, 2003. Vol. 1, 250. 22.

**Mendoza Torres, Christian Paulina and Hernandez Sampieri, Roberto. 2018.** *Metodología de la Investigación, las rutas cuantitativas, cualitativas y mixtas .* Mexico : McGRAW-HILL INTERAMERICA EDITORES, 2018. 751.

**Moguel, Ernesto Rodriguez. 2005.** *Metodología de la Investigación .* Mexico : Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 2005. 125.

**Moscoso Tinco, Joel . 2019.** Evaluación del desempeño de edificaciones hospitalarias prefabricadas con aislamiento sísmico en el Perú. *Evaluación del desempeño de edificaciones hospitalarias prefabricadas con aislamiento sísmico en el Perú*. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2019. Vol. 1, 100. 84.

**Muñoz, Alejandro. 2004.** *Apuntes del curso de Ingeniería Sísmoresistente*. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2004. 15.

—. **2020.** Temas avanzados de estructuras sísmoresistentes y protección sísmica . *Temas avanzados de estructuras sísmoresistentes y protección sísmica* . Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú , 2020. Vol. 1, 1. 1.

**NTP E030. 2018.** NORMA TÉCNICA E.030 DISEÑO SIMIRESISTENTE DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. [book auth.] Vivienda y Saneamiento Ministerio de Construcción. *NORMA TÉCNICA E.030 DISEÑO SIMIRESISTENTE DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES*. LIMA : El Peruano, 2018.

**Ñaupas Paitan , Humberto, et al. 2014.** *Metodología de la Investigación* . Bogotá : Ediciones de la U, 2014. 536.

**Oseda Gago, Dulio. 2009.** Calameo. *Calameo*. [Online] Universidad César Vallejo, febrero 05, 2009. [Cited: enero 21, 2021.]  
<https://es.calameo.com/read/000501353b7b11afc3cc3>. 26.

**Paz, Guillermina Baena. 2018.** *Metodología de la Investigación*. Mexico : Grupo Editorial Patria, 2018. 157.

**Pestana., Santa Palella Stracuzzi & Feliberto Martins. 2012.** *Metodología de la investigación cuantitativa*. Caracas : Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, 2012. 279.

**Piscal A., Carlos M.; Lopez Almanza, Francisco;. 2019.** Revista Científica Ingeniería y Desarrollo. “*Comparación de las dos metodologías de análisis y diseño más recientes de ASCE 7, para el análisis de su posible empleo en edificaciones con aislamiento sísmico de base en Colombia*.” [Online] Revista Científica Ingeniería y Desarrollo, enero 01, 2019. [Cited: noviembre 20, 2020.]  
<http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/viewArticle/11105/214421443901>. 1.

*Riesgo sísmico en las edificaciones de la facultad de ingeniería, Universidad de Cajamarca Peru.* **Mosqueira Moreno, Miguel A. 2012.** 16, Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2012, Vol. 1. 16.

**Romero, Pablo Alberto Baez. 2018.** EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE MARCOS A MOMENTO. *EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE MARCOS A MOMENTO.* Santiago de Chile : UNIVERSIDAD DE CHILE, 2018. Vol. 1, 134. 134.

**Salcedo Barco, Yuler Harry. 2017.** Desempeño sísmico por el método Pushover de un edificio construido en la ciudad de Barranquilla Bajo La Norma NSR-10. *Desempeño sísmico por el método Pushover de un edificio construido en la ciudad de Barranquilla Bajo La Norma NSR-10.* Barranquilla : Universidad de la Costa, 2017. Vol. 1, 113. 113.

**Tapia, Ronnie A. Maldonado. 2012.** SENSIBILIDAD Y SEGURIDAD DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN EN RÉGIMEN NO LINEAL. *SENSIBILIDAD Y SEGURIDAD DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN EN RÉGIMEN NO LINEAL.* Catalunya, España : Universidad Politecnica de Catalunya, febrero 2012.

**Tavera, Hernando. 2014.** *EVALUACIÓN DEL PELIGRO ASOCIADO A LOS SISMOS Y EFECTOS SECUNDARIOS EN PERÚ.* Lima : Instituto Geofísico del Perú, 2014. 1.

*Terremotos.* **National Geographic . 2010.** 3, Kode : National Geographic, 2010, Vol. 1. 3.

