



**FACULTAD DE INGENIERÍA,  
ARQUITECTURA Y URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL  
DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE LA  
I.E. N° 10024 “NUESTRA SEÑORA DE FÁTIMA”**

**Autor:**

**Bach. Carlos Enrique Calle Nizama**

**Asesor Metodólogo:**

**Msc. Ana María Guerrero Millones**

**Línea de Investigación:**

**Ingeniería de Procesos - Ingeniería Estructural  
& Sismorresistente**

**Pimentel - Perú**

**2017**

## **Dedicatoria**

A mis padres, Yanina Nizama Coronado y Henry Calle Elorreaga por brindarme su apoyo incondicional en el desarrollo de la presente investigación.

## **Agradecimiento**

A mis padres, por el respaldo y la oportunidad de seguir la carrera de ingeniería civil, y ser el principal motor de seguir adelante.

A la Universidad Señor de Sipán, por brindarme las comodidades para el desarrollo de la investigación con el uso de sus laboratorios.

Al director de la I.E. N°10024 "Nuestra Señora de Fátima", El profesor Carlos A. Yampufé Requejo por permitirme el ingreso a las instalaciones de la institución y brindarme las facilidades necesarias hasta culminar la investigación.

## Índice

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Resumen .....	xii
Abstract .....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	xiv
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	13
1.1. Situación problemática .....	14
1.2. Formulación del problema .....	20
1.3. Delimitación de la investigación.....	20
1.4. Justificación e Importancia .....	20
1.4.1. Justificación Social .....	20
1.4.2. Justificación económica.....	21
1.4.3. Justificación tecnológica .....	21
1.5. Limitaciones de la investigación .....	21
1.6. Objetivos .....	21
1.6.1. Objetivo General.....	21
1.6.2. Objetivos Específicos .....	22
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. Antecedentes de la investigación .....	24
2.2. Estado del Arte .....	26
2.2.1. SAP2000 .....	26
2.2.2. ETABS.....	27
2.2.3. SAFE .....	28
2.3. Bases teóricas científicas .....	29
2.3.1. Vulnerabilidad estructural .....	29
2.3.1.1. Factores de la vulnerabilidad estructural.....	29
2.3.1.2. Análisis de la vulnerabilidad estructural .....	31
A. Métodos cualitativos .....	31
B. Métodos cuantitativos .....	32
2.3.2. Rapid Visual Screening (FEMA 154) .....	32
A. Secuencia de Aplicación .....	34

A.1. Determinación de la región sísmica .....	35
A.2. Identificación del tipo de suelo .....	36
A.3. Identificación del sistema estructural. ....	37
B. Modificadores .....	40
C. Criterios de calificación.....	42
2.3.3. Análisis Dinámico Modal Espectral.....	43
2.3.3.1. Zonificación.....	44
2.3.3.2. Sistemas Estructurales .....	45
A. Estructuras de concreto armado.....	45
B. Estructuras de acero .....	46
C. Estructuras de albañilería .....	47
D. Estructuras de madera .....	47
E. Estructuras de tierra .....	47
2.3.3.3. Perfiles de suelo .....	48
A. Perfil tipo $S_0$ : Roca dura .....	49
B. Perfil tipo $S_1$ : Roca o suelos muy rígidos.....	49
C. Perfil Tipo $S_2$ : Suelos intermedios .....	49
D. Perfil Tipo $S_3$ : Suelos blandos .....	50
E. Perfil Tipo $S_4$ : Condiciones excepcionales .....	50
2.3.3.4. Categorías de las edificaciones .....	51
A. Categoría A: Edificaciones esenciales .....	51
B. Categoría B: Edificaciones importantes.....	52
C. Categoría C: Edificaciones comunes.....	52
D. Categoría D: Edificaciones temporales .....	52
2.3.3.5. Irregularidad estructural .....	52
A. Irregularidad estructural en altura.....	52
B. Irregularidad estructural en planta .....	54
2.3.4. Pruebas en el concreto.....	55
2.4. Definición de términos básicos .....	56
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	58
3.1. Tipo de diseño de la investigación.....	59
3.1.1. Tipo de investigación.....	59
3.1.2. Diseño de investigación.....	59

3.2. Población y muestra .....	59
3.3. Hipótesis.....	59
3.4. Variable .....	60
3.5. Operacionalización .....	61
3.6. Abordaje metodológico, técnicas e instrumentos de recolección de datos. 62	
3.6.1. Abordaje metodológico.....	62
3.6.2. Técnicas de recolección de datos .....	62
3.6.3. Instrumentos de recolección de datos .....	63
3.7. Procedimientos para la recolección de datos .....	63
3.7.1. Diagrama de Flujo de Procesos .....	63
3.7.2. Descripción de los Procesos .....	64
3.7.3. Equipos, materiales e instrumentos.....	83
3.7.4. Recursos Humanos .....	84
3.1.1. Costos .....	85
3.1.2. Normatividad .....	86
3.2. Principios éticos.....	86
3.3. Principios de rigor científico.....	87
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	88
4.1. Resultados en tablas y gráficos.....	89
4.2. Discusión de resultados .....	108
CAPÍTULO V: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN .....	123
5.1. Alternativa N° 01 “Cambio de uso de la edificación”.....	124
5.2. Alternativa N° 02 “Reforzamiento estructural” .....	124
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	132
6.1. Conclusiones.....	133
6.2. Recomendaciones.....	134
Referencias .....	135
ANEXOS	
Anexo 1: Planos Generales	
G1 – Ubicación y Localización	
G2 – Planta General y Curvas de Nivel	
Anexo 2: Planos de Arquitectura	
A1 – Módulo de 3 Aulas / Distribución	

- A2 – Módulo de 4 Aulas / Distribución Primer nivel
- A3 – Módulo de 4 Aulas / Distribución Segundo nivel
- A4 – Módulo de Laboratorios / Distribución
- A5 – Módulo de Biblioteca y Talleres / Distribución

Anexo 3: Levantamiento Estructural

- E1 – Módulo de 3 Aulas / Detalle de Aligerado, Columnas y Vigas
  - E2 – Módulo de 4 Aulas / Aligerado primer nivel
  - E3 – Módulo de 4 Aulas / Aligerado segundo nivel
  - E4 – Módulo de Laboratorios / Detalle de Aligerado, Columnas y Vigas
  - E5 – Módulo de Biblioteca y Talleres / Aligerado primer nivel
  - E6 – Módulo de Biblioteca y Talleres / Aligerado segundo nivel
- Informe del Estado Actual de las Estructuras

Anexo 4: Estudio de Mecánica de Suelos

- Resultados de Pruebas Laboratorio de Mecánica de Suelos
- Plano: S1 – Ubicación de Calicatas y Perfil Estratigráfico

Anexo 5: Corazones Diamantinos

- Resultados de Ensayo de Corazones Diamantinos

Anexo 6: Evaluación Rapid Visual Screening

- Formatos de evaluación FEMA 154
- Determinación de indicadores

Anexo 7: Análisis Estructural

- Memoria de Cálculo de Análisis Estructural

Anexo 8: Propuesta de Investigación - Alternativa N°02

- Memoria de Cálculo Estructural
- Planilla de metrados
- Presupuesto
- Análisis de Precios Unitarios
- Fórmula Polinómica
- Relación de Insumos
- Cronograma
- Calendario de Avance de Obra
- Planos de Arquitectura y Estructura

## Índice de figuras

Figura 1: <i>Falla de columna corta, Sismo de Nazca 1996</i> .....	15
Figura 2: <i>Local Escolar de 2 Pisos después del Sismo de Nazca 1996</i> .....	16
Figura 3: <i>Falla de columna corta en local escolar , Sismo de Arequipa 2001</i> .....	16
Figura 4: <i>Fisura en vano de ventana</i> .....	17
Figura 5: <i>Fisura en el revestimiento de muro y columna.</i> .....	18
Figura 6: <i>Módulo de Biblioteca y Talleres (1950)</i> .....	18
Figura 7: <i>Módulo de Laboratorios (1950).</i> .....	19
Figura 8: <i>Módulo de Cuatro Aulas (2001)</i> .....	19
Figura 9: <i>Módulo de Tres Aulas (2001)</i> .....	20
Figura 10: <i>Casos de irregularidad en altura.</i> .....	41
Figura 11: <i>Casos de irregularidad en planta.</i> .....	41
Figura 12: <i>Espectro de aceleraciones típico.</i> .....	43
Figura 13: <i>Zonificación del territorio nacional.</i> .....	44
Figura 14: <i>Secuencia lógica para la recolección de datos.</i> .....	63
Figura 15: <i>Toma de medida longitud de viga en voladizo de circulación.</i> .....	64
Figura 16: <i>Técnico identificando la distribución de refuerzo longitudinal</i> .....	65
Figura 17: <i>Punto de investigación N°01 (C-1)</i> .....	65
Figura 18: <i>Muestras secadas al horno durante 24 horas</i> .....	66
Figura 19: <i>Toma de datos de los pesos retenidos en las mallas estándar.</i> .....	67
Figura 20: <i>Batido de mezcla para variar el contenido de humedad.</i> .....	68
Figura 21: <i>Realización de bastoncillos para determinar el límite plástico</i> .....	68
Figura 22: <i>Tamizado de muestra seca por la malla N°4.</i> .....	69
Figura 23: <i>Preparación del equipo de corte directo.</i> .....	70
Figura 24: <i>Extracción de corazones diamantinos en elementos estructurales.</i> .....	71
Figura 25: <i>Rotura de corazón diamantino en presa para ensayo de concreto</i> .....	72
Figura 26: <i>Selección del formato a emplear según la sismicidad</i> .....	72
Figura 27: <i>Selección del formato a emplear según la sismicidad</i> .....	73
Figura 28: <i>Selección del sistema resistente y el puntaje básico</i> .....	73
Figura 29: <i>Selección del tipo de perfil de suelo.</i> .....	74
Figura 30: <i>Selección de modificadores y obtención de puntuación "S" final.</i> .....	74

Figura 31: <i>Software ETABS® 2016</i> .....	75
Figura 32: <i>Interfaz del Software ETABS® 2016</i> .....	75
Figura 33: <i>Comandos para ingresar características de la Edificación</i> .....	76
Figura 34: <i>Comando "Material Properties"</i> .....	76
Figura 35: <i>Comando "Section Properties"</i> .....	77
Figura 36: <i>Comandos que permite el dibujo del modelo estructural</i> .....	77
Figura 37: <i>Comandos que permite definir tipos de cargas y combinaciones</i> .....	78
Figura 38: <i>Comando que permite definir un espectro</i> .....	78
Figura 39: <i>Ventana de diálogo donde se puede crear el espectro</i> .....	79
Figura 40: <i>Espectro de pseudoaceleraciones según la NTE. E.030</i> .....	79
Figura 41: <i>Comando "Run Analysis"</i> .....	80
Figura 42: <i>Comando "Display Frame/Pier/Spandrel/Link Force"</i> .....	80
Figura 43: <i>Comando "Show Tables"</i> .....	81
Figura 44: <i>Ventana de diálogo que permite seleccionar los resultados a revisar</i> .....	81
Figura 45: <i>Comandos para mostrar "Column P-M-M Interaction Ratios"</i> .....	82
Figura 46: <i>Selección de "Column P-M-M Interaction Ratios"</i> .....	82
Figura 47: <i>Carta de Plasticidad del estrato M-1 de C-1</i> .....	90
Figura 48: <i>Carta de Plasticidad del estrato M-2 de C-1</i> .....	91
Figura 49: <i>Carta de Plasticidad del estrato M-1 de C-2</i> .....	91
Figura 50: <i>Carta de Plasticidad del estrato M-2 de C-2</i> .....	92
Figura 51: <i>Carta de Plasticidad del estrato M-1 de C-3</i> .....	92
Figura 52: <i>Carta de Plasticidad del estrato M-2 de C-3</i> .....	93
Figura 53: <i>Ubicación de puntos de investigación</i> .....	93
Figura 54: <i>Perfil estatigráfico del Eje 1-1</i> .....	94
Figura 55: <i>Resistencia a la comprensión promedio</i> .....	95
Figura 56: <i>Evaluación Rapid Visual Screening (Módulo de Biblioteca y Talleres)</i> .....	96
Figura 57: <i>Evaluación Rapid Visual Screening (Módulo de Laboratorios)</i> .....	97
Figura 58: <i>Evaluación Rapid Visual Screening (Módulo de Cuatro Aulas)</i> .....	98
Figura 59: <i>Evaluación Rapid Visual Screening (Módulo de Tres Aulas)</i> .....	99
Figura 60: <i>Modelo matemático del Módulo de Biblioteca y Talleres</i> .....	101
Figura 61: <i>Modelo matemático del Módulo de Laboratorios</i> .....	101

Figura 62: <i>Modelo matemático del Módulo de Tres Aulas</i> .....	102
Figura 63: <i>Modelo matemático del Módulo de Cuatro Aulas</i> .....	102
Figura 64: <i>“Column P-M-M Interaction Ratios”</i> .....	103
Figura 65: <i>Column P-M-M Interaction Ratios - Módulo de Tres Aulas</i> . ....	104
Figura 66: <i>Column P-M-M Interaction Ratios - Módulo de Cuatro Aulas</i> . ....	105
Figura 67: <i>Column P-M-M Interaction Ratios - Módulo de Biblioteca y Talleres</i> ..	106
Figura 68: <i>Column P-M-M Interaction Ratios - Módulo de Laboratorios</i> . ....	107
Figura 69: <i>Comando “Section Designer”</i> .....	108
Figura 70: <i>Curva del Diagrama de interacción</i> .....	108
Figura 71: <i>Diagrama de Interacción P-M3 (Módulo de Tres Aulas)</i> .....	109
Figura 72: <i>Diagrama de Interacción P-M2 (Módulo de Tres Aulas)</i> .....	110
Figura 73: <i>Diagrama de Interacción P-M3 (Módulo de Cuatro Aulas)</i> .....	111
Figura 74: <i>Diagrama de Interacción P-M2 (Módulo de Cuatro Aulas)</i> .....	112
Figura 75: <i>Diagrama de Interacción P-M3 (Módulo de Biblioteca y Talleres)</i> . ....	113
Figura 76: <i>Diagrama de Interacción P-M2 (Módulo de Biblioteca y Talleres)</i> . ....	114
Figura 77: <i>Diagrama de Interacción P-M3 (Módulo de Laboratorios)</i> .....	115
Figura 78: <i>Diagrama de Interacción P-M2 (Módulo de Laboratorios)</i> .....	116
Figura 79: <i>Distorsiones de entrepiso - Módulo de Tres Aulas</i> . ....	117
Figura 80: <i>Distorsiones de entrepiso - Módulo de Cuatro Aulas</i> . ....	117
Figura 81: <i>Distorsiones de entrepiso - Módulo de Biblioteca y Talleres</i> .....	118
Figura 82: <i>Distorsiones de entrepiso - Módulo de Laboratorios</i> . ....	118
Figura 83: <i>Máximos desplazamientos laterales - Módulo de Tres Aulas</i> . ....	119
Figura 84: <i>Máximos desplazamientos laterales - Módulo de Cuatro Aulas</i> .....	119
Figura 85: <i>Máximos desplazamientos laterales - Módulo de Biblioteca</i> .....	120
Figura 86: <i>Máximos desplazamientos laterales - Módulo de Laboratorios</i> . ....	120
Figura 87: <i>Ubicación de muros de corte (Módulo de Biblioteca y Talleres)</i> .....	125
Figura 88: <i>Detalle de muro de corte (Módulo de Biblioteca y Talleres)</i> .....	125
Figura 89: <i>Ubicación de muros de corte (Módulo de Laboratorios)</i> . ....	126
Figura 90: <i>Detalle de muro de corte (Módulo de Laboratorios)</i> . ....	126
Figura 91: <i>Detalle típico de encuentro de zapata</i> .....	127
Figura 92: <i>Anclaje típico de refuerzo proyectado en concreto existente</i> .....	127

Figura 93: <i>Unión de Viga - Losa - Placa (Módulo de Biblioteca y Talleres)</i> .....	128
Figura 94: <i>Unión de Viga - Losa - Placa (Módulo de Laboratorios)</i> .....	128
Figura 95: <i>Detalle típico de demolición parcial de tabiques.</i> .....	129
Figura 96: <i>Detalle de columna de confinamiento.</i> .....	129
Figura 97: <i>Detalle de viga de confinamiento.</i> .....	130
Figura 98: <i>Curva "S" - Reforzamiento Estructural</i> .....	131

### **Índice de tablas**

Tabla 1 <i>Región sísmica según la aceleración espectral.</i> .....	35
Tabla 2 <i>Factores "Z" según la zonificación territorial.</i> .....	45
Tabla 3 <i>Factor Básico de Reducción</i> .....	48
Tabla 4 <i>Clasificación de los perfiles de suelo</i> .....	50
Tabla 5 <i>Factor de Suelo</i> .....	51
Tabla 6 <i>Operacionalización de las variables</i> .....	61
Tabla 7 <i>Costos de la investigación</i> .....	85
Tabla 8 <i>Normas aplicadas, con su descripción</i> .....	86
Tabla 9 <i>Levantamiento estructural de la I.E. N° 10024.</i> .....	89
Tabla 10 <i>Resultados de las pruebas de laboratorio</i> .....	89
Tabla 11 <i>Resultados de los ensayos de los corazones diamantinos.</i> .....	94
Tabla 12 <i>Puntuación obtenida del método RVS (FEMA 154).</i> .....	100
Tabla 13 <i>Resultados obtenidos del análisis dinámico modal espectral</i> .....	100
Tabla 14 <i>Presupuesto de Reforzamiento Estructural</i> .....	130
Tabla 15 <i>Calendario de Avance de Obra.</i> .....	131

## Resumen

La I.E. N° 10024 “Nuestra Señora de Fátima” es un centro educativo ubicado en la ciudad Chiclayo, en el departamento de Lambayeque, el cual está conformado por edificaciones construidas en el año 1950, y estructuras más recientes del año 2001, siendo las construcciones más antiguas las que presentan indicios de ser vulnerables estructuralmente debido al poco conocimiento de la Ingeniería Sismorresistente, es por ello que la presente investigación buscó dar a conocer si las edificaciones eran vulnerables estructuralmente ante un evento sísmico, evaluando cada una de ellas mediante un estudio preliminar por el método Rapid Visual Screening del FEMA y un estudio concluyente en base al Análisis Dinámico Modal Espectral de la NTE. E.030 “Diseño Sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones, además afianzándose de estudios complementarios como ensayo de corazones diamantinos y un estudio de mecánica de suelos, con lo cual se logró determinar que las edificaciones vulnerables estructuralmente ante un evento sísmico son los módulos construidos en el año 1950 debido a las deformaciones excesivas que se presentan en estas edificaciones a causa de la baja rigidez de sus elementos resistente a fuerzas laterales, para las cuales se presenta una propuesta de reforzamiento estructural mediante la incorporación de muros de corte en su estructura para aportar una rigidez adecuada y cumplir con el código de Diseño Sismorresistente vigente.

**Palabras claves:** Vulnerabilidad estructural, sistema estructural, sismo, distorsión de entrepiso o deriva, rigidez.

## Abstract

The I.E. N ° 10024 "Nuestra Señora de Fátima" it is an educational center located in the city Chiclayo, in department of Lambayeque, which is shaped by buildings constructed in the year 1950, and more recent structures of the year 2001, being the most ancient constructions those that present indications of being vulnerable structurally due to little knowledge of the Engineering Sismorresistente, it is for it that the present investigation sought to announce if the buildings were vulnerable structurally before a seismic event, evaluating each of them by means of one preliminary study for the method Rapid Visual Screening of the FEMA y a conclusive study on the basis of the Dynamic Modal Spectral Analysis of the NTE. E.030 "Design Anti-Seismic" of the National Regulation of Buildings, in addition becoming strong of complementary studies as test of adamantine hearts and a study of mechanics of soils, with which it achieved to determine that the vulnerable buildings structurally before a seismic event are the modules constructed in the year 1950 due to the excessive deformations that they present in these buildings because of the low inflexibility of his resistant elements to lateral forces, for which one presents an offer of structural reinforcement by means of the incorporation of shear wall in his structure to contribute a suitable stiffness and and comply with with the code of Design Anti-Seismic.

**Key words:** Structural vulnerability, structural system, earthquake, distortion of entrepiso or drift, stiffness.

## INTRODUCCIÓN

Las edificaciones de la I.E. N° 10024 “Nuestra Señora de Fátima” son estructuras construidas en el año 1950 y otras de menos antigüedad del año 2001, siendo las edificaciones con más tiempo las que a la vista presentan características que conllevarían a tener problemas estructurales ante un evento sísmico, es por ello que la presente investigación buscó dar a conocer si las edificaciones tanto antiguas como las relativamente nuevas eran vulnerables estructuralmente ante un eventual sismo severo, debido a que se trata de estructuras de uso educativo en la cual conviven estudiantes y docentes a los cuales se les debe ofrecer una infraestructura que resulte segura ante fenómenos de esa naturaleza. Siendo las edificaciones construidas en el año 1950 las únicas que no presentaron valores aceptables en los diferentes procesos de la evaluación estructural.

La presente investigación tiene la siguiente estructura:

Capítulo I: Problema de investigación

Capítulo II: Marco Teórico

Capítulo III: Marco Metodológico

Capítulo IV: Análisis e interpretación de los resultados

Capítulo V: Propuesta de investigación

Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones

Referencias

Anexos

## **CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Situación problemática**

### **A. Nivel Internacional**

Sudamérica es una región con mayor exposición a eventos sísmicos a causa de su ubicación geotectónica en el Cinturón de Fuego del Pacífico, haciendo esta una de las zonas de mayor liberación de energía del mundo, en donde se registra el 80% de la actividad sísmica del planeta. Por esta razón en países de América del Sur son los que han experimentado algunos de los eventos sísmicos más grandes de la historia. (BBC Mundo, 2016, párr.6).

La confluencia de tres placas tectónicas activas, en Sudamérica, como la Placa de Nazca, la Suramericana y la del Caribe no solo causan la actividad sísmica si no también la volcánica y las amenazas de tsunamis.

En los últimos años 5 años se han registrados sismos que azotaron países sudamericanos tales como el sismo en Ecuador ocurrido el 16 de abril del 2016 con una magnitud de 7,80 en la provincia de Manabí, los sismos en Chile ocurridos el 16 de septiembre del 2015 y el 1 de abril del 2014 de magnitud de 8,3 y 8,2 respectivamente y el sismo registrado en el departamento de San Marcos en Guatemala ocurrido el 7 de noviembre del 2012 con una magnitud de 7,4. (La Prensa, 2016, párr.5-18). Estos sucesos dejan como consecuencia pérdidas humanas, centenares de damnificados y edificios reducidos a escombros debido al colapso de estos a causa de que en algunos casos las estructuras no fueron diseñadas para tener un comportamiento adecuado ante eventos de este tipo, o que los códigos de diseño sismo resistente de cada país aún no brinda parámetros que garanticen las condiciones para salvaguardar la vida humana, además sumando a esto las malas prácticas constructivas y lo impredecible de la magnitud de un terremoto hace que los efectos que ocasionan estos, sean inciertos. Lamentablemente solo cuando ocurren sismos de grandes magnitudes, nos da la experiencia para aprender de los errores y mejorar los códigos de diseño sismo resistente para que cada vez se logre reducir los daños que ocasiona la actividad sísmica.

## B. Nivel Nacional

El Perú no es ajeno al tema si de sismos se habla, ya que su actividad sísmica está asociada al proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana, a su vez dando origen a la cordillera de los Andes y a la fosa peruano – chilena.

En 1996 se produce el sismo de Nazca, donde se observan daños en las edificaciones escolares nuevas, que tenían solamente pórticos en una dirección, con el agravante de tener tabiques de diferente altura, presentándose el efecto de columna corta. (Blanco Blasco, 2005)



**Figura 1:** *Falla de columna corta en local escolar de 2 Pisos, Sismo de Nazca 1996.*

Fuente: Criterios Técnicos para la construcción de Edificaciones Sismorresistentes.



**Figura 2:** Local Escolar de 2 Pisos después del Sismo de Nazca 1996.

Fuente: Criterios Técnicos para la construcción de Edificaciones Sismorresistentes.

Del mismo modo se presentaron fallas similares en locales escolares durante el sismo de Moquegua, Tacna y Arequipa a causa de las deformaciones superiores a la escasa separación o casi nula entre la columna estructural y el tabique.



**Figura 3:** Falla de columna corta en local escolar, Sismo de Arequipa 2001

Fuente: Evolución del diseño en concreto armado en el Perú.

### C. Nivel Local

La I.E. 10024 “Nuestra Señora de Fátima”, presenta patologías en sus elementos tanto estructurales como no estructurales en sus Edificaciones, dando indicios de que las estructuras resulten ser vulnerables ante un evento sísmico producto a fallas estructurales, las patologías más notables son:

Fisuras en esquina de vanos para ventana, por falta de confinamiento, a su vez ausencia de una junta que separe la columna con el tabique generando esto efecto de columna corta.



**Figura 4:** *Fisura en vano de ventana por la falta de confinamiento en el tabique y ausencia de junta entre columna y tabique.*

Fuente: Elaboración Propia

Este problema se repite en la mayoría de vanos, ya que no cuentan con una adecuada separación del tabique con la columna estructural.



**Figura 5:** Fisura en el revestimiento de muro y columna , debido a la ausencia de junta entre columna y tabique.

Fuente: Elaboración Propia

Otro problema que se puede identificar es que algunos módulos presentan en como sistema estructural en una de sus direcciones a los Pórticos, siendo estas carentes de rigidez lateral a simple vista, pudiéndose producir deformaciones exageradas.



**Figura 6:** Módulo de Biblioteca y Talleres (1950).

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 7:** *Módulo de Laboratorios (1950).*

Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado también existen módulos con aparente adecuada resistencia a fuerzas laterales, debido a la sección de columnas que presentan.



**Figura 8:** *Módulo de Cuatro Aulas (2001).*

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 9:** *Módulo de Tres Aulas (2001).*

Fuente: Elaboración Propia

## **1.2. Formulación del problema**

¿Son vulnerables estructuralmente las edificaciones de la I.E. N° 10024 “Nuestra Señora de Fátima” ante un sismo severo?.

## **1.3. Delimitación de la investigación**

La investigación se realizó en la I.E. N° 10024 “Nuestra Señora de Fátima” ubicado en la ciudad Chiclayo, región Lambayeque.

## **1.4. Justificación e Importancia**

### **1.4.1. Justificación Social**

El colegio actualmente cuenta con 681 alumnos de los cuales 108 pertenecen al nivel inicial, 249 nivel primario y en el nivel secundario 224 además del personal administrativo y la plana docente que labora en la institución, quienes son estos que al tener conocimiento de los ambientes más vulnerables ante un sismo del centro educativo mediante la presente investigación, pueden elaborar un plan de acción y evitar lesiones o pérdidas humanas.

### **1.4.2. Justificación económica**

Al conocer las deficiencias que pueda tener la estructura de los diferentes módulos de la I.E. N° 10024 “Nuestra señora de Fátima”, se contaría con información con la cual se puede plantear alternativas de un reforzamiento estructural como un estudio complementario a la investigación realizada, mejorando su comportamiento ante las fuerzas laterales que produce un sismo, a su vez reduciendo los daños materiales y evitando gastos por reparación o reconstrucción de elementos dañados.

### **1.4.3. Justificación tecnológica**

El desarrollo de la investigación impulsa la aplicación de metodologías de evaluación estructural, aplicables a otras instituciones de diferente índole, facilitando el reconocimiento de las edificaciones que requieran un estudio detallado, debido a su comportamiento incierto en un eventual movimiento sísmico.

## **1.5. Limitaciones de la investigación**

La investigación solo se realizó en 4 módulos (Módulo de Biblioteca y Talleres, Módulo de Tres Aulas, Módulo de Cuatro Aulas y Módulo de Laboratorios) ya que son el de mayor concurrencia de personas y representan las estructuras más significativas de la I.E. N° 10024 “Nuestra Señora de Fátima”, además de la existencia de ambientes del colegio que se encuentran fuera de servicio.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo General**

Evaluar la vulnerabilidad estructural ante un sismo severo de las edificaciones de la I.E. N° 10024 “Nuestra Señora de Fátima” en el año 2017.

### **1.6.2. Objetivos Específicos**

- Realizar el levantamiento estructural a los diferentes módulos en estudio de la I.E. N° 10024 “Nuestra Señora de Fátima”.
- Clasificar y tipificar el suelo donde se encuentran cimentados los módulos del colegio mediante un estudio de mecánica de suelos dentro del área de la I.E. N° 10024 “Nuestra Señora de Fátima”.
- Determinar la resistencia a la compresión de los elementos de concreto, de los módulos en estudio de la I.E. N° 10024 “Nuestra Señora de Fátima”, mediante la obtención y ensayo de corazones diamantinos.
- Aplicar el método Rapid Visual Screening (FEMA 154) en los módulos en estudio de la I.E. N° 10024 “Nuestra Señora de Fátima” y determinar la probabilidad de colapso.
- Verificar mediante el Análisis Dinámico Modal Espectral de la NTE. E.030 “Diseño Sismorresistente” la rigidez y resistencia de la estructura ante las fuerzas ejercidas por un sismo severo, empleando un modelo computacional.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

## **2.1. Antecedentes de la investigación**

### **A. Nivel Internacional**

Picón & Vargas (2011), en su investigación en Bucaramanga – Colombia: “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la sede principal del colegio de Santander en Bucaramanga”, recaudo información mediante inspección visual posteriormente realizo una documentación fotográfica de las patologías encontradas y un escaneo del refuerzo en los elementos de concreto armado, genero un modelo matemático en el programa SAP2000, al realizar el análisis de vulnerabilidad sísmica llega a la conclusión que la edificación no cumple con las exigencias del código NSR-10 vigente para ese país.

Moreta (2015), en su investigación en Quito – Ecuador, titulada: “Evaluación estructural mediante el FEMA 154 del NEC y propuesta de reforzamiento del centro educativo Juan Pablo I del D.M.Q.”, recopiló información mediante el personal encargado del centro educativo, con inspección visual, pruebas no destructivas, levantamiento estructural, aplicando el formato FEMA 154. Generó un modelo matemático en el software ETABS v9.7.4, al encontrar falencias estructurales del centro educativo propone dos alternativas de reforzamiento analizando cual es la más económica y técnica.

Aguilar (2015), en su investigación en Quito – Ecuador, titulada: “Evaluación estructural mediante el FEMA 154 del NEC y propuesta de reforzamiento de la institución Honrar la Vida D.M.Q.”, reunió información mediante una visita preliminar, levantamiento estructural, ensayos no destructivos, aplicando el formato FEMA 154. Con los datos recolectados elaboro un modelo matemático de la Institución en el paquete computacional ETABS v9.7.4, al presentar problemas en el comportamiento estructural propone dos alternativas de reforzamiento, los cuales mediante un análisis determino cual resultaba más económica y técnica.

### **B. Nivel Nacional**

Marin (2012), en su investigación en Lima – Perú, titulada: “Evaluación del riesgo sísmico del centro histórico de la ciudad de Huánuco”, recopiló información mediante estudios geofísicos, levantamiento estructural de cada edificación que fue analizada y mediciones de microtrepidaciones en el suelo. Aplico el método del

índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini logrando identificar que la mayoría de las edificaciones presentaba una vulnerabilidad media a baja.

Velarde (2014), en su investigación en Lima – Perú, titulada: “Análisis de vulnerabilidad sísmica de viviendas de dos pisos de adobe existente en Lima”, recogió información de sus evaluaciones de campo de las características estructurales y arquitectónicas de la edificación, a su vez realizó un levantamiento de daños comunes, posteriormente realiza un modelamiento numérico en el software SAP2000, concluyendo en su investigación que son vulnerables por que los muros del segundo nivel sufren mayores aceleraciones y no están preparados para recibir esfuerzos y desplazamientos en un sismo severo además de una potencial falla por volteo.

Marin (2015), en su investigación en Cusco – Perú, titulada: “Análisis de la vulnerabilidad estructural mediante el método de Hirosawa del pabellón A de la clínica San José – Cusco.”, recaudo información mediante guías de observación, planos de la edificación. Procesó la datos en un sistema computarizado Excel y el software ETABS v9.7.4. Empleó como guías documentarias las normas E0.20, E0.30, E0.50, E0.60 y E0.70 del reglamento nacional de edificaciones, así como la norma ACI-318. Demostró mediante el método de Hirosawa que la edificación presentara un comportamiento adecuado ante un evento sísmico.

### **C. Nivel Local**

Julca, Olarte, & Orbegozo (2009), en su investigación en Lambayeque – Perú, titulada: “Evaluación del riesgo sísmico del Centro Histórico de Chiclayo”, recopilaron información de la zonificación geotécnica de Chiclayo (CISMID, 1992) y el mapa geológico de la zona (INGEMMET), complementando los datos con la realización de ensayos geofísico de microtrepidaciones en 50 puntos del mercado de Chiclayo, con la información reunida emplearon el método del Índice de Vulnerabilidad, concluyendo que casi la totalidad de estructuras de adobe presentan una vulnerabilidad alta, las de albañilería y concreto reforzado presentan una vulnerabilidad baja a media.

Enedeque & Fuentes (2013), en su investigación en Lambayeque – Perú, titulada: “Vulnerabilidad sísmica de distrito de La Victoria aplicando Índices de

Vulnerabilidad, (Benedetti – Petrini)”, reunió información con salidas de campo y aplicando la metodología del Índice de Vulnerabilidad, determinando que las edificaciones de adobe presentan una vulnerabilidad sísmica alta de 82.73%, las de albañilería vulnerabilidad media de 45.61% y las de concreto reforzado 43.55%.

Reyes (2013), en su investigación en Chiclayo – Perú, titulada: “Vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la ciudad de Pomalca”, recolecto información mediante fichas de verificación y mediante ensayos de sondaje eléctrico verticales, determino que el suelo era del tipo blando o flexible con estrato de gran espesor, además identifico que el 63.00% de las viviendas son de adobe y albañilería incrementando la vulnerabilidad ante un evento sísmico, en su investigación concluye que en Pomalca se espera una intensidad máxima probable de IX en la escala de Mercalli, con un máximo de 70.00% de daño estructural en viviendas de adobe por lo que recomienda reforzamiento de estas estructuras.

Núñez & Gástelo (2015), en su investigación en Lambayeque – Perú, titulada: “Vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Chiclayo, zona oeste (Av. Eufemio Lora y Lora, Av. José Leonardo Ortiz, Prolong. Bolognesi, Vía de Evitamiento, Panamericana norte y Av. Augusto B. Leguía), aplicando los índices de Benedetti y Petrini”, recaudo información con visitas de campo y aplico la metodología de Benedetti y Petrini, determinando que en la Zona 1 identificado en la investigación presenta una vulnerabilidad sísmica baja, la Zona 2 una vulnerabilidad sísmica entre baja y media, la Zona 3 una vulnerabilidad media, la Zona 4 una vulnerabilidad media y alta y la Zona 5 una vulnerabilidad sísmica alta.

## **2.2. Estado del Arte**

### **2.2.1. SAP2000**

Es un software que emplea un análisis por elementos finitos, con interfaz gráfico 3D orientado a objetos, capaz de realizar de forma automatizada, la modelación, análisis y dimensionamiento de lo más amplio conjunto de problemas de la ingeniería estructural. (CSI Computers & Structures, Inc., 2016, párr.1)

Conocido por la variedad de tipos de estructuras que permite analizar, por su poder de cálculo y por la confiabilidad de los resultados,

SAP2000 es la herramienta de trabajo diaria para varios profesionales que se dedican al análisis de estructuras. La versatilidad en modelar estructuras, permite el dimensionamiento de puentes, edificios, estadios, presas, naves industriales y todo tipo de estructuras que necesite ser analizada y dimensionada. (CSI Computers & Structures, Inc., 2016, párr.2)

Con respecto a las funciones, es posible generar de forma automática cargas de sismo, viento y vehículos, para luego, hacer el dimensionamiento y comprobación de estructuras de concreto armado, perfiles metálicos, de aluminio y conformados en frío, a través de las diferentes códigos de diseño según la ubicación geográfica. (CSI Computers & Structures, Inc., 2016, párr.3)

La variedad de herramientas para el análisis y los procesos que se desarrollan en SAP2000 hacen posible la evaluación de grandes desplazamientos en cada etapa de la estructura en estudio, el análisis modal a través de los vectores propios Eigen y Ritz basados en casos de carga no lineales, la no linealidad del material (rótulas fiber) y de los objetos de área no lineales (layered shell), el análisis de pandeo o colapso progresivo, el uso de "links" no lineales para modelado de la fricción, amortiguación, aisladores de base y rigidez multilineal o plástica entre nudos. Los análisis no lineales pueden ser estáticos y/o en función del tiempo, con opciones para análisis dinámico FNA (Fast Nonlinear Analysis), temporales (time-history) y por integración directa. (CSI Computers & Structures, Inc., 2016, párr.4)

### **2.2.2. ETABS**

Es un software innovador y revolucionario para el análisis estructural de edificios. Resultado de 40 años de investigación y desarrollo continuo, ETABS tiene herramientas incomparables de modelado y visualización de objetos 3D, gran capacidad de poder analítico lineal y no lineal, comandos de dimensionamiento sofisticadas y que abarcan una amplia gama de materiales de construcción, esclarecedores

gráficos, informes y diseños esquemáticos que hacen comprensible la interpretación del análisis y de los respectivos resultados. (CSI Computers & Structures, Inc., 2016, párr.1)

Desde el modelado de la estructura a la creación de diseños y detalles, ETABS cubre todo el proceso de dimensionamiento. Con ETABS es sencillo crear modelos estructurales y los comandos de diseño son intuitivos y permiten la rápida generación de plantas y elevaciones estructurales. Diseños CAD pueden convertirse directamente en modelos ETABS o emplearse como plantillas a partir de los cuales se puede efectuar el modelado. (CSI Computers & Structures, Inc., 2016, párr.2)

Además permite evaluar la capacidad de una estructura mediante un análisis Pushover, aplicando una carga lateral incremental hasta que el modelo de la estructural supone un estado de colapso.

### **2.2.3. SAFE**

Es un software revolucionario para análisis y dimensionamiento de losas y cimentaciones de concreto armado. Permite el modelamiento de objetos de concreto armado incluso realizar el diseño y detalle del reforzamiento, SAFE integra todos los aspectos que requiere el dimensionamiento de elementos estructurales. (CSI Computers & Structure, Inc., 2017,párr.1)

Es posible definir cualquier tipo de losas, desde macizas, reticulares y nervadas, con distribución de cargas en una o dos direcciones. (CSI Computers & Structure, Inc., 2017,párr.2)

## **2.3. Bases teóricas científicas**

### **2.3.1. Vulnerabilidad estructural**

“La vulnerabilidad estructural se define como la predisposición intrínseca a sufrir deterioros ante la ocurrencia de un evento sísmico y está relacionada directamente con sus características estructurales de diseño.” (Bonett, 2003, p.125).

“La vulnerabilidad estructural se refiere a que tan susceptible es la estructura a sufrir daños en aquellas partes de la edificación que lo mantienen en pie ante un sismo intenso. Esto incluye cimientos, columnas, muros, vigas, losas y todos los elementos estructurales.” (Organización Panamericana de la Salud, 2000, p.27).

“La vulnerabilidad estructural es el límite que se sobrepasa el grado de reserva o el nivel de capacidad de respuesta previsto, ante una amenaza sísmica esperada.” (Alonso, 2014, p.39).

#### **2.3.1.1. Factores de la vulnerabilidad estructural**

Los factores que inciden en la vulnerabilidad de las edificaciones, según Alonso G. (2014) son:

- a) Factores Geológicos: Sismicidad de la zona, magnitud del terremoto, fallamiento superficial, características geotectónicas locales, interacción suelo-estructura, amplitud y duraciones de las sacudidas fuertes del terreno, asentamiento del terreno, licuefacción del suelo, inestabilidad de taludes, avalanchas, tsunamis.
- b) Factores Estructurales: Tipología estructural, características de los de materiales (acero, concreto armado, madera, mampostería, etc.), errores en la estimación de las cargas a las que será sometida la estructura, deficiencia en el análisis y diseño estructural, ductilidad disponible, problemas de torsión, irregularidades por rigidez (pisos blandos, columnas corta), deformación lateral entre niveles contiguos superiores a los valores máximos permitidos, distribución asimétrica de rigideces y masas, geometría irregular en planta, detalles del

refuerzo estructural deficiente en las conexiones o nudos y armado de elementos, golpeteo o colindancia de edificaciones contiguas.

c) Factores Arquitectónicos: Configuración geométrica irregular en planta y en elevación de la edificación, parámetros urbanísticos (retiros, alturas, porcentajes de construcción, etc.), grandes luces y pocas columnas, distribución asimétrica o impropia de elementos fachada, utilización indiscriminada de materiales inflamables, uso excesivo de ductos, ubicación asimétrica del núcleo de escaleras y de ascensor, sistemas de escape deficiente o inexistente, distribución errática de la tabiquería.

d) Factores Constructivos: Encofrados deficiente, mala calidad de los materiales utilizados en la construcción, protección deficiente contra el fuego, incompatibilidad de los materiales utilizados, falta de inspección eficiente, mano de obra defectuosa, uniones defectuosas de elementos prefabricados, falta de unión apropiada entre los elementos estructurales y los elementos estructurales y los tabiques de mampostería, soldaduras defectuosas, defectos de vaciado y curado del concreto, refuerzo inadecuado en las conexiones o juntas de elementos de concreto armado, falta recubrimiento propiciando la corrosión, conexiones metálicas defectuosas, anclajes deficientes de equipos médicos y hospitalarios, remodelación y/o eliminación total o parcial de paredes internas, ejecutadas generalmente por propietarios del inmueble en viviendas y locales comerciales.

e) Factores Socio-económicos: Cambio del uso previsto en la edificación en original, utilización de materiales no aptos para resistir sismos, falta de información y de sistemas de alerta rápida, reducción de la población, remuneración deficiente a profesionales responsables del proyecto estructural, viviendas de bajo recursos, no apropiados para zonas sísmicas, ordenanzas vigentes, falta de recursos económicos, poca comunicación entre el ingeniero y el arquitecto, falta de planes de contingencia durante desastres. (p. 41)

### **2.3.1.2. Análisis de la vulnerabilidad estructural**

Según la Organización Panamericana de la Salud (2000):

Un análisis de vulnerabilidad tiene como objetivo, determinar la susceptibilidad o el nivel de daño que puede esperarse en la estructura de una edificación frente a un desastre determinado.

Para la realizar el análisis de vulnerabilidad estructural de una edificación, la literatura internacional presenta diversos métodos, los cuales pueden clasificarse en métodos cualitativos, generalmente utilizados cuando se evalúa la vulnerabilidad de más de una edificaciones, también cuando se tiene certeza acerca de la seguridad que ofrece debido a la buena praxis constructiva y un diseño adecuado de una determinada estructura y se pretende corroborar dicho nivel de seguridad; métodos cuantitativos, empleados cuando la importancia de la edificación así lo amerita, o cuando los métodos cualitativos no son determinantes con respecto a la seguridad de la edificación.

