



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**Evaluación del desempeño sísmico mediante el análisis no lineal de la
I.E. 20407 Los Naturales, Huaral – 2023**

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autores

Hemer Lujan Espinoza Landa
Alejandro Antonio Torres Enciso

Asesor

M(o). Emerson David Pozo Gallardo

Huacho – Perú
2025



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

Facultad de Ingeniería Civil Escuela Profesional de Ingeniería Civil

METADATOS

DATOS DE LOS AUTORES:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Espinoza Landa, Hemer Lujan	74236347	21/01/2025
Torres Enciso, Alejandro Antonio	75370795	21/01/2025
DATOS DEL ASESOR:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CÓDIGO ORCID
Pozo Gallardo, Emerson David	42798750	0009-0006-3799-2797
DATOS DE LOS MIEMBROS DEL JURADO - PREGRADO		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CÓDIGO ORCID
Ramírez Gómez, Javier Honorato	15611298	0000-0002-6384-269X
Goñy Ameri, Carlos Francisco	15726541	0000-0001-5994-6712
Herrera Vega, Héctor Alexis	40337667	0000-0002-7739-3012

Torres Enciso Alejandro Antonio- Exp. 093550-2024 ...

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO MEDIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL DE LA I.E. 20407 LOS NATURALES, HUA...

Quick Submit
Quick Submit
Facultad de Ingeniería Civil

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trnoid::1:3122405159

202 Páginas

Fecha de entrega

27 dic 2024, 11:01 a.m. GMT-5

26,443 Palabras

Fecha de descarga

27 dic 2024, 11:05 a.m. GMT-5

137,158 Caracteres

Nombre de archivo

BORRADOR_TESIS_-_TORRES_ENCISO_y_ESPINOZA_LANDA.pdf

Tamaño de archivo

15.6 MB



Página 2 of 210 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trnoid::1:3122405159

19% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

► Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

17% Fuentes de Internet

2% Publicaciones

12% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mis padres, por haberme brindado su respaldo constante y absoluto en cada momento, a mis hermanos por el apoyo brindado en toda la etapa universitaria, y a familiares y amigos por la motivación de seguir adelante.

Hemer Lujan Espinoza Landa

El presente proyecto se lo dedico a mis seres queridos, por todo el apoyo y ayuda incondicional que me dieron durante todo el tiempo de mi formación académica.

Alejandro Antonio Torres Enciso

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión por la calidad de enseñanza, a su personal docente por la formación académica brindada, y a todas las personas que hicieron que este proyecto de investigación se desarrolle satisfactoriamente.

Hemer Lujan Espinoza Landa

Agradezco a mi familia, por ser el soporte fundamental de mi vida y brindarme su apoyo constante a lo largo del desarrollo de toda esta investigación.

Alejandro Antonio Torres Enciso

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE	vi
RESUMEN	16
ABSTRACT	17
INTRODUCCIÓN	18
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.1. Descripción de la Realidad Problemática	20
1.2. Formulación del Problema	22
1.2.1. Problema General	22
1.2.2. Problemas específicos	22
1.3. Objetivos de la Investigación	23
1.3.1. Objetivo general	23
1.3.2. Objetivos específicos	23
1.4. Justificación de la Investigación	23
1.5. Delimitación del estudio	25
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	26
2.1. Antecedentes de la Investigación	26
2.1.1. Investigaciones Internacionales	26
2.1.2. Investigaciones Nacionales	33
2.2. Bases Teóricas	40
2.3. Bases Filosóficas	59
2.4. Definiciones de términos básicos	61

2.5.	Hipótesis de Investigación	64
2.5.1.	Hipótesis General	64
2.5.2.	Hipótesis Específicas	64
2.6.	Operacionalización de las variables	65
	CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	66
3.1.	Diseño Metodológico	66
3.2.	Población y muestra	67
3.2.1.	Población	67
3.2.2.	Muestra	68
3.3.	Técnicas de recolección de datos	68
3.4.	Técnicas para el procedimiento de la Información	69
	CAPÍTULO IV. RESULTADOS	70
4.1.	Análisis de Resultados	70
	CAPÍTULO V. DISCUSIÓN	164
5.1.	Discusión de Resultados	164
	CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	167
6.1.	Conclusiones	167
6.2.	Recomendaciones	170
	REFERENCIAS	171
7.1.	Fuentes documentales	171
7.2.	Fuentes bibliográficas	173
7.3.	Fuentes hemerográficas	173

ANEXOS	175
ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA	176
ANEXO 2: PANEL FOTOGRÁFICO DEL MÓDULO I DE LA I.E. 20407 LOS NATURALES, HUARAL	178
ANEXO 3: CONSTANCIA DE AUTORIZACIÓN	180
ANEXO 4: PRUEBAS Y ENSAYOS DE DIAMANTINA EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO.	181
ANEXO 5: ESCANEEO DE ARMADURA INTERIOR DE ACERO EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO	193

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de Desempeño según ATC-40.	51
Tabla 2. Criterio de seguridad básica aplicada en Estructuras.	53
Tabla 3. Descripción de daños según VISIÓN 2000.	54
Tabla 4. Desplazamientos relacionados al Nivel de Desempeño.	56
Tabla 5. Movimientos sísmicos.	57
Tabla 6. Desempeño Sísmico recomendado en las Edificaciones.	59
Tabla 7. Desempeño Sísmico en Edificaciones Esenciales.	59
Tabla 8 Operacionalización de las variables de investigación.	65
Tabla 9. Técnicas e instrumentos para recolectar datos.	68
Tabla 10. Resultados de los ensayos de diamantinas.	75
Tabla 11. Resultados de escaneo de acero en vigas.	78
Tabla 12. Resultados de escaneo de acero en columnas.	78
Tabla 13. Modos de vibración.	93
Tabla 14. Resultados de rigidez de la estructura.	94
Tabla 15. Resultados de resistencia de la estructura.	95
Tabla 16. Resultados de piso débil de la estructura.	95
Tabla 17. Resultados de masa de la estructura.	96
Tabla 18. Resultados de torsión en X-X.	98
Tabla 19. Resultados de torsión en Y-Y.	99
Tabla 20. Resultados de variables en altura y planta.	101
Tabla 21. Factores de zona.	102
Tabla 22. Factores de suelo.	103
Tabla 23. Factores de sitio.	103

Tabla 24. Categorías de edificación.	105
Tabla 25. Sistemas estructurales.	107
Tabla 26. Peso de la edificación por nivel.	108
Tabla 27. Fuerza en la base de la estructura.....	110
Tabla 28. Fuerza sísmica en el eje X-X.	111
Tabla 29. Fuerza sísmica en el eje Y-Y.	111
Tabla 30. Límites para la distorsión de entrepiso.	117
Tabla 31. Distorsión relativa en X-X.	118
Tabla 32. Distorsión relativa en Y-Y.	119
Tabla 33. Distorsión relativa en X-X y en Y-Y.	120
Tabla 34. Resultados de diamantinas.	121
Tabla 35. Resultados de escaneo de acero en columnas.	121
Tabla 36. Resultados de escaneo de acero en vigas.	122
Tabla 37. Cálculo de rótulas en vigas.	134
Tabla 38. Cálculo de rótulas en columnas.	136
Tabla 39. Valores de la capacidad.....	150
Tabla 40. Resultados de los puntos de desempeño.	159
Tabla 41. Matriz de Consistencia.....	176

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de capacidad y estados límite considerados por los lineamientos FEMA.....	41
Figura 2. Secuencia del proceso de análisis Pushover.	42
Figura 3. Espectro de aceleración de la normativa peruana.	45
Figura 4. Sectorización de la Curva de Capacidad.	56
Figura 5. Esquema de ubicación del colegio.....	71
Figura 6. Fotografía de la estructura en evaluación.	72
Figura 7. Primer nivel del módulo.	73
Figura 8. Segundo nivel del módulo.	73
Figura 9. Azotea del módulo.....	74
Figura 10. Vista posterior del módulo.....	74
Figura 11. Vista lateral del módulo.....	74
Figura 12. Propiedades del concreto de la columna del nivel 01.....	76
Figura 13. Propiedades del concreto de la columna del nivel 02.....	76
Figura 14. Propiedades del concreto de la viga del nivel 01.....	77
Figura 15. Propiedades del concreto de la viga del nivel 02.....	77
Figura 16. Sección de la columna del nivel 01.	79
Figura 17. Sección de la columna del nivel 02.	79
Figura 18. Sección de viga del nivel 01.	80
Figura 19. Sección de viga del nivel 02.	80
Figura 20. Sección de la losa del nivel 01.....	81
Figura 21. Sección de la losa del nivel 02.....	81
Figura 22. Planta del nivel 01 del módulo.	82

Figura 23. Planta del nivel 02 del módulo.	83
Figura 24. Elevación posterior del módulo.	83
Figura 25. Elevación lateral del módulo.	84
Figura 26. Creación de cargas actuantes.	84
Figura 27. Modelado de la estructura.	85
Figura 28. Aplicación de peso de muros de albañilería.	86
Figura 29. Aplicación de peso de ladrillo y acabados en el primer piso.	87
Figura 30. Aplicación de peso de ladrillo y acabados en el segundo piso.	87
Figura 31. Aplicación de carga viva en el primer nivel.	88
Figura 32. Aplicación de carga viva en la azotea.	89
Figura 33. Asignamos restricción de empotramiento a las columnas.	90
Figura 34. Creación del peso de la edificación.	90
Figura 35. Asignación de brazos rígidos.	91
Figura 36. Aplicación de diafragma al primer nivel.	92
Figura 37. Aplicación de diafragma al segundo nivel.	92
Figura 38. Mapa de zonificación sísmica del Perú.	102
Figura 39. Asignación de sismo estático en X-X.	112
Figura 40. Asignación de sismo estático en Y-Y.	112
Figura 41. Espectro sísmico dinámico X-X.	113
Figura 42. Espectro sísmico dinámico Y-Y.	114
Figura 43. Creación del evento sísmico en X-X.	115
Figura 44. Creación del evento sísmico en Y-Y.	115
Figura 45. Creación del patrón de distorsión en X-X.	116
Figura 46. Creación del patrón de distorsión en Y-Y.	116
Figura 47. Distorsión relativa en X-X.	118

Figura 48. Distorsión relativa en Y-Y.....	119
Figura 49. Distorsión relativa en X-X y en Y-Y.....	120
Figura 50. Creación de columna del nivel 01.	122
Figura 51. Creación de columna del nivel 02.	123
Figura 52. Creación de viga del nivel 01.	123
Figura 53. Creación de viga del nivel 02.	124
Figura 54. Distribución de cuantía en columnas del piso 01.	124
Figura 55. Distribución de cuantía en columnas del piso 02.	125
Figura 56. Aplicación de cuantías en vigas del piso 01.	125
Figura 57. Aplicación de cuantías en vigas del piso 02.	126
Figura 58. Creación de la CGNL.	127
Figura 59. Creación de cargas laterales.....	128
Figura 60. Asignación de fuerza horizontal en X-X.	128
Figura 61. Asignación de fuerza horizontal en Y-Y.	129
Figura 62. Nodo de aplicación de las cargas laterales.	129
Figura 63. Creación de la carga pushover en X-X.	130
Figura 64. Nodo de aplicación de la carga pushover en X-X.	131
Figura 65. Creación de la carga pushover en Y-Y.	132
Figura 66. Nodo de aplicación de la carga pushover en Y-Y.	133
Figura 67. Configuración de rótulas en vigas.	135
Figura 68. Asignación de ubicación de rótulas en vigas.....	135
Figura 69. Configuración de rótulas en columnas.	137
Figura 70. Asignación de ubicación de rótulas en columnas.	137
Figura 71. Espectro de respuesta de un sismo raro.	140
Figura 72. Espectro de respuesta de un sismo frecuente.....	142

Figura 73. Espectro de respuesta de un sismo ocasional.	144
Figura 74. Espectro de respuesta de un sismo muy raro.	146
Figura 75. Curva de capacidad en X-X.	147
Figura 76. Curva de capacidad en Y-Y.	148
Figura 77. Curva de capacidad en el eje X-X y Y-Y.	149
Figura 78. Sismo frecuente en X-X.	151
Figura 79. Sismo frecuente en Y-Y.	152
Figura 80. Sismo ocasional en X-X.	153
Figura 81. Sismo ocasional en Y-Y.	154
Figura 82. Sismo raro en X-X.	155
Figura 83. Sismo raro en Y-Y.	156
Figura 84. Sismo muy raro en X-X.	157
Figura 85. Sismo muy raro en Y-Y.	158
Figura 86. Gráfico de desempeño en X-X.	161
Figura 87. Gráfico de desempeño en Y-Y.	163

RESUMEN

El presente proyecto tiene como título “Evaluación del Desempeño Sísmico mediante el Análisis No Lineal de la I.E. 20407 Los Naturales, Huaral – 2023”. El principal objetivo de esta investigación fue determinar el Nivel de Desempeño Sísmico mediante el Análisis No Lineal de la I.E. 20407 Los Naturales. La metodología empleada fue de tipo aplicada, transversal, descriptiva, no experimental y cuantitativa. La población de esta investigación fue la I.E. 20407 Los Naturales, Huaral; y se tomó como muestra al Módulo I de dicha institución. Se hizo uso de los ensayos de laboratorio, y el procesamiento de información digital por computadora mediante un software de análisis estructural. Finalmente determinamos los rangos de desempeño siguientes por cada intensidad de sismo: en un sismo frecuente en ambas direcciones alcanzamos un nivel operacional, en un sismo ocasional en ambas direcciones alcanzamos un nivel operacional, en un sismo raro en los dos ejes de análisis alcanzamos un desempeño de colapso y en un sismo muy raro en los dos ejes de análisis alcanzamos un desempeño de colapso.

Palabras clave: Sismo, análisis no lineal, curva de capacidad, desempeño sísmico, punto de desempeño.

ABSTRACT

The title of this project is “Evaluation of Seismic Performance through Nonlinear Analysis of the I.E. 20407 Los Naturales, Huaral – 2023”. The main objective of this research was to determine the Seismic Performance Level through the Nonlinear Analysis of the I.E. 20407 Los Naturales. The methodology used was applied, transversal, descriptive, non-experimental and quantitative. The population of this research was the I.E. 20407 Los Naturales, Huaral; and Module I of said institution was taken as a sample. Laboratory tests and computer digital information processing were used using structural analysis software. Finally we determine the following performance ranges for each earthquake intensity: in a frequent earthquake in both directions we reach an operational level, in an occasional earthquake in both directions we reach an operational level, in a rare earthquake in both axes of analysis we reach a performance of collapse and in a very rare earthquake in both axes of analysis we achieved a collapse performance.

Keywords: Earthquake, nonlinear analysis, capacity curve, seismic performance, performance point.

INTRODUCCIÓN

En la mayoría de países es muy frecuente observar edificaciones esenciales de gran nivel que toda localidad debería de tener como por ejemplo hospitales, colegios, estaciones de bomberos, etc. Sin embargo, existen diversos factores que ponen en riesgo dichas estructuras, en el cual el principal agente antagónico de dichas edificaciones son los movimientos sísmicos.

Actualmente es muy importante realizar un estudio de desempeño sísmico, pues este es un tema de suma relevancia que favorece a las estructuras, de lo contrario resulta perjudicial ya que un sismo causa muchas pérdidas, tanto civiles como económicas. Además, se debe tener en cuenta que este tipo de fenómenos naturales varían en intensidad, duración y alcance, siendo frecuentes en zonas específicas ubicadas entre placas tectónicas.

La finalidad del proyecto es calcular el grado de desempeño haciendo uso del AENL de la I.E. 20407 Los Naturales, encontrándose organizado según los capítulos detallados a continuación:

El capítulo primero expone la problemática de la investigación, justifica su relevancia y establece los problemas como los objetivos y las hipótesis.

El capítulo segundo expone el marco teórico, antecedentes, las bases filosóficas, las hipótesis del estudio y por último la operacionalización de las variables.

El capítulo tercero detalla la metodología que se emplea, incluyendo la población y muestra, también los instrumentos y técnicas de recolección y procesamiento de datos.

El capítulo cuarto describe los principales resultados obtenidos en la investigación y analiza la validación de las hipótesis planteadas en este estudio.

En el capítulo quinto debatimos esos resultados que se obtuvieron anteriormente, comparándolos con nuestros antecedentes encontrados; además, resumimos esto en una idea unificada.

Finalmente, el capítulo sexto presenta nuestras conclusiones logradas en la investigación y las respectivas recomendaciones para posteriores estudios.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

El Perú está ubicado en una zona de alta sismicidad, por lo tanto, está expuesto a experimentar fuertes desplazamientos dinámicos del terreno. Este constante desplazamiento debido a los eventos sísmicos ocurridos en el Perú, es causa de nuestro territorio ubicado por encima del Cinturón de Fuego del Pacífico, en otras palabras, los movimientos telúricos en nuestro país son producidos gracias al desplazamiento continuo coincidente de las placas tectónicas, a través del procedimiento de subducción.

Además, la educación surge como un tema primordial en el contexto del desarrollo y la innovación. Por esta razón, se debe otorgar la debida importancia a la infraestructura educativa, dado que hay instituciones que albergan a miles de estudiantes. Es fundamental diseñar estas estructuras con responsabilidad, teniendo en cuenta el riesgo sísmico presente en nuestra nación.

Una construcción que no cumpla con las normas sismorresistentes es altamente susceptible a sufrir daños graves en su estructura o incluso a colapsar durante un sismo. Considerando el alto riesgo que esto implica para un edificio destinado a la educación, el cual alberga a muchas personas, el peligro principal no reside solo en los daños materiales, sino en las vidas humanas que podrían estar en el lugar durante un evento sísmico, como un terremoto.

De la misma manera, es sabido que las edificaciones destinadas a la educación en el Perú, que fueron ejecutadas años anteriores de 1997, evidentemente, muestran carencias en cuanto al diseño estructural comparado con la normativa vigente actual, esto a causa de que experimentaron fallas

considerables en su estructura, durante los terremotos ocurridos años posteriores a su ejecución (San Bartolomé et al., 2018).

Asimismo, deberíamos conocer acerca del último acontecimiento más reciente en la historia de nuestro país, sucedido en Pisco, en el año 2007, teniendo una intensidad de 7.9 grados; en el que se pudo registrar que las diferentes edificaciones de uso educativo, que han sido ejecutadas con las disposiciones técnicas indicadas en la Norma Sismorresistente del 1997, fallaban principalmente por consecuencia del Efecto de Columna Corta (Kuroiwa, 2016).

Los efectos de columna corta son una cualidad común en los edificios destinados al servicio de la educación, presentes en los muros que son paralelos a las fronteras de los salones. Este fenómeno ocurre producto del poco espesor en las juntas que conectan los tabiques con las columnas del pórtico estructural. Durante un sismo, la estructura del techo (losa) desplaza la columna de forma lateral, haciendo que choque frente a la parte superior del alféizar, el cual es más rígido que las columnas. Esto provoca una significativa distorsión angular en las columnas cortas, lo que puede llevar a su falla por corte.

En la actualidad mantenemos un plan a nivel nacional sobre infraestructura de educación, creada con la proyección al 2025, que ha sido generada con el apoyo de un censo de infraestructura de educación del 2014, este acto tiene como finalidad de destinar recursos para reducir la brecha de las diferentes edificaciones públicas destinadas a la educación en el Perú.

Emplear el análisis no lineal nos resulta útil cuando es necesario representar los comportamientos auténticos de una edificación bajo la aplicación de cargas tanto horizontales como verticales, lo que facilita evaluar su desempeño frente a solicitaciones externas. Por otro lado, la dinámica estructural analiza cómo responden las edificaciones ante eventos sísmicos y desarrolla métodos de cálculo que garantizan un buen desempeño y la

seguridad estructural frente a terremotos. Estos estudios ofrecen la ventaja de proporcionar estructuras seguras frente a acontecimientos inesperados (Wu, Liu y Qi, 2019). A través de estos análisis evaluamos las edificaciones, especialmente en edificaciones prioritarias como las instituciones educativas.

Gracias a lo mencionado anteriormente, los estudios relacionados con la estimación del desempeño sísmico, facilitarán obtener una perspectiva precisa y directa acerca de la vulnerabilidad estructural del Módulo I perteneciente a la I.E. 20407 Los Naturales, que empezó su construcción en 1974, sirviendo hoy para los alumnos y docentes.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es el nivel de desempeño sísmico aplicando el análisis no lineal de la I.E. 20407 Los Naturales?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cuál es el análisis sísmico de la I.E. 20407 Los Naturales empleando la norma E.030 diseño sismorresistente?

¿Cuál es la curva de capacidad aplicando el análisis no lineal de la I.E. 20407 Los Naturales?

¿Cuál es el punto de desempeño aplicando el análisis no lineal de la I.E. 20407 Los Naturales?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar el nivel de desempeño sísmico aplicando el análisis no lineal de la I.E. 20407 Los Naturales.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar el análisis sísmico de la I.E. 20407 Los Naturales empleando la norma E.030 diseño sismorresistente.

Determinar la curva de capacidad aplicando el análisis no lineal de la I.E. 20407 Los Naturales.

Determinar el punto de desempeño aplicando el análisis no lineal de la I.E. 20407 Los Naturales.

1.4. Justificación de la Investigación

1.4.1. Justificación teórica

Se busca ampliar los estudios en temas de Ingeniería Civil, como Ingeniería Estructural. Precisamente, este trabajo de investigación, se enfoca en estudiar estructuralmente una edificación aplicando la no linealidad destinado a una construcción clasificada como “Esencial” según la norma vigente, tal como lo es una Institución Educativa.

1.4.2. Justificación práctica

El desarrollo de esta investigación contribuye y propone una estrategia que al ser aplicada aportará en la resolución del problema

propuesto, puesto que se aplicará el Análisis No Lineal a una infraestructura educativa, es decir, poder entender cuál es el desempeño sísmico de la misma.

1.4.3. Justificación social

Su justificación es social porque beneficia y brinda a sus habitantes (estudiantes y personas que laboran en este centro educativo), entender cómo se comportan las edificaciones ante ciertos eventos sísmicos. Con la implementación del Análisis No Lineal, es posible identificar el desempeño sísmico real en una edificación y examinar los resultados obtenidos. Además, este conocimiento puede servir a la población de Huaral para un futuro proyecto de reforzamiento de la institución educativa, y que permita los ocupantes de la edificación tener suficiente tiempo de evacuación en caso de darse un sismo severo y también ser empleada como centro de refugio después de un desastre.

1.4.4. Justificación metodológica

El proyecto inicia siguiendo el método científico, pues se va a hacer uso de la ciencia por medio de ensayos de laboratorio y, con ello, demostrar su validez y confiabilidad para que próximamente esta investigación sirva como base de investigaciones futuras relacionadas a la Ingeniería Estructural, puesto que enriquecen el marco teórico existente referente al tema.

1.5. Delimitación del estudio

1.5.1. Delimitación espacial

El proyecto en mención tuvo lugar en la Institución Educativa N°20407 Los Naturales, ubicado en el distrito de Huaral, provincia de Huaral y región Lima.

1.5.2. Delimitación temporal

La tesis será desarrollada desde octubre del 2023.

1.5.3. Delimitación social

Esta investigación involucrará a los alumnos y a la plana docente y administrativa de la I.E. 20407 Los Naturales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Investigaciones Internacionales

Moustafa M. et al. (2019) en su investigación titulada “Development of seismic vulnerability index methodology for reinforced concrete buildings based on nonlinear parametric analyses” publicada en MethodsX de Países Bajos.

El objetivo consistió en establecer un esquema vulnerable para un grupo de edificaciones situados en Malasia, empleando el AENL y ADNL, este desarrollo se basó en la evaluación de las fases máximas a las que puede llegar la edificación y la generación de fallas en las partes que lo componen.

La metodología que se utilizó fue aplicada y descriptiva, teniendo también un enfoque cuantitativo junto a un diseño no experimental. Las consecuencias de la investigación revelaron que el nivel de daño causado por un terremoto está directamente relacionado con el peso de las partes que la componen, también con la aparición de rótulas plásticas de acuerdo con el comportamiento y rendimiento de estos elementos.