**Yucra Ayala , Maddley Elizabeth. 2018.** Evaluación del desempeño sísmico de hospitales aislados en el Perú. *Evaluación del desempeño sísmico de hospitales aislados en el Perú.* Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2018. Vol. 1, 98. 84.

# **ANEXOS**

## ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TITULO: Desempeño sísmico de una edificación esencial mediante métodos de análisis sísmico no lineal– Institución Educativa Santa Rosa, Abancay, Apurímac 2020.**

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
¿Cuál es el desempeño sísmico de una edificación esencial mediante métodos de análisis sísmico no lineal, Institución Educativa Santa Rosa, Abancay, Apurímac 2020?	Determinar el desempeño sísmico de una edificación esencial mediante métodos de análisis sísmico no lineal, Institución Educativa Santa Rosa, Abancay, Apurímac 2020.	El desempeño sísmico de una edificación esencial mediante métodos de análisis sísmico no lineal, no es adecuado con el desempeño esperado según estándares normativos, Institución Educativa Santa Rosa, Abancay, Apurímac 2020.	Métodos de análisis sísmico no lineal	D1: Análisis no lineal estático (Pushover)  D2: Análisis no lineal dinámico (Tiempo historia)	I1: Desplazamiento lateral. I2: cortante basal  I3: PGA I4: Derivas de entrepiso.	<b>Método:</b> Científico <b>Tipo:</b> Aplicada <b>Nivel:</b> Explicativa <b>Diseño:</b> Experimental – cuasi experimental. <b>Población:</b> conformada por las edificaciones de 78 instituciones educativas publicas urbanas en el distrito de Abancay. <b>Muestreo:</b> no probalístico en muestreo por juicio
¿Cuál es el punto de desempeño mediante el análisis no lineal estático Institución Educativa Santa Rosa, Abancay, Apurímac 2020?	Determinar el punto de desempeño mediante el método de análisis no lineal estático, Institución Educativa Santa Rosa, Abancay, Apurímac 2020.	El punto de desempeño mediante el análisis no lineal estático (Pushover), no es consistente con los estándares normativos, Institución Educativa Santa Rosa, Abancay, Apurímac 2020.	Desempeño sísmico	D1: Punto de desempeño.	I1: Intersección entre la curva de capacidad y la curva demanda.  I2: Intersección entre el PGA y curva IDA.	<b>Muestra:</b> conformada por la edificación del Bloque 05 de la Institución educativa Santa Rosa. <b>Técnica:</b> técnica de la observación directa para la recopilación de la información. <b>Instrumento:</b> se aplicará como instrumento la ficha de recolección de datos.
¿Cuál es el punto de desempeño, mediante el análisis no lineal dinámico Institución Educativa Santa Rosa, Abancay, Apurímac 2020?	Determinar el punto de desempeño, mediante el método de análisis no lineal dinámico Institución Educativa Santa Rosa, Abancay, Apurímac 2020.	El punto de desempeño, mediante el análisis no lineal dinámico (tiempo - historia), no es consistente con los estándares normativos, Institución Educativa Santa Rosa, Abancay, Apurímac 2020.				

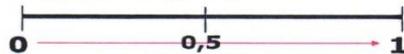
## ANEXO 2: VALIDEZ DEL INSTRUMENTO



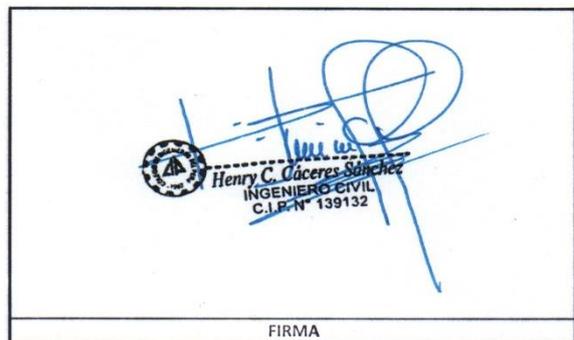
### SIMULACION DE ANALISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS

<b>PROYECTO:</b> Desempeño sísmico de una edificación esencial mediante métodos de análisis sísmico no lineal- Institución Educativa Santa Rosa, Abancay, Apurímac 2020.				<b>VALIDEZ DE 0 A 1</b>
<b>AUTOR:</b> Margoth Meza Tintaya				
<b>I.- INFORMACION GENERAL:</b>				
UBICACIÓN: Av Garcilazo S/N - Av Elias				
DISTRITO:	Abancay	ALTITUD:	2500 msnm	1.0
PROVINCIA:	Abancay	LATITUD SUR:	13° 38' 15"	
REGION:	Apurímac	LATITUD OESTE:	72° 52' 43"	
<b>II.- ANÁLISIS NO LINEAL ESTÁTICO (PUSHOVER)</b>				
Se realizará la recopilación de datos en base a los estudios previos referidos a la estructura y la contrastación de las secciones de los elementos estructurales insitu, del bloque 5 de la institución educativa. El modelamiento numérico seguirá los lineamientos del ASCE/SEI 41-13 para la asignación de rotulas plásticas y secciones agrietadas.				0.95
Desplazamiento lateral	Und (cm)	Corte basal	Und (Tnf)	
<b>III.- ANÁLISIS NO LINEAL DINÁMICO (TIEMPO HISTORIA)</b>				
Se procederá a la recopilación de datos de las secciones estructurales insitu, el modelamiento numérico se realizará en función a los lineamientos del ASCE/SEI 41-13 para la asignación de rotulas plásticas y secciones agrietadas.				0.93
PGA	Und (g)	Derivas de entrepiso	Und (adimensional)	
<b>IV.- PUNTO DE DESEMPEÑO</b>				
Se realizará el modelamiento numérico y el cálculo del punto de desempeño de acuerdo a los lineamientos del ASCE/SEI 41-13, para los diferentes niveles de intensidad sísmica que establece la COMISION VISION 2000 y en función a la relación daño-deriva del MANUAL HAZUS MR4.				0.95
Intersección entre la curva de capacidad y la curva demanda.	Und (adimensional)	Intersección entre el PGA y curva IDA	Und (adimensional)	
<b>TOTAL</b>				3.83
<b>PROMEDIO DE VALIDEZ</b>				0.958
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	CACERES SANCHEZ, HENRY			
<b>PROFESION</b>	INGENIERO CIVIL			
<b>REGISTRO CIP No:</b>	139132			
<b>EMAIL:</b>	hcacore35@yahoo.es			
<b>TELEFONO:</b>	987-305157			

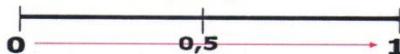
**Según Oseña (2011):**



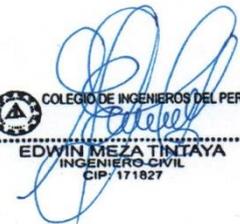
0,53 a menos	Validez nula
0,54 a 0,59	Validez baja
0,60 a 0,65	Válida
0,66 a 0,71	Muy válida
0,72 a 0,99	Excelente validez
1.0	Validez perfecta



<b>PROYECTO: Desempeño sísmico de una edificación esencial mediante métodos de análisis sísmico no lineal- Institución Educativa Santa Rosa, Abancay, Apurímac 2020.</b>				<b>VALIDEZ DE 0 A 1</b>
<b>AUTOR: Margoth Meza Tintaya</b>				
<b>I.- INFORMACION GENERAL:</b>				
UBICACIÓN: Av Garcilazo S/N - Av Elias				
DISTRITO:	Abancay	ALTITUD:	2500 msnm	1
PROVINCIA:	Abancay	LATITUD SUR:	13° 38' 15"	
REGION:	Apurímac	LATITUD OESTE:	72° 52' 43"	
<b>II.- ANALISIS NO LINEAL ESTÁTICO (PUSHOVER)</b>				
Se realizará la recopilación de datos en base a los estudios previos referidos a la estructura y la contrastación de las secciones de los elementos estructurales insitu, del bloque 5 de la institución educativa. El modelamiento numérico seguirá los lineamientos del ASCE/SEI 41-13 para la asignación de rotulas plásticas y secciones agrietadas.				
Desplazamiento lateral	Und (cm)	Corte basal	Und (Tnf)	0.95
<b>III.- ANÁLISIS NO LINEAL DINÁMICO (TIEMPO HISTORIA)</b>				
Se procederá a la recopilación de datos de las secciones estructurales insitu, el modelamiento numérico se realizará en función a los lineamientos del ASCE/SEI 41-13 para la asignación de rotulas plásticas y secciones agrietadas.				
PGA	Und (g)	Derivas de entrepiso	Und (adimensional)	0.95
<b>IV.- PUNTO DE DESEMPEÑO</b>				
Se realizará el modelamiento numérico y el cálculo del punto de desempeño de acuerdo a los lineamientos del ASCE/SEI 41-13, para los diferentes niveles de intensidad sísmica que establece la COMISION VISION 2000 y en función a la relación daño-deriva del MANUAL HAZUS MR4.				
Intersección entre la curva de capacidad y la curva demanda.	Und (adimensional)	Intersección entre el PGA y curva IDA	Und (adimensional)	0.95
<b>TOTAL</b>				3.85
<b>PROMEDIO DE VALIDEZ</b>				0.962
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>		Meza Tintaya Edwin		
<b>PROFESION</b>		Ingeniero Civil		
<b>REGISTRO CIP No:</b>		171827		
<b>EMAIL:</b>		edmeiz_mt19@hotmail.com		
<b>TELEFONO:</b>		965437623		