#### **A. Métodos cualitativos**

Los métodos cualitativos son diseñados para la evaluación de manera rápida y sencilla de un conjunto de edificaciones, y seleccionar aquellas que requieran una evaluación a detalle. Estos métodos se utilizan principalmente para la evaluación masiva de edificios con fines de cuantificación del riesgo sísmico en un sector de una ciudad, y sus resultados, fuera de lo necesario para realizar dicha selección, no pueden tomarse realmente como concluyentes en ningún caso particular, salvo que se verifique la seguridad de una edificación. (p. 48)

Algunos de estos métodos constituyen el primer nivel de evaluación de los métodos cuantitativos, como el caso del método japonés, la evaluación diseñada por Iglesias para el caso de Ciudad de México y el método ATC-21 (FEMA 154). En términos generales, puede decirse

que son métodos eminentemente cualitativos, a causa de que la construcción recibe una puntuación determinada de acuerdo a características tales como su estado de conservación, su irregularidad en planta y en altura, su relación con el suelo donde se encuentra cimentado, etc., calificación que en general no precisa de cálculos muy elaborados. (p. 49)

## **B. Métodos cuantitativos**

Para la recuperación post-sísmica de edificios esenciales, resulta necesario la realización de un análisis más riguroso; para lo cual se dispone de los métodos cuantitativos. Asimismo, los métodos cuantitativos sirven para profundizar y contrastar los resultados obtenidos de los métodos cualitativos, cuando estos últimos no entreguen resultados concluyentes sobre la seguridad del edificio en estudio.

Para realizar un análisis de vulnerabilidad, utilizando métodos cuantitativos es necesario contar con cierta información como: características de los materiales empleados en la estructura, caracterización del suelo donde se encuentra cimentada la estructura y planos estructurales entre otra información.

Generalmente los análisis cuantitativos son realizados mediante modelos matemáticos de la estructura, en las cuales se deben considerar aspectos tales como la interacción de la estructura con los elementos no estructurales, cargas reales a las que está sometida la estructura, análisis para los diferentes sismos que se pueden presentar. (p. 52)

### **2.3.2. Rapid Visual Screening (FEMA 154)**

Según Federal Emergency Management Agency (2002)

El método que describe la publicación FEMA 154, lo denomina “Rapid Visual Screening” que en español se puede entender como un “Detección Visual Rápida”, ha sido formulado para identificar,

inventariar, y clasificar edificios que son potencialmente peligrosos ante un sismo. Desarrollado por un grupo multidisciplinario que incluye funcionarios e inspectores de edificios públicos, agencias de gobierno, profesionales de diseño, propietarios de edificios del sector privado, miembros de universidades quienes usan el Procedimiento RVS como herramienta de trabajo e investigación. Este procedimiento puede ser implementado en forma relativamente rápida y económica para desarrollar una lista de edificios con peligro potencial ante un sismo sin un alto costo de análisis sísmico detallado de los edificios individuales.

Si un edificio recibe un puntaje alto (por encima de un límite de puntaje), el edificio es considerado que tiene una adecuada resistencia sísmica. Si un edificio recibe un bajo puntaje sobre la base de este procedimiento debería ser evaluado por un ingeniero profesional con una experiencia en diseño sísmico. De acuerdo a la inspección detallada, a los análisis ingenieriles, y otros procedimientos detallados se logra un informe final sobre la capacidad del edificio y la necesidad de una rehabilitación. (p.1)

La inspección, recopilación de datos, y proceso de toma de decisiones por lo general tendrá lugar en la obra de construcción, teniendo un promedio de 15 a 30 minutos por edificio (30 minutos a una hora si el acceso al interior se encuentra disponible). Los resultados son grabados en uno de los tres formularios de recogida de datos, dependiendo de la actividad sísmica de la región sometido a reconocimiento. (p.2)

Como se puede ver la publicación FEMA 154 hace referencia a un método cualitativo de evaluación, el cual permite rápidamente determinar que estructura requiere un análisis más detallado según el resultados del estudio, para la presente investigación este método se empleara como una evaluación preliminar, cuyos resultados serán contrastados con el desarrollo de un método cuantitativo de evaluación a base del Análisis Dinámico Modal Espectral que esta descrito en la NTE. E.030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones.

## **A. Secuencia de Aplicación**

La secuencia para la aplicación del procedimiento RVS debe respetar el la medida que se pueda el siguiente orden.

- a) Estimar el costo del presupuesto, reconociendo la extensión del proyecto.
- b) Planificación pre-campo, incluyendo la selección de la zona que se desea estudiar, la identificación del tipo de edificación.
- c) Selección y revisión de los métodos para la recolección de datos.
- d) Selección y formación del personal de inspección.
- e) Adquisición de y revisión de datos pre-campo, esto incluye la revisión de los archivos existentes e información de la construcción (por ejemplo dirección, número de lote, número de plantas, antigüedad).
- f) Revisión de los planos de la construcción, si están disponibles.
- g) Evaluación en campo de la edificación, y esto consiste en:
  - Verificación de la información del edificio.
  - Caminar alrededor del edificio y realizar un bosquejo de éste en planta elevación.
  - Determinación de la ocupación o sea el uso del edificio y el número de ocupantes.
  - Identificación del tipo de suelo si no ha sido determinado durante el proceso de pre-planeamiento.
  - Identificación de las potenciales amenazas de elementos no estructurales.
  - Identificación del sistema resistente a carga sísmica lateral y encerrar con un círculo el Puntaje Básico de amenaza estructural en el formato de recolección de datos.
  - Identificación y marcar los puntajes de los modificadores del puntaje (por ejemplo: número de pisos, tipo de suelo, datos de diseño, etc.) en el formato de recolección de datos.
  - Determinación del Puntaje Final, S y decidir si una evaluación detallada es requerida.

- Fotografiar al edificio. (p.6)

El manual RVS describe como obtener datos fundamentales para el desarrollo de la metodología.

### A.1. Determinación de la región sísmica

Para la correcta anotación de datos, primero hay que identificar la sismicidad de la zona del edificio en estudio. La región de sísmica (H, M o L) para el área investigada se determina de la siguiente manera:

En función de la aceleración espectral ( $S_a$ ) para un periodo de 0.2 segundos y para un periodo de 1 segundo, se multiplican estos valores por 2/3. En la siguiente tabla se aprecian los valores de SA en función de “g” que viene a ser el valor de la aceleración de la gravedad. (p.8)

**Tabla 1.**

*Región sísmica según la aceleración espectral*

Región sísmica	Aceleración espectral de respuesta (Periodo corto o 0.2 seg.)	Aceleración espectral de respuesta (Periodo grande o 1 seg.)
Baja	Menos que 0.167g (en dirección horizontal)	Menos que 0.067 g (en dirección horizontal)
Moderada	Mayor o igual a 0.167g pero menos que 0.500g (en dirección horizontal)	Mayor o igual a 0.067g pero menos que 0.200g (en dirección horizontal)
Alta	Mayor o igual a 0.500g (en dirección horizontal)	Mayor o igual a 0.200g (en dirección horizontal)

Fuente: Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards (FEMA 154)

Para nuestro caso emplearemos los parámetros de la norma técnica E0.30 “Diseño Sismorresistente” para obtener el valor de la aceleración espectral y de esta forma identificar la región sísmica según FEMA 154.

## **A.2. Identificación del tipo de suelo.**

El tipo de suelo tiene una influencia importante en la amplitud y duración de la agitación y, por tanto, daño estructural. En términos generales, cuanto más profundos son los suelos de un sitio, Más dañino será el movimiento sísmico. Los Seis tipos de suelos considerados en el procedimiento RVS son roca dura (tipo A); roca media (tipo B); suelo denso (tipo C), suelo rígido (tipo D); suelo suave (tipo E) y suelo pobre (tipo F). (p.15)

Edificios en Tipo de suelo F no puede ser rastreado eficazmente por el procedimiento RVS, con excepción si los Edificios sobre este tipo de suelo son evaluados por un ingeniero geotécnico y profesional experimentado en el diseño sísmico. (p.17)

Para la presente investigación se realizara un estudio de mecánica de suelos para identificar la clase de suelo en la que se encuentra el terreno donde esta cimentada la institución educativa, teniendo como guía los parámetros que brinda el manual y así relacionar los valores obtenidos por las pruebas de laboratorio. A continuación se presentan los parámetros que determinan cada tipo de suelo según FEMA 154:

Tipo A (roca dura): velocidad de propagación de onda de corte,  $V_s > 5000$  pies/seg.

Tipo B (roca media):  $V_s$  entre 2500 y 5000 pies/seg.

Tipo C (roca blanda y suelo muy denso):  $V_s$  entre 1200 y 2500 pies/seg., o golpe estándar  $N > 50$ , o resistencia al cizallamiento no drenada  $S_u > 2000$  psf.

Tipo D (suelo rígido):  $V_s$  entre 600 y 1200 pies/seg, o golpe estándar  $N$  entre 15 y 50, o resistencia al cizallamiento no drenada entre 1000 y 2000 psf.

Tipo E (suelo blando): Más de 100 pies de suelo blando con Índice de plasticidad  $PI > 20$ , contenido de humedad  $W > 40\%$ , y  $S_u < 500$  psf; o un suelo con  $V_s \leq 600$  pies/seg.

Tipo F (tierra pobre): Suelos que requieren evaluaciones:

- a) Suelos vulnerables a posibles fallas o colapsos bajo carga sísmica, tales como suelos licuables, arcillas rápidas y altamente sensibles, plegables suelos poco cementados.
- b) Turbas o arcillas altamente orgánicas ( $H > 10$  pies de turba o arcilla altamente orgánica, donde  $H$  = espesor de suelo.).
- c) Arcillas de plasticidad muy alta ( $H > 25$  pies con  $PI > 75$ ).
- d) Más de 120 pies de arcilla blanda o media dura.

Los parámetros  $V_s$ ,  $N$  y  $S_u$  son, respectivamente los valores medios de corte Velocidad de onda, prueba de penetración estándar (SPT) recuento y resistencia a la cizalla no drenada de los suelos en el sitio. (p.17)

### **A.3. Identificación del sistema estructural.**

El manual FEMA 154 reconoce como sistemas estructurales resistentes a fuerzas laterales los siguientes:

#### **A.3.1. Pórticos de madera (W1 y W2)**

Las estructuras de pórticos de madera suelen ser viviendas, pequeños apartamentos, edificios comerciales o estructuras industriales de un piso. Son rara vez los construidos con más de tres pisos de altura, aunque este tipo de edificios pueden ser de hasta seis pisos, en algunas ocasiones. (p.99)

#### **A.3.2. Pórticos de acero (S1 y S2)**

Generalmente, los edificios de marcos de acero pueden clasificarse como pórticos resistentes al momento o con pórticos reforzados, basados en sus sistemas de resistencia a la fuerza lateral. Los pórticos resistentes a momentos resisten cargas laterales y

deformaciones por la rigidez de flexión de las vigas y columnas (no hay refuerzo diagonal). y los pórticos con refuerzo tienen arriostres diagonales que conectan, en cada extremo, a las juntas donde las vigas y las columnas se encuentran. Las fuerzas o cargas laterales se resisten por la resistencia a la tracción y la compresión del refuerzo. En los pórticos excéntricos, el refuerzo es ligeramente desplazado de las conexiones de viga a columna principales, y la sección corta del haz se espera que se deforme significativamente en flexión bajo condiciones sísmicas mayores, disipando así una parte considerable de la energía del edificio vibrante. (p.103)

### **A.3.3. Estructura de metal ligero (S3)**

Se utilizan para estructuras destinadas a fines agrícolas, fábricas industriales y almacenes. Tienen una historia de altura, a veces sin columnas interiores. La construcción es típicamente de marcos de acero abarcando la dimensión corta del edificio, resistiendo fuerzas laterales como pórticos de momento. Fuerzas en la dirección larga se resisten generalmente por el acero diagonal, estos edificios suelen revestirse de metal liviano o concreto armado. (p.106)

### **A.3.4. Pórticos de acero con muros de corte de concreto (S4)**

Similar a las estructuras de pórticos de acero resistente a momento en el que se distribuye una matriz de columnas y vigas de acero en toda la estructura. Las articulaciones, sin embargo, no están diseñadas para resistencia a momentos, y las fuerzas laterales son resistidas por los muros de corte de concreto. A menudo es difícil diferenciar visualmente entre un pórtico de acero con muros de corte de concreto y uno sin estos, debido a que los muros de corte interior a menudo son cubiertos por acabados interiores y se verá como tabiques interiores no estructurales. (p.107)

### **A.3.5. Estructuras de acero con muros de relleno de mampostería no reforzada (S5)**

Consiste en de un pórtico estructural de acero y paredes "rellenas" con mampostería no reforzada (URM). En los edificios más antiguos, los diafragmas del piso son a menudo de madera. Posteriormente los edificios tienen pisos de concreto armado. Porque el relleno de mampostería hace que la estructura tienda a ser rígida. Debido a que el pórtico de acero en un edificio antiguo está cubierto de mampostería no reforzada para protección contra incendios, es fácil de confundir este tipo de edificio con URM que lleva muros estructurales. (p.108)

### **A.3.6. Edificios de pórticos de concreto resistente a momento (C1)**

Construidos con pórticos resistentes a momentos conformados por vigas y columnas de concreto que resisten fuerzas laterales y verticales. (p.110)

### **A.3.7. Pórticos con muros de corte de concreto (C2)**

Edificios conformados por muros de concreto armado que resiste a las fuerzas laterales. (p.113)

### **A.3.8. Estructura de concreto con muros de albañilería de relleno no reforzada (C3)**

Elementos de concreto armado con relleno de albañilería no reforzada, trabajando ambos en conjunto.

### **A.3.9. Estructuras inclinadas prefabricadas (PC1)**

Paneles prefabricados que son inclinados hasta ser colocados en su posición final. (p.117)

### **A.3.10. Pórticos de concreto prefabricados (PC2)**

Conjuntos de vigas, columnas y losas prefabricadas y ensambladas in situ. (p.118)

### **A.3.11. Albañilería reforzada (RM1 y RM2)**

Los edificios de mampostería reforzada son en su mayoría de poca altura estructuras con muros perimetrales, a menudo con diafragmas de madera (edificios RM1), aunque el concreto se utiliza a veces (RM2 edificios). Piso y los conjuntos de techo generalmente consisten de viguetas de madera y vigas, vigas laminadas encoladas, o vigas de acero ligero; los muros están constituidas por unidades de mampostería hueca o sólida. Soportes interiores, si los hay, son a menudo columnas de madera o acero, montantes de madera o muros de mampostería. (p.121)

### **A.3.12. Albañilería no reforzada (UMR)**

Estas edificaciones van de 1 a 6 pisos y su uso generalmente es residencial, comercial o industrial; con sistemas de losas de madera. (p.122)

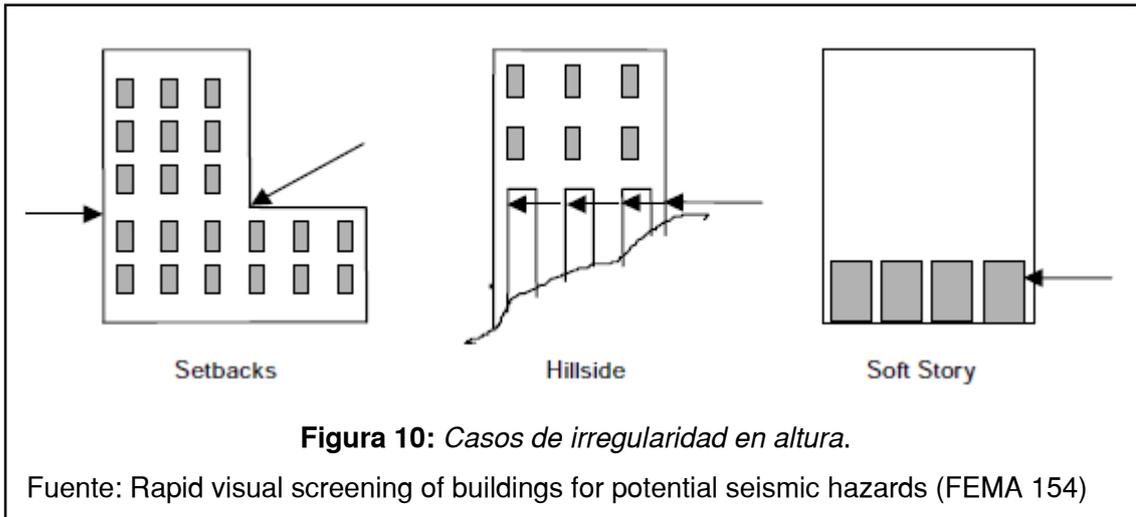
## **B. Modificadores**

### **B.1. Altura de la Edificación**

Se considera un edificio de mediana altura a los que se encuentre en el orden de 4 a 7 niveles, y a los de una gran altura a los mayores de 8 niveles. (p.38)

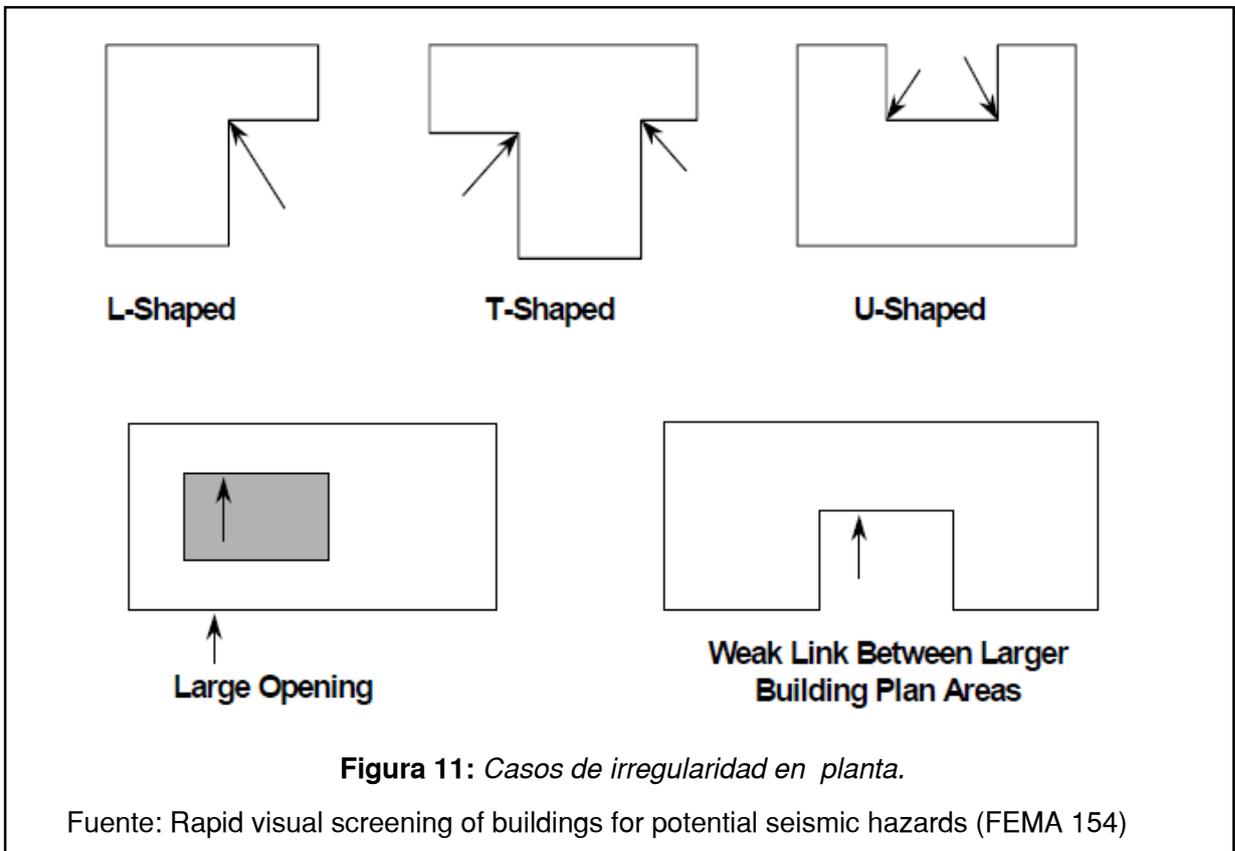
### **B.2. Irregularidad vertical**

Se considera que una edificación tiene irregularidad vertical cuando no existe continuidad de sus elementos verticales generando retiros (Setbacks), cuando se encuentra ubicado en una ladera (Hillside), y cuando existe piso blando debido a que existe mayor rigidez en un piso superior en comparación al inferior (Soft Story). (p.39)



### B.3. Irregularidad en planta

Se considera que existe irregularidad en planta cuando la edificación presenta esquinas entrantes por que la planta de la estructura tiene geometría en forma de U, T, E o L., cuando existen ductos de gran tamaño generando grandes excentricidades. (p.40)



#### **B.4. Pre-código**

Este modificador aplica en las edificaciones de región sísmica alta y moderada, cuando estos hayan sido diseñados y construidos antes si la adopción de un código de diseño aceptable según su sistema estructural. (p.40)

#### **B.5. Post-Benchmark**

Este modificador aplica en las que hayan sido diseñados y construidos después de la adopción de un código de diseño sismorresistente mejorado. (p.41)

#### **B.6. Tipo de suelo C, D o E**

Este modificador aplica según el tipo de suelo donde se encuentre cimentado la edificación. (p.40)

### **C. Criterios de calificación**

El uso del RVS a nivel de evaluación permite a la autoridad que lidera el estudio a dividir los edificios en dos categorías: las que se espera que tenga un rendimiento sísmico aceptable, y aquellos que pueden ser sísmicamente peligrosos y deben estudiarse más a fondo. Esto requiere que la autoridad RVS determina, preferentemente como parte proceso de pre-planificación, un "corte" puntuación. (p.10)

Una puntuación "S" de 2 se sugiere como un "corte", basado en los actuales criterios de diseño sísmico. Utilizando este nivel de corte, los edificios que tengan una puntuación "S" de 2 o menos debe ser investigado por un profesional con experiencia en diseño sísmico. (p.11)

Este valor "S" representa una estimación de la probabilidad de que el edificio colapse ante un sismo igual o superior al máximo considerado, y ya que "S" se basa en las limitaciones de datos observados y analíticos, por ende la probabilidad de colapso es valor aproximado, esto se interpreta que para un valor de "S" la probabilidad de colapso

es de 1 en  $10^S$ , para lo cual si se considera como punto de corte  $S=2$ , la estructura que tenga esta puntuación tendría la probabilidad de 1 en  $10^2$  de colapso, lo cual representaría al 1%, y en caso el valor “S” sea un número negativo, se debería obviar algunos modificadores de tal modo que se obtenga la puntuación más baja para una serie de casos posibles pero con un valor positivo.(p.43)

### 2.3.3. Análisis Dinámico Modal Espectral

Este método de análisis implica solamente el cálculo de los valores máximos de los desplazamientos y las aceleraciones en cada modo empleando un espectro de aceleraciones, el mismo que representa la envolvente de espectros de respuesta para diversos sismos, con algunas consideraciones adicionales expuestas en los códigos sismorresistentes de cada país, luego se combinan estos valores máximos, por ejemplo mediante un promedio ponderado entre la media y la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de tales valores máximos o por también por el método de la combinación cuadrática completa (CQC), que considera adicionalmente una correlación entre los valores modales máximos. De este modo, se obtienen los valores más probables de desplazamientos y fuerzas. (ARQHYS, 2017)

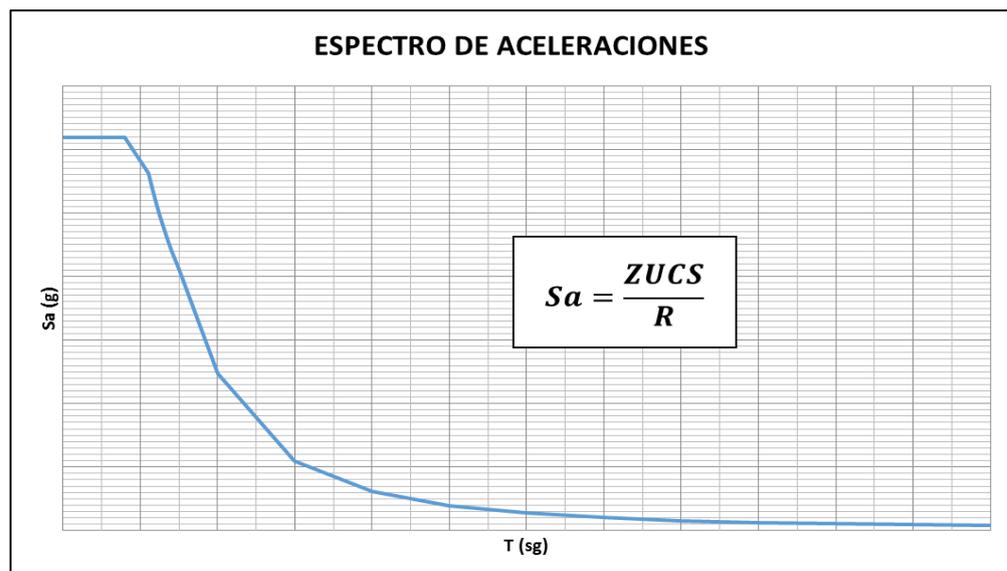


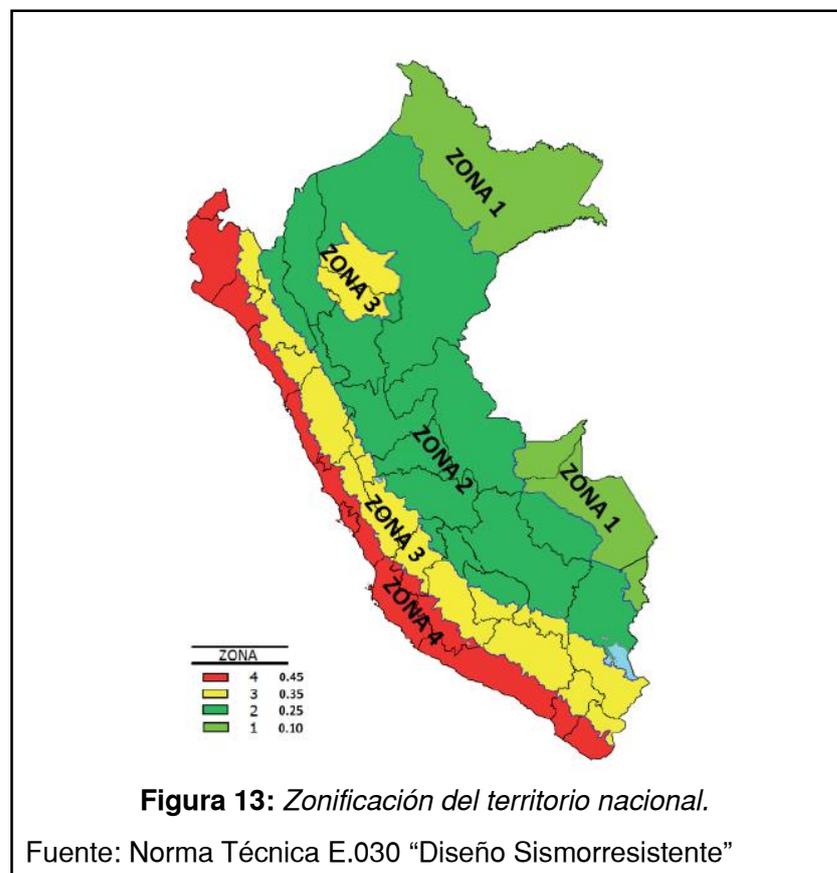
Figura 12: Espectro de aceleraciones típico.

Fuente: Elaboración propia

Para la presente investigación se realizará un análisis estructural siguiendo los parámetros de la NTE. E.030 “Diseño sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones, para verificar las distorsiones de entrepiso máximas.

### 2.3.3.1. Zonificación

El territorio peruano ha sido dividido en cuatro zonas en base a la distribución espacial de la sismicidad observada, las características de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica.



A cada zona se le asigna un factor Z, que se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años (Sismo con un periodo de retorno de 475 años, sismo severo). El factor Z esta expresado como una fracción de la aceleración de la gravedad. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016, p. 576295).

**Tabla 2.**

*Factores “Z” según la zonificación territorial*

Factores de zona “Z”	
Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente”

### **2.3.3.2. Sistemas Estructurales**

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016) en la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente”, correspondiente al conjunto de Normas Legales publicadas por el diario “El Peruano”, los sistemas estructurales se dividen según los materiales:

#### **A. Estructuras de concreto armado**

##### **A.1. Pórticos**

Sistema en el cual por lo menos el 80% de la fuerza cortante en la base se encuentra actuando sobre las columnas de los pórticos. En caso de que en la estructura exista la presencia de muros estructurales, éstos se diseñarán para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez.

##### **A.2. Muros estructurales**

Sistema en el que la resistencia frente la acción sísmica predomina para los muros estructurales, sobre los que actúa por lo menos el 70% de la fuerza cortante basal.

##### **A.3. Dual**

Sistema estructural donde las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de muros estructurales y pórticos. La fuerza cortante que toman los muros estructurales está entre 20% y 70% del cortante

basal. Los pórticos deberán ser diseñados para resistir por lo menos 30% de la fuerza cortante en la base.

#### **A.4. Edificaciones de muros de ductilidad limitada**

Edificaciones que se caracterizan por tener un sistema estructural donde la resistencia sísmica y de cargas de gravedad está dada por muros de concreto armado de espesores reducidos, los cuales se encuentra confinados en los extremos y el refuerzo vertical se dispone en una sola capa.

### **B. Estructuras de acero**

#### **B.1. Pórticos especiales resistentes a momentos**

Estos pórticos deberán aportar significativamente en la capacidad de deformación inelástica a través de la fluencia de las vigas y reducida fluencia en las zonas de panel de las columnas.

#### **B.2. Pórticos intermedios resistentes a momentos**

Los elementos del pórtico deberán proveer una reducida capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

#### **B.3. Pórticos ordinarios resistentes a momentos**

Estos pórticos deberán proveer una controlada capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

#### **B.4. Pórticos especiales concéntricamente arriostrados**

Estos pórticos deberán proveer una significativa capacidad de deformación inelástica a través de la resistencia post-pandeo en los arriostres en compresión y fluencia en los arriostres en tracción.

#### **B.5. Pórticos ordinarios concéntricamente arriostrados**

Estos pórticos deberán proveer una limitada capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

### **B.6. Pórticos excéntricamente arriostrados**

Estos pórticos deberán proveer una significativa capacidad de deformación inelástica principalmente por fluencia en flexión o corte en la zona entre arriostres.

### **C. Estructuras de albañilería**

Edificaciones cuyos elementos sismorresistentes son muros construidos a base de unidades de albañilería de arcilla o concreto.

### **D. Estructuras de madera**

Se consideran a las edificaciones cuyos elementos resistentes son principalmente a base de madera. Se incluyen sistemas entramados y estructuras arriostradas tipo poste y viga.

### **E. Estructuras de tierra**

Son edificaciones cuyos muros son hechos con unidades de albañilería de tierra o tierra apisonada in situ. (p. 576298)

**Tabla 3***Factor Básico de Reducción*

Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción ( $R_0$ )
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos	6
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados	8
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados	8
<b>Concreto Armado:</b>	
Pórticos Dual	8
De muros estructurales	7
Muros de ductilidad limitada	6
Albañilería Armada o Confinada	4
Madera	3
Madera	7

Fuente: Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente"

**2.3.3.3. Perfiles de suelo**

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016):

Los perfiles de suelo se clasifican considerando la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte ( $V_s$ ), para suelos granulares, el promedio ponderado de los  $N_{60}$  obtenidos mediante un ensayo de SPT y para suelos cohesivos el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada ( $S_u$ ). Estas propiedades deben determinarse para los 30 m superiores del perfil de suelo medido desde el nivel del fondo de cimentación.

### **A. Perfil tipo S<sub>0</sub>: Roca dura**

Corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte  $V_s$  mayor que 1500 m/s. Las mediciones deberán corresponder al lugar del proyecto o a perfiles de la misma roca en la misma formación con igual o mayor intemperismo o fracturas. Cuando se conoce que la roca dura es constante hasta 30 m de profundidad, las mediciones de la velocidad de las ondas de corte pueden ser utilizadas para estimar el valor de  $V_s$ .

### **B. Perfil tipo S<sub>1</sub>: Roca o suelos muy rígidos**

A este tipo pertenecen las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte  $V_s$ , entre 500 m/s y 1500 m/s, también se incluyen los casos en los que se cimienta sobre:

Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada  $q_u$  mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm<sup>2</sup>).

Arena muy densa o grava arenosa densa, con  $N_{60}$  mayor que 50.

Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada  $S_u$  mayor que 1 kg/cm<sup>2</sup> y con un aumento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

### **C. Perfil Tipo S<sub>2</sub>: Suelos intermedios**

A este tipo corresponden los suelos de rigidez media, con velocidades de propagación de onda de corte  $V_s$ , entre 180 m/s y 500 m/s, considerándose también los casos en los que se cimienta sobre:

Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT  $N_{60}$ , entre 15 y 50.

Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada  $S_u$ , entre 0,5 kg/cm<sup>2</sup> y 1 kg/cm<sup>2</sup> y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

#### A. Perfil Tipo S<sub>3</sub>: Suelos blandos

Corresponden a este tipo los suelos muy flexibles con velocidades de propagación de onda de corte  $V_s$ , menor o igual a 180 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre suelos como:

Arena media a fina, o grava arenosa, con valores del SPT  $N_{60}$  menor que 15.

Suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada  $S_u$ , entre 0,25 kg/cm<sup>2</sup> y 0,5 kg/cm<sup>2</sup> y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

#### B. Perfil Tipo S<sub>4</sub>: Condiciones excepcionales

A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y topográficas son especialmente desfavorables, en los cuales se requiere efectuar un estudio específico para el sitio. Sólo será necesario considerar un perfil tipo S<sub>4</sub> cuando el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) así lo determine. (p. 576296)

**Tabla 4.**

*Clasificación de los perfiles de suelo*

Clasificación de los perfiles de suelo			
Perfil	$V_s$	$N_{60}$	$S_u$
S <sub>0</sub>	>1500 m/s	-	-
S <sub>1</sub>	500 m/s a 1500 m/s	>50	>100 kPa
S <sub>2</sub>	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S <sub>3</sub>	<180 ms	<15	25 kPa a 50 kPa
S <sub>4</sub>	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente"

**Tabla 5**

*Factor de Suelo*

Zona	Factor del Suelo "S"			
	Perfil			
	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	1.10
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

Fuente: Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente"

#### **2.3.3.4. Categorías de las edificaciones**

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016):

##### **A. Categoría A: Edificaciones esenciales**

A.1. Establecimientos del Sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo estipulado por el Ministerio de Salud.

A.2. Edificaciones esenciales cuyo funcionamiento no debería ser interrumpido después de que ocurra un sismo severo tales como: Establecimientos de salud no considerados en la categoría A1, locales municipales, centrales de comunicaciones, estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía, puertos, aeropuertos, instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. Además todas aquellas edificaciones que puedan servir como refugio después de un siniestro, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se consideran también edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional para la comunidad, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos, edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado. (p. 576297)

A este grupo de edificaciones le corresponde el factor de uso  $U=1.50$

## **B. Categoría B: Edificaciones importantes**

Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como estadios, coliseos, cines, teatros, centros comerciales, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos, terminales de pasajeros y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.

A este grupo de edificaciones le corresponde el factor de uso  $U=1.30$

## **C. Categoría C: Edificaciones comunes**

Se consideran las edificaciones para el uso de viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no generaría peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.

A este grupo de edificaciones le corresponde el factor de uso  $U=1.00$

## **D. Categoría D: Edificaciones temporales**

Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares. (p. 576298)

El factor de uso que le corresponde a estas estructuras queda a criterio del proyectista.

### **2.3.3.5. Irregularidad estructural**

#### **A. Irregularidad estructural en altura**

##### **A.1. Irregularidad de rigidez – piso blando**

Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones analizadas, la distorsión de entrepiso es mayor que 1,4 veces el correspondiente valor en el entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,25 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles inmediatos superiores. A esta irregularidad le corresponde el valor  $I_a=0.75$ .

## **A.2. Irregularidad de resistencia – piso débil**

Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es menor al 80% de la resistencia del entrepiso superior adyacente. A esta irregularidad le corresponde el valor  $I_a=0.75$ .

## **A.3. Irregularidad extrema de rigidez**

Se considera que existe irregularidad extrema en la rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones analizadas, la deriva es mayor que 1,6 veces el correspondiente valor del entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,4 veces el promedio de las derivas de los tres niveles superiores adyacentes. A esta irregularidad le corresponde el valor  $I_a=0.50$ .

## **A.4. Irregularidad extrema de resistencia**

Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones analizadas, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es menor al 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior. A esta irregularidad le corresponde el valor  $I_a=0.50$ .

## **A.5. Irregularidad de masa o peso**

Se tiene irregularidad de masa o peso cuando el peso de un piso, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Esta condición no es aplicables en azoteas ni en sótanos. A esta irregularidad le corresponde el valor  $I_a=0.90$ .

## **A.6. Irregularidad de geometría vertical**

La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos. A esta irregularidad le corresponde el valor  $I_a=0.90$ .

## **A.7. Discontinuidad en los sistemas resistentes**

Se califica a la estructura como irregular cuando cualquier elemento que resista más de 10% de la fuerza cortante tiene un desalineamiento vertical por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento tanto, como por un cambio de orientación. A esta irregularidad le corresponde el valor  $I_a=0.80$ . (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016, p. 576299)

## **A.8. Discontinuidad extrema en los sistemas resistentes**

Existe discontinuidad extrema cuando cualquier elemento que resista más de 25% de la fuerza cortante tiene un desalineamiento vertical por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento, como por un cambio de orientación. A esta irregularidad le corresponde el valor  $I_a=0.60$ .

## **B. Irregularidad estructural en planta**

### **B.1. Irregularidad torsional**

Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la máxima desplazamiento de entrepiso en un extremo del edificio es superior que 1,20 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso. El criterio aplica sólo en estructuras con diafragmas rígidos y sólo si el desplazamiento relativo máximo de entrepiso es mayor que el 50% del desplazamiento permisible por la presente norma. A esta irregularidad le corresponde el valor  $I_p=0.75$ .

### **B.2. Irregularidad torsional extrema**

Existe irregularidad torsional extrema cuando se cumpla la condición de irregularidad torsional pero con el valor de 1.50 el desplazamiento relativo del centro de masa. A esta irregularidad le corresponde el valor  $I_p=0.60$ .

### **B.3. Esquinas entrantes**

La edificación se considera como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en cualquier dirección es mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta. A esta irregularidad le corresponde el valor  $I_p=0.90$ .

### **B.4. Discontinuidad del diafragma**

La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen variaciones importantes en el centro de rigidez, incluyendo aberturas en la planta mayores que el 50% del área bruta del diafragma. A esta irregularidad le corresponde el valor  $I_p=0.85$ .

### **B.5. Sistemas no paralelos**

Se considera irregular cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes no son paralelos. Esta condición no es aplicable si los ejes de los pórticos o muros estructurales forman ángulos  $< 30^\circ$ , ni tampoco cuando los elementos no paralelos resisten menos que el 10% de la fuerza cortante. A esta irregularidad le corresponde el valor  $I_p=0.90$ . (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016, p. 576300).

Una vez ya conocida las irregularidades presentes en la estructura, se procede a realizar la operación que permite conocer el coeficiente de reducción final R, el cual se obtiene al efectuar el producto de  $R_o$  por el menor de los coeficientes de todas las irregularidades presentes tanto para las de altura y las de planta.

#### **2.3.4. Pruebas en el concreto**

##### **2.3.4.1. Método de ensayo normalizado para la obtención de corazones diamantinos (NTP 339.059)**

Considerada la prueba más concluyente para determinar la resistencia a compresión del concreto. Consiste en un taladro con una broca cilíndrica hueca en cuyo extremo van incrustados cristales de diamante que desgasta el material circundante.

Existen varios factores que pueden influir sobre la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, encontrándose entre estos como el que más resaltante el diámetro del corazón diamantino, con el fin de disminuir la preponderancia del agregado grueso en la superficie de falla, se recomienda que el diámetro del núcleo debe ser por lo menos tres veces el tamaño máximo nominal del agregado. La confiabilidad de resultados es mayor en la medida en que aumenta el diámetro del corazón diamantino. Otro factor que influye es la relación longitud/diámetro o de “esbeltez”, y se busca que esta sea en lo posible lo más cercana a 2, reconociendo que valores mayores de ella disminuyen los valores de resistencia a compresión determinados y viceversa, pero para en caso sea menor, existen factores de corrección que ajustan el resultado a la resistencia real. (Céspedes, 2003, p. 30)

#### **2.4. Definición de términos básicos**

Según Marin (2015) en su investigación presenta los siguientes términos con sus definiciones:

- **Deformaciones:** Son desplazamientos que se producen en la estructura, determinados en el análisis estructural a causa de una condición de carga cualquiera.
- **Desplazamientos relativos:** Es la relación entre el desplazamiento y la altura del entrepiso. También se le conoce como deriva o distorsión de entrepiso. (p.209)
- **Espectro de diseño:** Es una curva suavizada que se obtiene al normalizar con respecto a la aceleración máxima de la plataforma los espectros de respuestas de sismos registrados en una determinada zona.
- **Espectro de respuesta:** Son los registros de los eventos sísmicos en una determinada zona.
- **Estructuración:** Hace referencia a la disposición de los elementos estructurales, compatibilizado con la distribución y la elevación de la edificación. (p.210)

- **Fuerza cortante:** Fuerza interna que desarrolla un elemento como respuesta a una fuerza externa y que es tangencial a la superficie sobre la que se aplica. También llamado fuerza de cizallamiento y mide la tendencia de dos secciones continuas a separarse una con respecto de la otra.
- **Fuerza internas:** Son fuerzas que están en el interior de los elementos y son las que mantienen acopladas todas las partes del cuerpo e impiden que este se colapse. (p.211)
- **Sistema estructural:** Es el conjunto de elementos estructurales que puede de ser de cualquier material estructural el cual permita la transmisión adecuado de las fuerzas de manera continua y eficiente hasta la cimentación. Además debe tener una cimentación que garantice la correcta transmisión de dichas fuerzas al estrato que se encuentra en la profundidad de desplante. (p. 213)
- **Vulnerabilidad estructural:** Predisposición intrínseca a sufrir algún daño ante la existencia de un evento sísmico y está asociada directamente con sus características físicas y estructurales de diseño de la edificación. (Bonett, 2003, p.125).
- **Sismo severo:** Sismo con una probabilidad de excedencia de un 10% en 50 años, lo que equivale a un sismo con un periodo de Retorno de 475 años. (MOPC , 2011)

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Tipo de diseño de la investigación**

#### **3.1.1. Tipo de investigación**

La investigación es del tipo tecnológica con enfoque cuantitativa, el cual según Hernández, Fernández & Baptista (2010) “El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos brincar o eludir pasos, el orden es riguroso, aunque, desde luego, podemos redefinir alguna fase”. (p.4), ya que se siguió un procedimiento de análisis ordenado para el estudio de la vulnerabilidad estructural de la I.E. N° 10024 “Nuestra Señora de Fátima.

