

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL**



**UDH**  
UNIVERSIDAD DE HUANUCO  
<http://www.udh.edu.pe>

**TESIS**

---

**“Desempeño sísmico comparativo entre el sistema estructural de muros de ductilidad limitada y aporticado del módulo I en la Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga, Huánuco – Huánuco – 2022”**

---

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

**AUTOR: Antezana Isidro, Irving Ludwing**

**ASESOR: Lira Camargo, Luis Gerónimo**

**HUÁNUCO – PERÚ**

**2023**



# U

### TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis ( X )
- Trabajo de Suficiencia Profesional ( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Estructuras

**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** (2020)

### CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**Sub área:** Ingeniería civil

**Disciplina:** Ingeniería civil

### DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio ( X )
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

### DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 74239885

### DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 41198244

Grado/Título: Maestro en educación con mención en investigación y docencia superior

Código ORCID: 0000-0003-2344-6956

### DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Maestro en ingeniería de sistemas e informática con mención en: gerencia de sistemas y tecnologías de información	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Valdivieso Echevarría, Martín César	Maestro en gestión pública	22416570	0000-0002-0579-5135
3	Gómez Valles, Jhon Elio	Maestro en diseño y construcción de obras viales	45623860	0000-0001-6424-6032

# D

# H



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
(A) CIVIL**

En la ciudad de Huánuco, siendo las 09:30 horas del día viernes 07 del mes de julio del año 2023, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

MG. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS	(PRESIDENTE)
MG. MARTÍN CÉSAR VALDIVIESO ECHEVARRÍA	(SECRETARIO)
MG. JHON ELIO GOMEZ VALLES	(VOCAL)


Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 1452-2023-D-FI-UDH, para evaluar la **Tesis** intitulada: **“DESEMPEÑO SÍSMICO COMPARATIVO ENTRE EL SISTEMA ESTRUCTURAL DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA Y APORTICADO DEL MÓDULO I EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA ESPECIAL NIÑO JESÚS DE PRAGA, HUÁNUCO – HUÁNUCO – 2022”**, presentado por el (la) Bach. Irving Ludwing ANTEZANA ISIDRO, para optar el Título Profesional de Ingeniero (a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo (a) *Aprobado* por *Unanimidad* con el calificativo cuantitativo de *16* y cualitativo de *Bueno* (Art. 47)

Siendo las *10:33* horas del día *07* del mes de *Julio* del año *2023*, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

  
\_\_\_\_\_  
MG. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS  
ORCID: 0000-0001-7920-1304  
**PRESIDENTE**

  
\_\_\_\_\_  
MG. MARTÍN CÉSAR VALDIVIESO ECHEVARRÍA  
ORCID: 0000-0002-0579-5135  
**SECRETARIO**

  
\_\_\_\_\_  
MG. JHON ELIO GOMEZ VALLES  
ORCID: 0000-0001-6424-6032  
**VOCAL**



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, **Luis Gerónimo Lira Camargo**, asesor del PA de Ingeniería Civil y designado mediante documento: Resolución **N°050-2023-D-FI-UDH** del estudiante **Irving Ludwing, ANTEZANA ISIDRO**, de la investigación titulada “**Desempeño sísmico comparativo entre el sistema estructural de muros de ductilidad limitada y aporticado del módulo I en la Institución Educativa Niño Jesús de Praga, Huánuco - Huánuco - 2022**”.

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del **23 %** verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Antiplagio Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 13 de octubre de 2023

---

MG. Luis Gerónimo Lira Camargo  
DNI: 41198244  
COD. ORCID: 0000-0003-2344-6956

# Desempeño sísmico comparativo entre el sistema estructural de MDL y aporticado del módulo I en la Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga, Huánuco–Huánuco–2022

## INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

11%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	5%
2	<b>repositorio.udh.edu.pe</b> Fuente de Internet	2%
3	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	2%
4	<b>repositorio.uigv.edu.pe</b> Fuente de Internet	1%
5	<b>Submitted to Universidad Tecnológica de los Andes</b> Trabajo del estudiante	1%
6	<b>repositorio.upt.edu.pe</b> Fuente de Internet	< 1%
7	<b>repositorio.utea.edu.pe</b> Fuente de Internet	< 1%
8	<b>repositorio.unamba.edu.pe</b> Fuente de Internet	< 1%

Apellidos y Nombre: MG. Lira Camargo  
Luis Gerónimo DNI: 41198244 Código  
Orcid N°: 0000-0003-2344-6956

## **DEDICATORIA**

A mi madre, Esmeralda Alejandrina Isidro Caballero, por el apoyo y amor incondicional que siempre me brinda cada día y en todos los aspectos de mi vida.

A mi difunto padre, Jorge Antonio Antezana Andrade, quién fue mi principal motivación para estudiar la carrera de Ingeniería Civil.

A mi hermano mayor, Ángel Vladimir Antezana Isidro, por las palabras de aliento para culminar satisfactoriamente mi etapa universitaria.

A mis queridos abuelos, por el amor y apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida, buenos y malos.

## **AGRADECIMIENTO**

A la directora de la “Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga”, por brindarme todas las facilidades que estuvieron a su alcance para lograr el desarrollo y ejecución de esta investigación.

A mi asesor, por la asesoría y el tiempo brindados durante la etapa de elaboración de este trabajo de investigación científica. Apoyo que hizo posible terminar satisfactoriamente esta tesis.

A los jurados revisores de tesis, por hacer posible que este trabajo de investigación cuente con una estructura y contenido científico adecuado a través de las observaciones y críticas realizadas minuciosamente.

A los catedráticos y colegas del P.A de Ingeniería Civil, por ser pieza clave en toda mi etapa de aprendizaje en la Universidad. Fue mucho el conocimiento que pude adquirir debido a ellos.

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN .....	XI
ABSTRACT .....	XII
INTRODUCCIÓN .....	XIII
CAPITULO I.....	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	14
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	17
1.2.1 PROBLEMA GENERAL.....	17
1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	17
1.3 OBJETIVOS .....	17
1.3.1 OBJETIVO GENERAL .....	17
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	18
1.4.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA .....	18
1.4.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	18
1.4.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	19
1.5 LIMITACIONES .....	19



CAPITULO II.....	20
MARCO TEÓRICO .....	20
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	20
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	20
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES.....	21
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES .....	24
2.2 BASES TEÓRICAS .....	24
2.2.1 DISEÑO SÍSMICO BASADO EN DESEMPEÑO .....	25
2.2.2 ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL .....	33
2.2.3 COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO ARMADO .....	46
2.2.4 DIAGRAMA MOMENTO-CURVATURA.....	49
2.2.5 DIAGRAMA MOMENTO-GIRO.....	51
2.2.6 MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA.....	52
2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	54
2.4 HIPÓTESIS .....	55
2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	55
2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	55
2.5 VARIABLES .....	55
2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTES.....	52
2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE .....	52
2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	56
CAPITULO III.....	58
METODOLOGÍA .....	58
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	58
3.1.1 ENFOQUE .....	58
3.1.2 ALCANCE .....	58
3.1.3 DISEÑO .....	58

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	59
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS... 59	
3.3.1 RECOLECCIÓN DE DATOS .....	59
3.3.2 PRESENTACIÓN DE DATOS .....	60
3.3.3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	60
CAPITULO IV.....	61
RESULTADOS.....	61
4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS.....	61
4.1.1 SISTEMA ESTRUCTURAL DE PÓRTICOS .....	61
4.1.2 SISTEMA ESTRUCTURAL DE MDL .....	77
4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS ....	93
CAPITULO V.....	99
DISCUSION DE RESULTADOS.....	99
5.1 CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	99
CONCLUSIONES .....	100
RECOMENDACIONES.....	101
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
ANEXOS.....	105

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Periodos de retorno de espectros sísmicos.....	30
Tabla 2	Niveles de peligro sísmico.....	31
Tabla 3	Niveles de peligro sísmico costa peruana .....	31
Tabla 4	Objetivos de desempeño doble o múltiple.....	32
Tabla 5	Objetivo básico de seguridad .....	33
Tabla 6	Derivas máximas de entrepiso para la Costa peruana .....	46
Tabla 7	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	59
Tabla 8	Técnicas e instrumentos para interpretación de resultados.....	60
Tabla 9	Factor de zona Aporticado.....	64
Tabla 10	Factor de sitio Aporticado .....	65
Tabla 11	Factores $T_P$ y $T_L$ Aporticado .....	65
Tabla 12	Periodos y frecuencias Aporticado .....	68
Tabla 13	Factor de zona MDL .....	80
Tabla 14	Factor de suelo - MDL .....	80
Tabla 15	Factores $T_P$ y $T_L$ - MDL.....	81
Tabla 16	Periodos y frecuencia MDL.....	83
Tabla 17	Contrastación y prueba de hipótesis .....	95
Tabla 18	Resumen de resultados.....	96

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Niveles de desempeño sísmico .....	29
Figura 2	Objetivo de desempeño.....	32
Figura 3	Objetivo básico de seguridad .....	33
Figura 4	Procedimiento simplificado de análisis no lineal.....	35
Figura 5	Punto de control de desplazamiento .....	36
Figura 6	Distribución vertical del patrón de carga.....	37
Figura 7	Curva de capacidad.....	38
Figura 8	Curva de capacidad a Espectro de capacidad .....	40
Figura 9	Representación bilineal de la curva de capacidad.....	41
Figura 10	Espectro de respuesta elástico, 5% amortiguamiento.....	42
Figura 11	Espectro de diseño elástico Newmark-Hall .....	44
Figura 12	Espectro de demanda en formato tradicional y ADRS .....	44
Figura 13	Punto de desempeño sísmico .....	45
Figura 14	Modelo elastoplástico del acero .....	47
Figura 15	Modelo trilineal del acero .....	47
Figura 16	Diagrama esfuerzo-deformación modelo de Mander .....	48
Figura 17	Curvatura de una sección de viga.....	50
Figura 18	Diagrama momento-curvatura ( $M-\phi$ ).....	51
Figura 19	Diagrama momento-giro ( $M-\theta$ ) .....	52
Figura 20	Planta primer nivel del módulo I .....	62
Figura 21	Planta segundo nivel módulo I .....	63
Figura 22	Modelo matemático de la estructura aporticada.....	67
Figura 23	Espectro de diseño elástico Aporticado .....	68
Figura 24	Espectro máximo Aporticado .....	69
Figura 25	Espectro de Servicio Aporticado .....	70

Figura 26	Deformación de la estructura aporticada en la dirección “X” ....	71
Figura 27	Deformación de la estructura aporticada en la dirección “Y” ....	71
Figura 28	Espectro de servicio en “X” – Punto de desempeño aporticado	72
Figura 29	Espectro de diseño en “X” – Punto de desempeño aporticado	73
Figura 30	Espectro máximo en “X” – Punto de desempeño aporticado ...	74
Figura 31	Espectro de servicio en “Y” – Punto de desempeño aporticado	75
Figura 32	Espectro de diseño en “Y” – Punto de desempeño aporticado	76
Figura 33	Espectro máximo en “Y” – Punto de desempeño aporticado ...	77
Figura 34	Planta primer nivel módulo I – MDL .....	78
Figura 35	Planta segundo nivel del módulo I - MDL.....	79
Figura 36	Modelo matemático de la estructura de MDL.....	82
Figura 37	Espectro de diseño elástico MDL.....	84
Figura 38	Espectro máximo MDL.....	85
Figura 39	Espectro de servicio MDL .....	86
Figura 40	Deformación de la estructura en “X” – MDL.....	87
Figura 41	Deformación de la estructura en “Y” – MDL.....	87
Figura 42	Espectro de servicio en “X” – Punto de desempeño MDL.....	88
Figura 43	Espectro de diseño en “X” – Punto de desempeño MDL .....	89
Figura 44	Espectro máximo en “X” – Punto de desempeño MDL .....	90
Figura 45	Espectro de servicio en “Y” – Punto de desempeño MDL.....	91
Figura 46	Espectro de diseño en “Y” – Punto de desempeño MDL .....	92
Figura 47	Espectro máximo en “Y” – Punto de desempeño MDL .....	93
Figura 48	Formación de rótulas plásticas dirección “Y” – aporticado .....	94
Figura 49	Formación de rótulas plásticas dirección “Y” – MDL.....	95
Figura 50	Desplazamientos máximos en el sistema aporticado.....	97
Figura 51	Desplazamientos máximos en el sistema de MDL.....	97

Figura 52	Derivas máximas en el sistema aporticado .....	98
Figura 53	Derivas máximas en el sistema de MDL .....	98

## RESUMEN

El trabajo de investigación desarrollado tuvo por objetivo determinar qué sistema estructural, aporticado o de muros de ductilidad limitada, debió ser la solución más adecuada para el módulo I en la “Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga” en la ciudad de Huánuco para esto se utilizó el método de diseño sísmico basado en desempeño.

Esta investigación se desarrolló utilizando enfoque cuantitativo; el diseño de la investigación es no experimental–transversal, explicativo de alcance comparativo; las variables consideradas fueron: V. dependiente = Desempeño sísmico y V. independiente = Sistema estructural. La población y muestra considerada fue el módulo I.

Para contrastar las hipótesis consideradas en esta investigación se utilizó el método de Análisis no Lineal Estático (Pushover), que se basa en la metodología de diseño basado en desempeño. Para esto se realizó un modelo matemático en ETABS, y luego se evaluó el comportamiento de cada sistema estructural tomando como base teórica los códigos y documentos nacionales e internacionales, tales como, ATC-40, FEMA, ASCE/SEI, SEAOC VISION 2000, “Reglamento Nacional de Edificaciones”, entre otras.

Para el sistema aporticado se obtuvieron los resultados: dirección de análisis desfavorable “Y”, desplazamiento máximo  $D_Y=15.44\text{cm}$ , deriva de entrepiso  $\Delta_Y=0.52\%$ , “nivel de desempeño Seguridad de Vida”. Para el caso del sistema de MDL se obtuvieron los siguientes resultados: dirección de análisis desfavorable “Y”, desplazamiento máximo  $D_Y=0.0037\text{cm}$ , deriva de entrepiso  $\Delta_Y=0.00\%$ , “nivel de desempeño Operacional”. Finalmente, se concluyó que todas las hipótesis propuestas son verdaderas, y que el sistema de MDL es la solución estructural más adecuada.

**Palabras clave:** Desempeño sísmico, sistema estructural, análisis Pushover, niveles de desempeño, análisis no lineal.

## ABSTRACT

The research work carried out aimed to determine which structural system, moment-resisting frames or limited ductility wall system, should be the most suitable solution for Module I at the Niño Jesus de Praga Special Educational Institution in the city of Huánuco. The seismic design method based on performance was employed for this purpose.

This research was conducted using a quantitative approach. The research design was non-experimental, cross-sectional, and explanatory with a comparative scope. The variables considered were: Dependent Variable = Seismic Performance and Independent Variable = Structural System. The population and sample considered were Module I.

To test the hypotheses considered in this research, the Nonlinear Static Analysis method (Pushover) was used, which is based on performance-based design methodology. A mathematical model of the structure was created using the ETABS software, and the behavior of each structural system was then evaluated, taking into account national and international codes and documents such as ATC-40, FEMA, ASCE/SEI, SEAOC VISION 2000, National Building Code, among others.

For the moment-resisting frame system, the following results were obtained: unfavorable analysis direction "Y", maximum displacement  $DY=15.44\text{cm}$ , interstory drift  $\Delta Y=0.52\%$ , performance level "Life Safety." For the limited ductility wall system, the following results were obtained: unfavorable analysis direction "Y", maximum displacement  $DY=0.0037\text{cm}$ , interstory drift  $\Delta Y=0.00\%$ , performance level "Operational." Finally, it was concluded that all the proposed hypotheses are true, and the limited ductility wall system is the most suitable structural solution.

**Keywords:** Seismic performance, structural system, Pushover analysis, performance levels, nonlinear analysis.



## INTRODUCCIÓN

En este trabajo de investigación (tesis), intitulado “Desempeño sísmico comparativo entre el sistema estructural de muros de ductilidad limitada (MDL) y aporticado del módulo I en la Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga, Huánuco – Huánuco – 2022”, se evaluó y comparó el desempeño sismorresistente de los sistemas estructurales mencionados, para finalmente determinar qué sistema estructural sería la solución más adecuada para el módulo I de la “Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga-Huánuco”.

Es importante mencionar que esta investigación se justificó en cinco aspectos muy relevantes a criterio del investigador: en la teoría, en la práctica, en el aspecto económico, en el aspecto social, en el aspecto legal y en la parte investigativa. Por lo que, este trabajo de investigación puede considerarse como base sólida para futuros trabajos de investigación.

En el cap. I, se describe la realidad problemática para la investigación, se formula el problema planteando preguntas y se plantean los objetivos. En el cap. II, se muestran los antecedentes, las bases teóricas y se formulan las hipótesis y variables. En el cap. III, se describe la metodología utilizada para el desarrollo óptimo de la investigación. En el cap. IV, se muestran los resultados obtenidos al culminar la investigación. En el cap. V, se discuten los resultados de esta investigación con los obtenidos por otros autores. Finalmente, se plantean algunas conclusiones y recomendaciones de acuerdo a los resultados obtenidos.

# CAPITULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el mundo se puede decir que, el método de evaluación y diseño por desempeño sismorresistente aún no se aplica, de manera recurrente y continua, en los proyectos de edificaciones para su diseño y evaluación sísmica debido a que no existe suficiente investigación acerca de este tema, que considero es muy importante, ya que proporciona resultados de análisis y diseño más acorde a la realidad. Actualmente, se continúa empleando, solamente, los métodos tradicionales de diseño los que se reflejan y son exigidos en la mayoría de códigos o normas de gran parte de los países alrededor del mundo. En relación a este punto, Bertero (1992), afirma que no existe suficiente claridad en los códigos o normas de diseño actuales en cuanto a determinar y definir niveles de desempeño sismorresistente que se deseen alcanzar para un diseño o evaluación de determinado tipo de edificación. Estos códigos solo cuentan con un único nivel de desempeño sísmico a verificar para un solo tipo de amenaza sísmica, y para esto tampoco existe un proceso o metodología específica a seguir para lograr tal objetivo.

En América Latina pasa que casi todos los códigos o normas ni siquiera mencionan el método de evaluación y diseño por desempeño sismorresistente de edificaciones, ya que solo contemplan métodos tradicionales de análisis, diseño y evaluación de edificaciones, debido a la falta de investigación científica respecto a este tema. Los códigos y normas solo se fundamentan en análisis lineales, que son válidos hasta cierto punto, ya que, si se desea tener un conocimiento más realista, mayor certeza y precisión en la obtención de resultados, de una estructura es necesario ahondar en la aplicación de análisis no lineales. Esta metodología que se propone no tiene la finalidad de sustituir al método tradicional de análisis y diseño, sino más bien complementarlo para así obtener un resultado del comportamiento estructural, de las edificaciones en estudio, más completo para así tener más variedad de opciones al momento de tomar decisiones para finalmente llevar a cabo la

construcción. Respecto a la metodología tradicional, ATC-40 (1996), señala que los códigos y normas actuales que mencionan esta metodología tradicional asumen que las edificaciones responden elásticamente frente a los movimientos sísmos. Pero en realidad, los movimientos sísmicos de gran magnitud pueden dañar gravemente las edificaciones lo que provoca un comportamiento inelástico que disipa la energía. La suposición de que las edificaciones siguen comportándose de forma elástica simplifica en gran medida el trabajo del ingeniero civil, pero oscurece una comprensión básica de su desempeño real.

En el ámbito nacional, se tiene la normativa E-030 “Diseño Sismorresistente” que tampoco considera el tipo de diseño “desempeño sismorresistente”, como sucede en Latinoamérica, ya que solo toma en consideración el método tradicional de análisis, diseño y evaluación sísmica basado en el comportamiento lineal de las edificaciones. Estos métodos son: “Análisis estático de fuerzas equivalentes y el análisis dinámico modal espectral”, los que proporcionan información inicial muy valiosa para el análisis y diseño, pero no permite obtener resultados realistas, con mayor certeza y precisión, acerca del comportamiento estructural de los edificios frente a diferentes niveles de “peligro sísmico”. Solamente se puede decir que la norma peruana toma en consideración un solo nivel de desempeño sísmico a verificar y un solo nivel de amenaza sísmica. Por otra parte, existe un gran problema en cuanto a la enseñanza de estas nuevas metodologías basadas en análisis no lineales en las universidades, a nivel de pre-grado, ya que éstas no se consideran en los planes curriculares, por lo que muchos estudiantes y profesionales en ingeniería la desconocen por completo.

En la ciudad de Huánuco se puede decir que solo se utiliza, como único referente, para la evaluación, el análisis y diseño sismorresistente de cualquier sistema estructural de edificaciones la normativa peruana E-030 “Diseño Sismorresistente”, por lo que existen muy pocas investigaciones científicas respecto a la metodología de diseño basado en desempeño sismorresistente y también existe un gran desconocimiento de la existencia de esta metodología. Desde mi perspectiva, utilizar esta metodología de análisis y diseño de manera complementaria de la norma existente, aunque esta no lo exija, sería importante.

Específicamente, la “Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga-Huánuco” tiene un sistema de pórticos que fue diseñado en base a la normativa peruana, es decir se utilizó los métodos tradicionales donde se considera un comportamiento lineal de los elementos estructurales. La consecuencia de no considerar comportamiento no lineal es que fue imposible determinar o conocer los niveles de desempeño sismorresistente del sistema aporticado. Por otra parte, se propone un sistema estructural de MDL, comparar desempeños sismorresistentes con el sistema de pórticos y así determinar qué sistema es el más adecuado para el módulo I estudiado. Además, servirá como antecedente para el diseño y construcción de las nuevas instituciones educativas, ya que conociendo el desempeño sísmico se podrán tomar mejores decisiones en cuanto a la elección del sistema estructural. Para esta situación problemática existen varias causas, pero para este estudio se eligió la más importante que es la falta de exigencia de la normativa peruana para el empleo de la metodología de diseño de edificaciones por desempeño sismorresistente como complemento de los métodos tradicionales ampliamente conocidos. Y, además, es importante mencionar que esta normativa permite, para el diseño y construcción de colegios, solamente los sistemas estructurales: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada; es decir, el sistema de pórticos existente no es el adecuado. Este problema puede acarrear consecuencias negativas, que podrían ser muy graves e irreparables, en la estructura de las edificaciones que serán diseñadas en el futuro, ya que al no conocerse con certeza su desempeño se podrían presentar problemas o situaciones inesperadas en el comportamiento estructural en la edificación, tales como agrietamientos, deflexiones por encima del límite permitido e incluso podría llegarse hasta el colapso, lo que podría ocasionar pérdidas económicas elevadas y pérdida de vidas humanas inesperadas.

Para solucionar este problema se determinarán los niveles de desempeño sismorresistentes del sistema aporticado del módulo I tomando en consideración el comportamiento no lineal de la estructura. Adicionalmente, se propondrá un sistema estructural de muros de ductilidad limitada (MDL), para luego determinar también el nivel de desempeño sísmico de la estructura. Y finalmente, se realizará la comparación de los niveles de

desempeño estructural de ambos sistemas estructurales a fin de verificar si la elección del sistema aporticado fue el correcto para el módulo I estudiado.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál sistema estructural, de pórticos o de muros de ductilidad limitada (MDL), tomando como indicador principal de comparación el desempeño sísmico, debe ser la solución estructural más adecuada para el módulo I de la “Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga-Huánuco”?

### **1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Cuál es el nivel de desempeño sismorresistente del sistema estructural de pórticos del módulo I de la “Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga-Huánuco”?
- ¿Qué fallas estructurales presentará el sistema estructural aporticado, para un espectro máximo, de la “Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga-Huánuco”?
- ¿Cuál es el nivel de desempeño sismorresistente del sistema estructural de muros de ductilidad limitada (MDL) del módulo I de la “Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga-Huánuco”?
- ¿Qué fallas estructurales presentará el sistema estructural de muros de ductilidad limitada (MDL), para un espectro máximo, de la “Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga-Huánuco”?

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar qué sistema estructural, de pórticos o de muros de ductilidad limitada (MDL), tomando como indicador principal de comparación, debe ser la solución estructural más adecuada para el módulo I de la “Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga-Huánuco”.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el nivel de desempeño sismorresistente del sistema estructural de pórticos del módulo I de la “Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga-Huánuco”.
- Identificar qué fallas estructurales, para un espectro máximo, se presentan en la estructura aporticada del módulo I de la “Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga-Huánuco”.
- Proponer un sistema de muros de ductilidad limitada (MDL) y luego determinar el nivel de desempeño sismorresistente del módulo I de la “Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga-Huánuco”.
- Identificar qué fallas estructurales, para un espectro máximo, se presentan en la estructura de muros de ductilidad limitada (MDL) del módulo I de la “Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga-Huánuco”.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN**

### **1.4.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

Esta investigación se justifica teóricamente, ya que tiene una base teórica muy sólida extraída y resumida de investigaciones previas, con autores muy representativos, que fueron seleccionadas rigurosamente para las variables en estudio.

### **1.4.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

Por otro lado, esta investigación también se justifica en la práctica, ya que podrá emplearse fácilmente en cualquier otra investigación relacionada, y también durante el desempeño del ejercicio profesional. Y es importante mencionar que este estudio será de gran ayuda durante la toma de decisiones en los proyectos de ingeniería estructural para así evitar, en lo posible, las consecuencias mencionadas anteriormente.

De igual manera, esta investigación presenta justificación económica puesto que se podrá reducir costos al momento de optimizar el diseño estructural acorde al nivel de desempeño sísmico esperado. Además, si se selecciona el sistema estructural adecuado, en este caso que se propone el de MDL, también se puede reducir de manera

significativa los costos y tiempos durante la ejecución del proyecto estructural.

Esta investigación también presenta justificación social en razón que busca proteger la seguridad pública, ya que el diseño basado en desempeño sismorresistente permite al ingeniero predecir con mayor certeza el comportamiento en las edificaciones ante variados movimientos sísmicos. Es decir, que se puede evitar daños irreparables a la propiedad, e incluso el colapso de la edificación que podría causar daños físicos a los ocupantes y público en general. Además, se debe tener en consideración que la edificación podría quedar no operativa por más tiempo del esperado, lo cual perjudicaría a los estudiantes en su aprendizaje y a los docentes laboralmente.

#### **1.4.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA**

Este trabajo de investigación presenta justificación investigativa pues los resultados se tomarán como referencia inicial para realizar nuevas investigaciones, quizá a mayor detalle, considerando otras variables o tomando otra población y muestra. Esto será muy importante para el avance de la ingeniería estructural en esta línea de investigación científica.

Además, esta investigación cuenta con justificación legal, ya que tomamos en consideración la normativa peruana vigente al momento de la realización de este estudio, y también se consideraron normas americanas que cuentan con mayor información respecto al tema estudiado.

#### **1.5 LIMITACIONES**

La limitación más relevante para el desarrollo satisfactorio de esta investigación es referente a las referencias bibliográficas y las normas, ya que a nivel nacional existen pocas investigaciones serias respecto al diseño sismorresistente basado en desempeño además que la normativa peruana no lo exige. También se necesitará acudir a numerosa bibliografía y normativa en el idioma extranjero inglés.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Báez (2018). “Evaluación del desempeño sísmico de marcos a momento en edificios de baja y mediana altura”. Resumen.- En este trabajo Báez evaluó dos edificios de oficinas de 4 y 8 niveles donde esperó obtener un intervalo de valores de sobre resistencia y ductilidad, y también el factor modificador de respuesta, para este tipo de pórticos. Para aquello realizó análisis no lineales estáticos y dinámicos a las estructuras. El primero con aplicación de cargas monotónicas incrementales y en segundo utilizó registros. Después de realizar los análisis obtuvo valores de sobre resistencia elevados cumpliendo las derivas máximas estipuladas por la normativa NCh433. Por otro lado, obtuvo valores moderados para la ductilidad. Finalmente, Báez concluyó que los factores de reducción propuestos por NCh433 establecen valores conservadores para la capacidad resistente de las estructuras para sismos considerables.

Salcedo (2017). “Desempeño sísmico por el método Pushover de un edificio construido en la ciudad de Barranquilla bajo la norma NSR-10” Resumen.- En este trabajo Salcedo determinó el desempeño sismorresistente de un edificio, utilizando el análisis “Pushover” con lo que obtuvo la derivas de entrepiso para amenazas sísmicas altas. Para el modelaje Salcedo utilizó ETABS y memorias de cálculo con lo que obtuvo rótulas plásticas y las curvas para determinar los niveles de desempeño sismorresistente del edificio. Finalmente, Salcedo notó que el edificio en estudio tuvo un buen comportamiento, ya que los elementos estructurales no presentaron daños significativos. Por ejemplo, para un sismo de intensidad alta la deriva obtenida fue del 2.59% y nivel de desempeño de “ocupación inmediata”.



Orellana y Parra (2017). "Evaluación de desempeño sísmico de un edificio esencial aporricado de hormigón armado según la norma ecuatoriana de construcción (NEC-SE-RE, 2015)". Resumen.- En este trabajo Orellana y Parra evaluaron una edificación esencial en Ecuador expuesto a movimientos sísmicos considerables. Para esto, los autores utilizaron el análisis estático no lineal (AENL) y análisis dinámico no lineal (ADNL), además de la herramienta computacional SAP2000. Utilizando el AENL, Orellana y Parra, obtuvieron la curva de capacidad y el punto de desempeño según FEMA 440 y ATC 40. Utilizando el ADNL obtuvieron desplazamientos máximos de entrepiso con lo que notaron que dichos valores estaban dentro de los límites de la norma. Orellana y Parra concluyeron que el edificio estudiado no cumplía con el nivel de desempeño sismorresistente.

Noroña (2020). "Modelo reducido para la evaluación rápida del desempeño sísmico de edificios mediante análisis dinámico no lineal". Resumen.- En este trabajo Noroña propuso un método simplificado para realizar análisis estáticos y dinámicos no lineales a estructuras de edificaciones. Para esto ajustó el periodo fundamental del edificio de cortante al periodo del modelo matemático realizado con la herramienta computacional SAP2000. Luego, evaluó la rigidez elástica de piso del edificio con estructura tipo pórtico con lo que estimó su respuesta no lineal para así optimizarla en función de costos. Finalmente, Noroña concluyó que el utilizar las propiedades no lineales al evaluar una estructura se puede obtener una mejor aproximación para determinar el periodo de vibración en estructuras aporricadas y estructuras de Muros.

### **2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES**

Robles (2018). "Evaluación del desempeño sismorresistente de la estructura del pabellón B de la Institución Educativa Ernesto Diez Canseco, Yanahuanca – Pasco–2018". Resumen.- Este trabajo Robles planteó como objetivo general evaluar el desempeño sismorresistente de la estructura del pabellón B. El autor consideró como hipótesis general que el edificio no cumplía con el desempeño planteado por

VISION 2000. Y esta hipótesis es corroborada con los resultados obtenidos después de realizar el estudio.

Este estudio el autor lo inició modelando la estructura del pabellón B del colegio utilizando el software SAP2000, tuvo en consideración: propiedades no lineales del material y secciones de todos los elementos estructurales. Luego, Robles graficó la “curva de capacidad” de la edificación utilizando el método de análisis “Pushover”, para después transformarla en una “curva espectro de capacidad”. Además, obtuvo el “espectro de respuesta sísmica” para luego superponer ambos espectros en un solo gráfico y así calcular el punto que estableció el nivel de desempeño del Pabellón B analizado y con esto se cumple la hipótesis propuesta inicialmente.

Chávez (2017). “Evaluación por desempeño mediante un análisis no lineal estático del módulo I, del bloque A, del Hospital Daniel Alcides Carrión de la provincia de Huancayo, región Junín”. Resumen.- El objetivo general de este estudio fue evaluar si la estructura del módulo I cumplió con los objetivos del ATC-40. Además, Chávez propuso como hipótesis general que la edificación cumplirá satisfactoriamente con dichos objetivos. Y esta hipótesis es corroborada con los resultados obtenidos después de realizar el estudio.

Este estudio el autor encuentra que la edificación presenta resistencia inicial elevada, lo que se refleja en la capacidad de resistencia a grandes desplazamientos, y de esta forma garantizar su funcionalidad ante diversas amenazas sísmicas. Además, Chávez encontró que los desplazamientos de entrepiso, que obtuvo de los análisis estático y dinámico no lineales, sobrepasaban ligeramente el límite que establecido por la normativa peruana teniendo así un nivel de daño leve en la estructura estudiada. El autor concluye que el módulo I no requirió reforzamiento estructural, ya que para sismos máximos la estructura tendrá daños muy leves. Cumpliendo así con la hipótesis antes mencionada.

Esteba (2017). “Análisis estático y dinámico no lineal en el desempeño de un edificio de concreto armado diseñado bajo la norma E-030 en Puno”. Resumen.- Esta investigación tuvo como objetivo

general determinar el comportamiento y niveles de desempeño de una edificación de concreto armado ubicado en la ciudad de Puno.