**Según Oseda (2011):**


0,53 a menos	Validez nula
0,54 a 0,59	Validez baja
0,60 a 0,65	Válida
0,66 a 0,71	Muy válida
0,72 a 0,99	Excelente validez
1.0	Validez perfecta

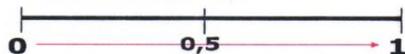



**COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ**  
**EDWIN MEZA TINTAYA**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 171827

FIRMA

<b>PROYECTO:</b> Desempeño sísmico de una edificación esencial mediante métodos de análisis sísmico no lineal- Institución Educativa Santa Rosa, Abancay, Apurímac 2020.				
<b>AUTOR:</b> Margoth Meza Tintaya				
<b>I.- INFORMACION GENERAL:</b>				
UBICACIÓN: Av Garcilazo S/N - Av Elias				
DISTRITO:	Abancay	ALTITUD:	2500 msnm	0.95
PROVINCIA:	Abancay	LATITUD SUR:	13° 38' 15"	
REGION:	Apurímac	LATITUD OESTE:	72° 52' 43"	
<b>II.- ANALISIS NO LINEAL ESTATICO (PUSHOVER)</b>				
Se realizará la recopilación de datos en base a los estudios previos referidos a la estructura y la contrastación de las secciones de los elementos estructurales insitu, del bloque 5 de la institución educativa. El modelamiento numérico seguirá los lineamientos del ASCE/SEI 41-13 para la asignación de rotulas plásticas y secciones agrietadas.				0.65
Desplazamiento lateral	Und (cm)	Corte basal	Und (Tnf)	
<b>III.- ANÁLISIS NO LINEAL DINÁMICO (TIEMPO HISTORIA)</b>				
Se procederá a la recopilación de datos de las secciones estructurales insitu, el modelamiento numérico se realizará en función a los lineamientos del ASCE/SEI 41-13 para la asignación de rotulas plásticas y secciones agrietadas.				0.70
PGA	Und (g)	Derivas de entrepiso	Und (adimensional)	
<b>IV.- PUNTO DE DESEMPEÑO</b>				
Se realizará el modelamiento numérico y el cálculo del punto de desempeño de acuerdo a los lineamientos del ASCE/SEI 41-13, para los diferentes niveles de intensidad sísmica que establece la COMISION VISION 2000 y en función a la relación daño-deriva del MANUAL HAZUS MR4.				0.80
Intersección entre la curva de capacidad y la curva demanda.	Und (adimensional)	Intersección entre el PGA y curva IDA	Und (adimensional)	
<b>TOTAL</b>				3.10
<b>PROMEDIO DE VALIDEZ</b>				0.775
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	MENDOZA NAVARRO ANGEL AMERICO			
<b>PROFESION</b>	INGENIERO CIVIL			
<b>REGISTRO CIP No:</b>	163358			
<b>EMAIL:</b>	amendo@mendozaar@gmail.com			
<b>TELEFONO:</b>	938849060			

Según Oseda (2011):



0,53 a menos	Validez nula
0,54 a 0,59	Validez baja
0,60 a 0,65	Válida
0,66 a 0,71	Muy válida
0,72 a 0,99	Excelente validez
1.0	Validez perfecta



AMERICO MENDOZA NAVARRO  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. 163358