#### **3.1.2. Diseño de investigación**

Este proyecto tiene como característica un diseño pre-experimental ya que el procedimiento a seguir se hará en concordancia con lo establecido por la metodología Rapid Visual Screening (FEMA 154) y la NTE. E.030 “Diseño Sismorresistente”.

### **3.2. Población y muestra**

La población en esta investigación sería el conjunto de módulos que conforma la I.E. N° 10024 “Nuestra Señora de Fátima” de los cuales tenemos como muestra Módulo de 4 aulas (2001), Módulo de 3 aulas (2001), Módulo de laboratorios (1950-1960), Módulo de biblioteca y talleres (1950-1960). Las edificaciones escogidas como muestra tienen como característica tener la mayor concurrencia de alumnos y docentes al mismo tiempo, a diferencia de otros módulos que actualmente se encuentran fuera de uso al no encontrarse en condiciones adecuadas debido a que ya cumplieron su tiempo de vida útil.

### **3.3. Hipótesis**

El Módulo de Laboratorios y el Módulo de Biblioteca y Talleres debido a la alta probabilidad de colapso según el Rapid Visual Screening (FEMA 154), la calidad del concreto de los elementos estructurales por debajo de la mínima establecida por la NTE. E.060 y la baja rigidez y resistencia de su estructura las hará edificaciones vulnerables estructuralmente ante un sismo severo a diferencia de los Módulos de Tres Aulas y Cuatro Aulas que serán estructuras seguras ante

un evento sísmico debido a que en el año de su diseño y construcción, ya se tenía conocimiento del diseño sismorresistente.

#### **3.4. Variable**

La investigación presenta una variable única, la cual es la VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL.

### 3.5. Operacionalización

**Tabla 6.**

*Operacionalización de las variables*

<b>Variables Independiente</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Índice</b>	<b>Técnicas de recolección de datos</b>	<b>Instrumentos de recolección de datos</b>	<b>Instrumentos de medición</b>
Vulnerabilidad Estructural	Rapid Visual Screening	Región Sísmica	Adimensional	Análisis documental y observación	Guía de análisis documental y guía de observación	FEMA 154 (ATC-21)
		Sistema Estructural	Adimensional			
		Tipo de Suelo	Adimensional			
		Irregularidad en Planta	Adimensional			
		Irregularidad en Altura	Adimensional			
	Análisis Dinámico Modal Espectral	Altura de la Edificación	Adimensional	Análisis documental y observación	Guía de análisis documental y guía de observación	NTE. E.030 "Diseño Sismorresistente"
		Zona Sísmica	Adimensional			
		Uso de la Edificación	Adimensional			
		Coefficiente de amplificación	Adimensional			
		Perfil de Suelo	Adimensional			
Sistema Estructural	Adimensional					
Irregularidades	Adimensional					
Derivas	Adimensional					

Fuente: Elaboración propia.

### **3.6. Abordaje metodológico, técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1. Abordaje metodológico**

##### **Deductivo.-**

Al identificar las variables independientes y dependientes, se puede generar la hipótesis de la vulnerabilidad estructural de las edificaciones de la I.E. 10024 “Nuestra Señora de Fátima”.

##### **Inductivo.-**

Al terminar con la recolección de datos, y el procesamiento correcto de la información, se procedió a la evaluación estructural de los módulos en estudio.

##### **Análisis.-**

Se realizó la descomposición del objeto estudio en sus distintas variables para poder evaluarlo aplicando el método Rapid Visual Screening.

##### **Síntesis.-**

Ya analizada la vulnerabilidad estructural se procedió a realizar un modelo computacional para su evaluación en compatibilidad con la NTE. E.030 “Diseño Sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones.

#### **3.6.2. Técnicas de recolección de datos**

##### **A. Observación.**

Permitirá hacer apreciaciones en campo y así lograr tomar los apuntes necesarios para generar resultados parciales, que posteriormente se procesaran a detalle y obtener un resultado final concluyente.

##### **B. Análisis de Documentos**

Se tendrá en cuenta libros, tesis, revistas, artículos de investigación, el manual “Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards” (FEMA 154) y las normas técnicas vigentes en nuestro país, todos los mencionados estarán relacionados al tema que se está investigando.

### 3.6.3. Instrumentos de recolección de datos

#### A. Planos

Se revisaron los planos de la institución educativa, los cuales nos facilita la identificación de los elementos que compone la infraestructura del complejo estudiantil.

#### B. Acta de entrega de la institución

Documento emitido por el ministerio de educación el cual contiene las características de los diferentes módulos de la institución educativa.

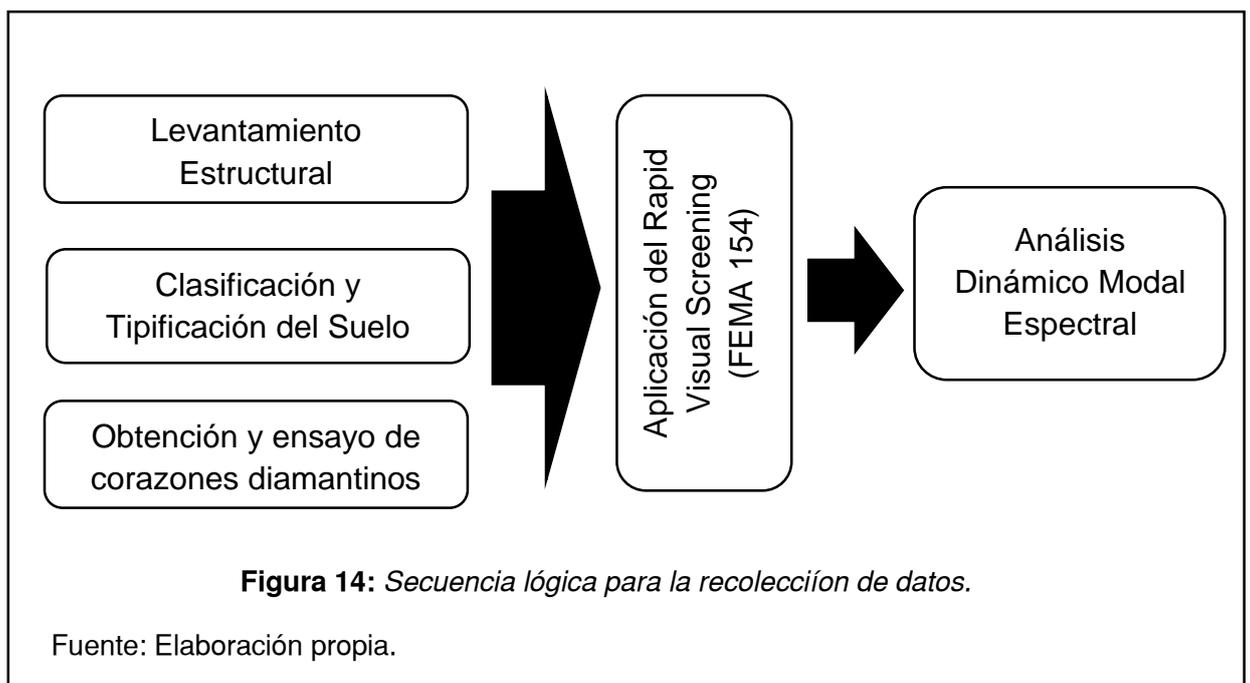
#### C. Resultados de pruebas de laboratorio

Información recolectada luego de procesar los valores cuantificados en los diferentes ensayos realizados a las muestras extraídas del lugar en estudio dentro de las inmediaciones del Laboratorio de Mecánica de Suelos, y del Laboratorio de Ensayo de Materiales.

### 3.7. Procedimientos para la recolección de datos

#### 3.7.1. Diagrama de Flujo de Procesos

Se presenta el diagrama con la secuencia lógica para la recolección de datos.



### 3.7.2. Descripción de los Procesos

#### A. Levantamiento estructural

Se comenzó por la identificación de elementos estructurales y el sistema resistente a fuerzas laterales en ambas direcciones, para posteriormente medir longitudes y secciones transversales de vigas y columnas, así como alturas de muros portantes y espesores según el tipo de amarre en el asentado del ladrillo, esta información se empleó para la elaboración de planos estructurales con las cuales no se contaban al comienzo del estudio.



**Figura 15:** Toma de medida longitud de viga en voladizo de circulación.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se identificó diámetros y distribución de refuerzo longitudinal en columnas con la inspección de techos donde se tenía expuesto el refuerzo, y con la ayuda de un detector de acero en los módulos donde no se apreciaban los dowells.



**Figura 16:** Técnico identificando la distribución de refuerzo longitudinal en columnas.

Fuente: Elaboración propia.

## **B. Clasificación y Tipificación del Suelo**

Se comenzó con el muestreo de suelos en el interior de la I.E. 10024 “Nuestra señora de Fátima”, en el cual se realizaron 3 puntos de investigación (Calicatas).



**Figura 17:** Punto de investigación N°01 (C-1).

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente al muestro de suelo, los especímenes de los diferentes estratos de cada una de las calicatas fueron trasladados al interior de las instalaciones de Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Señor de Sipán donde se desarrollaron los ensayos tales como, Contenido de humedad, Análisis Granulométrico, Límite Líquido y Límite Plástico, Peso específico relativo de sólidos, Corte Directo.

**a) Contenido de humedad:**

**Procedimiento:**

Consiste en determinar y documentar la masa de un contenedor limpio, posteriormente se verterá parte de la muestra en estado natural, y se registrara la masa, luego se secura la muestra al horno capaz de conservar la T° de 110  $\pm$  5 °C.



**Figura 18:** Muestras secadas al horno durante 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

**b) Análisis Granulométrico:**

**Procedimiento:**

Se inició cuarteando el material secado al horno, luego se saturó y se procedió a lavar empleando la malla N°200, para eliminar material fino tales como arcillas y limos. Nuevamente se seca el material al horno durante 24 horas y se realizó

el tamizado correspondiente por las mallas N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°140 y N°200, y finalmente se pesó el material retenido en cada una de las mallas.



**Figura 19:** Toma de datos de los pesos retenidos en las mallas estándar.

Fuente: Elaboración propia.

### **c) Límite Líquido y Límite Plástico:**

#### **Procedimiento:**

Primero se tamizó el material seco por la malla N°40, Para determinar el límite líquido se varió el contenido de humedad de la muestra agregándole diferentes cantidades de agua destilada al contenedor donde se encontraba la muestra y se colocó una porción de la muestra en la copa de Casagrande previamente calibrado, y con un acanalador se le hace una ranura a la muestra ubicada paralela al superficie donde reposa la copa de Casa grande, y con la manivela se procedió a dar los golpes necesario para que la ranura se cerrara, finalmente la muestra se pesó y se lleva al horno para determinar su contenido de humedad, esto procedimiento se realizó hasta tener 3 contenidos de humedad diferentes en un intervalo de número de golpes que van de 15 a 35.

Para determinar el Límite plástico con la misma muestra se procedió a realizar bastoncillos de 3 a 5 mm de diámetro sobre el vidrio esmerilado, hasta que en este se generaron fisuras, luego se pasó a determinar su contenido de humedad.



**Figura 20:** Batido de mezcla para variar el contenido de humedad.

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 21:** Realización de bastoncillos para determinar el límite plástico.

Fuente: Elaboración propia.

#### **d) Peso específico relativo de sólidos:**

##### **Procedimiento:**

Consiste en determinar el peso del material habiéndole eliminado el volumen de vacíos y de agua, se comienza el ensayo obteniendo el T° y Peso calibrado de la Fiola, luego se tamizó el material por la malla N°4, y se vertió dentro de la

Fiola donde se dejó saturando la muestra por 24 horas, luego se llevó a la cocina eléctrica la Fiola para hacer hervir el agua así perder las partículas de aire atrapadas en la muestra, se dejó que la Fiola se enfriara a T° ambiente y se procedió a pesar.



**Figura 22:** Tamizado de muestra seca por la malla N°4.

Fuente: Elaboración propia.

#### **e) Corto directo:**

##### **Procedimiento:**

Se colocó el espécimen en condiciones naturales dentro de la caja del equipo de corte directo, con ayuda del tallador, posteriormente se dejó saturando por 24 horas, luego se ensayó aplicando un esfuerzo axial, el cual fue aumentado para cada espécimen, este fue convertido en un esfuerzo de corte hasta que el espécimen falle, se sacó de la caja la muestra y se determinó su contenido de humedad.



**Figura 23:** *Preparación del equipo de corte directo.*

Fuente: Elaboración propia.

### **C. Obtención y Ensayo de corazones diamantinos.**

Se comenzó por identificar de que elementos serán extraídos los corazones diamantinos, para nuestro caso fueron de vigas y columnas de los módulos en estudio, luego se procedió a codificar los puntos para tener un registros de ellos, se continuó con la preparación del elemento para la extracción del núcleo de concreto con el taladro tubular, posterior a la extracción se protegió el espécimen a la perdida de humedad con una envoltura plástica, hasta su ensayado antes de los 7 siguientes a la obtención.



**Figura 24:** *Extracción de corazones diamantinos en elementos estructurales.*

Fuente: Elaboración propia.

Una vez los especímenes se encontraban en el laboratorio de ensayo de materiales, se procedió a aserrar las bases y pulirlos para darle un acabado homogéneo en la base, y se continuó con darle el refrentado correspondiente en concordancia con la normativa vigente para cumplir con las condiciones de perpendicularidad y planitud, también se midió la altura y el diámetro cada muestra para determinar su relación  $L/D$ , ya terminada la preparación del espécimen se culminó en el ensayo con la rotura de los corazones diamantinos en la prensa para ensayo de concreto, registrándose las cargas máxima que soportaba cada núcleo para un posterior cálculo de la resistencia a la compresión realizando los respectivos ajustes según su relación  $L/D$ .



**Figura 25:** Rotura de corazón diamantino en presa para ensayo de concreto.

Fuente: Elaboración propia.

#### D. Aplicación del Rapid Visual Screening (FEMA 154)

Para aplicar el formato RVS del FEMA, se comenzó con llenar con la información básica de la edificación.

	Dirección:		Otra identificación:		Número de pisos:		Año de construcción:						
	Inspector:		Área techada:		Nombre del edificio:		Uso:						
	FOTOGRAFÍA												
	OCUPACIÓN				TIPO DE SUELO				PELIGRO DE CAIDA				
	Sala pública	Gobiern	Oficina	Número de personas		A	B	C	D	E	F	Chimeneas no reforzada	Otros
	Comercio	Historico	Residencial	0 - 10	11 - 100	Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Parapetos	
	S. de Emergencia	Industria	Escuela	101 - 1000	1000+	Dura	Media	Denso	Rigido	Blando	Pobre	Revestimiento	

**Figura 26:** Selección del formato a emplear según la sismicidad.

Fuente: Elaboración propia.

Continuamos con la identificación de los sistemas estructurales, en base a la información obtenida en el levantamiento estructural, se continuó con la selección del formato a emplear según la región sísmica teniendo en cuenta los parámetros que nos brinda la norma técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones, adecuándolos a lo mencionado en FEMA 154.

 <b>UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN</b> FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																																																									
<b>VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE LA I.E. N° 10024 "NUESTRA SEÑORA DE FÁTIMA"</b>																																																									
Investigación Visual Rápida de Edificios con Riesgo Sísmico Potencial FEMA 154 Formulario de recolección de datos								<b>Sismicidad MODERADA</b>																																																	
<table border="1"> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>																																																								Dirección:	
Otra identificación:																																																									
Número de pisos:		Año de construcción:																																																							
Inspector:																																																									
Área techada:																																																									
Nombre del edificio:																																																									
Uso:		FOTOGRAFÍA																																																							

Figura 27: Selección del formato a emplear según la sismicidad.

Fuente: Elaboración propia.

OCUPACIÓN				TIPO DE SUELO						PELIGRO DE CAIDA					
Sala pública	Gobierno	Oficina	Número de personas	A	B	C	D	E	F	Chimeneas no reforzadas	Otros				
Comercio	Historico	Residencial	0 - 10	11 - 100	Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Parapetos					
S. de Emergencia	Industria	Escuela	101 - 1000	1000+	Dura	Media	Denso	Rígido	Blando	Pobre	Revestimiento				
PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL															
TIPO DE EDIFICACION	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
			(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	(URM INF)	(MRF)	(SW)	(URM INF)	(TU)		(FD)	(RD)	
Puntaje básico	5.20	4.80	3.60	3.60	3.80	3.60	3.60	3.00	3.60	3.20	3.20	3.20	3.60	3.40	3.40
Altura mediana (4-7 pisos)	N/A	N/A	+0.40	+0.40	N/A	+0.40	+0.40	-0.20	-0.40	-0.20	N/A	-0.40	-0.40	+0.40	-0.40
Altura alta	N/A	N/A	+1.40	+1.40	N/A	+1.40	+0.80	+0.50	+0.80	+0.40	N/A	+0.60	N/A	+0.60	N/A
Irregularidad vertical	-3.50	-3.00	-2.00	-2.00	N/A	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	N/A	-1.50	-2.00	-1.50	-1.50
Irregularidad en planta	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50
Pre-código	0.00	-0.20	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.20	-1.00	-0.40	-1.00	-0.20	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40
Post-benchmark	+1.60	+1.60	+1.40	+1.40	N/A	+1.20	N/A	+1.20	+1.60	N/A	+1.80	N/A	+2.00	+1.80	N/A
Suelo tipo C	-0.20	-0.80	-0.60	-0.80	-0.60	-0.80	-0.80	-0.60	-0.80	-0.60	-0.60	-0.60	-0.80	-0.60	-0.40
Suelo tipo D	-0.60	-1.20	-1.00	-1.20	-1.00	-1.20	-1.20	-1.00	-1.20	-1.00	-1.00	-1.20	-1.20	-1.20	-0.80
Suelo tipo E	-1.20	-1.80	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60
PUNTAJE FINAL, S															
COMENTARIOS													REQUIERE EVALUACIÓN DETALLADA		
													Si	No	

Figura 28: Selección del sistema resistente a fuerzas laterales y el puntaje básico.

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados del Estudio de Mecánica de suelos se tipificó el mismo y así ubicar el Perfil de Suelo, ya con todos los parámetros identificados se procedió a aplicar el formato del FEMA 154, y darle una puntuación a la edificación en estudio, determinando así su vulnerabilidad.

OCUPACIÓN				TIPO DE SUELO						PELIGRO DE CAIDA					
Sala pública	Gobiern	Oficina	Numero de personas	A	B	C	D	E	F	Chimeneas no reforzada	Otros				
Comercio	Historico	Residencial	0 - 10	Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Parapetos					
S. de Emergencia	Industria	Escuela	101 - 1000	Dura	Media	Denso	Rigido	Blando	Pobre	Revestimiento					
			11 - 100												
			1000+												
PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL															
TIPO DE EDIFICACION	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
			(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	(URM INF)	(MRF)	(SW)	(URM INF)	(TU)		(FD)	(RD)	
Puntaje básico	5.20	4.80	3.60	3.60	3.80	3.60	3.60	3.00	3.60	3.20	3.20	3.20	3.60	3.40	3.40
Altura mediana (4-7 pisos)	N/A	N/A	+0.40	+0.40	N/A	+0.40	+0.40	-0.20	-0.40	-0.20	N/A	-0.40	+0.40	+0.40	-0.40
Altura alta	N/A	N/A	+1.40	+1.40	N/A	+1.40	+0.80	-0.50	-0.80	-0.40	N/A	-0.60	N/A	+0.60	N/A
Irregularidad vertical	-3.50	-3.00	-2.00	-2.00	N/A	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	N/A	-1.50	-2.00	-1.50	-1.50
Irregularidad en planta	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50
Pre-código	0.00	-0.20	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.20	-1.00	-0.40	-1.00	-0.20	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40
Post-benchmark	+1.60	+1.60	+1.40	+1.40	N/A	+1.20	N/A	+1.20	+1.60	N/A	+1.80	N/A	+2.00	+1.80	N/A
Suelo tipo C	-0.20	-0.80	-0.60	-0.80	-0.60	-0.80	-0.80	-0.60	-0.80	-0.60	-0.60	-0.60	-0.80	-0.60	-0.40
Suelo tipo D	-0.60	-1.20	-1.00	-1.20	-1.00	-1.20	-1.20	-1.00	-1.20	-1.00	-1.00	-1.20	-1.20	-1.20	-0.80
Suelo tipo E	-1.20	-1.80	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60
<b>PUNTAJE FINAL, S</b>															

Figura 29: Selección del tipo de perfil de suelo.

Fuente: Elaboración propia.

Y finalmente se evalúan cada uno de los modificadores de puntuación para así obtener el score "S" final.

OCUPACIÓN				TIPO DE SUELO						PELIGRO DE CAIDA					
Sala pública	Gobiern	Oficina	Numero de personas	A	B	C	D	E	F	Chimeneas no reforzada	Otros				
Comercio	Historico	Residencial	0 - 10	Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Parapetos					
S. de Emergencia	Industria	Escuela	101 - 1000	Dura	Media	Denso	Rigido	Blando	Pobre	Revestimiento					
			11 - 100												
			1000+												
PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL															
TIPO DE EDIFICACION	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
			(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	(URM INF)	(MRF)	(SW)	(URM INF)	(TU)		(FD)	(RD)	
Puntaje básico	5.20	4.80	3.60	3.60	3.80	3.60	3.60	3.00	3.60	3.20	3.20	3.20	3.60	3.40	3.40
Altura mediana (4-7 pisos)	N/A	N/A	+0.40	+0.40	N/A	+0.40	+0.40	-0.20	-0.40	-0.20	N/A	-0.40	+0.40	+0.40	-0.40
Altura alta	N/A	N/A	+1.40	+1.40	N/A	+1.40	+0.80	-0.50	-0.80	-0.40	N/A	-0.60	N/A	+0.60	N/A
Irregularidad vertical	-3.50	-3.00	-2.00	-2.00	N/A	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	N/A	-1.50	-2.00	-1.50	-1.50
Irregularidad en planta	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50
Pre-código	0.00	-0.20	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.20	-1.00	-0.40	-1.00	-0.20	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40
Post-benchmark	+1.60	+1.60	+1.40	+1.40	N/A	+1.20	N/A	+1.20	+1.60	N/A	+1.80	N/A	+2.00	+1.80	N/A
Suelo tipo C	-0.20	-0.80	-0.60	-0.80	-0.60	-0.80	-0.80	-0.60	-0.80	-0.60	-0.60	-0.60	-0.80	-0.60	-0.40
Suelo tipo D	-0.60	-1.20	-1.00	-1.20	-1.00	-1.20	-1.20	-1.00	-1.20	-1.00	-1.00	-1.20	-1.20	-1.20	-0.80
Suelo tipo E	-1.20	-1.80	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60
<b>PUNTAJE FINAL, S</b>															
COMENTARIOS											REQUIERE EVALUACIÓN DETALLADA				
											Si No				

Figura 30: Selección de modificadores y obtención de puntuación "S" final.

Fuente: Elaboración propia.

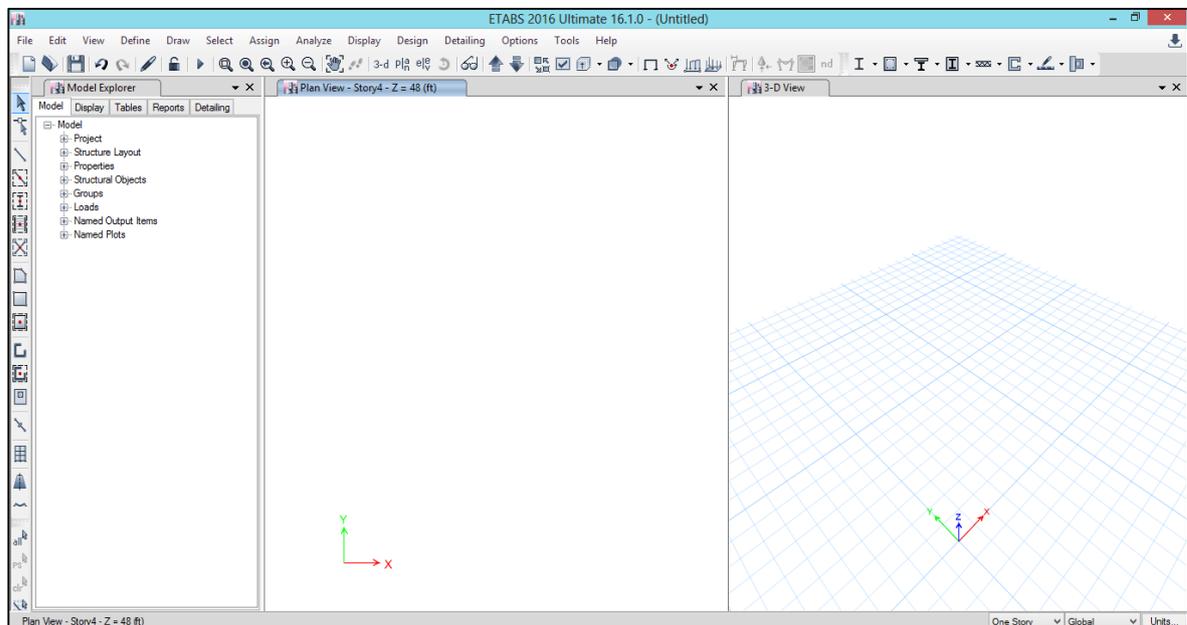
## E. Análisis Dinámico Modal Espectral

Para realizar el análisis estructural de los edificios en estudio, se utilizó un modelo computacional empleando el software ETABS® 2016.



**Figura 31:** Software ETABS® 2016.

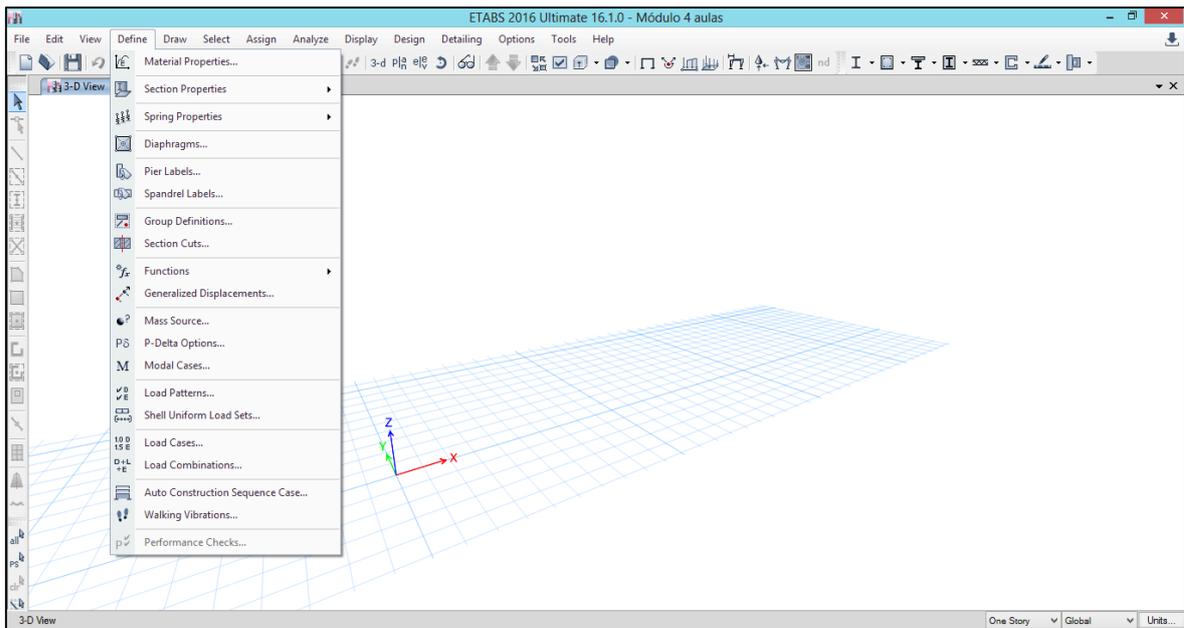
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 32:** Interfaz del Software ETABS® 2016.

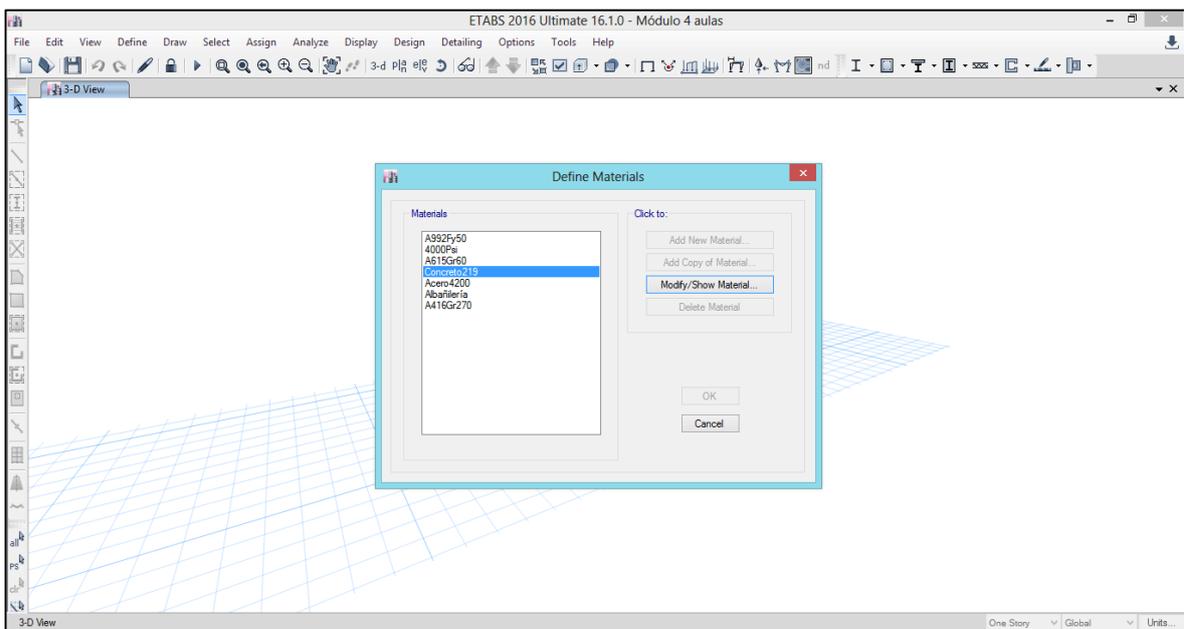
Fuente: Elaboración propia.

Al cual se le ingresaron datos de cada edificio tales como propiedades de materiales, que para el caso del concreto fue la obtenida en el ensayo de los corazones diamantinos, dimensiones de los elementos estructurales, restricciones de los apoyos, refuerzo longitudinal de las columnas, y características necesarias para el Análisis Dinámico Modal Espectral en concordancia con la norma técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones.



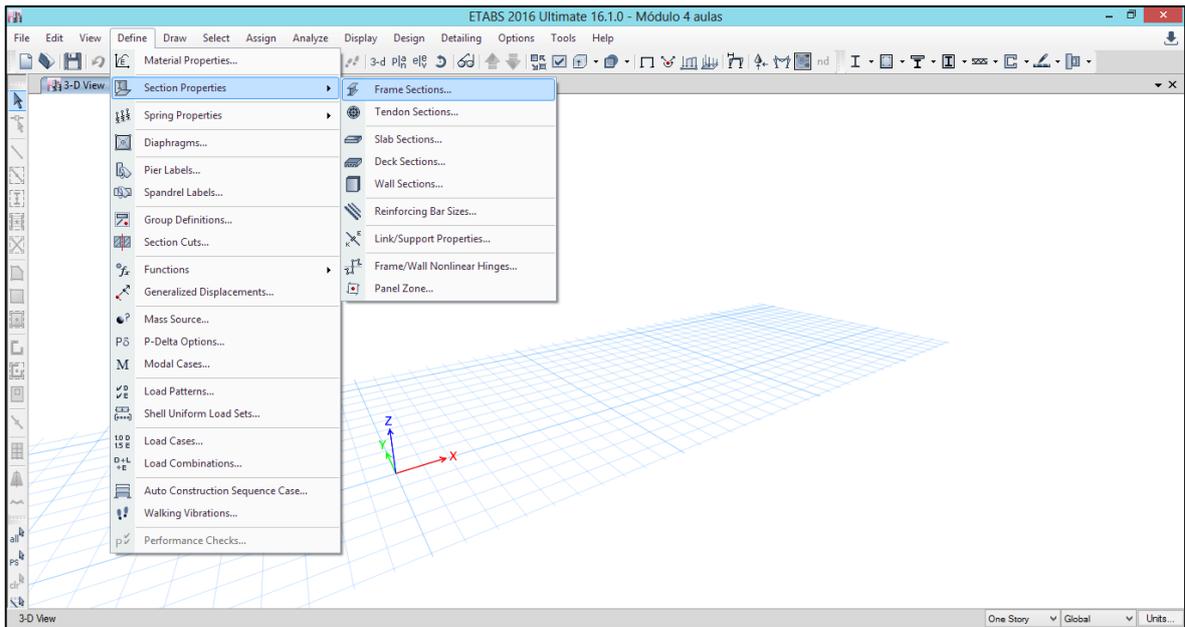
**Figura 33:** Comandos para ingresar características de la Edificación.

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 34:** Comando "Material Properties", para ingresar características de los materiales.

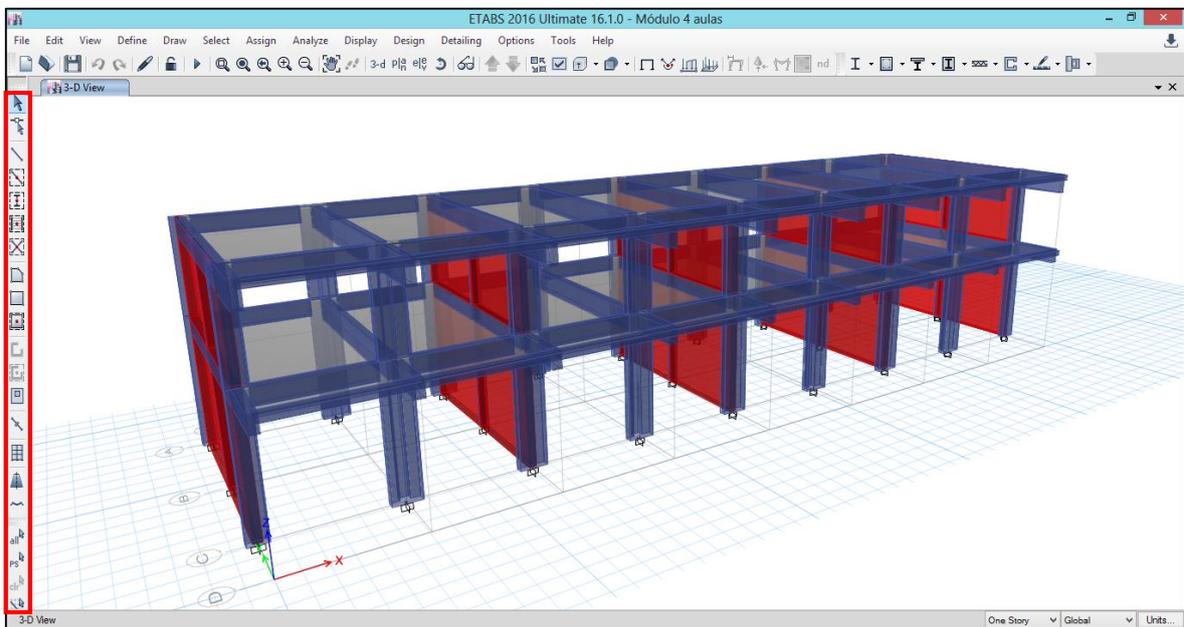
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 35:** Comando "Section Properties", permite definir los elementos estructurales.

Fuente: Elaboración propia.

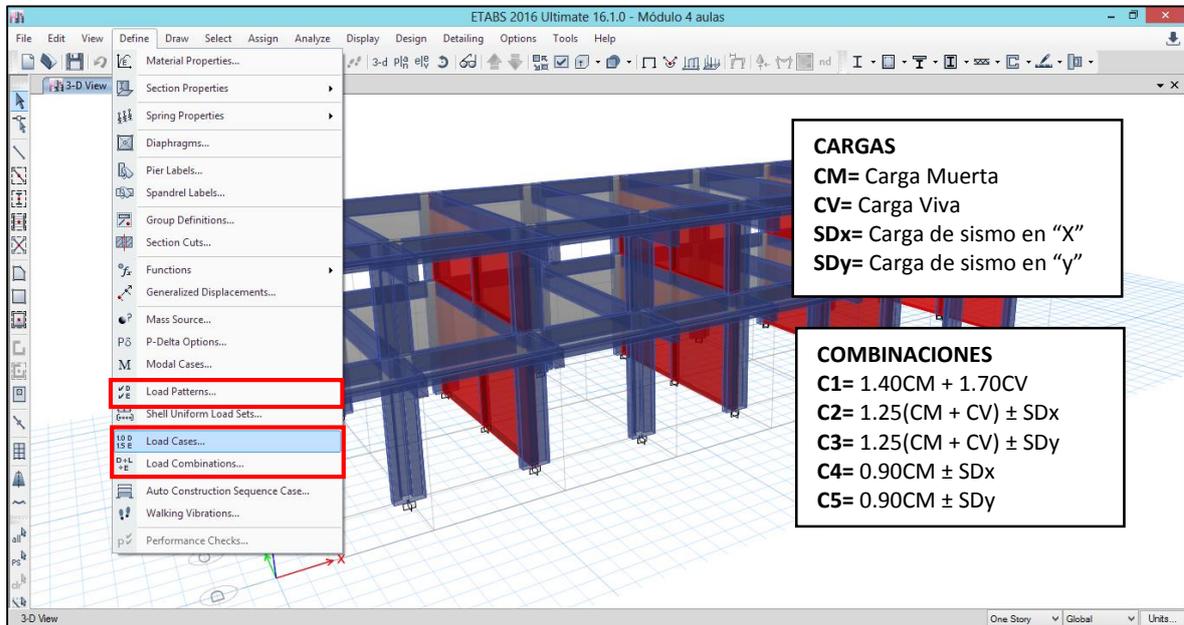
Una vez ya definidos las características de los materiales y las secciones de los elementos estructurales como las vigas, columnas, muro y losas se procede a dibujar el modelo estructural según la información de los planos.



**Figura 36:** Comandos que permite el dibujo del modelo estructural

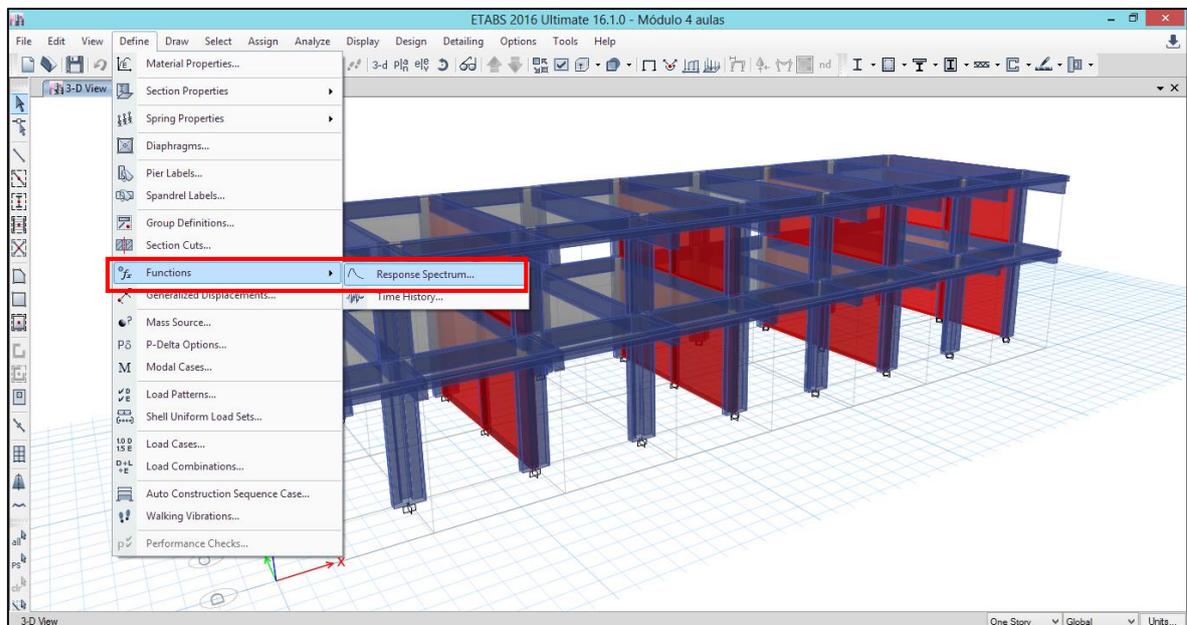
Fuente: Elaboración propia.

Ya con el modelo dibujado, podemos definir y asignar cargas a la cuales van a estar sometida la estructura, ya sean Cargas Vivas, Cargas Muertas y Cargas de Sismo, además de definir las combinaciones de estas.



**Figura 37:** Comandos que permite definir tipos de cargas y combinaciones.

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 38:** Comando que permite definir un espectro de pseudoaceleraciones, para el análisis dinámico modal espectral.

Fuente: Elaboración propia.

Previo a la definición de cargas sísmicas se debe crear el espectro de pseudoaceleraciones al cual responderá dicha carga, este será construido según los parámetros descritos en la NTE. E.030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamentos Nacional de Edificaciones.