El resultado principal del estudio resalta que, al calcular los valores de vulnerabilidad mediante los análisis no lineales, llegaron a identificar cinco rangos vulnerables: despreciable, menor, moderada, colapso severo y colapso total. Este estudio ofrece criterios fundamentales para clasificar los grados de daño que experimentan las edificaciones al ser expuestas a cargas de sismo.

Estrada, K. (2021) en su investigación, para obtener el grado de título profesional en Ingeniería Civil, titulada “Análisis de desempeño del Bloque de aulas Sur del Campus Miguel de Cervantes de la Universidad Internacional SEK” en la Universidad Internacional SEK, Ecuador.

El objetivo del proyecto fue determinar el desempeño de la edificación, haciendo uso de la Norma NEC 2015 y el Código CEC 2000, y con el apoyo del software de análisis estructural SAP2000 se analiza el AEL y AENL con el objetivo de establecer el estado en que está la edificación.

La metodología que se usó era aplicada, y de nivel descriptivo, enfoque cuantitativo y diseño no experimental. Se analizó la configuración original del edificio para identificar las trayectorias de las cargas verticales y sísmicas. Además, se llevaron a cabo ensayos de diamantina y de esclerometría. Las cargas gravitacionales se cuantificaron conforme a la normativa vigente, mientras que las cargas sísmicas se evaluaron utilizando el plano de zonificación sísmica de Quito, determinando el coeficiente de suelo según la ubicación

geográfica. Finalmente, se efectuaron análisis estáticos lineales y no lineales para calcular el comportamiento estructural.

Al finalizar el estudio, se concluyó lo siguiente: Para verificar el peso de la edificación, se realizaron cálculos manuales, obteniendo un resultado de 679,90 toneladas, mientras que el análisis mediante el software SAP2000 arrojó 664,55 toneladas, teniendo una variación del 2%. El período de vibración máximo según la normativa NEC 2015 es $T_{max} = 0,54$ s, mientras que el cálculo en SAP 2000 determinó un período de $T = 0,90$ s, mostrando una variación del 60%, lo que indica una falta de rigidez en la estructura. Además, se detectó una rotación del 76% en el segundo modo. El cortante basal calculado según la normativa NEC 2015 fue de 165,61 toneladas, mientras que para la norma CEC 2000 fue de 122,75 toneladas, con una diferencia del 35%. Esta variación se atribuye al factor (R), ya que en la NEC 2015 utilizaron un $R = 5$, mientras que en la CEC 2000 se empleó un $R = 8$. Las derivas inelásticas calculadas superan los valores máximos permitidos por las normativas ecuatorianas (NEC 2015) y la CEC 2000, lo que lleva a concluir que la edificación no fue diseñada conforme a ninguna de estas normativas. Según el AENL para el eje X-X, las rótulas plásticas no alcanzan el rango de colapso, manteniéndose en un rango de seguridad de vida. Sin embargo, el AENL en el eje Y-Y muestra una edificación que no alcanza un punto de desempeño adecuado y culmina en colapso. Estos resultados evidencian que la estructura presenta deficiencias tanto en rigidez como en su capacidad

para cumplir con los estándares sísmicos actuales, especialmente en el eje Y, lo que compromete su seguridad ante eventos sísmicos significativos.

Orozco, A. (2021) en su investigación, para obtener el grado de Maestro en Estructuras, titulada “Estudio del Desempeño Sísmico Estructural del edificio Hospital Pedro de Bethancourt, Antigua Guatemala, Sacatepéquez con el método del Análisis Estático No Lineal (Pushover)” en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

La finalidad de este trabajo fue estudiar el desempeño de la edificación utilizando el método de AENL, el método consiste en aplicar fuerzas horizontales para obtener el comportamiento de la estructura y hallar la categoría de desempeño de la estructura.

La metodología del proyecto se centró en un enfoque predominantemente cuantitativo, complementado por aspectos cualitativos. Este enfoque riguroso, sistemático y organizado permitió abordar los problemas planteados, garantizando la generación de nuevas ideas o propuestas viables para los fenómenos analizados. Se empleó la recopilación de información para verificar la hipótesis, basándose en cálculos numéricos con el objetivo de identificar cómo se comporta la estructura y verificar conceptos teóricos.

En esta investigación, se observó que los nodos en Y son menos favorables en la curva de capacidad, por lo que se decidió estudiar

específicamente este sentido. Aplicando el proceso del ATC 40, y con la ayuda del programa SAP2000, se determinó que el nodo de desempeño de la edificación presenta un valor de carga de corte de 864,95 toneladas y un movimiento de 23,49 cm. Y aplicando el proceso de FEMA 440, se logró un valor de carga de corte de 865,96 toneladas y 23,56 cm de desplazamiento, resultados que son muy similares. Además, se determina que el edificio se halla dentro del rango de desempeño estructural correspondiente al rango de seguridad de vida (LS) con un 5% de que vuelva a ocurrir en 50 años. Esto implica que supera el criterio de desempeño que se ubica en Ocupación Inmediata (IO), el cual recomienda el ATC-40 para estructuras esenciales. Por lo tanto, se prevé que, durante un sismo máximo, la estructura pueda experimentar grietas en los elementos de soporte, lo que podría requerir reparaciones menores.

Castellanos, S. (2021) en su investigación, para obtener el grado de título profesional en Ingeniería Civil, titulada “Evaluación de Desempeño Sísmico del edificio de la Universidad Internacional SEK ubicado en el campus Felipe Segovia Olmo” en la Universidad Internacional SEK, Ecuador.

La finalidad del proyecto fue determinar un componente de análisis que facilite analizar el desempeño sísmico. Para ello, se utilizó un software con la finalidad de obtener la conducta dentro de la no linealidad de la estructura ante acontecimientos telúricos.

La metodología utilizada es aplicada, y de nivel descriptivo, enfoque cuantitativo y diseño no experimental, y se desarrolló en tres fases. Primero, se llevó a cabo el levantamiento de información en el sitio. Segundo, se analizó el comportamiento estructural de la edificación ante un posible evento sísmico mediante un modelo estático lineal, con la finalidad de conseguir conclusiones precisas, ya que la edificación ya está construida, permitiendo observar su comportamiento real frente a una eventualidad catastrófica. Finalmente, se realizó el AENL con el fin de obtener el esquema de resistencia del edificio y hallar su nodo de desempeño, utilizando el método de espectro de capacidad ASCE41-13 NPS.

Se concluye que el edificio satisface la distorsión admisible del 2% en los dos ejes, ya que obtuvieron una distorsión de 1,4% en X y de 1,3% en Y. El periodo obtenido fue de 1,29 segundos con ayuda del software, mientras que de la forma manual fue de 1,12 segundos, lo cual indica un resultado admisible según la NEC, junto a una variación del 30%. Además, desarrollaron una evaluación de la intensidad sísmica con ayuda del software, lo que permitió obtener el gráfico de capacidad aplicando el AENL. En este análisis, el movimiento en X fue de 36 cm, lo que se encuentra cerca del límite de colapso. Si se produce un desplazamiento lateral fuerte, la estructura sería inestable y los componentes no estructurales podrían desplomarse. Por otro lado, en Y, el movimiento fue de 33 cm, mostrando una conducta dentro del estado de la no linealidad y una reducción considerable de soporte.

Yuquilema, L. y Washbrum, P. (2023) En su investigación, para obtener el grado de título profesional en Ingeniería Civil, titulada “Evaluación del Desempeño Sísmico de una edificación de 5 niveles, utilizando el Análisis Estático No Lineal (Pushover), ubicado en la ciudad de Milagro” en la Universidad de Guayaquil, Ecuador.

El objetivo del proyecto fue evaluar el desempeño sísmico del edificio de idiomas de la Universidad Estatal de Milagro mediante un análisis estático no lineal (Pushover), utilizando el programa de análisis estructural Etabs v20.3. Para ello, se aplicaron la norma NEC-2015 y el código ASCE/SEI 41-13.

Este proyecto tiene un enfoque tanto cualitativo como cuantitativo, debido a que en el análisis Pushover, la edificación se somete a fuerzas horizontales que van en aumento hasta lograr la máxima capacidad de desplazamiento de la edificación. Esto implica que los resultados numéricos obtenidos del AENL proporcionarán información sobre la conducta de la estructura para lograr la mayor resistencia, lo cual se interpreta en términos cualitativos para entender cómo responde la edificación bajo esas condiciones.

Se concluyó que la estructura, presenta una conducta adecuada según el Comité Visión 2000. La edificación se mantendrá operativa después de un sismo, excepto en uno extremadamente raro, en el cual la estructura no será capaz de cumplir con el desplazamiento que se requiere ni en la dirección X ni en la dirección Y. Además, al realizarse el chequeo

conforme a la NEC-15, la distorsión observada fue de 0,02, cumpliendo con los requisitos en ambas direcciones (X y Y) en todos los pisos, siendo los pisos 2 y 3 los que experimentaron las máximas derivas. También se comprobó que la estructura posee una mayor resistencia a las fuerzas sísmicas en X-X, mientras que en Y-Y presenta una mayor vulnerabilidad, pero se conserva dentro del rango de seguridad de vida. No obstante, en un sismo muy raro, la estructura no logra el desempeño esperado, ya que la fuerza del sismo es superior a la resistencia de la edificación en los dos ejes analizados.

2.1.2. Investigaciones Nacionales

Cumpa, J y Quispe, B. (2019) en su investigación, para obtener el título profesional en Ingeniería Civil, titulada “Evaluación del Desempeño Sismorresistente de la Institución Educativa N°50217 de la comunidad Umachurco-San Salvador, aplicando el método de Análisis Estático No Lineal de Cedencia Sucesiva (Pushover)”, en la Universidad Andina del Cusco, Cusco.

El objetivo del estudio es hallar el nivel de desempeño correspondiente a la institución educativa N°50217, considerando las normas establecidas en el FEMA 356 y ATC-40, ante diversas solicitudes sísmicas. Para ello, se aplicó el análisis Pushover.

Este estudio adopta un enfoque cuantitativo, dado que los resultados obtenidos son magnitudes medibles que, al ser interpretadas y

comparadas, permiten encontrar el rango en el que se encuentra la edificación en estudio situada en Cusco. El enfoque es descriptivo, debido a que se realiza una evaluación de los elementos que definen y establecen ese nivel de desempeño. Además, es experimental, ya que se manipuló de manera controlada las variables no dependientes para analizar sus resultados en relación a la variable dependiente.

Se comprobó que los niveles de desempeño ante las diversas solicitudes del sismo, aplicando el AENL. En un estado sísmico de servicio, el desempeño se clasifica en el rango de OI. En un nivel sísmico de diseño y máximo, el desempeño se encuentra en el intervalo de OI y SV. También se determinó que el valor del máximo desplazamiento lateral de la estructura, con el que alcanza su máxima capacidad estructural (colapso), varía entre 0,05 m y 0,10 m, y una fuerza de corte que oscila entre 250 toneladas y 560 toneladas. Por otro lado, el nodo de desempeño en el esquema de la capacidad de la estructura del edificio varía entre los valores de 0,025m y 0,075m, teniendo como fuerza de corte un valor que oscila entre 250 toneladas y 500 toneladas.

Orihuela, E y Orihuela, M. (2021) en su investigación, para obtener el título profesional en Ingeniería Civil, titulada “Desempeño sísmico del pabellón “D” de la I. E. Francisco Bolognesi, mediante el análisis estático no lineal “pushover”, distrito Chilca, Huancayo, 2021” en la Universidad Continental, Huancayo.

El objetivo del estudio es evaluar el nivel de desempeño sísmico del pabellón D de la I.E. Francisco Bolognesi, ubicado en el distrito de Chilca, Huancayo, 2021, según la normativa del Comité Visión 2000, mediante el AENL.

La investigación es aplicada, porque busca convertir el conocimiento teórico en conocimientos prácticos para la sociedad. La realización de este estudio servirá de base para investigaciones posteriores con propósitos similares. Es de nivel descriptivo, porque su objetivo es recolectar información detallada sobre las variables, destacando las características fundamentales y cualidades del elemento a estudiar. Además, el diseño es experimental, y de clasificación transversal.

Se concluyó que, en el eje X-X, alcanzaron un movimiento horizontal de 24cm con un esfuerzo en la parte inferior de 226.55tonf. En el eje Y-Y, alcanzaron un movimiento horizontal de 3.03cm con un esfuerzo en la parte inferior de 392.59tonf, donde se presenta una falla en el nodo de control lo que provocó la falla de los muros y resultó en una carga de corte en su base de 279.75 tonf. Además, se determinó que en X-X, la estructura está en el intervalo de totalmente operacional correspondiente a las categorías de sismo común y ocasional, y en el intervalo operacional correspondiente a las categorías de sismo raro y muy raro. De manera similar en Y-Y, el rango de desempeño totalmente operacional correspondiente a las categorías de sismo frecuente y

ocasional, y operacional correspondiente a las categorías de sismo raro y muy raro.

Campos, C. y Leandro, D. (2022) en su investigación, para obtener el título profesional en Ingeniería Civil, titulada “Evaluación del desempeño sísmico utilizando el análisis no lineal estático según la metodología ASCE 41-13 de un módulo de la Institución Educativa Andrés Avelino Cáceres, distrito de San Juan de Miraflores, provincia de Lima, Departamento de Lima” en la Universidad Continental, Huancayo.

El propósito de la investigación es medir el nivel de desempeño sísmico de uno de los edificios dentro de la Institución Educativa Andrés Avelino Cáceres, ubicado en el departamento de Lima, utilizando la metodología ASCE 41-13.

El autor empleó una investigación de tipo aplicada, ya que se aplicaron teorías relacionadas con las intensidades sísmicas que estudian la infraestructura, con el objetivo de obtener resultados que contribuyan a futuras investigaciones. Además, la investigación es de nivel explicativo, debido a que la primera variable se ve influenciada por la segunda variable, debido a que este afecta diversos elementos de la estructura y determina de qué manera se comportará en un tiempo específico. Finalmente, el diseño fue no experimental, puesto que, al analizar la variable V2 (Desempeño sísmico), se evaluará cómo influye en la variable V1 (Comportamiento estructural), permitiendo determinar los diferentes valores de los componentes de la estructura.

Se concluyó que el desempeño de la estructura según el proceso ASCE 41-13, está en el intervalo de resguardo de vida para ambos ejes analizados. En el eje X-X, mediante la revisión de las placas se determinó que el intervalo es de resguardo de vida. En el eje Y-Y, el desempeño también se encuentra dentro de este nivel, aunque se observa que a excepción de las aletas de las placas de la primera planta se supera este nivel de desempeño. Las consecuencias obtenidas en el AENL indican que, en términos de objetivo la edificación presenta un nivel de objetivo de LS (resguardo de vida) producto de una máxima deformación de 6.30 cm y 9.87 cm en las direcciones X e Y, de manera respectiva. Esto implica que, en caso de una ocurrencia sísmica con una posibilidad de ocurrencia del 10% en 100 años, el edificio sufriría daños, pero se mantendría estable, avalando el resguardo de los beneficiarios.

Estrada, D. y Gómez, L. (2023) en su investigación, para obtener el título profesional en Ingeniería Civil, titulada “Evaluación de Desempeño Sísmico de la Edificación Cumbre Instituto de Gastronomía-Chiclayo utilizando un Análisis no Lineal Estático” en la Universidad Señor de Sipán, Pimentel.

La finalidad del proyecto es evaluar el desempeño de la edificación antes mencionada, ubicada en Chiclayo, haciendo uso del AENL y poder obtener sus resultados.

La metodología es aplicada, porque utilizaron teorías y métodos de AENL con el fin de descubrir el desempeño del Instituto de Gastronomía en Chiclayo. El enfoque de la tesis es de tipo cuantitativo, debido a que aplicaron un análisis sísmico no lineal, cuyas soluciones se expresaron numéricamente permitiendo mostrar rangos de ductilidad, fuerzas en la base, distorsiones horizontales y lo más importante, especificar los rangos de desempeño sísmico. El diseño de esta tesis fue no experimental, presentando un diseño transeccional correlacional, debido a que las variables no fueron manipuladas, sino que se aplicó el AENL para establecer los rangos de desempeño del edificio estudiado.

Gracias a los valores que se obtuvieron se pudo comprobar que la estructura alcanza un nivel de colapso para sismos en el eje X-X, según la normativa vigente la norma E.030, con un esfuerzo de corte de 1725.85 tonf y con un movimiento de 0.428 m. En el eje Y-Y, la edificación está cerca del colapso, con desplazamientos de 0.116 m y fuerzas cortante de 2301.13 tonf. Los estudios permitieron concluir que no es posible cumplir con las distorsiones laterales expuestas en la normativa sismorresistente E.030. Además, se verificó que la edificación se derrumbó (colapsó) después de que se aplicara el AENL para movimientos sísmicos raros, conforme a los espectros de capacidad de la norma E.030. En conclusión, la edificación de tipo esencial no ha cumplido con la funcionalidad de la estructura de desempeño en los distintos tiempos de retorno de un sismo.

Ramos, F. (2023) en su investigación, para obtener el título profesional en Ingeniería Civil, titulada “Evaluación del Desempeño Sísmico Estructural de la Institución Educativa N°141 - Héroe de Jactay - Huánuco, mediante un Análisis Estático y Dinámico No Lineal – 2022” en la Universidad Nacional Hermilio Valdizan, Huánuco.

La finalidad del estudio es obtener el desempeño aplicando diversas intensidades sísmicas a la edificación con los métodos que existen hasta la actualidad.

La investigación realizada según el fin que se busca es de tipo aplicada, ya que su objetivo es utilizar métodos de desempeño de forma práctica e inmediata para abordar el tema del desempeño. Debido a los datos que se analizaron, se trata de una investigación cuantitativa, enfocada en recolectar y analizar datos estructurales a través de mediciones numéricas. En cuanto a la metodología empleada, destinada a comprobar la hipótesis, es una investigación no experimental - correlacional. Esto implica determinar el desempeño estructural de la estructura, conociendo el comportamiento de una o más variables.

Los resultados obtenidos, al compararlos con los márgenes determinados para el propósito de desempeño idóneo, indican que la edificación y sus elementos estructurales en total alcanzan un rango de ocupación inmediata y seguridad de vida, con un deterioro mínima de la edificación. Esto demuestra que la edificación es adecuada para mantenerse operativo ante un acontecimiento severo, sin necesidad de

un mantenimiento estructural. Así, se valida la hipótesis propuesta, que afirmaba que la estructura tendría un desempeño de OI, continuando operativa después de un sismo intenso.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Capacidad

La resistencia de una edificación está determinada por la fortaleza y la distorsión máxima de sus componentes individuales. Para evaluar su desempeño cuando supera el rango lineal, es imprescindible emplear una evaluación que está dentro del rango no lineal. Esta metodología consiste en realizar una sucesión de análisis elásticos sucesivos que, al combinarse, permiten aproximar la capacidad de la estructura en un gráfico. Aquel gráfico muestra la analogía entre las cargas basales y los desplazamientos en la zona más alta de la edificación. El modelado de la infraestructura se ajusta para considerar la pérdida de soporte en los componentes que han cedido, y se aplica un conjunto de cargas que aumentan gradualmente hasta obtener la máxima resistencia de la edificación. (Santana, 2012)

2.2.1.1. Curva de Capacidad

Por medio del AENL se obtiene la conducta no lineal de una edificación, representada en un gráfico (Figura 1). Este gráfico se genera al exponer la edificación ante un desplazamiento lateral que aumenta de forma monótonica. En ella se identifican una serie de fases límite establecidas por las sugerencias de FEMA. (Zúñiga & Terán, 2008)

El gráfico de resistencia de la estructura se elabora en general representando la respuesta asociada al primer modo de vibración, bajo la premisa de que este modo fundamental domina la respuesta global. Esta hipótesis es válida, principalmente, para edificaciones con periodos naturales menores a 1 segundo. Sin embargo, en edificaciones menos resistentes, donde los periodos son mayores, es necesario incluir la influencia de los modos superiores de vibración en el análisis.

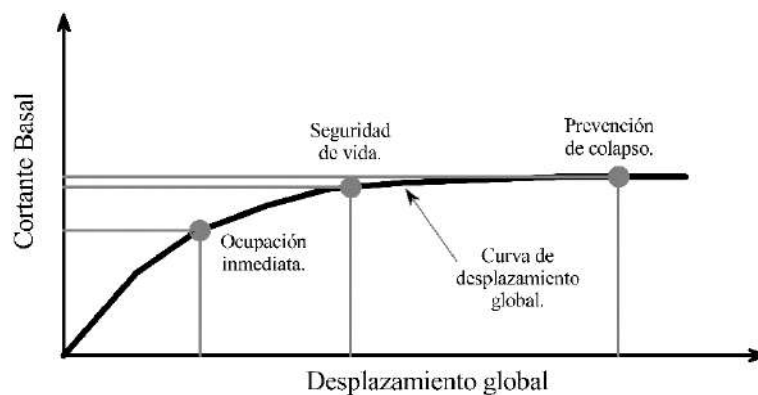


Figura 1. Curva de capacidad y estados límite considerados por los lineamientos FEMA.

Fuente: Evaluación Basada en Desplazamientos de Edificaciones de Mampostería Confinada, Zúñiga & Terán, 2008.

2.2.1.2. Análisis Estático No Lineal.

El AENL es un método efectivo y sencillo para evaluar la resistencia de una edificación sometida a una distribución predefinida de cargas inerciales. Este procedimiento consiste en aplicar fuerzas horizontales que van aumentando constantemente hasta que la estructura llegue a su máxima resistencia. Mediante este análisis, se puede obtener el suceso de eventos como daños y fallas de los elementos, así como los grados de servicio y el comportamiento de desplazamientos y fuerzas, representados en la curva de capacidad.

La aplicación de cargas horizontales que llegan directamente a la estructura puede tener la forma lineal o parabólica, entre otras, ello impacta considerablemente en la generación del esquema de la capacidad de la estructura. Debido a la ausencia de únicamente un solo patrón de cargas ideal, una estrategia funcional es emplear como mínimo dos maneras de disposiciones distintas y establecer la curva de capacidad siendo la combinación de los valores conseguidos en las dos distribuciones. (Fajfar, 2000)

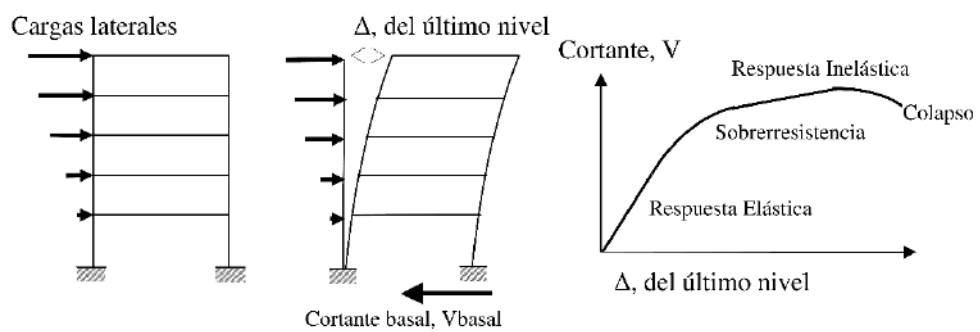


Figura 2. Secuencia del proceso de análisis Pushover.

Fuente: Propuesta metodológica para la evaluación del desempeño estructural de una estantería metálica, Arango, Cortés & Duque, 2009.

2.2.2. Demanda Sísmica

La demanda sísmica suele representarse mediante un espectro de respuesta, que describe la respuesta máxima de sistemas de un grado de libertad en términos de sus frecuencias. La ingeniería sísmica tradicional utiliza principalmente el espectro de respuesta de aceleraciones para el análisis y diseño estructural, enfocados en las fuerzas. No obstante, en años recientes, se ha reconocido que los criterios clave para el diseño son los desplazamientos y las deformaciones. Como resultado, se ha impulsado la

utilización de espectros de respuesta orientados hacia el diseño fundamentado en el desempeño sísmico. (Santana, 2012)

2.2.2.1. Espectro

El procedimiento conceptual para construir un espectro de respuesta se basa en analizar una sucesión de sistemas de un grado de libertad con diversos periodos de vibración T . Al someter esos valores bajo los efectos de una intensidad sísmica, representado mediante un registro de aceleraciones, individualmente generarán respuestas distintas que pueden expresarse mediante su historia de desplazamiento. Posteriormente, se determina el desplazamiento máximo de cada oscilador y se representa en una gráfica en términos del periodo de vibración T . En este contexto, cada punto del espectro corresponde a la respuesta máxima de un oscilador con un periodo específico.