FIRMA

### ANEXO 03: NÚMERO DE LOCALES ESCOLARES DE EDUCACION BASICA REGULAR (POBLACIÓN)

PROVINCIA: ABANCAY NÚMERO DE LOCALES EDUCATIVOS POR TIPO DE GESTIÓN Y ÁREA  
GEOGRÁFICA, SEGÚN ETAPA, MODALIDAD Y NIVEL EDUCATIVO OFRECIDO SEGÚN DISTRITO, ÁREA  
URBANA 2020

Distrito	Total	Básica Regular 1/								Sólo Básica Alternativa	Sólo Básica Especial 2/	Sólo Técnico- Productiva	Sólo Sup. No Universitaria 3/			
		Total	Sólo Inicial	Sólo Primaria	Sólo Secundaria	Inicial y Primaria	Primaria y Secundaria	Inicial y Secundaria	Inicial, Primaria y Secundaria				Total	Pedagógica	Tecnológica	Artística
<b>Total</b>	<b>134</b>	<b>108</b>	<b>54</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>-</b>	<b>18</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>13</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
Abancay	102	78	40	4	6	5	9	-	14	3	2	13	6	2	3	1
Chacoche	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Curahuasi	17	15	6	3	2	-	1	-	3	-	1	-	1	-	1	-
Huanipaca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lambrama	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pichirhua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
San Pedro de Cachora	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tamburco	15	15	8	3	2	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-

Nota: Excluye locales en que funcionan programas no escolarizados de educación inicial. La categoría gestión pública comprende locales escolares en que funciona al menos una institución educativa pública.

1/ Incluye locales en los que se ofrece además otra modalidad de la educación básica o técnico-productiva.

2/ Incluye locales en los que se ofrece además educación básica o técnico-productiva.

3/ Incluye locales en los que se ofrece además algún nivel de la educación básica o técnico-productiva, u otra modalidad de la educación superior.

Fuente: MINISTERIO DE EDUCACIÓN - Padrón de Instituciones Educativas.