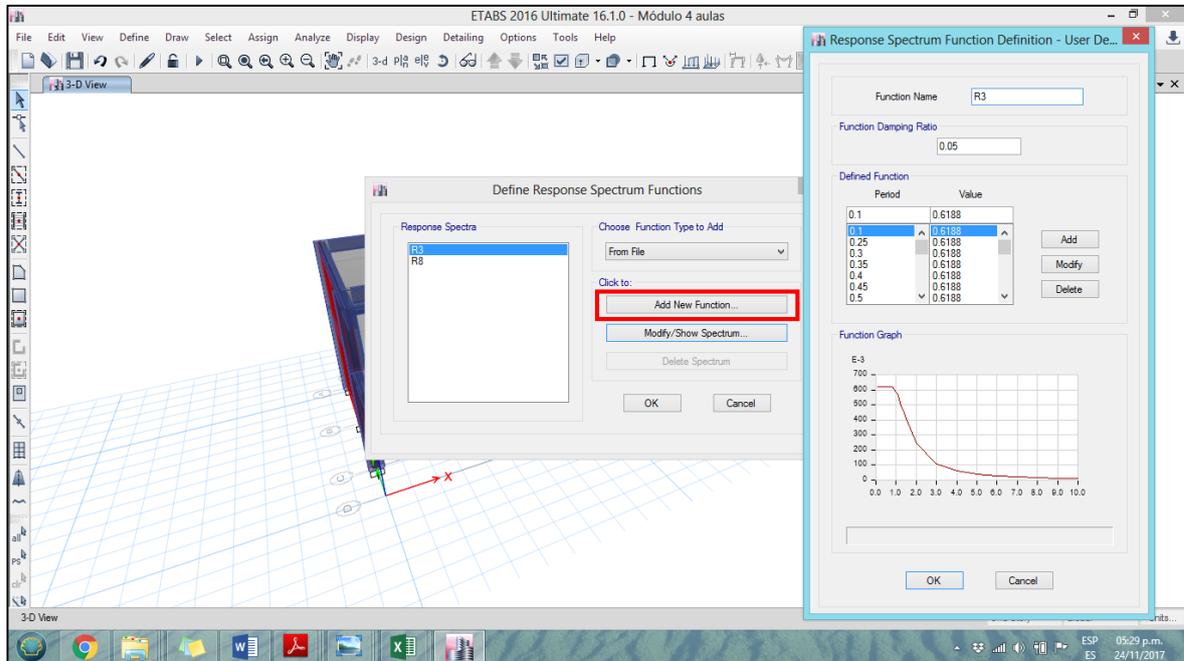


Figura 39: Ventana de diálogo donde se puede crear el espectro de pseudoaceleraciones.

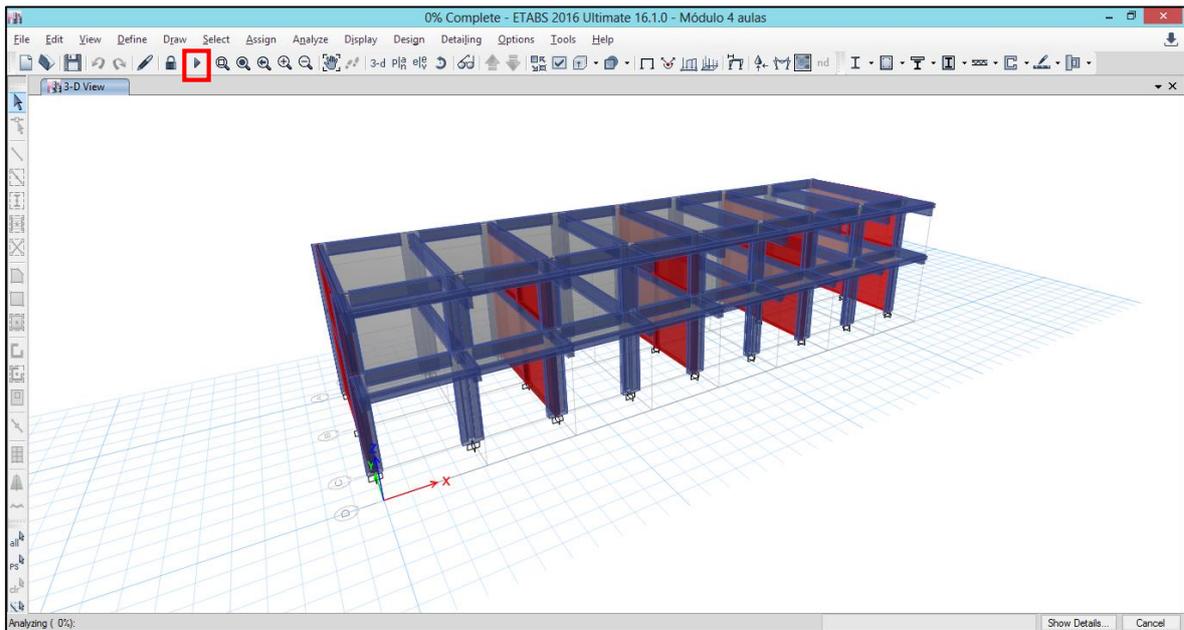
Fuente: Elaboración propia.



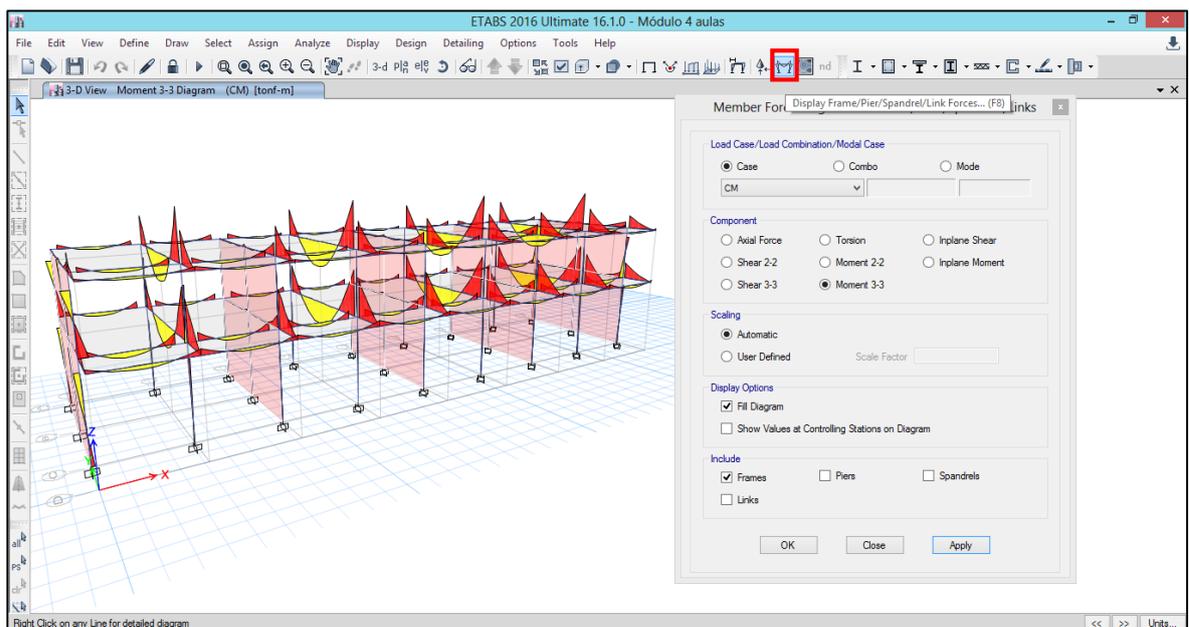
Figura 40: Espectro de pseudoaceleraciones según la NTE. E.030 "Diseño Sismorresistente"

Fuente: Elaboración propia.

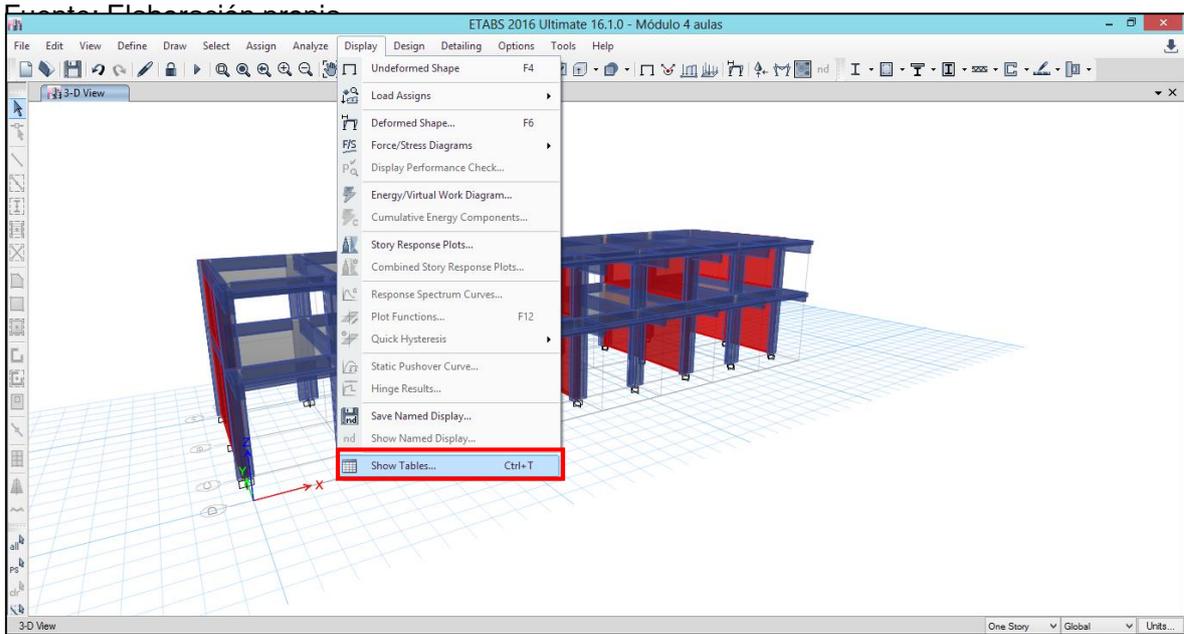
Una vez que ya se construyó el modelo estructural, asignado las cargas correspondientes, definiéndose el tipo de apoyos y generando las combinaciones de cargas en concordancia con la NTE. E.030 se procede a ejecutar el análisis y así obtener los resultados necesarios para la evaluación de desplazamiento en la revisión de derivas y la resistencia mediante los ratios de demanda capacidad en las columnas.



**Figura 41:** Comando "Run Analysis" que permite ejecutar el análisis del modelo estructural  
Fuente: Elaboración propia.

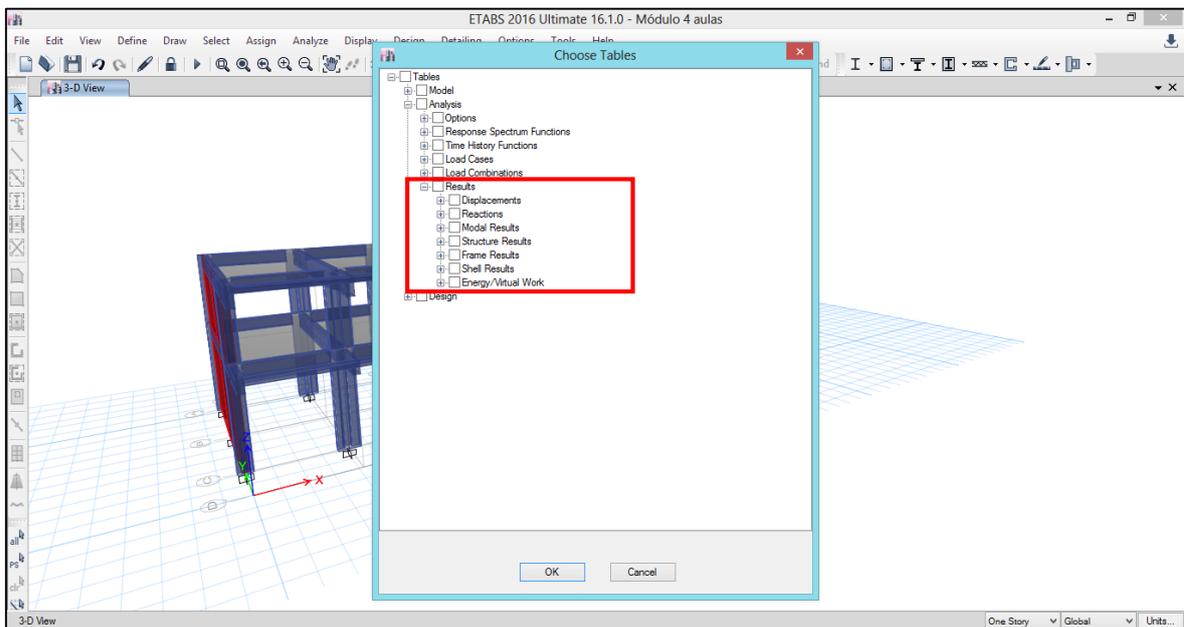


**Figura 42:** Comando "Display Frame/Pier/Spandrel/Link Force" que permite visualizar las fuerzas internas de los elementos estructurales.



**Figura 43:** Comando "Show Tables" que permite visualizar los resultados del análisis mediante tablas exportables a una hoja de Excel.

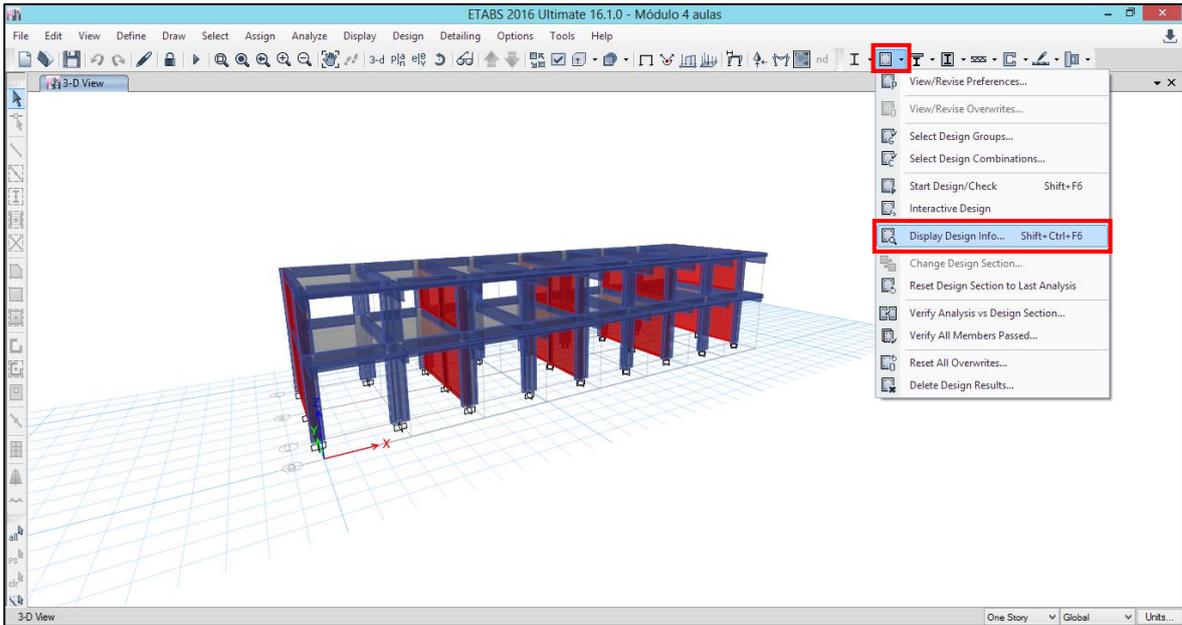
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 44:** Ventana de diálogo que permite seleccionar los resultados a revisar.

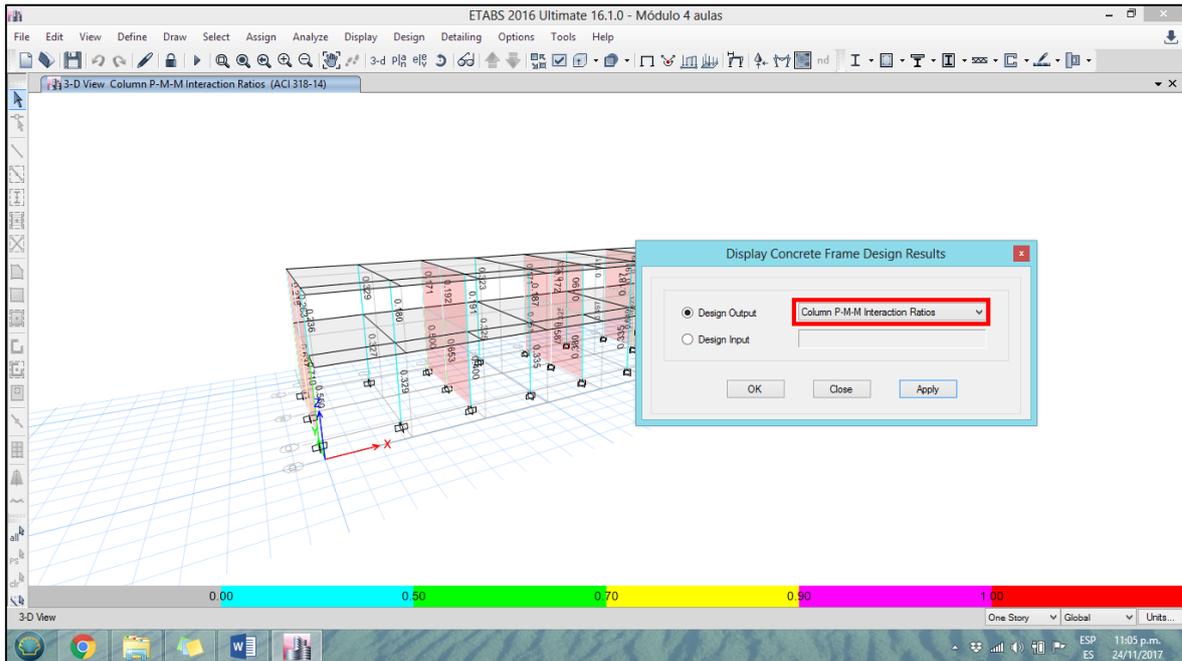
Fuente: Elaboración propia.

El software presenta un comando que permite verificar de forma gráfica la capacidad de carga de las columnas asignándole un ratio en función a su capacidad de resistir los esfuerzos y las cargas actuantes.



**Figura 45:** Comandos para mostrar el gráfico “Column P-M-M Interaction Ratios”.

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 46:** Selección de “Column P-M-M Interaction Ratios”.

Fuente: Elaboración propia.

Si el valor del ratio es mayor a 1, esto se interpreta que las fuerzas que actúan sobre la columna están por encima de la capacidad resistente de esta.

### **3.7.3. Equipos, materiales e instrumentos**

#### **A. Levantamiento estructural**

Esta parte de la investigación demandó el uso de elementos de medición tales como una Wincha de 5 metros y una cinta métrica de 30 metros, también el empleo de un elemento donde poder registrar la información obtenida, para nuestro caso fue una libreta donde anotábamos todas las medidas que tomábamos, se dibujaban detalles para posteriormente elaborar los planos de replanteo.

#### **B. Clasificación y Tipificación del Suelo**

##### **a) Contenido de humedad**

Para la realización del ensayo se requirió el uso de Tara metálica, balanza analítica o mecánica, Cucharón o espátula, horno con T° de 110 +/-5 °C.

##### **b) Análisis Granulométrico**

Para la realización del ensayo se requirió el uso de Mallas estándar, Tara metálica, balanza analítica, horno con T° de 110 +/-5 °C.

##### **c) Límite Líquido y Límite Plástico**

Para la realización del ensayo se requirió el uso de Copa de Casagrande, ranurador, vidrio esmerilado, balanza analítica, malla estándar N°40, tara de plástico y metálica, cucharón, horno con T° de 110 +/-5 °C, agua destilada.

##### **d) Peso específico relativo de sólidos**

Para la realización del ensayo se requirió el uso de Fiola de 250 ml, balanza analítica o mecánica, embudo, cocina eléctrica, agua destilada.

##### **e) Corto directo**

Para la realización del ensayo se requirió el uso de Equipo de corte directo, balanza analítica o mecánica, tara metálica, agua destilada, tallador de bronce.

#### **C. Obtención y Ensayo de corazones diamantinos**

Para la obtención de los corazones diamantinos se requirió el uso de un taladro tubular con el extremo incrustado de diamantes, un dispensador de agua para evitar que el equipo se sobrecaliente, bolsas plásticas, cinta de embalaje. Para el ensayo se requirió de una amoladora con disco de corte para concreto, pulidora, cemento, yeso, agua, un vernier, un depósito metálico o plástico, balanza y la prensa para ensayo de concreto.

#### **D. Aplicación del Rapid Visual Screening (FEMA 154)**

Para su aplicación bastó con un ordenador en el cual se pudo realizar el procesamiento de información.

#### **E. Análisis Dinámico Modal Espectral**

Para elaborar el modelo computacional y su posterior análisis estructural se requirió un ordenador con el software ETABS® 2016 instalado en ella.

### **3.7.4. Recursos Humanos**

#### **A. Levantamiento estructural**

Se realizó con una cuadrilla de 3 personas, dos tomaban medidas (Carlos Enrique Calle Nizama, Ronald Josemir Chapoñán Calle) y uno las registraba (Jennifer Yahaira Barragán Piñín).

#### **B. Clasificación y Tipificación del Suelo**

Para la obtención de las muestras de suelo se requirió el trabajo de 5 personas para los trabajos de excavación y muestreo (Carlos Enrique Calle Nizama, Rómulo Paul Paredes Delgado, Diego André Albarracín Tasso, Erick Jeison Terrones Rivasplata, Richard Antony Becerra Pintado).

Para la realización de las pruebas de laboratorio y el procesamiento de la información solo bastó con el trabajo de una persona, en este caso el autor de la investigación, cabe mencionar también que se recibió capacitación previa en el uso de los equipos e instrumentos por parte del Téc. Wilson Olaya Aguilar.

#### **C. Obtención y Ensayo de corazones diamantinos**

Para la obtención de los corazones diamantinos se requiero del Téc. Wilson Olaya Aguilar quien era el capacitado para manipular el equipo de extracción con el apoyo de dos personas más (Carlos Enrique Calle Nizama y Erick Jeison Terrones Rivasplata), por otro lado debido al material disperso en las instalaciones de la I.E. 10024 producto de la extracción se requirió el apoyo de personas que realizarán el trabajo de limpieza y reparación lo cuales fueron Jennifer Yahaira Barragán Piñín, Audrey Barragán Piñín, Ronald Orozco Piñín.

Para los trabajos de preparación y ensayo de los núcleos solo basto con el trabajo de una persona en este caso el autor la investigación.

#### **D. Aplicación del Rapid Visual Screening (FEMA 154)**

La aplicación del RVS fue trabajo completamente del interesado en este caso el autor de la investigación.

#### **E. Análisis Dinámico Modal Espectral**

El análisis estructural fue realizado en su totalidad por el autor de la investigación.

### **3.1.1. Costos**

**Tabla 7.**

*Costos de la investigación*

Descripción	Cant.	Precio Unit.	Subtotal
<b>Clasificación y Tipificación del Suelo</b>			
Contenido de humedad	6	S/. 10.00	S/. 60.00
Análisis Granulométrico	6	S/. 30.00	S/. 180.00
Límite Líquido	6	S/. 20.00	S/. 120.00
Límite Plástico	6	S/. 20.00	S/. 120.00
Peso específico relativo de sólidos	6	S/. 30.00	S/. 180.00
Corte Directo	3	S/. 160.00	S/. 480.00
<b>Ensayo de concreto</b>			
Obtención y ensayo de corazones			
diamantinos	20	S/. 280.00	S/. 5,600.00
Otros	1	S/. 500.00	S/. 500.00
<b>Total</b>			<b>S/. 7,240.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.2. Normatividad

**Tabla 8.**

*Normas aplicadas, con su descripción.*

Normativa	Aplicación
E.020	Cargas
E.030	Diseño Sismorresistente
E.050	Suelos y cimentaciones
E.060	Concreto Armado
NTP 339.127 / ASTM D2216	Contenido de humedad
NTP 339.128 / ASTM D422	Análisis Granulométrico
NTP 339.129 / ASTM D4318	Límite Líquido y Límite Plástico
NTP 339.131 / ASTM D854	Peso específico relativo de sólidos
NTP 339.171 / ASTM D3080	Corte Directo
NTP 339.059	Obtención y ensayo de corazones diamantinos
FEMA 154	Rapid Visual Screening

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2. Principios éticos

#### A. Ética de la recolección de datos

Debido que la información recogida en el proceso de la investigación puede ser empleada en investigaciones posteriores, será documentada con veracidad y con el mayor cuidado para que los resultados sean lo más cercano a la realidad.

#### B. Ética de la publicación

Si esta investigación sirviera como punto de inicio para posteriores, deberá reconocerse el esfuerzo del autor por el aporte generado ya que es de justicia, a su vez es una medida para evitar el plagio.

#### C. Ética de la aplicación

El bien que pudiera generar esta investigación debe estar acorde con el código de ética profesional.

#### **D. Código de ética de la profesión**

El colegio de ingenieros del Perú (CIP) cuenta con un código de ética de la ingeniería civil, el mismo que se tendrá presente en la medida que se aplicable en la investigación.

#### **3.3. Principios de rigor científico**

##### **A. Generalizabilidad**

La muestra debe ser significativa con respecto a la población de análisis de la investigación reuniendo características, que en la medida que se pueda lograr, los resultados se puedan atribuir a la población en general.

##### **B. Replicabilidad**

Se tomará con el debido cuidado, criterio y coherencia la recolección de información en campo y gabinete para el correcto análisis e interpretación, y de este modo evitar ambigüedad en los resultados.

##### **C. Fiabilidad**

Como medida para asegurar la precisión de los resultados se consultara con los especialistas correspondientes para la correcta praxis del desarrollo de los procesos necesarios de la investigación.

## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

#### 4.1. Resultados en tablas y gráficos

##### A. Levantamiento Estructural

Se identificó dimensiones de la planta, el área construida, número de plantas, altura de entre pisos y sistemas estructurales.

**Tabla 9.**

*Levantamiento estructural de la I.E. N° 10024 “Nuestra Señora de Fátima”*

Edificio	Área construida (m <sup>2</sup> )	Número de Pisos	Modelo de Colegio	Sistema Estructural (FEMA 154/NTE. E.030)	
				Dirección X	Dirección Y
Módulo de Tres Aulas	236.60	2	INFES 780	C1/Pórticos	C3/Albañilería
Módulo de Cuatro Aulas	314.60	2	INFES 780	C1/Pórticos	C3/Albañilería
Módulo de Biblioteca y Talleres	310.37	2	780 Pre NDSR -1997	C1/Pórticos	C3/Albañilería
Módulo de Laboratorios	151.11	2	780 Pre NDSR -1997	C1/Pórticos	C3/Albañilería

Fuente: Elaboración propia.

Revisar los planos del levantamiento estructural A1, A2, A3, A4 y A5 correspondiente a la distribución de los ambientes (Planos de Arquitectura) y las láminas E1, E2, E3, E4, E5 y E6 los cuales muestran los aligerados y detalle de sección de vigas y columnas (Planos de Estructuras).

##### B. Clasificación y Tipificación del Suelo

Mediantes las pruebas de laboratorio y el cálculo correspondiente, se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 10.**

*Resultados de las pruebas de laboratorio*

Descripción	Unidad	Punto de Investigación (C-1)		Punto de Investigación (C-2)		Punto de Investigación (C-3)	
		M-1	M-2	M-1	M-2	M-1	M-2
		Contenido de humedad (W)	%	23.34	27.96	25.18	28.48
Límite Líquido (LL)	%	46.28	32.88	40.63	32.17	40.49	33.28

Descripción	Unidad	Punto de Investigación (C-1)		Punto de Investigación (C-2)		Punto de Investigación (C-3)	
		M-1	M-2	M-1	M-2	M-1	M-2
Límite Plástico (LP)	%	24.60	22.57	22.38	23.09	22.45	22.97
Índice de Plasticidad (IP)	%	21.68	10.30	18.25	9.08	18.03	10.31
Clasificación (SUCS)	-	CL	CL	CL	CL	CL	CL
Peso específico relativo de sólidos	gr/cm <sup>3</sup>	2.62	2.54	2.70	2.63	2.50	2.59
Corte Directo							
Cohesión (c')	Tn/m <sup>2</sup>	-	1.62	-	1.68	-	1.57
Angulo de fricción (Ø')	Grados	-	14.14	-	17.05	-	15.31
Capacidad Portante	Kg/cm <sup>2</sup>	0.50		0.59		0.51	
Capacidad Portante Promedio	Kg/cm <sup>2</sup>	0.54					

Fuente: Elaboración propia.

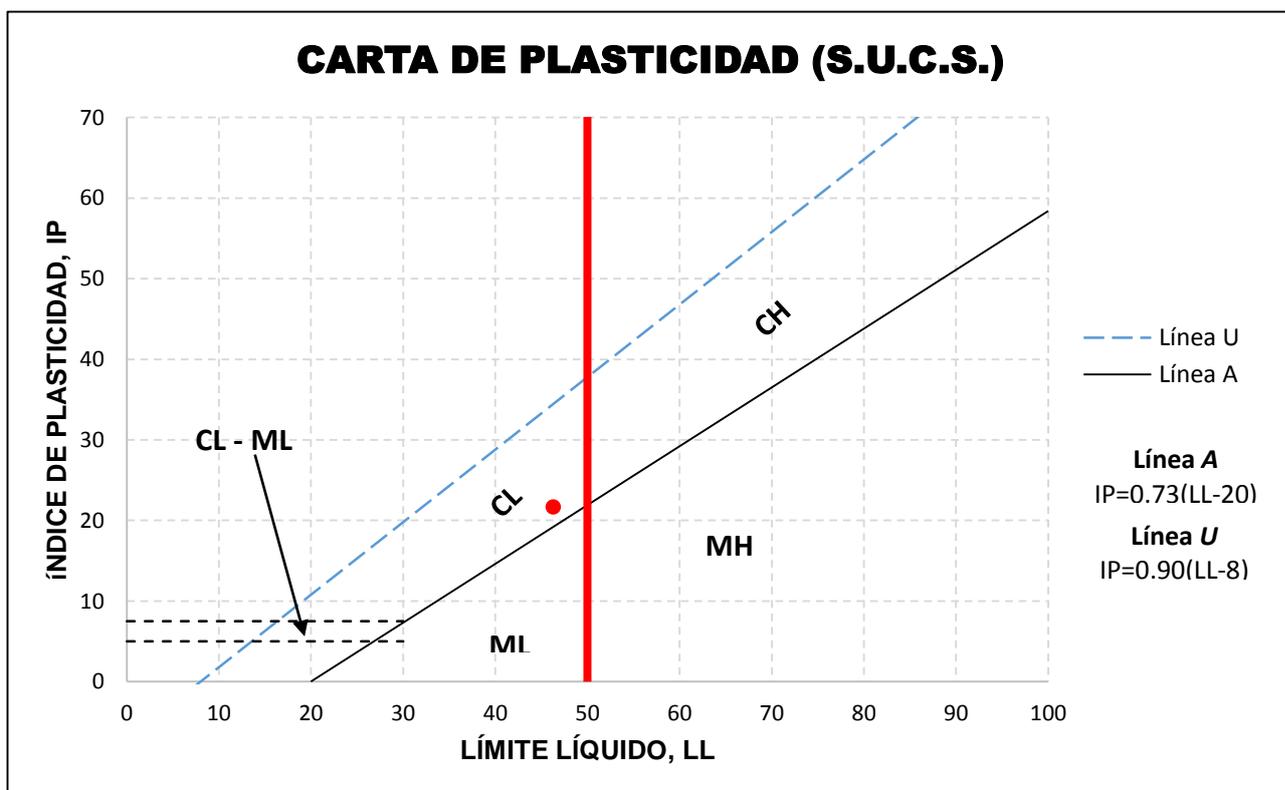
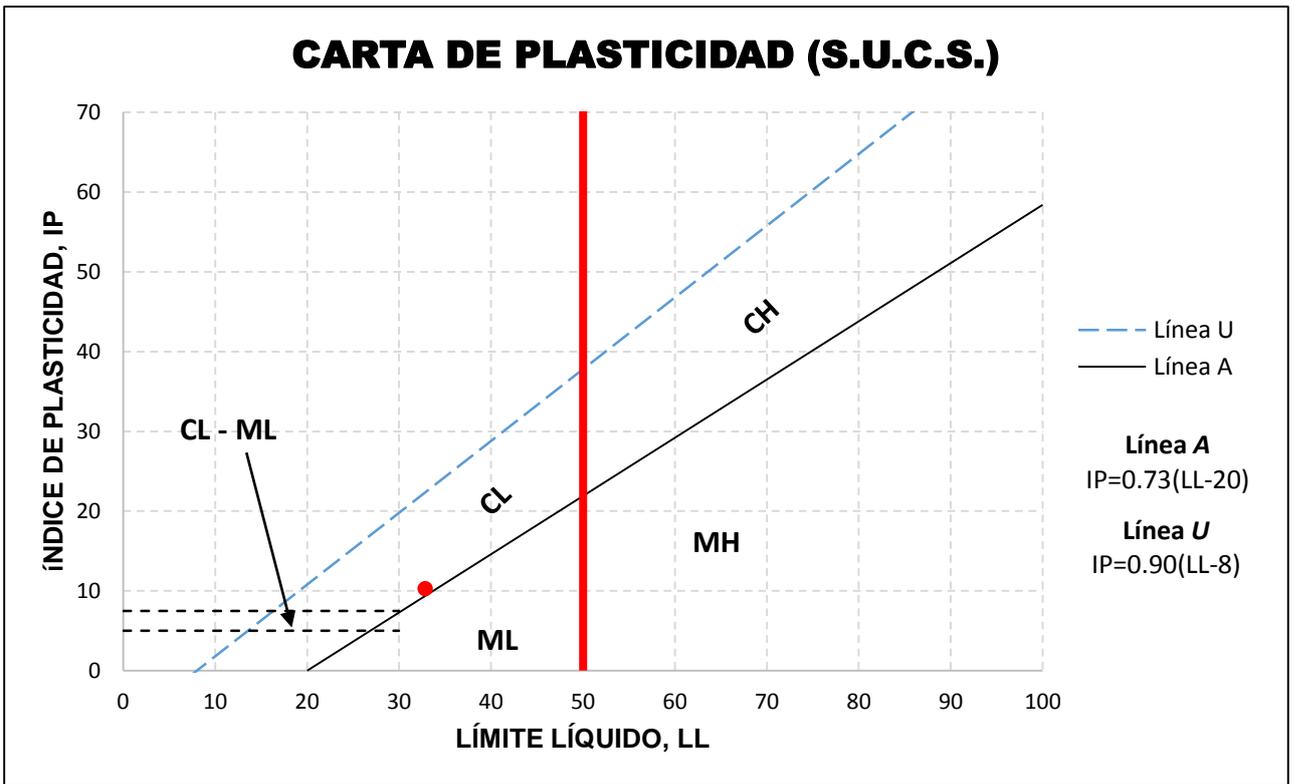


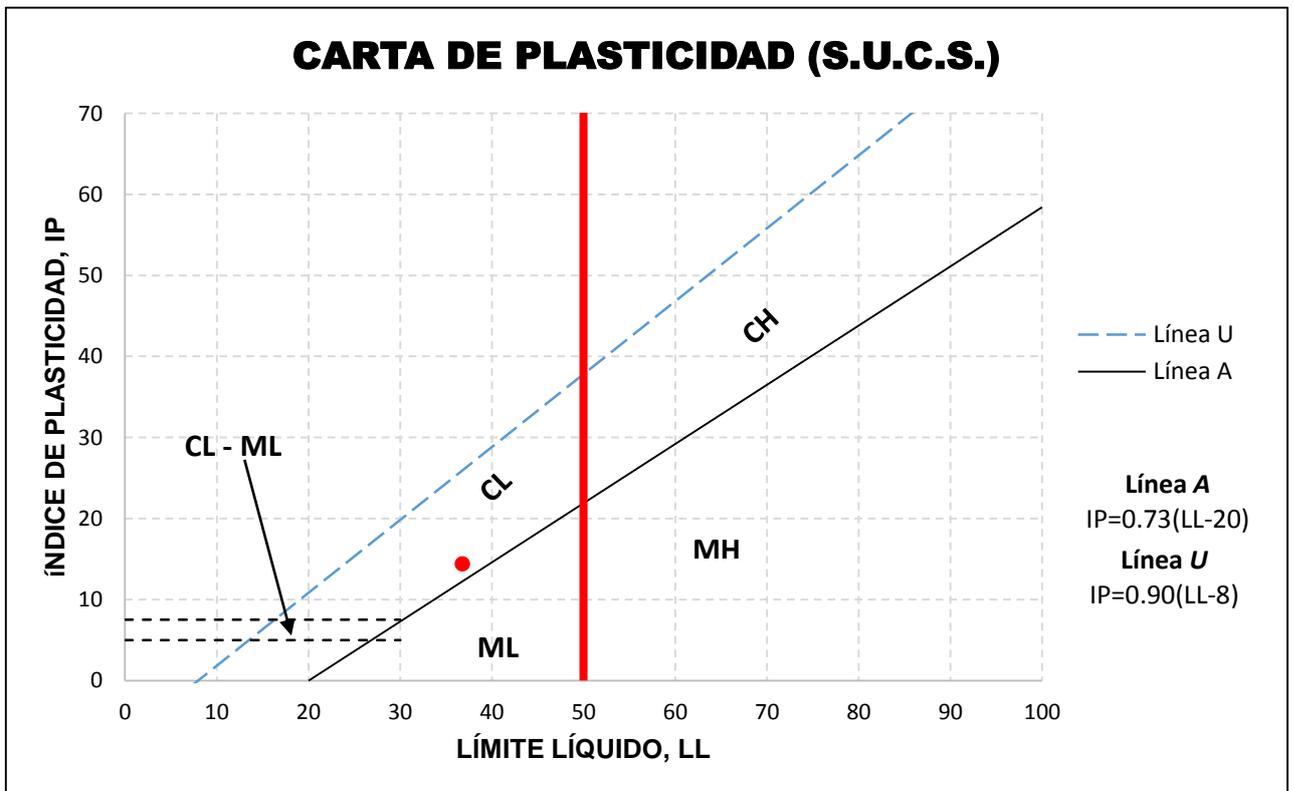
Figura 47: Carta de Plasticidad del estrato M-1 de C-1

Fuente: Elaboración propia.



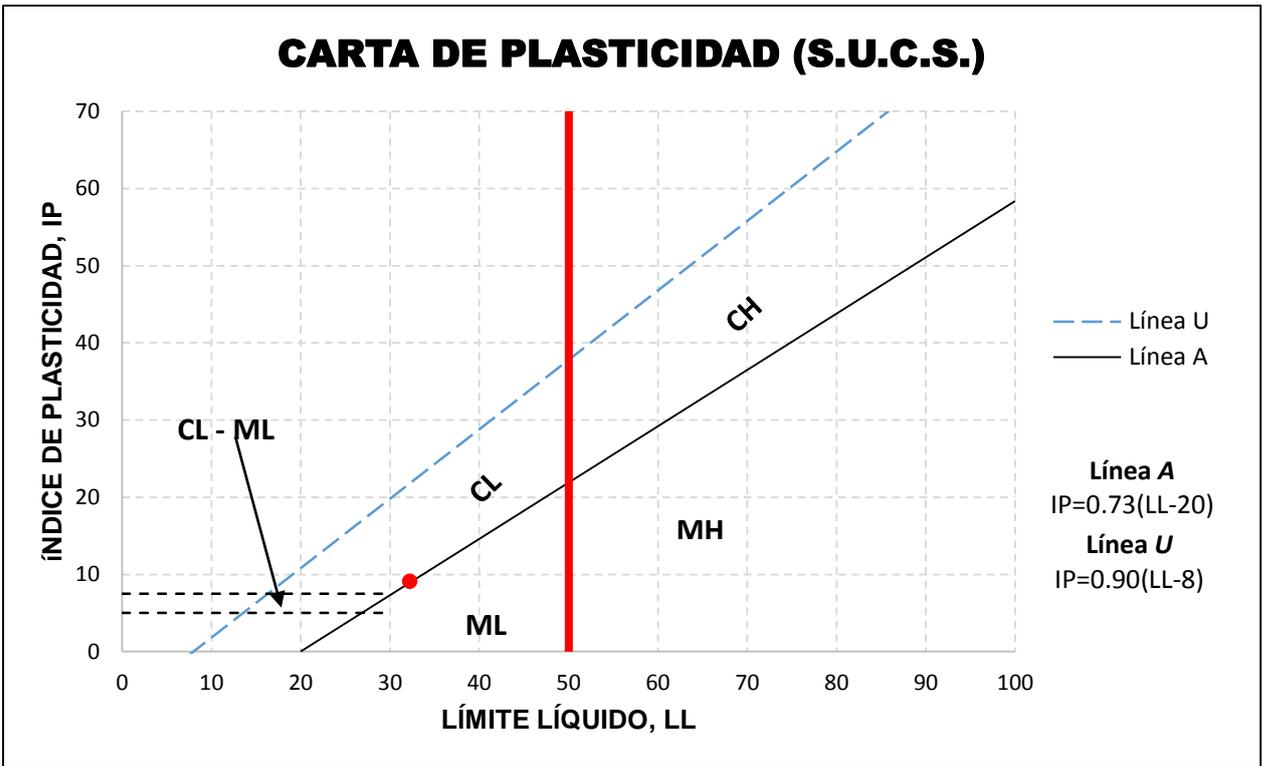
**Figura 48:** Carta de Plasticidad del estrato M-2 de C-1

Fuente: Elaboración propia.



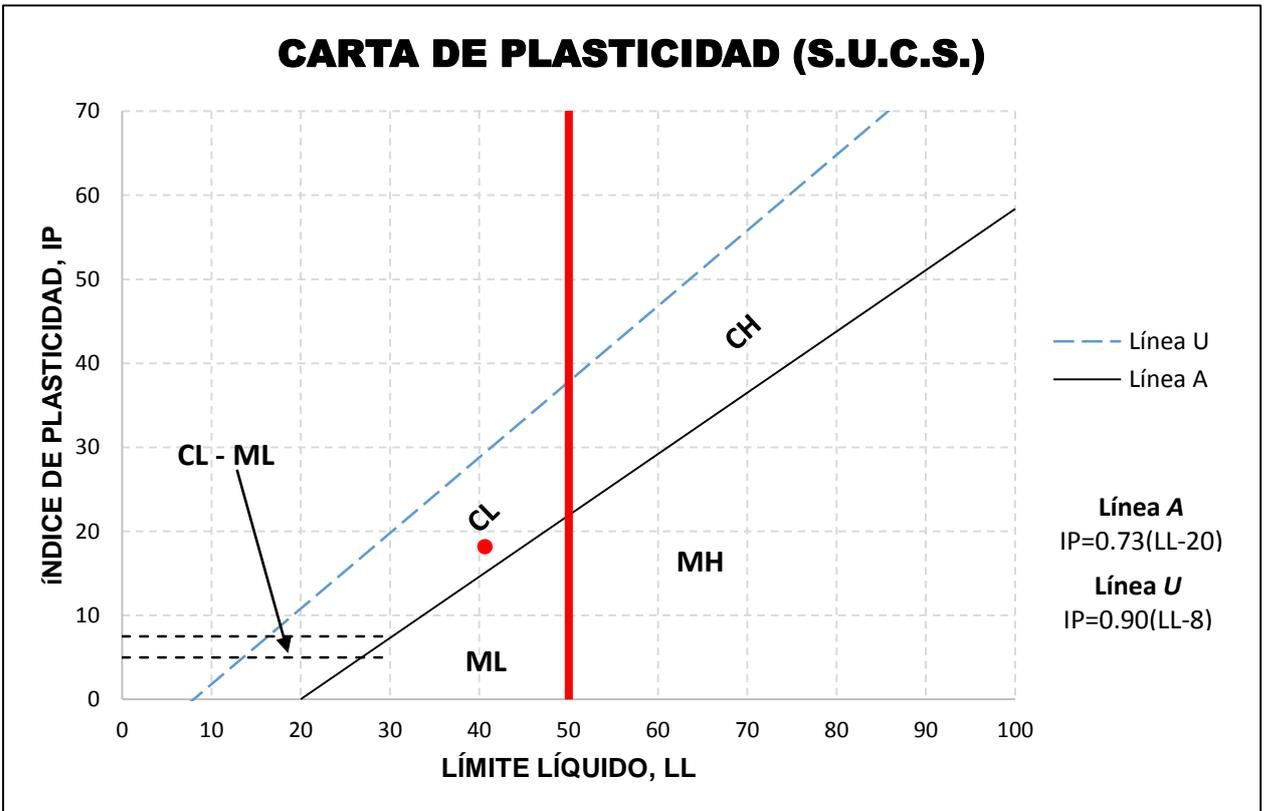
**Figura 49:** Carta de Plasticidad del estrato M-1 de C-2

Fuente: Elaboración propia.