La relevancia de los espectros en el diseño estructural se basa en su capacidad para simplificar la compleja respuesta dinámica de una estructura, concentrándose en los valores máximos de respuesta, que son los parámetros más útiles para los diseñadores en el cálculo y dimensionamiento estructural.

Esto es una herramienta fundamental en la dinámica estructural. Esto ha llevado a la clasificación de diferentes tipos de espectros, cada uno con características específicas y diseñado para cumplir objetivos particulares dentro del análisis estructural.

2.2.2.2. Espectro de respuesta elástica

El espectro de respuesta elástica se define como la representación de las máximas respuestas de sistemas elásticos de un grado de libertad frente a un terremoto específico, generalmente considerando varias curvas que corresponden a diferentes factores de amortiguamiento. Este espectro se construye a partir de una serie de aceleraciones y se usa primordialmente para analizar las intensidades del sismo y su impacto en las edificaciones.

Aquellos esquemas suelen mostrar variaciones abruptas, con múltiples picos, debido a la complejidad inherente de las aceleraciones sísmicas y a cómo estas interactúan con los diferentes periodos de vibración de los sistemas analizados.

2.2.2.3. Espectro de Respuesta Inelástica

A diferencia de los espectros elásticos, estos consideran que la edificación experimente distorsiones en el rango lineal como resultado de los sismos. Este tipo de espectros es especialmente relevante en el diseño, ya que, en la aplicación real, la mayoría de las edificaciones se diseñan bajo suposiciones relacionadas con el comportamiento plástico.

Los espectros indican la ductilidad requerida durante un sismo, basándose en el periodo de vibración de la estructura, y se presentan para varios niveles de resistencia. Es posible elaborar espectros que reflejen la aceleración, el desplazamiento de fluencia o el desplazamiento final de

sistemas inelásticos, teniendo en cuenta diversos niveles de ductilidad y tipos de comportamiento histórico de la estructura.

2.2.2.4. Espectro de diseño

Los edificios no son diseñados para soportar un sismo en específico en un lugar determinado, ya que cada evento sísmico tiene características únicas. Por esta razón, el diseño se basa en el uso de espectros normalizados, los cuales eliminan las variaciones abruptas y representan el comportamiento típico de los sismos en una región.

Es fundamental comprender que los espectros de respuesta se generan para una intensidad sísmica en particular, mientras que el espectro de diseño se utiliza en el cómputo y la comprobación de estructuras. Este espectro refleja la sismicidad posible del lugar donde se construirá la estructura, proporcionando un enfoque más general y aplicable para el diseño estructural.

(Aguar, Análisis sísmico por desempeño, 2003)

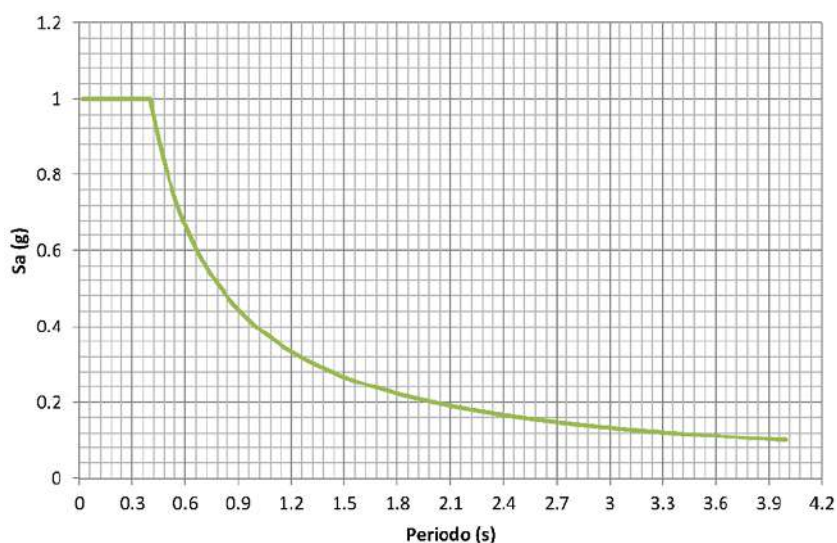


Figura 3. Espectro de aceleración de la normativa peruana.

Fuente: Angulo & Azañedo, 2013

2.2.2.5. Acelerograma

Un acelerograma es un registro que muestra cómo varía la aceleración del suelo con el tiempo en un punto determinado mientras ocurre un evento sísmico. Estos resultados son obtenidos a través de acelerógrafos, dispositivos diseñados para medir y registrar la aceleración del suelo. Los acelerogramas son distinguidos por su alta irregularidad y oscilación, comenzando con bajas amplitudes que incrementan rápidamente logrando un valor máximo, seguido por una disminución progresiva hasta que el movimiento cesa.

Aunque la aceleración máxima registrada es una de las características más destacadas de un acelerograma, no es el único factor relevante. La reacción de una infraestructura puede ser más crítica al someterla a un acelerograma que tiene diferentes características, incluso si tiene aceleraciones máximas similares. Esto se debe a que otros factores, como la duración del movimiento y la distribución de energía en diferentes frecuencias, también influyen significativamente en el comportamiento estructural. (Aguilar, Análisis sísmico por desempeño, 2003)

2.2.3. Desempeño

La definición de desempeño describe al nivel de movimiento esperado para una estructura durante un evento sísmico, con distintas escalas de seguridad, asegurando que la edificación no experimente daños por encima de ciertas condiciones preestablecidas. Esto implica que dicha estructura debe tener la capacidad de soportar el sismo sin comprometer su integridad

funcional y estructural, manteniendo la seguridad de los ocupantes y evitando fallos catastróficos.

2.2.4. Diseño por desempeño

Según la SEAOC (1995) el diseño por desempeño implica seleccionar las técnicas de calificación adecuadas para calcular y especificar los daños de los componentes principales y secundarios de una edificación. Este enfoque asegura que para ciertos desplazamientos que se obtienen de la edificación, no experimente daños que superen los límites establecidos por los métodos que existen en la actualidad.

En la etapa inicial del proceso, es fundamental definir la categoría y los objetivos de la edificación que se obtendrán con la aplicación anticipado de la estructura en el transcurso de los movimientos sísmicos de diversas intensidades. Esta definición debe realizarse antes de avanzar a las siguientes fases, que comprenden la fase numérica, orientada al diseño en sí, y la fase de implementación, en la cual se debe garantizar la calidad del diseño mediante un control adecuado mientras se realiza la ejecución de la construcción.

2.2.5. Nivel de desempeño

Hace referencia al daño en una edificación, considerando todas las partes que componen la estructura. Los niveles se manifiestan de manera cualitativa en función de su efecto en los habitantes, pobladores u otras partes interesadas. Se utilizan para evaluar edificaciones nuevas o antiguas, se

evalúa aspectos como el daño, el desgaste de los componentes principales y secundarios.

2.2.5.1. Propuesta del ATC-40

La propuesta del ATC-40 (1996) detalla por forma independiente el nivel de desempeño de los componentes estructurales y no estructurales, de manera que su relación permite definir el nivel de desempeño global de la edificación.

2.2.5.1.1. Niveles de desempeño para los componentes estructurales

Los posibles niveles de daño que se producen en la edificación se detallan a continuación:

SP-1. Inmediata ocupación; en este nivel la edificación permanece con leves cambios, con deterioro estructural extremadamente limitado. Es insignificante el riesgo y la estructura mantiene su funcionalidad.

SP-2. Daño controlado; en este nivel la edificación sufre daños intermedios. Aunque la integridad personal se mantiene fuera de riesgo, cabe la posibilidad de que sufran algunas afectaciones.

SP-3. Seguridad; en este nivel la edificación sufre daños considerables, aunque la mayor parte de los componentes estructurales permanecen intactos. Existe un riesgo para las personas que lo ocupan, tanto dentro como fuera del edificio, y algunos pueden resultar afectados. Además, se generan elevados costos para las restauraciones de la estructura.

SP-4. Seguridad Limitada; en este nivel la edificación sufre daños elevados, con un elevado riesgo para el bienestar de sus habitantes.

SP-5. Estabilidad estructural; en este nivel la edificación sufre daños que están cerca del colapso. Se registran daños significativos, lo que ha provocado una considerable depreciación de los componentes principales y secundarios. Aunque los partes principales y secundarias de la edificación todavía conservan una capacidad adecuada para evitar el colapso, el riesgo para los usuarios es elevado, especialmente ante réplicas sísmicas. Estas construcciones necesitan restauraciones importantes en la infraestructura.

SP-6. No considerado; este no representa un estado de desempeño, sino una categoría que se refiere únicamente al aumento de la magnitud sísmica. En este punto el enfoque está centrado exclusivamente en cómo se comportan las partes no estructurales durante un sismo.

2.2.5.1.2. Niveles de desempeño para los componentes no estructurales

Los posibles niveles de daño que se producen en la edificación se detallan a continuación:

NP-A. Operacional; en este nivel la edificación se mantiene en condiciones óptimas, sin sufrir daños, y continúan operando adecuadamente. Los servicios mantienen su operatividad, siendo posible que algunos de ellos no se encuentren operativos.

NP-B. Inmediata Ocupación; en este nivel la edificación sufre interrupciones mínimas que no afectan su funcionalidad. La seguridad de los ocupantes se mantiene en todo momento.

NP-C. Seguridad; en este nivel la edificación sufre un deterioro visible, aunque no produce un colapso o interrupción que represente un peligro grave para los usuarios. No debe haber fallos dentro de los elementos peligrosos, aunque las instalaciones y las maquinarias quedarían inoperativas. El riesgo para la vida debido al perjuicio de los componentes no estructurales es poco, aunque algunos ocupantes pueden verse afectados.

NP-D. Amenaza; en este nivel la edificación sufre daños considerables sin alcanzar el colapso de los componentes pesados y de gran tamaño que podrían poner en riesgo a los habitantes. No obstante, el riesgo para la vida debido a los perjuicios en los elementos es elevado.

NP-E. No considerado; este no representa un estado de desempeño, representa una situación en la que solamente se lleva a cabo un análisis sísmico de los elementos. Este estado únicamente se centra en el desempeño de los componentes.

2.2.5.1.3. Niveles de desempeño de la edificación.

Las situaciones de daño probables para la estructura se describen a través de diferentes niveles de desempeño, los cuales se consiguen mediante la integración adecuada de las situaciones de daño que presenta la estructura, de la manera que se visualiza en la siguiente tabla.

Tabla 1. Niveles de Desempeño según ATC-40.

Nivel de Desempeño						
Nivel de Desempeño no Estructural	Niveles de Desempeño Estructural					
	SP-1 (IO) Ocupación Inmediata	SP-2 Control de Daño	SP-3 (LS) Seguridad a la Vida	SP-4 Límite de Seguridad	SP-5 (CP) Estabilidad Estructural	SP-6 No Considerado
NP-A Operacional	1-A Operacional	2-A	NR	NR	NR	NR
NP-B Ocupación Inmediata	1-B Ocupación Inmediata	2-B	3-B	NR	NR	NR
NP-C Seguridad a la Vida	1-C	2-C	3-C Seguridad	4-C	5-C	6-C
NP-D Reducción del Peligro	NR	2-D	3-D	4-D	5-D	6-D
NP-E No Considerado	NR	NR	3-E	4-E	5-E Estabilidad Estructural	No Aplicable

Fuente: Elaboración propia (FEMA, 2000).

1-A. Operacional: este nivel está vinculado con el funcionamiento, los daños en los elementos estructurales son reducidos, y en los componentes no estructurales siguen operando. Asegurando tanto la integridad de los ocupantes como el funcionamiento de las prestaciones internas de la edificación.

2-B. Inmediata Ocupación: Este es el principio más utilizado en las construcciones esenciales, en el cual los ambientes, sistemas y equipos siguen siendo operativos. Los servicios primarios permanecen en funcionamiento, garantizando la integridad de sus usuarios.

3-C. Seguridad vital: este nivel, la probabilidad de poner en peligro la vida es baja, los daños en los componentes estructurales son limitados y en

los componentes no estructurales sin que esto comprometa la integridad de las personas.

4-D. Estabilidad estructural: el nivel de deterioro en la estructura es muy severo y ya no sería necesario revisar los componentes no estructurales. El riesgo para los usuarios y peatones es extremadamente alto.

2.2.5.1.4. Movimientos sísmicos

El ATC-40 define diversas intensidades sísmicas para evaluar una edificación, los cuales son:

Sismo de servicio (SE): Este tipo se refiere a un ciclo de la tierra que posee un 50% de probabilidad de que sea superior en 50 años, equivalente a un tiempo de 72 años de que vuelva a ocurrir. En otras palabras, dicho tipo de sismo podría ocurrir varias veces a lo largo del periodo de servicio de la edificación. (ATC-40, 1996)

La dimensión de este tipo de sismo es considerada aproximadamente proporcional a 0.5 el SD.

Sismo de diseño (SD): Este tipo se refiere a un ciclo de la tierra que posee un 10% de probabilidad de que sea superior en 50 años, equivalente a un tiempo de 475 años de que vuelva a ocurrir. Este tipo es poco común, pero se considera que podría suceder por lo menos una vez durante el tiempo de uso del edificio. (ATC-40, 1996)

Este sismo se encuentra establecido en las regulaciones y normativas, especialmente en nuestro país.

Sismo Máximo (SM): Este tipo se refiere a un ciclo de la tierra que posee un 5% de probabilidad de que sea superior en 50 años, equivalente a un tiempo de 975 años de que vuelva a ocurrir. Este evento sísmico se refiere a unos desplazamientos de intensidad entre severa y muy severa, de ocurrencia muy rara. (ATC-40, 1996)

Este rango implica un aumento del SD regulado por la norma de sismorresistencia y se le amplifica entre 1.25 y 1.5 veces. Dicho aumento se relaciona al sismo utilizado como base para el análisis. En este estudio, se utiliza un aumento de 1.5, lo que representa un sismo poco improbable de ocurrir durante tiempo de utilidad de la edificación estudiada, sin embargo, de mayor severidad en caso de ocurrir, considerando así el escenario más extremo.

Tabla 2. Criterio de seguridad básica aplicada en Estructuras.

Movimiento Sísmico de Diseño	Nivel de Desempeño del Edificio			
	Totalmente Operacional	Ocupación	Seguridad de Vida	Estabilidad Estructural
Sismo de Servicio (SE)				
Sismo de Diseño (DE)			✓	
Sismo Máximo (ME)				✓

Fuente: Elaboración propia (ATC- 40, 1996)

2.2.5.2. Propuesta de la SEAOC (1995)

La SEAOC (1995), realizó estudios a la par con ATC y CURE, dado que hay analogía entre sus estudios referentes a la norma de los Estados Unidos. Lo que sugiere Visión 2000 es establecer cinco rangos de desempeño y cinco rangos de gravedad de daño, describiendo un deterioro estructural absoluto en un escenario crítico.

Tabla 3. Descripción de daños según VISIÓN 2000.

Estado de Daño	Nivel de Desempeño	Descripción de los Daños
Despreciable	Totalmente Operacional (TO)	No se presentan daños, y continúan operando sin interrupciones.
Leve	Operacional (O)	Se observan agrietamientos en los elementos estructurales, con daños leves a moderados en los contenidos y elementos arquitectónicos. Sin embargo, los sistemas de seguridad y evacuación siguen funcionando con normalidad.
Moderado	Seguridad de vida (SV)	Se presentan daños moderados en algunos elementos, con pérdidas de resistencia y rigidez en los sistemas de carga lateral. Aunque el sistema estructural permanece funcional, algunos elementos no estructurales y contenidos pueden sufrir daños. Es posible que se requiera el cierre temporal del edificio.
Severo	Pre – Colapso (PC)	Se observan daños severos en los elementos estructurales, con fallos en los elementos secundarios no estructurales y en los contenidos. En este caso, podría ser necesario demoler el edificio debido a la magnitud de los daños.
Completo	Colapso (C)	Se presenta una falla completa de la estructura, lo que lleva a un colapso parcial o total de la estructura. En este escenario, la reparación es inviable debido a la magnitud de los daños sufridos por la edificación.

Fuente: Elaboración propia (SEAOC, 1995).

Los intervalos de desempeño se encuentran de manera creciente en el esquema que dibuja la capacidad de la edificación, lo que requiere conocer la fluencia efectiva. Esta fluencia representa el fin del tramo elástico y marca el origen del tramo inelástico de la edificación.

El tramo elástico es definido con un solo nivel denominado Totalmente Operacional (TO).

El rango no lineal del gráfico que representa la capacidad de la edificación se descompone en una serie de secciones: operacional, seguridad de vida, pre colapso y colapso. Estos sectores están precisados por intervalos. Los intervalos de desempeño se encuentran de manera creciente en el esquema que dibuja la capacidad de la edificación, por lo que es necesario determinar la fluencia efectiva, la cual marca el fin del rango plástico y el origen del tramo inelástico.

El rango plástico corresponde un solo nivel denominado Totalmente Operacional (TO).

El rango no plástico se descompone en una serie de secciones los cuales están delimitados por intervalos y se asocian con intensidades de desempeño. (SEAOC, 1995)

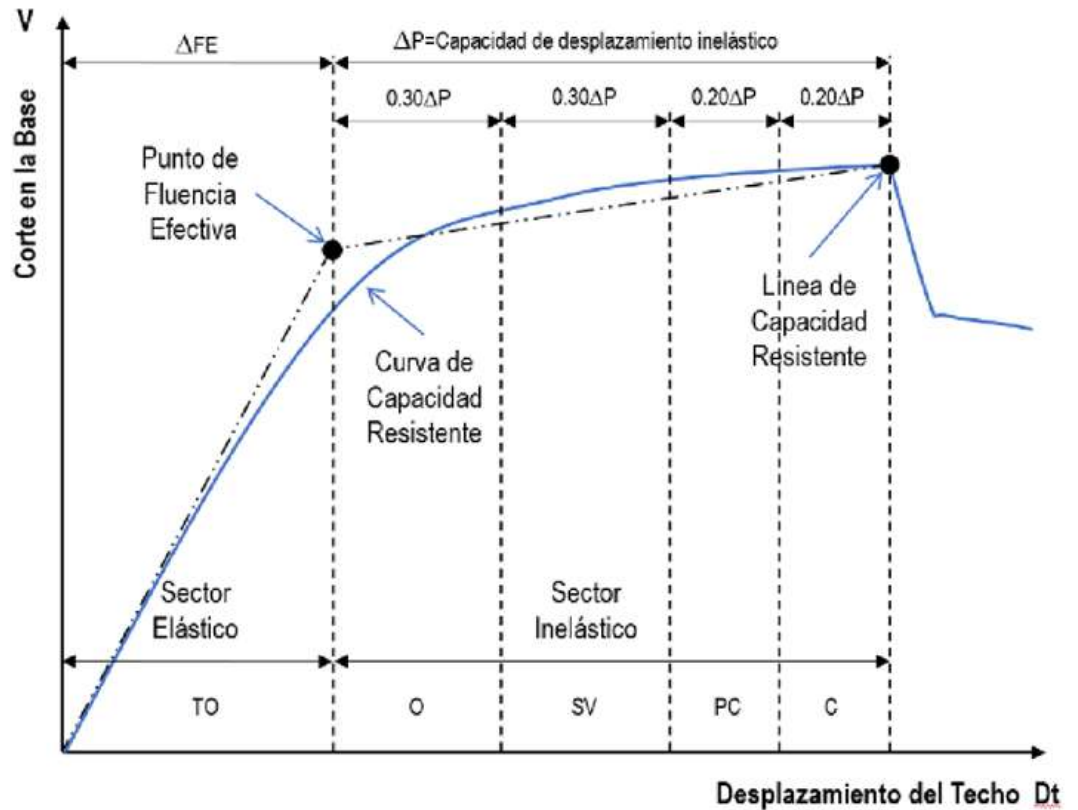


Figura 4. Sectorización de la Curva de Capacidad.

Fuente: Comité Visión 2000. (SEAOC, 1995)

La SEAOC (1995), presenta un parámetro de calificación en donde el nivel de desempeño se asocia a un rango de desplazamiento, el cual se mide a partir de un nodo de control, de acuerdo a lo que se menciona en la siguiente tabla:

Tabla 4. Desplazamientos relacionados al Nivel de Desempeño.

Nivel de Desempeño	Rango de Desplazamientos
Totalmente Operacional (TO)	$0 \rightarrow \Delta FE$
Operacional (O)	$\Delta FE \rightarrow \Delta FE + 0.30\Delta p$
Seguridad de vida (SV)	$\Delta FE + 0.30\Delta p \rightarrow \Delta FE + 0.60\Delta p$
Pre – Colapso (PC)	$\Delta FE + 0.60\Delta p \rightarrow \Delta FE + 0.80\Delta p$
Colapso (C)	$\Delta FE + 0.80\Delta p \rightarrow \Delta FE + \Delta p$

Fuente: Elaboración propia (SEAOC, 1995).

2.2.5.2.1. Movimientos sísmicos

A diferencia de lo propuesto por el ATC 40 (1996), la SEAOC (1995) establece diversas intensidades sísmicas, de los cuales tres corresponden a un ciclo de manifestación de 50 años de revelación. Además, incluye un sismo frecuente con una posibilidad de superación del 50% en 50 años, lo que implica que vuelva a ocurrir en 72 años, representados así en la Tabla 5.

Tabla 5. Movimientos sísmicos.

Movimiento Sísmico de Diseño	Periodo de Retorno	Probabilidad de Excedencia
Frecuente	72 años	50% en 50 años
Ocasional	225 años	20% en 50 años
Raro	475 años	10% en 50 años
Muy raro	2500 años	2% en 50 años

Fuente: Elaboración propia (SEAOC, 1995).

El tiempo de retorno promedio, se refiere al periodo medio, medido en años, que sucede entre el evento sísmico según el tipo especificado en la Tabla 5, y el siguiente sismo considerado como posible.

La posibilidad de excedencia es el porcentaje que indica que un sismo supere un nivel de intensidad determinado. Esta probabilidad se expresa de manera estadística en función del efecto de que el acontecimiento de sismo supere un grado específico de intensidad. La relación entre el periodo de retorno y la posibilidad de excedencia en un cierto tiempo se puede expresar a través de la ecuación siguiente

$$Tr = \frac{t}{\ln(1 - Pe)}$$

El comité clasifica las estructuras en tres grupos (1, 2 y 3) según la importancia de los servicios esenciales que deben mantenerse operativos luego de un evento sísmico, como a continuación se muestra:

Grupo 1: Se componen de estructuras básicas, correspondientes a las categorías "B" y "C" de la norma E.030 del reglamento peruano.

Grupo 2: Se refiere a infraestructuras esenciales, clasificadas en la categoría "A" según la norma sismorresistente E.030. Estas instalaciones son responsables de suministrar servicios básicos, como edificios destinados al servicio de la salud, puertos, aeropuertos, terminales de tren para pasajeros, municipalidades, estaciones de comunicaciones, estaciones de bomberos, cuarteles del ejército, comisarías, centros de emergencia, instituciones educativas, tanques elevados, reservorios, entre otros.

Grupo 3: Incluye edificaciones de seguridad críticas, como centrales nucleares o almacenes de material radiactivo, donde representarían una amenaza en el lugar en la que se encuentran después de un sismo.

La Tabla 6 muestra la sugerencia del Comité Visión 2000 de la SEAOC (1995), donde se definen los objetivos, referentes a cada nivel de desempeño y tipo de intensidad sísmica.

Tabla 6. Desempeño Sísmico recomendado en las Edificaciones.

Movimiento Sísmico de Diseño	Nivel de Desempeño de la Estructura			
	Totalmente Operacional	Operacional	Seguridad de Vida	Próximo al Colapso
Frecuente (72 años)	1	0	0	0
Ocasional (225 años)	2	1	0	0
Raro (475 años)	3	2	1	0
Muy Raro (2500 años)	–	3	2	1

Fuente: Elaboración propia (SEAOC, 1995).