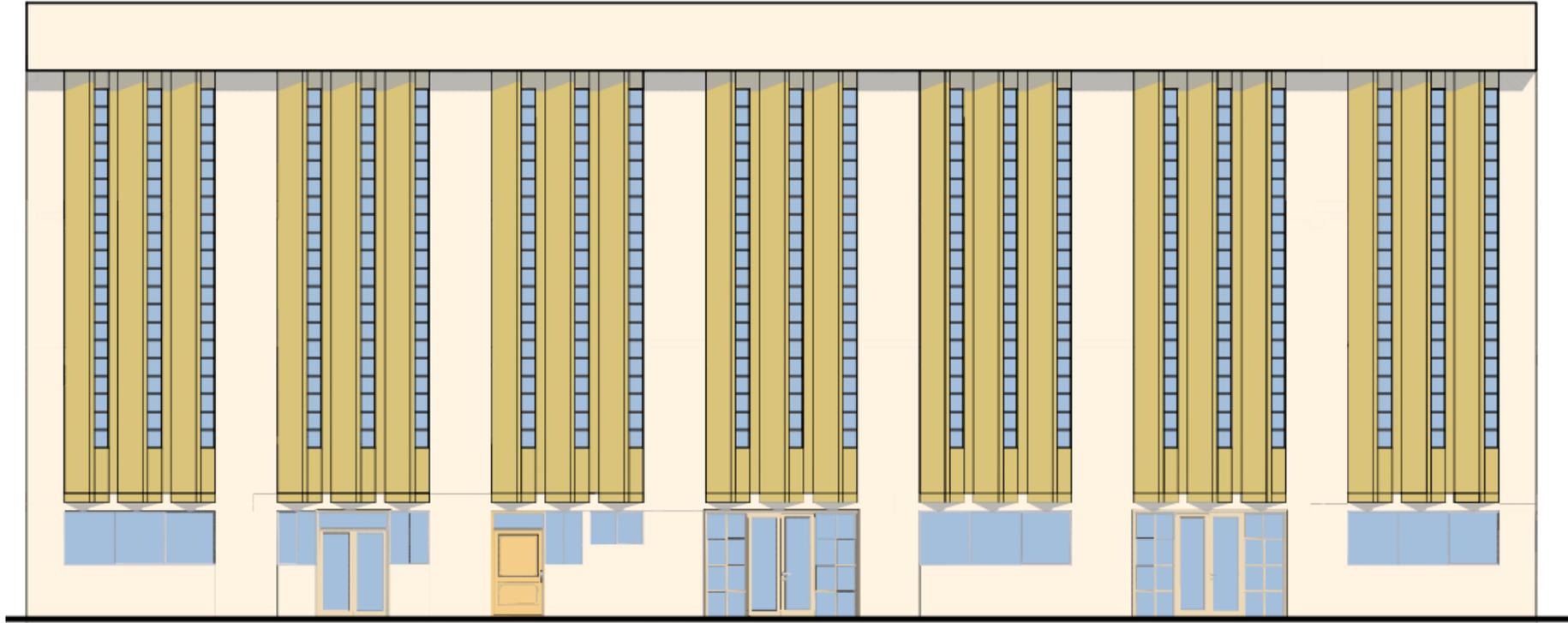
## ANEXO 04: PLANOS

### 1. Elevación Frontal de la edificación.



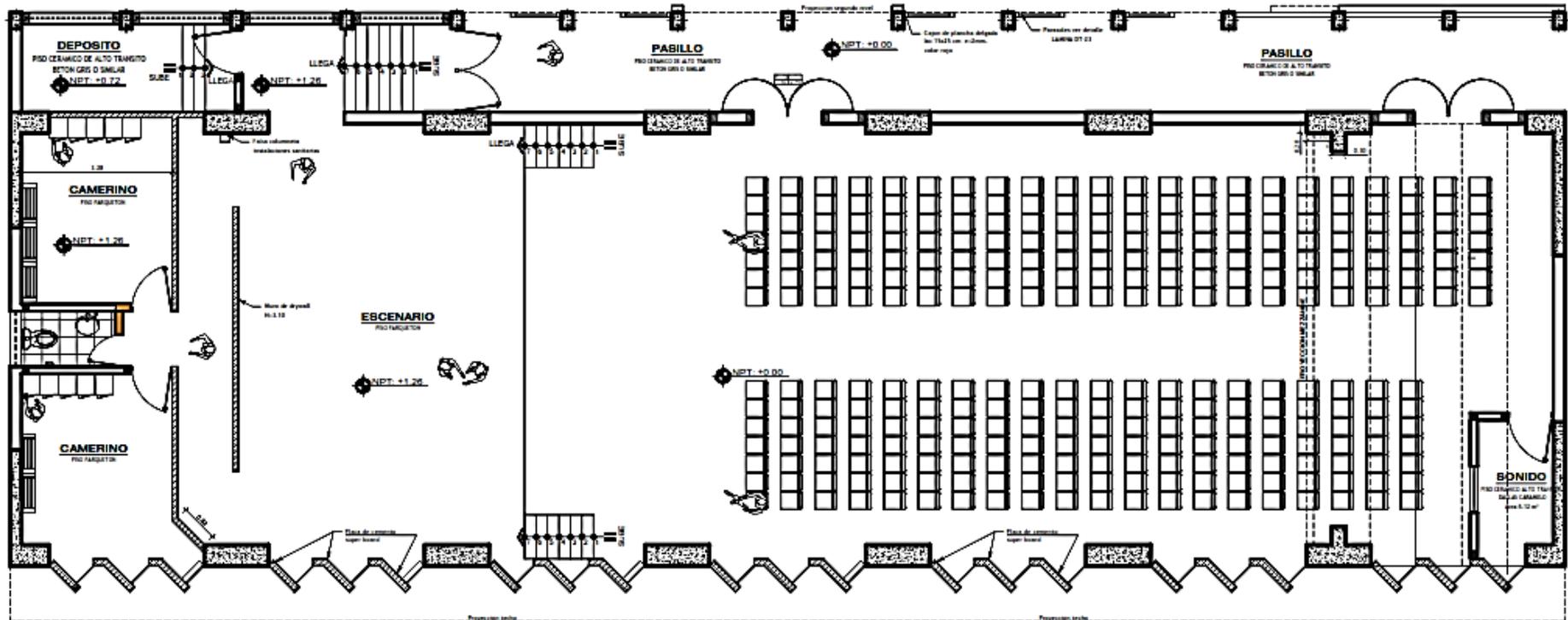
Fuente. Reproducida del expediente técnico: "Mejoramiento del servicio educativo en la I.E.P. N° 54002 Santa Rosa e I.E.S. Santa Rosa del distrito de Abancay, provincia de Abancay – región Apurímac" – SNIP 167720.