Este estudio inició con el análisis y diseño del edificio “Hostal 3 estrellas” de siete niveles en Puno considerando su comportamiento lineal, en base a la metodología tradicional propuesta por la normativa peruana para el diseño de secciones y cálculo de cantidades de acero de refuerzo, luego desarrolló dos metodologías de análisis: Análisis estático (AENL) y dinámico(ADNL) no lineales; para interpretar su respuesta frente a eventos sísmicos con el fin de determinar el desempeño de la estructura que se estudió. Para ambos métodos, el autor planteó bases físicas rigurosas, que además requirió de gran trabajo computacional, así dio por resultado, para un análisis estático no lineal, que la estructura tiene un nivel de desempeño sísmico estructural de “ocupación inmediata” y para el análisis dinámico no lineal que la estructura tiene también el mismo nivel de “ocupación inmediata”, con lo que el autor cataloga a este análisis y diseño como muy conservador. En base a los resultados anteriores el autor propuso la optimización y/o reducción de dimensiones del edificio en el caso de AENL resultando también un nivel de “ocupación inmediata”, lo cual indicó que si se podía optimizar las dimensiones de la estructura obteniendo los mismos niveles de desempeño.

Fernández (2020). “Evaluación del desempeño sísmico mediante el análisis estático no lineal, vivienda-comercio Miura Grill, Chiclayo”. Resumen.- En este trabajo Fernández planteó el objetivo general de evaluar el desempeño sismorresistente de la vivienda-comercio. Además, el autor propuso como hipótesis general que la edificación alcanzará un nivel de “seguridad de vida” propuesto por la norma peruana. Y al final de este estudio se comprueba que la hipótesis propuesta por el autor no se cumple por lo que recomienda reforzar la estructura para cumplir con la hipótesis.

Este estudio se inició con el desarrollo del modelo estructural con ayuda del software ETABS, donde definió todas las propiedades de la vivienda-comercio, y posteriormente realizó un análisis no lineal “Pushover”, de donde Fernández obtuvo la “curva de capacidad” y

también aparecieron las rótulas plásticas en columnas y vigas. Por otro lado, se verificó las derivas de entrepiso permitidas por la normativa peruana, de donde se logró determinar que la edificación no cumplía con dichas derivas. Finalmente, se demostró que, a través del análisis estático no lineal, la estructura se encuentra en un nivel de desempeño de colapso para la demanda sísmica especificada en la norma peruana. De esta forma no se cumple la hipótesis propuesta por el autor.

Paredes (2016). "Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal Pushover". Resumen.- El investigador planteó como objetivo la evaluación el desempeño sismorresistente de la estructura de un edificio destinado a vivienda. El autor propone como hipótesis que esta estructura tiene un nivel de "seguridad de vida" mencionada en la filosofía de diseño de la norma peruana sismorresistente. De esta forma, Paredes concluyó que el desempeño sismorresistente de la vivienda cumple con el objetivo de la norma peruana.

Además, para este estudio el autor describió la edificación a analizar, teniendo en cuenta las características de arquitectura y estructuras, para luego analizar y diseñar la estructura aplicando los métodos tradicionales de la normativa peruana. Finalmente, el investigador aplicó un diseño por desempeño a la vivienda donde utilizó el AENL "Pushover", donde encontró que la hipótesis antes mencionada se cumple.

### **2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES**

En la ciudad de Huánuco no se realizaron investigaciones similares.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

Este trabajo de investigación se apoya en bases teóricas que fueron seleccionadas de forma minuciosa, para que su desarrollo sea lo más completo y detallado posible.

## **2.2.1 DISEÑO SÍSMICO BASADO EN DESEMPEÑO**

### **2.2.1.1 GENERALIDADES**

La utilidad que tiene el método de diseño por desempeño sismorresistente es evaluar y determinar el nivel de desempeño (comportamiento) sismorresistente que tiene una edificación, ya sea nueva o existente, con un nivel de certeza más acorde a la realidad. Robles (2018) afirma que la importancia del diseño basado en desempeño radica en obtener resultados más certeros sobre el nivel desempeño (comportamiento) sísmico que tendrá la edificación después de un movimiento sismo. Para el caso de edificaciones nuevas, es necesario tener una propuesta de la estructura de la edificación, que se obtiene utilizando los métodos tradicionales de diseño propuestas en los códigos y normas; para luego determinar su nivel de desempeño sísmico utilizando esta metodología. Por otro lado, para el caso de edificaciones existentes, será necesario y muy importante tener en cuenta el deterioro de la estructura existente de la edificación debido a su antigüedad.

En este trabajo de investigación, el módulo I de la “Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga-Huánuco” tiene un sistema de pórticos de concreto armado, para el cual se realizará un ensayo de esclerometría con la finalidad de verificar la resistencia especificada en los planos estructurales. Por otra parte, se propondrá para el módulo I un nuevo sistema de muros de ductilidad limitada (MDL), que será diseñada conforme a la normativa peruana. Para lograr el objetivo general de este trabajo de investigación se va considerar a la edificación como nueva para ambos sistemas estructurales. Finalmente, los resultados de la evaluación y diseño sismorresistente permitirán la verificación de la veracidad de las hipótesis propuestas inicialmente.

Para el diseño de una edificación mediante esta metodología primero se debe definir el nivel de desempeño esperado, en base al requerimiento del propietario o cliente, a la importancia de la edificación (vivienda, colegio, hospital, etc.), al presupuesto disponible, entre otros factores. Luego, se debe definir un nivel de peligro sísmico al que se va someter la edificación, y en función de esto determinar su nivel de desempeño. En las páginas siguientes se detallan los niveles de desempeño y amenaza sismorresistente para edificaciones.

Se debe suponer que, para el método de diseño por desempeño sismorresistente, la estructura en estudio se comporta de manera no lineal, es decir más allá de los límites de elasticidad, por lo que se necesita aplicar procedimientos de análisis no lineal, tal como el “análisis estático no lineal (Pushover)”, el que se detalla más adelante. Esta suposición permite tener un modelo matemático más real de la edificación.

En este trabajo se utilizará el AENL (Pushover)”, debido a su simplicidad para el análisis y procesamiento computacional y, además, porque la edificación no presenta una estructuración tan compleja y sólo tiene dos pisos (niveles).

#### **2.2.1.2 NIVELES DE DESEMPEÑO PARA UNA EDIFICACION**

Nivel de desempeño, definido como la mezcla de dos niveles, el estructural y el no estructural. Es decir, un nivel de desempeño es un estado de daño límite que describe daño físico de componentes en la edificación, pone en peligro la seguridad ocupacional y funcionamiento o utilidad del edificio después del movimiento sísmico, razón por lo que es importante definir los niveles correctamente.

Safina (2002) afirma que es de gran importancia tener en cuenta que la seguridad de un edificio ante un posible colapso, debido a un gran movimiento sísmico, no conlleva necesariamente a que la edificación se comporte de forma

aceptable debido a movimientos sísmicos de más baja intensidad, por lo que para el diseño y/o evaluación se deberían definir varios niveles de desempeño y amenazas sísmicas como una estrategia para tomar decisiones adecuadas.

Para esta investigación se tomará los niveles de desempeño propuestos por ATC-40, la FEMA 356, FEMA 440 y ASCE/SEI 41-17, ya que estos códigos americanos tienen la información necesaria para definir estos niveles detalladamente.

### **Niveles de desempeño estructural**

Definimos tres niveles y dos rangos intermedios:

- **Nivel de Seguridad de Vida (SP-3)** Estado en que la edificación tiene daño significativo después del movimiento sísmico, pero todavía queda cierto margen para llegar al colapso de la estructura. Los sistemas principales resistentes a cargas verticales y laterales aún se mantienen en pie. El riesgo de amenaza es bajo, pero se necesitan reparaciones estructurales antes de la reocupación de la edificación, aunque por razones económicas esto podría resultar poco práctico.
- **Nivel de Prevención de Colapso (SP-5)** Estado límite de daño después del movimiento sísmico, donde la estructura está por experimentar colapso. El sistema resistente a cargas laterales sufre daños importantes, con una significativa disminución de resistencia y rigidez, aun cuando la edificación resista lo suficiente para evitar el colapso. El riesgo de amenaza es significativo y no es práctico reparar la edificación.
- **Rango de Daño Controlado (SP-2)** La estructura tiene menos daño que el nivel SP-3, pero más daño que el nivel SP-1. En este rango la ocupación inmediata no es importante, pero es deseable disminuir el tiempo de interrupción de la operatividad de la edificación. Esto suele suceder cuando se desea proteger equipamiento valioso y/o para conservar la arquitectura de la edificación.

- **Rango Seguridad Limitada (SP-4)** Se encuentra entre el nivel SP-3 y el nivel SP-5.

### **Niveles de desempeño no estructural**

Estos niveles consideran la arquitectura, muros-tabiques, recubrimientos y techos, y elementos no estructurales:

- **Operacional (NP-A)** Estado posterior al movimiento sísmico donde los componentes no estructurales no sufren daño y continúan en funcionamiento.
- **Ocupación Inmediata (NP-B)** Estado posterior al movimiento sísmico donde los componentes no estructurales están poco afectados. La seguridad sísmica no debería ser afectado.
- **Seguridad de Vida (NP-C)** Estado que incluye daño considerable en los componentes no estructurales, pero sin llegar al colapso o caída de artículos pesados que podrían causar lesiones en la edificación. Podrían ocurrir lesiones, pero sin poner en riesgo la seguridad de la vida.
- **Peligro Reducido (NP-D)** Estado que incluiría gran daño a los componentes no estructurales, sin llegar al colapso. Fallas no significativas.

### **Niveles de desempeño (ver Fig. 1)**

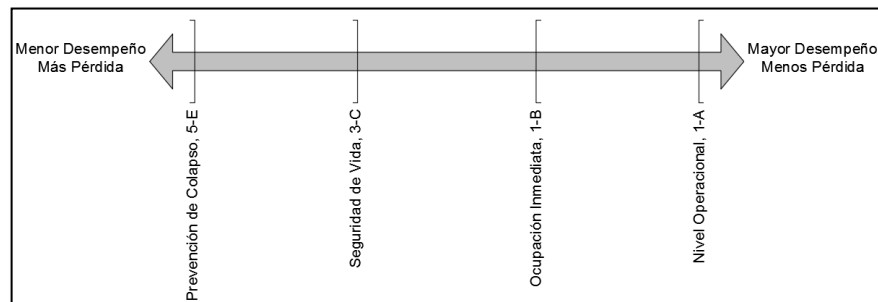
- **Operacional (1-A)** Daños despreciables en la estructura. Los ocupantes están seguros durante el movimiento sísmico y continúan funcionando los servicios básicos de la edificación. Se estiman pérdidas menores al 5% del valor de reposición.
- **Ocupación inmediata (1-B)** Daños despreciables estructurales. Los ocupantes están seguros durante el movimiento sísmico y los servicios básicos se interrumpen ligeramente. La edificación es segura de ocupar, pero su operatividad podría no ser inmediata. Se estiman pérdidas menores al 15% del valor de reposición.



- **Seguridad de vida (3-C)** Daños estructurales significativos. Podría haber víctimas durante el movimiento sísmico y los servicios básicos se interrumpen totalmente. La edificación no es segura de ocupar hasta que sea reparada. Se estiman pérdidas menores al 30% del valor de reposición. Este nivel de desempeño es el equivalente al usado por los códigos y normas de diseño.
- **Prevención de Colapso (5-E)** Daños estructurales en la totalidad de la edificación. Se podría presentar víctimas mortales y los servicios básicos se interrumpen totalmente. En caso de réplica la edificación podría colapsar, por lo que es obligatorio que los ocupantes sean desalojados inmediatamente. Se estiman pérdidas mucho mayores al 30% del valor de reposición. La reparación es poco práctica y anti económica.

**Figura 1**

*Niveles de desempeño sísmico*



Nota. La figura muestra niveles de desempeño según Building Seismic Safety Council

Fuente: FEMA 273 (p. 1-2), 1997 norma FEMA 273 (1997) afirma que “los peligros

### **2.2.1.3 NIVELES DE PELIGRO SISMICO**

Estos niveles se podrían definir determinística o probabilísticamente.

La norma FEMA 273 (1997) afirma que los niveles de peligro se pueden definir en términos de probabilidad cuando se va experimentar demandas severas en un periodo de 50 años,

por ejemplo, el evento de diseño con X% de probabilidad de ser excedido en Y años; este tipo de peligro y sus correspondientes periodos de retorno son los que se con mayor frecuencia, como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1**  
*Periodos de retorno de espectros sísmicos*

Probabilidad	“Periodo de Retorno” (años)	“Frecuencia”
“50% / 50 años”	72	“Frecuente”
“20% / 50 años”	225	“Ocasional”
“10% / 50 años” <b>(BSE-1)</b>	474	“Raro”
“2% / 50 años” <b>(BSE-2)</b>	2475	“Muy Raro”

*Nota.* Información obtenida de FEMA-273 (1997)

Es importante conocer que los códigos y normas de diseño hacen referencia a dos niveles de peligro sísmico que están definidos como Sismos Básicos de Seguridad (BSE): el primero es el BSE-1, peligro sísmico 10% / 50 años, que es conocido como Sismo de diseño (Sismo raro) el que se utiliza comúnmente por la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”; el segundo es el BSE-2, peligro sísmico 2% / 50 años, que es conocido como Sismo máximo (Sismo muy raro).

En ATC-40 (1995), también se definen niveles de peligro sismorresistentes muy similares, ver Tabla 2. Además, menciona que para el nivel de peligro sísmico probabilístico de 50% / 50 años, conocido como Sismo de Servicio (Sismo Frecuente), se toma como 1/2 del Sismo de Diseño; es decir, que el Coeficiente  $R_0 = 2$ . Para el nivel de peligro sísmico de 20% / 50 años, conocido como Sismo Ocasional (usado en algunos proyectos), se puede tomar de 2/3 a 3/4 del Sismo de Diseño; es decir, que el Coeficiente Básico de Reducción  $1.333 \leq R_0 \leq 1.50$ . Y para el Sismo Máximo, se toma de 5/4 a 3/2 del Sismo de Diseño; es decir, que el Coeficiente Básico de Reducción  $0.667 \leq R_0 \leq 0.80$ .

**Tabla 2***Niveles de peligro sísmico*

<b>“Peligro Sísmico”</b>	<b>“Probabilidad”</b>
“Sismo de Servicio (SS)”	50% / 50 años
“Sismo de Diseño (SD)” <b>(BSE-1)</b>	10% / 50 años
“Sismo Máximo (SM)” <b>(BSE-2)</b>	2% / 50 años

*Nota.* Información obtenida de ATC-40 (1996)

El ingeniero peruano Adolfo Gálvez Villacorta (2020), propone la Tabla 3 para los niveles de peligro sismorresistentes en la costa peruana (Zona sísmica  $z=4$ ), muy similar a lo propuesto por las normas, y que también incluye otra forma de reconocer estos niveles en función de la aceleración máxima del suelo (PGA).

**Tabla 3***Niveles de peligro sísmico costa peruana*

<b>Peligro Sísmico (frecuencia)</b>	<b>Probabilidad (50 años)</b>	<b>PGA (g)</b>	<b>PR (años)</b>	<b>Probabilidad (1 año)</b>
Frecuente	50%	0.21	73	1.377%
Ocasional	20%	0.31	225	0.445%
Raro <b>(E.030)</b>	10%	0.45	475	0.211%
Muy Raro	2%	0.70	2474	0.040%

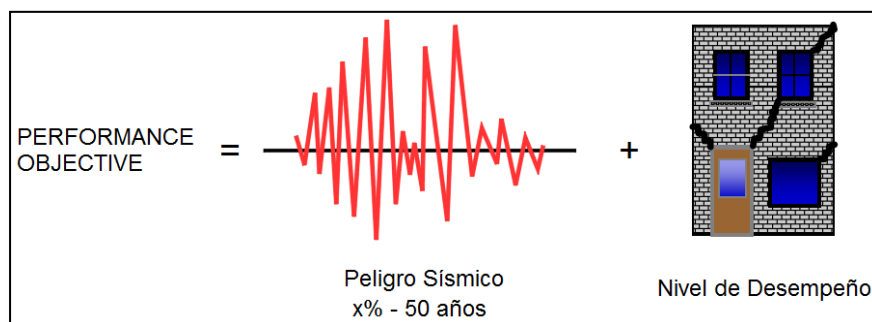
*Nota.* Información obtenida de Grupo La Rianza (2020)

#### **2.2.1.4 OBJETIVOS DE DESEMPEÑO**

ATC-40 afirma que un objetivo de desempeño sismorresistente se define según el nivel deseado de desempeño para un determinado peligro sísmico dado (ver Fig. 2).

## Figura 2

Objetivo de desempeño



Nota. La figura muestra objetivo de desempeño para una edificación.

Fuente: FEMA 451B (2007)

También puede crearse un objetivo de doble nivel, a través de dos niveles de desempeño diferentes, como se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4**

Objetivos de desempeño doble o múltiple

Peligro Sísmico (50 años)	Operacional (1-A)	Ocupación Inmediata (1-B)	Seguridad de Vida (3-C)	Prevención de Colapso (5-E)
50%	A	b	c	d
20%	e	f	g	h
10% (BSE-1)	i	j	k	l
2% (BSE-2)	m	n	o	p

Nota. Información obtenida de FEMA 356 (2000)

ASCE-SEI 41-17 afirma que un objetivo de desempeño consistirá de uno o más pares de un nivel de peligro sísmico seleccionado con un nivel de desempeño” como se muestra en la Tabla 5, donde “k + p” es el objetivo básico de seguridad (BSO).

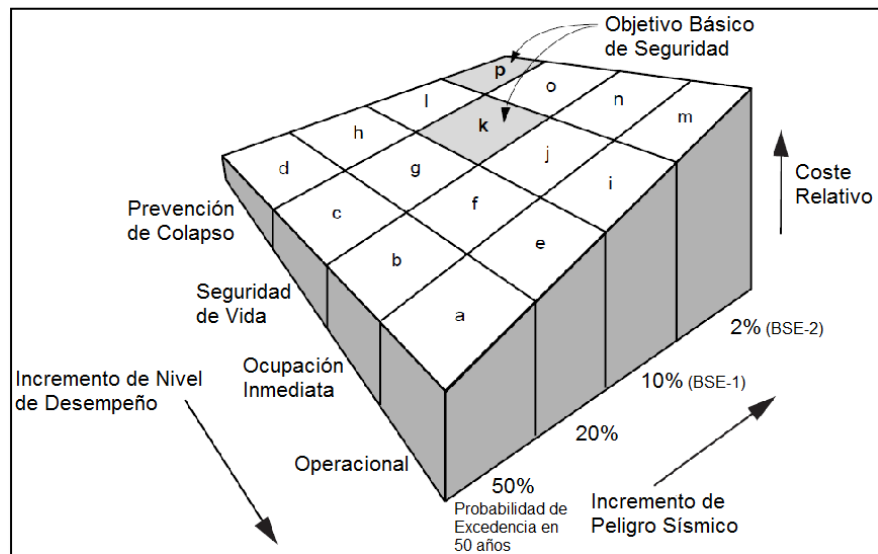
**Tabla 5**  
*Objetivo básico de seguridad*

<b>Peligro Sísmico (50 años)</b>	<b>Operacional (1-A)</b>	<b>Ocupación Inmediata (1-B)</b>	<b>Seguridad de Vida (3-C)</b>	<b>Prevención de Colapso (5-E)</b>
50%	A	b	c	d
20%	e	f	g	h
10% (BSE-1)	i	j	k	l
2% (BSE-2)	m	n	o	p

*Nota.* Información obtenida de FEMA 356 (2000)

En la Fig. 3 se muestra de manera gráfica el OBS, con su respectivo nivel de desempeño y peligro sísmico.

**Figura 3**  
*Objetivo básico de seguridad*



*Nota.* La figura muestra objetivo de desempeño básico general para una edificación.

Fuente: FEMA 274 (1997)

### 2.2.2 ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL

Un procedimiento analítico simplificado de análisis no lineal (ver Fig. 4), es generalmente usado cuando se necesita evaluar o diseñar una estructura, con el objeto de obtener el comportamiento más aproximado a la realidad de la edificación, mediante la metodología

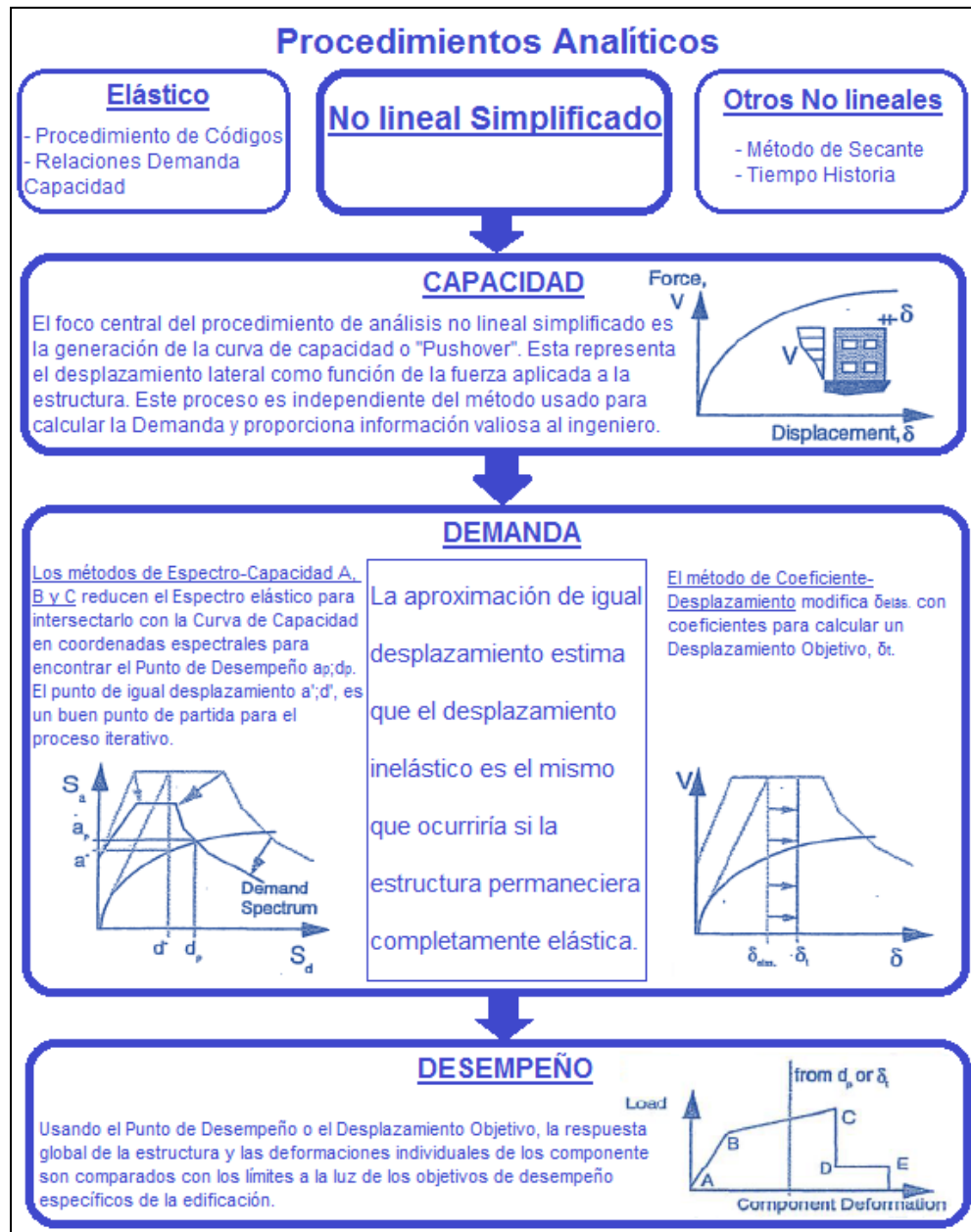
basada en desempeño, ya que se identifican los modos de falla; y además, se puede identificar el potencial de colapso progresivo. El ANL, más allá del límite elástico, proporciona un mejor entendimiento del comportamiento de la estructura cuando está sometida a diferentes niveles de peligro sísmico. El procedimiento analítico no lineal tiene tres elementos clave, la capacidad, la demanda y el desempeño. La capacidad representa la resistencia de una estructura ante una determinada demanda sísmica o movimiento sísmico del suelo. El desempeño es verificado una vez definidos la capacidad y demanda.

Existen dos métodos básicos conocidos para realizar procedimientos simplificados de análisis no lineales que son: 1) “Método espectro-capacidad”; 2) “Método coeficiente-desplazamiento”. La capacidad, para ambos métodos, se calcula mediante el análisis Pushover.

Para esta investigación se va utilizar el método espectro-capacidad para determinar el desempeño sísmico de los sistemas en estudio, pórticos y MDL, del módulo I. (ver Fig. 4)

**Figura 4**

*Procedimiento simplificado de análisis no lineal*



Nota. La figura muestra procedimiento analítico de análisis no lineal (ANL).

Fuente: ATC-40 (1996)

### **Método del espectro de capacidad**

Para el método del espectro de capacidad, según ATC-40, se debe tener presente los siguientes pasos:

- Capacidad estructural (Pushover)
  - Graficar la curva.

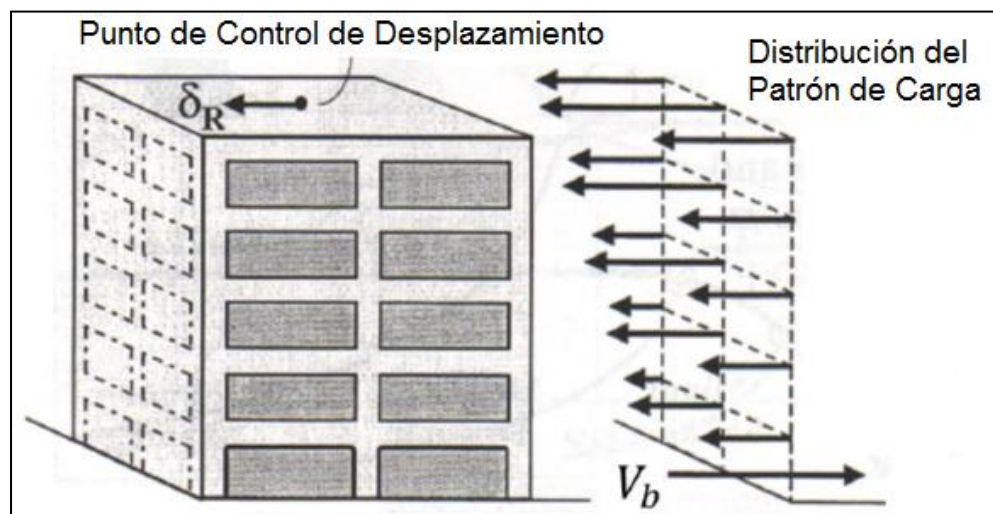
- Convertir la curva al espectro.
- Representar la curva mediante representación bilineal.
- Demanda
  - Desarrollar el espectro de demanda.
- Desempeño
  - Obtener punto de desempeño.

### Curva de capacidad (Pushover)

Para el análisis Pushover se debe determinar la relación de la fuerza cortante basal ( $V_b$ ) y el desplazamiento en el techo ( $D_{techo}$ ) de la edificación.  $D_{techo}$  se obtiene tomando un punto de control en el centro de masa del techo (Ver Fig. 5).

**Figura 5**

*Punto de control de desplazamiento*



Nota. La figura muestra el desplazamiento del punto de control de una edificación.

Fuente: Seminario del Instituto de Ingeniería Civil de Pakistán – Dr. Fawad A. Najam (2021)

La representación gráfica de la relación  $V_b$  vs.  $D_{techo}$  en el plano coordinado se conoce como curva de capacidad. Para el Pushover se necesita aplicar un patrón cargas laterales u horizontales seleccionado (ver Fig. 6), al modelo computacional, de forma incremental hasta que la estructura alcance un estado límite o una condición de colapso; para finalmente obtener la curva de capacidad, que representa el

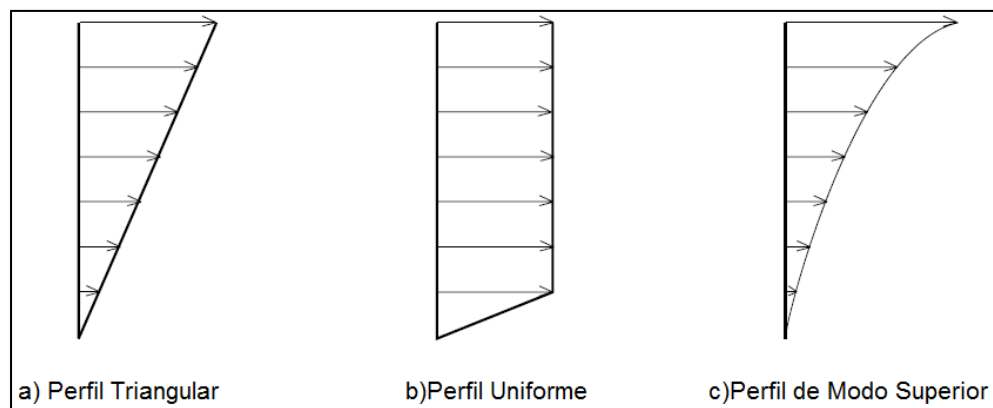


comportamiento aproximado de la estructura después de haber excedido su límite elástico.

Burgos (2007) afirma que del análisis Pushover se debe obtener la máxima resistencia al cortante basal y el mecanismo de colapso. Además, se debe evaluar si la estructura puede alcanzar el mecanismo de colapso sin agotar la capacidad de rotación plástica de los miembros. También, se debe tener presente el desplazamiento monotónico en el último nivel y capacidad global de ductilidad de la estructura. Y finalmente, tener muy claro la concentración de daño las distorsiones de entrepiso que se pueden esperar durante la respuesta sísmica no-lineal.

**Figura 6**

*Distribución vertical del patrón de carga*



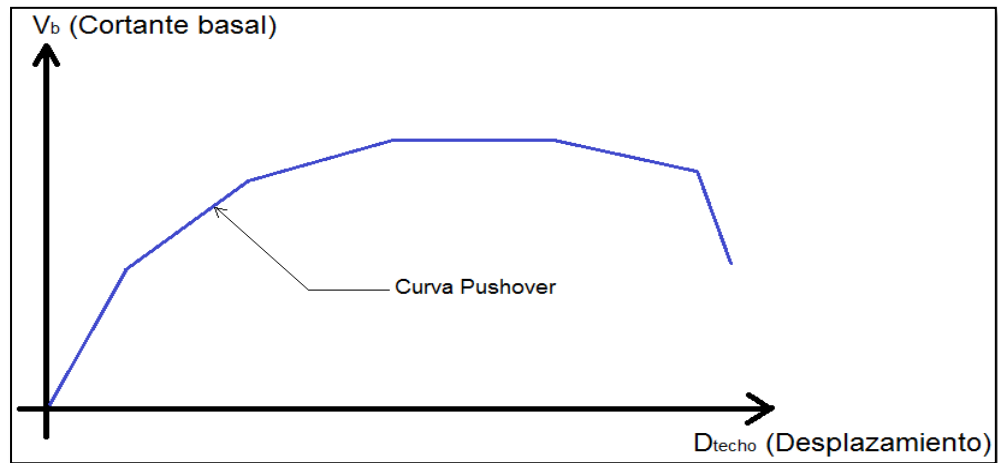
Nota. La figura muestra tres patrones de carga que se puede aplicar a una edificación.

Fuente: FEMA 274 (1997)

Acorde al ATC-40, la curva de capacidad (ver Fig. 7) se grafica para la representación del primer modo de vibración de la estructura con base en que el modo fundamental de vibración (T) es la respuesta predominante. Esto es válido para edificaciones con  $T < 1 \text{ seg}$  y  $T = 1 \text{ seg}$ . Para el caso de edificaciones más flexibles, con  $T > 1 \text{ seg}$ , el análisis debería considerar los efectos de modos de vibración mayores.

**Figura 7**

*Curva de capacidad*



Nota. La figura una representación de la curva Pushover para una edificación.

La distribución vertical para el patrón de cargas que se va a utilizar en el análisis Pushover es el que se define en la normativa peruana mediante la siguiente ecuación:

$$F_i = \alpha_i V \quad \dots (2.1)$$

$$\alpha_i = \frac{W_i(h_i)^k}{\sum_{i=1}^n W_i(h_i)^k} \quad \dots (2.2)$$

Donde:

$W_i$ : Peso del piso  $i$

$h_i$ : Altura del piso  $i$

$n$ : Número de pisos

$k$ : Parámetro que controla la forma del patrón de cargas

$k = 1$  : Para  $T \leq 0.5 \text{ seg.}$

$k = 2$  : Para  $T \geq 2.5 \text{ seg.}$

$k = 0.75 + 0.5T$  : Para cualquier otro  $T$

Si  $k = 1$ , la distribución vertical es de forma triangular invertida. Generalmente, en edificaciones regulares de hasta aproximadamente 30 m. de altura en zonas sísmicas.

Burgos (2007) afirma que el patrón de cargas triangular invertida representa la respuesta del primer modo cuando las masas de los pisos son iguales.