Para las estructuras esenciales clasificadas en la categoría A según la norma E.030, la Tabla 7 ilustra el desempeño adecuado que se busca para estas estructuras en función de las demandas sísmicas.

Tabla 7. Desempeño Sísmico en Edificaciones Esenciales.

Movimiento Sísmico de Diseño	Nivel de Desempeño mínimo
Frecuente	–
Ocasional	Totalmente Operacional
Raro	Operacional
Muy Raro	Seguridad de Vida

Fuente: Elaboración propia (SEAOC, 1995).

2.3. Bases Filosóficas

Infraestructura:

Según Silva (2018), el diseño de una infraestructura se basa en diversos eventos previos al desarrollo completo del proyecto, que se plasmaban en planos de detalle donde se identificaban los accesorios. En el pasado, estos planos se realizaban a mano alzada en papiros debido a la falta

de herramientas avanzadas como hardware y software, lo que dificultaba la representación de detalles en tres dimensiones. Sin embargo, los proyectistas de la época poseían una gran imaginación y lograban entender con precisión los puntos clave a considerar. Aunque los materiales eran más rudimentarios, su durabilidad era notable. Los diseños de centros educativos fueron de los más comunes, junto con catedrales, casas de alojamiento, entre otros, muchos de los cuales perduran hasta hoy como reliquias o destinos turísticos. Además, existían espacios recreativos donde los niños aprendían actividades cotidianas del hogar y del campo, con el objetivo de prepararse para proyectos que les interesaran en su futuro o para desarrollar alguna inclinación por estas actividades.

Educación:

Según Zarzosa (2019), en tiempos antiguos, muchos de los eruditos en materia filosófica recopilaban datos estadísticos sobre el aprendizaje, pero sin tener en cuenta la calidad. En esa época, cada estudiante se veía obligado a desempeñar sus habilidades, ya que el estudio era considerado una obligación para estar en un lugar de aprendizaje. A su vez, los conocimientos se impartían en espacios públicos, y muchos maestros eran acusados de herejía y asesinados, pues se temía que el despertar del conocimiento de las personas pudiera desafiar el dominio absoluto de la alta burocracia. Hoy en día, la educación se considera un derecho, aunque no todos valoran este preciado regalo. A pesar de los esfuerzos de los padres por garantizar una educación de calidad para sus hijos, con el fin de prepararlos para el ámbito laboral y

satisfacer las demandas de las empresas, la importancia de mejorar la calidad de los servicios profesionales sigue siendo esencial.

2.4. Definiciones de términos básicos

Evento Sísmico: Es un suceso que ocurre telúricamente en un lugar específico debido a las ondas sísmicas generadas en el hipocentro, como resultado de fallas en la corteza terrestre.

Norma sismorresistente E.030: Constituye un fragmento de la normativa peruana establecida en el RNE, específicamente para el análisis y diseño de estructuras.

Espectro de Capacidad: Una manera de analizar la conducta de la edificación ante un acontecimiento es mediante la conversión ADRS de la curva de capacidad de la infraestructura estudiada. Este enfoque representa la respuesta de la infraestructura en terminologías de máximas aceleraciones y máximos desplazamientos, proporcionando una visión clara de estudiar la conducta de la edificación.

Demanda Sísmica: Es la reproducción de un sismo estándar, basado en medidas como el tipo de sismo y la localización geográfica. Esta terminología se utiliza específicamente cuando se evalúa la conducta estructural ante un terremoto simulado bajo condiciones determinadas.

Rango Elástico: Es el segmento determinado en el esquema de esfuerzo-deformación de un elemento, que abarca a partir del origen hasta el límite

elástico. Se considera así porque en este rango el material experimenta la máxima tensión sin sufrir deformaciones permanentes. Durante este tramo, se cumple la ley de Hooke, que establece una relación proporcional entre el esfuerzo (tensión) y la deformación del material.

Rango Plástico: Es el segmento determinado en el esquema de esfuerzo-deformación que define la característica de un elemento. Este tramo abarca desde el final del límite elástico hasta el límite plástico. En esta zona, el material comienza a experimentar cambios de forma permanentes o no reversibles al someterse a esfuerzos de presiones que superan su capacidad elástica.

Amenaza Sísmica: Se refiere a aquella probabilidad de que ocurra un acontecimiento telúrico de determinada magnitud en una región durante una duración específica, en una ubicación donde se encuentran múltiples estructuras.

Rótulas Plásticas: Es un punto crítico en el que ocurre la rotación, y genera una deformación plástica a través del amortiguamiento, descargando energía en el proceso. Este concepto se utiliza para observar las diferentes fases o eventos que atraviesa un fragmento de viga o columna cuando sufre deformaciones debido a la flexión.

Zonas Sísmicas: Se refiere a un grupo de superficies geográficas en la corteza terrestre que tienen una alta probabilidad de experimentar sismos de diversas magnitudes.

Elementos Estructurales: Son los componentes principales que conforman una edificación y proporcionan la resistencia y rigidez necesarias para garantizar su estabilidad y capacidad frente a cargas.

Carga Axial: Se refiere a una fuerza puntual aplicada sobre la superficie de una porción transversal de un componente, ya sea de forma paralela o perpendicular a ella. Esta carga puede ser traccionante o tensionante, dependiendo de si tiende a estirar o alargar el material.

Ductilidad: Es la propiedad de ciertos compuestos para experimentar deformaciones ejercido por una fuerza externa sin alcanzar el fallo. Los materiales sin esta propiedad se consideran frágiles, ya que se rompen o quiebran con poca deformación antes de alcanzar su punto de ruptura.

Capacidad Estructural: Es la característica de una estructura que le permite soportar la demanda sísmica. Esta capacidad está compuesta por sus componentes principales y secundarios que conforman la edificación.

Curva de Capacidad: Es un esquema global entre el esfuerzo y la deformación de una estructura en respuesta a una demanda sísmica en una dirección específica.

Espectro de respuesta: Es un esquema que dibuja un acontecimiento telúrico que impacta una edificación, empleada para calcular los esfuerzos. Esta representación se presenta a través de gráficas que muestran la aceleración en función del tiempo.

2.5. Hipótesis de Investigación

2.5.1. Hipótesis General

El desempeño sísmico determinado aplicando el análisis no lineal de la I.E. 20407 Los Naturales se encuentra en un nivel de seguridad de vida, para los cuatro niveles de demanda sísmica.

2.5.2. Hipótesis Específicas

La I.E. 20407 Los Naturales cumple con las restricciones de irregularidad estipulados en la norma E.030 diseño sismorresistente.

La curva de capacidad aplicando el análisis no lineal de la I.E. 20407 Los Naturales, muestra un desplazamiento mayor en su longitud más largo.

El punto de desempeño con la aplicación del análisis no lineal de la I.E. 20407 Los Naturales, muestra un desplazamiento mayor en ambas direcciones para un sismo muy raro.

2.6. Operacionalización de las variables.

Tabla 8 Operacionalización de las variables de investigación

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR
Análisis No Lineal	Independiente	Los procedimientos de análisis no lineal tienen en cuenta tanto el comportamiento de los materiales en cuanto a esfuerzo y deformación, como la no linealidad geométrica. (Maldonado, 2012)	Se desarrolló a través de los valores especificados, del análisis estático no lineal Pushover y el análisis dinámico no lineal Tiempo-Historia, correspondientes a los métodos de análisis no lineal.	Análisis No Lineal Estático Pushover	Cargas laterales Curva de capacidad Rótulas plásticas
Desempeño Sísmico	Dependiente	El nivel de desempeño sísmico hace referencia a un estado que limita o describe las condiciones del edificio, incluyendo los daños físicos internos, el riesgo de los usuarios a causa del daño, y la resistencia de la estructura para seguir funcionando posterior al sismo. (ATC-40, 1996)	Para conocer la resistencia de nuestra estructura se basa principalmente en la determinación de las fuerzas en la base y las distorsiones obtenidas a consecuencia de los efectos sísmicos de una zona.	Nivel de amenaza sísmica Nivel de desempeño Objetivo de desempeño	Desplazamiento lateral Fuerza cortante Estabilidad estructural Rigidez efectiva

Fuente: Realizado por el autor.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Diseño Metodológico

3.1.1. Tipo de Investigación

De acuerdo con su finalidad, se considera aplicada porque su finalidad es entender, intervenir, crear y cambiar la situación del problema. Y está más enfocado en resolver problemas de forma inmediata que en desarrollar conocimientos de valor universal. Las investigaciones relacionadas a la ingeniería civil pertenecen a esta categoría siempre que se resuelva cualquier problemática. (Borja, 2012)

Según su alcance temporal, es un estudio transeccional o transversal, ya que recolecta información para un único momento o en uno específico (Liu, 2008 y Tucker, 2004). El objetivo que tiene es definir variables y estudiar su influencia y vinculación en ese instante.

3.1.2. Nivel de la Investigación

El nivel es descriptivo porque consiste en describir fenómenos, situaciones, trasfondos y eventos, es decir, especificar su aspecto y su forma de manifestarse. El estudio descriptivo intenta determinar las cualidades y atributos de personas, grupos, métodos, elementos o algún otro fenómeno a analizar. (Hernández, Fernández & Batista, 2014).

3.1.3. Diseño de Investigación

Para esta tesis se utilizará un diseño no experimental, ya que se centra en la recolección de datos sin intervenir ni modificar las dimensiones de las variables, es decir, se estudian tal cual se presentan realmente. (Borja, 2012).

3.1.4. Enfoque de la investigación

El tipo de enfoque es cuantitativo, dado que los datos recopilados se basan en mediciones numéricas y análisis estadísticos para probar hipótesis, estos datos ayudarán a establecer patrones de comportamiento y a comprobar dichas suposiciones. Asimismo, se manifiesta una pregunta que contiene las variables a medir y también se elaboraron algunos supuestos o hipótesis que terminan siendo las respuestas preliminares a los problemas planteados. (Hernández, Fernández & Batista, 2014).

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población es la I.E. 20407 Los Naturales, Huaral; que, al mismo tiempo, involucra a sus alumnos, así como a su plana docente y administrativa.

3.2.2. Muestra

Se tomó como muestra al Módulo I perteneciente a la I.E. 20407 Los Naturales, que fue construido en 1974, y que en la actualidad tiene un uso educativo y administrativo.

3.3. Técnicas de recolección de datos

Se usarán la observación y los ensayos de laboratorio para recopilar la información necesaria para la investigación.

Se hará la visita a la I.E. 20407 Los Naturales, Huaral, y se tomarán los datos necesarios del módulo que será analizado en el presente estudio.

Las muestras de concreto extraídas serán transportadas al laboratorio donde se llevarán a cabo los Ensayos de Diamantina correspondientes para obtener las características físicas y mecánicas del mismo.

Por último, realizamos la evaluación de los resultados, luego se procede con su interpretación y la posterior elaboración de las conclusiones y recomendaciones.

Tabla 9. Técnicas e instrumentos para recolectar datos.

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Observación	Guía de observación
Ensayos de Laboratorio	Fichas de laboratorio

Fuente: Realizado por el autor.

3.4. Técnicas para el procedimiento de la Información

En cuanto a la interpretación de los resultados, así como los cálculos y análisis de los datos se realizará lo detallado a continuación:

- Registro ordenado de los datos empleando los formatos de ensayos de laboratorio.
- Procesamiento por computadora mediante un software empleado para realizar análisis estructurales, en este caso usaremos un programa de análisis estructural llamado ETABS y las hojas de cálculo de Microsoft Excel.
- Interpretación de los valores obtenidos mediante tablas y gráficos comparativos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Análisis de Resultados

Para poder analizar la edificación existente se usaron resultados obtenidos del ensayo de diamantina realizados a los componentes de la estructura, escaneo de acero de los elementos estructurales del expediente técnico denominado: MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA Y SECUNDARIA DE LA I.E. 20407 LOS NATURALES EN EL DISTRITO DE HUARAL – PROVINCIA DE HUARAL – DEPARTAMENTO DE LIMA, para alcanzar las metas propuestas en el proyecto.

Se hizo una verificación de datos en campo tales como mediciones de los componentes de la estructura, altura de la edificación, altura de muros, años de antigüedad de la edificación; en gabinete se revisaron los planos de la edificación existente para poder realizar el modelamiento matemático de la edificación y resultados de ensayos realizados.

4.1.1 Descripción General del Módulo.

La edificación se sitúa en la Av. Los Naturales del distrito de Huaral y provincia de Huaral, la edificación se construyó en el año 1974. La edificación de nuestra investigación está dentro de una edificación esencial según el reglamento nacional de edificaciones, por el servicio que ofrece, siendo este el servicio educativo.

La edificación tiene una forma rectangular con dimensiones de 20.15 m por 24.00 m de largo, y una elevación de 3.60 m en cada nivel. La estructura está configurada por un sistema de pórticos.

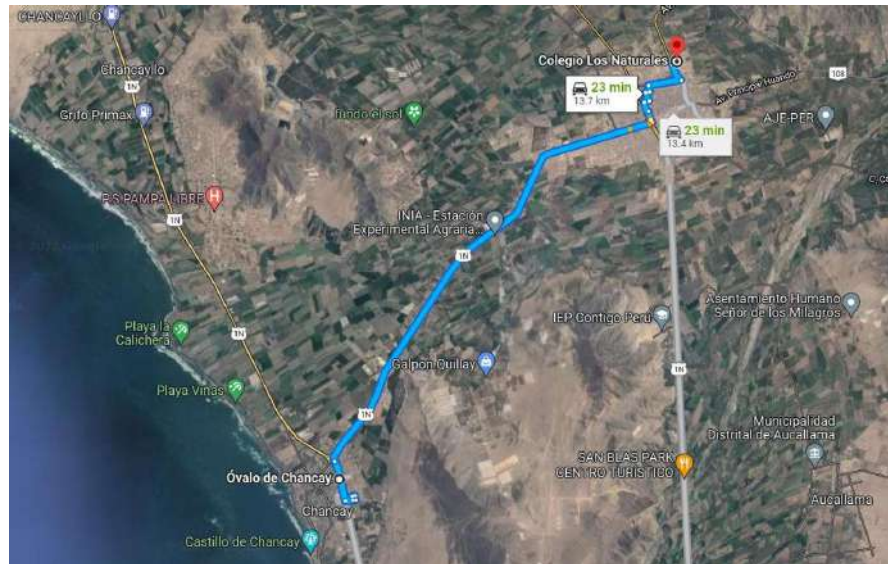


Figura 5. Esquema de ubicación del colegio.

Fuente: Google Earth.

4.1.2 Descripción del trabajo en campo.

Se realizó el trabajo en campo ingresando a todos los ambientes del módulo verificando geométricamente la edificación, sistema estructural, dimensión de los componentes de la estructura y la ubicación de los mismos; se realizaron las correspondientes mediciones a los componentes de la estructura como las vigas, columnas, losas, etc.



Figura 6. Fotografía de la estructura en evaluación.

Fuente: Realizado por el autor.

4.1.3 Descripción del trabajo en gabinete.

Se realizó el trabajo en gabinete revisando el expediente técnico y sacando información necesaria para realizar la presente tesis tales como resultados del ensayo de diamantina realizados y el escaneo de acero realizados a las columnas y vigas.

Como dato general observamos que en los planos de la edificación existente se muestra que existen columnas cuadradas cuyas dimensiones son de 0.45x0.45m, vigas rectangulares cuyas dimensiones son de 0.45x0.60m, muros de albañilería confinada de 0.15m de espesor y la losa aligerada de 0.20m de espesor, contando con un área de 483.60 m² y un perímetro de 88.30 ml.

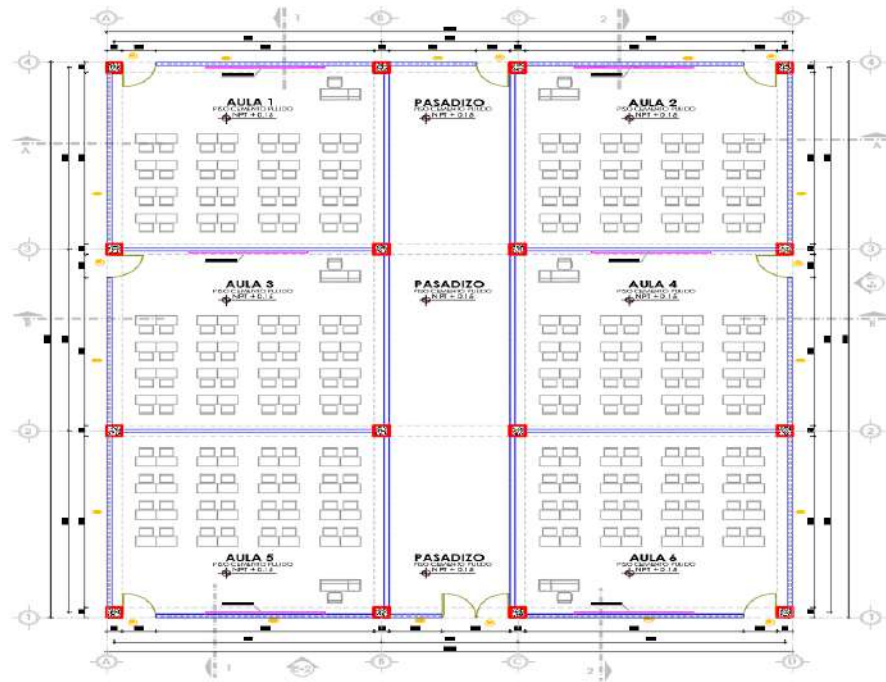


Figura 7. Primer nivel del módulo.
Fuente: Realizado por el autor.



Figura 8. Segundo nivel del módulo.
Fuente: Realizado por el autor.

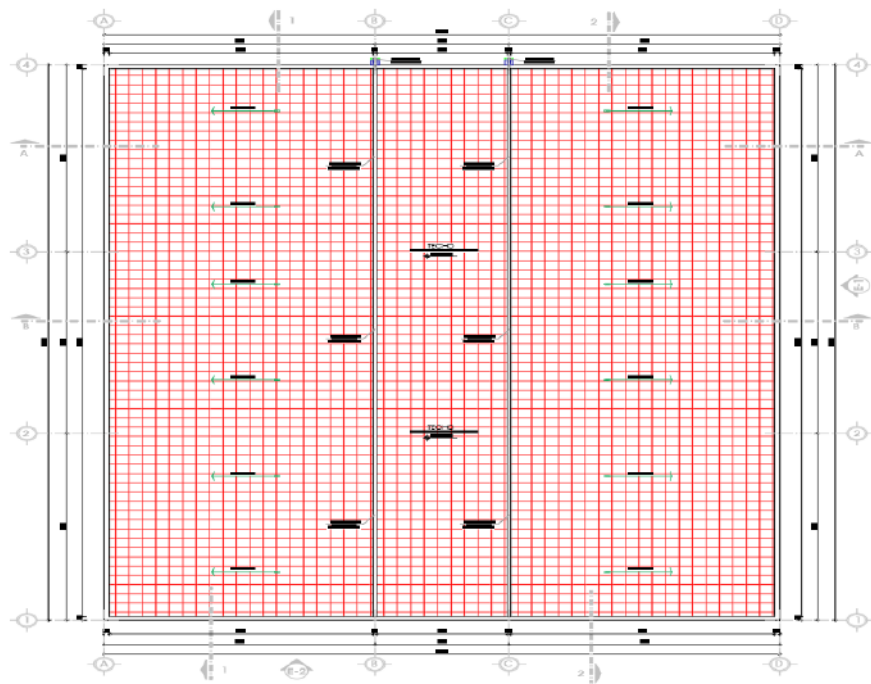


Figura 9. Azotea del módulo.
Fuente: Realizado por el autor.

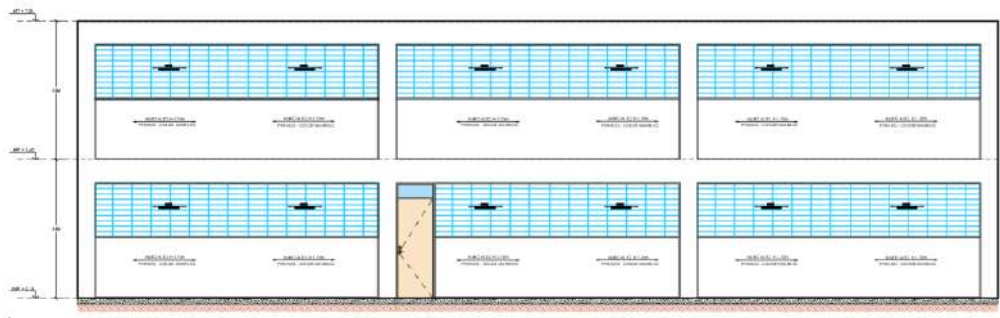


Figura 10. Vista posterior del módulo.
Fuente: Realizado por el autor.

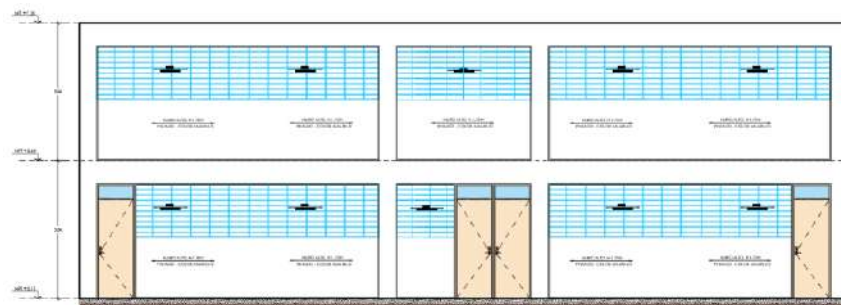


Figura 11. Vista lateral del módulo.
Fuente: Realizado por el autor.

4.1.4 Análisis sísmico lineal

Para hallar valores resultantes posterior a un acontecimiento sísmico de rango lineal de la edificación existente se tomaron los resultados obtenidos del expediente técnico antes mencionado y haciendo uso de la norma E.030 del RNE se obtuvieron los resultados.

Realizamos el modelo matemático tridimensional haciendo uso del software de cálculo estructural para determinar la manera en que se comporta la edificación.

4.1.4.1 Datos de los materiales (concreto y acero)

4.1.4.1.1 Concreto

Para conocer la fuerza de compresión de los elementos principales se realizaron ensayos de diamantinas, para el análisis de la estructura de la edificación existente que forma parte del expediente técnico:

Tabla 10. Resultados de los ensayos de diamantinas.

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'C (kg/cm ²)	%	TIPO DE FRACTURA
1	COLUMNA DEL PRIMER NIVEL	210	20.27	3405	168	80%	TIPO 2
2	VIGA DEL PRIMER NIVEL	210	20.27	3476	172	82%	TIPO 3
3	COLUMNA DEL SEGUNDO NIVEL	210	20.27	2936	145	69%	TIPO 2
4	VIGA DEL SEGUNDO NIVEL	210	23.23	3690	182	87%	TIPO 3

Fuente: Realizado por el autor.

Material Property Data

General Data

Material Name: Columna f_c=168kg/cm² (1er nivel)

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Color swatch] Change...

Material Notes: [Text area] Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 0.0024 kgf/cm³

Mass per Unit Volume: 0.000002 kgf·s²/cm⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 194422.22 kgf/cm²

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 81009.26 kgf/cm²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

Figura 12. Propiedades del concreto de la columna del nivel 01.
Fuente: Realizado por el autor.

Material Property Data

General Data

Material Name: Columna f_c=145kg/cm² (2do nivel)

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Color swatch] Change...

Material Notes: [Text area] Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 0.0024 kgf/cm³

Mass per Unit Volume: 0.000002 kgf·s²/cm⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 180623.92 kgf/cm²

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 75259.97 kgf/cm²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

Figura 13. Propiedades del concreto de la columna del nivel 02.
Fuente: Realizado por el autor.

Material Property Data

General Data

Material Name: Viga Fc=172kg/cm2 (1er nivel)

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color:

Material Notes:

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 0.0024 kgf/cm³

Mass per Unit Volume: 0.000002 kgf-s²/cm⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 196723.16 kgf/cm²

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 81967.98 kgf/cm²

Design Property Data

Advanced Material Property Data

Figura 14. Propiedades del concreto de la viga del nivel 01.
Fuente: Realizado por el autor.