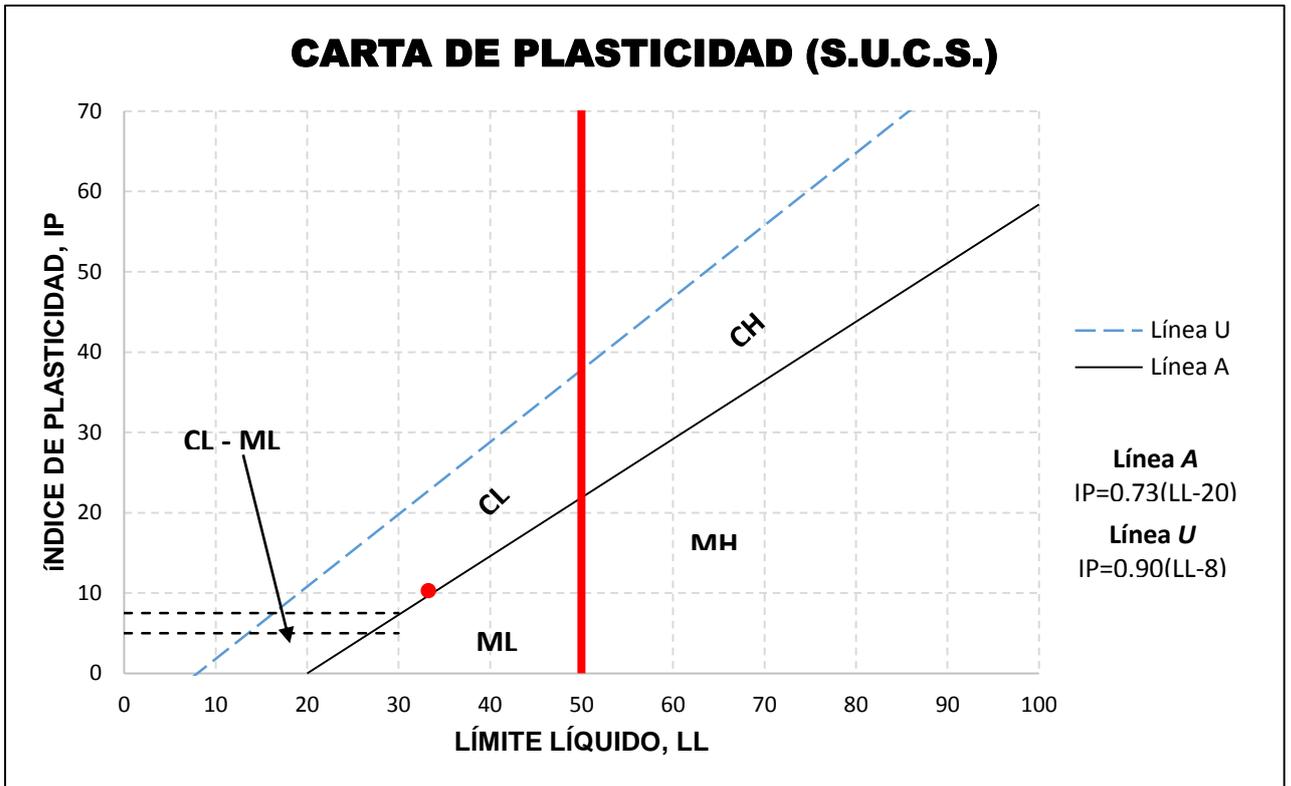
**Figura 50:** Carta de Plasticidad del estrato M-2 de C-2

Fuente: Elaboración propia.



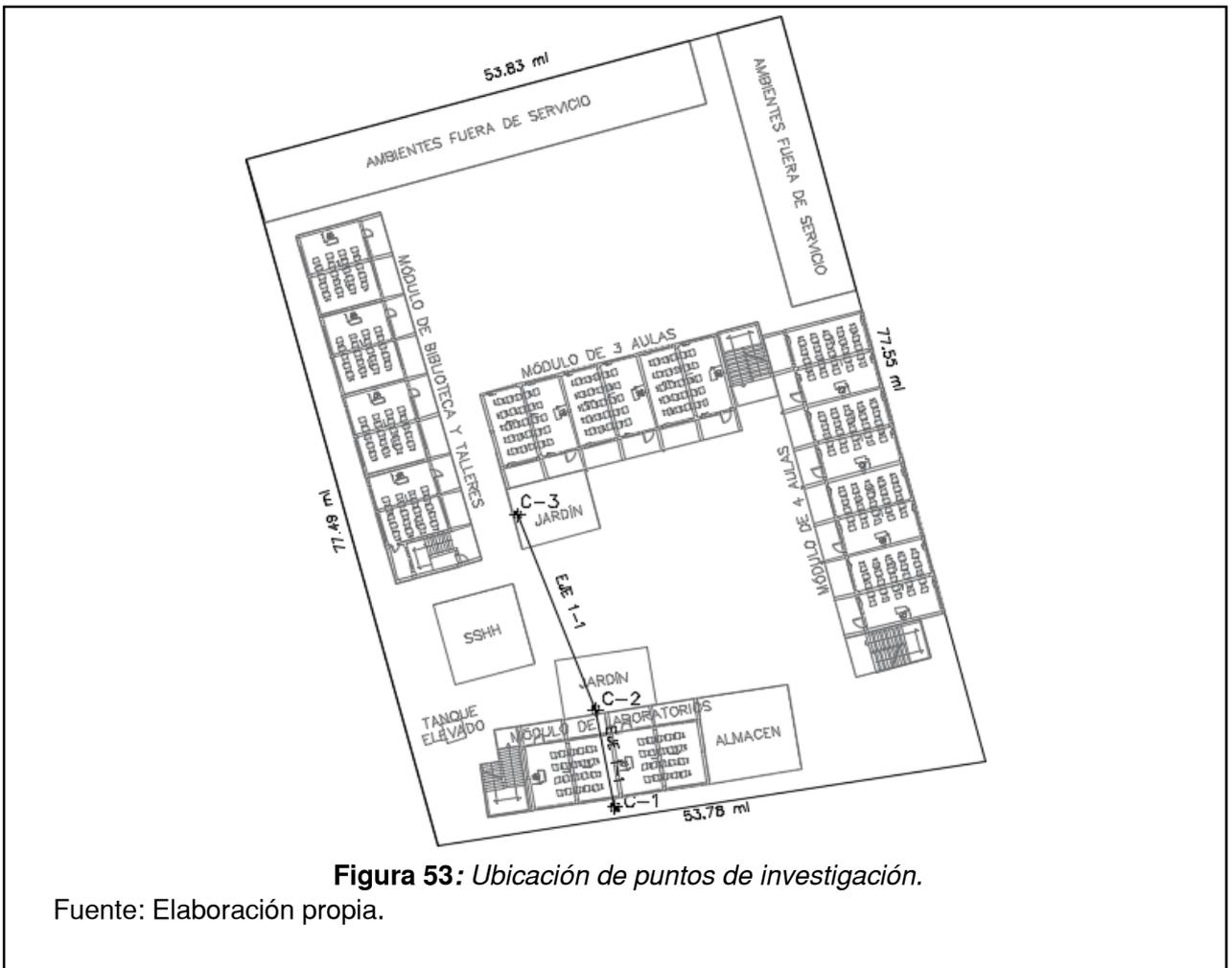
**Figura 51:** Carta de Plasticidad del estrato M-1 de C-3

Fuente: Elaboración propia.

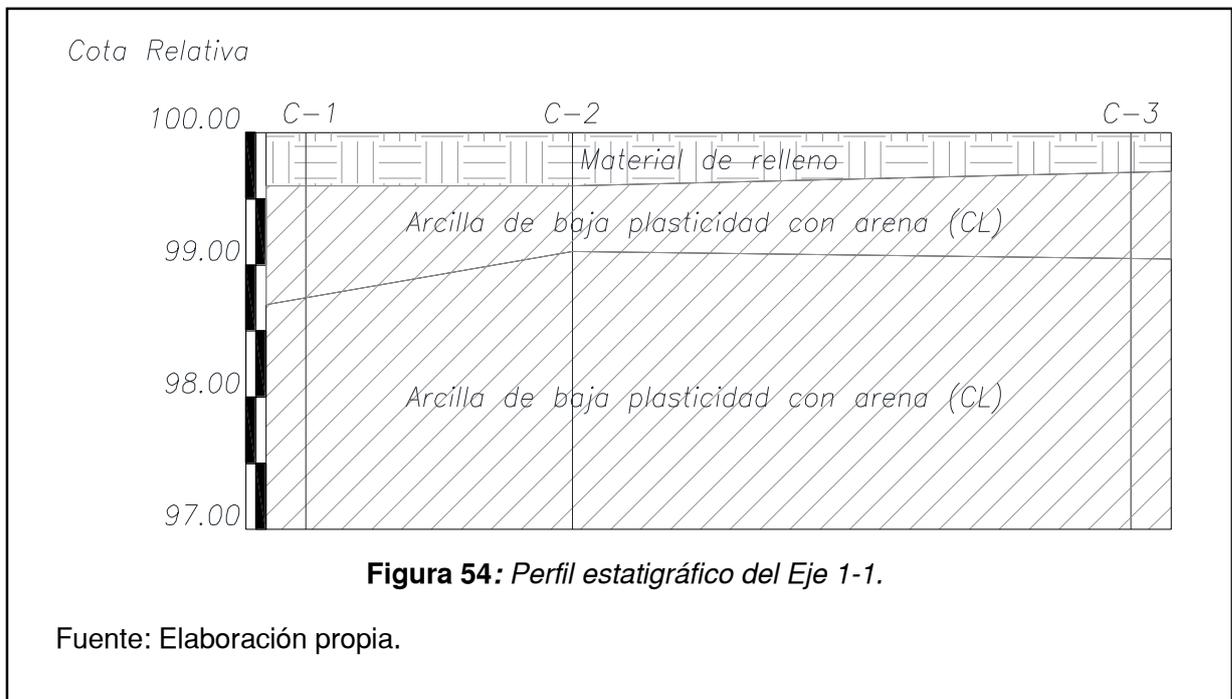


**Figura 52:** Carta de Plasticidad del estrato M-2 de C-3

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.



Se identificó que los estratos en cada punto de investigación eran los mismos y se verificó en los resultados de la clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S) al ser ambos estratos arcillas de baja plasticidad con arena (CL).

### C. Obtención y ensayo de corazones diamantinos

Según los resultados de la rotura de los núcleos diamantinos, se obtuvieron los siguientes valores.

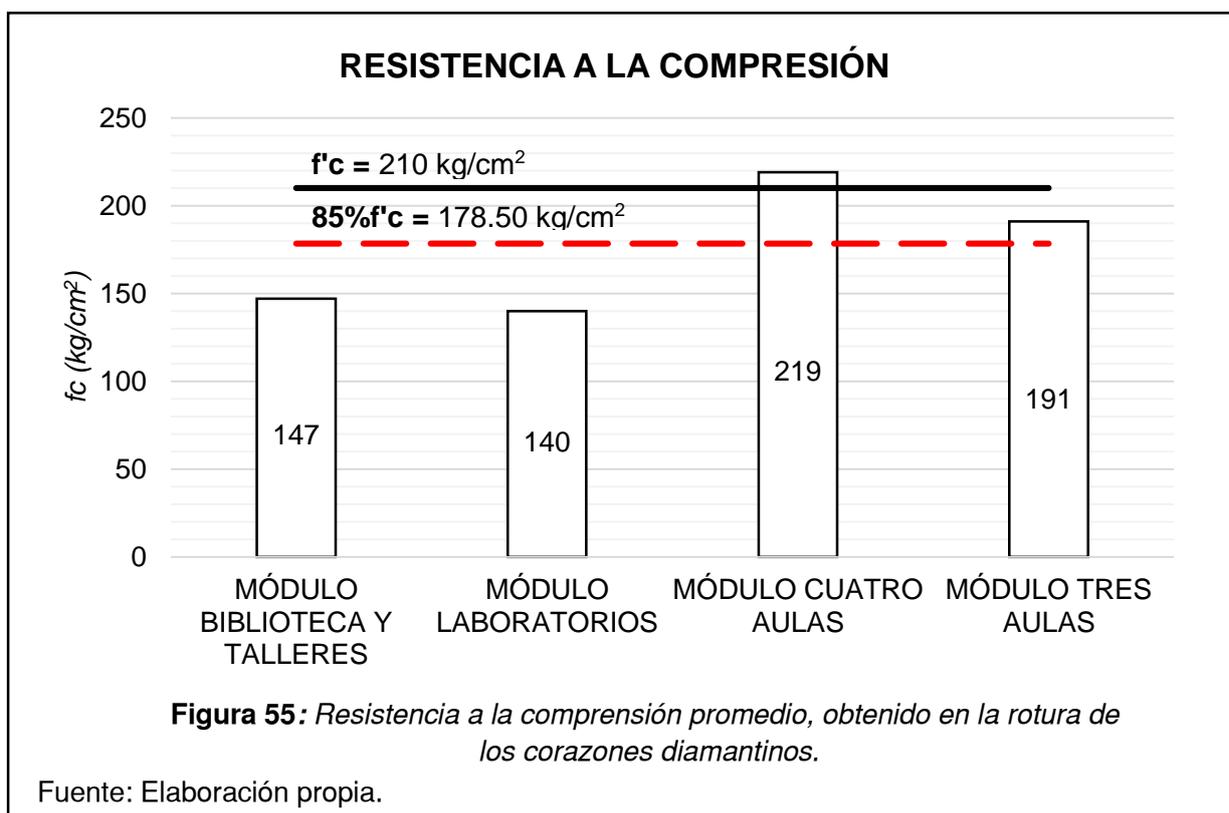
**Tabla 11.**

*Resultados de los ensayos de los corazones diamantinos*

Descripción	Dp (cm)	H (cm)	R (H/D)	FC	Área (cm <sup>2</sup> )	Fuerza Axial (Kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
Módulo Biblioteca y Talleres							146.98
MB-1	5.83	11.10	1.91	1.00	26.65	3064.00	114.98
MB-2	5.80	8.50	1.47	0.96	26.42	5673.00	205.24
MB-3	5.88	8.00	1.36	0.94	27.11	3720.00	129.43
MB-4	5.90	7.70	1.31	0.94	27.34	3891.00	133.30
MB-5	5.88	6.10	1.04	0.88	27.11	4685.00	151.95
Módulo Laboratorios							139.88
ML-1	5.88	12.10	2.06	1.00	27.11	3713.00	136.97
ML-2	5.85	7.90	1.35	0.94	26.88	3613.00	126.63
ML-3	5.88	6.10	1.04	0.88	27.11	4585.00	148.70
ML-4	5.85	11.10	1.90	1.00	26.88	3837.00	142.75
ML-5	5.83	11.10	1.91	1.00	26.65	3847.00	144.36

Descripción	Dp (cm)	H (cm)	R (H/D)	FC	Área (cm <sup>2</sup> )	Fuerza Axial (Kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
Módulo Cuatro Aulas							218.81
MC-1	5.88	10.30	1.75	0.98	27.11	4926.00	178.13
MC-2	5.88	11.50	1.96	1.00	27.11	6777.00	250.00
MC-3	5.83	11.95	2.05	1.00	26.65	5725.00	214.83
MC-4	5.88	11.65	1.98	1.00	27.11	5848.00	215.73
MC-5	5.85	11.50	1.97	1.00	26.88	6327.00	235.39
Módulo Tres Aulas							191.15
MT-1	5.90	9.70	1.64	0.97	27.34	5543.00	196.97
MT-2	5.85	9.10	1.56	0.96	26.88	5789.00	207.72
MT-3	5.88	10.20	1.74	0.98	27.11	4963.00	179.21
MT-4	5.85	11.60	1.98	1.00	26.88	5282.00	196.52
MT-5	5.83	10.00	1.72	0.98	26.65	4781.00	175.34

Fuente: Elaboración propia.



De los diferentes valores que se obtuvieron en la rotura de corazones diamantinos, se consideró el promedio respectivo para cada estructura según sus resultados y determinar el valor de la resistencia a la compresión general.

## D. Aplicación del Rapid Visual Screening (FEMA 154)

La evaluación con el formato para una región de sismicidad MODERADA, presenta los siguientes scores para cada edificación en las dos direcciones de análisis.

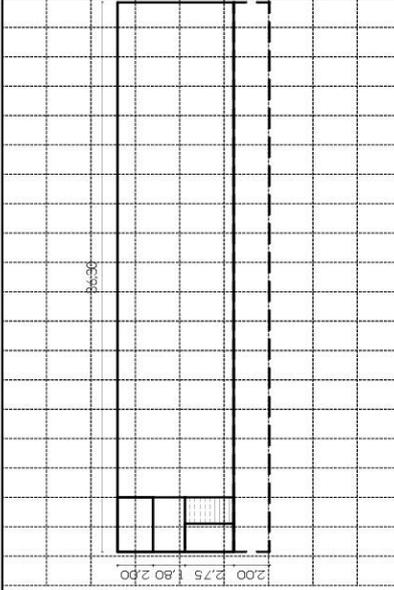
 <b>UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN</b> FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																																																	
VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE LA I.E. Nº 10024 "NUESTRA SEÑORA DE FÁTIMA"																																																	
Investigación Visual Rápida de Edificios con Riesgo Sísmico Potencial FEMA 154 Formulario de recolección de datos																																																	
Sismicidad MODERADA																																																	
	Dirección: Garcilazo de la Vega #250 Otra identificación: I.E. Nº 10024 "NUESTRA SEÑORA DE FÁTIMA" Número de pisos: 2      Año de construcción: 1950 Inspector: Carlos Enrique Calle Nizama Área techada: 318 m <sup>2</sup> Nombre del edificio: Módulo de Biblioteca y Talleres Uso: Educación																																																
	<p style="text-align: center;"><b>FOTOGRAFÍA</b></p> 																																																
<b>ESCALA DE BOSQUEJO</b>																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">OCUPACIÓN</th> <th colspan="6">TIPO DE SUELO</th> <th colspan="2">PELIGRO DE CAIDA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sala pública</td> <td>Gobiern</td> <td>Oficina</td> <td>Numero de personas</td> <td>A</td> <td>B</td> <td>C</td> <td>D</td> <td>E</td> <td>F</td> <td>Chimeneas no reforzada</td> <td>Otros</td> </tr> <tr> <td>Comercio</td> <td>Historico</td> <td>Residencial</td> <td>0 - 10      11 - 100</td> <td>Roca</td> <td>Roca</td> <td>Suelo</td> <td>Suelo</td> <td>Suelo</td> <td>Suelo</td> <td>Parapetos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>S. de Emergencia</td> <td>Industria</td> <td>Escuela</td> <td>101 - 1000      1000+</td> <td>Dura</td> <td>Media</td> <td>Denso</td> <td>Rigido</td> <td>Blando</td> <td>Pobre</td> <td>Revestimiento</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		OCUPACIÓN				TIPO DE SUELO						PELIGRO DE CAIDA		Sala pública	Gobiern	Oficina	Numero de personas	A	B	C	D	E	F	Chimeneas no reforzada	Otros	Comercio	Historico	Residencial	0 - 10      11 - 100	Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Parapetos		S. de Emergencia	Industria	Escuela	101 - 1000      1000+	Dura	Media	Denso	Rigido	Blando	Pobre	Revestimiento	
OCUPACIÓN				TIPO DE SUELO						PELIGRO DE CAIDA																																							
Sala pública	Gobiern	Oficina	Numero de personas	A	B	C	D	E	F	Chimeneas no reforzada	Otros																																						
Comercio	Historico	Residencial	0 - 10      11 - 100	Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Parapetos																																							
S. de Emergencia	Industria	Escuela	101 - 1000      1000+	Dura	Media	Denso	Rigido	Blando	Pobre	Revestimiento																																							
<b>PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL</b>																																																	
TIPO DE EDIFICACION	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM																																		
			(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	(URM INF)	(MRF)	(SW)	(URM INF)	(TU)		(FD)	(RD)																																			
Puntaje básico	5.20	4.80	3.60	3.60	3.80	3.60	3.60	3.00	3.60	3.20	3.20	3.20	3.60	3.40	3.40																																		
Altura mediana (4-7 pisos)	N/A	N/A	+0.40	+0.40	N/A	+0.40	+0.40	+0.20	+0.40	+0.20	N/A	+0.40	+0.40	+0.40	-0.40																																		
Altura alta	N/A	N/A	+1.40	+1.40	N/A	+1.40	+0.80	+0.50	+0.80	+0.40	N/A	+0.60	N/A	+0.60	N/A																																		
Irregularidad vertical	-3.50	-3.00	-2.00	-2.00	N/A	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	N/A	-1.50	-2.00	-1.50	-1.50																																		
Irregularidad en planta	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50																																		
Pre-código	0.00	-0.20	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.20	-1.00	-0.40	-1.00	-0.20	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40																																		
Post-benchmark	+1.60	+1.60	+1.40	+1.40	N/A	+1.20	N/A	+1.20	+1.60	N/A	+1.80	N/A	+2.00	+1.80	N/A																																		
Suelo tipo C	-0.20	-0.80	-0.60	-0.80	-0.60	-0.80	-0.80	-0.60	-0.80	-0.60	-0.60	-0.60	-0.80	-0.60	-0.40																																		
Suelo tipo D	-0.60	-1.20	-1.00	-1.20	-1.00	-1.20	-1.20	-1.00	-1.20	-1.00	-1.00	-1.00	-1.20	-1.20	-0.80																																		
Suelo tipo E	-1.20	-1.80	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60																																		
<b>PUNTAJE FINAL, S</b>								<b>1.00</b>		<b>1.20</b>																																							
<b>COMENTARIOS</b>											<b>REQUIERE EVALUACION DETALLADA</b>																																						
La ausencia de una junta entre los tabiques y las columnas, producirá el efecto de golpeteo en un eventual movimiento sísmico. Por otro lado esta deficiencia ya esta causando grietas en el revestimiento de los elementos estructurales y los tabiques.											Si      No																																						

Figura 56: Evaluación Rapid Visual Screening (Módulo de Biblioteca y Talleres)

Fuente: Elaboración propia.


**UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
**VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE LA I.E. N° 10024 "NUESTRA SEÑORA DE FÁTIMA"**

Investigación Visual Rápida de Edificios con Riesgo Sísmico Potencial Sismicidad MODERADA  
 FEMA 154 Formulario de recolección de datos

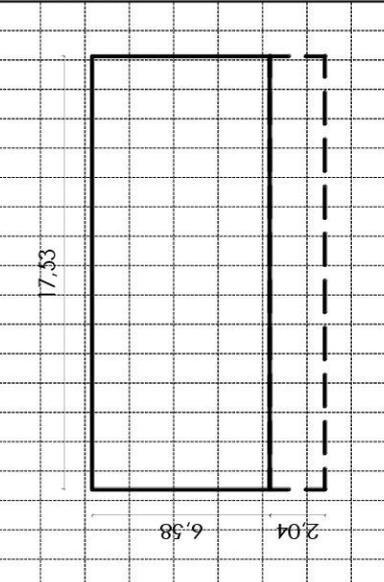
	Dirección: Carcilazo de la Vega #250 Otra identificación: I.E. N° 10024 "NUESTRA SEÑORA DE FÁTIMA" Número de pisos: 2 <span style="float: right;">Año de construcción: 1950</span> Inspector: Carlos Enrique Calle Nizama Área techada: 148 m <sup>2</sup> Nombre del edificio: Módulo de Laboratorios Uso: Educación																																																																		
<b>FOTOGRAFÍA</b> 																																																																			
<b>ESCALA DE BOSQUEJO</b>																																																																			
<b>OCUPACIÓN</b>	<b>TIPO DE SUELO</b>																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Sala pública</td> <td>Gobiernc</td> <td>Oficina</td> <td>Numero de personas</td> <td>A</td> <td>B</td> <td>C</td> <td>D</td> <td>E</td> <td>F</td> <td>Chimeneas no reforzada</td> <td>Otros</td> </tr> <tr> <td>Comercio</td> <td>Historico</td> <td>Residencial</td> <td>0 - 10</td> <td>Roca</td> <td>Roca</td> <td>Suelo</td> <td>Suelo</td> <td>Suelo</td> <td>Suelo</td> <td>Parapetos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>S. de Emergencia</td> <td>Industria</td> <td>Escuela</td> <td>101 - 1000</td> <td>Dura</td> <td>Media</td> <td>Denso</td> <td>Rigido</td> <td>Blando</td> <td>Pobre</td> <td>Revestimiento</td> <td></td> </tr> </table>	Sala pública	Gobiernc	Oficina	Numero de personas	A	B	C	D	E	F	Chimeneas no reforzada	Otros	Comercio	Historico	Residencial	0 - 10	Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Parapetos		S. de Emergencia	Industria	Escuela	101 - 1000	Dura	Media	Denso	Rigido	Blando	Pobre	Revestimiento		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>0 - 10</td> <td>11 - 100</td> <td>101 - 1000</td> <td>1000+</td> <td>A</td> <td>B</td> <td>C</td> <td>D</td> <td>E</td> <td>F</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Roca</td> <td>Roca</td> <td>Suelo</td> <td>Suelo</td> <td>Suelo</td> <td>Suelo</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Dura</td> <td>Media</td> <td>Denso</td> <td>Rigido</td> <td>Blando</td> <td>Pobre</td> </tr> </table>	0 - 10	11 - 100	101 - 1000	1000+	A	B	C	D	E	F					Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo					Dura	Media	Denso	Rigido	Blando	Pobre
Sala pública	Gobiernc	Oficina	Numero de personas	A	B	C	D	E	F	Chimeneas no reforzada	Otros																																																								
Comercio	Historico	Residencial	0 - 10	Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Parapetos																																																									
S. de Emergencia	Industria	Escuela	101 - 1000	Dura	Media	Denso	Rigido	Blando	Pobre	Revestimiento																																																									
0 - 10	11 - 100	101 - 1000	1000+	A	B	C	D	E	F																																																										
				Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo																																																										
				Dura	Media	Denso	Rigido	Blando	Pobre																																																										
<b>PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL</b>																																																																			
<b>TIPO DE EDIFICACION</b>	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM																																																				
			(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	(URM INF)	(MRF)	(SW)	(URM INF)	(TU)		(FD)	(RD)																																																					
Puntaje básico	5.20	4.80	3.60	3.60	3.80	3.60	3.60	3.00	3.60	3.20	3.20	3.20	3.60	3.40	3.40																																																				
Altura mediana (4-7 pisos)	N/A	N/A	+0.40	+0.40	N/A	+0.40	+0.40	+0.20	+0.40	+0.20	N/A	+0.40	+0.40	+0.40	-0.40																																																				
Altura alta	N/A	N/A	+1.40	+1.40	N/A	+1.40	+0.80	+0.50	+0.80	+0.40	N/A	+0.60	N/A	+0.60	N/A																																																				
Irregularidad vertical	-3.50	-3.00	-2.00	-2.00	N/A	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	N/A	-1.50	-2.00	-1.50	-1.50																																																				
Irregularidad en planta	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50																																																				
Pre-código	0.00	-0.20	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.20	-1.00	-0.40	-1.00	-0.20	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40																																																				
Post-benchmark	+1.60	+1.60	+1.40	+1.40	N/A	+1.20	N/A	+1.20	+1.60	N/A	+1.80	N/A	+2.00	+1.80	N/A																																																				
Suelo tipo C	-0.20	-0.80	-0.60	-0.80	-0.60	-0.80	-0.80	-0.60	-0.80	-0.60	-0.60	-0.60	-0.80	-0.60	-0.40																																																				
Suelo tipo D	-0.60	-1.20	-1.00	-1.20	-1.00	-1.20	-1.20	-1.00	-1.20	-1.00	-1.00	-1.20	-1.20	-1.20	-0.80																																																				
Suelo tipo E	-1.20	-1.80	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60																																																				
<b>PUNTAJÓN FINAL, S</b>	1.00										1.20																																																								
<b>COMENTARIOS</b> La ausencia de una junta entre los tabiques y las columnas, producirá el efecto de columna corta en un eventual movimiento sísmico. Por otro lado esta deficiencia ya está causando fisuras en el revestimiento de los elementos estructurales y los tabiques.												<b>REQUIERE EVALUACIÓN DETALLADA</b>																																																							
												Si	No																																																						

Figura 57: Evaluación Rapid Visual Screening (Módulo de Laboratorios)

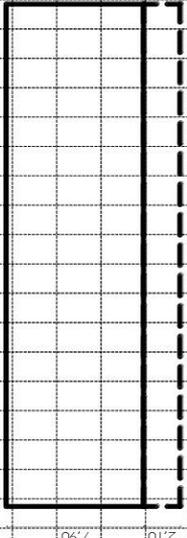
Fuente: Elaboración propia.



**UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE LA I.E. Nº 10024 "NUESTRA SEÑORA DE FÁTIMA"**

Investigación Visual Rápida de Edificios con Riesgo Sísmico Potencial Sismicidad MODERADA  
 FEMA 154 Formulario de recolección de datos

 <p style="text-align: center;">ESCALA DE BOSQUEJO</p>	<p><b>Dirección:</b> Garcilazo de la Vega #250</p> <p><b>Otra identificación:</b> I.E. Nº 10024 "NUESTRA SEÑORA DE FÁTIMA"</p> <p><b>Número de pisos:</b> 2 <span style="float: right;"><b>Año de construcción:</b> 2001</span></p> <p><b>Inspector:</b> Carlos Enrique Calle Nizama</p> <p><b>Área techada:</b> 315 m<sup>2</sup></p> <p><b>Nombre del edificio:</b> Módulo de Cuatro Aulas</p> <p><b>Uso:</b> Educación</p>																																																								
<b>FOTOGRAFÍA</b>																																																									
																																																									
<b>PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL</b>																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">OCUPACIÓN</th> <th colspan="6">TIPO DE SUELO</th> <th colspan="2">PELIGRO DE CAIDA</th> </tr> <tr> <th>Sala pública</th> <th>Gobiern</th> <th>Oficina</th> <th>Numero de personas</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>Chimeneas no reforzadas</th> <th>Otros</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Comercio</td> <td>Historico</td> <td>Residencial</td> <td>0 - 10</td> <td>Roca</td> <td>Roca</td> <td>Suelo</td> <td>Suelo</td> <td>Suelo</td> <td>Suelo</td> <td>Parapetos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>S. de Emergencia</td> <td>Industria</td> <td>Escuela</td> <td>101 - 1000</td> <td>Dura</td> <td>Media</td> <td>Denso</td> <td>Rigido</td> <td>Blando</td> <td>Pobre</td> <td>Revestimiento</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	OCUPACIÓN				TIPO DE SUELO						PELIGRO DE CAIDA		Sala pública	Gobiern	Oficina	Numero de personas	A	B	C	D	E	F	Chimeneas no reforzadas	Otros	Comercio	Historico	Residencial	0 - 10	Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Parapetos		S. de Emergencia	Industria	Escuela	101 - 1000	Dura	Media	Denso	Rigido	Blando	Pobre	Revestimiento										
OCUPACIÓN				TIPO DE SUELO						PELIGRO DE CAIDA																																															
Sala pública	Gobiern	Oficina	Numero de personas	A	B	C	D	E	F	Chimeneas no reforzadas	Otros																																														
Comercio	Historico	Residencial	0 - 10	Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Parapetos																																															
S. de Emergencia	Industria	Escuela	101 - 1000	Dura	Media	Denso	Rigido	Blando	Pobre	Revestimiento																																															
<b>PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL</b>																																																									
<b>TIPO DE EDIFICACION</b>	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM																																										
			(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	(URM INF)	(MRF)	(SW)	(URM INF)	(TU)		(FD)	(RD)																																											
Puntaje básico	5.20	4.80	3.60	3.60	3.80	3.60	3.60	3.00	3.60	3.20	3.20	3.20	3.60	3.40	3.40																																										
Altura mediana (4-7 pisos)	N/A	N/A	+0.40	+0.40	N/A	+0.40	+0.40	+0.20	+0.40	+0.20	N/A	+0.40	+0.40	+0.40	-0.40																																										
Altura alta	N/A	N/A	+1.40	+1.40	N/A	+1.40	+0.80	+0.50	+0.80	-0.40	N/A	+0.60	N/A	-0.60	N/A																																										
Irregularidad vertical	-3.50	-3.00	-2.00	-2.00	N/A	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	N/A	-1.50	-2.00	-1.50	-1.50																																										
Irregularidad en planta	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50																																										
Pre-código	0.00	-0.20	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.20	-1.00	-0.40	-1.00	-0.20	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40																																										
Post-benchmark	-1.60	+1.60	+1.40	+1.40	N/A	+1.20	N/A	-1.20	+1.60	N/A	+1.80	N/A	-2.00	+1.80	N/A																																										
Suelo tipo C	-0.20	-0.80	-0.60	-0.80	-0.60	-0.80	-0.80	-0.60	-0.80	-0.60	-0.60	-0.60	-0.80	-0.60	-0.40																																										
Suelo tipo D	-0.60	-1.20	-1.00	-1.20	-1.00	-1.20	-1.20	-1.00	-1.20	-1.00	-1.00	-1.20	-1.20	-1.20	-0.80																																										
Suelo tipo E	-1.20	-1.80	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60																																										
<b>PUNTAJACIÓN FINAL, S</b>									<b>3.20</b>					<b>2.20</b>																																											
<b>COMENTARIOS</b>												<b>REQUIERE EVALUACIÓN DETALLADA</b>																																													
Es evidente el buen estado de conservación de la edificación, la adecuada distribución y dimensiones de elementos estructurales manifestando que es una estructura segura en caso de un evento sísmico.												Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>																																													

**Figura 58:** Evaluación Rapid Visual Screening (Módulo de Cuatro Aulas)

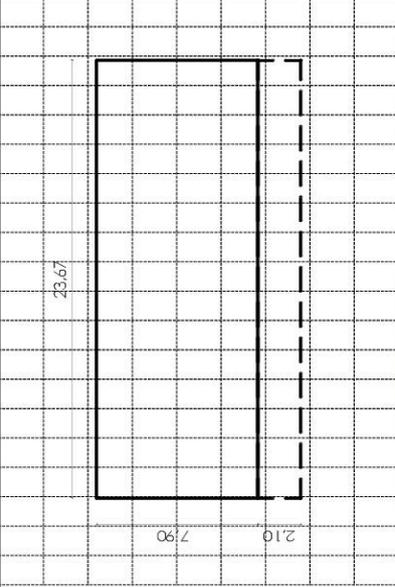
Fuente: Elaboración propia.



**UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE LA I.E. Nº 10024 "NUESTRA SEÑORA DE FÁTIMA"**

Investigación Visual Rápida de Edificios con Riesgo Sísmico Potencial Sismicidad MODERADA  
 FEMA 154 Formulario de recolección de datos

 <p>ESCALA DE BOSQUEJO</p>	<p><b>Dirección:</b> Garcilazo de la Vega #250</p> <p><b>Otra identificación:</b> I.E. Nº 10024 "NUESTRA SEÑORA DE FÁTIMA"</p> <p><b>Número de pisos:</b> 2 <span style="float: right;"><b>Año de construcción:</b> 2001</span></p> <p><b>Inspector:</b> Carlos Enrique Calle Nizama</p> <p><b>Área techada:</b> 237 m<sup>2</sup></p> <p><b>Nombre del edificio:</b> Módulo de Tres Aulas</p> <p><b>Uso:</b> Educación</p>														
<b>FOTOGRAFÍA</b>															
															
<b>PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL</b>															
OCUPACIÓN				TIPO DE SUELO						PELIGRO DE CAIDA					
Sala pública	Gobiernoc	Oficina	Numero de personas	A	B	C	D	E	F	Chimeneas no reforzada	Otros				
Comercio	Historico	Residencial	0 - 10	Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Parapetos					
S. de Emergencia	Industria	Escuela	101 - 1000	Dura	Media	Denso	Rigido	Blando	Pobre	Revestimiento					
			11 - 100												
			1000+												
TIPO DE EDIFICACION	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
			(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	(URM INF)	(MRF)	(SW)	(URM INF)	(TU)	(FD)	(RD)		
Puntaje básico	5.20	4.80	3.60	3.60	3.80	3.60	3.60	3.00	3.60	3.20	3.20	3.20	3.60	3.40	3.40
Altura mediana (4-7 pisos)	N/A	N/A	+0.40	+0.40	N/A	+0.40	+0.40	+0.20	+0.40	+0.20	N/A	+0.40	+0.40	+0.40	-0.40
Altura alta	N/A	N/A	+1.40	+1.40	N/A	+1.40	+0.80	+0.50	+0.80	-0.40	N/A	+0.60	N/A	-0.60	N/A
Irregularidad vertical	-3.50	-3.00	-2.00	-2.00	N/A	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	N/A	-1.50	-2.00	-1.50	-1.50
Irregularidad en planta	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50
Pre-código	0.00	-0.20	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.20	-1.00	-0.40	-1.00	-0.20	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40
Post-benchmark	+1.60	+1.60	+1.40	+1.40	N/A	+1.20	N/A	-1.20	+1.60	N/A	+1.80	N/A	-2.00	+1.80	N/A
Suelo tipo C	-0.20	-0.80	-0.60	-0.80	-0.60	-0.80	-0.80	-0.60	-0.80	-0.60	-0.60	-0.60	-0.80	-0.60	-0.40
Suelo tipo D	-0.60	-1.20	-1.00	-1.20	-1.00	-1.20	-1.20	-1.00	-1.20	-1.00	-1.00	-1.20	-1.20	-1.20	-0.80
Suelo tipo E	-1.20	-1.80	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60
<b>COMENTARIOS</b>	<b>REQUIERE EVALUACIÓN DETALLADA</b>														
Es evidente el buen estado de conservación de la edificación, la adecuada distribución y dimensiones de elementos estructurales mafiastando que es una estructura segura en caso de un evento sísmico.	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>														

**Figura 59:** Evaluación Rapid Visual Screening (Módulo de Tres Aulas)

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 12.***Puntuación obtenida del método RVS (FEMA 154)*

Descripción	Puntuación S Región Sísmica MODERADO			
	Dirección "X" C1 (MRF)	Probabilidad de Colapso	Dirección "Y" C3 (UMR INF)	Probabilidad de Colapso
Módulo Biblioteca y Talleres	1.00	10.0%	1.20	6.3%
Módulo Laboratorio	1.00	10.0%	1.20	6.3%
Módulo de Cuatro Aulas	3.20	0.1%	2.20	0.6%
Módulo de Tres Aulas	3.20	0.1%	2.20	0.6%

Fuente: Elaboración propia.

**E. Análisis Dinámico Modal Espectral**

Los resultados del análisis dinámico modal espectral en concordancia con la NTE.

E.030 "Diseño Sismorresistente", fueron los siguientes.

**Tabla 13.***Resultados obtenidos del análisis dinámico modal espectral*

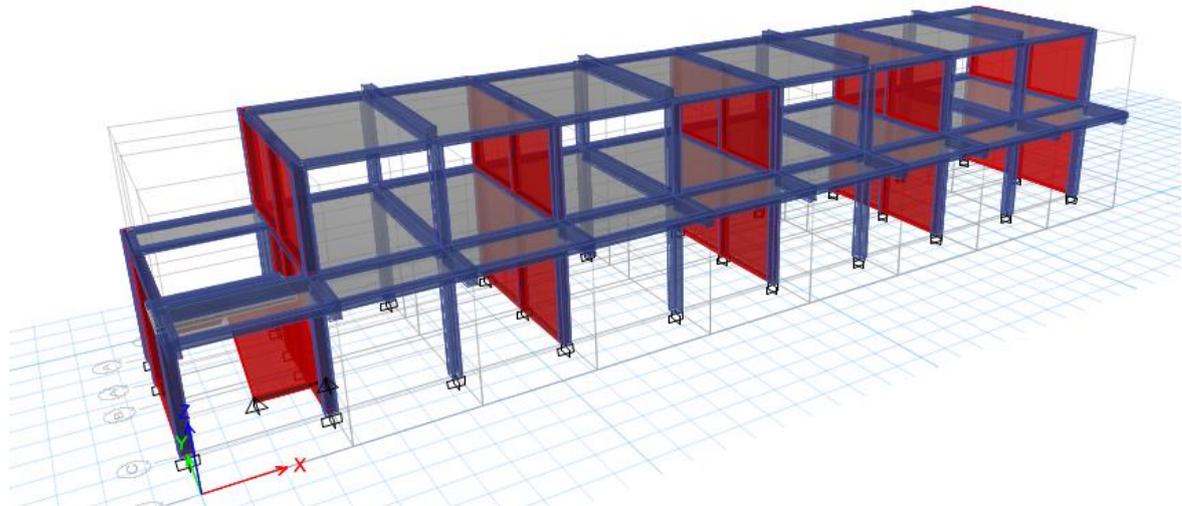
Descripción	Peso Edificación (Tn)		Tx (seg)	Ty (seg)	Ux <sub>máx</sub> (cm)	Uy <sub>máx</sub> (cm)	$\Delta x$	$\Delta y$
	C/Piso	Total						
Módulo Biblioteca y Talleres*								
Segundo Nivel	154.83	472.43	0.50	0.10	3.88	0.25	0.0121	0.0008
Primer Nivel	317.60							
Módulo Biblioteca y Talleres**								
Segundo Nivel	108.61	387.03	0.50	0.56	6.86	6.67	0.0215	0.0208
Primer Nivel	278.42							
Módulo Laboratorio*								
Segundo Nivel	106.22	270.37	0.89	0.10	15.14	0.21	0.0473	0.0007
Primer Nivel	164.15							
Módulo Laboratorio**								
Segundo Nivel	78.53	224.70	0.94	0.61	15.08	5.54	0.0471	0.0173
Primer Nivel	146.17							
Módulo Cuatro Aulas								
Segundo Nivel	251.16	602.44	0.21	0.10	0.64	0.14	0.0020	0.0005
Primer Nivel	351.28							
Módulo Tres Aulas								
Segundo Nivel	192.52	461.19	0.22	0.09	0.73	0.15	0.0023	0.0005
Primer Nivel	268.68							

\*Considerando la rigidez que aportan los muros de albañilería

\*\*No considerando la rigidez que aportan los muros de albañilería

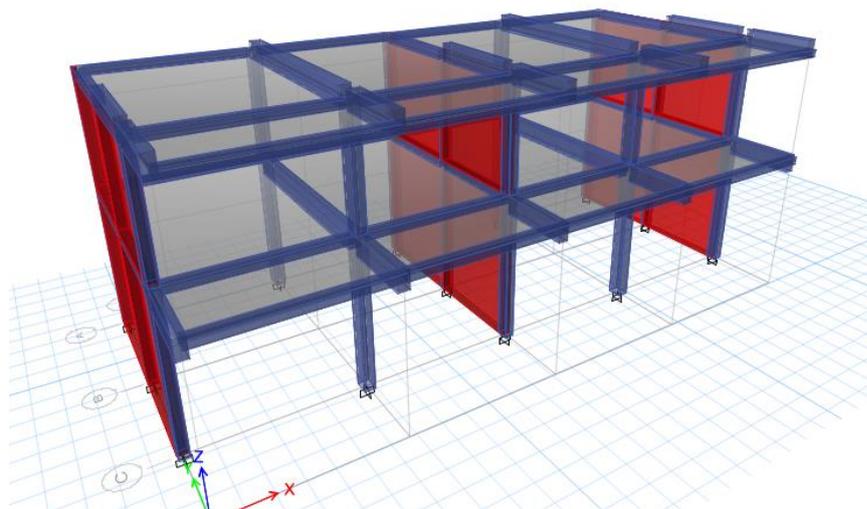
Fuente: Elaboración propia.