### Espectro de capacidad

Según el ATC-40, para convertir la curva de capacidad al espectro de capacidad (ver Fig. 8) se debe pasar las coordenadas en términos de  $V_b$  vs.  $D_{techo}$  a coordenadas en términos de aceleración espectral y desplazamiento espectral ( $S_a$  vs.  $S_d$ ), este nuevo formato se conoce como Espectro de Respuesta Aceleración-Desplazamiento (ADRS, siglas en inglés)". Para realizar la transformación se requiere el uso de las siguientes ecuaciones:

$$PF_1 = \frac{\left[ \sum_{i=1}^n \frac{W_i \phi_{i1}}{g} \right]}{\left[ \sum_{i=1}^n \frac{W_i \phi_{i1}^2}{g} \right]} \quad \dots (2.3)$$

$$\alpha_1 = \frac{\left[ \sum_{i=1}^n \frac{W_i \phi_{i1}}{g} \right]^2}{\left[ \sum_{i=1}^n \frac{W_i}{g} \right] \left[ \sum_{i=1}^n \frac{W_i \phi_{i1}^2}{g} \right]} \quad \dots (2.4)$$

$$S_a = \frac{V/W}{\alpha_1} \quad \dots (2.5)$$

$$S_d = \frac{D_{techo}}{PF_1 \phi_{techo,1}} \quad \dots (2.6)$$

Donde:

$PF_1$  : Factor de participación modal para el primer modo natural

$\alpha_1$  : Coeficiente de masa modal para el primer modo natural

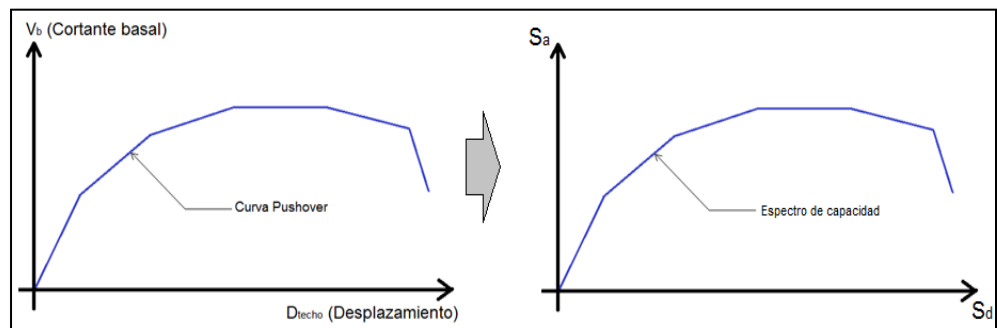
$W_i/g$  : Masa del nivel  $i$

$\phi_{i1}$  : Amplitud del modo 1 en el nivel  $i$

- $n$  : Número de pisos de la edificación
- $V$  : Cortante basal
- $W$  : Carga muerta de la edificación más la probable carga viva
- $D_{techo}$  : Desplazamiento de techo
- $S_a$  : Aceleración espectral
- $S_d$  : Desplazamiento espectral

### Figura 8

*Curva de capacidad a Espectro de capacidad*



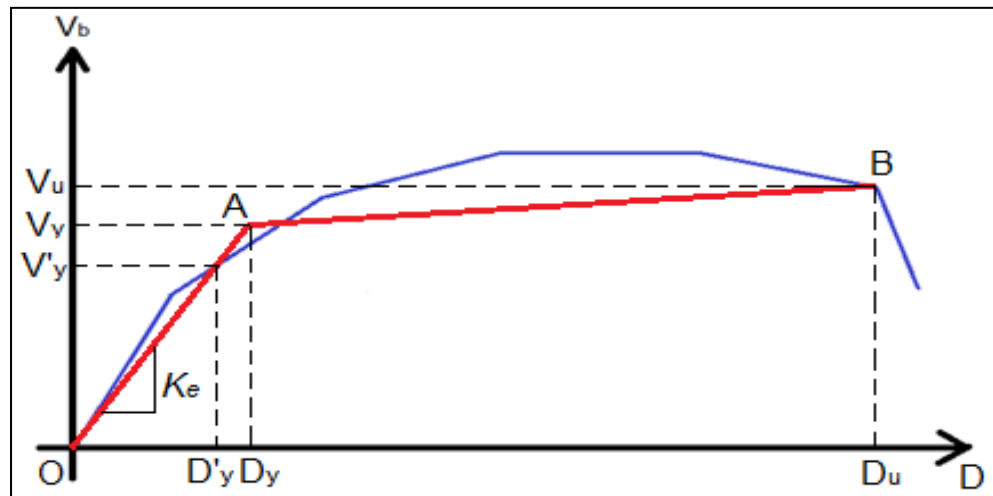
Nota. La figura muestra la transformación de curva a espectro de capacidad.

### Representación bilineal de la curva de capacidad

Burgos (2007) afirma que para obtener esta curva se debe definir el punto de fluencia y el punto de agotamiento de la capacidad de la estructura. Además, propuso un procedimiento para obtener la representación bilineal de la curva de capacidad (ver Fig. 9), basado en FEMA 356.

**Figura 9**

*Representación bilineal de la curva de capacidad*



Nota. La figura muestra tres patrones de carga que se puede aplicar a una edificación.

Fuente: Burgos Namuche (2007)

### **Espectro de demanda**

Según el ATC-40, se debe transformar el espectro de respuesta elástico tradicional (ver Fig. 10), 5% de amortiguamiento, con coordenadas en términos de aceleración espectral elástico y periodo ( $S_{ae}$  vs.  $T$ ) a coordenadas en términos de aceleración espectral y desplazamiento espectral ( $S_a$  vs.  $S_d$ ), este nuevo espectro se conoce como espectro de demanda, que se encuentra en formato **ADRS** (espectro de respuesta aceleración-desplazamiento).

El espectro de respuesta elástico tradicional se define en la normativa peruana, donde la aceleración espectral elástico ( $S_{ae}$ ) se define como:

$$S_{ae}(g) = ZUCS \quad \dots (2.11)$$

Donde:

$Z$  : Factor de zona

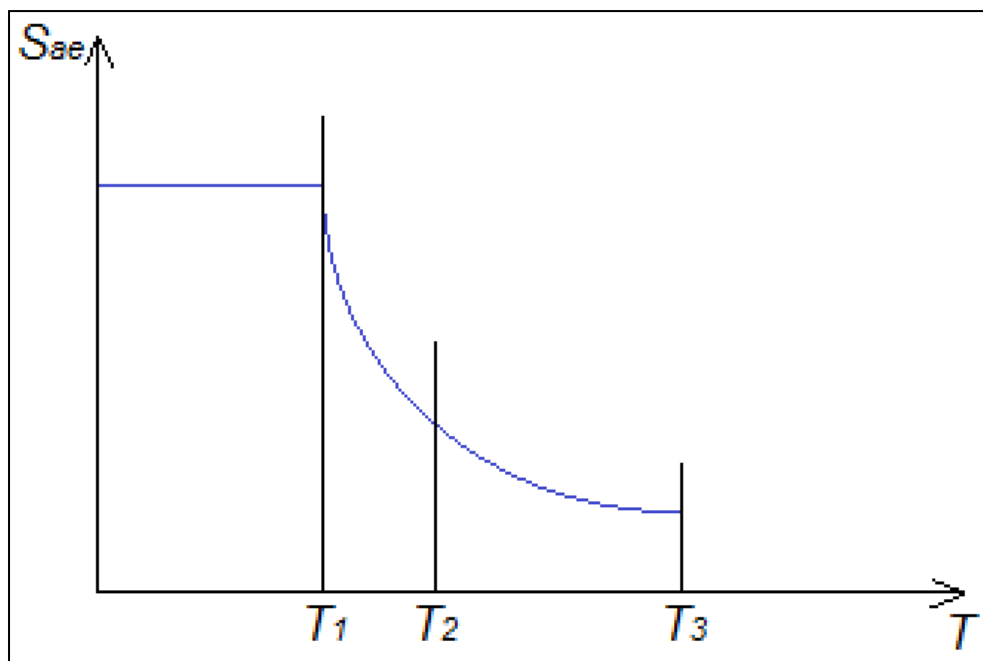
$U$  : Factor de uso de la edificación

$C$  : Factor de amplificación sísmica

S : Factor de suelo

**Figura 10**

*Espectro de respuesta elástico, 5% amortiguamiento*



Nota. La figura muestra espectro de respuesta elástico para una edificación.

Fuente: ATC-40 (1996)

Chopra y Gael (1999), desarrollaron una mejora para proceso de cálculo del espectro de demanda del ATC-40, a través de un factor de reducción por ductilidad  $R_\mu$  con la finalidad de obtener resultados más reales del desempeño para la estructura; ya que esta reducción va representar la demanda no lineal de la estructura. Esta mejora consiste en modificar la aceleración espectral elástica mediante el factor de reducción  $R_\mu$  que se debe a la disipación histerética de energía para estructuras dúctiles, que es distinto al  $R$  de la norma, para obtener la aceleración espectral ( $S_a$ ), mediante la siguiente relación:

$$S_a = \frac{S_{ae}}{R_\mu} \quad \dots (2.12)$$

Además, se debe modificar el desplazamiento espectral elástico ( $S_{de}$ ) propuesto por el ATC-40 (ecuación 2.13) mediante el factor de reducción  $R_\mu$  y el factor de ductilidad  $\mu$ .

$$S_{de} = \frac{T^2}{4\pi^2} S_{ae} \quad \dots (2.13)$$

El desplazamiento espectral mejorado (**S<sub>d</sub>**) por reducción del espectro elástico quedaría expresado mediante la siguiente ecuación:

$$S_d = \frac{\mu}{R_\mu} S_{de} = \frac{\mu}{R_\mu} \left( \frac{T^2}{4\pi^2} S_{ae} \right) = \mu \frac{T^2}{4\pi^2} S_a \quad \dots (2.14)$$

Donde:

$\mu$  : factor de ductilidad

$R_\mu$  : factor de reducción por ductilidad

El factor de ductilidad  $\mu$  se calcula mediante la siguiente relación:

$$\mu = \frac{\mu_m}{\mu_y} \quad \dots (2.15)$$

Donde:

$\mu_m$  : Desplazamiento máximo del sistema inelástico

$\mu_y$  : Desplazamiento de fluencia

Para esta investigación, el factor de reducción  $\mu$  se calcula mediante las ecuaciones propuestas por Newmark y Hall (1982), que depende del valor del periodo ( $T$ ):

$$\text{Si } : T < T_a \quad \text{entonces } R_\mu = 1 \quad \dots (2.16)$$

$$\text{Si } : T_a < T < T_b \quad \text{entonces } R_\mu = (2\mu - 1)^{\beta/2} \quad \dots (2.17)$$

$$\text{Si } : T_b < T < T'_c \quad \text{entonces } R_\mu = \sqrt{2\mu - 1} \quad \dots (2.18)$$

$$\text{Si } : T'_c < T < T_c \quad \text{entonces } R_\mu = \frac{T}{T_c} \mu \quad \dots (2.19)$$

$$\text{Si } : T < T_c \quad \text{entonces } R_\mu = \mu \quad \dots (2.20)$$

Donde:

$T_a$  : Valor constante de 1/33seg.

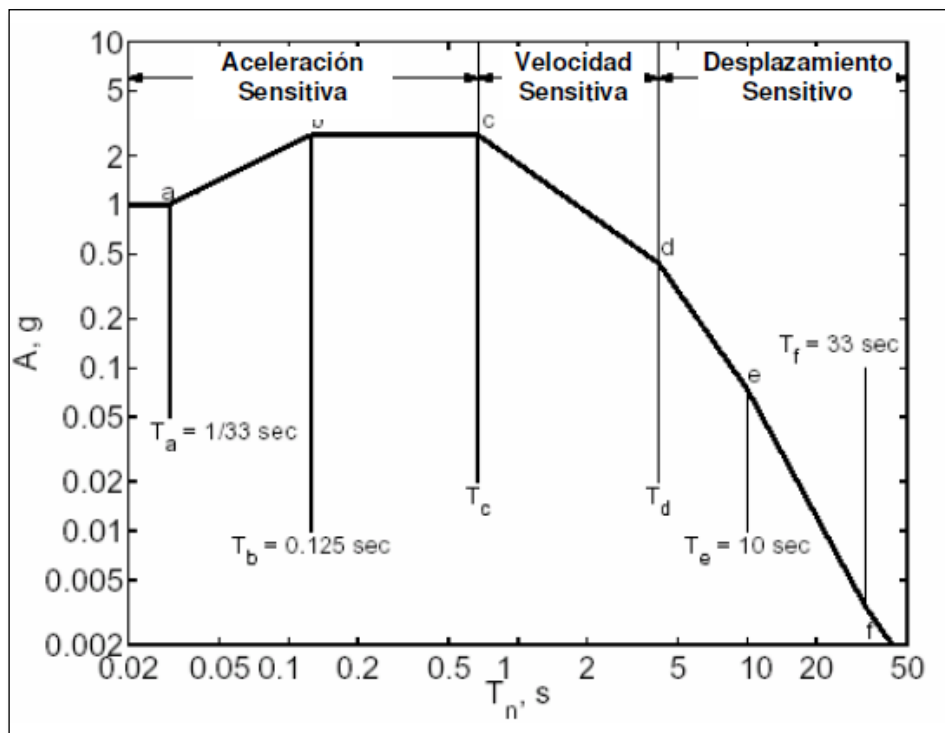
$T_b$  : Valor constante de 0.125seg.

$T_c$  : es el periodo al final de la rama de aceleración constante e inicio de la rama descendente (ver Fig. 11)

$T'_c$  : es el equivalente a  $T_c$ , pero para el espectro inelástico

**Figura 11**

*Espectro de diseño elástico Newmark-Hall*



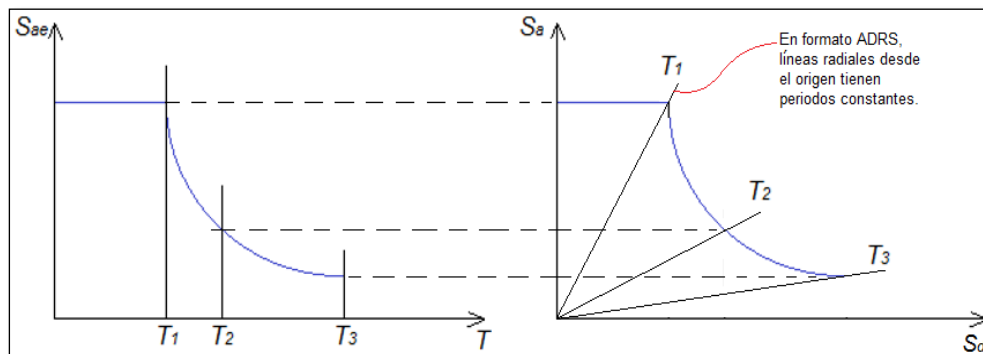
Nota. La figura muestra espectro de diseño para una edificación.

Fuente: Chopra & Gael (1999)

Finalmente, después del procedimiento anterior, se obtiene el espectro de demanda ADRS (ver Fig. 12).

**Figura 12**

*Espectro de demanda en formato tradicional y ADRS*



Nota. La figura muestra espectro de demanda para una edificación.

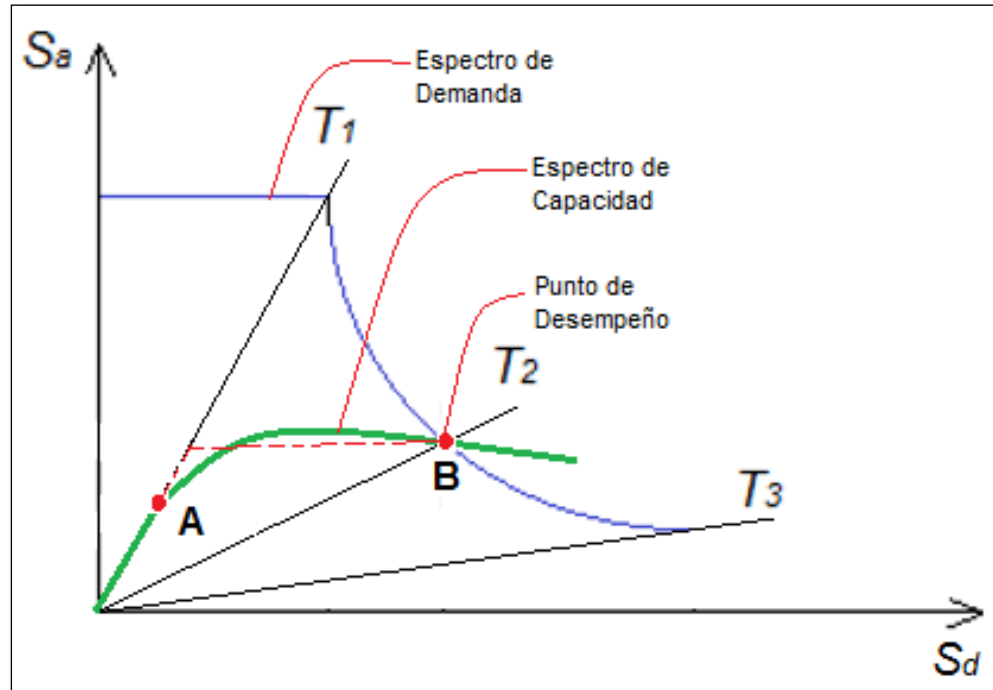
Fuente: ATC-40 (1996)



El punto de desempeño viene a ser la intersección entre ambos espectros ADRS (ver Fig. 13), en un mismo plano coordenado. Y a partir de este punto es posible verificar el desempeño de la edificación.

**Figura 13**

*Punto de desempeño sísmico*



Nota. La figura muestra punto de desempeño para una edificación.

Fuente: ATC-40 (1996)

El ingeniero peruano Adolfo Gálvez Villacorta (2020), propone en la Tabla 6 derivas de entrepiso para diversas estructuras utilizadas en el Perú para poder definir sus niveles de desempeño sismorresistente.

**Tabla 6***Derivas máximas de entrepiso para la Costa peruana*

Nivel del daño	Pórticos dúctiles	Pórticos no dúctiles	Muros dúctiles	Muros de ductilidad limitada
<b>Operativo</b>	0.40	0.20	0.20	0.30
<b>Seguridad de vida</b>	>1.00	>0.50	>0.80	>0.50
<b>Prevención de colapso</b>	>1.80	>0.80	>1.50	>1.00
<b>Colapso</b>	>3.00	>1.50	>2.50	>1.20

*Nota.* Información obtenida de Grupo La Rianza (2020)

### 2.2.3 COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO ARMADO

Para determinar el comportamiento de un elemento estructural de concreto armado es necesario conocer el comportamiento independiente de los materiales, es decir el comportamiento del acero y el concreto. Este comportamiento, por lo general, se representa a través de curvas esfuerzo-deformación, que para simplificar el diseño es necesario idealizarlas.

#### 2.2.3.1 ACERO

Generalmente, asumir que el acero, en tracción y en compresión, tiene curvas esfuerzo-deformación idénticas.

Park y Paulay (1980), afirman que “la curva esfuerzo-deformación del acero se puede idealizar mediante tres modelos, y que el uso de estos depende del criterio y/o la necesidad del ingeniero para obtener resultados reales al momento de diseñar un elemento o estructura”.

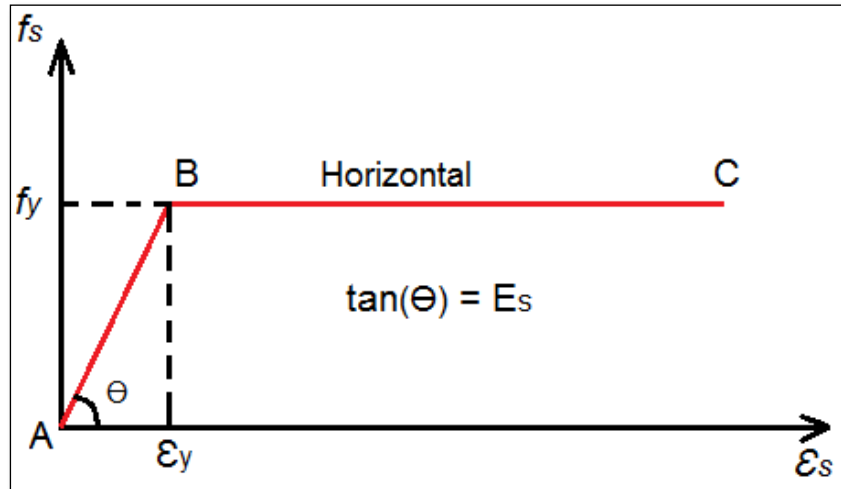
Para este estudio se va utilizar solo dos modelos, el modelo elastoplástico (comportamiento lineal) y el modelo trilineal (comportamiento no lineal).

##### a) Modelo elastoplástico

Idealización de la curva esfuerzo-deformación mediante dos líneas rectas (ver Fig.14); ignorando la resistencia de cedencia y el aumento en el esfuerzo. Este modelo se utiliza en los códigos y normas de diseño.

**Figura 14**

*Modelo elastoplástico del acero*



Nota. La figura muestra modelo elastoplástico de una barra de refuerzo.

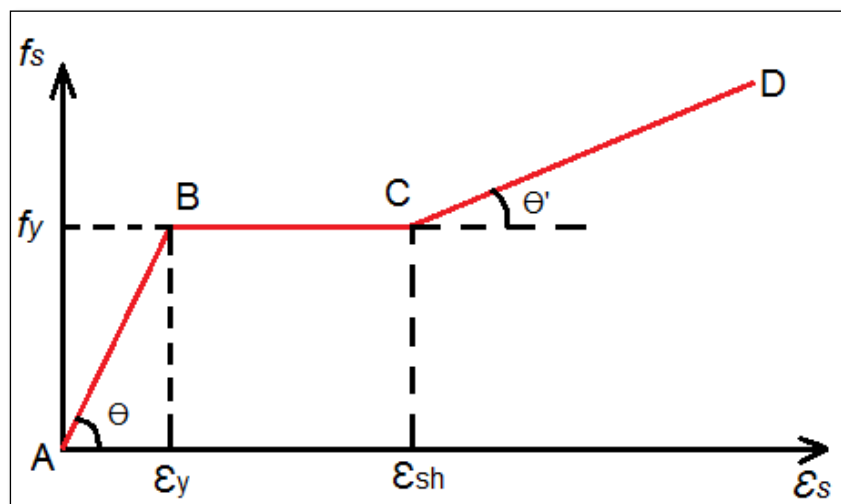
Fuente: Park & Paulay (1988)

**b) Modelo trilineal**

Idealización de la curva esfuerzo-deformación mediante tres líneas rectas (ver Fig.15). Se utiliza cuando es necesario evaluar el comportamiento del acero cuando tiene deformaciones mucho mayores que la de cedencia.

**Figura 15**

*Modelo trilineal del acero*



Nota. La figura muestra modelo trilineal de una barra de refuerzo.

Fuente: Park & Paulay (1988)

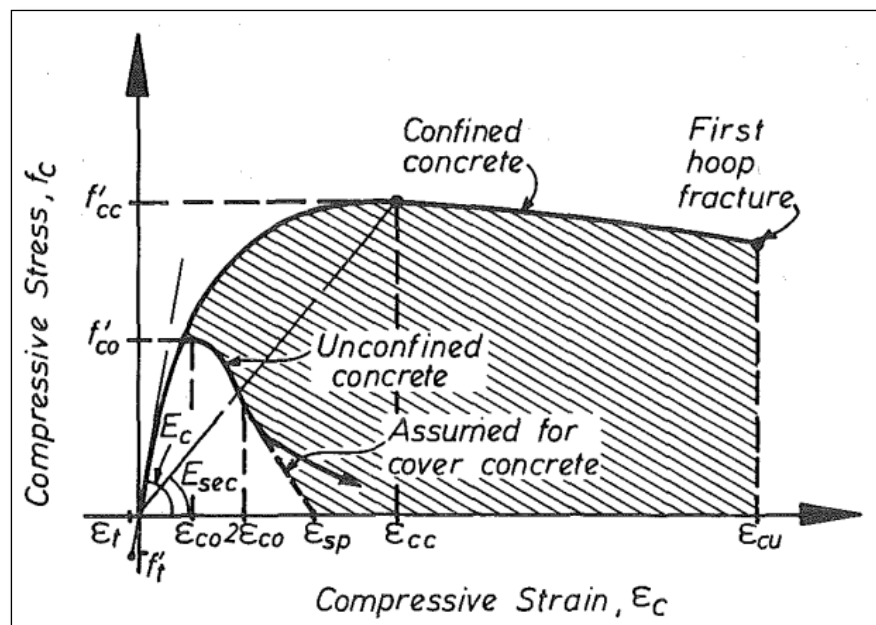
### 2.2.3.2 CONCRETO

En comparación con el acero es más complicado idealizar el concreto, ya que no tiene una forma definida y depende de la calidad de sus componentes, duración de la carga, entre otros factores.

Para el análisis de momento-curvatura de este estudio, se va utilizar el modelo esfuerzo-deformación para concreto confinado (ver Fig. 16) propuesto por John B. Mander (1984).

**Figura 16**

*Diagrama esfuerzo-deformación modelo de Mander*



Nota. La figura muestra modelo de Mander para una barra de refuerzo.

Fuente: Mander, Priestley & Park (1988)

Además, las relaciones y ecuaciones que se necesitan para definir la curva esfuerzo-deformación son las siguientes:

$$f_c = \frac{f'_{cc} x^r}{r - 1 + x^r} \quad \dots (2.21)$$

Donde:

$f'_{cc}$  : Esfuerzo de compresión del concreto confinado

$$x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cc}} \quad \dots (2.22)$$

Donde:

$\varepsilon_c$  : Deformación unitaria longitudinal del concreto comprimido

$$\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co} \left[ 1 + 5 \left( \frac{f'_{cc}}{f'_{co}} - 1 \right) \right] \quad \dots (2.23)$$

Se puede asumir  $\varepsilon_{co} = 0.002$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \quad \dots (2.24)$$

Donde:

$$E_c = 15000\sqrt{f'_c} \quad \dots (2.25)$$

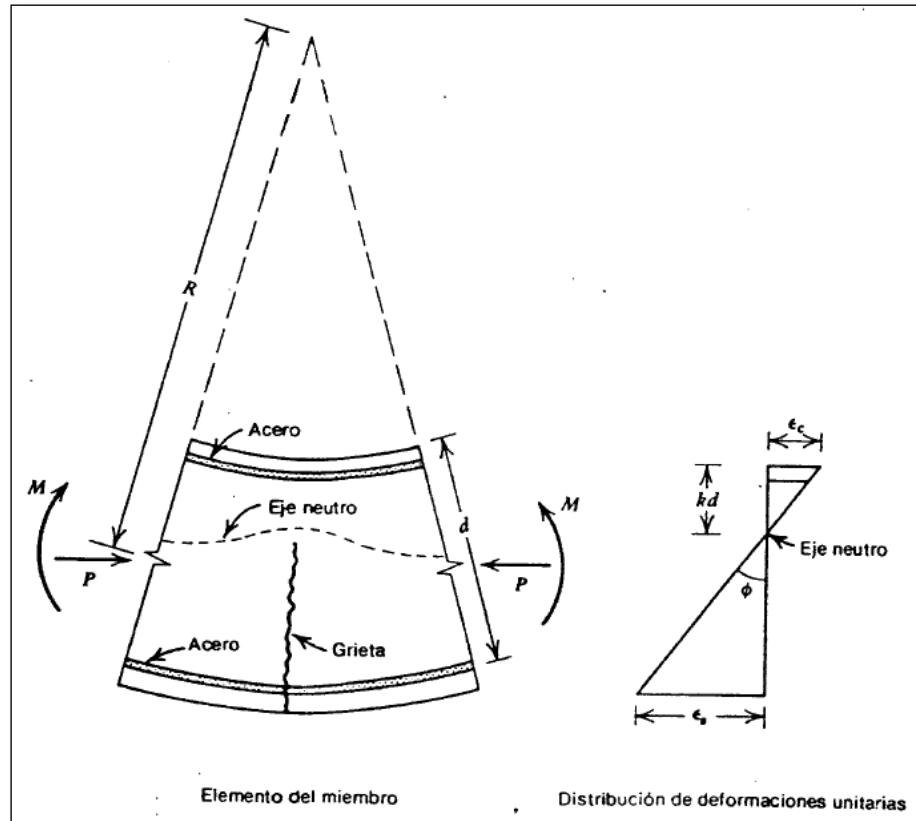
$$E_{sec} = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon_{cc}} \quad \dots (2.26)$$

#### 2.2.4 DIAGRAMA MOMENTO-CURVATURA

La definición general, de la resistencia de materiales, para la curvatura ( $\varphi$ ) que se produce en la sección de un elemento surge cuando este se somete a esfuerzos de flexión (momentos) y esfuerzos axiales (fuerzas) (ver Fig.17).

**Figura 17**

*Curvatura de una sección de viga*



Nota. La figura muestra la curvatura generada en una sección de viga rectangular.

Fuente: Park & Paulay (1988)

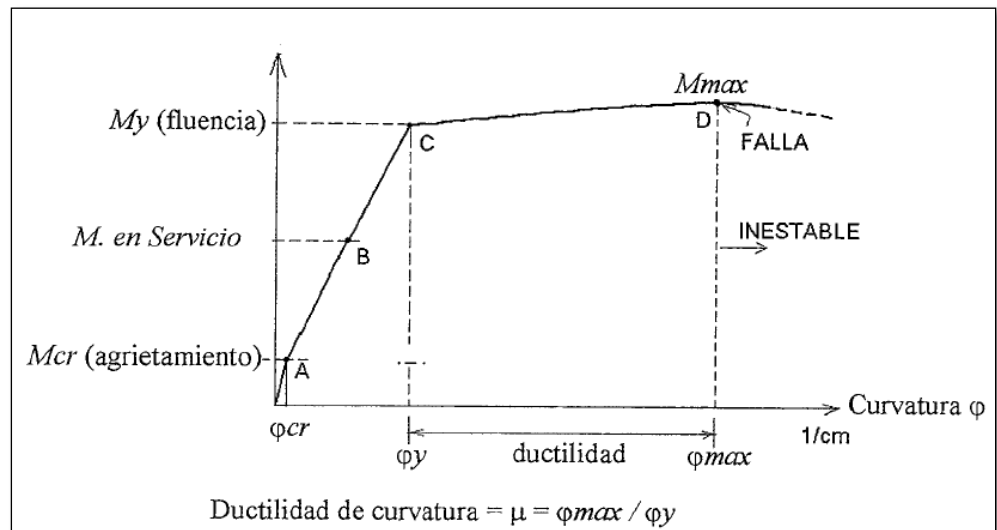
Donde:

$$\varphi = \frac{\epsilon_c}{kd} = \frac{\epsilon_s}{d - kd} \quad \dots (2.27)$$

Ottazzi (2015) afirma que el diagrama momento-curvatura ( $M - \varphi$ ) se utiliza para describir el comportamiento de una sección de concreto armado (ver Fig.18).

**Figura 18**

Diagrama momento-curvatura ( $M-\phi$ )



Nota. La figura muestra el diagrama momento-curvatura en una sección de viga rectangular.

Fuente: Ottazzi (2015)

De la Fig. 18, se tiene:

Punto A, primer agrietamiento de la sección, es decir cuando se excede la resistencia de tracción del concreto.

Punto B, comportamiento bajo cargas de servicio.

Punto C, inicio de la fluencia del acero de tracción.

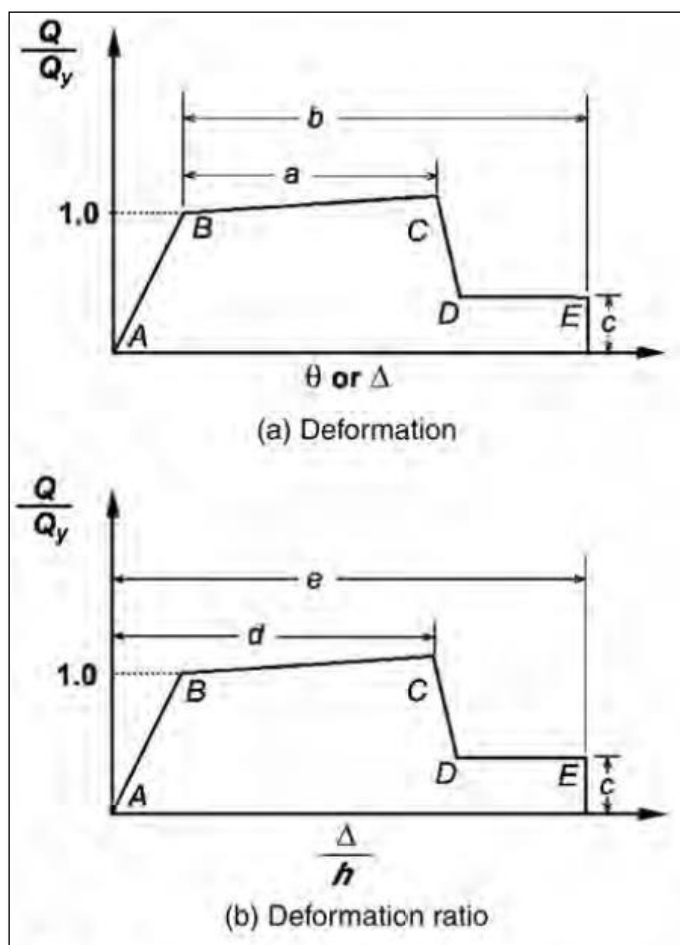
Punto D, estado de rotura o de falla.