Material Property Data

General Data

Material Name: Viga Fc=182kg/cm2 (2do nivel)

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color:

Material Notes:

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 0.0024 kgf/cm³

Mass per Unit Volume: 0.000002 kgf-s²/cm⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 202361.06 kgf/cm²

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 84317.11 kgf/cm²

Design Property Data

Advanced Material Property Data

Figura 15. Propiedades del concreto de la viga del nivel 02.
Fuente: Realizado por el autor.

4.1.4.1.2 Acero.

Para conocer el acero que existe en las columnas y vigas se realizó el escaneo del acero, cuyos datos fueron extraídos del expediente técnico:

Tabla 11. Resultados de escaneo de acero en vigas.

Sección	b (m)	h (m)	Refuerzo	
			Superior	Inferior
Viga-101	0.45	0.60	6 Ø 3/4"	6 Ø 3/4"
Viga-201	0.45	0.60	6 Ø 3/4"	6 Ø 3/4"

Fuente: Realizado por el autor.

Tabla 12. Resultados de escaneo de acero en columnas.

Sección	b (m)	h (m)	Refuerzo
Columna-01	0.45	0.45	4 Ø 3/4" + 4 Ø 1/2"

Fuente: Realizado por el autor.

4.1.4.2 Definición de secciones

Se procedió la creación de secciones en el programa ETABS V18, con los resultados obtenidos en campo y en gabinete después de la revisión del expediente técnico, los cuales son:

4.1.4.2.1 Columnas.

En relación con las columnas de la edificación, se definirán como un elemento frame con la resistencia que resultaron en los ensayos de diamantina correspondiente a la columna a estudiar.

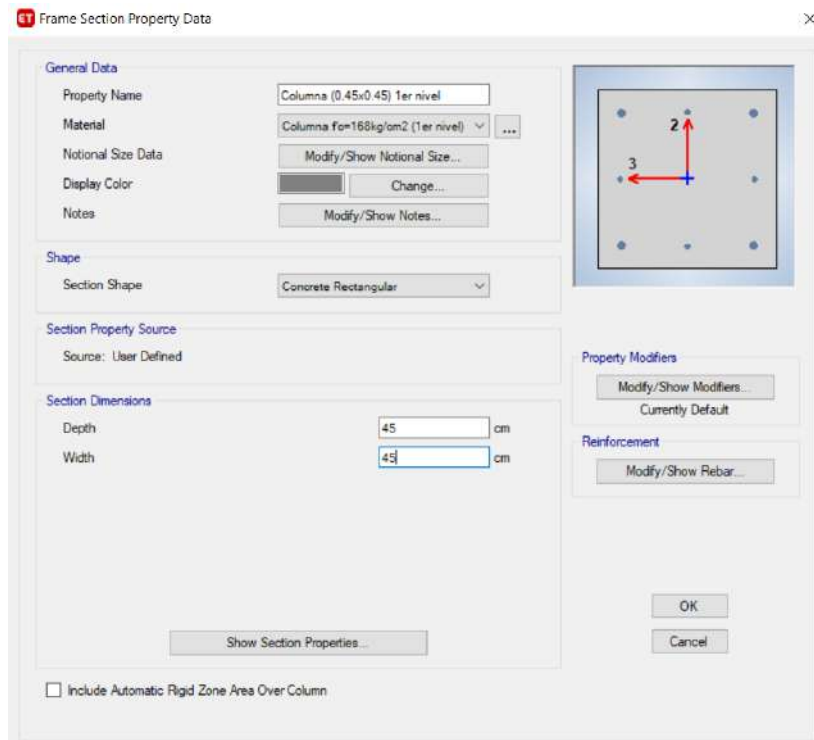


Figura 16. Sección de la columna del nivel 01.
Fuente: Realizado por el autor.

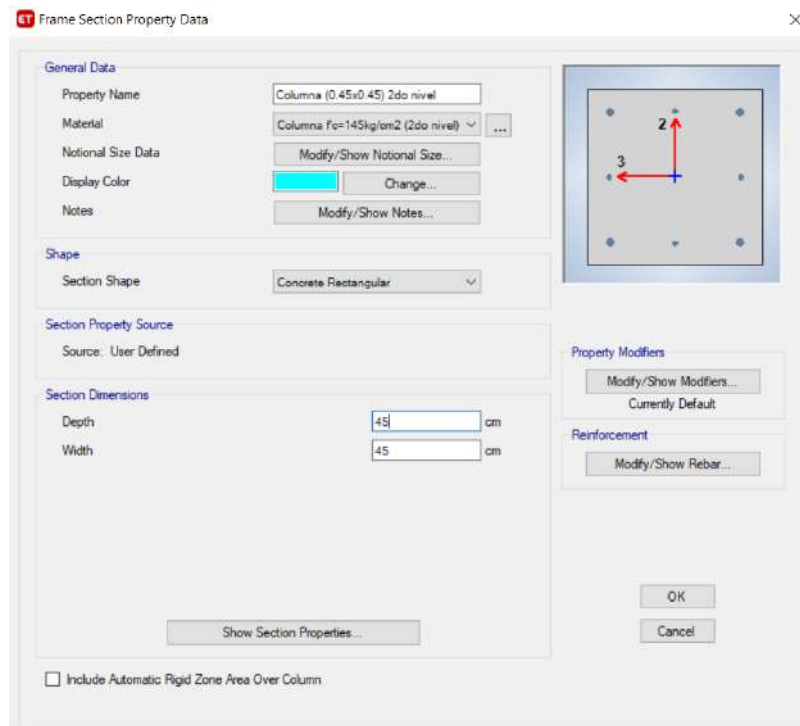


Figura 17. Sección de la columna del nivel 02.
Fuente: Realizado por el autor.

4.1.4.2.2 Vigas

Con respecto a las vigas, la viga se definirá como un elemento frame con la resistencia que obtuvimos en los ensayos de diamantina

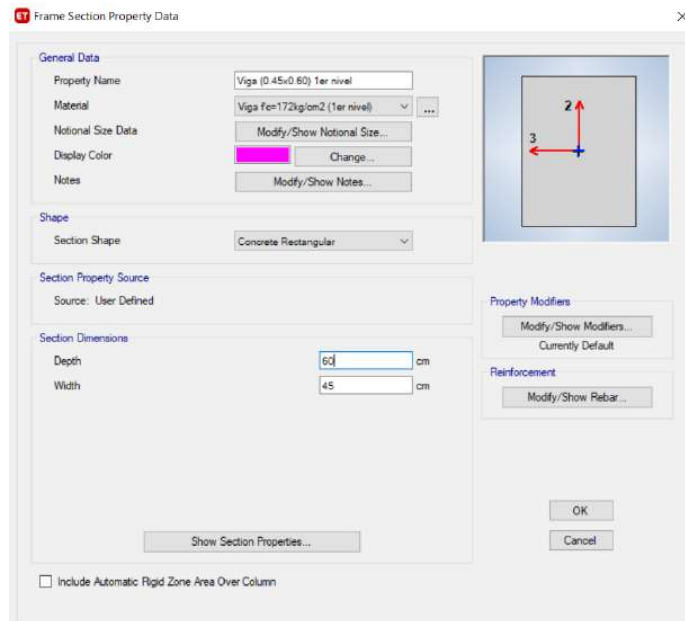


Figura 18. Sección de viga del nivel 01.
Fuente: Realizado por el autor.

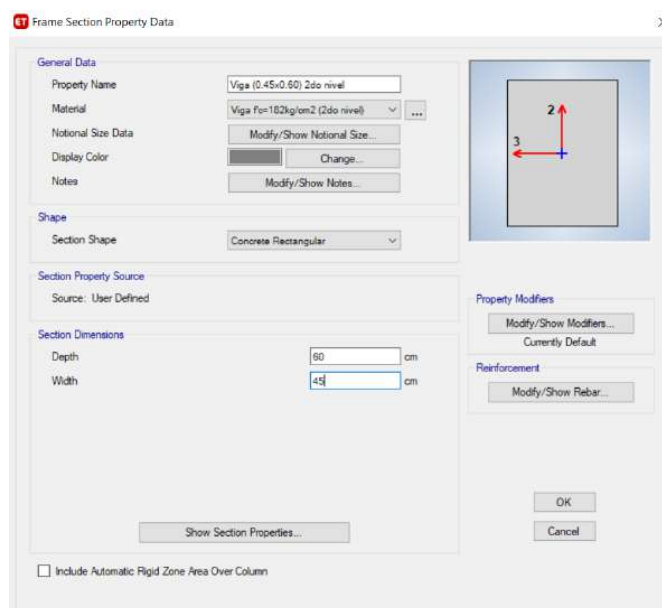


Figura 19. Sección de viga del nivel 02.
Fuente: Realizado por el autor.

4.1.4.2.3 Losa Aligerada:

Dado que el análisis de la losa considera su función como un transmisor de cargas hacia las vigas, se definirá la losa como una membrana.

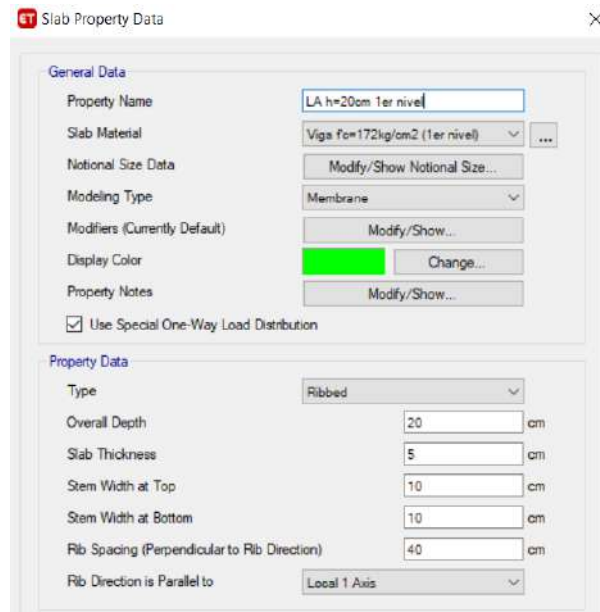


Figura 20. Sección de la losa del nivel 01.

Fuente: Realizado por el autor.

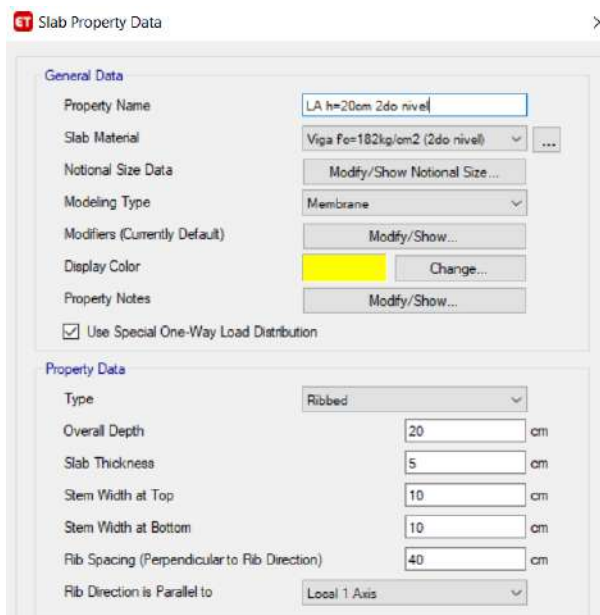


Figura 21. Sección de la losa del nivel 02.

Fuente: Realizado por el autor.

4.1.4.3 Modelado de la edificación.

Se representa el modelo de la estructura en el programa ETABS, una vez que se hayan establecido los ejes, las propiedades de los materiales, así como las medidas de las partes de la estructura, se procedieron a ubicar los componentes verticales y horizontales.

La tabiquería se asignará como una carga externa a la estructura con su propio patrón de carga, así como también las cargas vivas y cargas vivas de azotea.

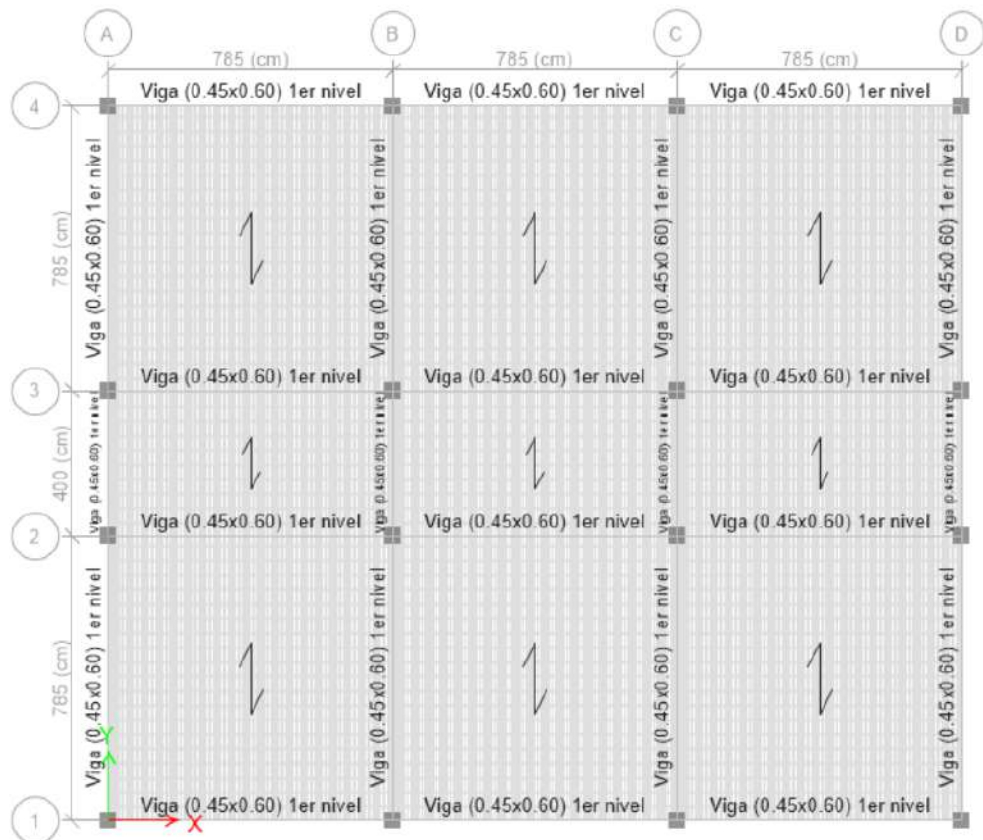


Figura 22. Planta del nivel 01 del módulo.

Fuente: Realizado por el autor.

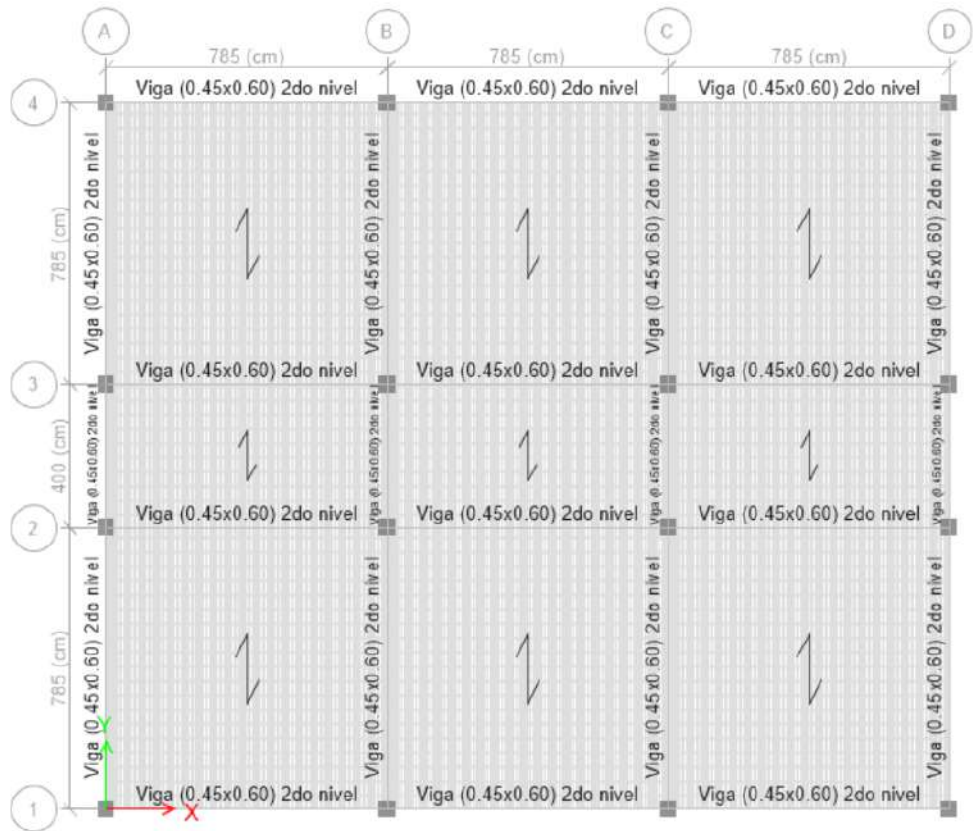


Figura 23. Planta del nivel 02 del módulo.
Fuente: Realizado por el autor.

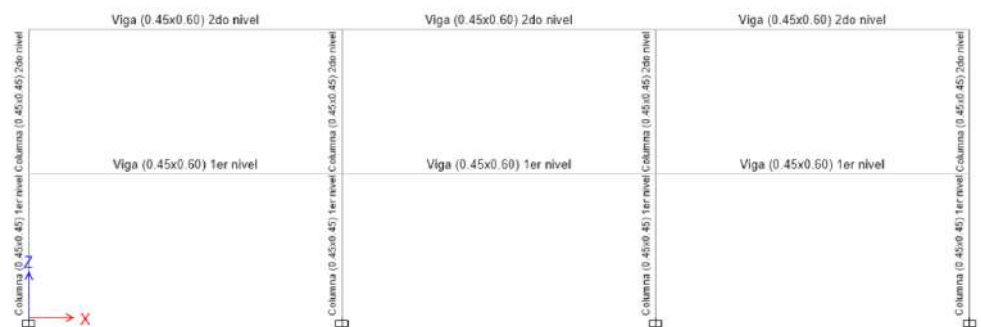


Figura 24. Elevación posterior del módulo.
Fuente: Realizado por el autor.

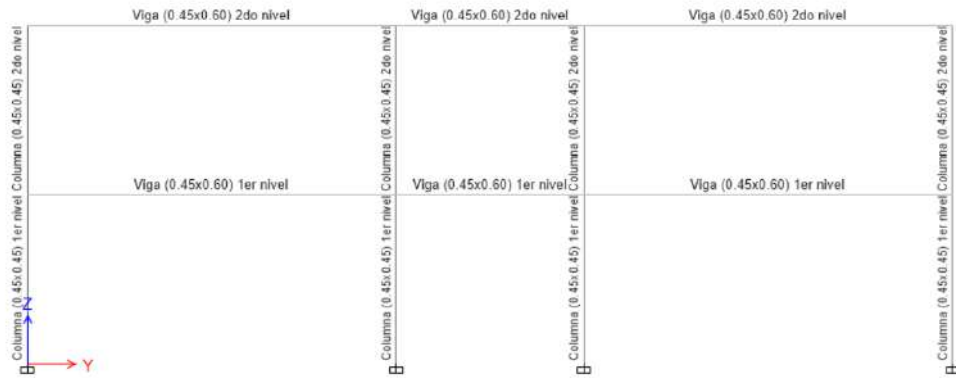


Figura 25. Elevación lateral del módulo.

Fuente: Realizado por el autor.

4.1.4.4 Creación de cargas actuantes a la estructura.

Las cargas actuantes definidos para someter a la estructura son las siguientes:

- Peso Propio (PP): Dead.
- Carga Viva (CV): Live.
- Sobrecarga Permanente (SCP): Super Dead.
- Carga Viva de azotea (CV_azotea): Roof Live.
- Sismo Estático X-X (SISEXT X-X): Seismic.
- Sismo Estático Y-Y (SISEST Y-Y): Seismic.

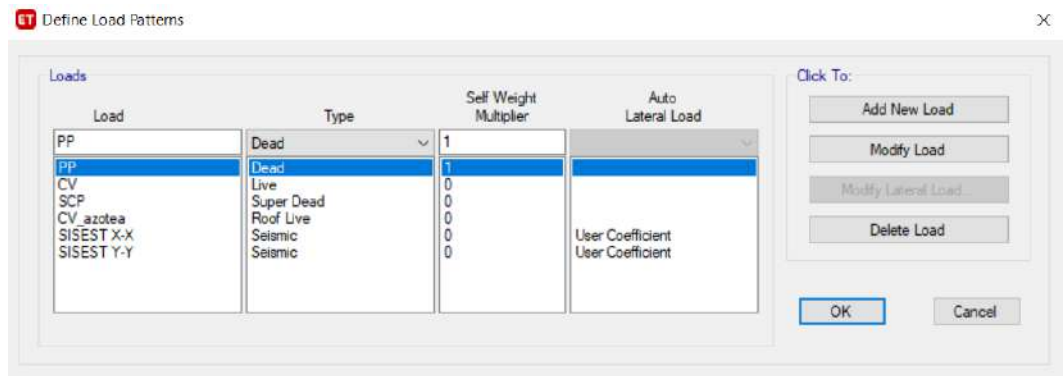


Figura 26. Creación de cargas actuantes.

Fuente: Realizado por el autor.

4.1.4.5 Aplicación de cargas

Los diferentes tipos de cargas que interactúan en la edificación se definen a continuación:

4.1.4.5.1 Peso Propio (PP)

El peso propio de la estructura se determina de modo automático en el cálculo del peso del edificio, el peso propio lo establece la configuración que se realiza de sus elementos estructurales, propiedades de los materiales y sus características, el software lo calcula de forma automática.

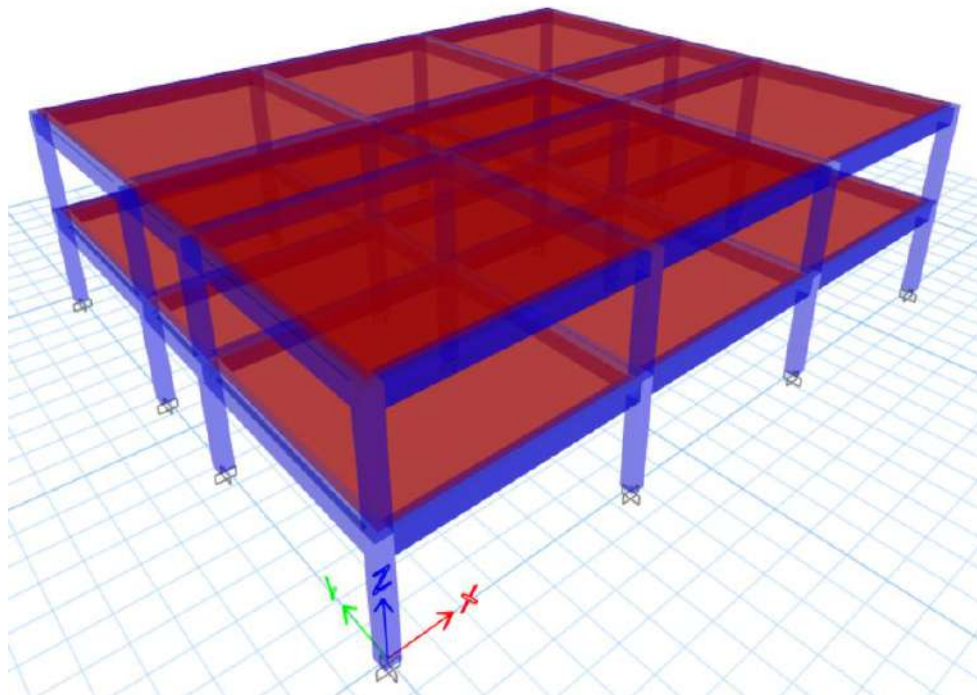


Figura 27. Modelado de la estructura.

Fuente: Realizado por el autor.