Evaluamos despreciando la rigidez que aportan los muros de albañilería confinada a modo de comparación ya que en el año en que se elaboró el diseño y la construcción del Módulo de Biblioteca y Talleres y el Módulo de Laboratorios, aún no se conocía del uso de Albañilería como sistema estructural.



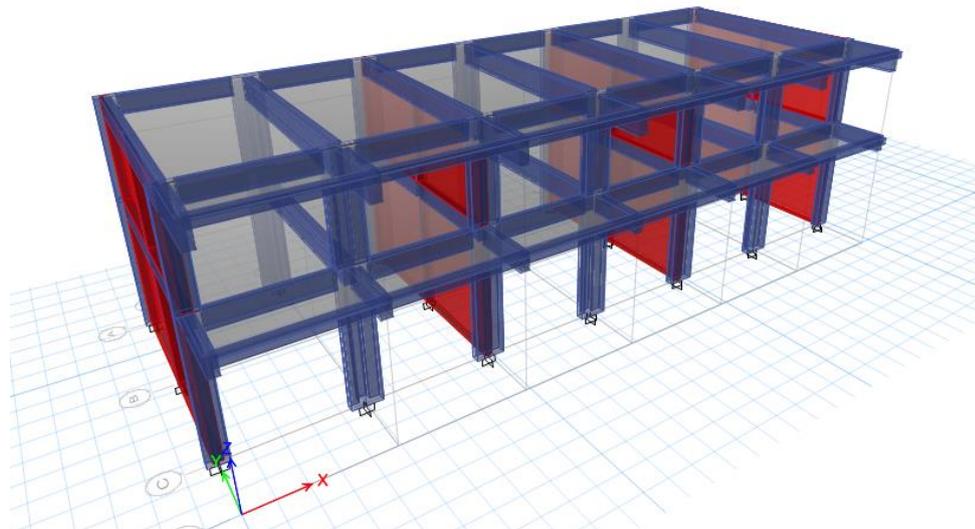
**Figura 60:** Modelo matemático del Módulo de Biblioteca y Talleres, empleando el software Etabs® v16.1.0.

Fuente: Elaboración propia.



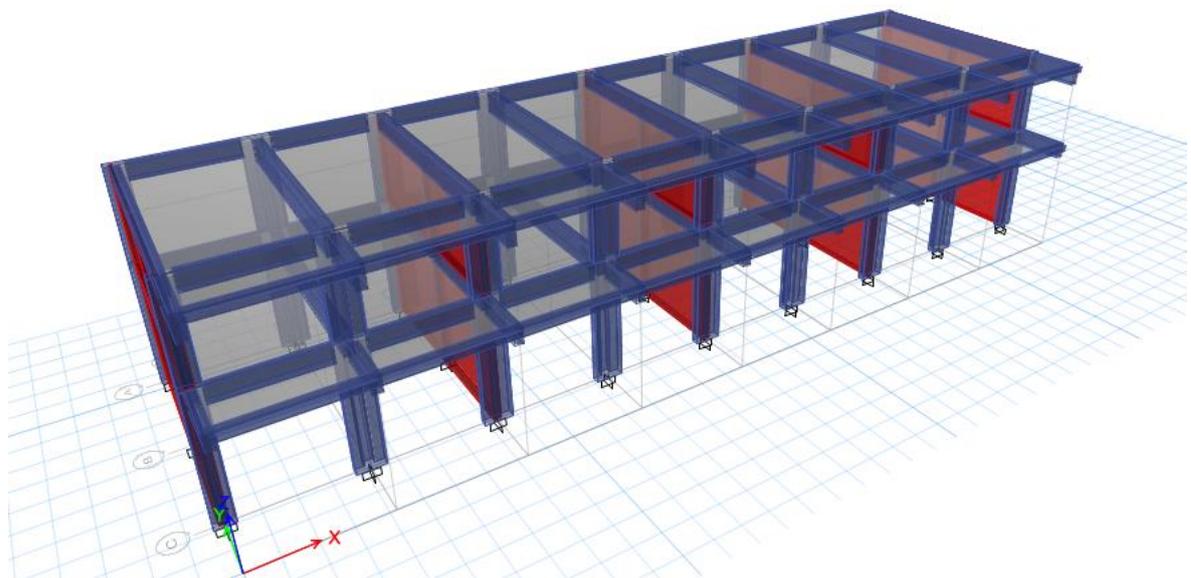
**Figura 61:** Modelo matemático del Módulo de Laboratorios, empleando el software Etabs® v16.1.0.

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 62:** Modelo matemático del Módulo de Tres Aulas empleando el software Etabs® v16.1.0.

Fuente: Elaboración propia.

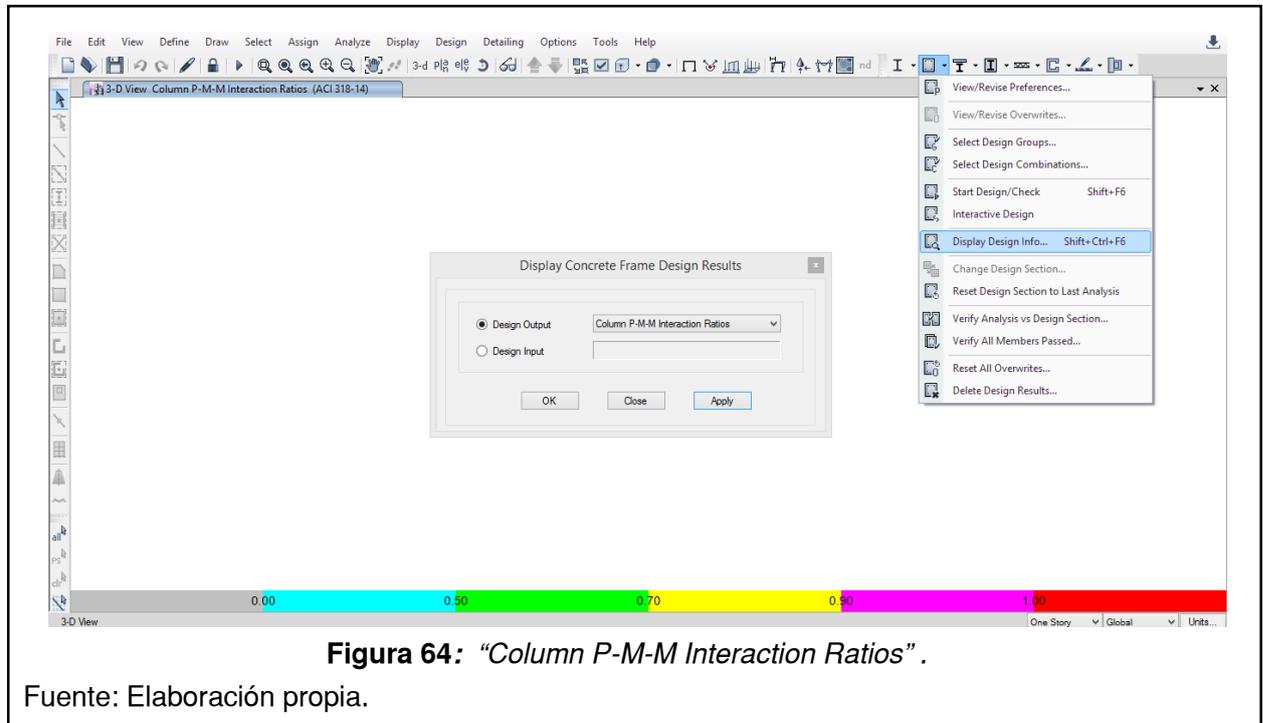


**Figura 63:** Modelo matemático del Módulo de Cuatro Aulas empleando el software Etabs® v16.1.0.

Fuente: Elaboración propia.

Todas las estructuras presentan en la dirección de análisis “x” como sistema estructural Pórticos y en la dirección “y” Albañilería Confinada.

Se evaluó la capacidad de carga (P M2 M3) de cada columna, lo cual se ve reflejada de manera ilustrativa en el gráfico “Column P-M-M Interaction Ratios” que presenta el software ETABS.



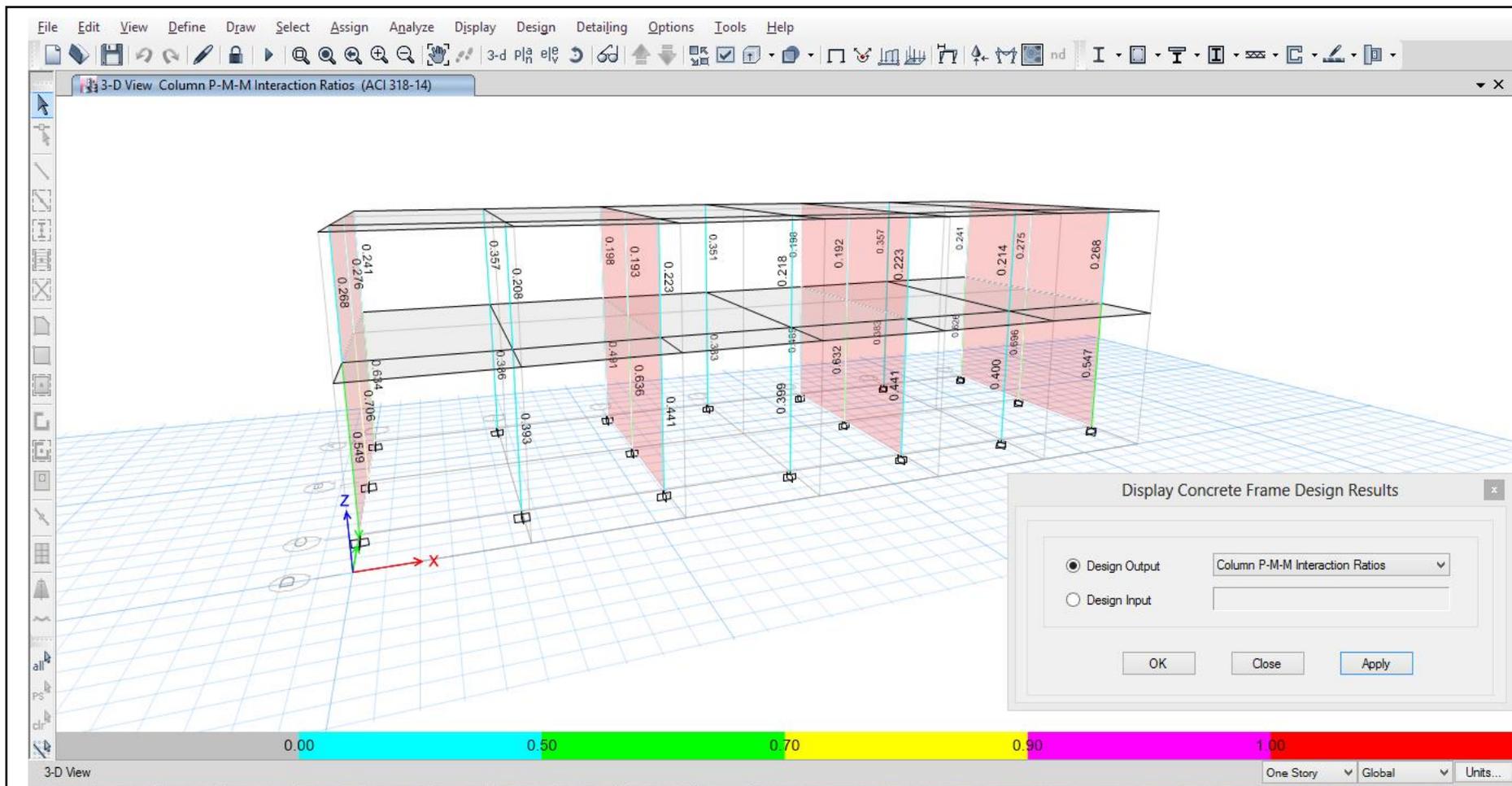


Figura 65: Column P-M-M Interaction Ratios - Módulo de Tres Aulas.

Fuente: Elaboración propia.

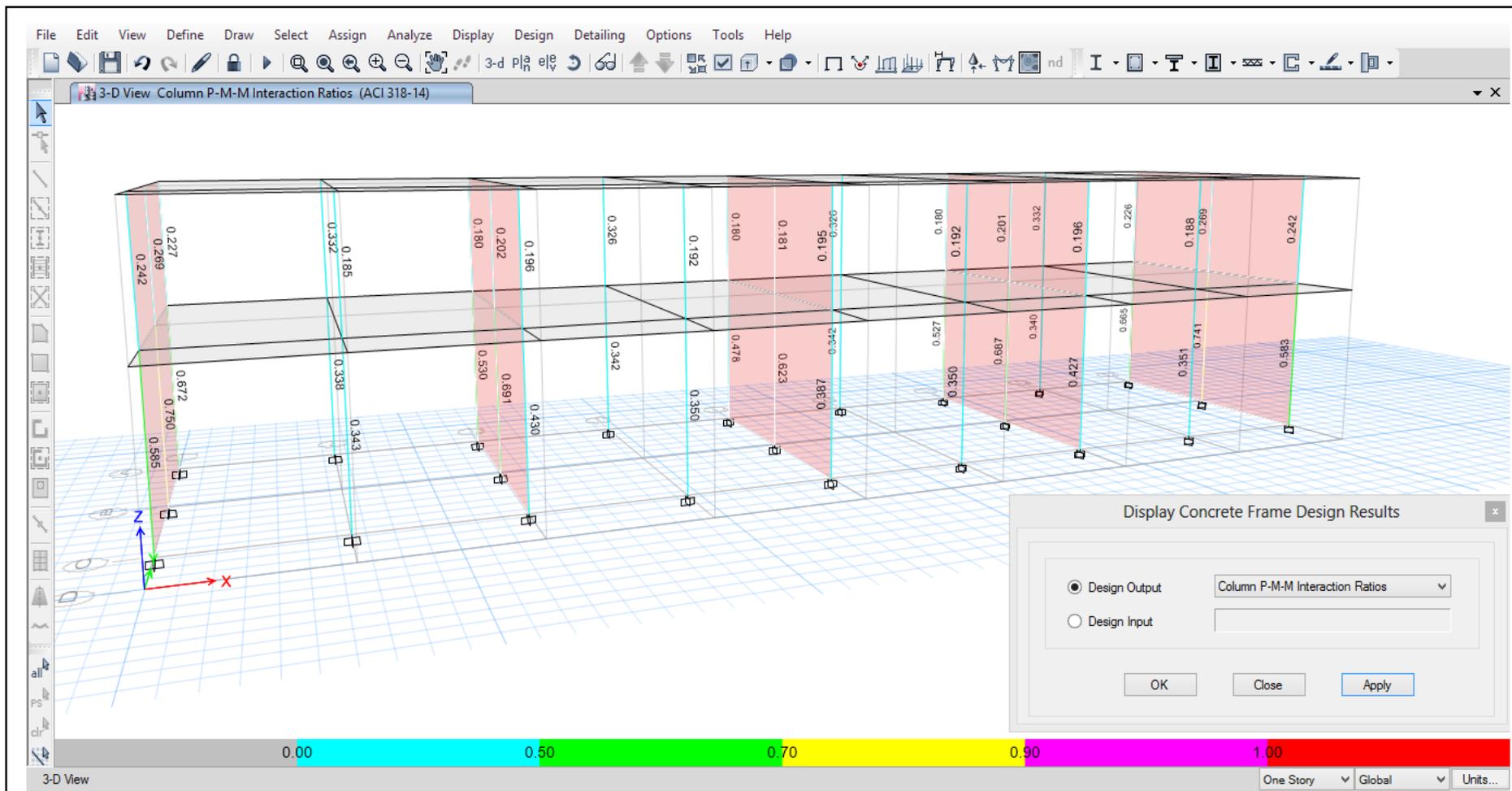
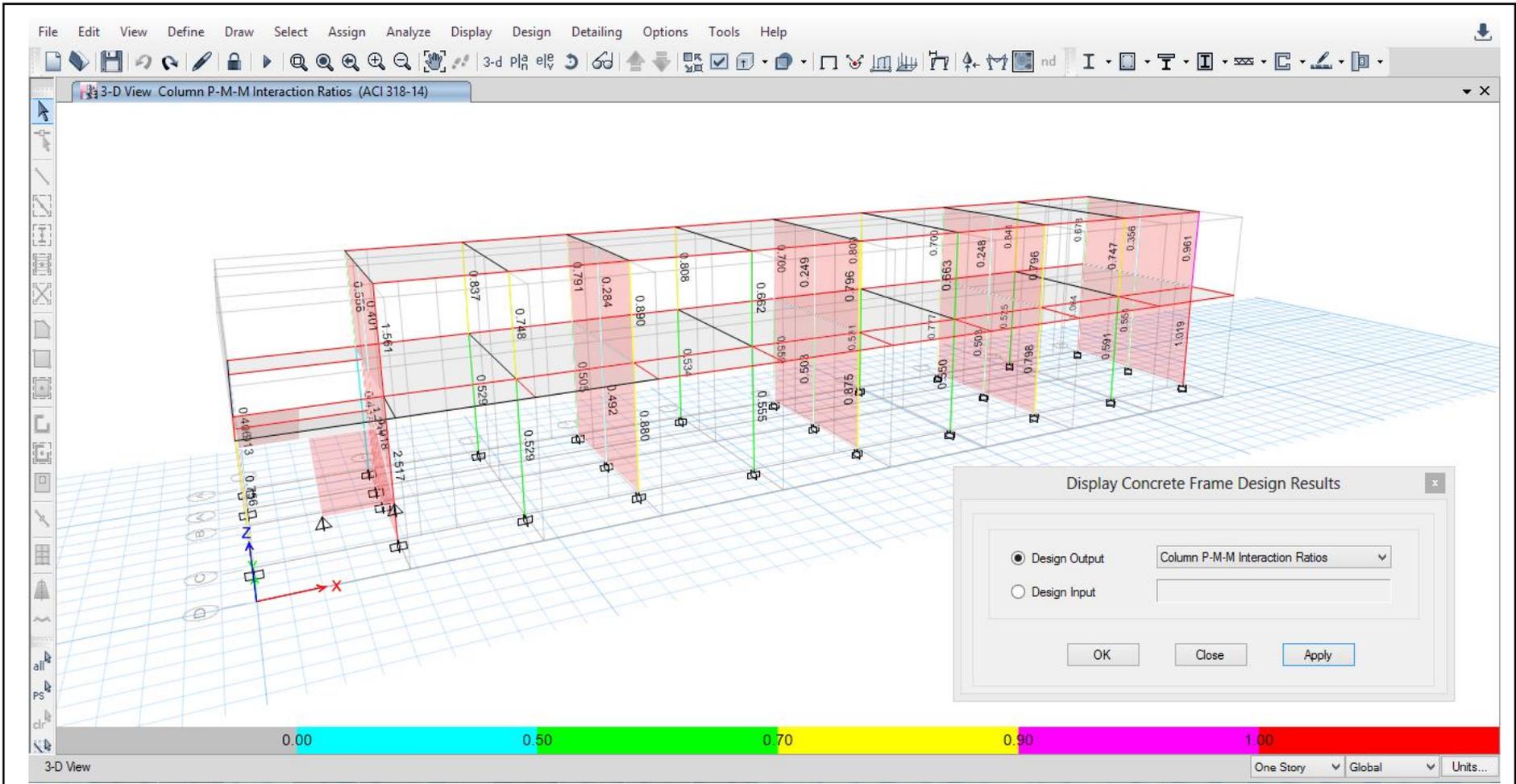


Figura 66: Column P-M-M Interaction Ratios - Módulo de Cuatro Aulas.

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 67:** Column P-M-M Interaction Ratios - Módulo de Biblioteca y Talleres.

Fuente: Elaboración propia.

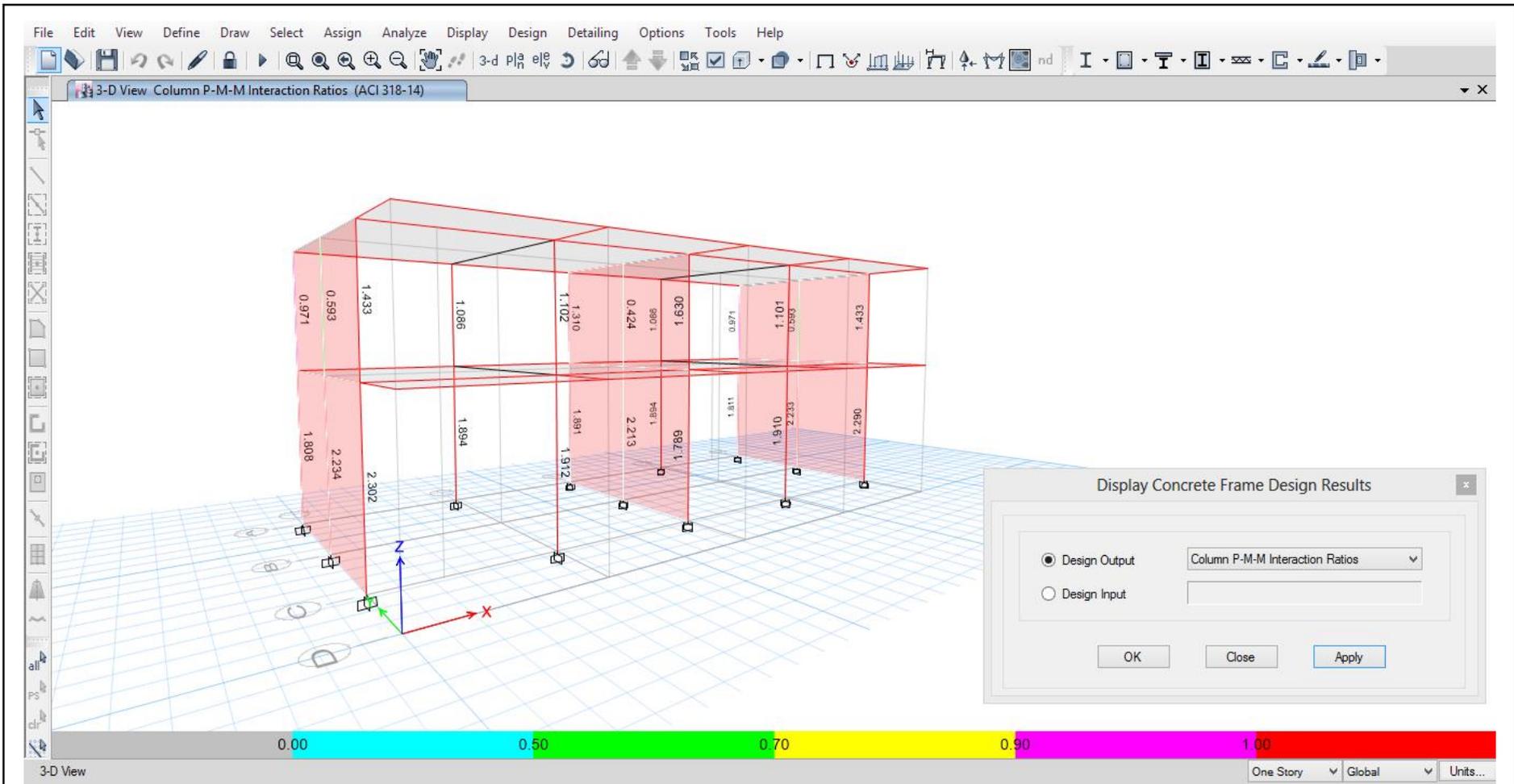


Figura 68: Column P-M-M Interaction Ratios - Módulo de Laboratorios.

Fuente: Elaboración propia.

Si el ratio es mayor a 1, esto se interpreta que en la columna se presentan esfuerzos que sobrepasan su capacidad de carga.

Se identificó el valor de ratio más alto de cada módulo y se procedió a hacer la verificación correspondiente de dicha columna, mediante la elaboración de su diagrama de interacción con ayuda del software mediante la opción que presenta la venta de la opción “Section Designer”

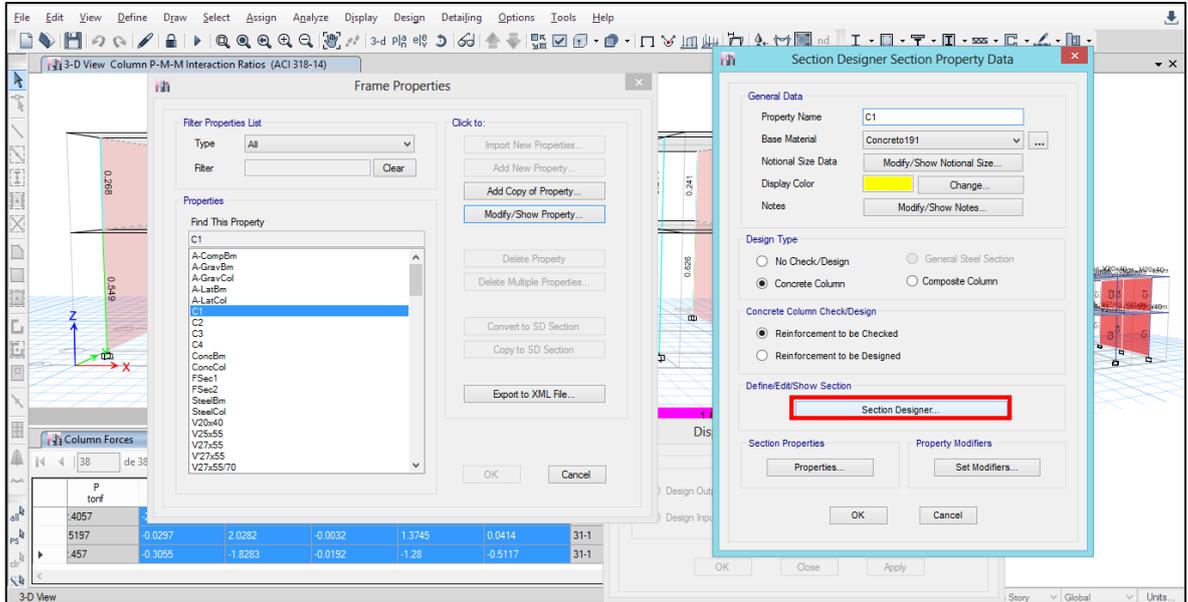


Figura 69: Comando "Section Designer"

Fuente: Elaboración propia.

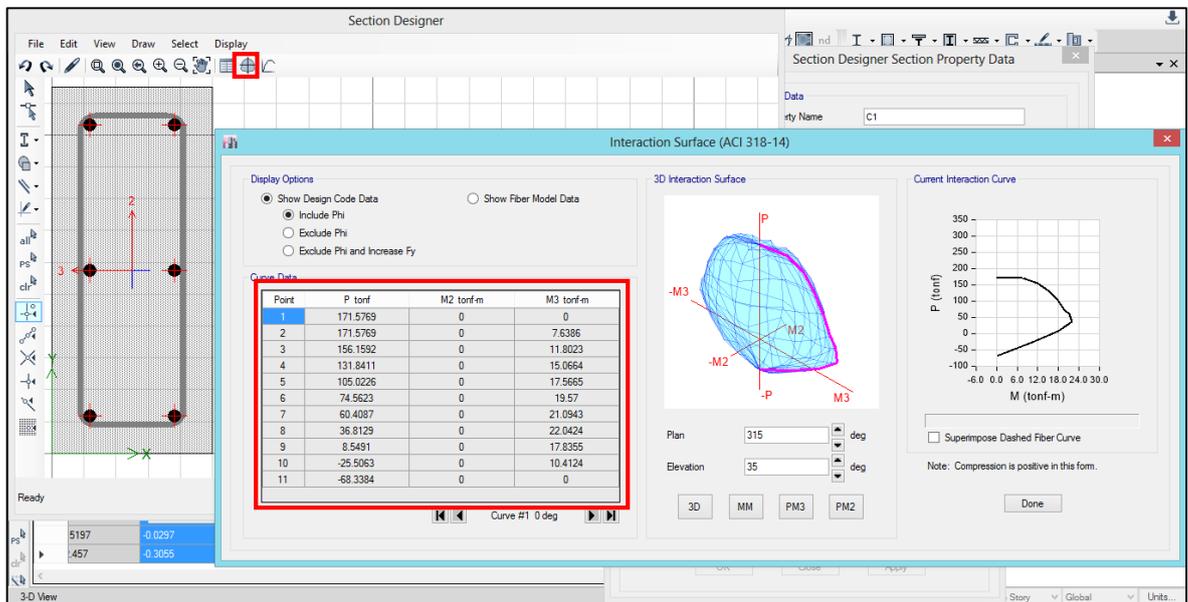
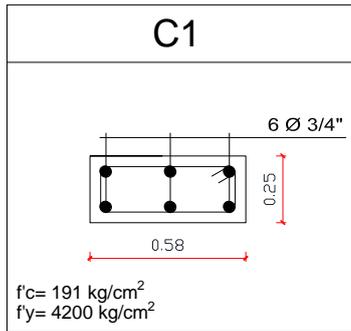


Figura 70: Curva del Diagrama de interacción.

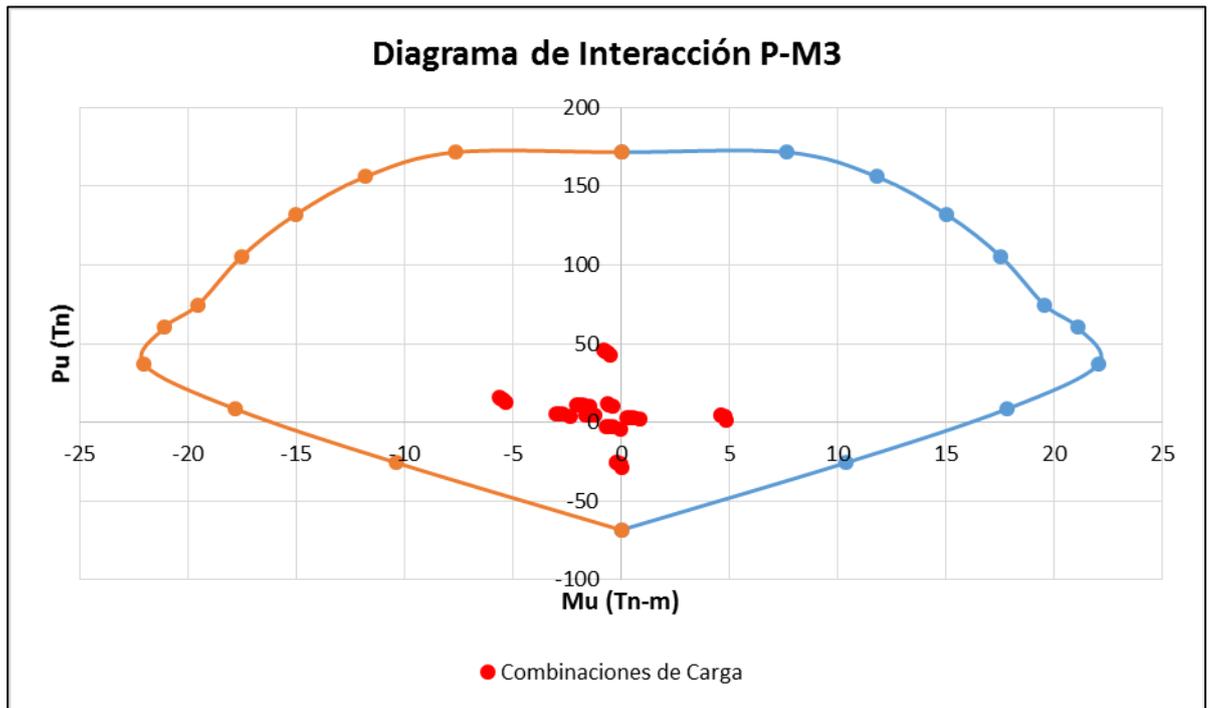
Fuente: Elaboración propia.

Para el Módulo de Tres Aulas:

El valor de ratio mayor fue de 0.634 correspondiente a la columna tipo C1 del Pórtico A.

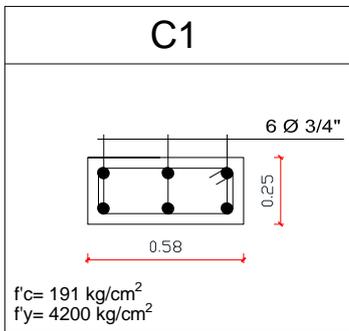


Curve #1 0 deg				
Point	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m	M3 tonf-m
1	171.5769	0	0	0
2	171.5769	0	7.6386	-7.6386
3	156.1592	0	11.8023	-11.8023
4	131.8411	0	15.0664	-15.0664
5	105.0226	0	17.5665	-17.5665
6	74.5623	0	19.57	-19.57
7	60.4087	0	21.0943	-21.0943
8	36.8129	0	22.0424	-22.0424
9	8.5491	0	17.8355	-17.8355
10	-25.5063	0	10.4124	-10.4124
11	-68.3384	0	0	0

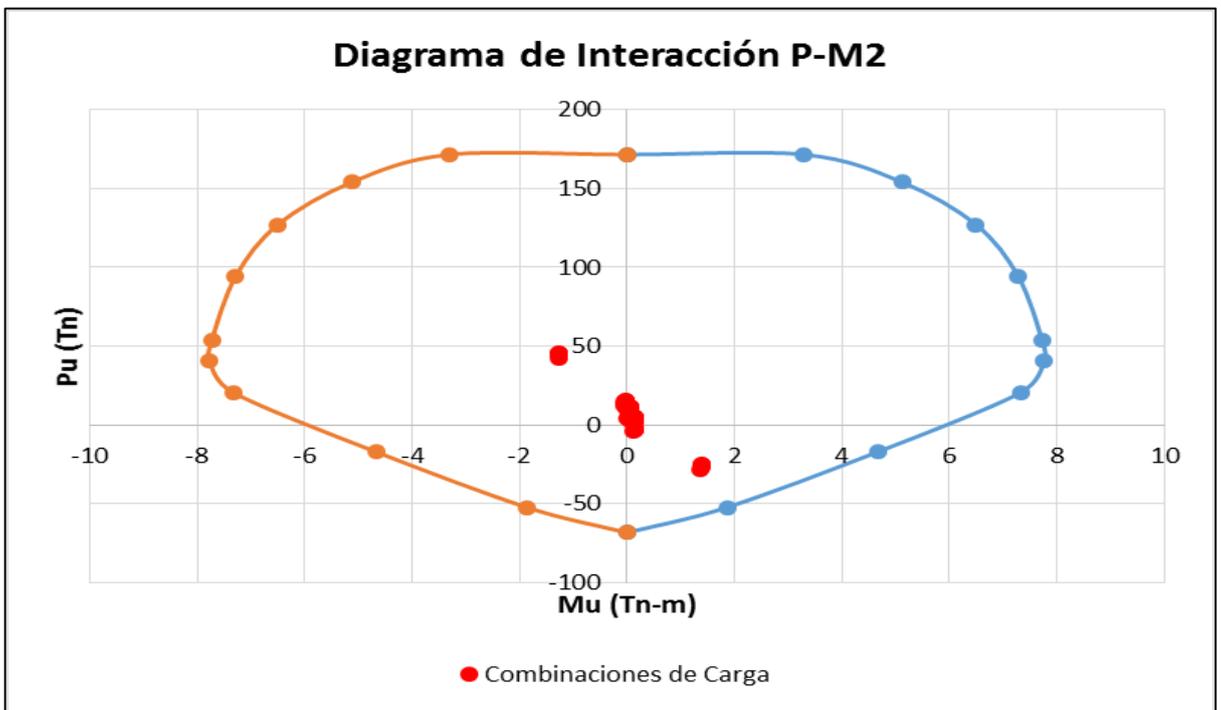


**Figura 71:** Diagrama de Interacción P-M3, Columna C1 (Módulo de Tres Aulas).

Fuente: Elaboración propia.



Curve #7 90 deg				
Point	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m	M2 tonf-m
1	171.5769	0	0	0
2	171.5769	3.298	0	-3.298
3	154.0216	5.1237	0	-5.1237
4	127.1074	6.497	0	-6.497
5	94.3793	7.2825	0	-7.2825
6	53.5683	7.7298	0	-7.7298
7	40.4246	7.7679	0	-7.7679
8	20.6465	7.3323	0	-7.3323
9	-17.07	4.6671	0	-4.6671
10	-52.1977	1.8625	0	-1.8625
11	-68.3384	0	0	0

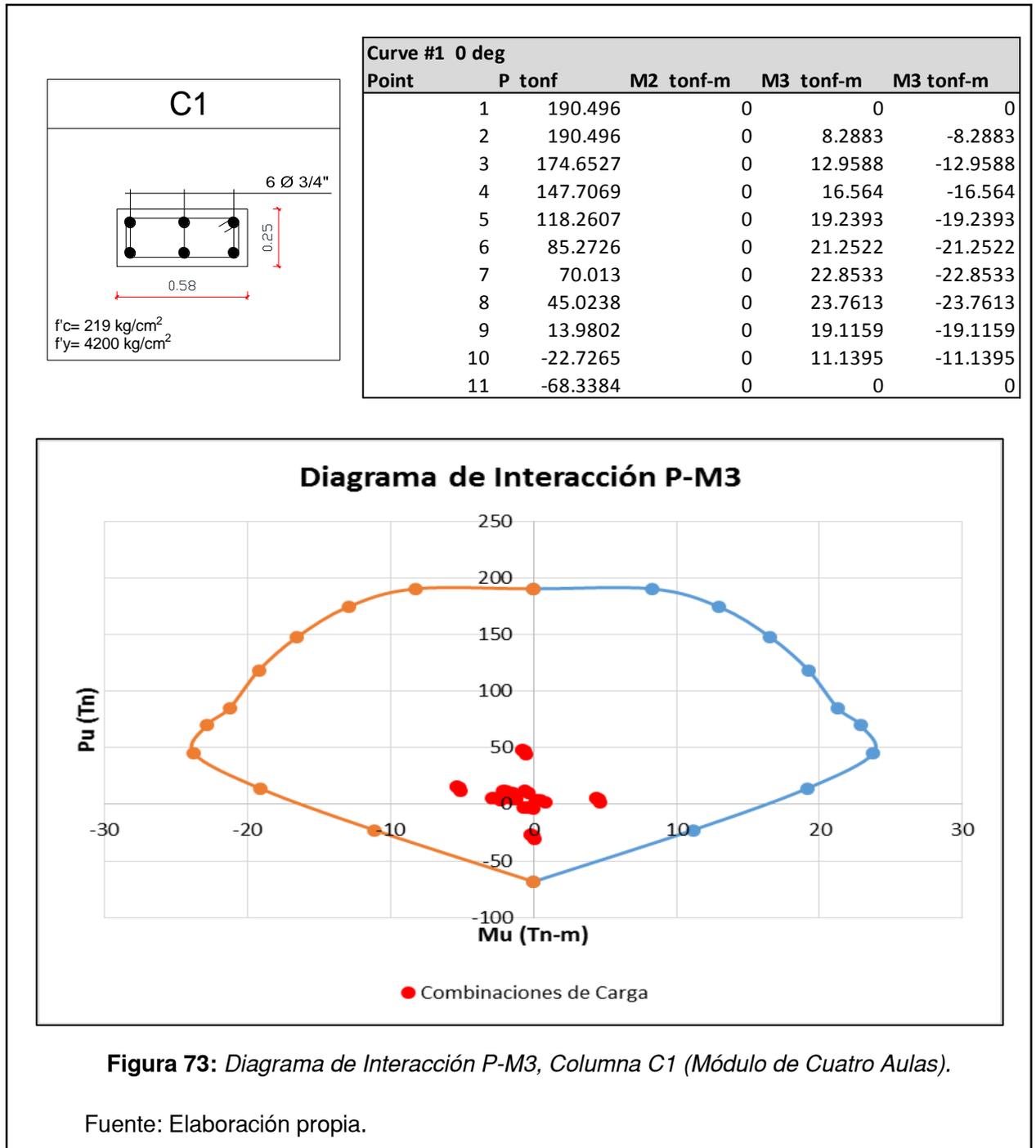


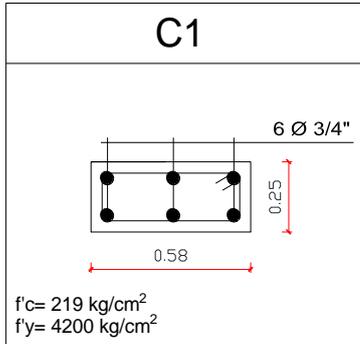
**Figura 72:** Diagrama de Interacción P-M2, Columna C1 (Módulo de Tres Aulas).

Fuente: Elaboración propia.