### 2.2.5 DIAGRAMA MOMENTO-GIRO

ASCE/SEI 41-17 afirma que para un procedimiento no lineal estático, los componentes de respuesta debe ser representados por relaciones no lineales de carga-deformación ABCDE (ver Fig.19).

**Figura 19**

*Diagrama momento-giro ( $M-\theta$ )*



Nota. La figura muestra el diagrama momento-giro en una sección de viga.

Fuente: ASCE/SEI 41-17 (2017)

Los diagramas momento-curvatura dependen de las dimensiones y del acero de refuerzo de la sección del elemento. Además, el concreto confinado tiene mayor ductilidad y resistencia que el concreto sin confinar.

## **2.2.6 MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA**

### **2.2.6.1 GENERALIDADES**

Para este estudio se propone este sistema estructural como otra posible solución estructural para el módulo I porque es un sistema que tiene muchas ventajas, debido al ordenamiento de la obra en el proceso de ejecución, reducción de costos respecto a otros sistemas y reducción de plazos de



ejecución. De esta forma, es factible construir instituciones educativas, categorizados por la norma E.030 como edificaciones esenciales, con mayor cantidad de pisos a un menor costo.

En el Perú es muy común el uso de sistemas estructurales de pórticos y albañilería en instituciones educativas de solamente 2 o 3 niveles (pisos), ya que los ingenieros proyectistas pueden ser muy conservadores o desconocer el comportamiento de los MDL, debido a la limitada investigación existente hasta el momento. Muchas veces, este sistema puede resultar con costos muy elevados y con elementos sobredimensionados para lo que se requiere en realidad. Por esto, es importante diseñar teniendo en cuenta el comportamiento no lineal de los materiales.

El sistema de MDL, además de resistir adecuadamente las cargas de gravedad también proporciona una gran rigidez lateral ante cargas laterales de sismo y viento. Según la normativa peruana, se pueden construir edificaciones de hasta ocho niveles (pisos). Para este estudio se va proponer un diseño con muros de ductilidad limitada (MDL) con la finalidad de comparar si su desempeño sísmico frente a un sistema de pórticos es más eficiente, teniendo en cuenta que también puede ser más económico.

#### **2.2.6.2 COMPONENTES ESTRUCTURALES**

El sistema de MDL, cuenta con tres elementos estructurales importantes, los que le dan la estabilidad, resistencia y rigidez a la edificación. Estos elementos son: Losas, muros estructurales sin elementos de borde de pequeño espesor y la cimentación. Se debe tener mucho cuidado con el diseño estructural y con el control del proceso constructivo de este tipo de sistema estructural, ya que cualquier equivocación puede causar fallas no previstas en la edificación.

### 2.2.6.3 ANALISIS Y DISEÑO

El análisis y diseño del sistema de MDL se realizará mediante el método tradicional definido en la normativa peruana. Este método tradicional, como se conoce, solo considera el comportamiento lineal de la estructura. Posteriormente, se verificará el comportamiento sísmico de la misma estructura, considerando su comportamiento no lineal, utilizando el método de diseño basado en desempeño, específicamente el análisis estático no lineal, que considera el procedimiento de análisis Pushover para conocer la capacidad de la estructura.

## 2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

**Capacidad:** Resistencia última en flexión, cortante o axial de una estructura, excluyendo los factores de reducción de capacidad ( $\phi$ ) generalmente usados en los códigos y normas de diseño.

**Confinamiento:** En las columnas y muros de concreto armado el confinamiento se logra mediante el uso de estribos o espirales, con la finalidad de que el elemento tenga mayor resistencia y ductilidad.

**Curva de capacidad:** Es la gráfica que relaciona la cortante basal ( $V_b$ ) y el desplazamiento lateral del techo ( $D_{techo}$ ) de un punto en la parte más alta de la edificación, comúnmente llamado punto de control.

**Demanda:** Representación del movimiento sísmico al que está sujeto la edificación.

**Ductilidad:** Capacidad de una estructura para deformarse sin llegar a la rotura.

**Demanda de ductilidad:** Se refiere a la extensión de la deformación más allá del límite elástico, que se expresa numéricamente como la relación de la deformación máxima y la deformación de fluencia.

**Muro de ductilidad limitada:** Muro de espesor reducido de concreto armado, que no tiene confinamiento en sus extremos y el acero es en una sola capa, generalmente suele ser una malla electro soldada o varillas corrugadas de diámetro de 7 – 8 mm.

**Nivel de desempeño:** Estado de daño que alcanza una estructura para amenazar a la seguridad de la vida de los ocupantes y uso de la edificación después del movimiento sísmico.

**Pórtico:** Composición de uno o varios elementos horizontales y verticales de concreto armado, que forman uno o varios marcos. Un pórtico se diseña para resistir cargas verticales y cargas laterales.

## **2.4 HIPÓTESIS**

### **2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL**

El sistema estructural de MDL propuesto presenta un mejor nivel de desempeño sísmico que el sistema estructural de pórticos existente, por lo que es la solución estructural más adecuada para el módulo I de la “Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga-Huánuco”.

### **2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- El nivel de desempeño sísmico es el de “Seguridad de Vida”, para un espectro de diseño máximo, en el sistema estructural de pórticos del módulo I en la “Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga-Huánuco”.
- La estructura aporticada presenta fallas importantes en sus elementos estructurales, para un espectro de diseño máximo, en el módulo I en la “Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga-Huánuco”.
- El nivel de desempeño sísmico es el de “Operacional”, para un espectro de diseño máximo, en el sistema estructural de MDL propuesto del módulo I en la “Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga-Huánuco”.
- La estructura de MDL no presenta fallas en sus elementos estructurales, para un espectro de diseño máximo, en el módulo I en la “Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga-Huánuco”.

## **2.5 VARIABLES**

Las variables consideradas para el desarrollo de este trabajo de investigación se eligieron de manera que el desempeño sísmico dependa del sistema estructural.

### **2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE**

Desempeño Sísmico.

## **2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE**

Sistema Estructural:

- Sistema estructural de pórticos.
- Sistema estructural de muros de ductilidad limitada (MDL).

## **2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

En la matriz de Operacionalización de variables se considera la definición, dimensiones, indicadores y sub indicadores de las variables dependiente e independiente.

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	SUB INDICADORES
<b>Variable dependiente</b>				
Desempeño sísmico	Comportamiento sísmico de una edificación sujeta a cierto movimiento sísmico, medido a través de un nivel de desempeño objetivo o esperado.	Nivel de peligro sísmico	Sismo servicio (SS) Sismo diseño (SD) (BSE-1) Sismo máximo (SM) (BSE-2)	- Periodo de retorno. - Probabilidad de excedencia. - Tiempo de exposición de la edificación.
		Nivel de desempeño	Operacional (1-A) Ocupación inmediata (1-B) Seguridad de vida (3-C) Prevenición del colapso (5-E)	- Nivel de desempeño estructural. - Nivel de desempeño no estructural. - Seguridad de ocupantes. - Funcionamiento de servicios básicos.
<b>Variable independiente</b>				
Sistema estructural	Conjunto de elementos que conforman una estructura proporcionando rigidez, estabilidad y resistencia a una edificación.	Sistema estructural de pórticos	Cimentación Pórticos de concreto armado Losa Maciza	- Resistencia del concreto. - Fluencia $f_y$ del acero de refuerzo. - Secciones de columnas y vigas. - Tipo de cimentación. - Tipo de losa.
		Sistema estructural de MDL	Cimentación Muros de concreto armado Losa maciza	- Resistencia $f'_c$ del concreto. - Fluencia $f_y$ del acero de refuerzo. - Dimensiones de muros. - Tipo de cimentación. - Tipo de losa.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1 ENFOQUE**

Según Hernández, E. (2014), hay dos tipos de enfoque: el enfoque cuantitativo, que tiene carácter secuencial y probatorio y utiliza recolección de datos para comprobar las hipótesis, y el enfoque cualitativo, utiliza recolección y análisis de datos para mejorar las interrogantes antes, durante y después de la investigación. Para este trabajo de investigación se utilizará el enfoque cuantitativo.

##### **3.1.2 ALCANCE**

Según Hernández, E. (2014), el alcance explicativo, para un enfoque cuantitativo, es el establecimiento de relaciones entre conceptos o fenómenos con la finalidad de responder el porqué de ese fenómeno físico o social. Este trabajo de investigación tiene un enfoque cuantitativo y nivel explicativo de alcance comparativo, ya que a través de esta investigación se va explicar una metodología diferente a la tradicional, utilizada por los códigos y normas, para predecir el desempeño sismorresistente; y además se va comparar los niveles de desempeño de dos diferentes sistemas estructurales, pórticos y MDL, para el módulo I.

##### **3.1.3 DISEÑO**

Para este trabajo de investigación se define un diseño no experimental-transversal. No experimental porque la evaluación del desempeño sismorresistente de los sistemas estructurales de pórticos y de MDL, se realizó mediante el uso de un software para diseño estructural, ETABS. Además, se va realizar un ensayo de esclerometría del concreto estructural del sistema de pórticos existente. Luego, se va determinar el desempeño sísmico del módulo I. Por otra parte, este trabajo de investigación es transversal, por su periodo de aplicación, ya que los datos e información que se va utilizar para el procesamiento

son tomados en un solo punto específico del tiempo. A continuación, se muestra un esquema de experimento y variables:

$$X \rightarrow Y$$

Donde:

X: Variable independiente (Causa)

Y: Variable dependiente (Efecto)

### 3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Según Hernández, E. (2014), todo trabajo de investigación debe ser transparente y que debe estar sujeta a crítica y réplica, por lo que es necesario delimitar con claridad la población (N) y muestra (n) estudiadas. En esta investigación la población fue la totalidad de la estructura del módulo I, y la muestra es igual que la población.

$$N = n = 1$$

Donde:

N: Población total

n: muestra

### 3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

#### 3.3.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

Hernández, E. (2014), afirma un plan de procedimientos es necesario para la recolección de datos en un trabajo de investigación (ver Tabla 7).

**Tabla 7**

*Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
- Ensayos	- Cámara fotográfica
- Expediente técnico	- Cinta métrica
- Fotografías	- Cuadros de datos
- Observación directa	- Esclerómetro
- Revisión de antecedentes	- Fichas técnicas
	- Útiles de escritorio

### 3.3.2 PRESENTACIÓN DE DATOS

Para esto se utilizaron cuadros, fichas técnicas y diversos gráficos, que ayuden al entendimiento detallado de la investigación.

### 3.3.3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Hernández, E. (2014) afirma que los resultados numéricos siempre dependen de la investigación y que los modelos estadísticos son representaciones de la realidad. En la Tabla 8 se muestran las técnicas e instrumentos a utilizar para el análisis e interpretación de datos.

**Tabla 8**

*Técnicas e instrumentos para interpretación de resultados*

<b>TÉCNICAS</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
- Análisis estadístico de la información y de los datos recolectados.	- Cuadros - Microsoft Word, Excel - Gráficos - Software AutoCAD - Software ETABS



## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS**

Para esta investigación, se procesaron los datos de forma detallada para que queden claros todas las consideraciones que se toman en cuenta, y así pueda ser utilizada como referencia en otros estudios e investigaciones futuras.

En la primera parte del procesamiento de datos, se evalúa el sistema estructural de pórticos existente usando la metodología basada en desempeño.

En la segunda parte, se evalúa el sistema estructural de MDL usando la metodología basada en desempeño.

##### **4.1.1 SISTEMA ESTRUCTURAL DE PÓRTICOS**

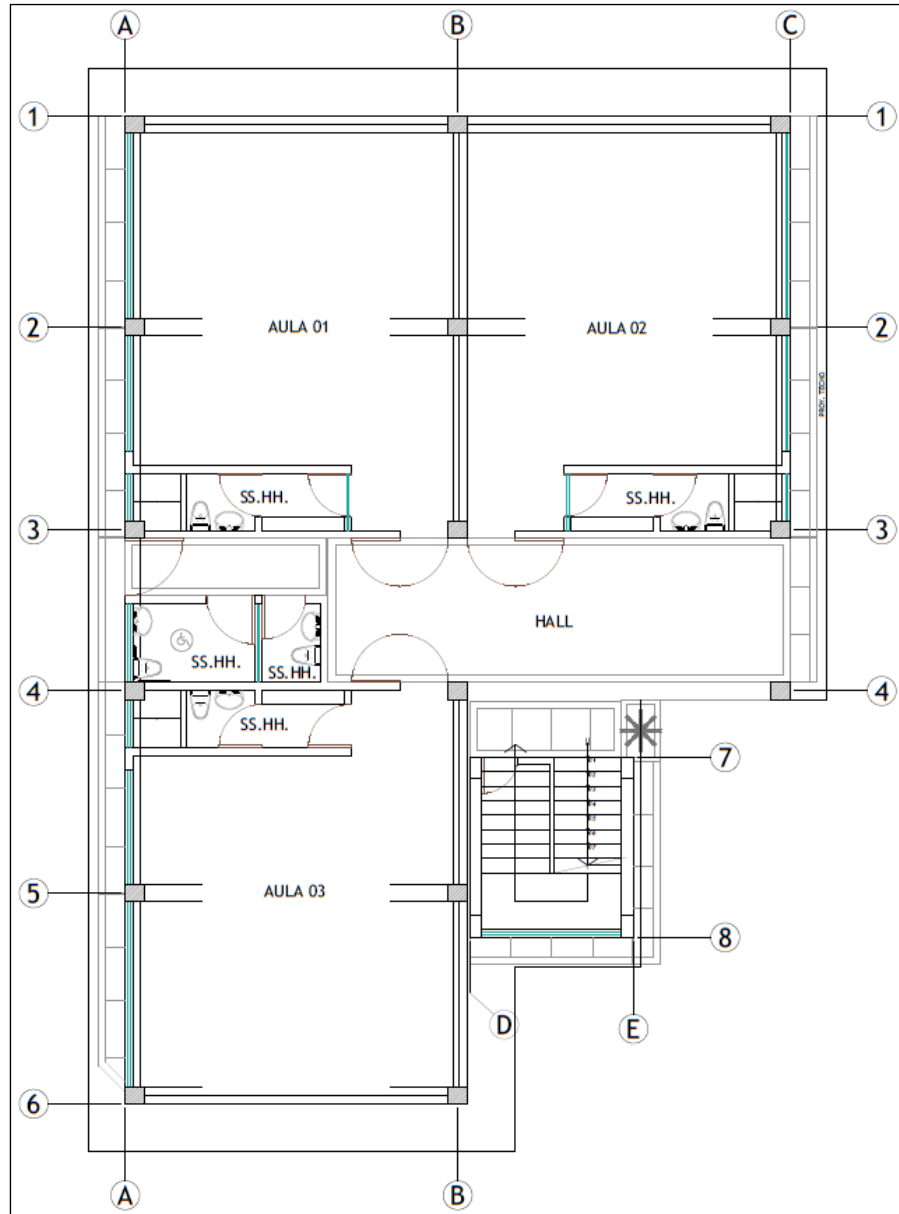
###### **4.1.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL**

El módulo I estudiado está ubicado en el distrito de Huánuco, Huánuco. Esta institución educativa tiene tres módulos, y cada módulo tiene dos pisos (niveles); el primer módulo consta de 3 aulas, 2 talleres, 1 dormitorio, 1 cocina, 1 sala de estar, 1 comedor y 9 servicios higiénicos; el segundo módulo consta de 3 aulas, 3 talleres, 1 guardianía, 1 almacén, 1 depósito, 1 bazar escolar y 6 servicios higiénicos; y el tercer módulo es un salón de usos múltiples.

Para esta investigación se toma como muestra de estudio el módulo I (ver Figura 20 y Figura 21). El área total de este módulo es de 234.712 m<sup>2</sup>.

**Figura 20**

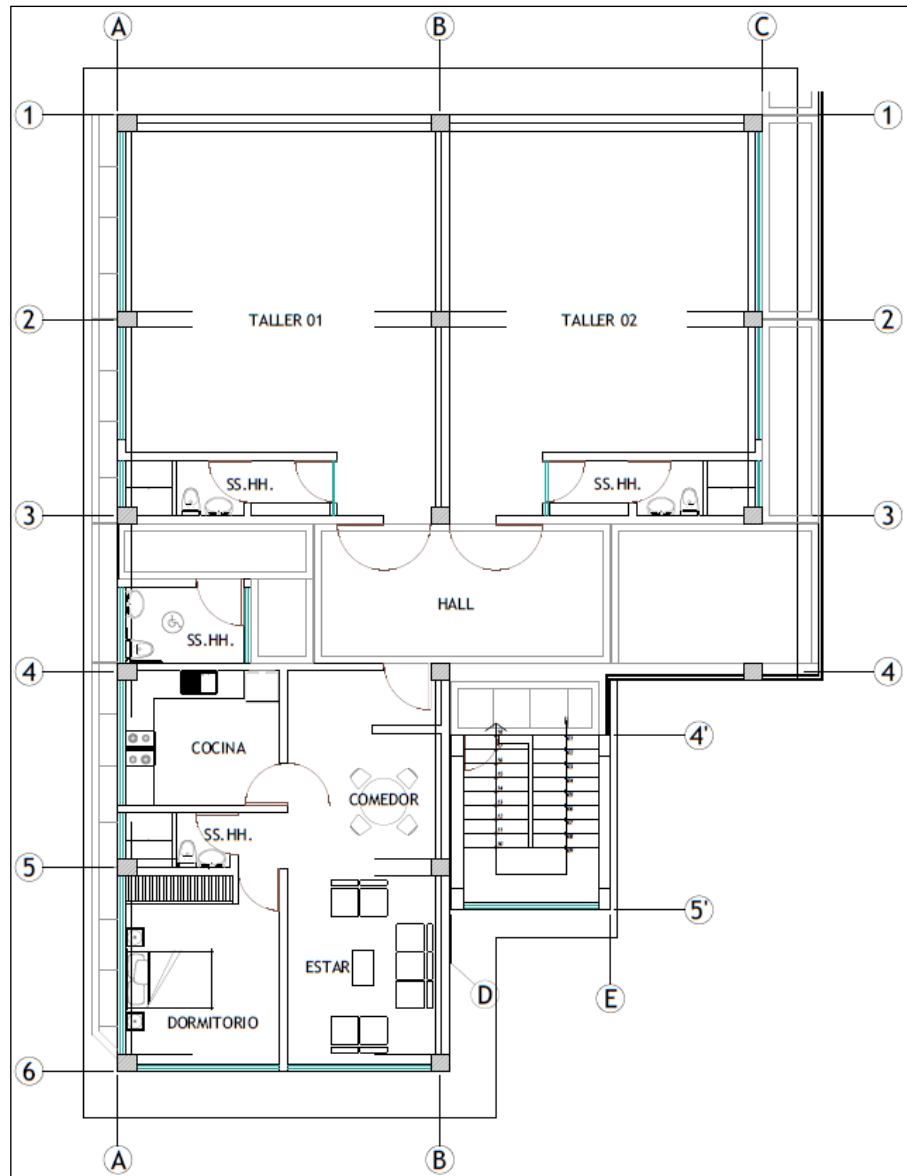
*Planta primer nivel del módulo I*



Nota. La figura muestra la planta del primer nivel de la Institución Educativa.

**Figura 21**

*Planta segundo nivel módulo I*



Nota. La figura muestra la planta del segundo nivel de la Institución Educativa.

#### **4.1.1.2 CONSIDERACIONES Y PARÁMETROS SÍSMICOS**

Según la normativa peruana, existen varios parámetros específicos para el análisis sismorresistente de una edificación en función de la ubicación.

### Factor de zona (Z)

Según la normativa peruana (ver Tabla 9), el lugar donde se encuentra ubicado la edificación es la región de Huánuco que pertenece a la **zona sísmica 2** por lo que el **factor de zona “Z” que le corresponde es de 0.25.**

**Tabla 9**  
*Factor de zona Aporticado*

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
HUÁNUCO	HUÁNUCO	HUÁNUCO	2	TODOS LOS DISTRIT OS
		AMARILIS		
		CHINCHAO		
		CHURUBAMBA		
		MARGOS		
		PILCO MARCA		
		QUISQUI		
		SAN FRANCISCO DE CAYRAN		
		SAN PEDRO DE CHAULAN		
		SANTA MARIA DEL VALLE		
		YARUMAYO		
		YACUS		
		SAN PABLO DE PILLAO		
		HUACAYBAMBA		
CANCHABAMBA				
COCHABAMBA				
PINRA				

*Nota.* Información recolectada de la Norma E.0.30.

### Factor de sitio

De acuerdo a la normativa peruana (ver Tabla 10) y el estudio de mecánica de suelos EMS el módulo I se encuentra erigida o construida en un tipo de suelo S2, es decir, un suelo intermedio. Por lo tanto, el factor de suelo “S” que le corresponde es de 1.20.

**Tabla 10**  
Factor de sitio Aporticado

ZONA \ SUELO	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
	Z <sub>4</sub>	0.80	1.00	1.05
Z <sub>3</sub>	0.80	1.00	1.15	1.20
Z <sub>2</sub>	0.80	1.00	1.20	1.40
Z <sub>1</sub>	0.80	1.00	1.60	2.00

Nota. Información recolectada de la Norma E.030

Teniendo en consideración el factor de suelo y la norma E.030 (ver Tabla 11), se puede decir que  $T_P$  es igual a  $0.6s$  y  $T_L$  es igual a  $2.0s$ .

**Tabla 11**  
Factores  $T_P$  y  $T_L$  Aporticado

	Perfil de suelo			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
$T_P$ (s)	0.3	0.4	0.6	1.0
$T_L$ (s)	3.0	2.5	2.0	1.6

Nota. Información recolectada de la Norma E.030

### Factor de amplificación sísmica (C)

De acuerdo a la normativa peruana y a la determinación del periodo fundamental "T" del módulo I, se puede determinar el valor de "C" de la siguiente manera:

Periodo Fundamental de Vibración dirección "X" y "Y"

- Para  $T_X = 0.3014$  seg, le corresponde  $C_X = 2.5$
- Para  $T_Y = 0.3014$  seg, le corresponde  $C_Y = 2.5$

### Factor de uso de la edificación (U)

Según la normativa peruana, las instituciones educativas son consideradas Edificaciones Esenciales A2, ya que pueden servir de refugio después de un sismo. El factor de uso "U" es igual a 1.5.

### Coficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas (R<sub>0</sub>)

Según la normativa peruana, para un sistema de concreto armado de pórticos le corresponde un coeficiente  $R_0$  igual a 8.

### **4.1.1.3 EVALUACIÓN SÍSMICA BASADO EN DESEMPEÑO**

#### **Modelo matemático de la estructura**

El modelo matemático del módulo I se realiza con la herramienta computacional ETABS, donde se definen las características de los materiales y las propiedades de las secciones para luego modelar los elementos estructurales de acuerdo a los planos estructurales existentes (ver Figura 22).

#### **Definición de materiales**

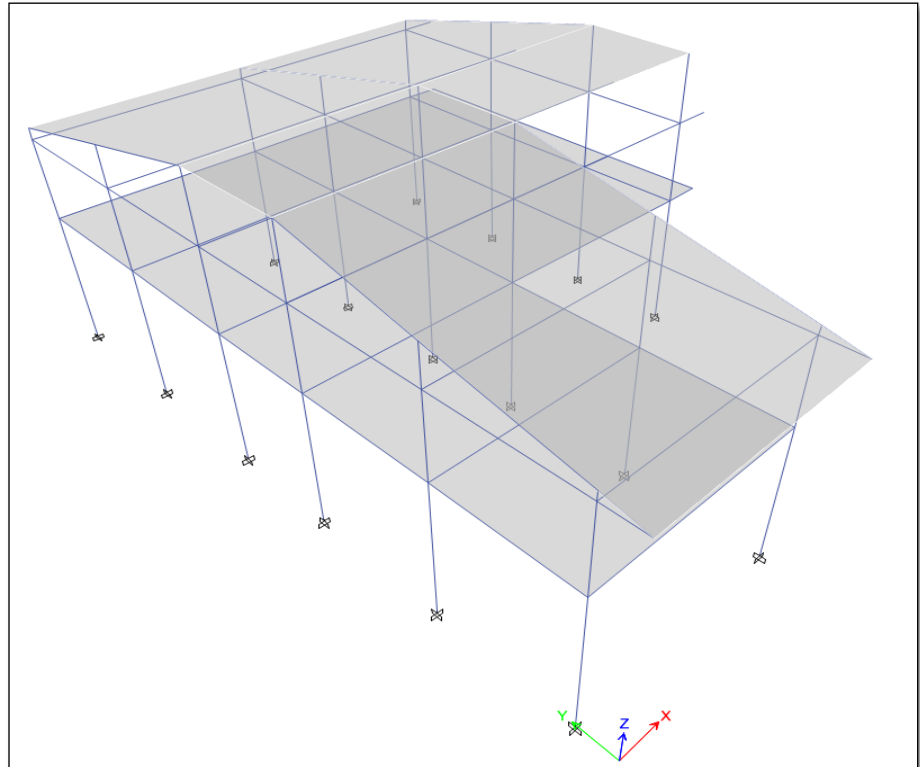
- Concreto armado -  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Acero de refuerzo -  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

#### **Propiedades de las secciones**

- Columna 0.35x0.40m
- Viga 0.15x0.25m
- Viga 0.25x0.25m
- Viga 0.30x0.40m
- Viga 0.35x0.50m
- Viga 0.35x0.60m
- Losa aligerada 0.25m

**Figura 22**

*Modelo matemático de la estructura aporricada*



Nota. En la figura se muestra el modelo aporricado de la Institución Educativa.

### **Asignación de cargas**

- CM-Tab = 150 kg/cm<sup>2</sup>
- CM-Acab = 100 kg/cm<sup>2</sup>
- CM-Ladrillos = 90 kg/cm<sup>2</sup>
- CV-Entrepiso (aulas) = 250 kg/cm<sup>2</sup>
- CV-Entrepiso (talleres y pasadizos) = 400 kg/cm<sup>2</sup>
- CV-Cobertura = 100 kg/cm<sup>2</sup>

### **Periodo Fundamental de Vibración direcc. “X” y “Y”**

- $T_X = 0.4497$  seg
- $T_Y = 0.4967$  seg

**Tabla 12**  
*Periodos y frecuencias Aporticado*

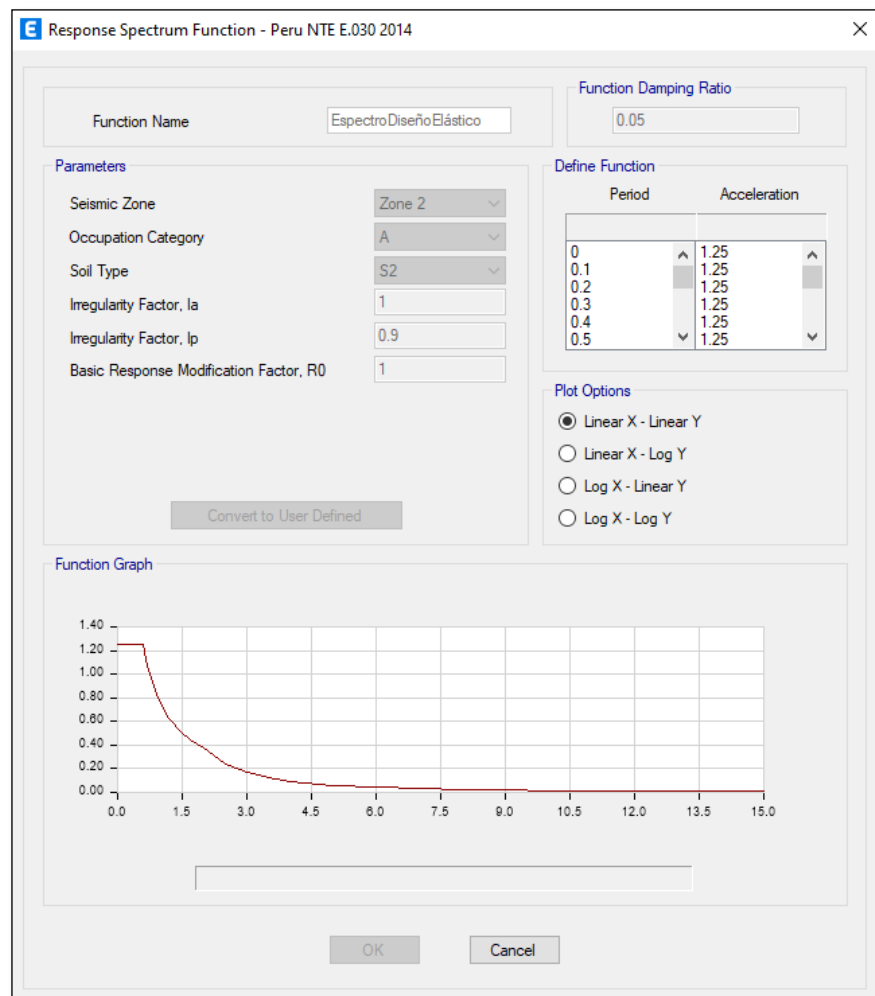
Case	Mode	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Modal	1	0.497	2.013	12.6497	160.0145
Modal	2	0.45	2.224	13.9722	195.2214

### Definición del Espectro de Diseño

Para definirlo se tiene que considerar un Coeficiente Básico de Reducción  $R_0 = 1$ , ya que para el análisis no lineal no se está diseñando, sino evaluando la estructura. Además, se debe considerar una relación de amortiguamiento de 5%. (Ver Figura 23)

**Figura 23**

*Espectro de diseño elástico Aporticado*



Nota. En la figura se muestra el espectro de diseño elástico del sistema Aporticado.

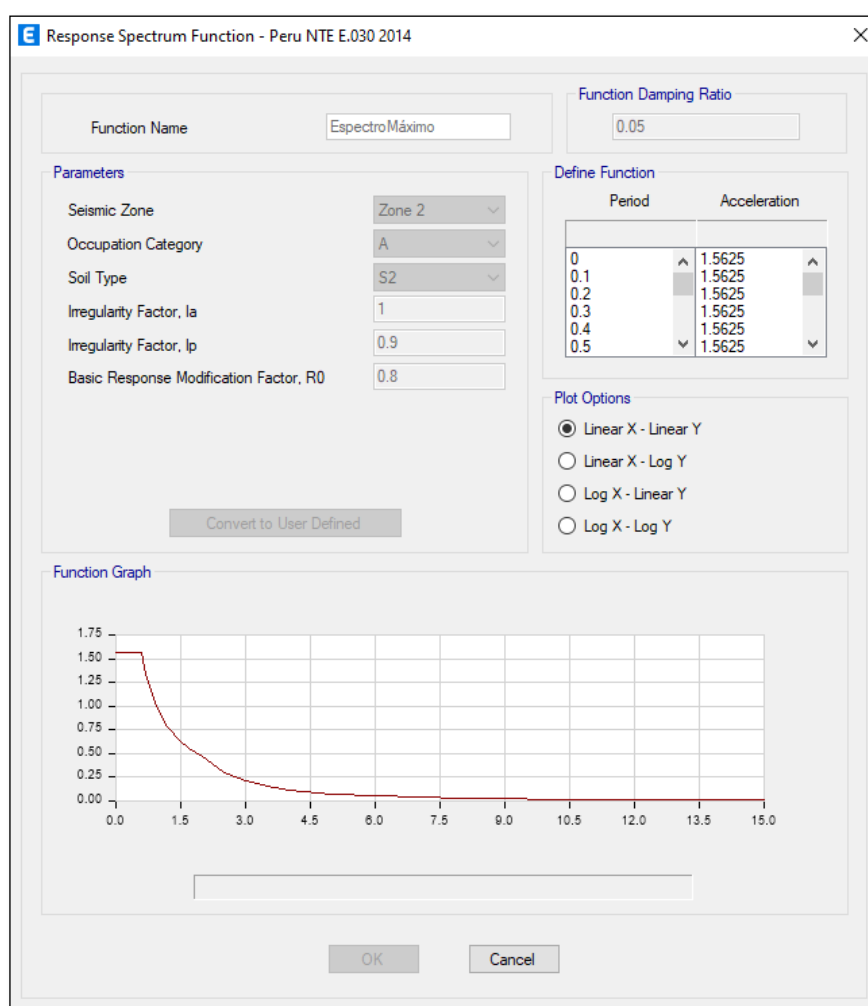


## Definición del Espectro Máximo

Para definirlo se tiene que considerar un Coeficiente Básico de Reducción  $R_0 = 0.8$ , ya que para el análisis no lineal no se está diseñando, sino evaluando la estructura. Además, se debe considerar una relación de amortiguamiento de 5%. (Ver Figura 24)

**Figura 24**

*Espectro máximo Aporticado*



Nota. En la figura se muestra el espectro máximo del sistema Aporticado.