## 2. Elevación posterior de la edificación (fachada desde el sótano)



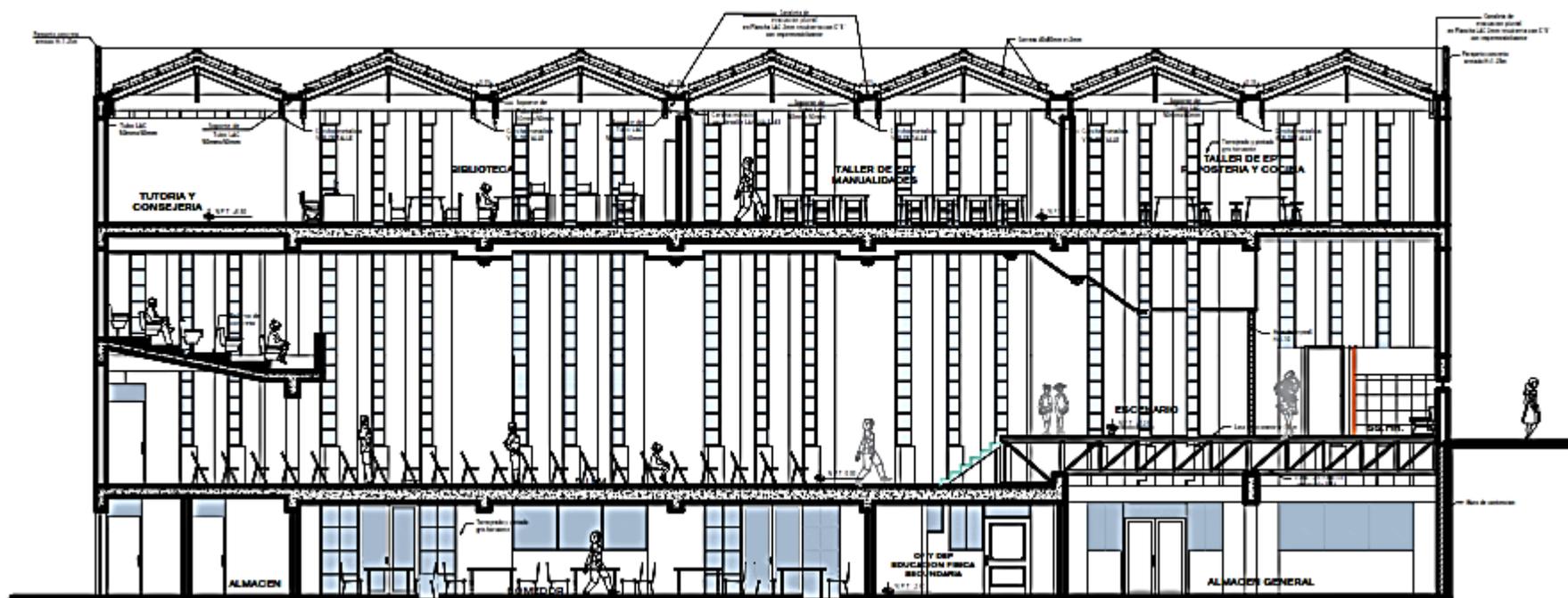
Fuente. Reproducida del expediente técnico: "Mejoramiento del servicio educativo en la I.E.P. N° 54002 Santa Rosa e I.E.S. Santa Rosa del distrito de Abancay, provincia de Abancay – región Apurímac" – SNIP 167720.