4.1.4.5.2 Sobrecarga Permanente (SCP)

La sobrecarga permanente se asigna como una carga externa y es parte del peso propio de la edificación, debido al manejo del programa se les asigna como una carga externa las cuales son:

Peso de muro de albañilería : 1400 kg/m²

Peso de acabados : 100 kg/m²

Peso de ladrillo de techo 0.30x0.30x0.15: : 90 kg/m²

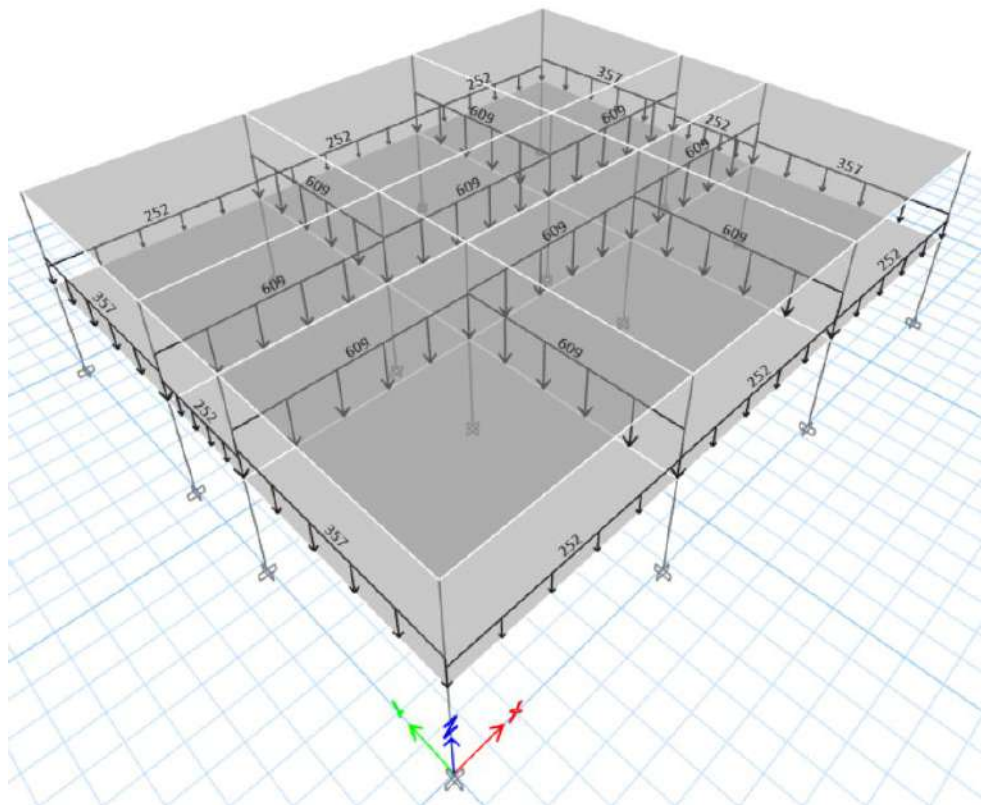


Figura 28. Aplicación de peso de muros de albañilería.

Fuente: Realizado por el autor.

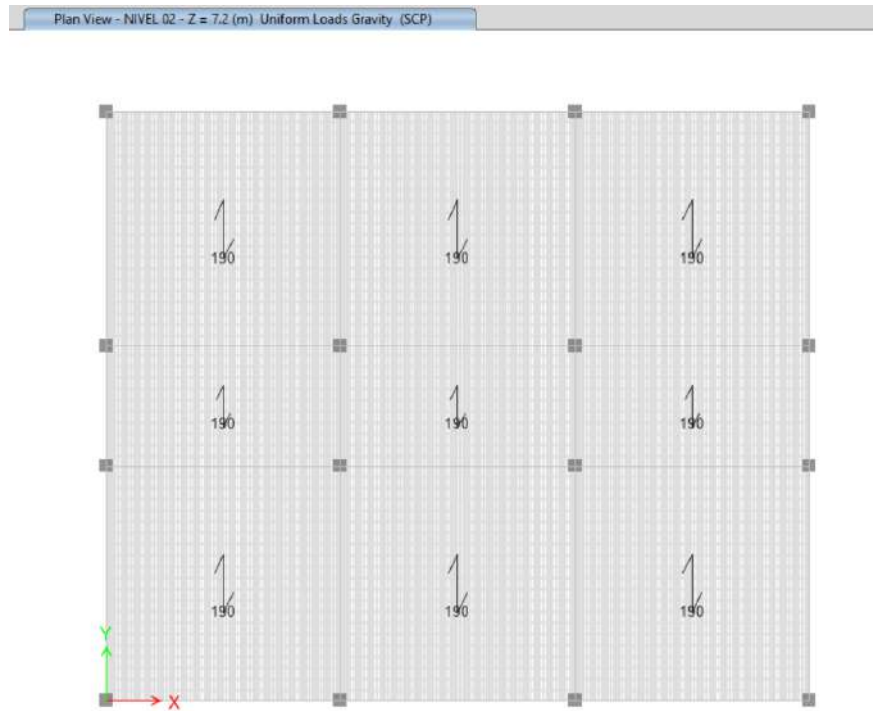


Figura 29. Aplicación de peso de ladrillo y acabados en el primer piso.
Fuente: Realizado por el autor.

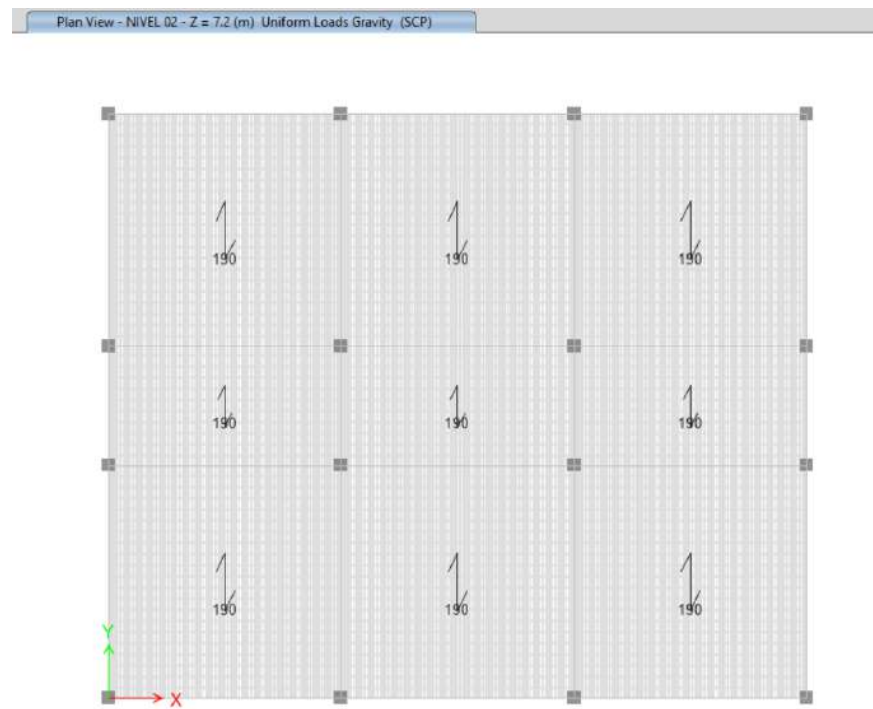


Figura 30. Aplicación de peso de ladrillo y acabados en el segundo piso.
Fuente: Realizado por el autor.

4.1.4.5.3 Carga Viva (CV)

Las cargas vivas son los pesos móviles que descansan sobre la losa de una edificación tales como: peso de las personas y todo peso que sea móvil.

La carga viva que se asigna a la edificación es de acuerdo al uso que presenta, en este caso asignaremos cargas de acuerdo al servicio educativo.

Aulas : 250 kg/m²

Corredores y escaleras : 400 kg/m²

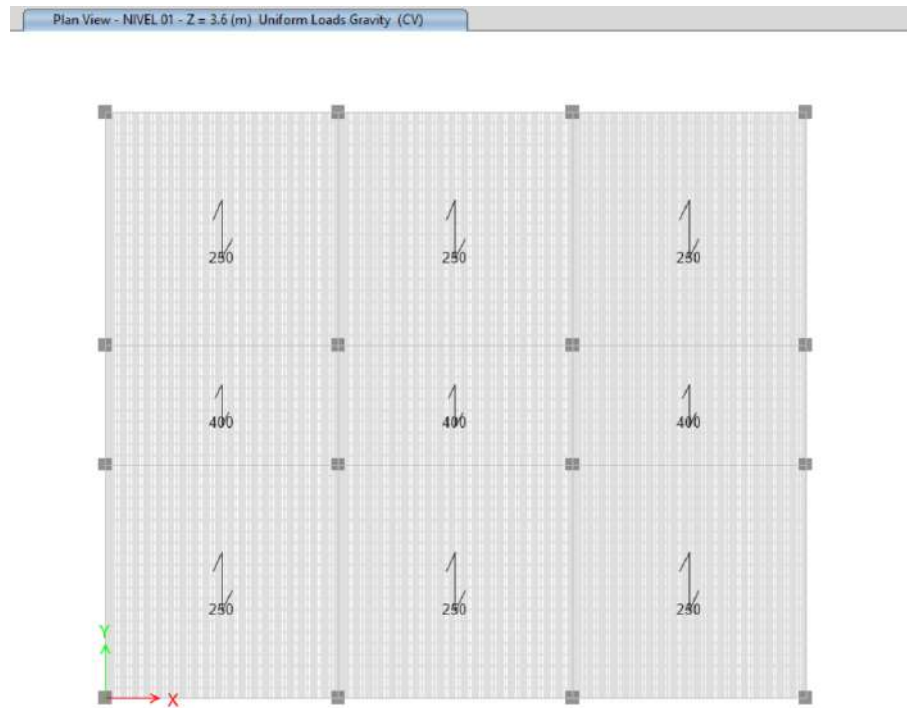


Figura 31. Aplicación de carga viva en el primer nivel.

Fuente: Realizado por el autor.

4.1.4.5.4 Carga Viva de Azotea (CVA)

La carga viva que se asigna a la edificación es de acuerdo al uso que presenta, en este caso asignaremos cargas vivas que somete a la estructura en el último nivel como lo estipula la norma E.030.

Carga viva en azotea : 100 kg/m²

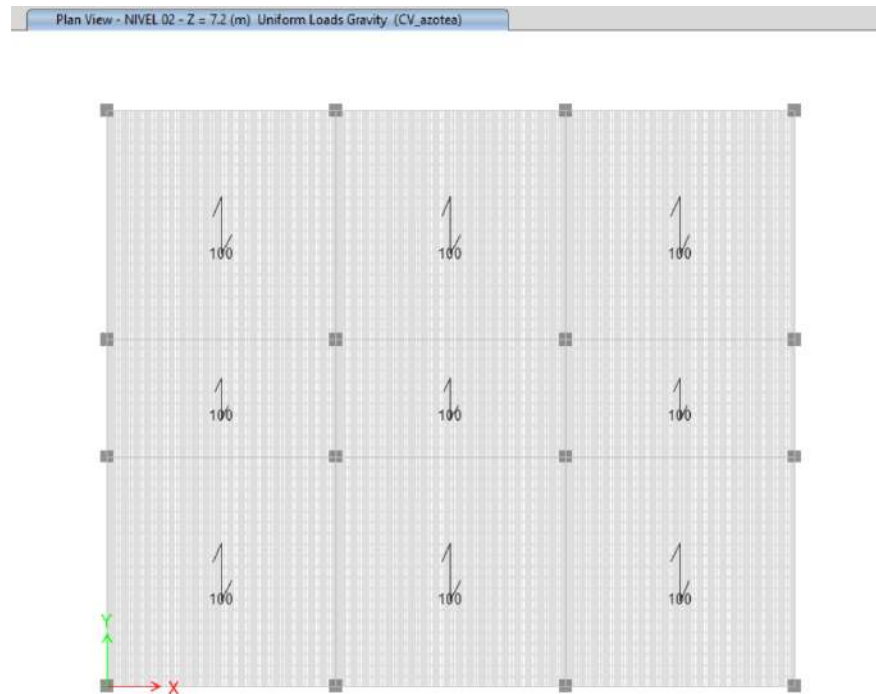


Figura 32. Aplicación de carga viva en la azotea.

Fuente: Realizado por el autor.

4.1.4.6 Empotramiento en la base.

Empotramos los elementos estructurales eso quiere decir que restringimos los movimientos de la edificación en sus tres ejes de análisis.

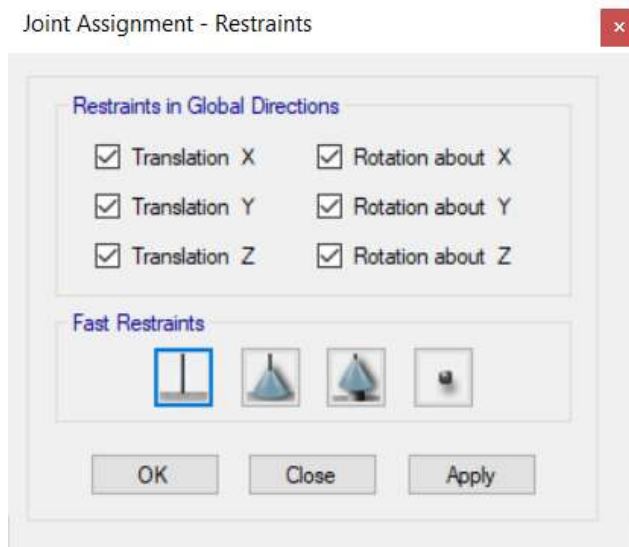


Figura 33. Asignamos restricción de empotramiento a las columnas.
Fuente: Realizado por el autor.

4.1.4.7 Creación del peso de la estructura.

El peso se calcula aumentando al peso propio una fracción de la carga viva.

La edificación se encuentra dentro de la categoría A por ello se debe considerar el 50% CV y el 25% CVA, según está estipulado en el RNE.

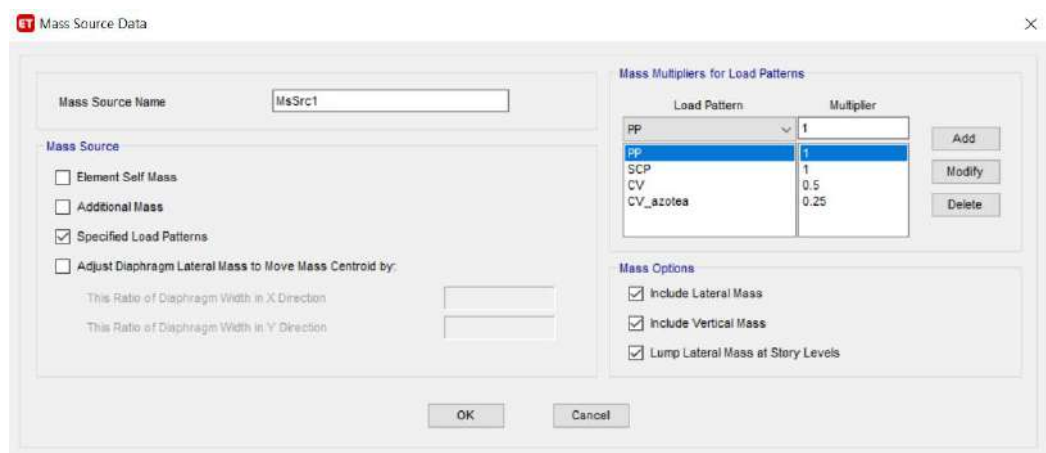


Figura 34. Creación del peso de la edificación.
Fuente: Realizado por el autor.

4.1.4.8 Aplicación de brazos rígidos.

En las estructuras las intersecciones de vigas y columnas se consideran nodos rígidos y para la aplicación de brazos rígidos al modelo consideraremos un 50% de rigidez debido a la antigüedad de la edificación existente.

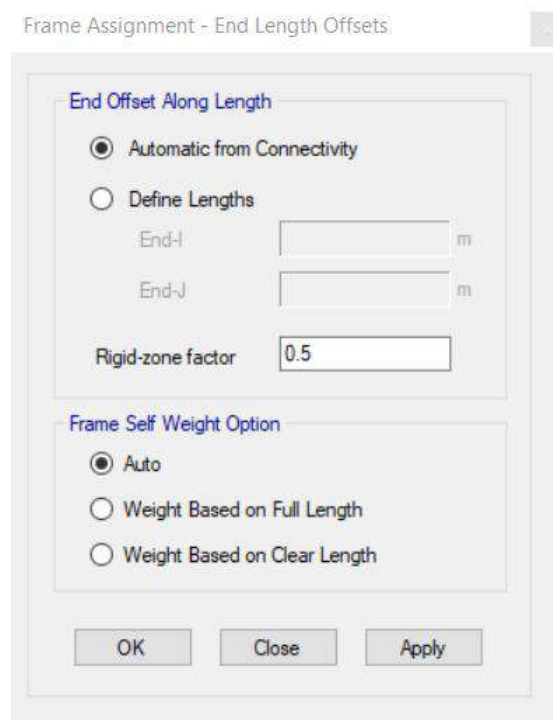


Figura 35. Asignación de brazos rígidos.

Fuente: Realizado por el autor.

4.1.4.9 Aplicación de diafragmas.

Asignamos los diafragmas rígidos a la edificación idealizada en el software ETABS para cada nivel.

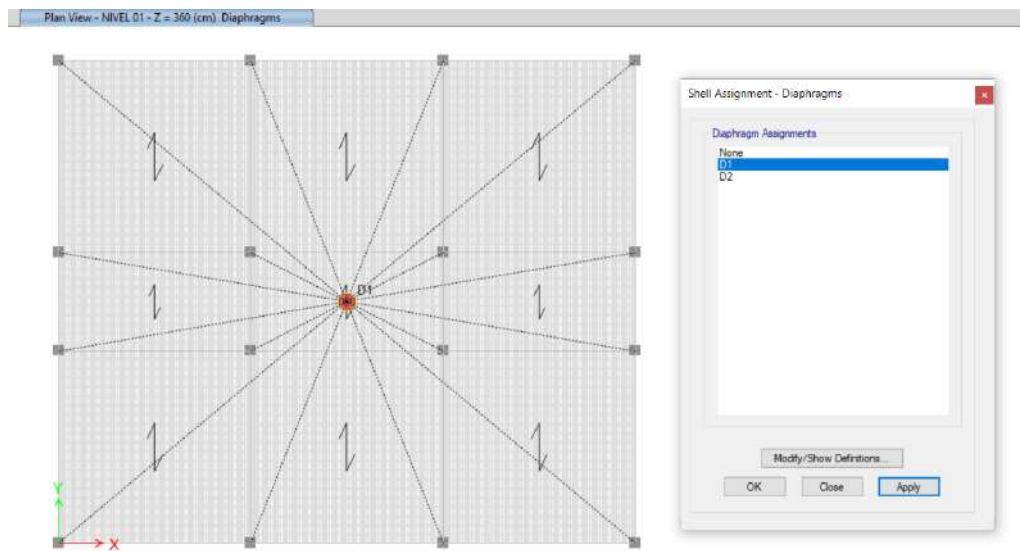


Figura 36. Aplicación de diafragma al primer nivel.
Fuente: Realizado por el autor.

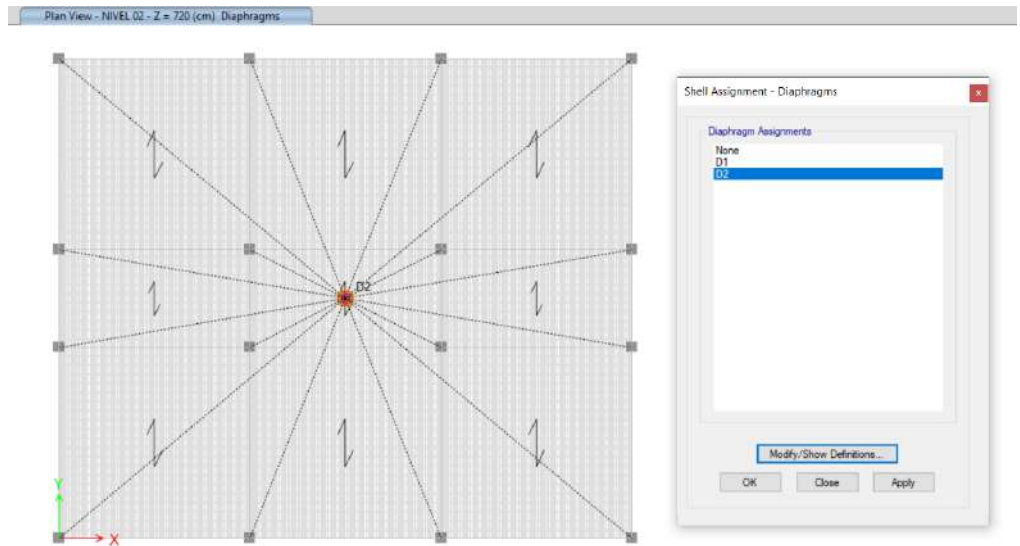


Figura 37. Aplicación de diafragma al segundo nivel.
Fuente: Realizado por el autor.

4.1.4.10 Modos de vibración y masas participativas.

Los modos alrededor del eje X y Y son traslacionales y el modo alrededor del eje Z es rotacional.

Tabla 13. Modos de vibración.

Modos	Periodo (S)	UX	UY	UZ	Suma UX	Suma UY	Suma UZ	RX	RY	RZ
1	0.442	0.910	0.000	0.000	0.910	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000
2	0.429	0.000	0.914	0.000	0.910	0.914	0.000	0.009	0.000	0.000
3	0.386	0.000	0.000	0.000	0.910	0.914	0.000	0.000	0.000	0.913
4	0.157	0.091	0.000	0.000	1.000	0.914	0.000	0.000	0.046	0.000
5	0.156	0.000	0.086	0.000	1.000	1.000	0.000	0.066	0.000	0.000
6	0.139	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.087
7	0.057	0.000	0.000	0.371	1.000	1.000	0.371	0.000	0.000	0.000
8	0.056	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	0.371	0.000	0.096	0.000
9	0.054	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	0.371	0.048	0.000	0.000
10	0.054	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	0.371	0.000	0.000	0.000
11	0.048	0.000	0.000	0.242	1.000	1.000	0.613	0.000	0.000	0.000
12	0.048	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	0.613	0.519	0.000	0.000

Fuente: Realizado por el autor.

De la tabla 13, se muestra en el modo primero, la traslación en X predomina, ya que tiene el valor más alto, por lo que el período es de 0.442 s para el eje X. En el modo segundo, la traslación en Y es la que predomina, dado que es el valor más grande, lo que implica que el período es de 0.429 s para el eje Y. En el modo tercero, la rotación en Z es la más significativa, ya que tiene el mayor valor, y el período de rotación es de 0.386 s en Z.

4.1.4.11 Verificación de las Irregularidades.

4.1.4.11.1 Irregularidades estructurales en Altura (I_A)

4.1.4.11.1.1 Irregularidad de Rigidez – Piso blando

El requisito se cumple cuando la rigidez lateral de un entrepiso es menor al 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediatamente superior, o bien cuando es inferior al 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes.

El requisito se cumple cuando: $K_i < 70\% K_{(i+1)}$.

Tabla 14. Resultados de rigidez de la estructura.

Story	K_i (tonf/m)	$0.70K_{i+1}$ (tonf/m)	Condición
NIVEL 2	13676.963		
NIVEL 1	20841.078	9573.8741	REGULAR

Fuente: Realizado por el autor.

De la tabla 14, se obtienen los resultados de la rigidez de cada nivel y realizando el cálculo correspondiente se obtuvo que el valor solicitado que resulta en el nivel 1 no inferior al 70% del valor solicitado en el nivel 2, entonces se verifica que no está cumpliendo el requisito, le corresponde $I_a=1$.

4.1.4.11.1.2 Irregularidades de resistencia - Piso débil

El requisito se cumple cuando las fuerzas cortantes en un entrepiso son inferiores al 80% de la resistencia del entrepiso inmediatamente superior.

El requisito se cumple cuando: $R_i < 80\% R_{i+1}$

Tabla 15. Resultados de resistencia de la estructura.

Story	R_i (tonf)	$0.80 * R_{i+1}$ (tonf)	Condición
NIVEL 2	78.568		
NIVEL 1	137.0587	62.8544	REGULAR

Fuente: Realizado por el autor.