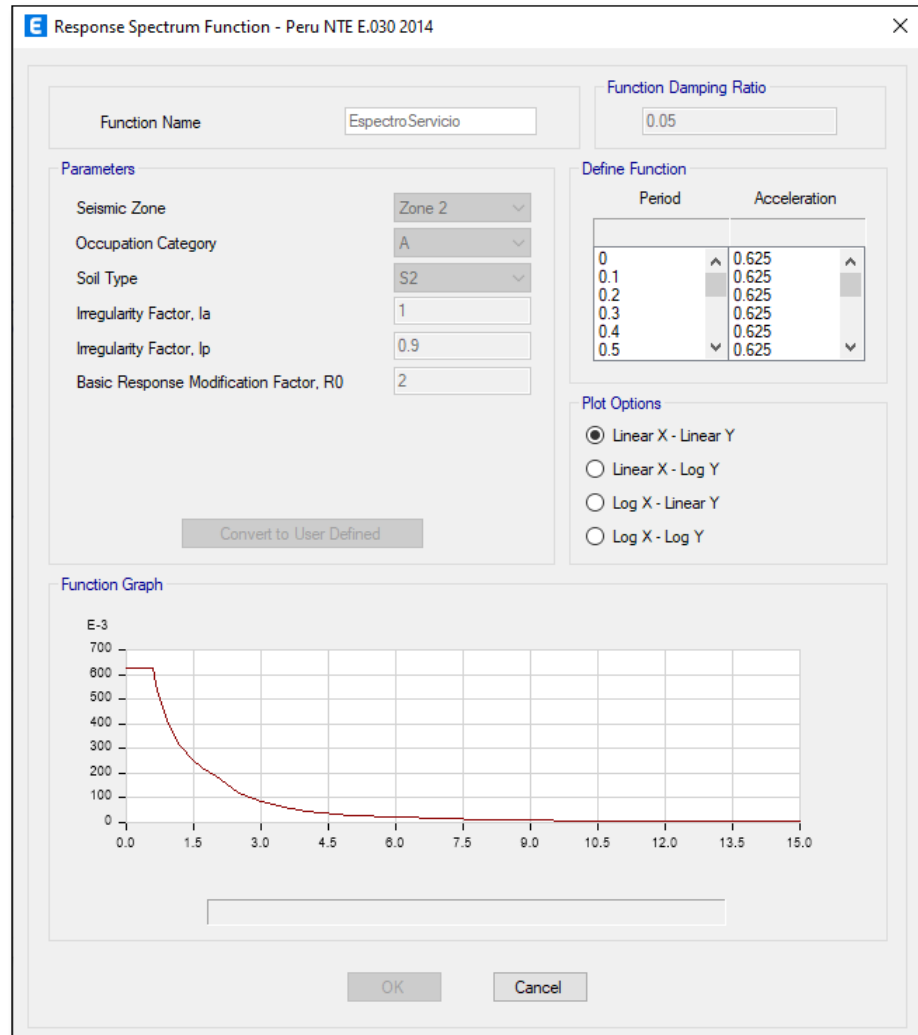
## Definición del Espectro de Servicio

Para definirlo se tiene que considerar un Coeficiente Básico de Reducción  $R_0 = 2$ , ya que para el análisis no lineal no se está diseñando, sino evaluando la estructura. Además, se debe

considerar una relación de amortiguamiento de 5%. (Ver Figura 25)

**Figura 25**

*Espectro de Servicio Aporticado*



Nota. En la figura se muestra el espectro de servicio del sistema Aporticado.

### **Identificación del punto de control “X” y “Y”**

Para definir el punto de control de desplazamiento en “X” y “Y” se debe analizar el modelo utilizando el espectro de diseño elástico. Para la estructura aporticada se pudo identificar como punto de control el Punto 19 como se muestra a continuación:

Punto de mayor desplazamiento Pto. 19  $D_x = 8.1376\text{cm}$ .

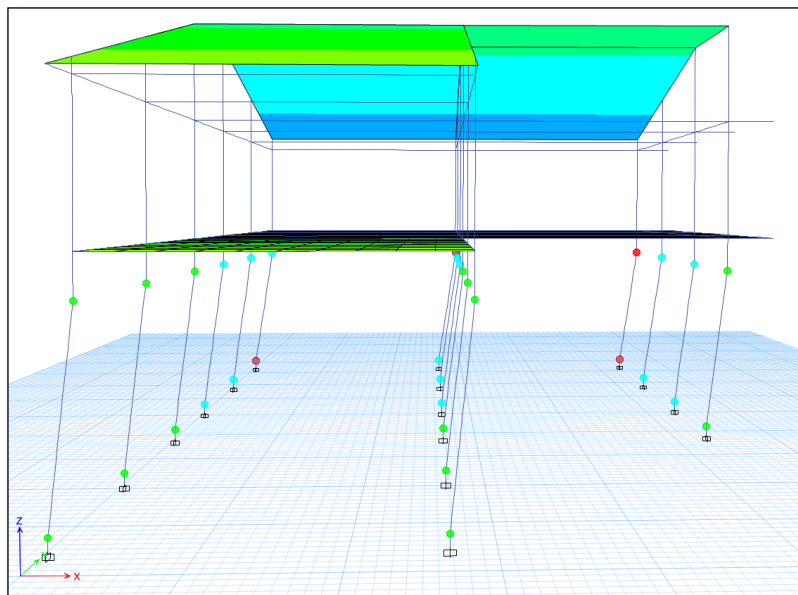
Punto de mayor desplazamiento Pto. 19  $D_y = 9.0189\text{cm}$ .

## Asignación de rótulas plásticas columnas y vigas

Este procedimiento se realiza para definir un sistema de falla adecuado para la estructura para el AENL (Pushover). Las rótulas plásticas se asignan un 5% y un 95% para cada elemento en las direcciones de análisis “X” y “Y” (ver Figura 26 y Figura 27)

**Figura 26**

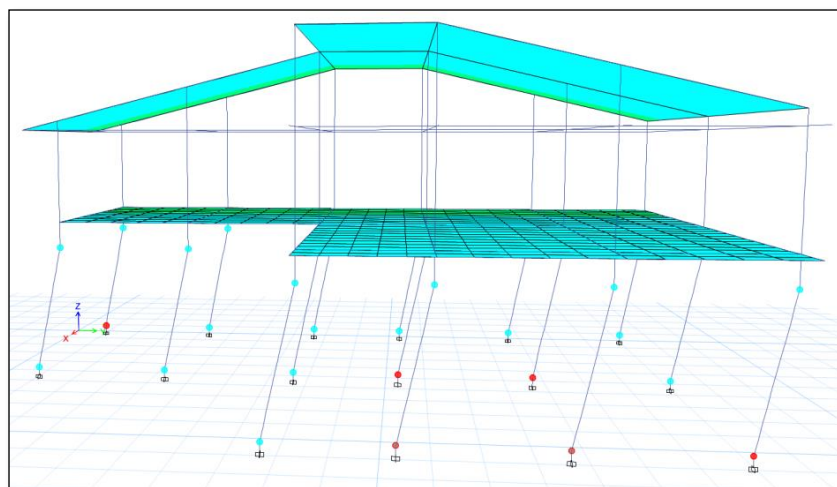
*Deformación de la estructura aporticada en la dirección “X”*



Nota. En la figura se muestra la deformada en “X” del sistema Aporticado.

**Figura 27**

*Deformación de la estructura aporticada en la dirección “Y”*



Nota. En la figura se muestra la deformada en “Y” del sistema Aporticado.

## Análisis de resultados

Luego de haber realizado el AENL (Pushover) en “X” y “Y”, se obtienen los puntos de desempeño sísmico para los tres tipos de espectros sísmicos definidos, espectro de diseño, espectro máximo y espectro de servicio. Luego, se calcula la deriva de entrepiso para el punto de desempeño obtenido y así finalmente obtener el nivel de desempeño del módulo I.

### DIRECCIÓN X (Espectro de Servicio):

Desplazamiento - Punto Desempeño DX = 4.9085cm.

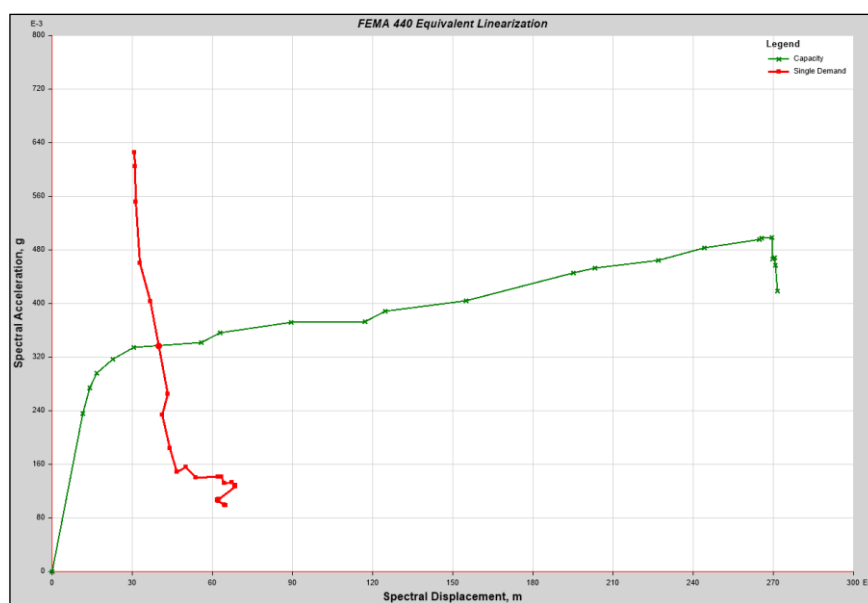
Deriva de entrepiso  $\Delta_x = 0.049085/2.95 = 0.01664\% = 0.1664\%$

$$0.10 < 0.1664 < 0.2$$

Esta deriva de entrepiso nos indica que el módulo I se encuentra en un Nivel Operativo – Reparable.

### Figura 28

*Espectro de servicio en “X” – Punto de desempeño aporticado*



Nota. En la figura se muestra el espectro de servicio en “X” del sistema aporticado.

### DIRECCIÓN X (Espectro de Diseño):

Desplazamiento - Punto Desempeño DX = 10.5632cm.

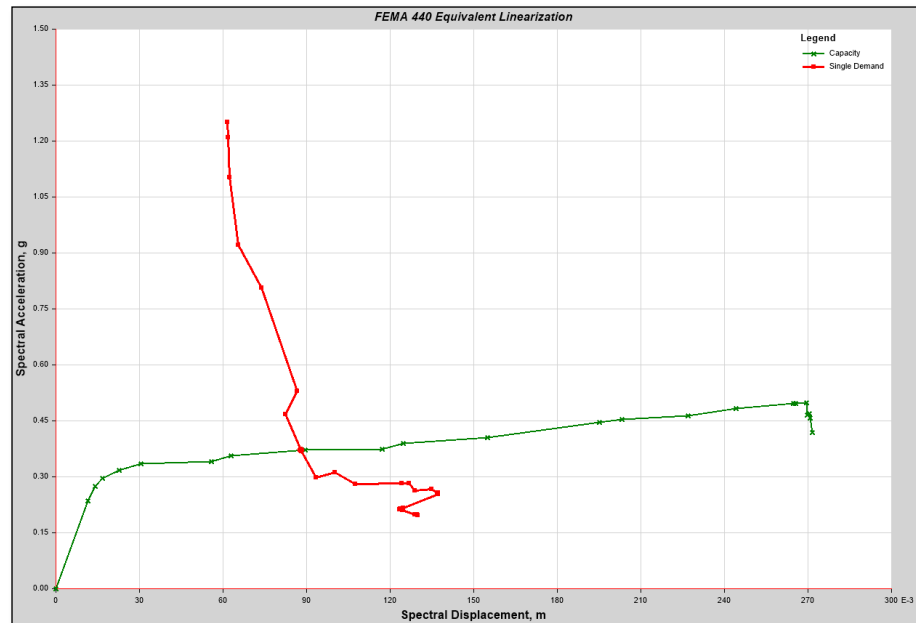
Deriva de entrepiso  $\Delta x = 0.105632/2.95 = 0.03581\text{‰} = 0.3581\%$

$$0.20 < 0.3581 < 0.50$$

Esta deriva de entrepiso nos indica que el módulo I se encuentra en un Nivel Seguridad de Vida – Moderado.

**Figura 29**

*Espectro de diseño en “X” – Punto de desempeño aporticado*



Nota. En la figura se muestra el espectro de diseño en “X” del sistema aporticado.

**DIRECCIÓN X (Espectro Máximo):**

Desplazamiento - Punto Desempeño DX = 13.7882cm.

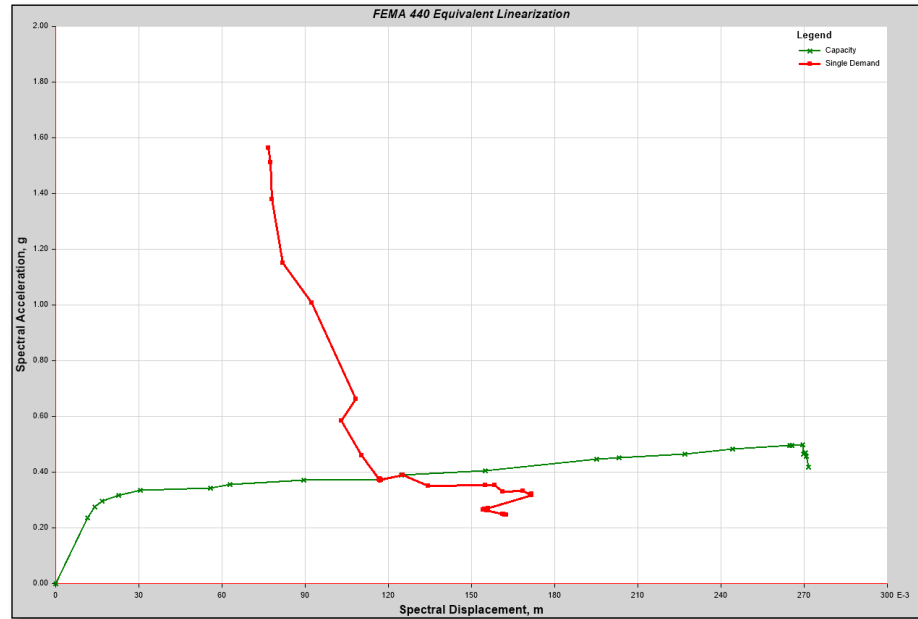
Deriva de entrepiso  $\Delta x = 0.137882/2.95 = 0.04674\text{‰} = 0.4674\%$

$$0.20 < 0.4674 < 0.50$$

Esta deriva de entrepiso nos indica que el módulo I se encuentra en un Nivel Seguridad de Vida – Moderado.

**Figura 30**

*Espectro máximo en "X" – Punto de desempeño aporticado*



Nota. En la figura se muestra el espectro máximo en "X" del sistema aporticado.

**DIRECCIÓN Y (Espectro de Servicio):**

Desplazamiento - Punto Desempeño DX = 4.9215cm.

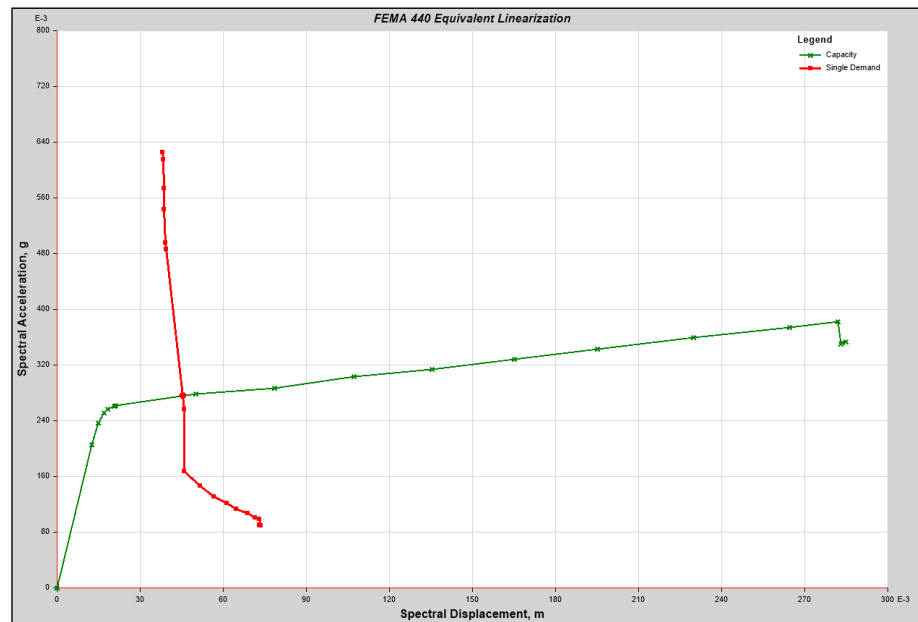
Deriva de entrepiso  $\Delta_Y = 0.049215/2.95 = 0.01668\text{‰} = 0.1668\%$

$$0.10 < 0.1668 < 0.20$$

Esta deriva de entrepiso nos indica que el módulo I se encuentra en un Nivel Operativo – Reparable.

**Figura 31**

*Espectro de servicio en "Y" – Punto de desempeño aporticado*



Nota. En la figura se muestra el espectro de servicio en "Y" del sistema aporticado.

**DIRECCIÓN Y (Espectro de Diseño):**

Desplazamiento - Punto Desempeño DX = 10.7696cm.

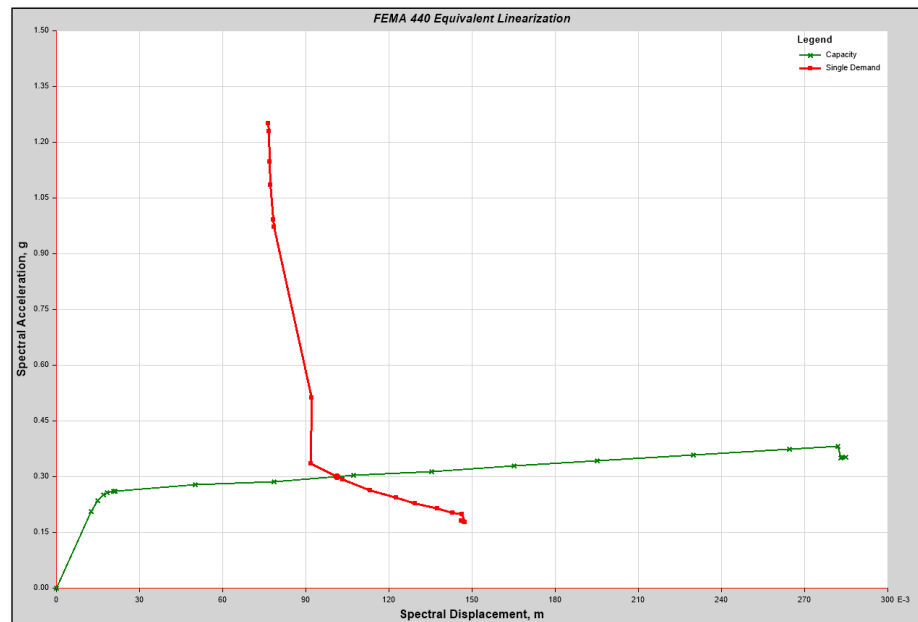
Deriva de entrepiso  $\Delta_Y = 0.107696/2.95 = 0.03651\% = 0.3651\%$

$$0.20 < 0.3651 < 0.50$$

Esta deriva de entrepiso nos indica que el módulo I se encuentra en un Nivel Seguridad de Vida – Moderado.

**Figura 32**

*Espectro de diseño en "Y" – Punto de desempeño aporticado*



Nota. En la figura se muestra el espectro de diseño en "Y" del sistema aporticado.

**DIRECCIÓN Y (Espectro Máximo):**

Desplazamiento - Punto Desempeño DX = 15.4430cm.

Deriva de entrepiso  $\Delta\gamma = 0.154430/2.95 = 0.05235\% = 0.5235\%$

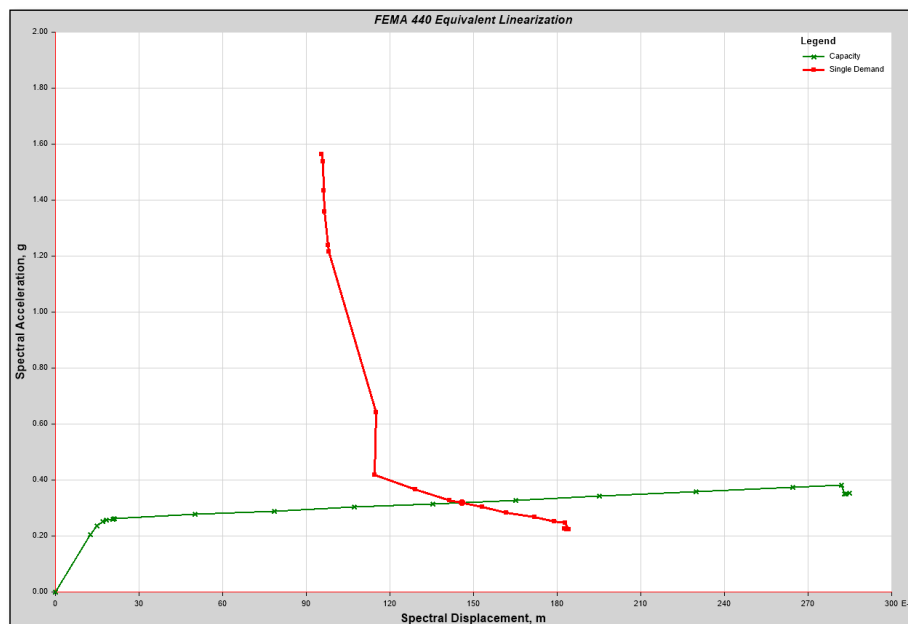
$$0.50 < 0.5235 < 0.80$$

Esta deriva de entrepiso nos indica que el módulo I se encuentra en un Nivel Seguridad de Vida – Irreparable.



**Figura 33**

*Espectro máximo en "Y" – Punto de desempeño aporticado*



Nota. En la figura se muestra el espectro máximo en "Y" del sistema aporticado.

## **4.1.2 SISTEMA ESTRUCTURAL DE MDL**

### **4.1.2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL**

El módulo I estudiado tiene tres módulos, y cada módulo tiene dos pisos (niveles); el primer módulo consta de 3 aulas, 2 talleres, 1 dormitorio, 1 cocina, 1 sala de estar, 1 comedor y 9 servicios higiénicos; el segundo módulo consta de 3 aulas, 3 talleres, 1 guardianía, 1 almacén, 1 depósito, 1 bazar escolar y 6 servicios higiénicos; y el tercer módulo es un salón de usos múltiples.

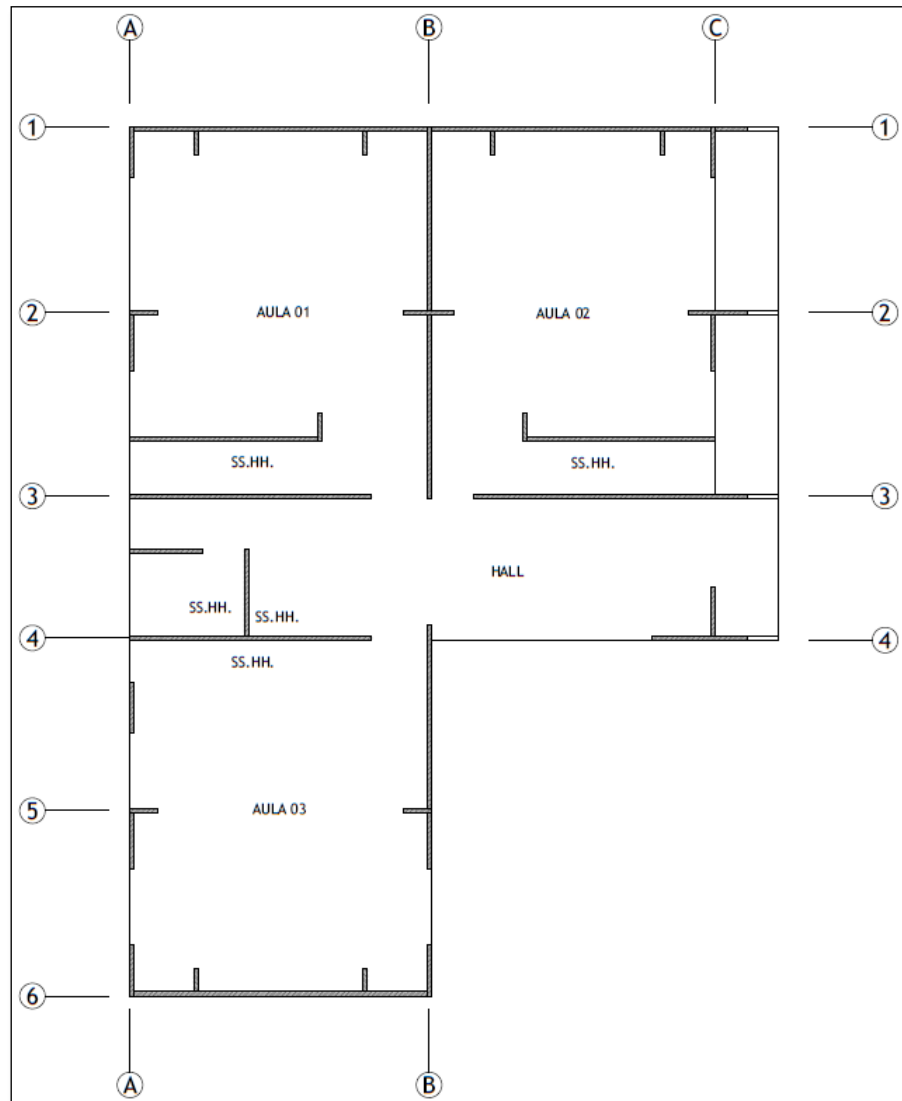
### **4.1.2.2 ESTRUCTURACIÓN Y PREDIMENSIONAMIENTO**

La estructuración para el sistema de MDL se realiza teniendo en consideración la distribución arquitectónica del módulo I (ver Figura 34 y Figura 35)

En este caso se está considerando muros de concreto armado con espesor de 12cm y losas macizas de concreto armado de 20cm.

**Figura 34**

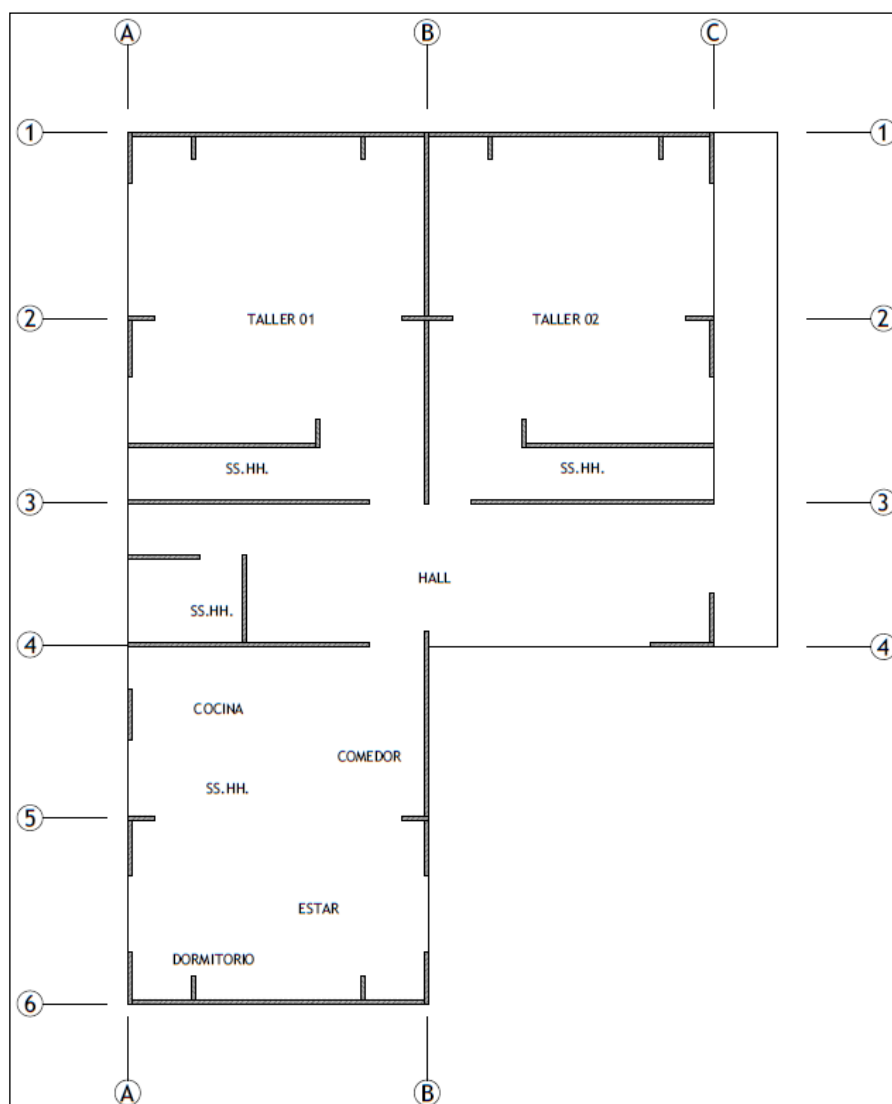
*Planta primer nivel módulo I – MDL*



Nota. En la figura se muestra la planta del primer nivel del sistema de MDL.

**Figura 35**

*Planta segundo nivel del módulo I - MDL*



Nota. En la figura se muestra la planta del segundo nivel del sistema de MDL.

#### **4.1.2.3 ANÁLISIS SÍSMICO**

Según la normativa peruana, existen varios parámetros específicos para el análisis sismorresistente de una edificación en función de la ubicación.

##### **Factor de zona (Z)**

Según la normativa peruana (ver Tabla 13), el departamento de Huánuco, provincia de Huánuco, distrito de Huánuco, lugar donde se encuentra ubicado el módulo I, pertenece a la zona

sísmica 2 por lo que el factor de zona “Z” que le corresponde es de 0.25.

**Tabla 13**  
Factor de zona MDL

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
HUÁNUCO	HUÁNUCO	HUÁNUCO	2	TODOS LOS DISTRIT OS
		AMARILIS		
		CHINCHAO		
		CHURUBAMBA		
		MARGOS		
		PILLCO MARCA		
		QUISQUI		
		SAN FRANCISCO DE CAYRAN		
		SAN PEDRO DE CHAULAN		
		SANTA MARIA DEL VALLE		
		YARUMAYO		
		YACUS		
		SAN PABLO DE PILLAO		
	HUACAYBAMBA	2	TODOS LOS DISTRIT OS	
	CANCHABAMBA			
	COCHABAMBA			
	PINRA			

Nota. Información obtenida de la norma E.030

### Factor de sitio

De acuerdo a la normativa peruana (ver Tabla 14) y el estudio de mecánica de suelos EMS el módulo I se encuentra erigida o construida en un tipo de suelo S2, es decir, un suelo intermedio. Por lo tanto, el factor de suelo “S” que le corresponde es de 1.20.

**Tabla 14**  
Factor de suelo - MDL

ZONA \ SUELO	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
	Z <sub>4</sub>	0.80	1.00	1.05
Z <sub>3</sub>	0.80	1.00	1.15	1.20
Z <sub>2</sub>	0.80	1.00	1.20	1.40
Z <sub>1</sub>	0.80	1.00	1.60	2.00

Nota. Información obtenida de la norma E.030

Teniendo en consideración el factor de suelo y la normativa peruana (ver Tabla 15), se puede decir que el periodo  $T_P$  es igual a 0.6s y el periodo  $T_L$  es igual a 2.0s.

**Tabla 15**  
Factores  $T_P$  y  $T_L$  - MDL

	Perfil de suelo			
	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$T_P$ (s)	0.3	0.4	0.6	1.0
$T_L$ (s)	3.0	2.5	2.0	1.6

*Nota.* Información obtenida de la norma E.030

### **Factor de amplificación sísmica (C)**

De acuerdo a la normativa peruana y a la determinación del periodo fundamental “T” del módulo I, se puede determinar el valor de “C” de la siguiente manera:

Periodo Fundamental de vibración direcciones “X” y “Y”

- Para  $T_X = 0.1758\text{seg}$ , corresponde  $C_X = 2.5$
- Para  $T_Y = 0.1758\text{seg}$ , corresponde  $C_Y = 2.5$

### **Factor de uso de la edificación (U)**

Según la normativa peruana, las instituciones educativas son consideradas Edificaciones Esenciales A2, ya que pueden servir de refugio después de un sismo. El factor de uso “U” es igual a 1.5.

### **Coficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas (R<sub>o</sub>)**

Según la normativa peruana, para un sistema de concreto armado de MDL le corresponde un coeficiente  $R_o$  igual a 4.

#### **4.1.2.4 EVALUACIÓN SÍSMICA BASADA EN DESEMPEÑO**

##### **Modelo matemático de la estructura**

El modelo matemático del módulo I se realiza con la herramienta computacional ETABS, donde se tiene que definir las características de los materiales y las propiedades de las

secciones para luego modelar el módulo I de acuerdo al planteamiento estructural propuesto (ver Figura 36).