### 3. Planta del primer nivel



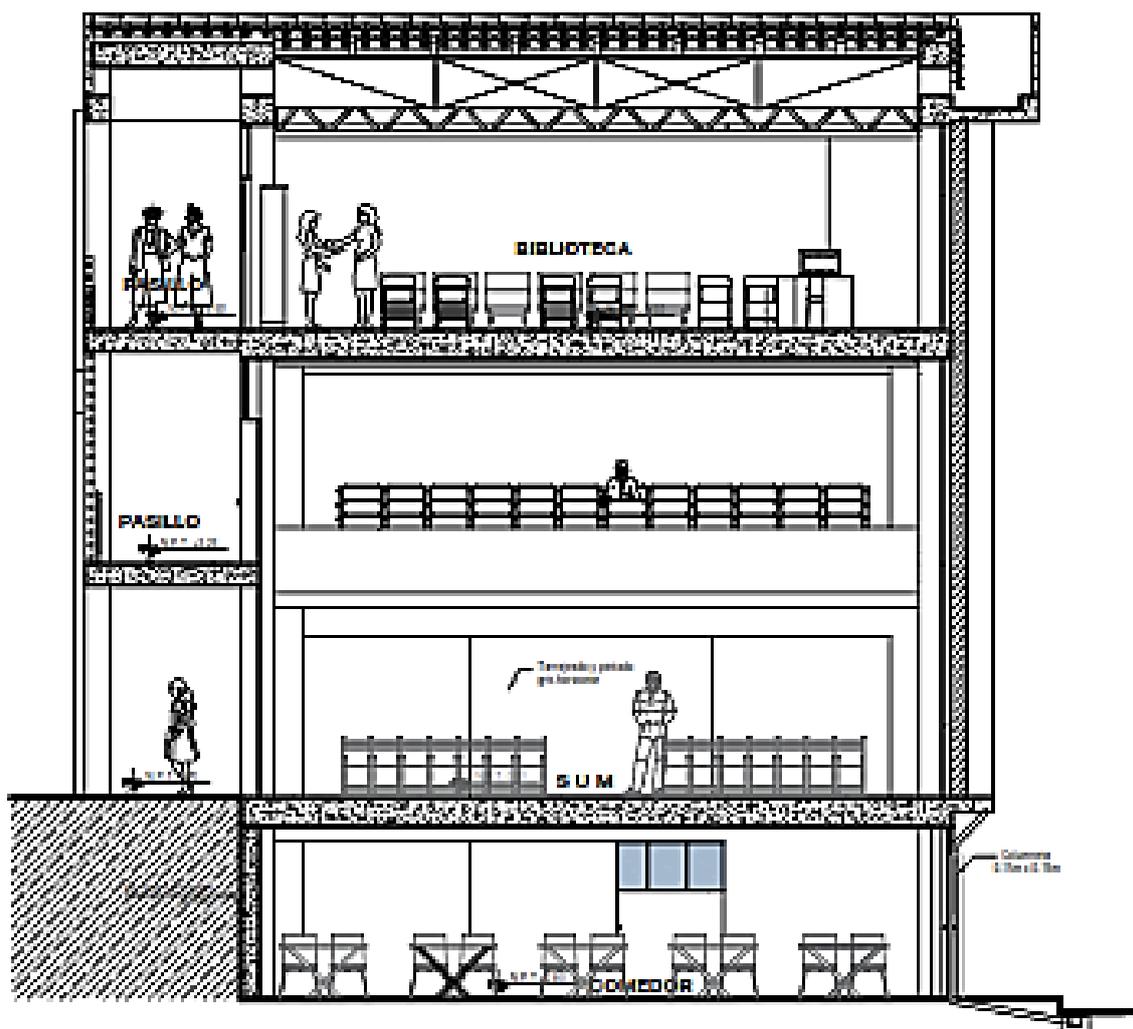
Fuente. Reproducida del expediente técnico: "Mejoramiento del servicio educativo en la I.E.P. N° 54002 Santa Rosa e I.E.S. Santa Rosa del distrito de Abancay, provincia de Abancay – región Apurímac" – SNIP 167720.

#### 4. Corte longitudinal de la edificación



Fuente. Reproducida del expediente técnico: “Mejoramiento del servicio educativo en la I.E.P. N° 54002 Santa Rosa e I.E.S. Santa Rosa del distrito de Abancay, provincia de Abancay – región Apurímac” – SNIP 167720.

## 5. Corte transversal de la edificación



Fuente. Reproducida del expediente técnico: "Mejoramiento del servicio educativo en la I.E.P. N° 54002 Santa Rosa e I.E.S. Santa Rosa del distrito de Abancay, provincia de Abancay – región Apurímac" – SNIP 167720.

## ANEXO 05: REGISTROS FOTOGRÁFICOS (Verificación de las secciones estructurales)



**Foto 1.** Vista desde el sótano de la edificación.



**Foto 2.** Verificación de las secciones en columnas del sótano



**Foto 3.** Contrastación del peralte en viga de conexión.



**Foto 4.** Contrastación de la sección en columnas en el primer nivel.



**Foto 5.** Contrastación de la sección en columnas de la dirección XX.



**Foto 6.** Verificación de la longitud en placa de la dirección YY.