De la Tabla 15, se obtienen los valores de resistencia de los niveles. Tras realizar el cálculo correspondiente, se determinó que la rigidez en el nivel 1 no es inferior al 80% de la resistencia en el nivel 2. Por lo tanto, se concluye que no se cumple la condición para irregularidad de resistencia, y le corresponde el factor de $Ia = 1$.

Tabla 16. Resultados de piso débil de la estructura.

Story	R_i (tonf)	$0.8 * R_{i+1}$ (tonf)	Condición
NIVEL 2	80.4180		
NIVEL 1	141.4231	64.3344	REGULAR

Fuente: Realizado por el autor.

De la Tabla 16, se obtienen los resultados de resistencia de cada nivel. Al realizar los cálculos correspondientes, se determinó que la rigidez en el nivel 1 no es inferior al 80% de la resistencia en el nivel 2. Por lo tanto, se concluye que no se cumple el requisito, y se mantiene el factor de $Ia = 1$.

4.1.4.11.1.3 Irregularidad extrema de rigidez

Se concluye que no existe debido a que no existe irregularidad de rigidez.

4.1.4.11.1.4 Irregularidad extrema de resistencia

Se concluye que no existe debido a que no existe irregularidad de resistencia.

4.1.4.11.1.5 Irregularidad de masa o peso

Se considera cuando el peso de un nivel es superior a 1,5 veces el peso de un nivel adyacente. Este criterio no aplica a azoteas ni a sótanos.

El requisito se cumple cuando: $P_i > 1.5P_{i+1}$.

Tabla 17. Resultados de masa de la estructura.

Story	P_i (tonf)	$1.5 P_{i+1}$ (tonf)	Condición
NIVEL 2	337.5441		
NIVEL 1	463.9041	506.31615	REGULAR

Fuente: Realizado por el autor.

De la tabla 17, se muestra que se obtuvieron los valores de peso de cada piso y realizando el cálculo correspondiente se obtuvo que el peso en el nivel 1 es menor que 1.5 el peso del entrepiso del nivel 2, entonces se mantiene el valor de $Ia = 1$.

4.1.4.11.1.6 Irregularidad geometría vertical

Existe irregularidad geométrica vertical cuando la acotación en planta de la estructura en un piso es superior que 1.3 veces la acotación en un piso adyacente. Este criterio no aplica en azoteas ni en sótanos.

Se concluye que no existe debido a que la estructura es de dos niveles y todos sus elementos son continuos.

4.1.4.11.1.7 Discontinuidad de los sistemas resistentes

Se considera que se produce cuando, en cualquiera de las partes estructurales resista más del 10% de la carga de corte y presenta una desviación vertical. Esto puede ser causado por un cambio en la orientación o un movimiento del eje que sea mayor al 25% de la sección que corresponde al componente estructural.

Se concluye que no existe debido a que no existe desviación vertical por una alteración de dirección debido a una desviación del eje, todos los elementos son continuos en todas las direcciones.

4.1.4.11.1.8 Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes

Se concluye que no se produce debido a que no existe irregularidad de los sistemas resistentes.

4.1.4.11.2 Irregularidades estructurales en Planta (I_p)

4.1.4.11.2.1 Irregularidad torsional

Se presenta irregularidad de torsión en el momento en que el desplazamiento máximo es mayor que 1.3 veces el desplazamiento promedio de la estructura.

El requisito se cumple cuando: $D_{m\acute{a}ximo} > 1.3 D_{promedio}$

$$\frac{D_{m\acute{a}ximo}}{D_{promedio}} = Ratio > 1.3$$

Tabla 18. Resultados de torsión en X-X.

Story	Output Case	Step Type	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Condición
NIVEL 2	SISDIN X-X	Max	Diaph D2 X	0.00163	0.00159	1.02	REGULAR
NIVEL 1	SISDIN X-X	Max	Diaph D1 X	0.00187	0.00182	1.02	REGULAR

Fuente: Realizado por el autor.

De la tabla 18, se obtiene que el valor es inferior a lo establecido, y se llega a la conclusión de que no existe esta irregularidad, debido a lo cual se establece al factor de irregularidad $I_p = 1$.

Tabla 19. Resultados de torsión en Y-Y.

Story	Output Case	Step Type	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Condición
NIVEL 2	SISDIN Y-Y	Max	Diaph D2 Y	0.00161	0.00155	1.02	REGULAR
NIVEL 1	SISDIN Y-Y	Max	Diaph D1 Y	0.00190	0.00184	1.02	REGULAR

Fuente: Realizado por el autor.

De la tabla 19, se obtiene que el valor es inferior a lo establecido, se llega a la conclusión de que no existe esta irregularidad, debido a lo cual se establece al factor de irregularidad $I_p = 1$.

4.1.4.11.2.2 Irregularidad Torsional Extrema

Se concluye que no existe debido a que no existe irregularidad torsional.

4.1.4.11.2.3 Esquinas entrantes

Se produce cuando la longitud en ambos ejes del plano es superior al 20% que la longitud total.

Se concluye que no existe debido a que la estructura tiene la forma rectangular.

4.1.4.11.2.4 Discontinuidad del diafragma

Se presenta cuando los diafragmas tienen discontinuidades significativas en rigidez. Esto incluye aberturas que superan el 50% del área bruta del diafragma.

Se concluye que no existe este tipo de irregularidad de discontinuidad como resultado de que no existen aberturas en la estructura.

4.1.4.11.2.5 Sistemas no Paralelos

Existe este tipo cuando los componentes que resisten las cargas horizontales no son paralelos.

Se concluye que no existe debido a que los elementos son paralelos entre sí.

4.1.4.11.3 Factores de irregularidad en I_a y I_p

Los valores de irregularidades se encuentran en la tabla siguiente:

Tabla 20. Resultados de variables en altura y planta.

VARIABLES DE ALTURA (I_a) Y PLANTA (I_p)			
DESCRIPCIÓN DE I_a	I_a	DESCRIPCIÓN DE I_p	I_p
Irregularidad de Rigidez	1.0	Irregularidad Torsional	1.0
Irregularidad de Resistencia	1.0	Irregularidad Torsional Extrema	1.0
Irregularidad Extrema de Rigidez	1.0	Esquinas Entrantes	1.0
Irregularidad Extrema de Resistencia	1.0	Discontinuidad del Diafragma	1.0
Irregularidad de Masa	1.0	Sistemas no Paralelos	1.0
Irregularidad Geométrica Vertical	1.0		
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	1.0		
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	1.0		
I_a	1.0	I_p	1.0

Fuente: Realizado por el autor.

4.1.4.12 Análisis Sísmico Estático.

Los datos extraídos están establecidos en el estudio de mecánica de suelos del expediente técnico, donde se han determinado los parámetros sísmicos para realizar el análisis sísmico de la estructura que definiremos a continuación:

4.1.4.12.1 Factor de zona (Z)

El factor de zona es un valor que depende de la ubicación del proyecto donde se encuentra la edificación basados en el peligro sísmico que cada zona del Perú representa.



Figura 38. Mapa de zonificación sísmica del Perú.

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E.030.

Tabla 21. Factores de zona.

FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E.030.

Entonces de acuerdo al mapa de zonificación sísmica peruana, vemos que nuestra investigación de encuentra en la zona 4, correspondiéndole el valor de 0.45 según el RNE.

4.1.4.12.2 Parámetros de Sitio (S , T_P , T_L)

El valor S está condicionado tanto de la estratigrafía como del lugar del proyecto en la que se ubica la edificación. La categorización se realiza en función de la rapidez media de transmisión de ondas cortantes que se producen en el suelo.

Tabla 22. Factores de suelo.

FACTOR DE SUELO "S"				
ZONA-SUELO	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z_3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z_2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z_1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E.030.

El suelo donde se encuentra nuestra investigación en el distrito de Huaral y el estudio de mecánica de suelos indica un suelo rígido. Entonces como la estratigrafía del lugar es un S_1 y la zona es Z_4 , el valor de S es de 1.00.

Tabla 23. Factores de sitio.

PERIODOS " T_P " Y " T_L "				
	S_0	S_1	S_2	S_3
T_P (S)	0.30	0.40	0.60	1.00
T_L (S)	3.00	2.50	2.00	1.60

Fuente: Norma E.030 de diseño sismorresistente.

Los coeficientes resultantes de T_P y T_L son de 0.4 y 2.5 segundos.

4.1.4.12.3 Amplificación sísmica (C)

La amplificación sísmica será dependiente del periodo de la estructura (T), al igual que las variables de T_P y T_L , que se relacionan al tipo de estratigrafía.

$T < T_P$	$C = 2,5$
$T_P < T < T_L$	$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right)$
$T > T_L$	$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)$

Donde:

T : Periodo fundamental de la estructura.

T_P : Periodo que define la plataforma del factor C.

T_L : Periodo que define el inicio de la zona del factor C.

El periodo de nuestra estructura resultó para $T_x=0.442$ y $T_y= 0.429$, entonces realizando el cálculo correspondiente nos resulta un factor de amplificación sísmica en el eje X-X de 2.2624 y en el eje Y-Y de 2.3310.

4.1.4.12.4 Factor de Uso (U)

De acuerdo con el reglamento nacional de edificaciones, las construcciones se dividen en cuatro grupos, como se muestra a continuación:

Tabla 24. Categorías de edificación.

CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud	Ver nota 1
A Edificaciones Esenciales	<p>A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1 - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicación. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado. 	1.50

B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1.30
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1.00
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E.030.

La edificación en estudio es un módulo de aulas debido a ello está dentro del grupo A donde se encuentran edificaciones esenciales como instituciones educativas con un factor de 1.50 siendo este valor nuestro factor de uso.

4.1.4.12.5 Coeficiente básico de reducción (Ro)

El factor de reducción se basa en la configuración estructural de la edificación y se divide de acuerdo a los elementos estructurales que se usan en los ejes que se analizan, los valores se encuentran en la tabla siguiente.

Tabla 25. Sistemas estructurales.

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción R_o (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7(**)

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E.030.

La resistencia sísmica de nuestra edificación está dada por pórticos, en ella está el 100% de las cargas de corte en la parte inferior correspondiéndole un factor de $R_o=8.00$.

El valor de reducción sísmica se encuentra relacionado con las irregularidades en planta y en altura, valores ya calculados anteriormente, y queda de la siguiente manera:

$$R = R_o \times I_a \times I_p$$

Esta estructura no muestra irregularidades en altura ni tampoco en planta, asumiendo como factores de irregularidad de $I_a = 1.00$ y $I_p = 1.00$.

Entonces, nuestro factor de reducción de fuerzas mediante sismo R en ambos ejes, queda de la siguiente manera:

$$R = R_0 \times I_a \times I_p$$

$$R = 8 \times 1.00 \times 1.00$$

$$R = 8.00$$

En consecuencia, de que no existen irregularidades en la edificación nuestro R finalmente es de 8.00.

4.1.4.13 Verificación del análisis sísmico estático.

4.1.4.13.1 Peso de la edificación.

El peso de la edificación existente del módulo de aulas modelado en el software ETABS según cada nivel es mostrado en la tabla siguiente.

Tabla 26. Peso de la edificación por nivel.

PESO POR NIVEL	
NIVEL	PESO (tonf)
NIVEL 02	337.5441
NIVEL 01	463.9041
PESO TOTAL	801.4482

Fuente: Realizado por el autor.

4.1.4.13.2 Cargas de corte en la base.

La fuerza que se genera en la parte inferior de la edificación será calculada con la siguiente fórmula.

$$V_{estático} = \frac{Z.U.C.S}{R} \cdot P$$

Se procede a calcular los coeficientes sísmicos de la estructura y se muestran a continuación:

$$C_{X-X} = \frac{0.45 \times 1.50 \times 2.26 \times 1.00}{8.00} = 0.1907$$

$$C_{Y-Y} = \frac{0.45 \times 1.50 \times 2.33 \times 1.00}{8.00} = 0.1966$$

Se procede a hallar la fuerza en la parte inferior de la estructura con los coeficientes hallados anteriormente.

$$V_{X-X} = \frac{0.45 \times 1.50 \times 2.26 \times 1.00}{8.00} \times 801.448 = 152.826 \text{ Ton}$$

$$V_{Y-Y} = \frac{0.45 \times 1.50 \times 2.33 \times 1.00}{8.00} \times 801.448 = 157.560 \text{ Ton}$$

El coeficiente que resulta de dividir C/R no debe ser inferior a 0.11, según lo estipulado en el RNE.

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

$$0.28 \geq 0.11 \text{ (cumple)}$$

Finalmente, las fuerzas calculadas en la parte inferior para los dos ejes de análisis resultaron de la manera siguiente.

Tabla 27. Fuerza en la base de la estructura.

Dirección	Vestático (Tonf)
XX	152.826
YY	157.560

Fuente: Realizado por el autor.

4.1.4.13.3 Distribución de la fuerza sísmica en altura

Las cargas laterales por piso de la estructura, para los dos ejes tanto en X-X e Y-Y se calculan con la ecuación siguiente:

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

Donde:

F_i : Fuerza en cualquier nivel.

V : Cortante basal.

n : Número de pisos del edificio.

k : coeficiente del periodo fundamental.

a) Para $T \leq 0.5$ segundos: $k = 1.00$

Nuestro $T_{x-x} = 0.442 < 0.5$; entonces nuestro es igual a $k=1.00$

Nuestro $T_{y-y} = 0.429 < 0.5$; entonces nuestro es igual a $k=1.00$

b) Para $T \geq 0.5$ segundos: $k = (0.75 + 0.5 T) \leq 2.0$

4.1.4.13.4 Distribución de la fuerza sísmica en el eje X-X.

Tabla 28. Fuerza sísmica en el eje X-X.

Piso	Altura (hi) m	Peso (Pi) Tonf	$P_i (h_i)^k$	α_i	$F_i = \alpha_i \cdot V$ Tonf
Nivel 02	7.20	337.544	2430.32	0.59271	90.679
Nivel 01	3.60	463.904	1670.05	0.40729	62.312
Total	7.20	801.448	4100.37	1.00	152.991

Fuente: Realizado por el autor.

4.1.4.13.5 Distribución de la fuerza sísmica en el eje Y-Y.

Tabla 29. Fuerza sísmica en el eje Y-Y.

Piso	Altura (hi) m	Peso (Pi) Tonf	$P_i (h_i)^k$	α_i	$F_i = \alpha_i \cdot V$ Tonf
Nivel 02	7.20	337.544	2430.32	0.59271	93.427
Nivel 01	3.60	463.904	1670.05	0.40729	64.201
Total	7.20	801.448	4100.37	1.00	157.627

Fuente: Realizado por el autor.

4.1.4.13.6 Asignación de coeficientes estáticos.

En la creación de cargas actuantes creados en el programa de análisis estructural asignamos los coeficientes calculados anteriormente de la edificación en ambos ejes de análisis tanto en el eje X-X como en Y-Y.

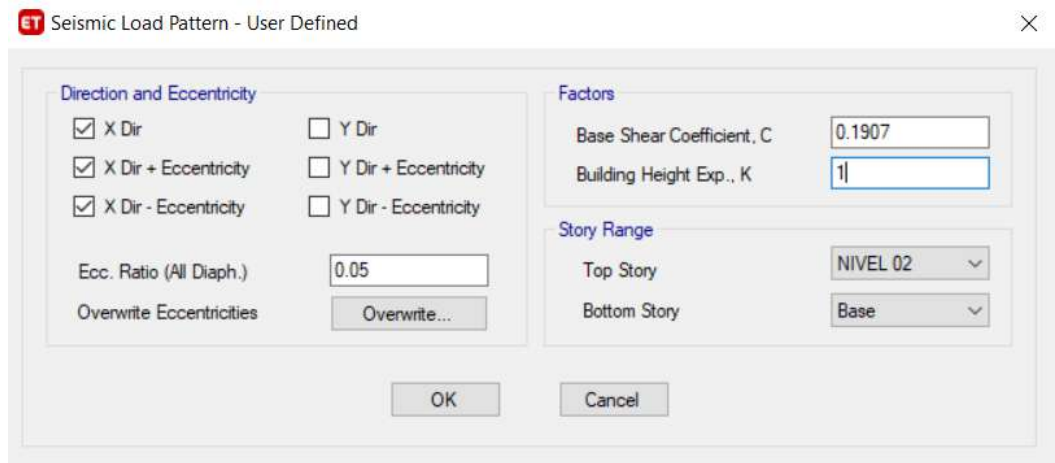


Figura 39. Asignación de sismo estático en X-X.

Fuente: Realizado por el autor.

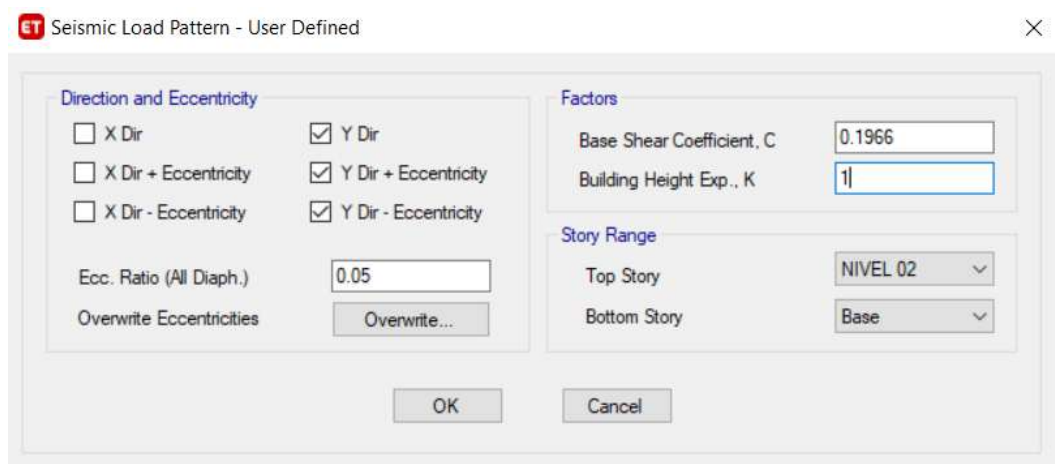


Figura 40. Asignación de sismo estático en Y-Y.

Fuente: Realizado por el autor.

4.1.4.14 Análisis Sísmico Dinámico.

El análisis sísmico dinámico lo realizaremos con los datos obtenidos en el análisis sísmico estático con ello se genera un espectro de respuesta que depende de los parámetros sísmicos establecidos según la norma vigente E.030 del RNE.

4.1.4.14.1 Espectro de respuesta

Es una acción sísmica dinámica de respuesta que se encuentra en función de aceleraciones generadas por un espectro y a la vez se encuentra en función del periodo de la estructura.

Se establecen los espectros en las direcciones X-X e Y-Y de la edificación existente del módulo de aulas, después de establecer los parámetros sísmicos empleados en el análisis estático.

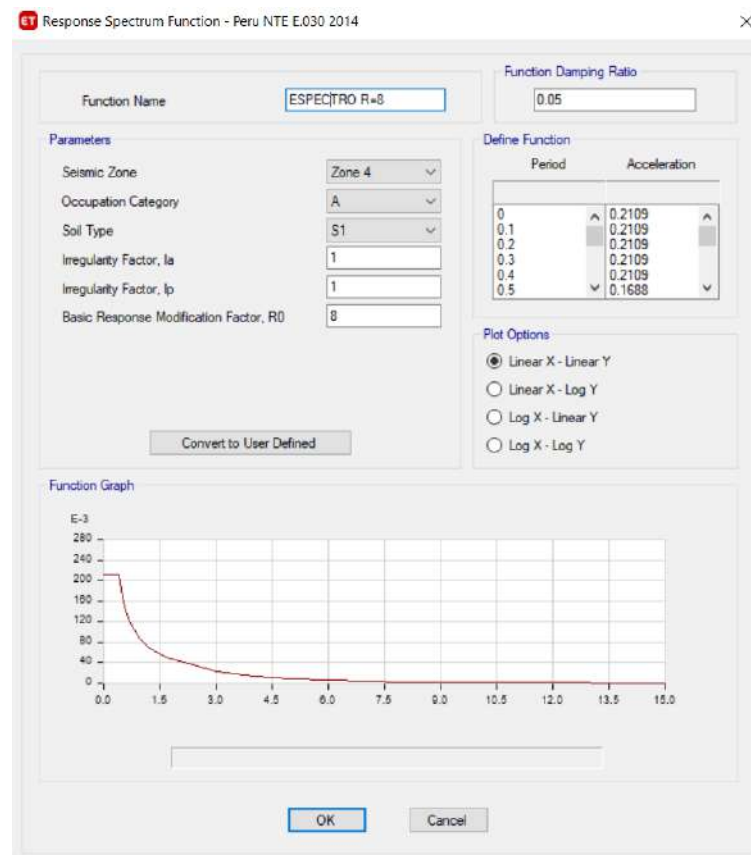


Figura 41. Espectro sísmico dinámico X-X.

Fuente: Realizado por el autor.

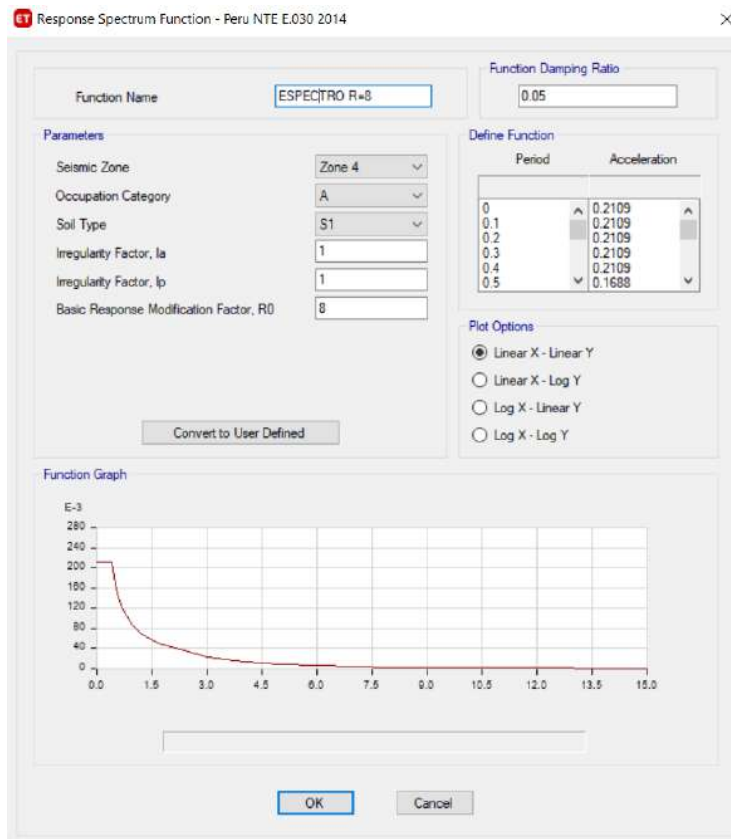


Figura 42. Espectro sísmico dinámico Y-Y.

Fuente: Realizado por el autor.

4.1.4.14.2 Sismo dinámico.

Se procede la creación del sismo dinámico en el programa de análisis estructural ETABS, siendo este una simulación de cómo una estructura responderá a un movimiento sísmico permitiendo realizar este tipo de análisis para evaluar la capacidad de una estructura para resistir las fuerzas sísmicas.