### **Definición de materiales**

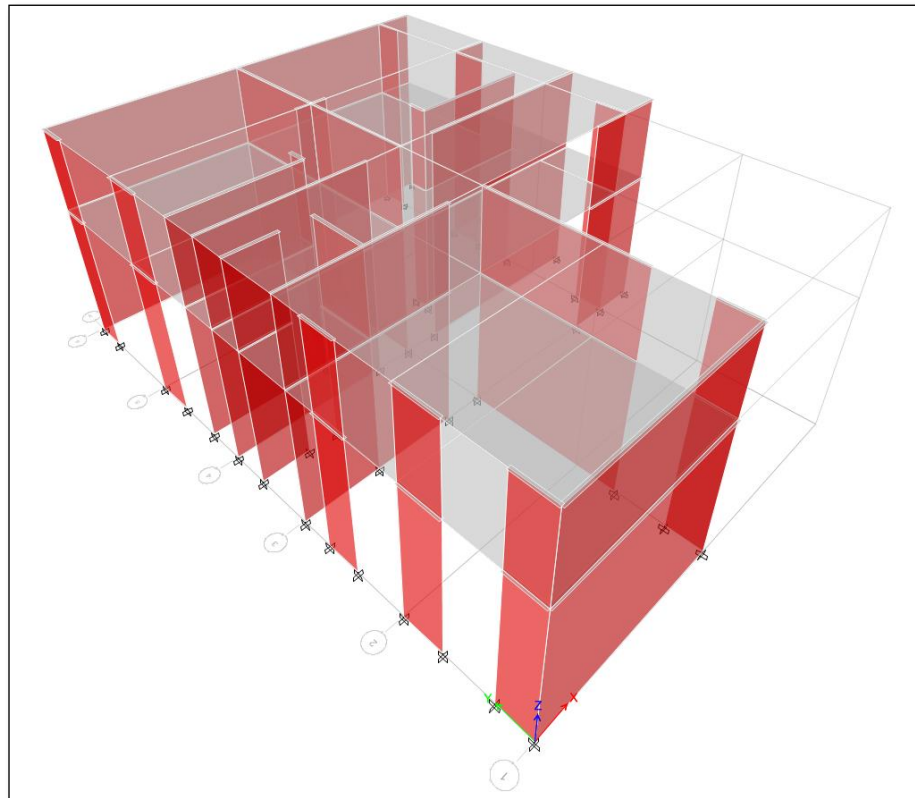
- Concreto armado -  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Acero de refuerzo -  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

### **Propiedades de las secciones**

- Muros 0.12m
- Losa maciza 0.20m

**Figura 36**

*Modelo matemático de la estructura de MDL*



Nota. En la figura se muestra el modelo del sistema de MDL.

### **Asignación de cargas**

- CM-Tab =  $150 \text{ kg/cm}^2$
- CM-Acab =  $100 \text{ kg/cm}^2$
- CM-Ladrillos =  $90 \text{ kg/cm}^2$

- CV-Entrepiso (aulas) = 250 kg/cm<sup>2</sup>
- CV-Entrepiso (talleres y pasadizos) = 400 kg/cm<sup>2</sup>
- CV-Azotea = 100 kg/cm<sup>2</sup>

### Periodo Fundamental de Vibración direcc. “X” y “Y”

- $T_X = 0.4497$  seg
- $T_Y = 0.4967$  seg

**Tabla 16**

*Periodos y frecuencia MDL*

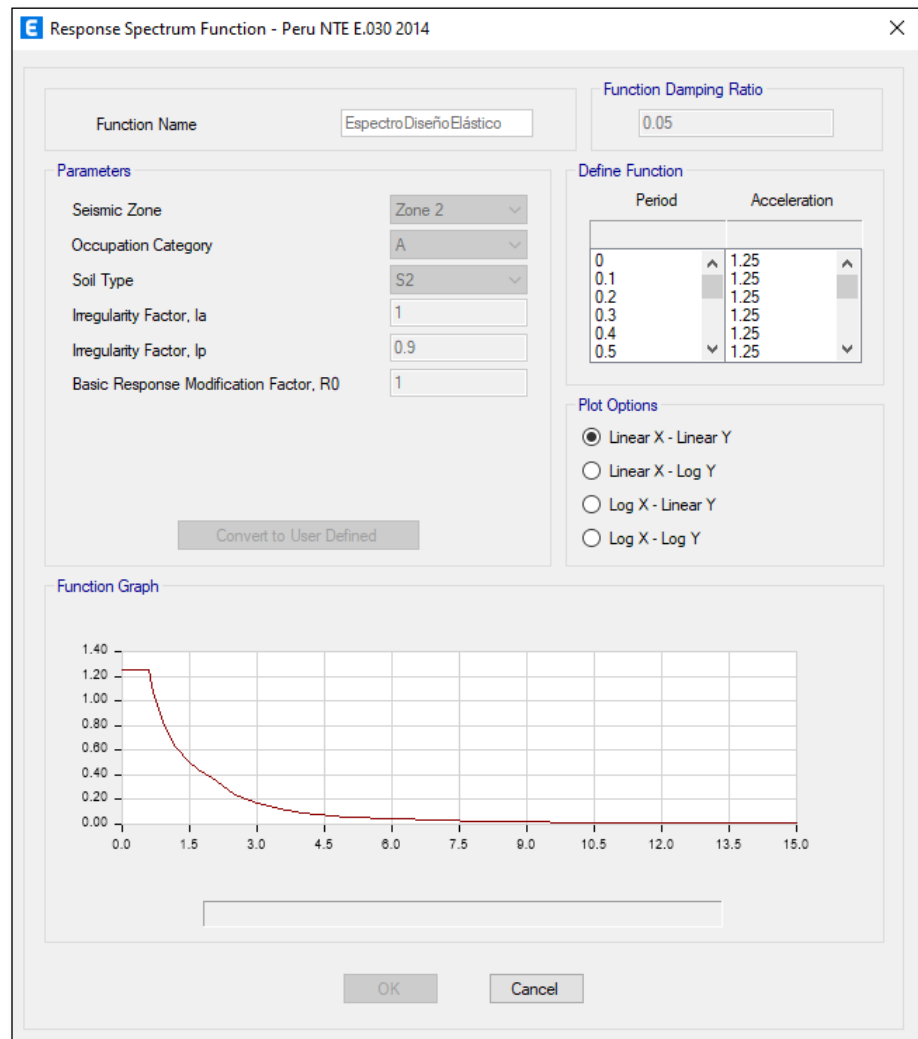
Case	Mode	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Modal	1	0.4497	2.013	12.6497	160.0145
Modal	2	0.9467	2.224	13.9722	195.2214

### Definición del Espectro de Diseño

Para definirlo se tiene que considerar un Coeficiente Básico de Reducción  $R_0 = 1$ , ya que para el análisis no lineal no se está diseñando, sino evaluando la estructura. Además, se debe considerar una relación de amortiguamiento de 5% (ver Figura 37).

**Figura 37**

*Espectro de diseño elástico MDL*



Nota. En la figura se muestra el espectro de diseño elástico del sistema de MDL.

### **Definición del Espectro Máximo**

Para definirlo se tiene que considerar un Coeficiente Básico de Reducción  $R_0 = 0.8$ , ya que para el análisis no lineal no se está diseñando, sino evaluando la estructura. Además, se debe considerar una relación de amortiguamiento de 5% (ver Figura 38).



**Figura 38**

*Espectro máximo MDL*



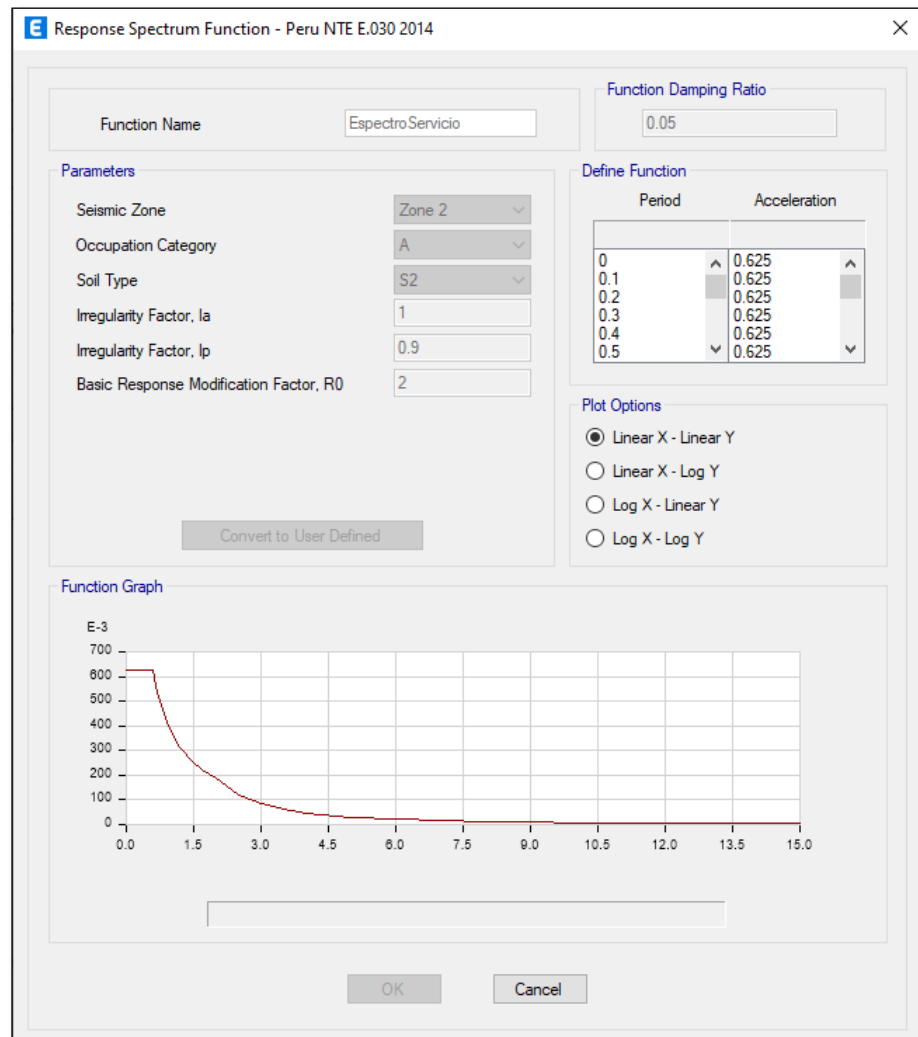
Nota. En la figura se muestra el espectro máximo del sistema de MDL.

### **Definición del Espectro de Servicio**

Para definirlo se tiene que considerar un Coeficiente Básico de Reducción  $R_0 = 2$ , ya que para el análisis no lineal no se está diseñando, sino evaluando la estructura. Además, se debe considerar una relación de amortiguamiento de 5% (ver Figura 39).

**Figura 39**

*Espectro de servicio MDL*



Nota. En la figura se muestra el espectro de servicio del sistema de MDL.

### **Identificación Punto de control en “X” y “Y”**

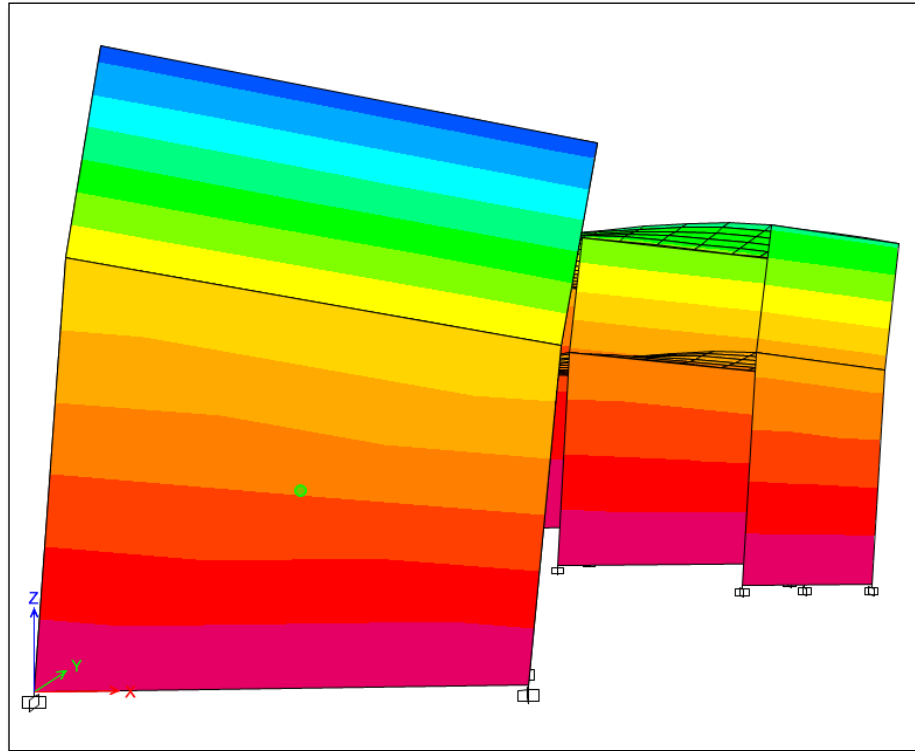
Para definir el punto de control de desplazamiento en “X” y “Y” se debe analizar el modelo utilizando el espectro de diseño elástico. Para la estructura aporticada se pudo identificar como punto de control el Punto 19 como se muestra a continuación:

Punto de mayor desplazamiento Pto. 19  $D_x = 0.2363\text{cm}$ .

Punto de mayor desplazamiento Pto. 19  $D_y = 0.3759\text{cm}$ .

**Figura 40**

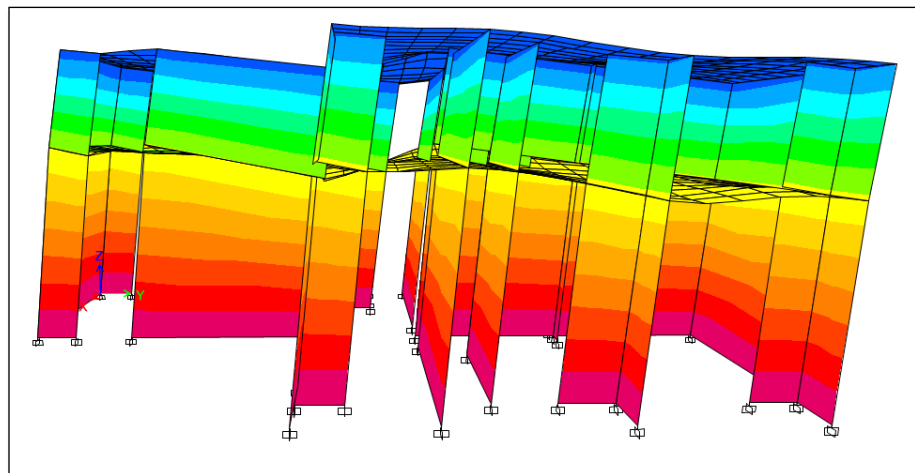
*Deformación de la estructura en "X" – MDL*



Nota. En la figura se muestra la deformada en "X" del sistema de MDL.

**Figura 41**

*Deformación de la estructura en "Y" – MDL*



Nota. En la figura se muestra la deformada en "Y" del sistema de MDL.

### **Análisis de resultados**

Luego de haber realizado el AENL (Pushover) en "X" y "Y", se obtienen los puntos de desempeño sísmico para los tres tipos

de espectros sísmicos definidos, Espectro de Diseño, Espectro Máximo y Espectro de Servicio. Luego, se calcula la deriva de entrepiso para el punto de desempeño obtenido y así finalmente obtener el nivel de desempeño del módulo I.

**Dirección X (Espectro de Servicio):**

Desplazamiento - Punto Desempeño DX = 0.0012cm.

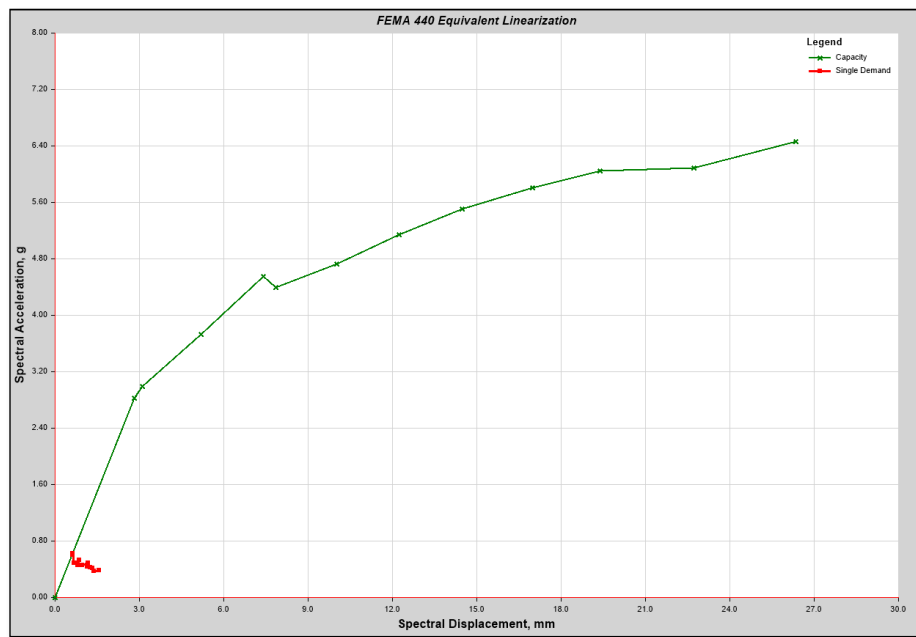
Deriva de entrepiso  $\Delta_x = 0.000012/2.95 = 0.0000\text{‰} = 0.0000\%$

$$0.0000 < 0.10$$

Esta deriva de entrepiso nos indica que el módulo I se encuentra en un Nivel Operativo.

**Figura 42**

*Espectro de servicio en "X" – Punto de desempeño MDL*



Nota. En la figura se muestra la curva Pushover para espectro de servicio en "X" del sistema de MDL.

**DIRECCIÓN X (Espectro de Diseño):**

Desplazamiento - Punto Desempeño DX = 0.0016cm.

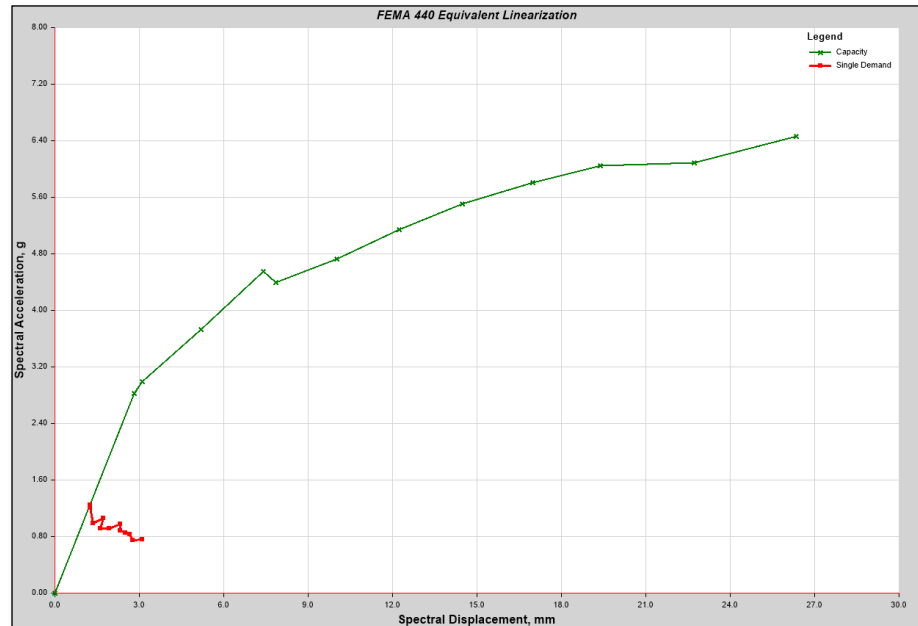
Deriva de entrepiso  $\Delta_x = 0.000016/2.95 = 0.0000\text{‰} = 0.0000\%$

$$0.0000 < 0.10$$

Esta deriva de entrepiso nos indica que el módulo I se encuentra en un Nivel Operativo.

**Figura 43**

*Espectro de diseño en "X" – Punto de desempeño MDL*



Nota. En la figura se muestra la curva Pushover para espectro de diseño en "X" del sistema de MDL.

**DIRECCIÓN X (Espectro Máximo):**

Desplazamiento - Punto Desempeño DX = 0.0024cm.

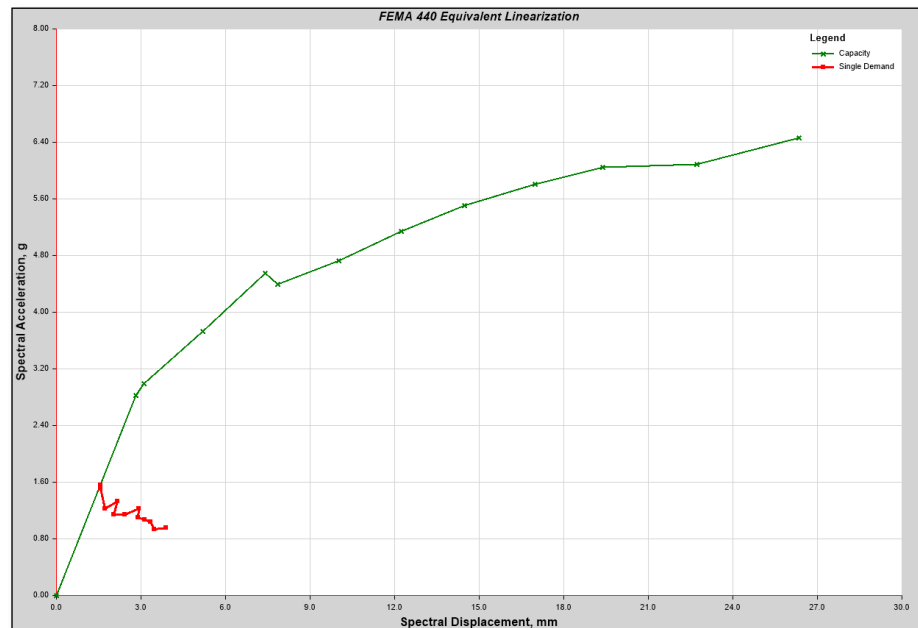
Deriva de entrepiso  $\Delta_X = 0.000024/2.95 = 0.0000\text{‰} = 0.0000\%$

$$0.0000 < 0.10$$

Esta deriva de entrepiso nos indica que el módulo I se encuentra en un Nivel Operativo.

**Figura 44**

*Espectro máximo en "X" – Punto de desempeño MDL*



Nota. En la figura se muestra la curva Pushover para espectro máximo en "X" del sistema de MDL.

**DIRECCIÓN Y (Espectro de Servicio):**

Desplazamiento - Punto Desempeño DY = 0.0019cm.

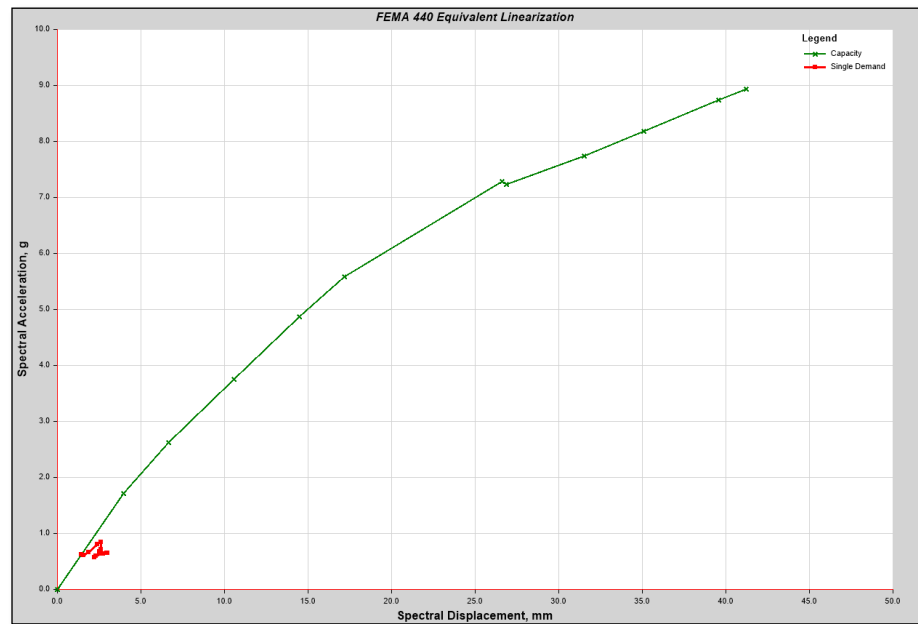
Deriva de entrepiso  $\Delta_Y = 0.000019/2.95 = 0.0000\text{‰} = 0.0000\%$

$$0.0000 < 0.10$$

Esta deriva de entrepiso nos indica que el módulo I se encuentra en un Nivel Operativo.

**Figura 45**

*Espectro de servicio en "Y" – Punto de desempeño MDL*



Nota. En la figura se muestra la curva Pushover para espectro de servicio en "Y" del sistema de MDL.

**DIRECCIÓN Y (Espectro de Diseño):**

Desplazamiento - Punto Desempeño  $D_X = 0.0026\text{cm}$ .

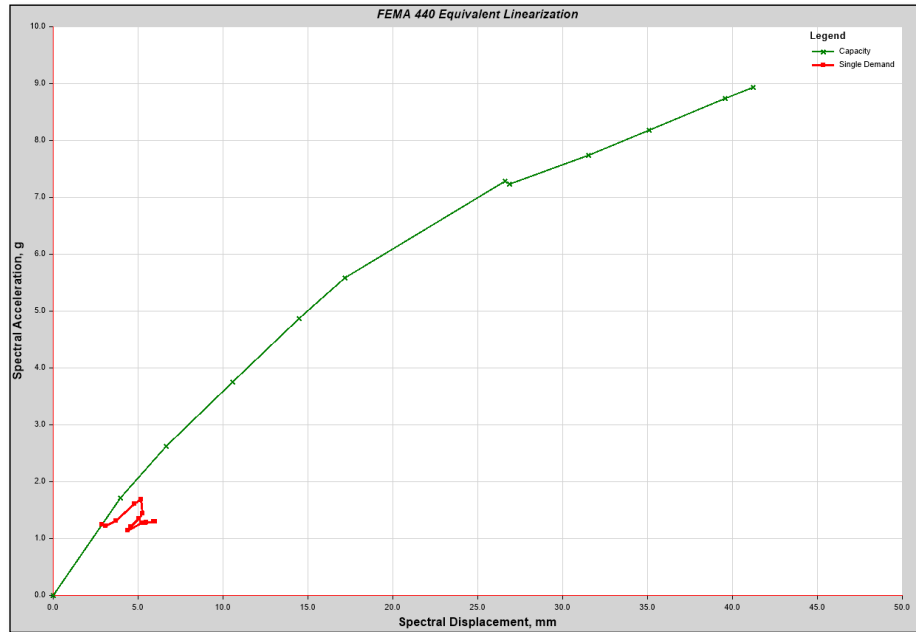
Deriva de entrepiso  $\Delta_Y = 0.000026/2.95 = 0.0000\text{‰} = 0.0000\%$

$$0.0000 < 0.10$$

Esta deriva de entrepiso nos indica que el módulo I se encuentra en un Nivel Operativo.

**Figura 46**

*Espectro de diseño en "Y" – Punto de desempeño MDL*



Nota. En la figura se muestra la curva Pushover para espectro de diseño en "Y" del sistema de MDL.

**DIRECCIÓN Y (Espectro Máximo):**

Desplazamiento - Punto Desempeño DY = 0.0037cm.

Deriva de entrepiso  $\Delta_Y = 0.000037/2.95 = 0.0000\text{‰} = 0.0000\%$

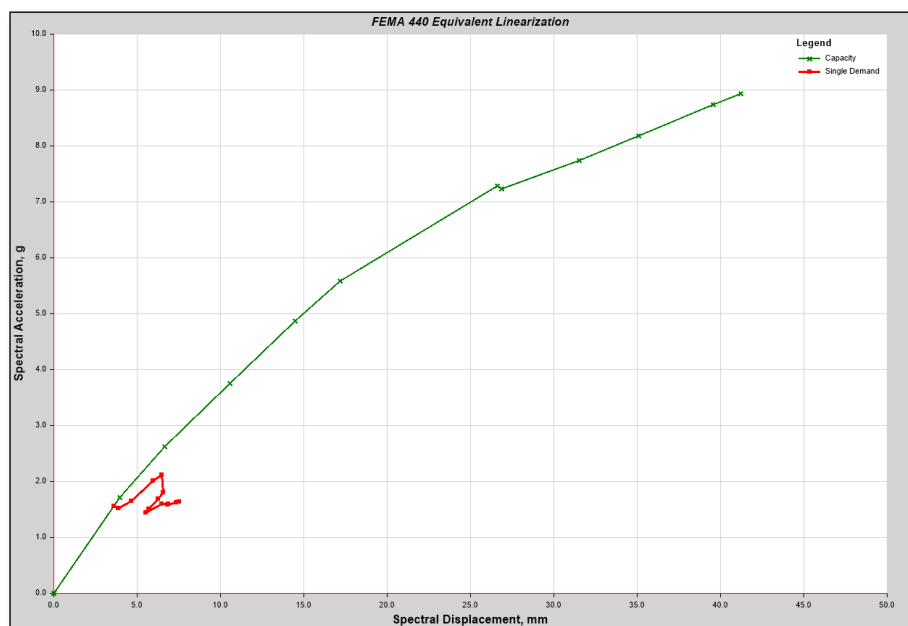
$$0.0000 < 0.10$$

Esta deriva de entrepiso nos indica que el módulo I se encuentra en un Nivel Operativo.



**Figura 47**

*Espectro máximo en “Y” – Punto de desempeño MDL*



Nota. En la figura se muestra la curva Pushover para espectro máximo en “Y” del sistema de MDL.

#### **4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS**

Para contrastar las hipótesis propuestas inicialmente se utilizó el software ETABS, donde se ingresaron los parámetros necesarios establecidos en los códigos de diseño, nacional e internacional, tomados como base principal para este trabajo de investigación.

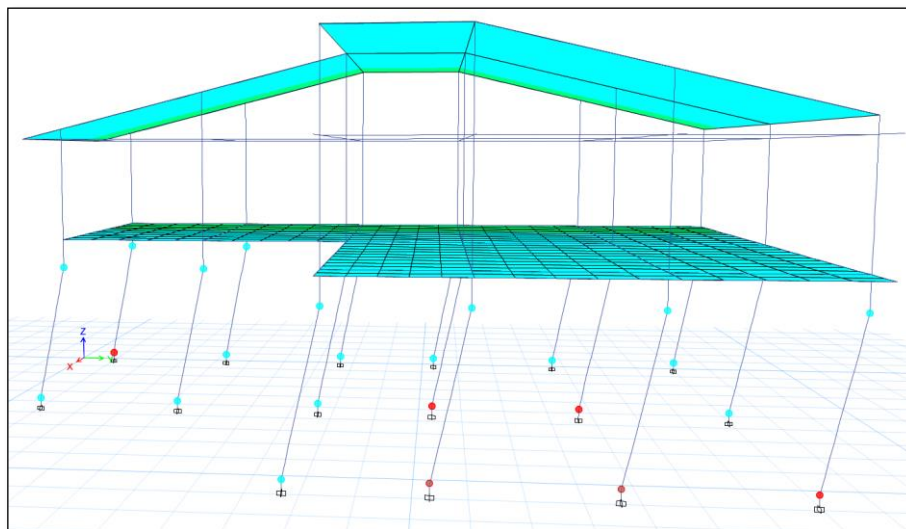
**Prueba de Hipótesis N°01:** Utilizando el espectro de diseño máximo establecido por la normativa peruana y los niveles de desempeño del código ASCE/SEI 41-17 se obtuvo, para el sistema aporticado en la dirección más desfavorable de análisis “Y”, una deriva de entrepiso de  $\Delta_Y = 0.5235\%$  que según la Tabla N°09 se encuentra entre los valores  $0.50\% < \Delta_Y < 0.80\%$ , lo cual nos indica que el módulo I se encuentra en un nivel Seguridad de Vida – Irreparable. Con este resultado se puede afirmar que la hipótesis propuesta es verdadera.

**Prueba de Hipótesis N°02:** Utilizando el espectro de diseño máximo establecido por la normativa peruana y los niveles de desempeño del código ASCE/SEI 41-17 se obtuvo, para el sistema aporticado en la dirección más desfavorable de análisis “Y”, un desplazamiento máximo de  $DY = 15.4430\text{cm}$

lo cual generó las fallas en las columnas del primer piso (rótulas plásticas en color rojo (ver Figura 48). Con este resultado se puede afirmar que la hipótesis propuesta es verdadera.