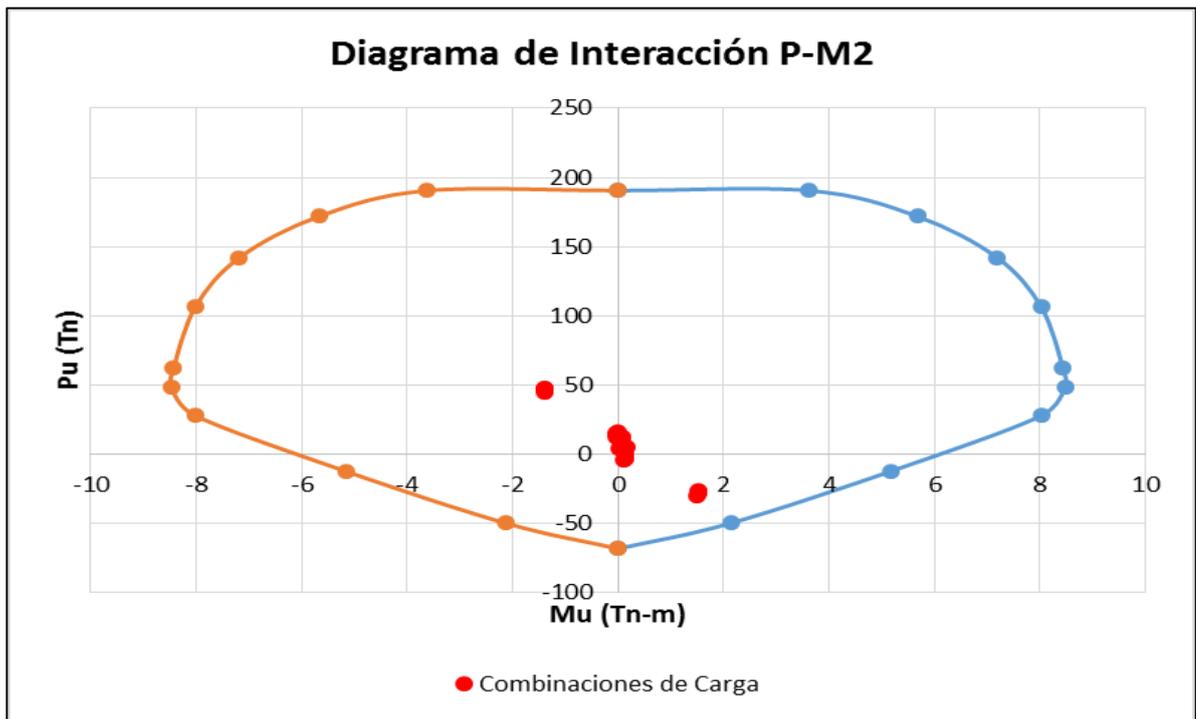
Para el Módulo de Cuatro Aulas:

El valor de ratio mayor fue de 0.672 correspondiente a la columna tipo C1 del Pórtico A.





Curve #7 90 deg				
Point	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m	M2 tonf-m
1	190.496	0	0	0
2	190.496	3.6213	0	-3.6213
3	171.9216	5.6696	0	-5.6696
4	142.058	7.1845	0	-7.1845
5	106.3806	8.0209	0	-8.0209
6	62.6201	8.4282	0	-8.4282
7	48.5269	8.4729	0	-8.4729
8	27.745	8.015	0	-8.015
9	-12.3377	5.1677	0	-5.1677
10	-49.8315	2.1356	0	-2.1356
11	-68.3384	0	0	0

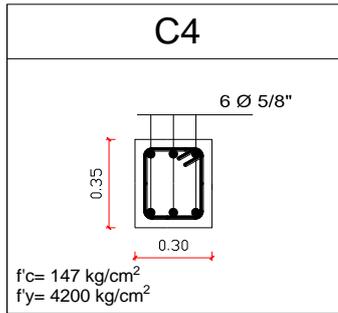


**Figura 74:** Diagrama de Interacción P-M2, Columna C1 (Módulo de Cuatro Aulas).

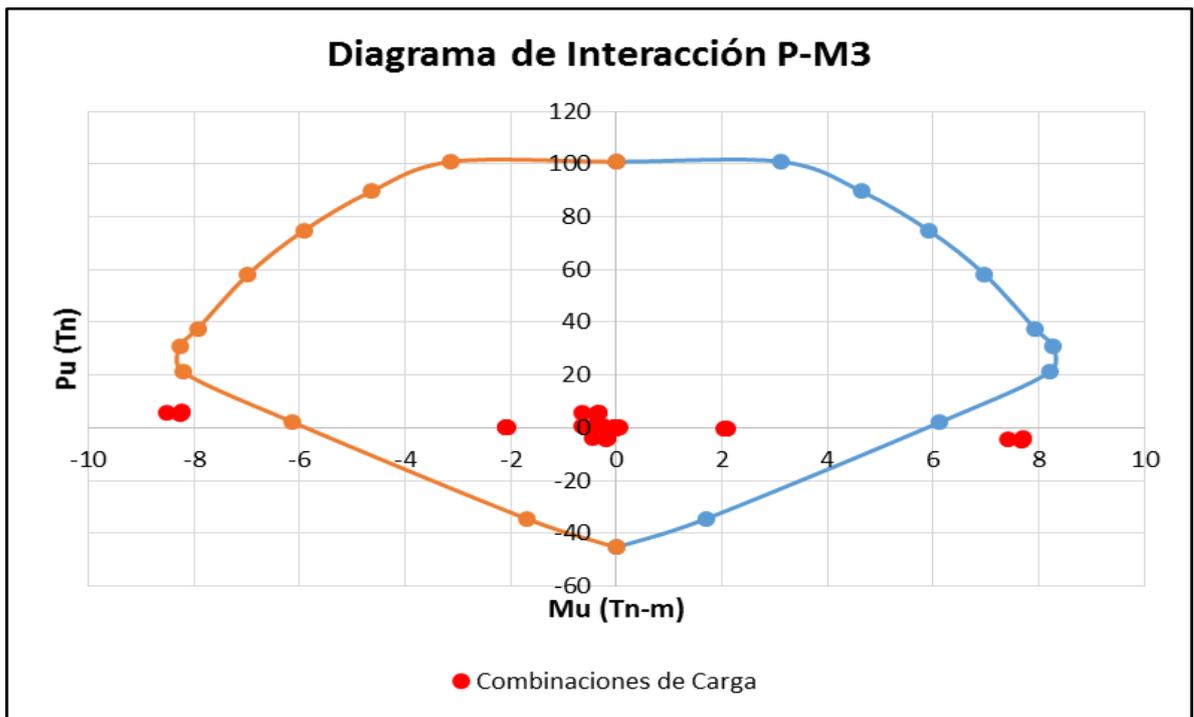
Fuente: Elaboración propia.

Para el Módulo de Biblioteca y Talleres:

El valor de ratio mayor fue de 2.517 correspondiente a la columna tipo C4 del Pórtico C.

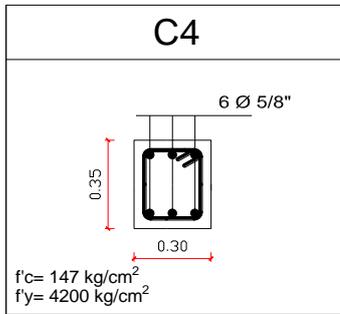


Curve #1 0 deg				
Point	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m	M3 tonf-m
1	100.8412	0	0	0
2	100.8412	0	3.1287	-3.1287
3	89.577	0	4.6467	-4.6467
4	74.7314	0	5.9236	-5.9236
5	58.0702	0	6.9822	-6.9822
6	37.5398	0	7.9338	-7.9338
7	31.1169	0	8.2645	-8.2645
8	21.1338	0	8.2085	-8.2085
9	2.1132	0	6.1329	-6.1329
10	-34.4184	0	1.7071	-1.7071
11	-45.3311	0	0	0

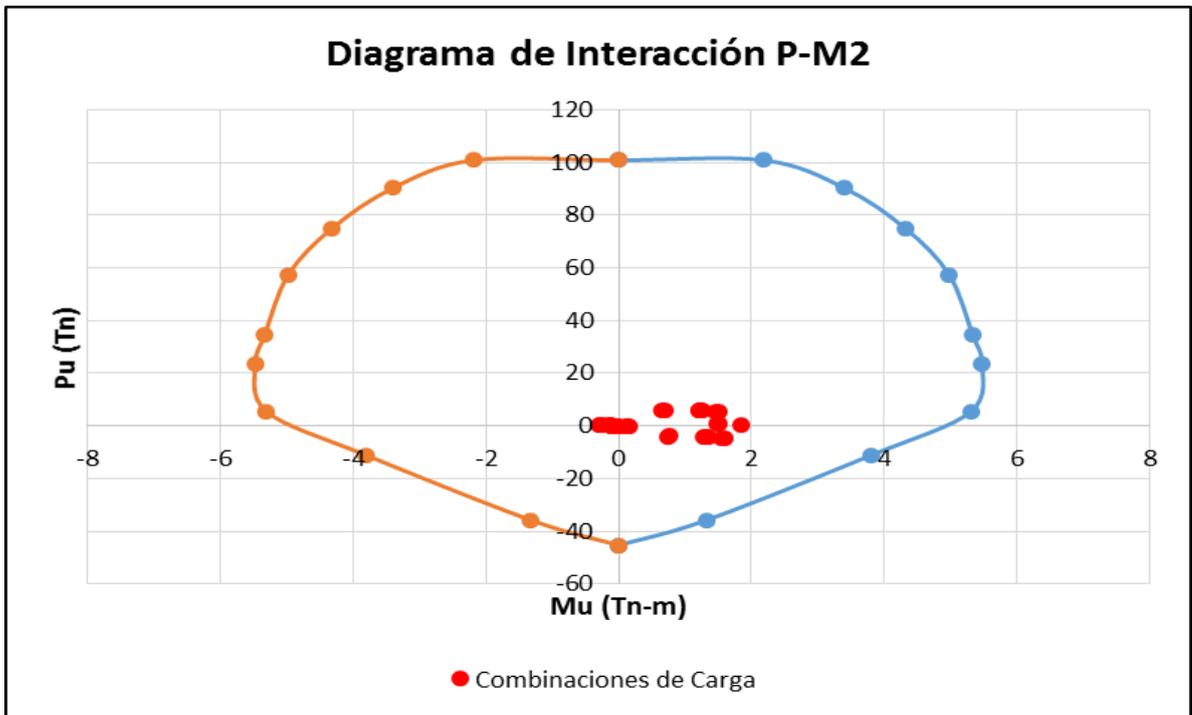


**Figura 75:** Diagrama de Interacción P-M3, Columna C4 (Módulo de Biblioteca y Talleres).

Fuente: Elaboración propia.



Curve #7 90 deg				
Point	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m	M2 tonf-m
1	100.8412	0	0	0
2	100.8412	2.1807	0	-2.1807
3	90.3313	3.3926	0	-3.3926
4	74.8549	4.3191	0	-4.3191
5	57.3101	4.976	0	-4.976
6	34.7002	5.3247	0	-5.3247
7	23.6755	5.4678	0	-5.4678
8	5.4338	5.2985	0	-5.2985
9	-11.0331	3.8088	0	-3.8088
10	-35.7269	1.3235	0	-1.3235
11	-45.3311	0	0	0

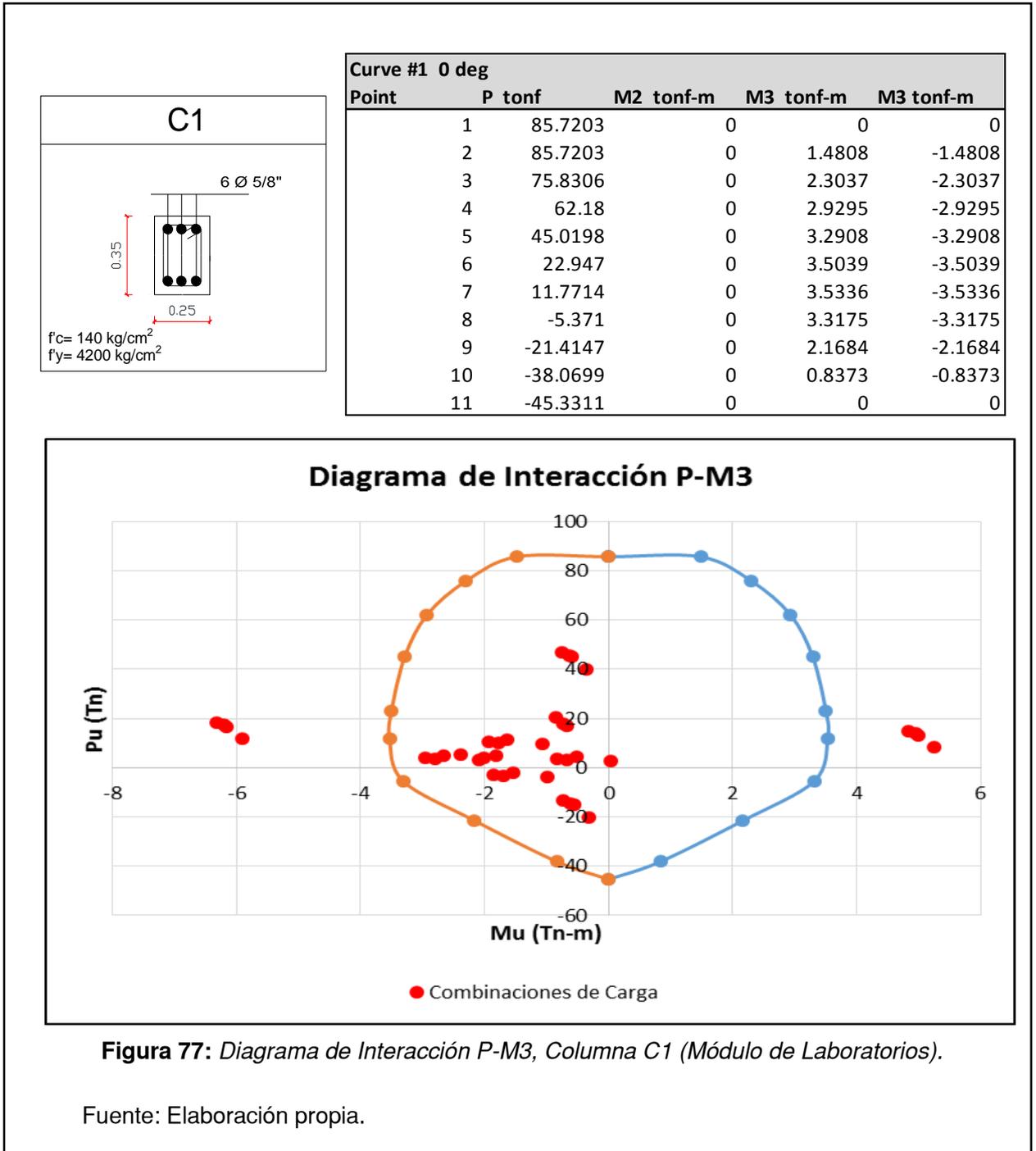


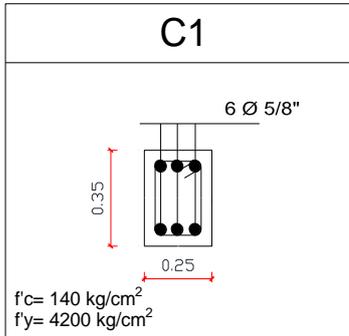
**Figura 76:** Diagrama de Interacción P-M2, Columna C4 (Módulo de Biblioteca y Talleres).

Fuente: Elaboración propia.

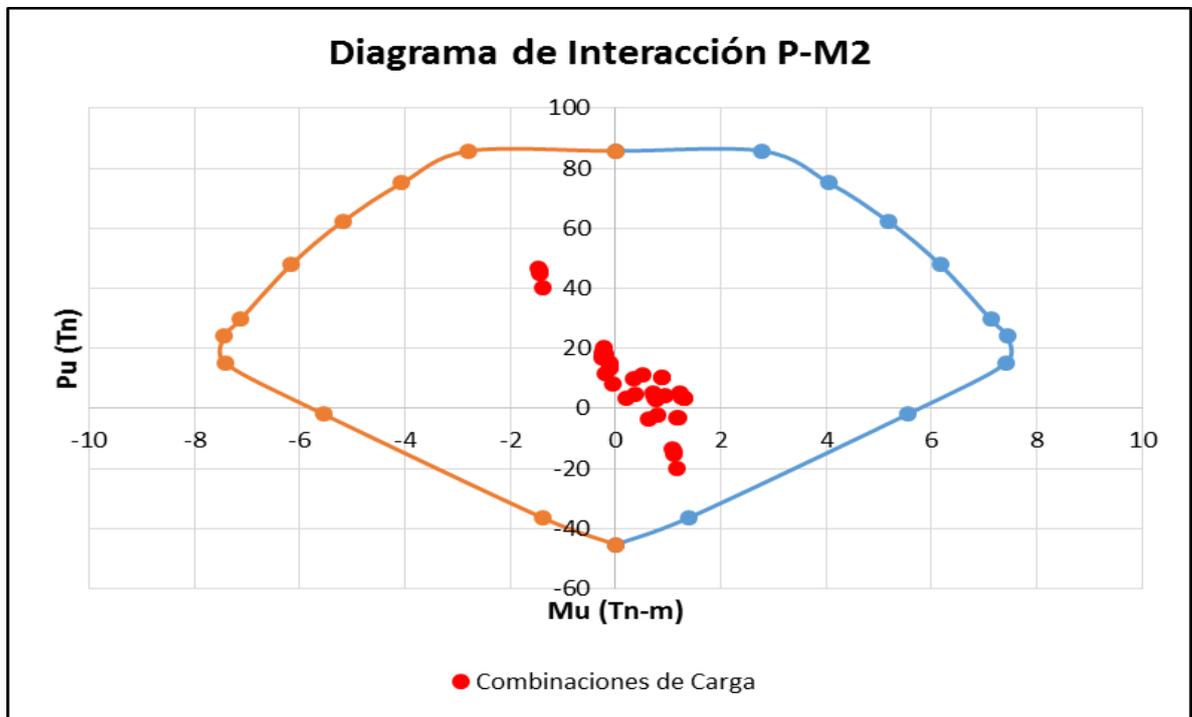
Para el Módulo de Laboratorios:

El valor de ratio mayor fue de 2.302 correspondiente a la columna tipo C1 del Pórtico C.



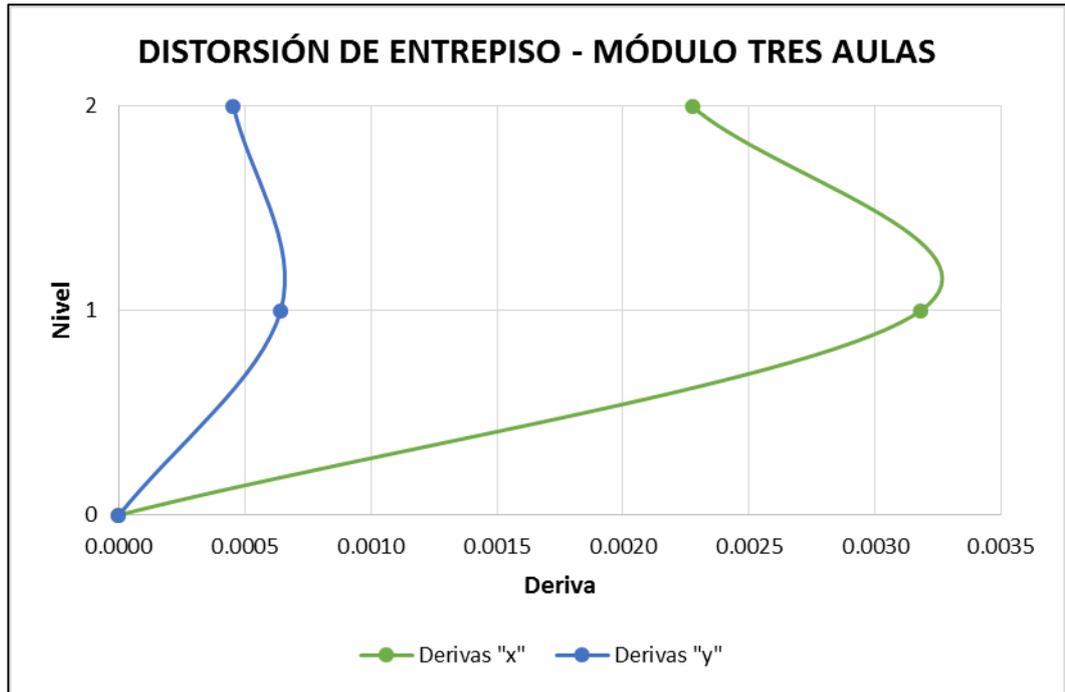


Curve #7 90 deg				
Point	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m	M2 tonf-m
1	85.7203	0	0	0
2	85.7203	2.7889	0	-2.7889
3	75.0442	4.059	0	-4.059
4	62.3952	5.1744	0	-5.1744
5	47.9306	6.1604	0	-6.1604
6	29.5967	7.1286	0	-7.1286
7	23.983	7.436	0	-7.436
8	15.019	7.4079	0	-7.4079
9	-1.9526	5.5402	0	-5.5402
10	-36.4674	1.3787	0	-1.3787
11	-45.3311	0	0	0



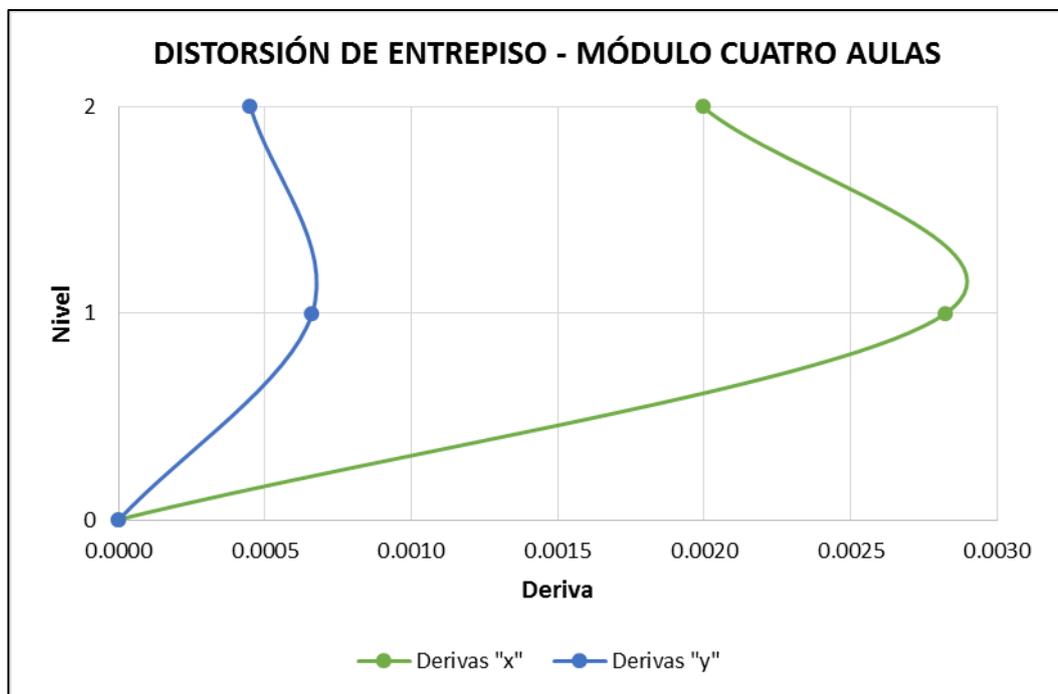
**Figura 78:** Diagrama de Interacción P-M2, Columna C1 (Módulo de Laboratorios).

Fuente: Elaboración propia.



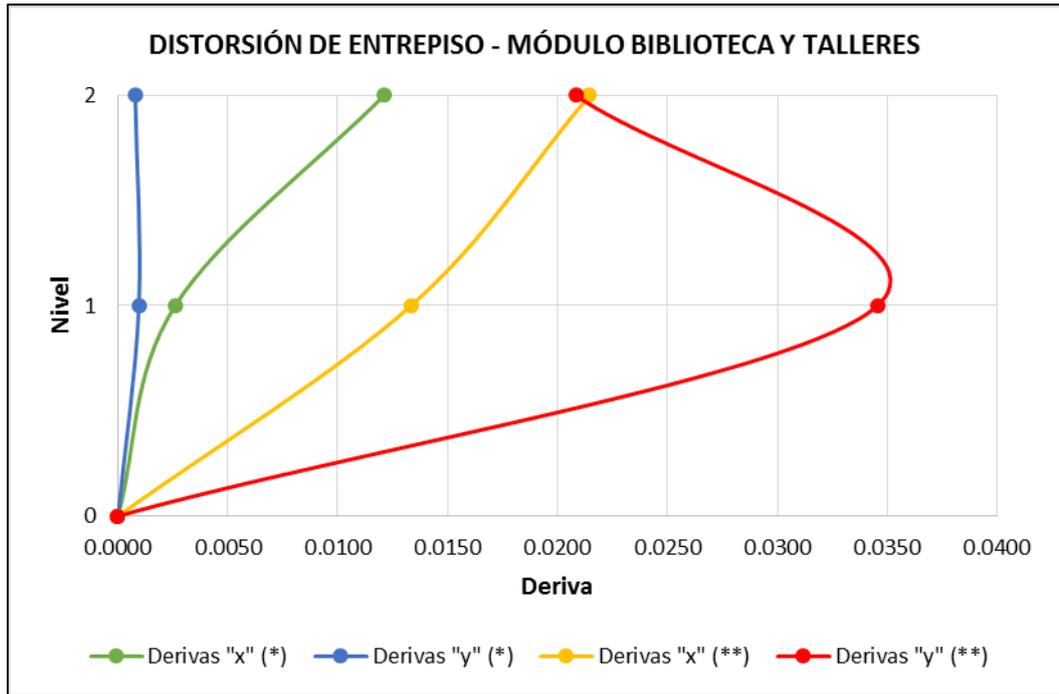
**Figura 79:** *Distorsiones de entrepiso - Módulo de Tres Aulas.*

Fuente: Elaboración propia.



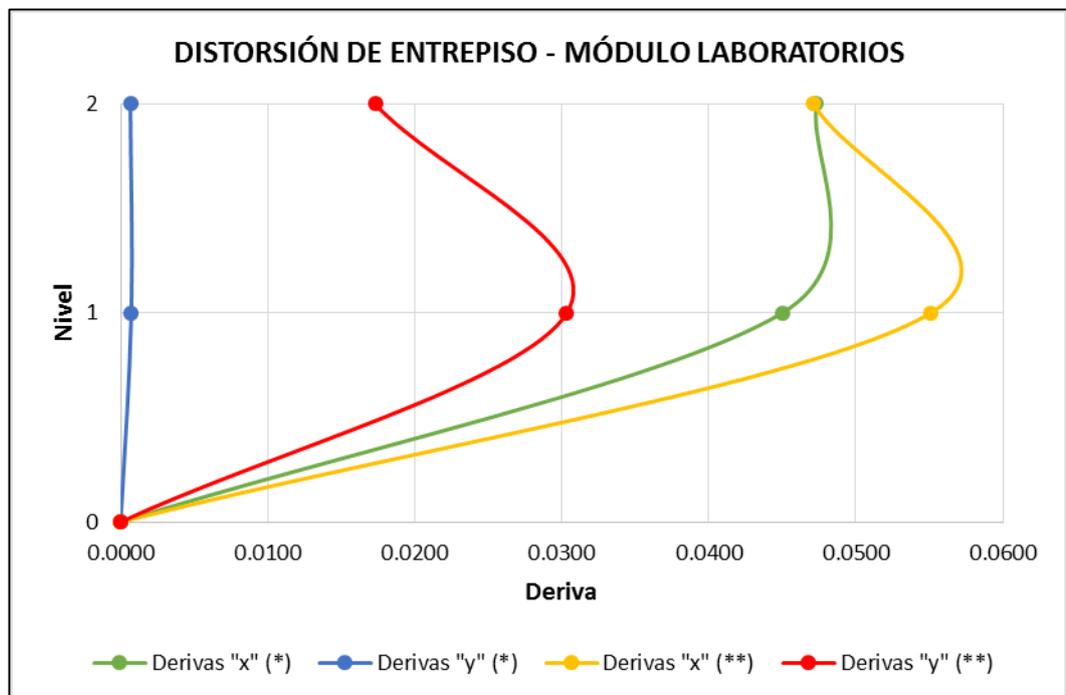
**Figura 80:** *Distorsiones de entrepiso - Módulo de Cuatro Aulas.*

Fuente: Elaboración propia.



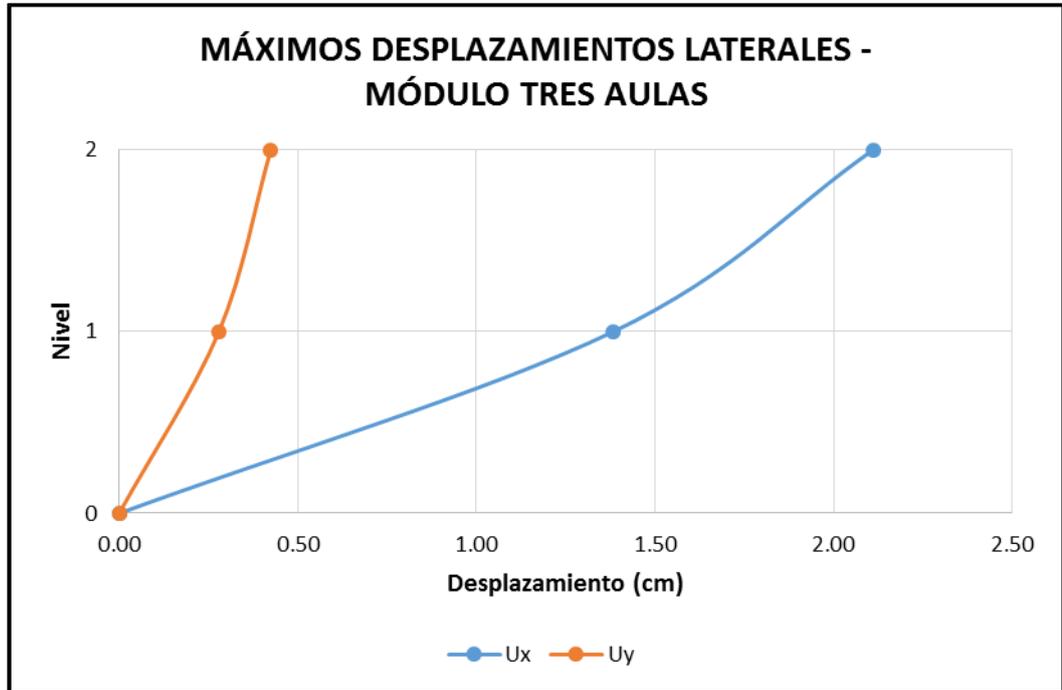
**Figura 81 :** Distorsiones de entrepiso - Módulo de Biblioteca y Talleres.

Fuente: Elaboración propia.



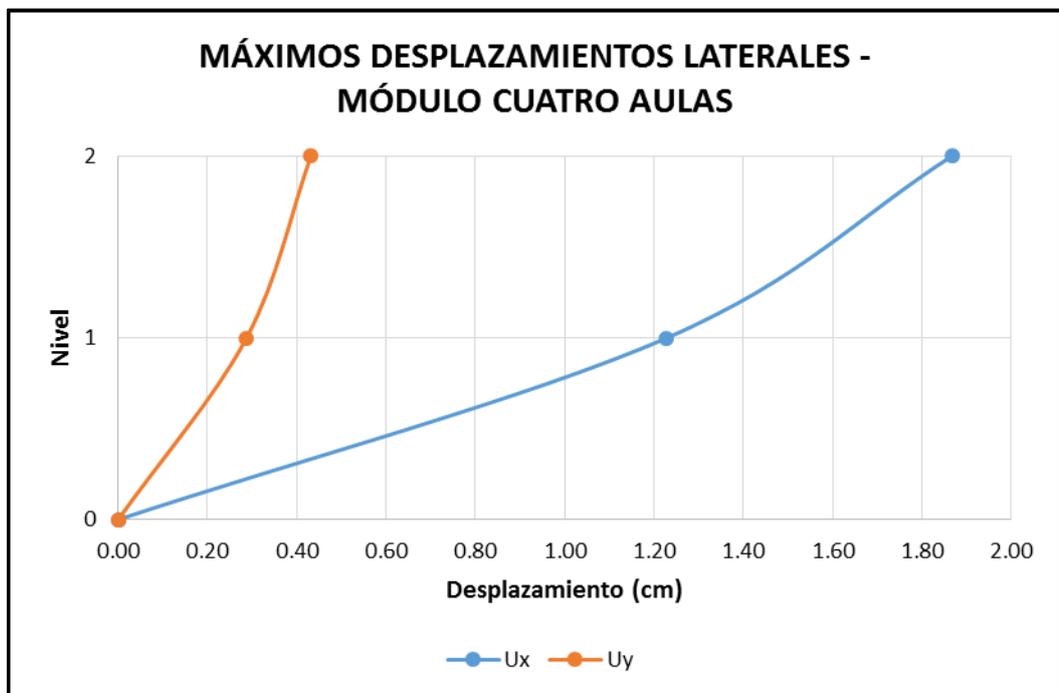
**Figura 82:** Distorsiones de entrepiso - Módulo de Laboratorios.

Fuente: Elaboración propia.



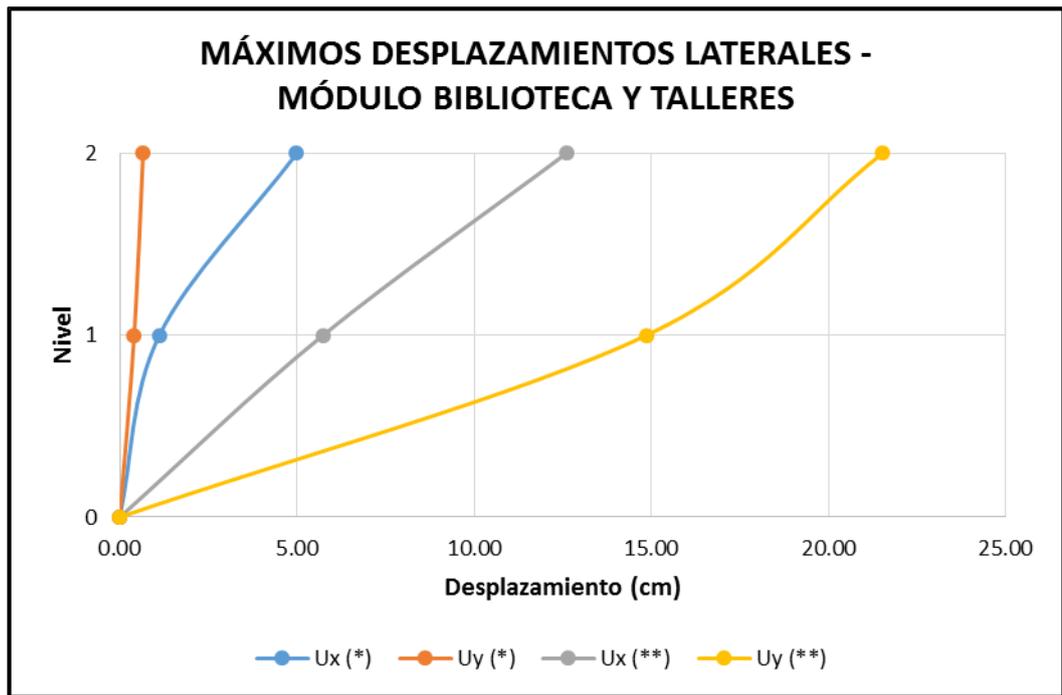
**Figura 83:** Máximos desplazamientos laterales - Módulo de Tres Aulas.

Fuente: Elaboración propia.



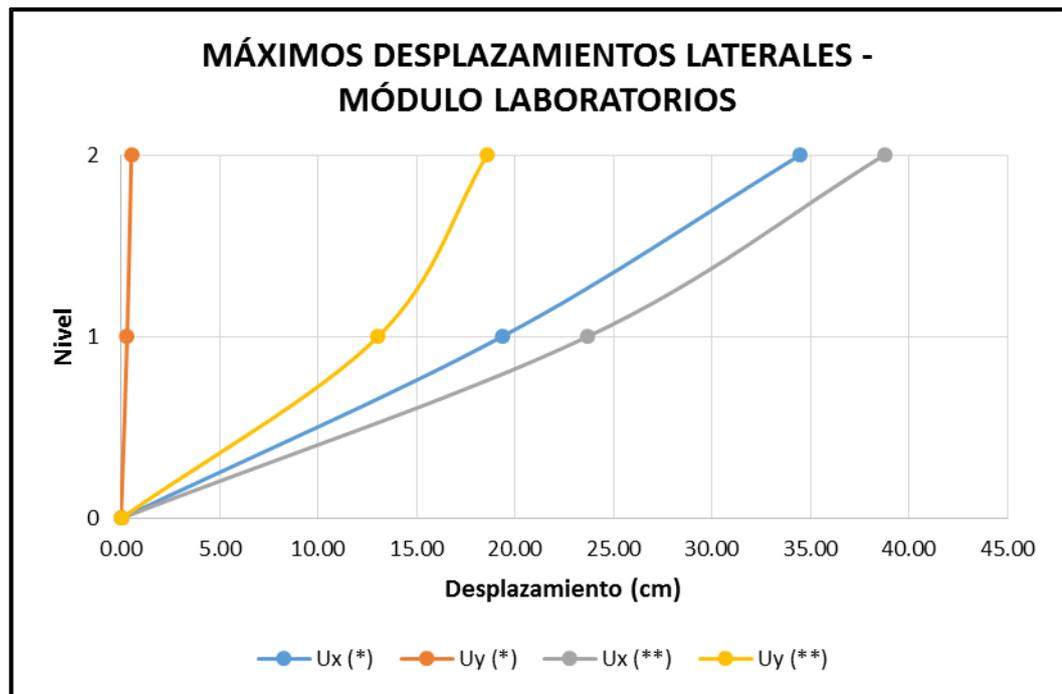
**Figura 84:** Máximos desplazamientos laterales - Módulo de Cuatro Aulas.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 85:** Máximos desplazamientos laterales - Módulo de Biblioteca y Talleres.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 86:** Máximos desplazamientos laterales - Módulo de Laboratorios.

Fuente: Elaboración propia

## **4.2. Discusión de resultados**

### **A. Levantamiento Estructural**

De los resultados de la Tabla 7. todos los módulos presentan un sistema estructural en la dirección “y” (Albañilería Confinada) aceptable para una Edificación esencial del tipo A2 (Centros Educativos) ubicada en la Zona sísmica 4 del territorio nacional según la Tabla N°06 de la NTE. E.030 “Diseño Sismorresistente”, sin embargo el sistema estructural de pórticos no es aceptado por la NTE. E.030, pero por otro lado el documento “Criterios normativos para el diseño de locales de educación básica regular niveles de inicial, primaria, secundaria y básica especial” del OINFE – MINEDU permite el uso de pórticos siempre cuando se presenten columnas de peraltes importantes o columnas alargadas cumpliendo con esta condición solo los Módulos de Tres y Cuatro Aulas ya que estos pertenecen al modelo de colegio tipo INFES 780.

### **B. Clasificación y Tipificación del Suelo**

Según los resultados de la Tabla 8. los edificios de la I.E. N° 10024 “Nuestra Señora de Fátima” se encuentran cimentados sobre Arcillas de baja plasticidad con arenas (CL), empleando la clasificación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), con un perfil del suelo como Tipo D para el FEMA 154 por lo mencionado en el Numeral 2.66, y  $S_3$  (Suelos Blandos) según la Tabla N°02 de la NTE. E.030 “Diseño Sismorresistente”, por otro lado la resistencia del terreno es adecuado según el Numeral 5.2 del documento “Criterios normativos para el diseño de locales de educación básica regular niveles de inicial, primaria, secundaria y básica especial” del OINFE – MINEDU, ya que es de  $0.54 \text{ kg/cm}^2$ .

### **C. Obtención y Ensayo de corazones diamantinos**

Los resultados de la resistencia a la compresión promedio presentados en la Tabla 9. muestra valores por debajo de  $210 \text{ kg/cm}^2$  la cual es la resistencia especificada a la compresión mínima para elementos estructurales según la NTE. E.060 “Concreto Armado” en el Numeral 21.3.2.1, pero para que los resultados obtenidos en las pruebas sean de un concreto aceptable, el promedio debe ser mayor o igual que el  $85\% f'_c$  ( $178.50 \text{ kg/cm}^2$ ) y cada núcleo debe tener un resistencia a la compresión mayor al  $75\%$  ( $157.50 \text{ kg/cm}^2$ ) según el Numeral 5.6.5.4 de la NTE.

E.060, cumpliendo estas condiciones solo los módulos de Tres Aulas y de Cuatro Aulas.

#### **D. Aplicación del Rapid Visual Screening (FEMA 154)**

La puntuación obtenida por cada módulo que se presenta en la Tabla 10. al ser comparada con el punto de corte recomendado por el FEMA (Score = 2) en el Numeral 4.2, nos indica que los módulos de Tres Aulas y Cuatro Aulas presentan una puntuación aceptable en ambas direcciones, a diferencia del módulo de Biblioteca y Talleres y el módulo de Laboratorios que obtuvieron una puntuación por debajo del punto de corte siendo estas la de mayor probabilidad de colapso durante un evento de igual o mayor características al sismo severo.

#### **E. Análisis Dinámico Modal Espectral**

Según los resultados del análisis estructural presentados en la Tabla 11. demuestra una adecuada rigidez de los módulos de Tres Aulas y Cuatro Aulas obteniendo distorsiones de entrepiso (Derivas) muy por debajo de los valores máximos establecidos en la Tabla N°11 de la NTE. E.030, a diferencia de los módulos de Laboratorios y el de Biblioteca y Talleres, cuyas estructuras demostraron la carencia de rigidez de sus elementos resistentes a fuerzas laterales, presentándose deformaciones excesivas, mostrándose como estructuras muy flexibles, como resultado de esto, dichos módulos no cumplen con los valores presentados por la norma E.030 "Diseño Sismorresistente".

Los ratios obtenidos en la evaluación de la capacidad de carga P-M-M en las columnas presentan valores por debajo de 1.00 para los Módulos de Tres Aulas y Cuatro Aulas cumpliéndose lo descrito por la NTE. E.060 en el Numeral 9.2, a diferencia de las estructuras de Módulo de Biblioteca y Talleres y el Módulo de Laboratorios, en las cuales se aprecian columnas con valores superiores a 1.00, interpretándose esto como elementos estructurales con una capacidad de soporte inferior a los cargas actuantes.