**Figura 48**

*Formación de rótulas plásticas dirección “Y” – aporticado*



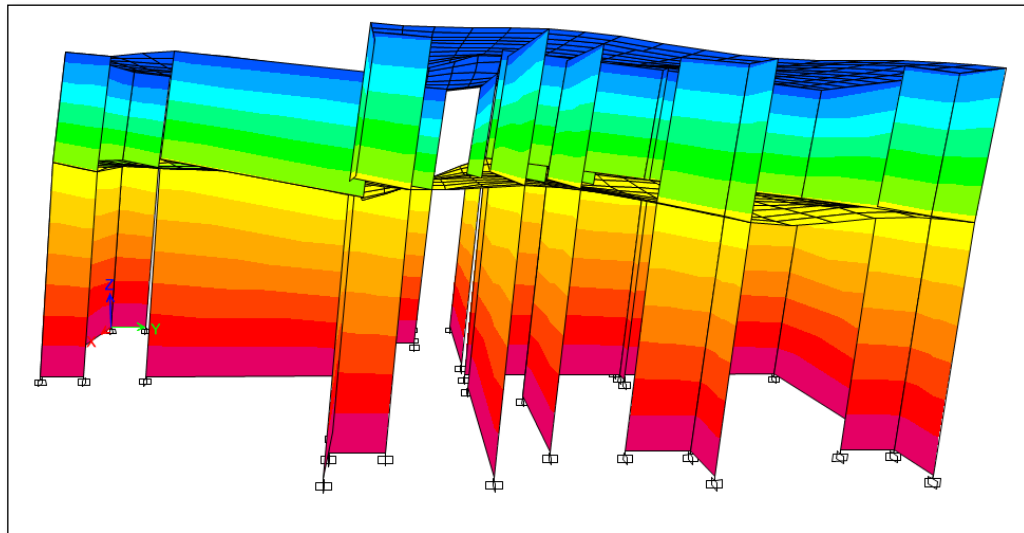
Nota. En la figura se muestra las rótulas plásticas en “Y” del sistema aporticado.

**Prueba de Hipótesis N°03:** Utilizando el espectro de diseño máximo establecido por la normativa peruana y los niveles de desempeño del código ASCE/SEI 41-17 se obtuvo, para el sistema de MDL en la dirección más desfavorable de análisis “Y”, una deriva de entrepiso de  $\Delta_Y = 0.0000\%$  que según la Tabla 3 es menor que  $0.10\% < \Delta_Y$ , lo cual nos indica que la estructura se encuentra en un nivel Operacional. Con este resultado se puede afirmar que la hipótesis propuesta es verdadera.

**Prueba de Hipótesis N°04:** Utilizando el espectro de diseño máximo establecido por la normativa peruana y los niveles de desempeño del código ASCE/SEI 41-17 se obtuvo, para el sistema aporticado en la dirección más desfavorable de análisis “Y”, un desplazamiento máximo de  $DY = 0.0037\text{cm}$  lo cual no generó ningún tipo de falla en los muros de concreto (no presenta ningún tipo de rótula plástica (ver Figura 49). Con este resultado se puede afirmar que la hipótesis propuesta es verdadera.

**Figura 49**

Formación de rótulas plásticas dirección “Y” – MDL



Nota. En la figura se muestra las rótulas plásticas en “Y” del sistema de MDL.

**Tabla 17**

Contrastación y prueba de hipótesis

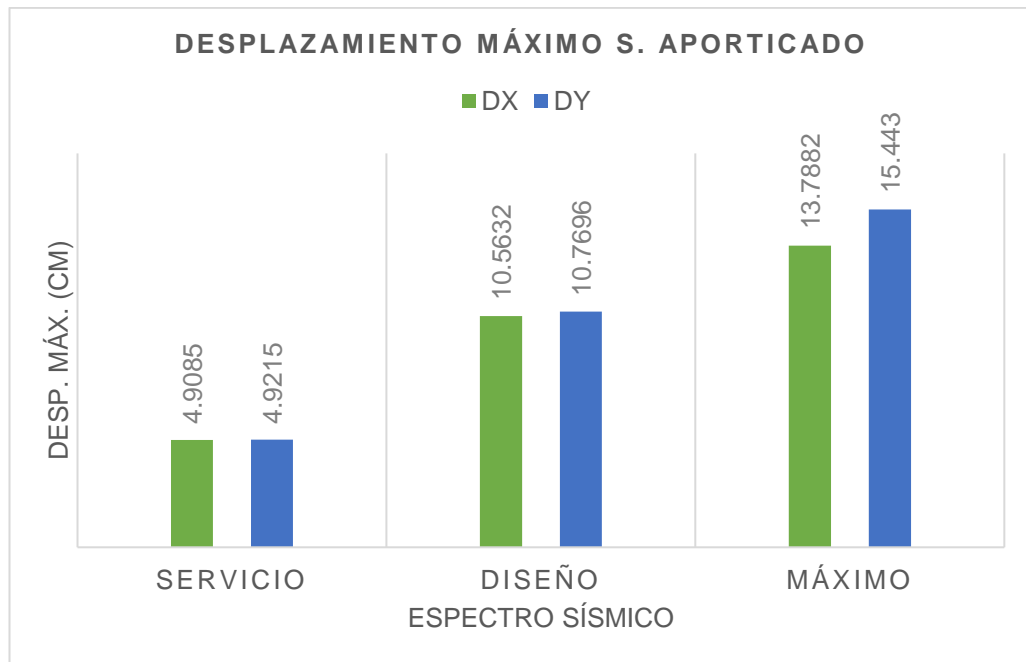
Hipótesis General	Hipótesis Específicas	Conclusión	Resultado
Sistema de MDL es mejor propuesta que el Sistema Aporticado	H1	- Dirección más desfavorable “Y” - Deriva de entrepiso $\Delta_Y = 0.5235\%$ - Nivel de desempeño “Seguridad de Vida”	Hipótesis Verdadera
	H2	- Dirección más desfavorable “Y” - Desplazamiento máx. $D_Y = 15.4430\text{cm}$ - Fallas importantes	Hipótesis Verdadera
	H3	- Dirección más desfavorable “Y” - Deriva de entrepiso $\Delta_Y = 0.0000\%$ - Nivel de desempeño “Operacional”	Hipótesis Verdadera
	H4	- Dirección más desfavorable “Y” - Desplazamiento máx. $D_Y = 0.0037\text{cm}$ - Sin fallas	Hipótesis Verdadera

**Tabla 18**  
Resumen de resultados

<b>DIRECCIÓN "X"</b>				
<b>Sistema Estructural</b>	<b>Espectro (Sismo)</b>	<b>Desplazamiento Máximo (cm)</b>	<b>Deriva Máxima (%)</b>	<b>Nivel de Desempeño</b>
Aporticado	Servicio	4.9085	0.1664	Operativo - Reparable
Aporticado	Diseño	10.5632	0.3581	Seguridad de Vida - Moderado
Aporticado	Máximo	13.7882	0.4674	Seguridad de Vida - Moderado
MDL	Servicio	0.0012	0.0000	Operacional
MDL	Diseño	0.0016	0.0000	Operacional
MDL	Máximo	0.0024	0.0000	Operacional
<b>DIRECCIÓN "Y"</b>				
<b>Sistema Estructural</b>	<b>Espectro (Sismo)</b>	<b>Desplazamiento Máximo (cm)</b>	<b>Deriva Máxima (%)</b>	<b>Nivel de Desempeño</b>
Aporticado	Servicio	4.9215	0.1668	Operacional – Reparable
Aporticado	Diseño	10.7696	0.3651	Seguridad de Vida – Moderado
Aporticado	Máximo	15.4430	0.5235	Seguridad de Vida – Irreparable
MDL	Servicio	0.0019	0.0000	Operacional
MDL	Diseño	0.0026	0.0000	Operacional
MDL	Máximo	0.0037	0.0000	Operacional

**Figura 50**

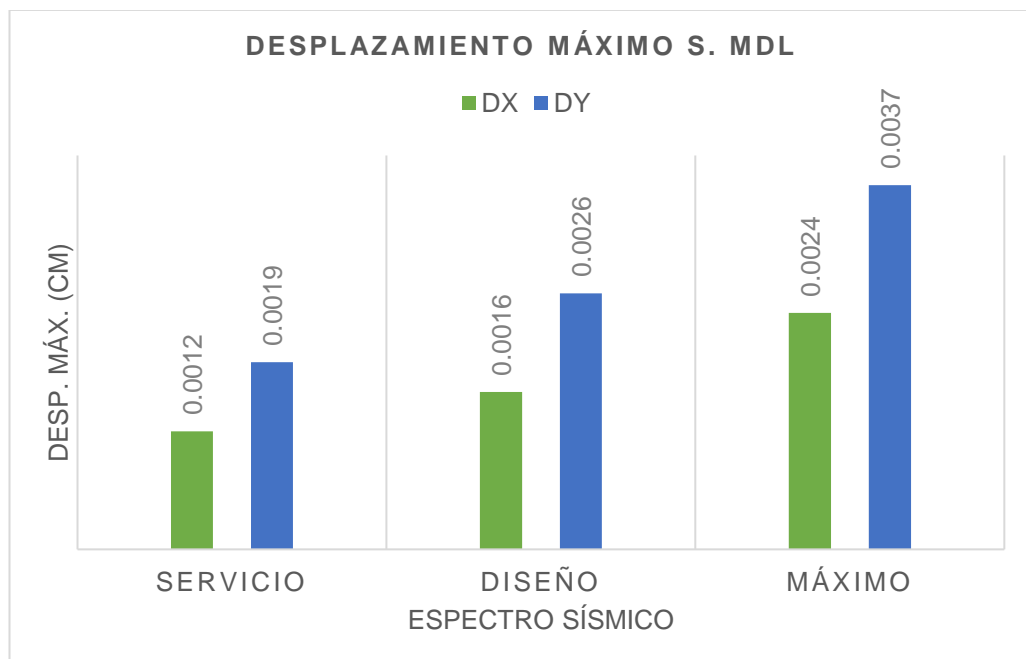
*Desplazamientos máximos en el sistema aporticado*



Nota. En la figura se muestran desplazamientos máximos del sistema aporticado.

**Figura 51**

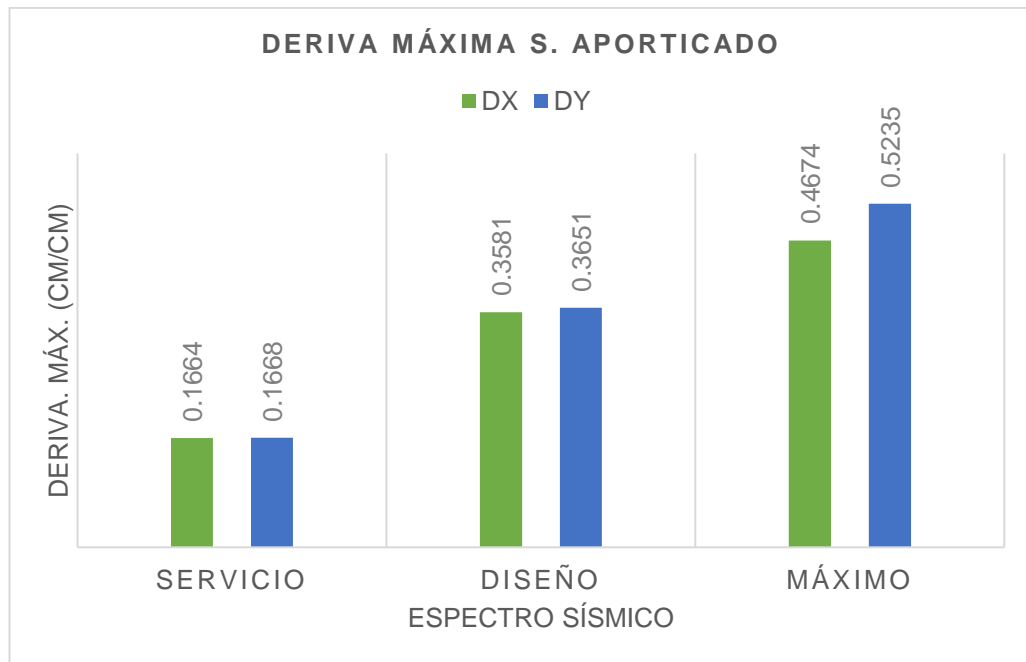
*Desplazamientos máximos en el sistema de MDL*



Nota. En la figura se muestran desplazamientos máximos del sistema de MDL.

**Figura 52**

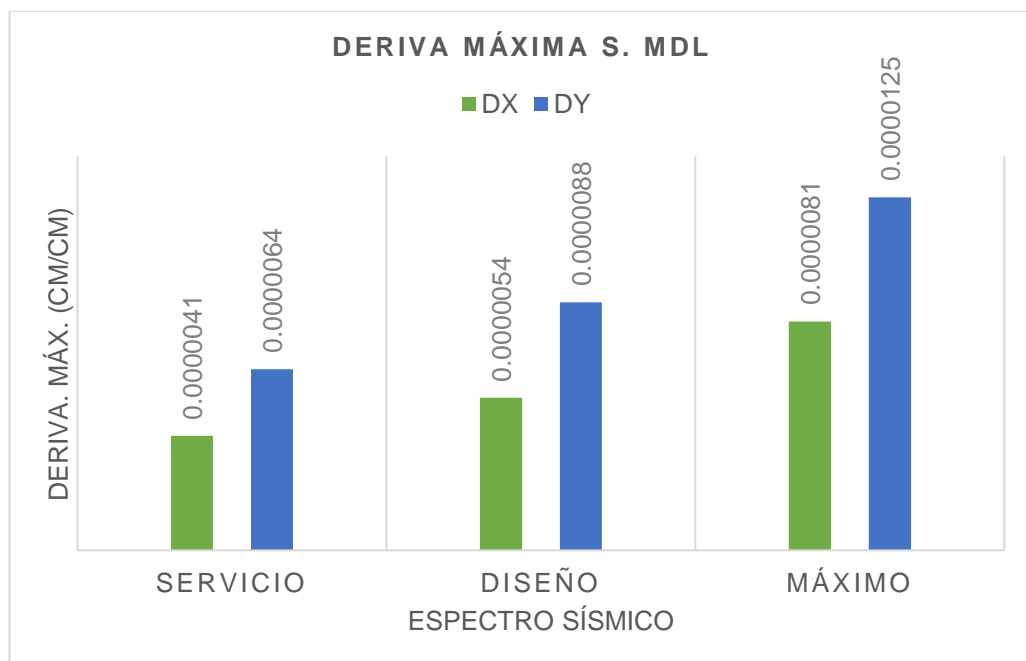
*Derivas máximas en el sistema aporticado*



Nota. En la figura se muestran derivas máximas del sistema aporticado.

**Figura 53**

*Derivas máximas en el sistema de MDL*



Nota. En la figura se muestran derivas máximas del sistema de MDL.

## **CAPITULO V**

### **DISCUSION DE RESULTADOS**

#### **5.1 CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Para este trabajo de investigación se analizó el módulo I utilizando el método de AENL (Pushover), y los resultados fueron: para el sistema aporticado se obtuvo el nivel Seguridad de Vida y para el sistema de MDL se obtuvo el nivel Operacional.

Esteba (2017), determinó que para un edificio con características similares diseñado bajo la normativa peruana, utilizando la metodología de AENL (Pushover), se obtiene como resultado un nivel Ocupación Inmediata. Resultado que no coincide con los resultados obtenidos en esta investigación.

Fernández (2020), determinó para una vivienda-comercio, utilizando la metodología de AENL (Pushover), obtuvo como resultado un nivel Colapso. Resultado que no coincide con los resultados obtenidos en esta investigación.

Salcedo (2017), determinó para un edificio de similares características diseñado bajo la normativa colombiana, utilizando la metodología de AENL (Pushover) obtuvo como resultado un nivel Ocupación Inmediata. Resultado que no coincide con los resultados obtenidos en esta investigación.

Orellana y Parra (2017), determinó para un edificio de similares características diseñado bajo la normativa ecuatoriana, utilizando la metodología de AENL (Pushover) obtuvo como resultado un nivel Seguridad de Vida. Resultado que coincide con los resultados obtenidos en esta investigación para el sistema aporticado.

## CONCLUSIONES

- El AENL (Pushover) permitió determinar y comparar los niveles de desempeño sismorresistente de los sistemas estructurales en estudio, aporticado y MDL, del módulo I. Es decir, este método de análisis ayudó a determinar qué sistema pudo haber sido la solución estructural más adecuada en la infraestructura de la Institución Educativa.
- Al comparar los niveles de desempeño de ambos sistemas estructurales, aporticado y MDL, se pudo concluir que el sistema de MDL es la solución más adecuada para el módulo I, ya que este sistema tiene un nivel Operacional y el sistema aporticado tiene un nivel Seguridad de Vida para el espectro de diseño máximo.
- Para poder aplicar el método de AENL (Pushover) fue necesario utilizar una herramienta computacional, ETABS. En el cual, se insertaron todos los parámetros de diseño necesarios que están establecidos por el código de diseño ASCE/SEI 41-17 (niveles de desempeño) y la normativa peruana (espectros de diseño).
- El sistema estructural aporticado del módulo I presentó fallas estructurales importantes en las columnas del primer piso ante un espectro de diseño máximo. Es decir, los desplazamientos máximos obtenidos en ambas direcciones de análisis "X" y "Y" superaron los límites establecidos por el código ASCE/SEI 41-17.
- El sistema estructural de MDL del módulo I no presentó fallas estructurales en ninguno de los muros de concreto armado ante un espectro de diseño máximo. Es decir, los desplazamientos máximos obtenidos en ambas direcciones de análisis "X" y "Y" no superaron los límites establecidos por el código ASCE/SEI 41-17.



## RECOMENDACIONES

- Utilizar el método de AENL (Pushover) para obtener el nivel de desempeño sismorresistente deseado para cualquier sistema estructural que se quiera proyectar durante la etapa de diseño. Y así, se puedan comparar varias alternativas y elegir el sistema estructural más adecuado como diseño definitivo.
- Utilizar el código ASCE/SEI 41-17 como referencia principal para aplicar el método de AENL (Pushover), ya que este nos proporciona los parámetros de diseño necesarios y pasos a seguir para evaluar el desempeño sísmico de cualquier tipo de sistema estructural. Además, se recomienda utilizar la norma peruana E 0.30 para adaptar el código ASCE/SEI a los requerimientos específicos de diseño en nuestro país, por ejemplo: espectros de diseño y derivas máximas de entrepiso.
- Utilizar un software adecuado con la capacidad suficiente para realizar el procesamiento del análisis estructural, ya que realizar los cálculos de manera manual tomaría demasiado tiempo y sería ineficiente. El software ETABS permite insertar todos los parámetros de diseño necesarios para realizar un análisis estático no lineal, parámetros que fueron tomados del código ASCE/SEI 41-17 y la normativa peruana.
- Para el diseño sismorresistente del módulo I (edificación esencial) se debe lograr como mínimo un nivel de desempeño "Ocupación inmediata", ya que según el código ASCE/SEI 41-17 y la norma peruana E 0.30 éstas deben resguardar a las personas después de un sismo severo.
- Para el diseño sismorresistente de una edificación esencial, en este caso una institución educativa, se debe cumplir con las derivas máximas de entrepiso propuestas en la norma peruana E 0.30 para así obtener una estructura rígida capaz de resistir cualquier sismo. Por lo que, es recomendable rigidizar la estructura en ambas direcciones de análisis y así disminuir las derivas de entrepiso.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASCE/SEI 41-17 (2017). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings by American Society of Civil Engineers*. Reston, Virginia.
- ATC-40 (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of concrete Buildings by Applied Technology Council*. Redwood City, California.
- Báez, P. (2018). *Evaluación del desempeño sísmico de marcos a momento en edificios de baja y mediana altura*. Tesis de grado de la Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.
- Bertero, V. (2001). *Ingeniería sísmica basada en el desempeño de las construcciones*. España: 2° Congreso Iberoamericano de Ingeniería Sísmica.
- Botero, C. y Marín, F. (2021). *Revisión de literatura acerca de las variables que inciden en el comportamiento sísmico de muros delgados de concreto reforzado*. Tesis de Maestría de la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Burgos, M. (2007). *Estudio de la metodología "Diseño por Capacidad" en edificaciones aporticadas de concreto armado para ser incorporada a la norma peruana E-030 como alternativa de diseño*. Tesis de maestría de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Chávez, X. (2017). *Evaluación por desempeño mediante un análisis no lineal estático del módulo I, del bloque A, del Hospital Daniel Alcides Carrión de la Provincia de Huancayo, Región Junín*. Tesis de grado de la Universidad Continental, Huancayo, Perú.
- Esteba, A. (2017). *Análisis estático y dinámico no lineal en el desempeño de un edificio de concreto armado diseñado bajo la norma E-030 en Puno*. Tesis de grado de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- FEMA 356 (2000). *Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings by Federal Emergency Management Agency*. Reston, Virginia.
- Fernández, G. (2020). *Evaluación del desempeño sísmico mediante el*

*análisis estático no lineal, vivienda-comercio Miura Grill, Chiclayo.* Tesis de grado de la Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú.

- Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación – 6ta edición.* México: MCGRAW-HILL.
- MacCormac, J. y Brown, R. (2014). *Design of Reinforced Concrete.* USA: Courier.
- Navarro, L. y Fernández, V. (2006). *Desempeño sísmico de un Edificio Aporticado de Seis Pisos Diseñado con las Normas Peruanas de Edificaciones.* Tesis de Grado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Noroña, A. (2020). *Modelo reducido para la evaluación rápida del desempeño sísmico de edificios mediante análisis dinámico no-lineal.* Tesis de maestría de la Universidad de Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- Orellana, G. y Parra, J. (2017). *Evaluación de desempeño sísmico de un edificio esencial aporticado de hormigón armado según la norma ecuatoriana de construcción (NEC-SE-RE-2015).* Tesis de grado de la Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Paredes, M. (2016). *Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal Pushover.* Tesis de grado de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2017), ed. decima primera edición, Lima, Perú, editorial megabyte.
- Robles, A. (2018). *Evaluación del desempeño sismorresistente de la estructura del pabellón B de la Institución Educativa Ernesto Diez Canseco, Yanahuanca – Pasco – 2018.* Tesis de grado de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Pasco, Perú.
- Safina, S. (2002). *Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico.* Memoria de la tesis doctoral de la Universidad de Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.

- Salcedo, Y. (2017). *Desempeño sísmico por el método Pushover de un edificio construido en la ciudad de Barranquilla bajo la norma NSR-10*. Tesis de grado de la Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia.
- SEAOC Vision 2000 Committee (1995). *Performance-Based Seismic Engineering, Report prepared by Structural Engineers Association of California*. Sacramento, California.
- Valencia, Miriam (2020). *Edificios de baja altura con sistemas estructurales de ductilidad limitada, tipo paredes portantes ante acciones sísmicas altas*. Tesis de Maestría de la Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- Vélez, J. (2020). *Estudio numérico y experimental sobre el comportamiento sísmico de muros delgados de edificios de concreto reforzados*. Tesis de Doctorado de la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Wight, J. y MacGregor, J. (2009). *Reinforced Concrete. Mechanics & Design*. USA: Pearson.

### **COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Antezana Isidro, I. (2023). *Desempeño sísmico comparativo entre el sistema estructural de muros de ductilidad limitada y aporticado del módulo I en la Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga, Huánuco – Huánuco – 2022* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. <http://...>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

<b>"DESEMPEÑO SÍSMICO COMPARATIVO ENTRE EL SISTEMA ESTRUCTURAL DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA Y APORTICADO DEL MÓDULO I DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA ESPECIAL NIÑO JESÚS DE PRAGA, HUÁNUCO - HUÁNUCO - 2022"</b>					
<b>PROBLEMAS</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>POBLACIÓN</b>
<b>Problema general</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>	<b>Variable dependiente</b>	Enfoque: Cuantitativo  Nivel: Explicativo, de alcance comparativo  Diseño: Experimental-transversal  X >>> Y	Población y muestra: Estructura del módulo I de la Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga.  N = 1
¿Cuál sistema estructural, de pórticos o de muros de ductilidad limitada (MDL), tomando como indicador principal de comparación el desempeño sísmico, es la solución estructural más adecuada para el módulo I en la Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga?	Determinar qué sistema estructural, de pórticos y de muros de ductilidad limitada (MDL), tomando como indicador principal de comparación el desempeño sísmico, es la solución estructural más adecuada para el módulo I en la Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga.	El sistema estructural de muros de ductilidad limitada (MDL) propuesto presenta un mejor nivel de desempeño sísmico que el sistema estructural de pórticos existente, por lo que es la solución estructural más adecuada para el módulo I en la Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga.	Desempeño sísmico		
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>	<b>Variable independiente</b>		
1. ¿Cuál es el nivel de desempeño sísmico del sistema estructural de pórticos del módulo I en la Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga? 2. ¿Qué fallas estructurales presentará el sistema estructural aporticado,	1. Determinar el nivel de desempeño sísmico del sistema estructural de pórticos del módulo I de la Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga. 2. Identificar qué fallas estructurales, para un espectro máximo, se presentan en la estructura	1. El nivel de desempeño sísmico es el de "Seguridad de Vida", para un espectro de diseño máximo, en el sistema estructural de pórticos del módulo I de la Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga. 2. La estructura aporticada presenta fallas importantes	Sistema Estructural: 1) Sistema estructural de pórticos. 2) Sistema estructural de muros de ductilidad limitada (MDL).		

<p>para un espectro máximo, en la Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga?</p> <p>3. ¿Cuál es el nivel de desempeño sísmico del sistema estructural de muros de ductilidad limitada (MDL) del módulo I en la Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga?</p> <p>4. - ¿Qué fallas estructurales presentará el sistema de muros de ductilidad limitada (MDL), para un espectro máximo, en la Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga?</p>	<p>aportada del módulo I de la Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga.</p> <p>3. - Proponer un sistema estructural de muros de ductilidad limitada (MDL) y luego determinar el nivel de desempeño sísmico del módulo I en la Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga.</p> <p>4. Identificar qué fallas estructurales, para un espectro máximo, se presentan en la estructura de muros de ductilidad limitada (MDL) del módulo I en la Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga.</p>	<p>en sus elementos estructurales, para un espectro de diseño máximo, en el módulo I en la Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga.</p> <p>3. - El nivel de desempeño sísmico es el de "Operacional", para un espectro de diseño máximo, en el sistema estructural de muros de ductilidad limitada (MDL) propuesto del módulo I en la Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga.</p> <p>4. La estructura de muros de ductilidad limitada (MDL) no presenta fallas en sus elementos estructurales, para un espectro de diseño máximo, en el módulo I en la Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga.</p>			
---	--	---	--	--	--

## ANEXO 2

### PANEL FOTOGRÁFICO



Vista fotográfica del ingreso principal de la Institución Educativa Especial Niño Jesús de Praga-Huánuco.



Vista fotográfica de la fachada del módulo I.

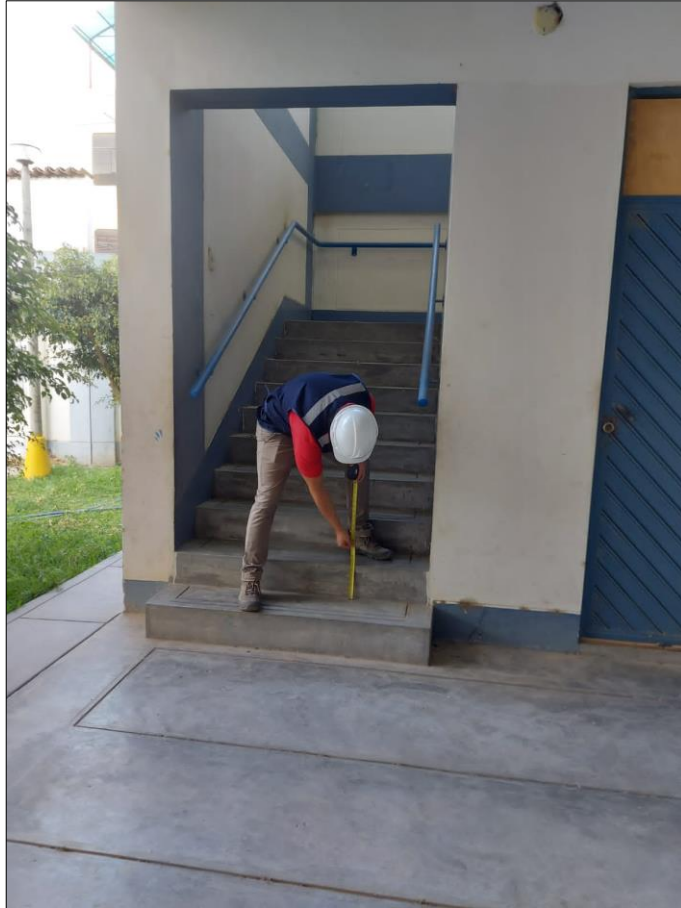




Vista fotográfica de la corroboración de medidas en el módulo I.



Vista fotográfica de la corroboración de medidas en el módulo I.



Vista fotográfica de la corroboración de medidas en el módulo I.



Vista fotográfica de la corroboración de medidas en el módulo I.



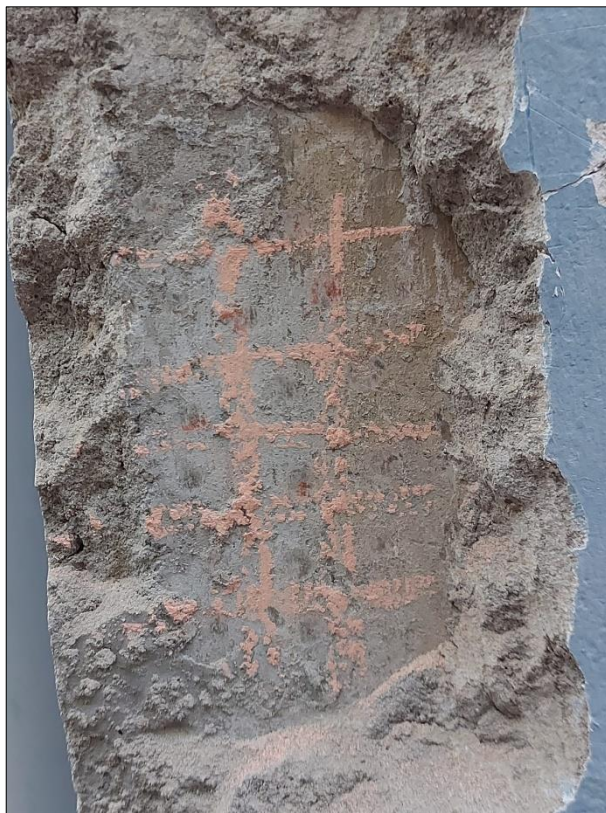
Vista fotográfica de zona seleccionada para el ensayo de esclerometría en el módulo I.



Vista fotográfica de zona seleccionada para el ensayo de esclerometría en el módulo I.



Vista fotográfica de zona seleccionada para el ensayo de esclerometría en el módulo I.



Vista fotográfica de zona seleccionada para el ensayo de esclerometría en el módulo I.



Vista fotográfica de equipo y herramientas para el ensayo de esclerometría en el módulo I.



Vista fotográfica de realización del ensayo de esclerometría en el módulo I.

**ANEXO 3**  
**INFORME TÉCNICO DE ESCLEROMETRÍA**

**INFORME TECNICO DEL ENSAYO DE  
ESCLEROMETRIA**



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

**PROYECTO:**  
"ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PARA EVALUAR EL DESEMPEÑO  
SÍSMICO DE LA ESTRUCTURA DEL MÓDULO I DE LA INSTITUCIÓN  
EDUCATIVA ESPECIAL NIÑO JESÚS DE PRAGA, HUÁNUCO -  
HUÁNUCO"

**SOLICITA:**  
BACH. IRVING LUDWING ANTEZANA ISIDRO

**UBICACIÓN**  
DISTRITO: HUÁNUCO  
PROVINCIA: HUÁNUCO  
REGION: HUÁNUCO

**EJECUTA ESTUDIOS:**  
LABORTEC EIRL

JULIO DE 2021



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



## ÍNDICE

### CAPITULO I GENERALIDADES

#### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

##### 1.1.1 Introducción

##### 1.1.2 Desarrollo De Los Estudios

##### 1.1.2 Ensayos realizados

### CAPITULO II RESULTADOS

#### 3. CONCLUSIONES Y RESUME DE RESULTADOS

Dirección: Jr. Tarma Nº 101 - Huánuco  
Celular : (062) 962634923  
RPM : #990844 - #962987000  
Fono : 062-517612  
E-mail : labortec\_eir@hotmail.com



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



## CAPITULO I GENERALIDADES

### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

#### 1.1.1 Introducción

El presente documento contiene un procedimiento de ayuda a los ingenieros responsables de realizar la evaluación estructural tales como Vigas y Columnas ubicado en **El La Institución Educativa Especial Niño Jesús De Praga, Huánuco - Huánuco**. Estas pruebas constituyen un primer acercamiento al mismo, además de un reconocimiento visual y real basado en la ejecución de una serie de pruebas y ensayos sobre el concreto de estas estructuras.

El objetivo final es obtener información detallada y fundamentada en una serie de procedimientos y ensayos, para determinar los procesos patológicos reconocibles en las estructuras, dejando constancia de su estado actual y contemplando las posibles acciones posteriores a realizar.

No resulta fácil definir una metodología expresa y única para realizar la evaluación y diagnóstico contrario a lo que se sucede por ejemplo en el caso del diseño estructural de una estructura nueva, donde se sigue un flujo coherente y sistemático con mayor o menor énfasis en algunas etapas dependiendo de las características propias de la estructura en particular.

Por otro lado, para la evaluación de patologías en estructuras no resulta fácil prestar un solo método para determinar si la estructura cumple con los criterios de seguridad y las normas peruanas para ser habitable y/o su puesta en funcionamiento como es el caso de las e diversas estructuras evaluadas. Dependiendo de la circunstancia que haya causado la realización de la inspección de las estructuras, se hará necesario desarrollar a mayor precisión una evaluación que permita comprender la naturaleza de las posibles fallas que presente las estructuras. En cualquier caso se requiere suficientes conocimientos y criterio de parte del profesional que efectúa la evaluación puesto que de la fundamentación y responsabilidad de sus apreciaciones podrán derivarse procesos de mayor o menor intervención con los consiguientes efectos sobre la estructura.

Así queda claro que la inspección de una estructura es una tarea compleja que requiere destrezas y conocimientos sobre los materiales y el comportamiento estructural. La observación y análisis permiten determinar las causas de las manifestaciones de daño que pocas veces se encuentran de manera evidente y también no permite conocer los valores de resistencia la compresión y cávida del concreto que la compone.



Ing. Rider Cajaleón Jaramillo  
CIP N° 169667

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco  
Celular : (062) 962634923  
RPM : #990844 - #962987000  
Fono : 062-517612  
E-mail : labortec\_eirl@hotmail.com





**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

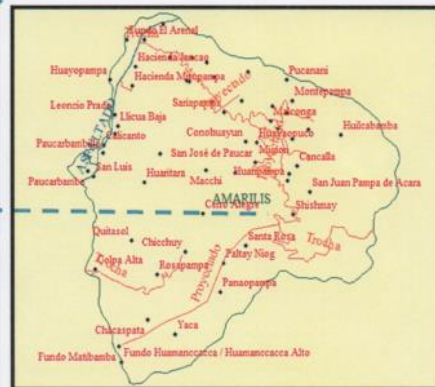
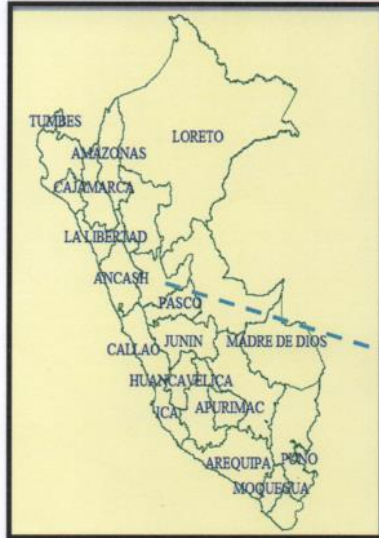
EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



**1.1.2 Desarrollo De Los Estudios**

**a) Ubicación**

El área de estudios se encuentra ubicada en jirón San Martín 1271, distrito, provincia y Departamento de Huánuco.



Dirección: Jr. Tarma Nº 101 - Huánuco  
Celular : (052) 962634923  
RPM : #990844 - #962987000  
Fono : 062-517612  
E-mail : labortec\_eirl@hotmail.com



Ing. Rider Cazalet Jaramillo  
CIP N° 169667



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



Vista Satelital del área en estudio de La Institución Educativa Especial Niño Jesús De Praga



Vista de La Institución Educativa Especial Niño Jesús De Praga



Dirección: Jr. Tarma Nº 101 - Huánuco  
Celular : (062) 962634923  
RPM : #990844 - #962987000  
Fono : 062-517612  
E-mail : labortec\_eirl@hotmail.com



Ing. Rider Cajaleón Jaramillo  
CIP N° 169667



### 1.1.3 Ensayos realizados

Los ensayos realizados se realizaron basados en dos parámetros de ensayos no destructivos.

#### a. ENSAYO DE ESCLEROMETRIA

- **OBJETIVO**

El objetivo del presente ensayo es evaluar la resistencia a la compresión del concreto para lo cual se realizó un conjunto de pruebas en diferentes estructuras de cada nivel.

Las variables que intervienen en este ensayo son dos: la primera es la relativa a la perpendicularidad del esclerómetro con la superficie a ensayar, y la segunda está en función con el valor leído en el esclerómetro.

- **ESTRUCTURAS EVALUADAS**

Para la correcta evaluación de las estructuras existentes y sus condiciones actuales después de haber estado en servicio, se procedió a ensayar los elementos estructurales de la Viga, Columna y, los puntos de ensayos fueron identificados numerados de acuerdo a lo solicitado por los interesados.

- **EQUIPO UTILIZADO**

Para la realización del ensayo se utilizó:

- Un esclerómetro marca Illinois serie 7800 y accesorios

- **EQUIPO UTILIZADO**

Para la realización del ensayo se utilizó:

- Un esclerómetro marca Illinois serie 7800 y accesorios
- Comba
- Cíncel





**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



• **PROCEDIMIENTO**

El procedimiento seguido es el siguiente:

- Se procedió a identificar numerar las estructuras a evaluar
- Se procedió a ubicar el esclerómetro en cada punto, en forma perpendicular al área seleccionada para luego presionarlo horizontalmente con sumo cuidado, manteniendo la perpendicularidad.
- Luego de escuchar el sonido del resorte interno (señal que se había llegado a obtener la máxima dureza del concreto), las lecturas fueron observadas directamente en el esclerómetro por medio de un trazo de papel continuo calibrado, propio del instrumento.



Ing. Rider Cajaleón Jaramillo  
CIP N° 169667

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco  
Celular : (062) 962634923  
RPM : #990844 - #962987000  
Fono : 062-517612  
E-mail : labortec\_eirl@hotmail.com



**CAPITULO II RESULTADOS**

**2.1 E-01 Columna Modulo 1.**

ENSAYO DE ESCLEROMETRIA		
N°	LECTURA	CARGA ACTUANTE
1	38	290 Kg/Cm2
2	38	290 Kg/Cm2
3	35	250 Kg/Cm2
4	38	290 Kg/Cm2
5	35	250 Kg/Cm2
6	39	310 Kg/Cm2
7	38	290 Kg/Cm2
8	35	250 Kg/Cm2
9	32	210 Kg/Cm2
10	38	290 Kg/Cm2
resistencia promedio	272	Kg/Cm2

f'c =	272	Kg/cm2
θ	0°	

Debido a la antigüedad del concreto se tiene un margen del (-15%) de error  
La edad del concreto es de mas de 10 años

Resultando:

f c =	231.2	Kg/cm2
-------	-------	--------



Vista fotográfica de la realización del ensayo de esclerometría E-01

Dirección: Jr. Tarma Nº 101 - Huánuco  
Celular : (062) 962634923  
RPM : #990844 - #962987000  
Fono : 062-517612  
E-mail : labortec\_eirl@hotmail.com



Ing. Rider Cajaleón Jaramillo  
CIP N° 169667



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



2.2 E - 02 Columna Modulo 1.

ENSAYO DE ESCLEROMETRIA		
N°	LECTURA	CARGA ACTUANTE
1	41	340 Kg/Cm2
2	42	350 Kg/Cm2
3	42	350 Kg/Cm2
4	39	310 Kg/Cm2
5	41	340 Kg/Cm2
6	41	340 Kg/Cm2
7	42	350 Kg/Cm2
8	40	320 Kg/Cm2
9	42	350 Kg/Cm2
10	40	320 Kg/Cm2
resistencia promedio		337 Kg/Cm2

f'c =	337	Kg/cm2
θ	0°	

Debido a la antigüedad del concreto se tiene un margen del (-15%) de error  
La edad del concreto es de mas de 10 años

Resultando:

f'c =	286.5	Kg/cm2
-------	-------	--------



Vista fotográfica de la realización del ensayo de esclerometría E-02

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco  
Celular : (052) 962634923  
RPM : #990844 - #962987000  
Fono : 062-517612  
E-mail : labortec\_eir@hotmail.com



Ing. Rider Cajaleon Jaramillo  
CIP N° 169667



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



2.3 E-03 Columna Modulo 1

ENSAYO DE ESCLEROMETRIA		
N°	LECTURA	CARGA ACTUANTE
1	38	290 Kg/Cm2
2	35	250 Kg/Cm2
3	39	310 Kg/Cm2
4	39	310 Kg/Cm2
5	40	320 Kg/Cm2
6	40	320 Kg/Cm2
7	38	290 Kg/Cm2
8	36	260 Kg/Cm2
9	36	260 Kg/Cm2
10	30	180 Kg/Cm2
resistencia promedio		279 Kg/Cm2

f'c =	279	Kg/cm2
θ	0°	

Debido a la antigüedad del concreto se tiene un margen del (-15%) de error  
La edad del concreto es de mas de 10 años

Resultando:

f'c =	237.2	Kg/cm2
-------	-------	--------



Vista fotográfica de la realización del ensayo de esclerometria E-03

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco  
Celular : (052) 962634923  
RPM : #990844 - #962987000  
Fono : 062-517612  
E-mail : labortec\_eiri@hotmail.com



Ing. Rider Cofaleón Jaramillo  
CIP N° 169667



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



2.4 E- 04 Columna Modulo 1.

ENSAYO DE ESCLEROMETRIA		
N°	LECTURA	CARGA ACTUANTE
1	38	290 Kg/Cm2
2	40	320 Kg/Cm2
3	41	340 Kg/Cm2
4	40	320 Kg/Cm2
5	38	290 Kg/Cm2
6	38	290 Kg/Cm2
7	40	320 Kg/Cm2
8	41	340 Kg/Cm2
9	42	350 Kg/Cm2
10	42	350 Kg/Cm2
resistencia promedio		321 Kg/Cm2

f'c =	321	Kg/cm2
θ	0°	

Debido a la antigüedad del concreto se tiene un margen del (-15%) de error  
La edad del concreto es de mas de 10 años

Resultando:

f'c =	272.9	Kg/cm2
-------	-------	--------



Vista fotográfica de la realización del ensayo de esclerometria E-04

Dirección: Jr. Tarma Nº 101 - Huánuco  
Celular : (062) 962634923  
RPM : #990844 - #962987000  
Fono : 062-517612  
E-mail : labortec\_eir@hotmail.com



Ing. Rider Cajaleon Jaramillo  
CIP N° 169667





**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



2.5 E- 05 Columna Modulo 1.

ENSAYO DE ESCLEROMETRIA		
N°	LECTURA	CARGA ACTUANTE
1	36	260 Kg/Cm2
2	36	260 Kg/Cm2
3	32	210 Kg/Cm2
4	38	290 Kg/Cm2
5	38	290 Kg/Cm2
6	36	260 Kg/Cm2
7	42	350 Kg/Cm2
8	42	350 Kg/Cm2
9	41	340 Kg/Cm2
10	38	290 Kg/Cm2
resistencia promedio		290 Kg/Cm2

f'c =	290	Kg/cm2
θ	0°	

Debido a la antigüedad del concreto se tiene un margen del (-15%) de error  
La edad del concreto es de mas de 10 años

Resultando:

f'c =	246.5	Kg/cm2
-------	-------	--------



Vista fotográfica de la realización del ensayo de esclerometria E-05

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco  
Celular : (062) 962634923  
RPM : #990844 - #962987000  
Fono : 062-517612  
E-mail : labortec\_eirl@hotmail.com



Ing. Rider Cajaleón Jaramillo  
CIP N° 169667



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



2.6 E- 06 Columna Modulo 1.

ENSAYO DE ESCLEROMETRIA		
N°	LECTURA	CARGA ACTUANTE
1	36	260 Kg/Cm2
2	38	290 Kg/Cm2
3	40	320 Kg/Cm2
4	42	350 Kg/Cm2
5	38	290 Kg/Cm2
6	38	290 Kg/Cm2
7	42	350 Kg/Cm2
8	44	380 Kg/Cm2
9	46	420 Kg/Cm2
10	42	350 Kg/Cm2
resistencia promedio		330 Kg/Cm2

f'c =	330	Kg/cm2
$\theta$	0°	

Debido a la antigüedad del concreto se tiene un margen del (-15%) de error  
La edad del concreto es de mas de 10 años

Resultando:

f'c =	280.5	Kg/cm2
-------	-------	--------



Vista fotográfica de la realización del ensayo de esclerometria E-06

Dirección: Jr. Tarma Nº 101 - Huánuco  
Celular : (062) 962634923  
RPM : #990844 - #962987000  
Fono : 062-517612  
E-mail : labortec\_eir@hotmail.com



Ing. Rider Cajaleón Jaramillo  
CIP N° 169667



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



2.7 E-07 Viga Modulo 1.

ENSAYO DE ESCLEROMETRIA		
N°	LECTURA	CARGA ACTUANTE
1	38	290 Kg/Cm2
2	34	238 Kg/Cm2
3	36	260 Kg/Cm2
4	38	290 Kg/Cm2
5	42	350 Kg/Cm2
6	42	350 Kg/Cm2
7	48	450 Kg/Cm2
8	44	380 Kg/Cm2
9	46	420 Kg/Cm2
10	48	450 Kg/Cm2
resistencia promedio		347.8 Kg/Cm2

f'c =	347.8	Kg/cm2
θ	0°	

Debido a la antigüedad del concreto se tiene un margen del (-15%) de error  
La edad del concreto es de mas de 10 años

Resultando:

f'c =	295.6	Kg/cm2
-------	-------	--------



Vista fotográfica de la realización del ensayo de esclerometría E-07

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco  
Celular : (062) 962634923  
RPM : #990844 - #962987000  
Fono : 062-517612  
E-mail : labortec\_eirl@hotmail.com



Ing. Rider Cajaleón Jaramillo  
CIPN° 169667



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



2.8 E- 08 Viga Modulo 1

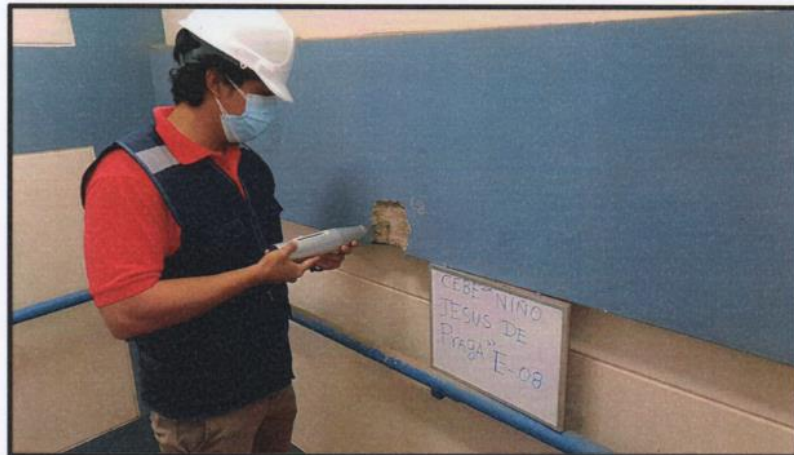
ENSAYO DE ESCLEROMETRIA		
N°	LECTURA	CARGA ACTUANTE
1	42	350 Kg/Cm2
2	40	320 Kg/Cm2
3	40	320 Kg/Cm2
4	42	350 Kg/Cm2
5	36	260 Kg/Cm2
6	38	290 Kg/Cm2
7	38	290 Kg/Cm2
8	34	238 Kg/Cm2
9	36	260 Kg/Cm2
10	38	290 Kg/Cm2
resistencia promedio		296.8 Kg/Cm2

f'c =	296.8	Kg/cm2
θ	0°	

Debido a la antigüedad del concreto se tiene un margen del (-15%) de error  
La edad del concreto es de mas de 10 años

Resultando:

f'c =	252.3	Kg/cm2
-------	-------	--------



Vista fotográfica de la realización del ensayo de esclerometria E-08

Dirección: Jr. Tarma Nº 101 - Huánuco  
Celular : (062) 962634923  
RPM : #990844 - #962987000  
Fono : 062-517612  
E-mail : labortec\_eir@hotmail.com



Ing. Rider Cajaleon Jaramillo  
CIP N° 169667



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



### 3.0 CONCLUSIONES Y RESUME DE RESULTADOS

Se indica lo siguiente:

- Los valores obtenidos durante el ensayo presentan una dispersión, debido a la naturaleza del equipo.
- Los puntos obtenidos para la medición de cada área han sido suficientes para la determinación del valor promedio de las lecturas.
- El ensayo del esclerómetro es considerado en el extranjero como interesante para determinar la uniformidad en la calidad del concreto, pero no es aceptado como determinante de su resistencia.
- Se determinó según los ensayos de esclerometría, que el concreto utilizado en las estructuras (viga y columna) existente del Módulo I De La Institución Educativa Especial Niño Jesús De Praga, presenta las siguientes características.

ESTRUCTURA	IDENTIFICACION	FECHA	RESISTENCIA DE DISEÑO PROYECTADA	F <sup>c</sup> DEL ENSAYO	OBSEVACIONES
COLUMNA	E-01	26/07/2021	210	231.2	SI CUMPLE
COLUMNA	E-02	26/07/2021	210	286.5	SI CUMPLE
COLUMNA	E-03	26/07/2021	210	237.2	SI CUMPLE
COLUMNA	E-04	26/07/2021	210	272.9	SI CUMPLE
COLUMNA	E-05	26/07/2021	210	246.5	SI CUMPLE
COLUMNA	E-06	26/07/2021	210	280.5	SI CUMPLE
COLUMNA	E-07	26/07/2021	210	295.6	SI CUMPLE
COLUMNA	E-08	26/07/2021	210	253.3	SI CUMPLE

- Se determinó según los ensayos de esclerometría, que el concreto utilizado en las estructuras (viga y columna) existentes del Módulo I De La Institución Educativa Especial Niño Jesús De Praga, si cumple los requerimientos mínimos para ser denominado concreto estructural.



Ing. Rider Cajalón Jaramillo  
CIP N° 169667

Dirección: Jr. Tarma Nº 101 - Huánuco  
Celular : (062) 962634923  
RPM : #990844 - #962987000  
Fono : 062-517612  
E-mail : labortec\_eirl@hotmail.com



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



## PANEL FOTOGRAFICO

Dirección: Jr. Tarma Nº 101 - Huánuco  
Celular : (052) 962634923  
RPM : #990844 - #962987000  
Fono : 062-517612  
E-mail : labortec\_eiri@hotmail.com



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



“ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PARA EVALUAR EL  
DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA ESTRUCTURA DEL MÓDULO I DE  
LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA ESPECIAL NIÑO JESÚS DE PRAGA,  
HUÁNUCO - HUÁNUCO”

## PANEL FOTOGRAFICO



VISTA FOTOGRAFICA DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRIA N° 01  
INSTITUCIÓN EDUCATIVA ESPECIAL NIÑO JESÚS DE PRAGA

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco  
Celular : (062) 962634923  
RPM : #990844 - #962987000  
Fono : 062-517612  
E-mail : labortec\_eirl@hotmail.com



Ing. Rider Cajaleon Jaramillo  
CIP N° 169667



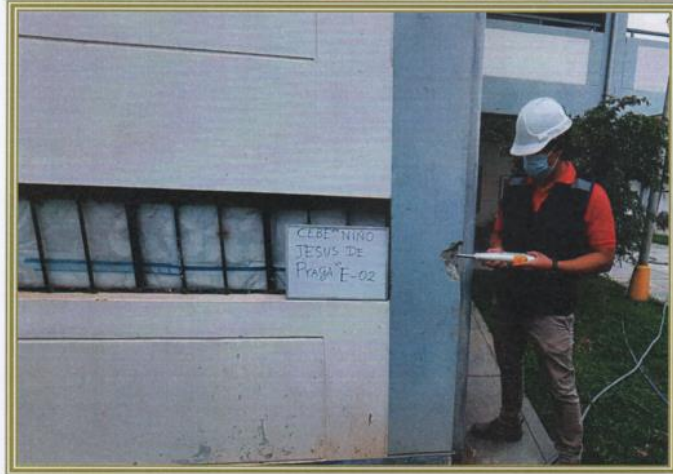
**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



“ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PARA EVALUAR EL  
DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA ESTRUCTURA DEL MÓDULO I DE  
LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA ESPECIAL NIÑO JESÚS DE PRAGA,  
HUÁNUCO - HUÁNUCO”

## PANEL FOTOGRAFICO



VISTA FOTOGRAFICA DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRIA N° 02  
INSTITUCIÓN EDUCATIVA ESPECIAL NIÑO JESÚS DE PRAGA

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco  
Celular : (062) 962634923  
RPM : #990844 - #962987000  
Fono : 062-517612  
E-mail : labortec\_eiri@hotmail.com



Ing. Rider Cajaleon Jaramillo  
CIP N° 169667





**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



“ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PARA EVALUAR EL  
DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA ESTRUCTURA DEL MÓDULO I DE  
LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA ESPECIAL NIÑO JESÚS DE PRAGA,  
HUÁNUCO - HUÁNUCO”

## PANEL FOTOGRAFICO



VISTA FOTOGRAFICA DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRIA N° 03  
INSTITUCIÓN EDUCATIVA ESPECIAL NIÑO JESÚS DE PRAGA

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco  
Celular : (062) 962634923  
RPM : #990844 - #962987000  
Fono : 062-517612  
E-mail : labortec\_eirl@hotmail.com



Ing. Rider Cajaleón Jaramillo  
CIP N° 169667



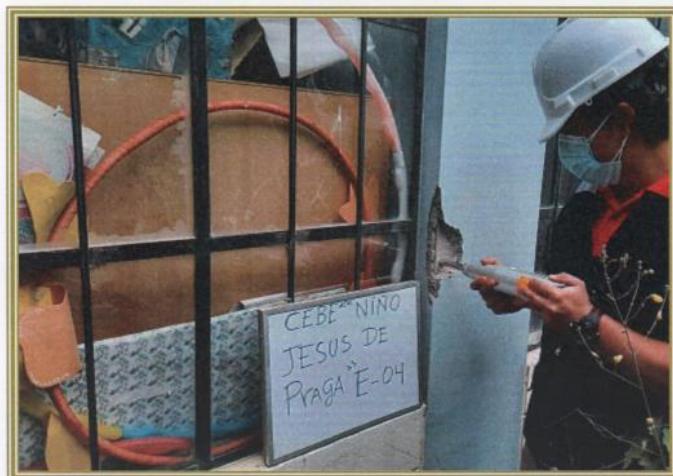
**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



“ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PARA EVALUAR EL  
DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA ESTRUCTURA DEL MÓDULO I DE  
LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA ESPECIAL NIÑO JESÚS DE PRAGA,  
HUÁNUCO - HUÁNUCO”

## PANEL FOTOGRAFICO



VISTA FOTOGRAFICA DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRIA N° 04  
INSTITUCIÓN EDUCATIVA ESPECIAL NIÑO JESÚS DE PRAGA

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco  
Celular : (062) 962634923  
RPM : #990844 - #962987000  
Fono : 062-517612  
E-mail : labortec\_eirl@hotmail.com



Ing. Rider Cayaleon Jaramillo  
CIP N° 169667



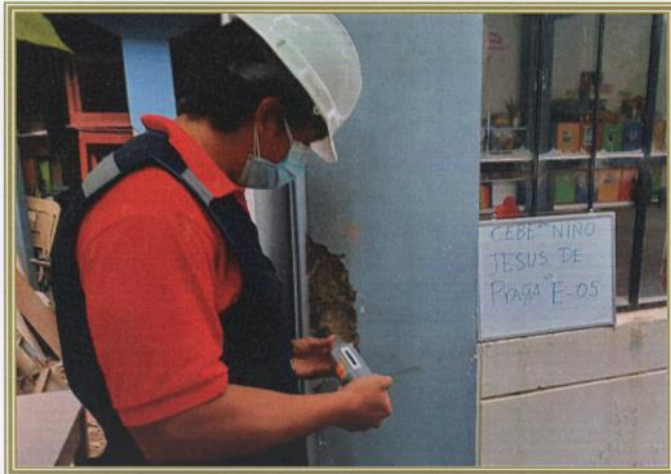
**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



“ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PARA EVALUAR EL  
DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA ESTRUCTURA DEL MÓDULO I DE  
LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA ESPECIAL NIÑO JESÚS DE PRAGA,  
HUÁNUCO - HUÁNUCO”

## PANEL FOTOGRAFÍCO



VISTA FOTOGRAFICA DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRIA N° 05  
INSTITUCIÓN EDUCATIVA ESPECIAL NIÑO JESÚS DE PRAGA

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco  
Celular : (062) 962634923  
RPM : #990844 - #962987000  
Fono : 062-517612  
E-mail : labortec\_eirl@hotmail.com



Ing. Rider Cajaleón Jaramillo  
CIP N° 169667



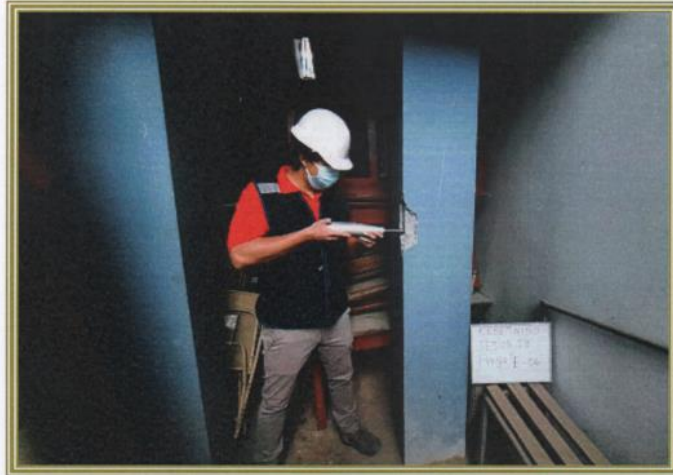
**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



“ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PARA EVALUAR EL  
DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA ESTRUCTURA DEL MÓDULO I DE  
LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA ESPECIAL NIÑO JESÚS DE PRAGA,  
HUÁNUCO - HUÁNUCO”

## PANEL FOTOGRAFÍCO



VISTA FOTOGRAFICA DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRIA N° 06  
INSTITUCIÓN EDUCATIVA ESPECIAL NIÑO JESÚS DE PRAGA

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco  
Celular : (062) 962634923  
RPM : #990844 - #962987000  
Fono : 062-517612  
E-mail : labortec\_eirl@hotmail.com



Ing. Rider Catajón Jaramillo  
CIP N° 169667



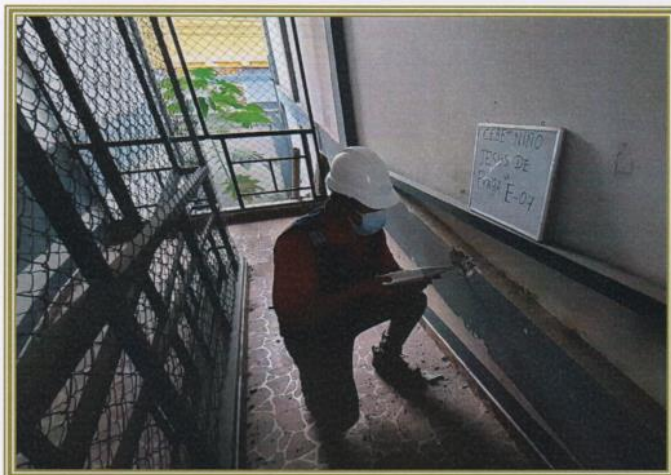
**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



“ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PARA EVALUAR EL  
DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA ESTRUCTURA DEL MÓDULO I DE  
LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA ESPECIAL NIÑO JESÚS DE PRAGA,  
HUÁNUCO - HUÁNUCO”

## PANEL FOTOGRÁFICO



VISTA FOTOGRÁFICA DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRIA N° 07  
INSTITUCIÓN EDUCATIVA ESPECIAL NIÑO JESÚS DE PRAGA

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco  
Celular : (062) 962634923  
RPM : #990844 - #962987000  
Fono : 062-517612  
E-mail : labortec\_eirl@hotmail.com



Ing. Rider Cajaleón Jaramillo  
CIP N° 169667



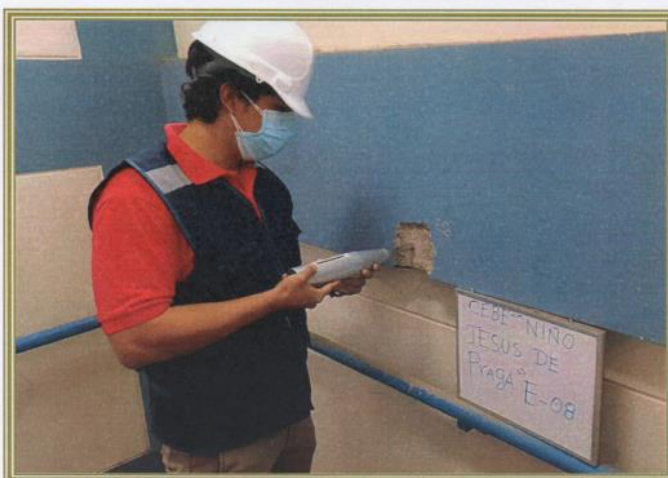
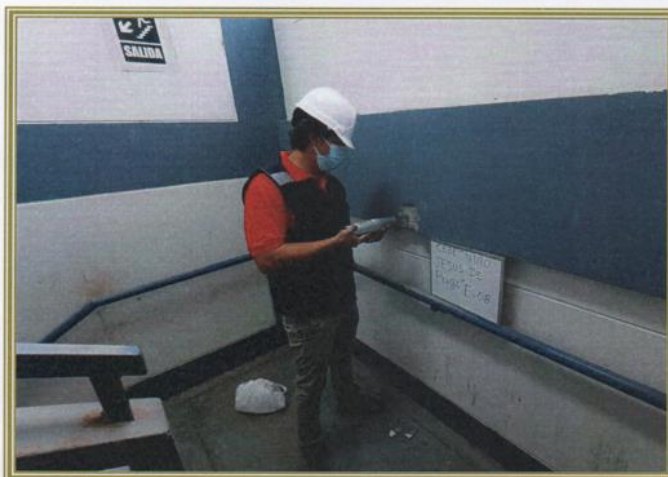
**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



“ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PARA EVALUAR EL  
DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA ESTRUCTURA DEL MÓDULO I DE  
LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA ESPECIAL NIÑO JESÚS DE PRAGA,  
HUÁNUCO - HUÁNUCO”

## PANEL FOTOGRAFICO



VISTA FOTOGRAFICA DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRIA N° 08  
INSTITUCIÓN EDUCATIVA ESPECIAL NIÑO JESÚS DE PRAGA

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco  
Celular : (062) 962634923  
RPM : #990844 - #962987000  
Fono : 062-517612  
E-mail : labortec\_eir@hotmail.com



Ing. Rider Cajalón Jaramillo  
CIP N° 169667



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



# CERTIFICADO DE CALIBRACION

Dirección: Jr. Tarma Nº 101 - Huánuco  
Celular : (052) 962634923  
RPM : #990844 - #962987000  
Fono : 062-517612  
E-mail : labortec\_eirl@hotmail.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LD - 010 - 2020**Área de Metrología  
Laboratorio de Dureza

Página 1 de 3

1. Expediente	200135	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	LABORTEC E.I.R.L.	
3. Dirección	Jr. Tarma N° 101, Huanuco - Huanuco - HUANUCO	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Instrumento de medición	MARTILLO PARA PRUEBA DE CONCRETO ESCLERÓMETRO	
Marca	A&A INSTRUMENTS	
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	2604	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Alcance de indicación	100 Número de Rebote	
División / Resolución	1 Número de Rebote	
Identificación	NO INDICA	
Procedencia	CHINA	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Tipo	ANALOGICO	
5. Fecha de Calibración	2020-09-08	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

Jefe de Laboratorio de Metrología

Sello

2020-09-09

  
**ELEAZAR CESAR CHAVEZ RARAZ**


Metrología &amp; Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú

Telf.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

caldad@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LD - 010 - 2020**Área de Metrología  
Laboratorio de Dureza

Página 2 de 3

**6. Método de Calibración**

La calibración fue efectuada mediante una serie de mediciones del instrumento a calibrar en comparación con los patrones de referencia del laboratorio de calibración considerando las especificaciones requeridas en la norma internacional ASTM C 805 "Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete".

**7. Lugar de calibración**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
Jr. Las Viñas N° s/n Mz. B-04 Urb. Cayhuayna Baja - HUANUCO

**8. Condiciones ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	26,7 °C	26,7 °C
Humedad Relativa	56,6 %	56,6 %

**9. Patrones de referencia**

Patrón utilizado	Certificado de calibración
Yunque de Calibración de marca FORNEY	LABORATORIO DE MATERIALES PUCP MAT-JUL-0896/2019

**10. Observaciones**

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.

El yunque de calibración se colocó sobre una base rígida para obtener números de rebote confiable.

La calibración en el yunque de calibración, no garantiza que el martillo dará lecturas repetibles en otros puntos de la escala de lectura.

*Área de Metrología*  
*Laboratorio de Dureza***CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LD - 010 - 2020**

Página 3 de 3

**11. Resultados de Medición**

Número de Mediciones	LECTURA INDICADA DEL INSTRUMENTO A CALIBRAR
1	78,5
2	78,0
3	78,5
4	78,5
5	79,0
6	78,5
7	78,5
8	78,5
9	79,0
10	78,5
PROMEDIO	78,6
Desv. Estándar	0,28



Nota 1.- Para una mejor toma de datos se subdividió la división mínima del equipo en 2 partes.

Nota 2.- El error máximo permitido de rebote para un esclerómetro es de  $80 \pm 2$ , según norma internacional ASTM C805.

Fin del documento

**Metrología & Técnicas S.A.C.**  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPC: 940037490

email: [metrologia@metrologiatecnicas.com](mailto:metrologia@metrologiatecnicas.com)  
[ventas@metrologiatecnicas.com](mailto:ventas@metrologiatecnicas.com)  
[calidad@metrologiatecnicas.com](mailto:calidad@metrologiatecnicas.com)  
WEB: [www.metrologiatecnicas.com](http://www.metrologiatecnicas.com)