## **CAPÍTULO V: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**

### **5.1. Alternativa Nº 01 “Cambio de uso de la edificación”**

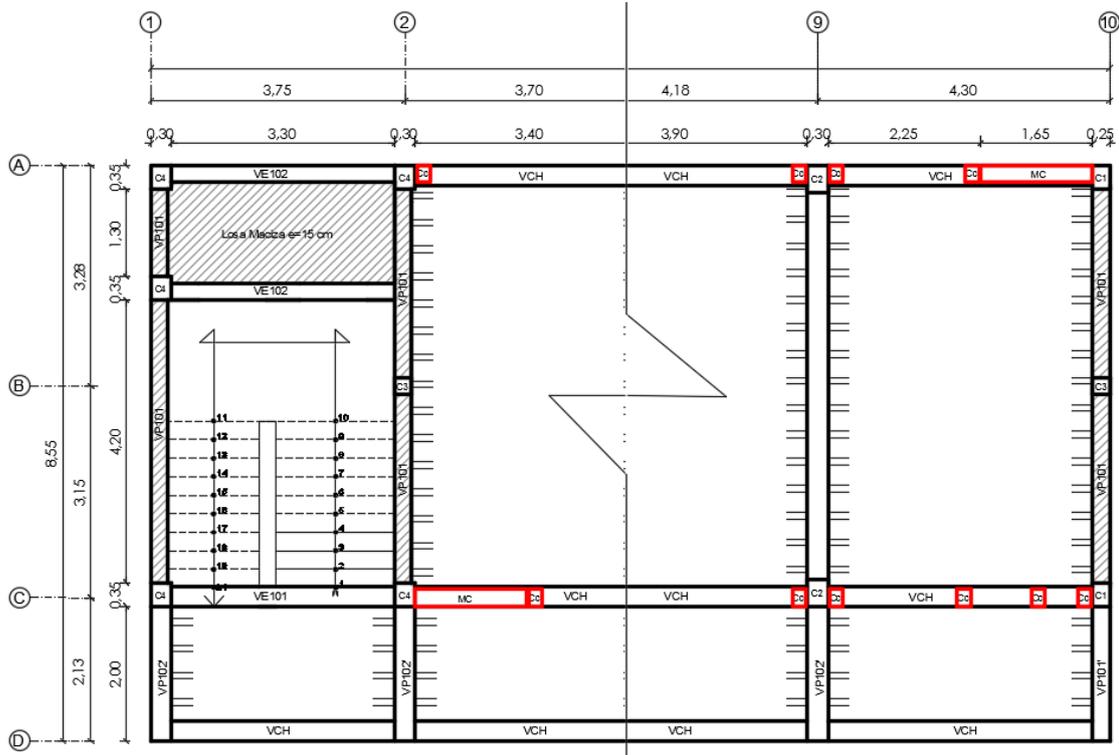
Esta alternativa es aplicación para el Módulo de Laboratorios y el Módulo de Biblioteca y Talleres, quienes producto de la evaluación resultaron ser edificaciones vulnerables estructuralmente.

La alternativa presentada, consiste en el cambio de uso de las instalaciones que vienen funcionando como salones de clase en las edificaciones vulnerables estructuralmente, y pasen a ser de uso administrativo como oficinas de secretaría, dirección, enfermería, o cualquier otro tipo de uso que no implique la concurrencia de un gran número de personas. Cabe resaltar que a pesar de la reducción de la sobrecarga aplicada, sigue presentándose como una estructura vulnerable sin embargo tomando esta medida se logra eliminar el riesgo de la pérdida de la vida humana para los estudiantes de la institución educativa.

### **5.2. Alternativa Nº 02 “Reforzamiento estructural”**

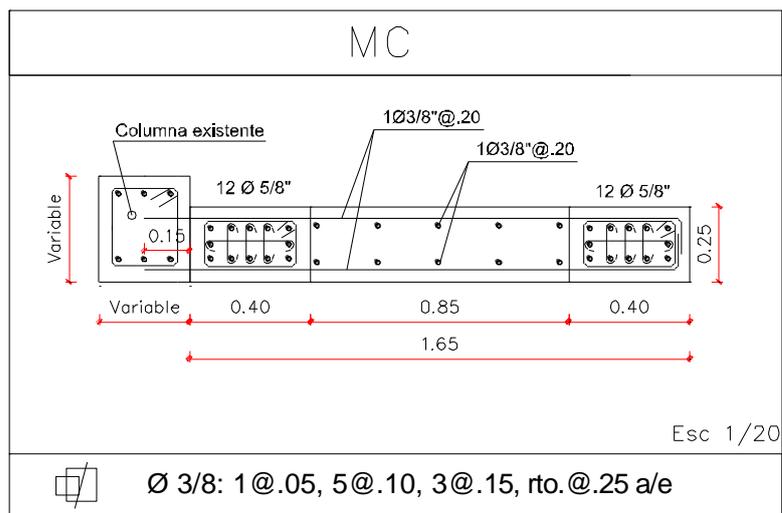
Esta alternativa es aplicación para el Módulo de Laboratorios y el Módulo de Biblioteca y Talleres, quienes producto de la evaluación resultaron ser edificaciones no tener la rigidez adecuada para soportar las fuerza ejercida por un sismo severo.

La alternativa presentada, consiste en el reforzamiento estructural de las edificaciones vulnerables dándole continuidad al funcionamiento de los ambientes de uso educativo, con la construcción de muros de cortante como parte de la estructura, aportando rigidez en la dirección más desfavorable, reduciendo los desplazamientos de entrepiso hasta valores que sean aceptables por la NTE. E.030 “Diseño Sismorresistente”. Por otro lado también esta alternativa contempla la separación de los elementos estructurales con los no estructurales lo cuales se encontraban adosados elevando el riesgo de falla de las columnas debido al efecto de columna corta, y la construcción de columnas de confinamiento y vigas soleras para los tabiques que fueron separados de las columnas estructurales.



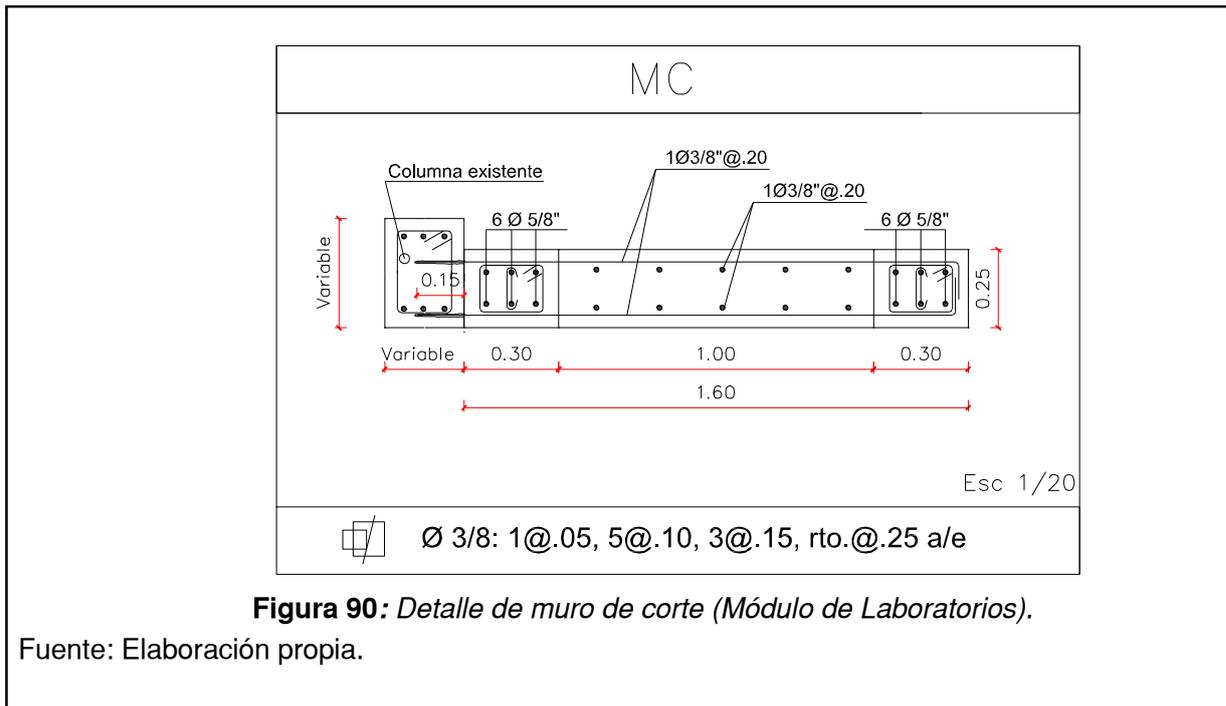
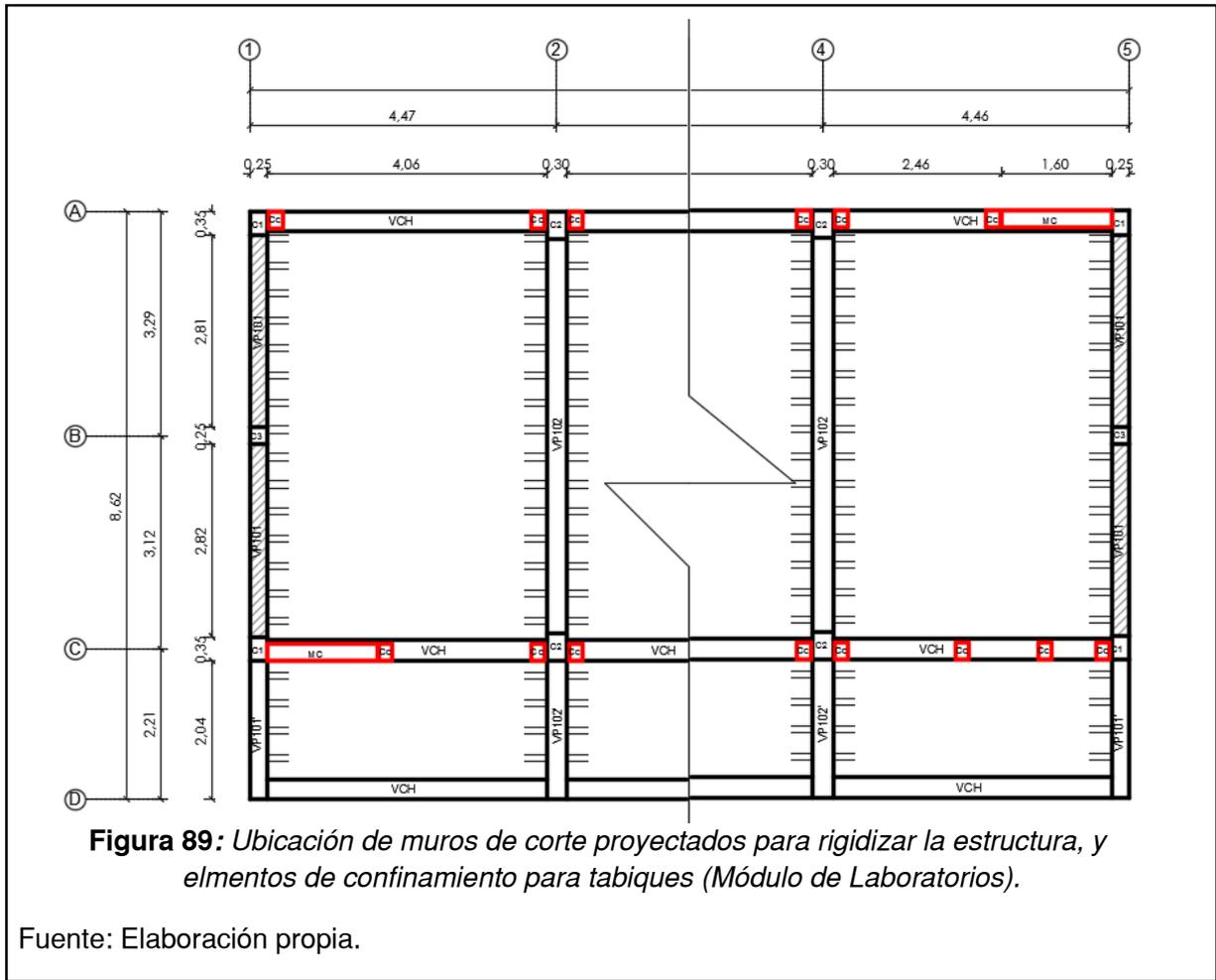
**Figura 87:** Ubicación de muros de corte proyectados para rigidizar la estructura, y elementos de confinamiento para tabiques (Módulo de Biblioteca y Talleres).

Fuente: Elaboración propia.

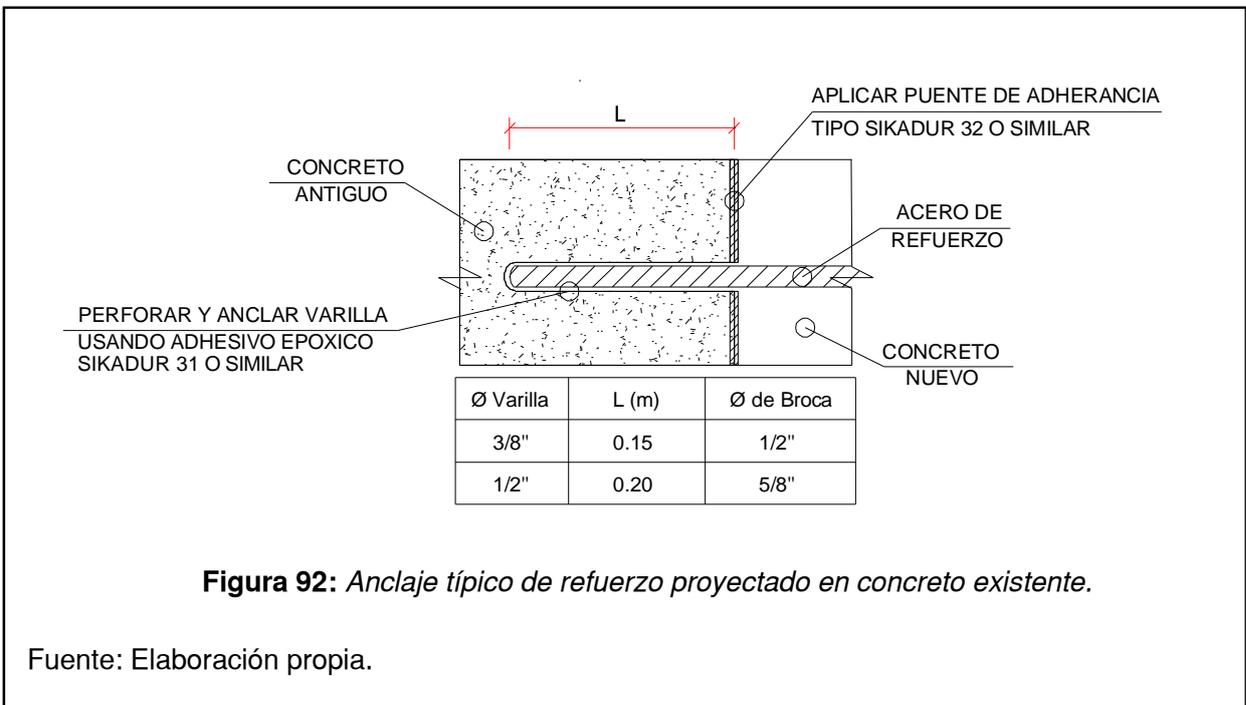
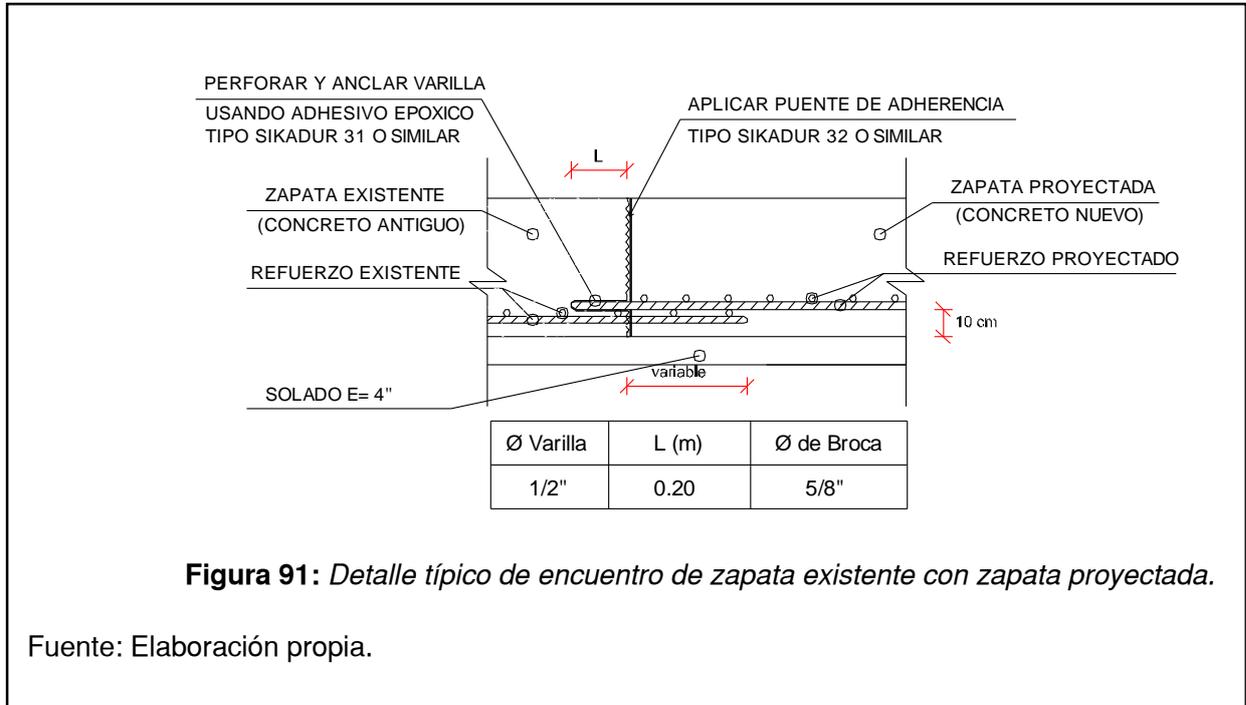


**Figura 88:** Detalle de muro de corte (Módulo de Biblioteca y Talleres).

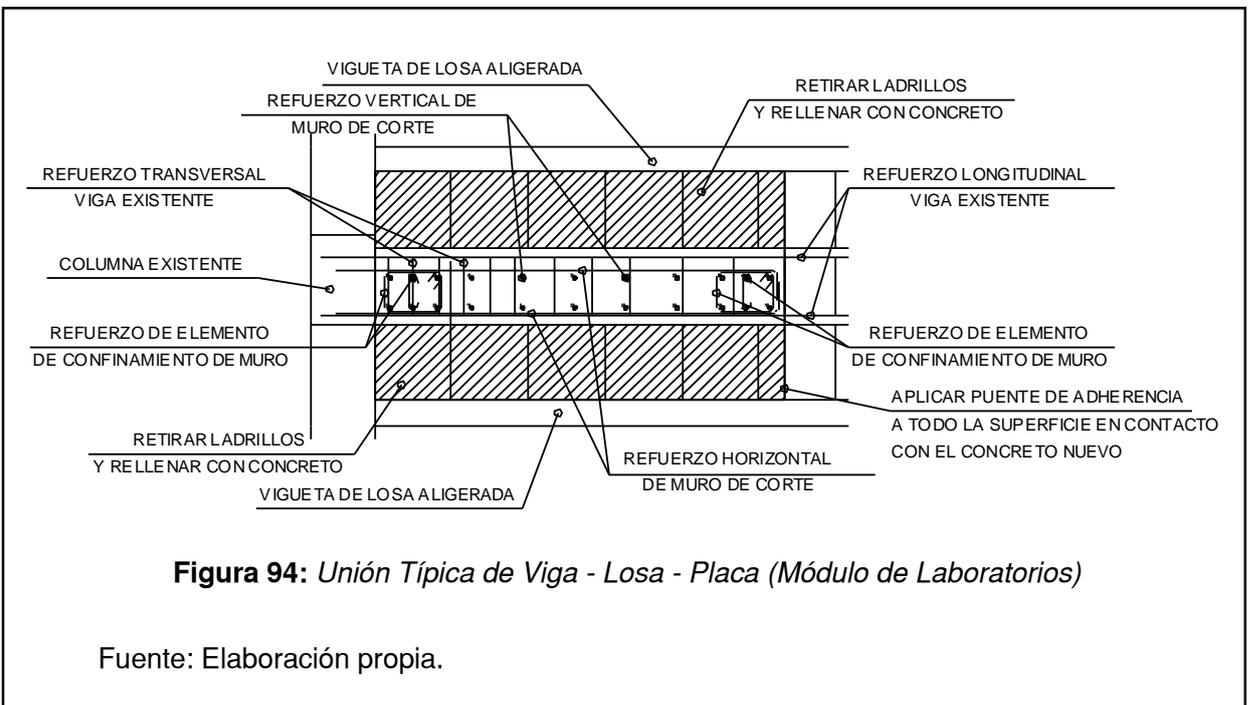
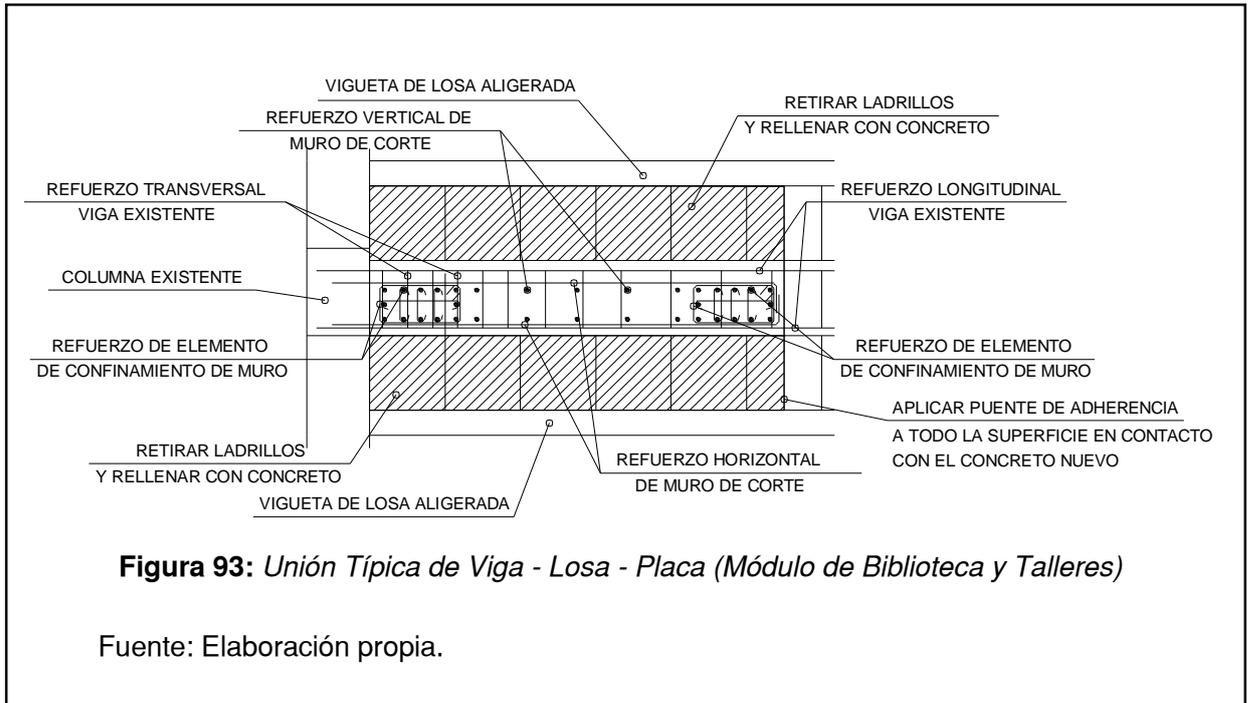
Fuente: Elaboración propia.



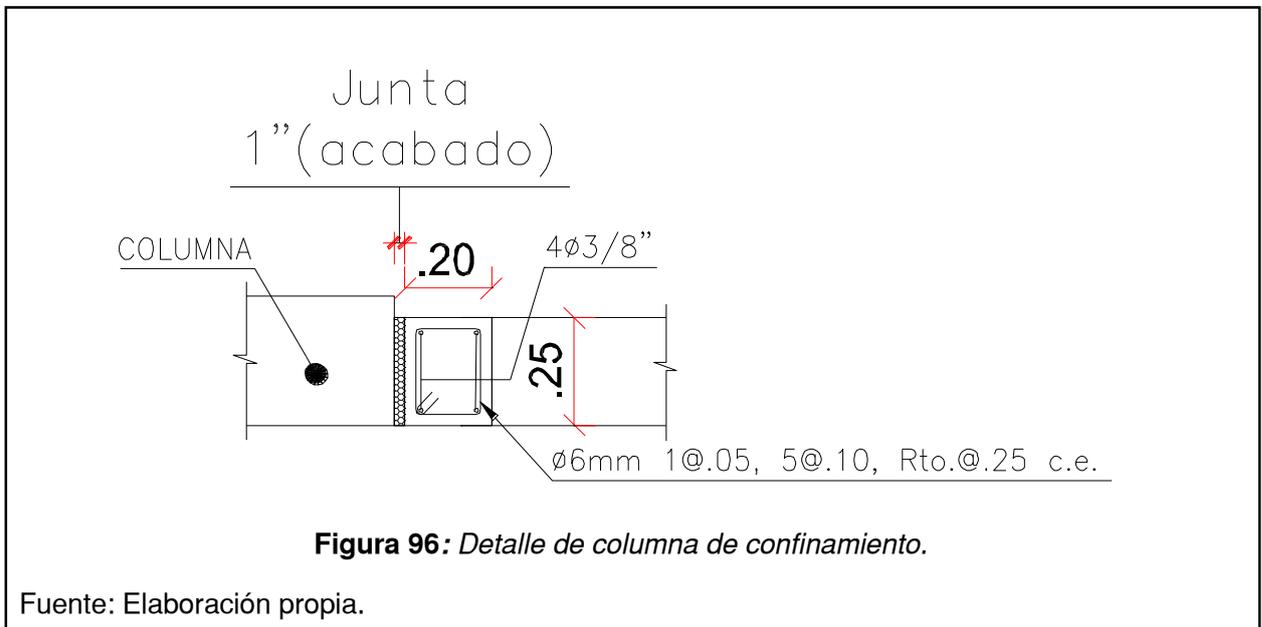
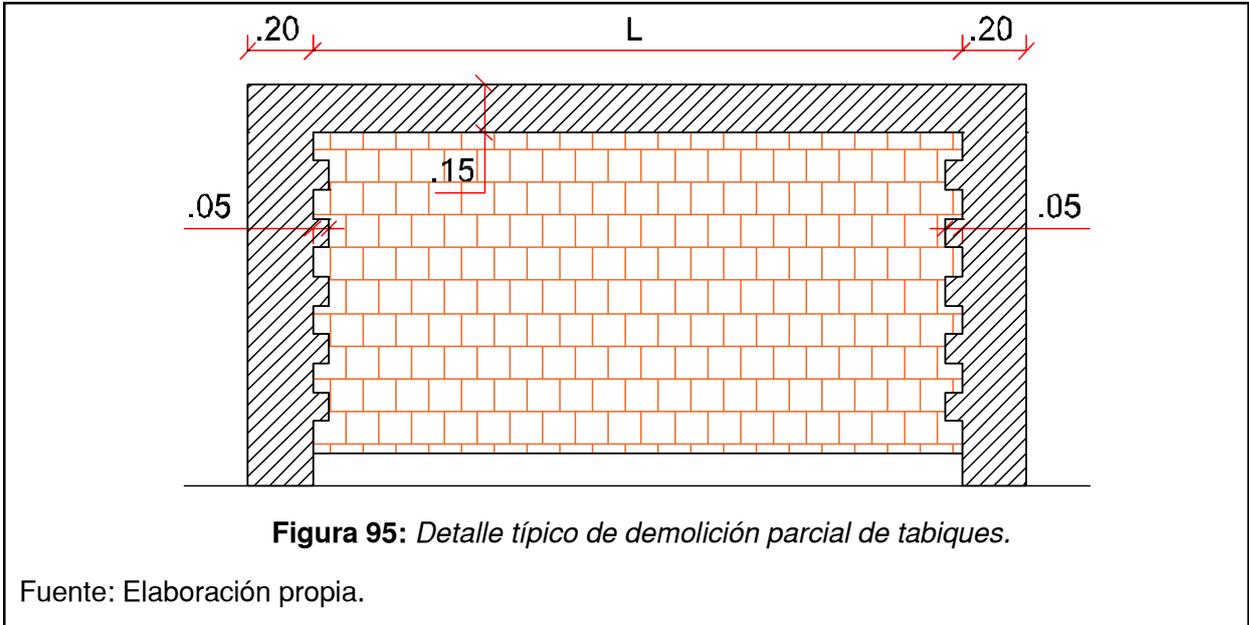
Para brindar una correcta adherencia entre el concreto existente de los elementos estructurales y el concreto nuevo del muro de corte y su cimentación se recomienda que en toda la superficie que se encuentre en contacto de ambos concretos se aplique un puente de adherencia tipo Sikadur 32 o similar y para el caso de los aceros de refuerzo anclarlos con un adhesivo epóxico tipo Sikadur 31 o similar.

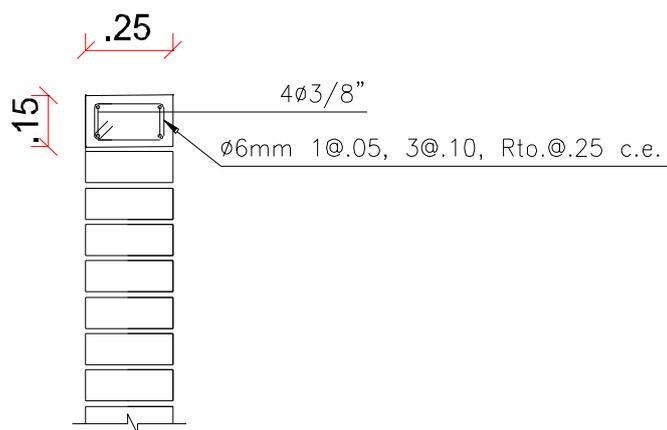


En la unión del muro de corte con la losa vigas y losa aligerada existente se recomienda retirar la primera fila de ladrillos próximos a la placa y rellenarlo con concreto, previa aplicación del puente de adherencia en la superficie de la viga, vigueta y columna en contacto con el nuevo concreto.



Los tabiques de albañilería que se encuentra adosados a las columnas estructurales, serán demolidos en sus extremos siendo estos provistos de un diente de 5 cm para poder separarlos y confinarlos así evitando en un evento sísmico el efecto de columna corta.





**Figura 97:** Detalle de viga de confinamiento.

Fuente: Elaboración propia.

Revisar anexos donde se adjunta planos de detalles:

Módulo de Laboratorios: P1 (Arquitectura), P2 – P5 (Estructura), D1 (Plano de demolición) y D4 (Detalles de Puertas y Ventanas).

Módulo de Biblioteca y Talleres: P6 (Arquitectura), P7 – P10 (Estructuras), D2 – D3 (Plano de demolición) y D5 (Detalles de Puertas y Ventanas).

El costo del reforzamiento estructural es:

**Tabla 14**

*Presupuesto de Reforzamiento Estructural*

ITEM	DESCRIPCIÓN	TOTAL
	<b>REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL</b>	
01	OBRAS PROVISIONALES	S/. 17,550.60
02	ESTRUCTURAS	S/. 70,197.80
02.01	MÓDULO DE BIBLIOTECA Y TALLERES	S/. 40,175.71
02.02	MÓDULO DE LABORATORIOS	S/. 30,022.09
03	ARQUITECTURA	S/. 69,131.17
03.01	MÓDULO DE BIBLIOTECA Y TALLERES	S/. 42,963.18
03.02	MÓDULO DE LABORATORIOS	S/. 26,167.99
	<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>S/. 156,879.57</b>
	<b>IGV (18%)</b>	<b>S/. 28,238.32</b>
	<b>COSTO DIRECTO C/IGV</b>	<b>S/. 185,117.89</b>

Fuente: Elaboración propia.

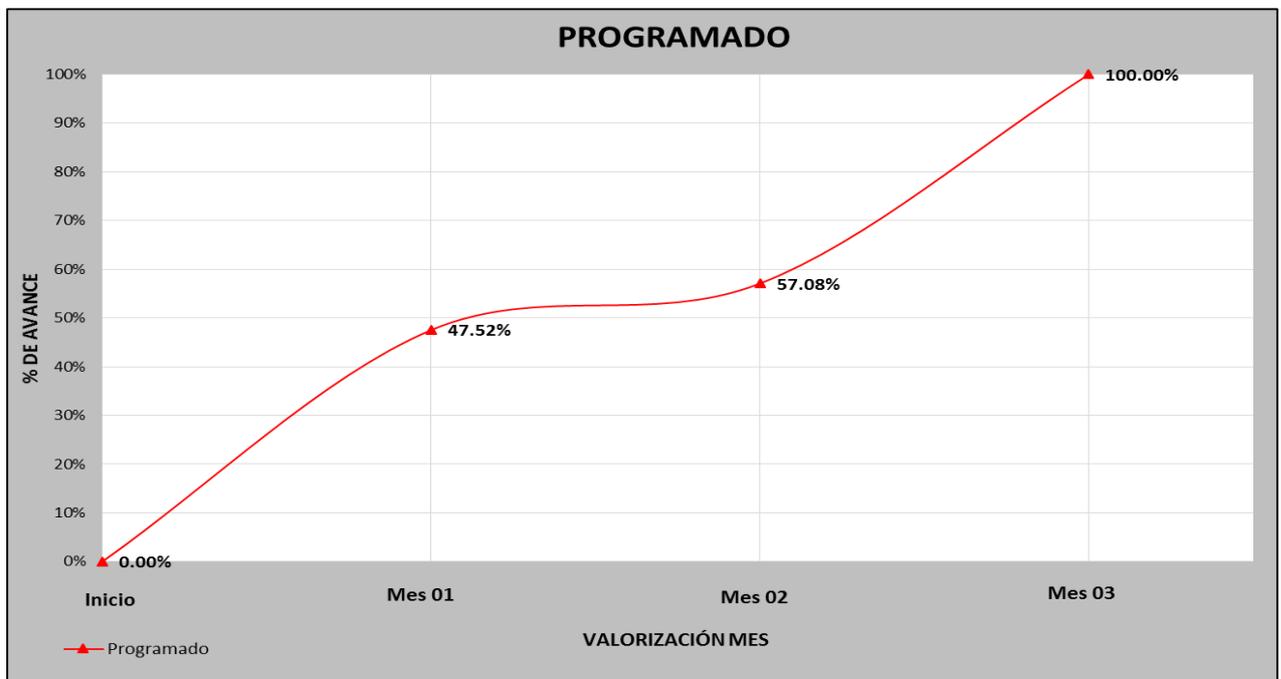
La duración del proyecto de reforzamiento tiene una duración de 81 días calendario

**Tabla 15**

*Calendario de Avance de Obra*

DESCRIPCIÓN	MES 01	MES 02	MES 03	TOTAL
OBRAS PROVISIONALES	15,672.81	1,055.95	821.84	17,550.60
ESTRUCTURAS	58,881.39	8,628.95	2,687.46	70,197.80
MÓDULO DE BIBLIOTECA Y TALLERES	35,065.89	3,462.52	1,647.30	40,175.71
MÓDULO DE LABORATORIOS	23,815.50	5,166.43	1,040.16	30,022.09
ARQUITECTURA		5,310.03	63,821.14	69,131.17
MÓDULO DE BIBLIOTECA Y TALLERES		5,310.03	37,653.15	42,963.18
MÓDULO DE LABORATORIOS			26,167.99	26,167.99
COSTO DIRECTO	74,554.20	14,994.93	67,330.44	156,879.57
%	47.52%	9.56%	42.92%	
% ACUMULADOR	47.52%	57.08%	100.00%	
IGV (18%)	13,419.76	2,699.09	12,119.48	28,238.32
COSTO DIRECTO C/IGV	87,973.96	17,694.02	79,449.92	185,117.89

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 98:** Curva "S" - Reforzamiento Estructural

Fuente: Elaboración propia.

## **CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1. Conclusiones

- Los Módulos del año 2001 poseen características en su configuración estructural que les permite ser estructuras confiables durante un evento sísmico, a diferencia de los Módulos del año 1950.
- Las edificaciones que comprenden la I.E. N° 10024 “Nuestra Señora de Fátima”, se encuentran en un terreno con un suelo compuesto de arcilla con arena de una capacidad portante promedio de  $0.54 \text{ kg/cm}^2$  adecuada para locales de educación básica regular niveles de inicial, primaria, secundaria y básica especial según el MINEDU.
- La calidad del concreto en los Módulos del año 2001 es aceptable proporcionando una adecuada resistencia a los elementos estructurales, a diferencia del año 1950 los cuales presentan un concreto de baja calidad no contribuyendo correctamente con la resistencia para soportar las fuerzas que actúan en los elementos estructurales.
- Los Módulos del año 2001 son edificaciones de brindarán seguridad durante un evento sísmico, a diferencia de los Módulos de año 1950 los cuales representan un peligro debido a su alta probabilidad de colapso durante un sismo severo.
- Los Módulos de 2001 son estructuras de una adecuada rigidez y resistencia en el cual se presentan elementos estructurales capaces de soportar las fuerzas que actúan sobre ello. Por otro lado los Módulos del año 1950 presentan elementos estructurales con resistencia y rigidez inferior a la requerida siendo estructuras flexibles las cuales experimentan deformaciones excesivas antes las fuerzas ejercidas por un eventual sismo severo.

## **6.2. Recomendaciones**

- Difundir el resultado de la investigación con la comunidad educativa de la I.E. N° 10024 “Nuestra Señora de Fátima”.
- Aplicar otras metodologías de evaluación seguidas en otras instituciones educativas de la región, y así tener un control de la vulnerabilidad estructural ante un evento sísmico de las edificaciones pertenecientes al sector educativo y tomar medidas correctivas.

## Referencias

- ¿Por qué el 90% de los terremotos suceden en el Cinturón del Pacífico?* (26 de Agosto de 2016). Obtenido de BBC Mundo:  
[http://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/08/140826\\_ciencia\\_cinturon\\_fuego\\_pacifico\\_zona\\_mas\\_sismica\\_mundo\\_lv](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/08/140826_ciencia_cinturon_fuego_pacifico_zona_mas_sismica_mundo_lv)
- Aguilar, L. D. (2015). *Evaluación estructural mediante el FEMA 154 del NEC y propuesta de reforzamiento de la institución Honrar la Vida D.M.Q.* Quito.
- Alonso, J. L. (2014). *Vulnerabilidad sísmica.* Caracas: Pag Marketing Soluciones C.A.
- ARQHYS, C. d. (Noviembre de 2017). *ARQHYS Arquitectura.* Obtenido de <http://www.arqhys.com/arquitectura/analisis-modal-espectral.html>.
- Blanco Blasco, A. (2005). *EVOLUCIÓN DEL DISEÑO EN CONCRETO ARMADO EN EL PERÚ.* Lima.
- Bonett, R. (2003). *Vulnerabilidad y riesgo sísmico en edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada.* Cataluña.
- Cardenas, A., Ratto, J. D., Matta, S., Rosado, M. A., & Velarde, T. M. (07 de 04 de 2010). *Sismos en el Perú.* Obtenido de <https://sismosenelperu.wordpress.com/2010/04/07/terremotos-en-pisco-icac-incha-2007/>
- Céspedes, M. (2003). *Resistencia a la compresión del concreto a partir de la velocidad de pulso ultrasonido.* Piura.
- Construcción, C. P. (2017). Precios de Materiales de Construcción. *Construcción e Industria*, 17-38.
- CSI Computers & Structure, Inc. (2017). *SAFE información general.* Obtenido de CSI Computers & Structure, Inc.: <http://www.csiespana.com/software/8/safe>
- CSI Computers & Structures, Inc. (2016). *SAP2000 información general.* Obtenido de CSI Computers & Structures, Inc:  
<http://www.csiespana.com/software/2/sap2000>

- Das, B. M. (2011). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. Cengage Learning.
- El Terremoto en la parroquia de San Clemente*. (20 de Agosto de 2007). Obtenido de Famvin: <http://famvin.org/es/2007/08/20/el-terremoto-en-la-parroquia-de-san-clemente/>
- Enecheque, S., & Fuentes, F. (2013). *Vulnerabilidad sísmica de distrito de La Victoria aplicando Índices de Vulnerabilidad, (Bendetti – Petrini)*. Lambayeque.
- ETABS información general*. (2016). Obtenido de CSI Computers & Structures, Inc.: <http://www.csiespana.com/software/5/etabs>
- Federal Emergency Management Agency. (2002). *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards* (2 ed.). Washington, DC.
- Hernández, Roberto; Fernández, Carlos; Baptista, María del Pilar;. (2010). *Métodología de la investigación científica* (Quinta ed.). México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES.
- Indecopi. (2001). *NTP 339.150 SUELOS. Descripción e identificación de suelos. Procedimiento Visual - Manual*. Lima.
- Indecopi. (2011). *NTP 339.059 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la obtención y ensayo de corazones diamantinos y vigas seccionadas de concreto*. Lima.
- Julca, Olarte, & Orbegozo . (2009). *Evaluación del riesgo sísmico del Centro Histórico de Chiclayo*. Lambayeque.
- Los diez terremotos con más víctimas en los últimos 20 años en América Latina*. (17 de Abril de 2016). Obtenido de La Prensa: <http://www.laprensa.hn/mundo/950895-410/los-diez-terremotos-con-m%C3%A1s-v%C3%ADctimas-en-los-%C3%BAltimos-20-a%C3%B1os-en>
- Los terremotos más fuertes que ocurrieron en el Perú desde 1970*. (04 de Abril de 2014). Obtenido de El Economista:

<http://www.eleconomistaamerica.pe/rankings-eAm-peru/noticias/5682446/04/14/Los-terremotos-mas-fuertes-que-ocurririeron-en-el-Peru-desde-1970.html>

Marin, F. (2012). *Evaluación del riesgo sísmico del centro histórico de la ciudad de Huánuco*. Lima.

Marin, O. (2015). *Análisis de la vulnerabilidad estructural mediante el método de Hiroswa del pabellón A de la clínica San José – Cusco*. Cusco.

Ministerio de Vivienda, C. y. (2006). Norma Técnica E.020 "Cargas". *El Peruano*.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2016). Decreto Supremo que modifica la norma técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobada por Decreto Supremo N° 011-2006-Vivienda, Modificado con Decreto Supremo N° 002-2014-Vivienda. *El Peruano*.

MOPC, R. (2011). *Reglamento para el Análisis Sísmico y Diseño Sísmico de Estructuras*. Santo Domingo: Dirección General de Reglamentos y Sistemas.

Moreta, J. V. (2015). *Evaluación estructural mediante el FEMA 154 del NEC y propuesta de reforzamiento del centro educativo Juan Pablo I del D.M.Q.* Quito.

Núñez, J. A., & Gastelo, A. E. (2015). *Vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Chiclayo, zona oeste (Av. Eufemio Lora y Lora, Av. José Leonardo Ortiz, Prolong. Bolognesi, Vía de Evitamiento, Panamericana norte y Av. Augusto B. Leguía), aplicando los índices de Benedetti y Petrini*. Lambayeque.

OINFE-MINEDU. (2006). *Criterios normativos para el diseño de locales de educación básica regular niveles de inicial, primaria, secundaria y básica especial*. Lima.

Organización Panamericana de la Salud. (2000). *Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud*. Washintong, D.C.

Picon, C. A., & Vargas, D. F. (2011). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la sede principal del colegio de Santander en Bucaramanga*. Bucaramanga.

Reyes, K. (2013). *Vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la ciudad de Pomalca*. Chiclayo.

Silva Berríos, W. (2012). *Criterios Técnicos para la Construcción de Edificaciones Sismorresistentes*. Apurímac.

*Templos fueron la tumba de 250 en 2007*. (02 de Abril de 2012). Obtenido de Ojo: <http://ojo.pe/la-central/templos-fueron-la-tumba-de-250-en-2007-116294/>

Velarde, G. K. (2014). *Análisis de vulnerabilidad sísmica de viviendas de dos pisos de adobe existente en Lima*. Lima.