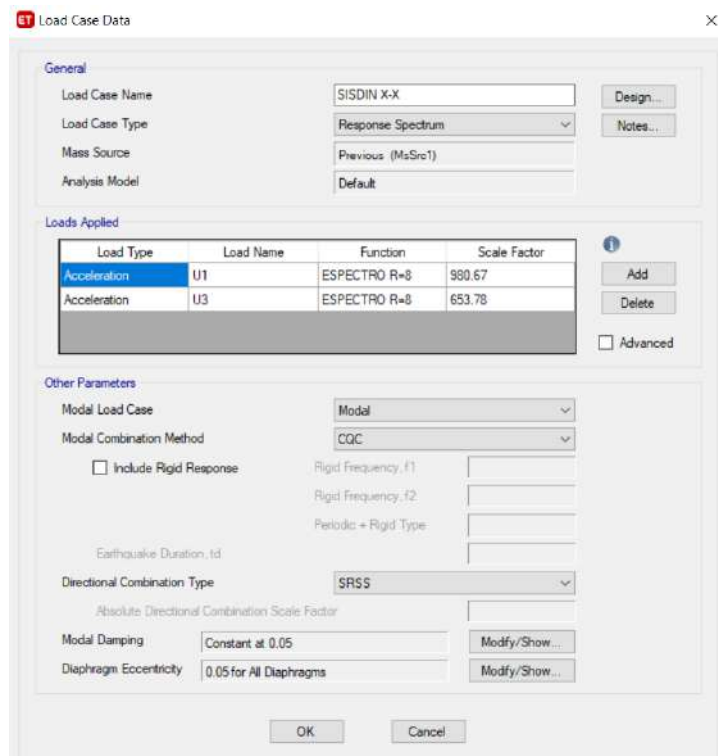


Figura 43. Creación del evento sísmico en X-X.
 Fuente: Realizado por el autor.

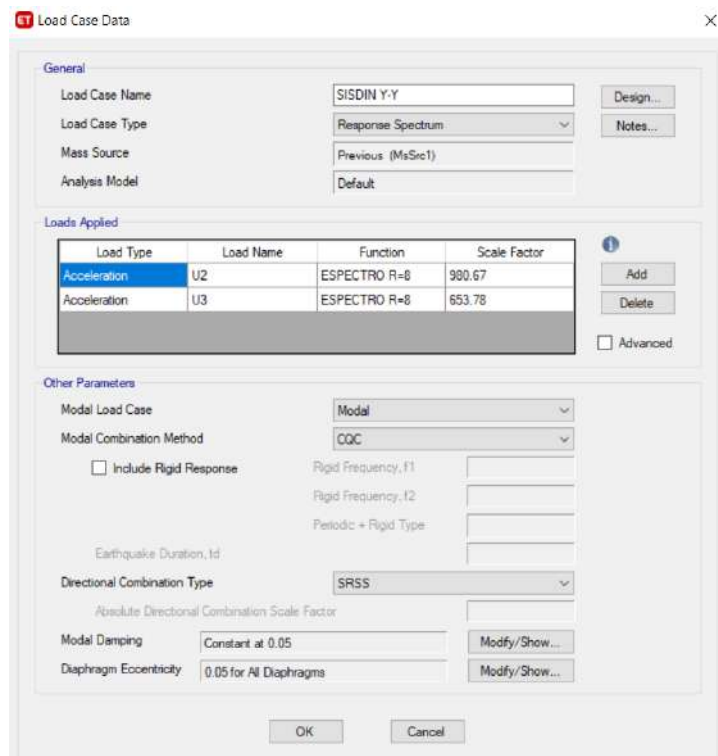


Figura 44. Creación del evento sísmico en Y-Y.
 Fuente: Realizado por el autor.

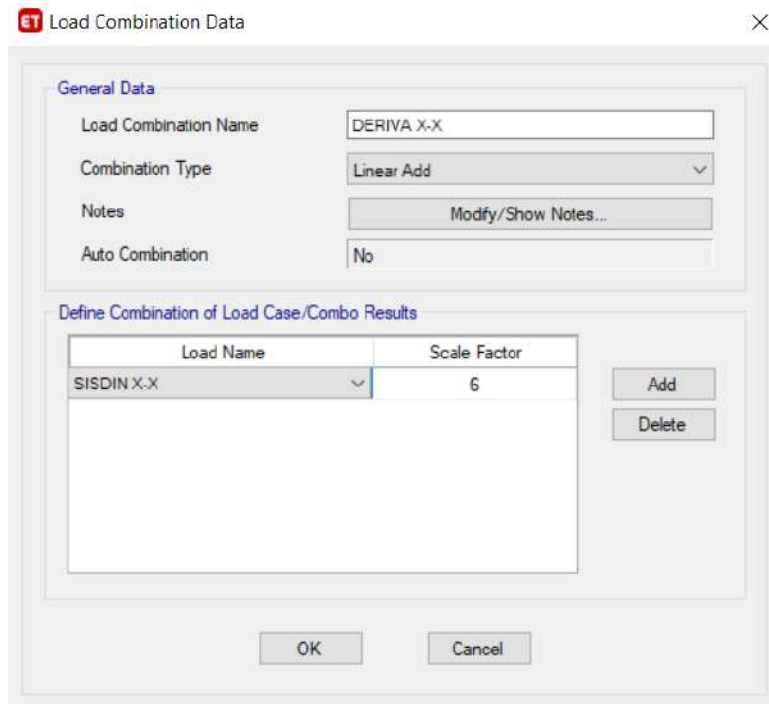


Figura 45. Creación del patrón de distorsión en X-X.
Fuente: Realizado por el autor.

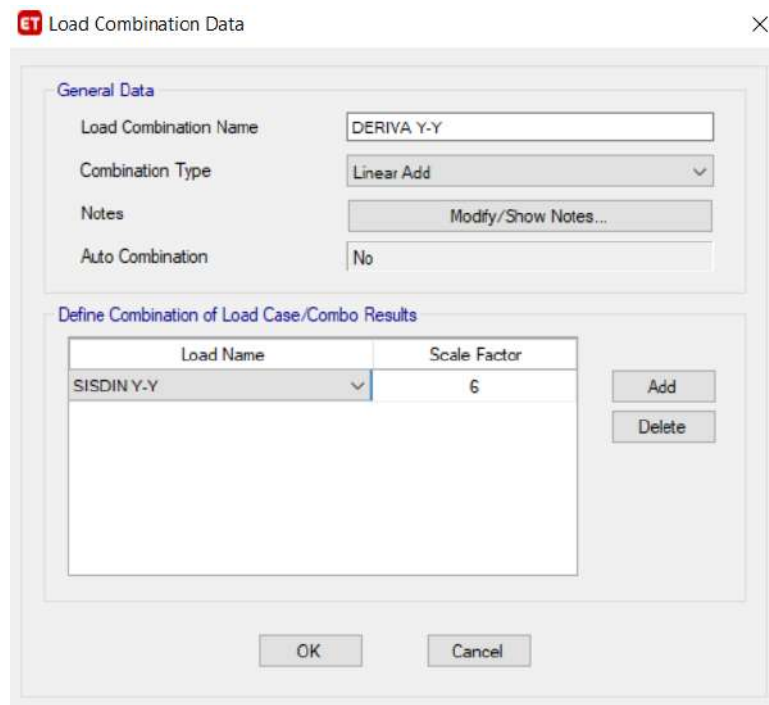


Figura 46. Creación del patrón de distorsión en Y-Y.
Fuente: Realizado por el autor.

4.1.4.15 Desplazamientos laterales relativos de entrepiso.

En las estructuras regulares e irregulares los desplazamientos horizontales se hallan mediante el producto de $0.75 \times R$ los valores del análisis lineal elástico y $0.85 \times R$ los valores del análisis lineal elástico según la Norma E.030.

Posterior al modelamiento se obtuvo los desplazamientos horizontales relativos que se presentan a continuación. Estos desplazamientos no deben superar el límite de distorsión establecida en la siguiente tabla de la Norma Técnica de Diseño Sismorresistente E.030.

Tabla 30. Límites para la distorsión de entrepiso.

LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E.030.

4.1.4.15.1 Distorsión relativa en el eje X-X.

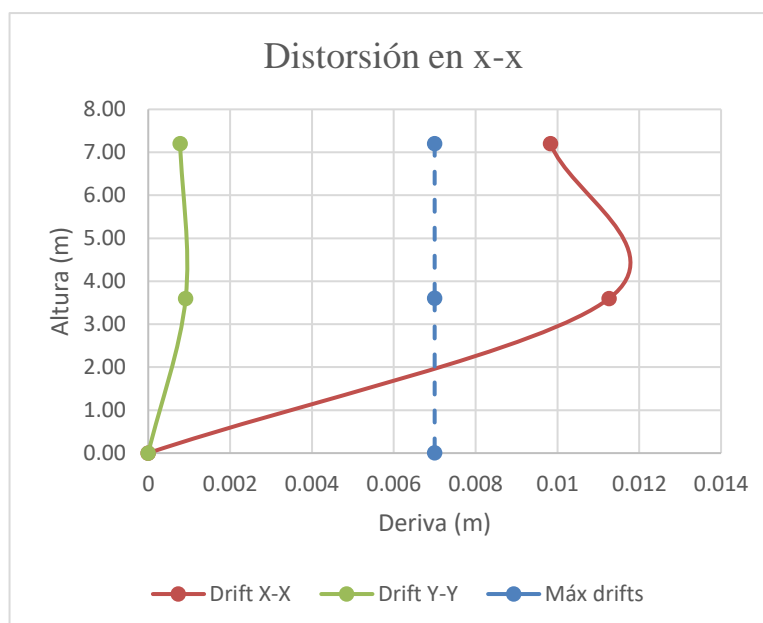


Figura 47. Distorsión relativa en X-X.

Fuente: Realizado por el autor.

De la figura 47, se muestra que el máximo admisible de desplazamiento horizontal en x-x de la edificación no cumple con lo estipulado en la norma E.030 diseño sismorresistente.

Tabla 31. Distorsión relativa en X-X.

Nivel	Elevación H (m)	Drift X-X	Drift Y-Y	Máx drifts
2° Piso	7.20	0.009834	0.000779	0.007
1° Piso	3.60	0.011265	0.000914	0.007
Base	0	0	0	0.007

Fuente: Realizado por el autor.

De la tabla 31, se muestra que las derivas en la dirección X-X no cumplen en lo establecido en la normativa, ya que tiene como máxima distorsión 0.011265 en el primer nivel, siendo mayor que la deriva admisible 0.007.

4.1.4.15.2 Distorsión relativa en el eje Y-Y.

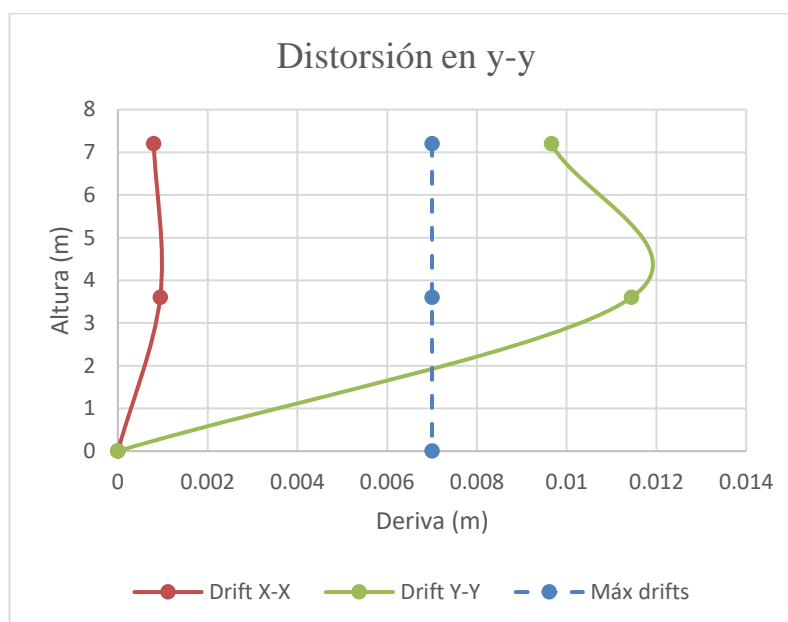


Figura 48. Distorsión relativa en Y-Y.

Fuente: Realizado por el autor.

De la figura 48, se muestra que el máximo admisible de desplazamiento en y-y de la estructura no cumple con lo estipulado en la norma E.030 diseño sismorresistente.

Tabla 32. Distorsión relativa en Y-Y.

Nivel	Elevación H (m)	Drift X-X	Drift Y-Y	Máx drifts
2° Piso	7.20	0.000799	0.009661	0.007
1° Piso	3.60	0.000942	0.011445	0.007
Base	0	0	0	0.007

Fuente: Realizado por el autor.

De la tabla 32, se muestra que las derivas en la dirección Y-Y no cumplen en lo establecido en la normativa, ya que tiene como máxima distorsión 0.011445 en el primer nivel, siendo mayor que la deriva admisible 0.007.

4.1.4.15.3 Distorsiones laterales relativos en X-X y en Y-Y.

Se observa que, en nuestra estructura, la máxima distorsión en el eje X-X es de 0.0112 y en Y-Y es de 0.0114. Por lo tanto, estos valores exceden las derivas máximas establecidos por la norma.

Tabla 33. Distorsión relativa en X-X y en Y-Y.

Pisos	Altura H (m)	Drift X-X	Drift Y-Y	Máx drifts
2° Piso	7.20	0.009834	0.009661	0.007
1° Piso	3.60	0.011265	0.011445	0.007
Base	0	0	0	0.007

Fuente: Realizado por el autor.

Las distorsiones resultantes para los dos ejes de análisis están plasmadas en el siguiente gráfico:

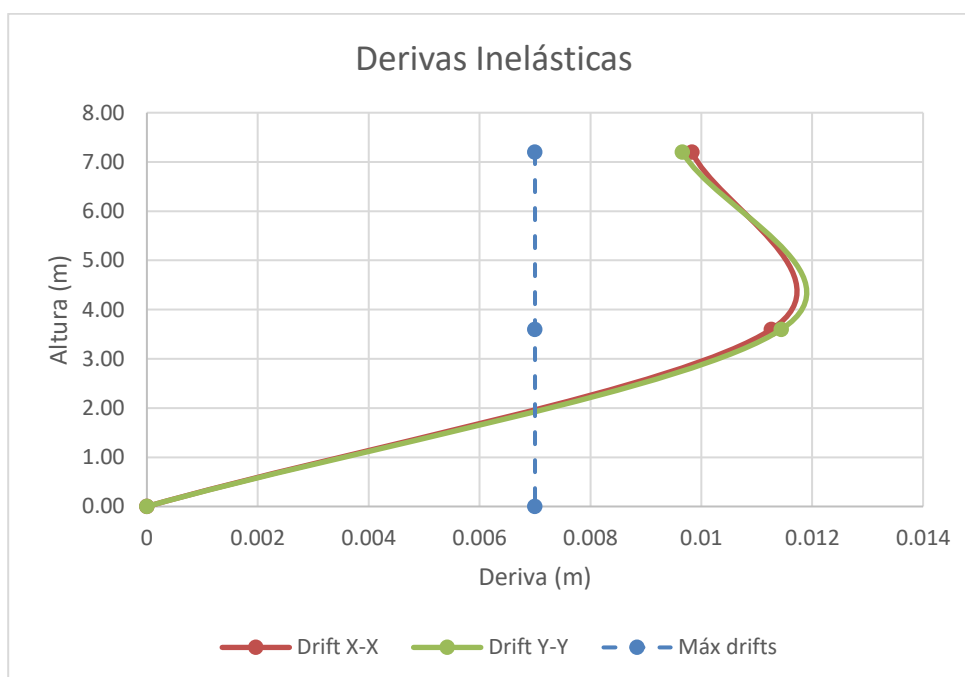


Figura 49. Distorsión relativa en X-X y en Y-Y.

Fuente: Realizado por el autor.

4.1.5 Análisis estático no lineal

Inicialmente la estructura responde de manera elástica, determinada por su rigidez inicial. Sin embargo, a medida que la fuerza aplicada aumenta, los elementos estructurales comienzan a superar el punto de fluencia, lo que provoca una disminución en la rigidez de la edificación. Como resultado, la edificación entra en el rango elástico no lineal, dependiendo de su flexibilidad y ductilidad.

Se acudió a solicitar los resultados de los ensayos de diamantina de la edificación existente, así como también el acero obtenido en los elementos estructurales, datos necesarios para evaluar la estructura.

Tabla 34. Resultados de diamantinas.

Nº	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'C (kg/cm ²)	%	TIPO DE FRACTURA
1	COLUMNA DEL PRIMER NIVEL	210	20.27	3405	168	80%	TIPO 2
2	VIGA DEL PRIMER NIVEL	210	20.27	3476	172	82%	TIPO 3
3	COLUMNA DEL SEGUNDO NIVEL	210	20.27	2936	145	69%	TIPO 2
4	VIGA DEL SEGUNDO NIVEL	210	23.23	3690	182	87%	TIPO 3

Fuente: Realizado por el autor.

Tabla 35. Resultados de escaneo de acero en columnas.

Sección	b (m)	h (m)	Refuerzo
Columna-01	0.45	0.45	4 Ø 3/4" + 4 Ø 1/2"

Fuente: Realizado por el autor.

Tabla 36. Resultados de escaneo de acero en vigas.

Sección	b (m)	h (m)	Refuerzo	
			Superior	Inferior
Viga-101	0.45	0.60	6 Ø 3/4"	6 Ø 3/4"
Viga-201	0.45	0.60	6 Ø 3/4"	6 Ø 3/4"

Fuente: Realizado por el autor.

4.1.5.1 Creación de las secciones de las columnas.

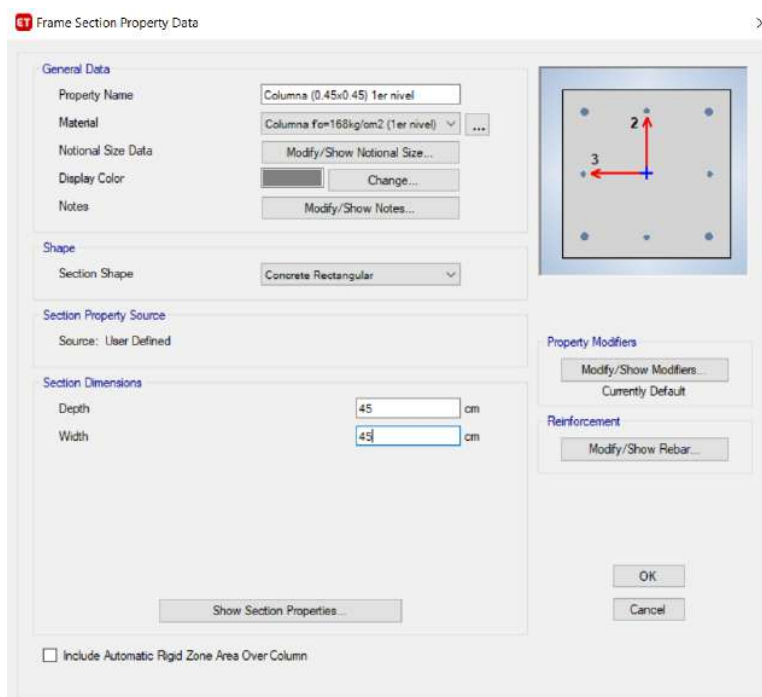


Figura 50. Creación de columna del nivel 01.

Fuente: Realizado por el autor.

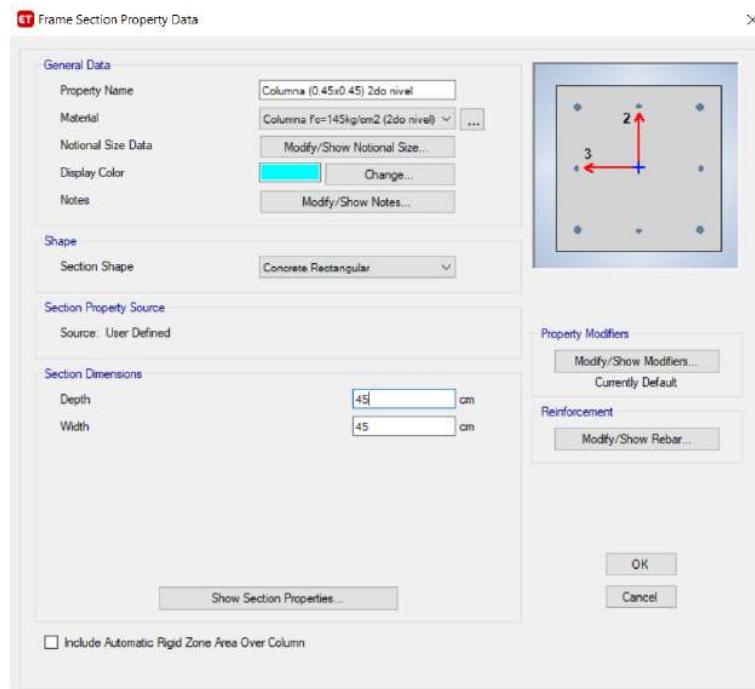


Figura 51. Creación de columna del nivel 02.
Fuente: Realizado por el autor.

4.1.5.2 Creación de las secciones de las vigas.

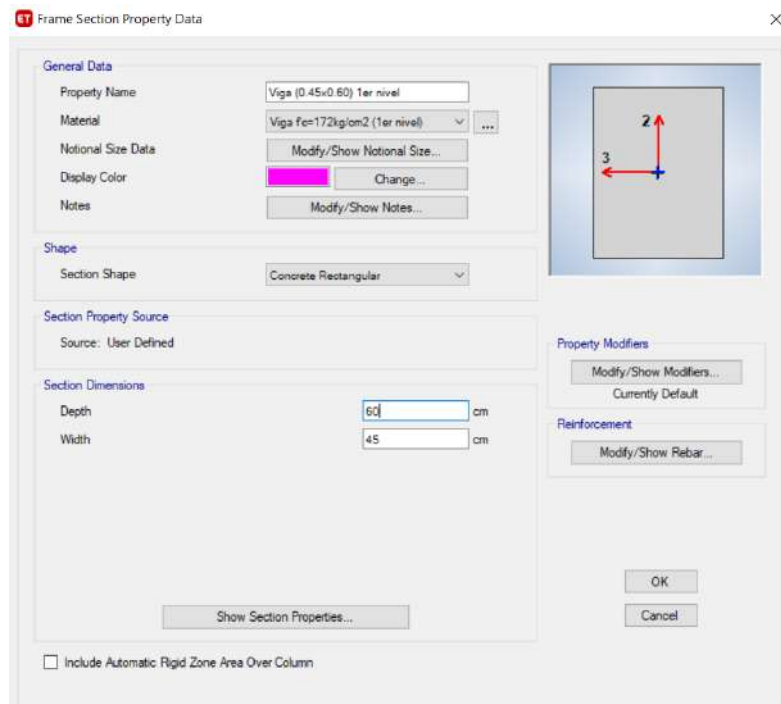


Figura 52. Creación de viga del nivel 01.
Fuente: Realizado por el autor.

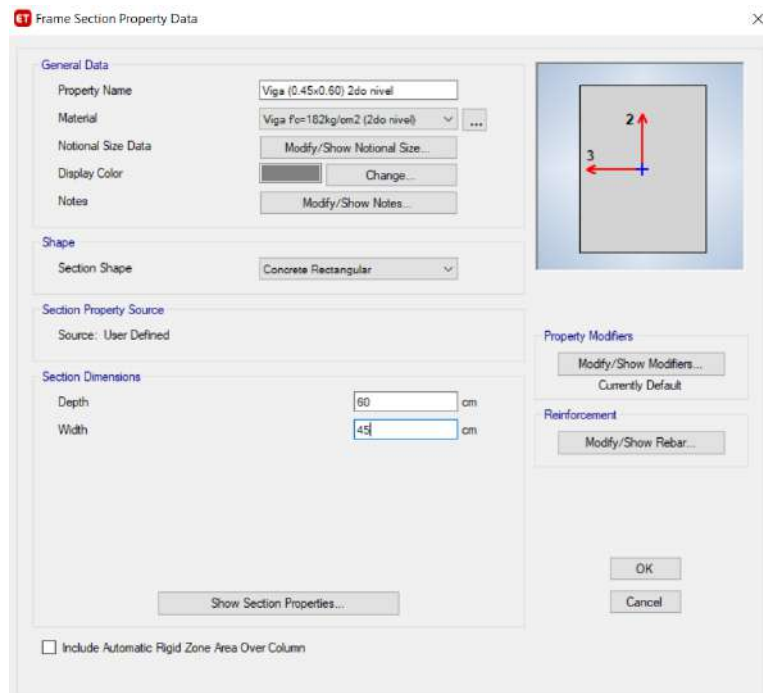


Figura 53. Creación de viga del nivel 02.
Fuente: Realizado por el autor.

4.1.5.3 Distribución de cuantía en columnas.



Figura 54. Distribución de cuantía en columnas del piso 01.
Fuente: Realizado por el autor.

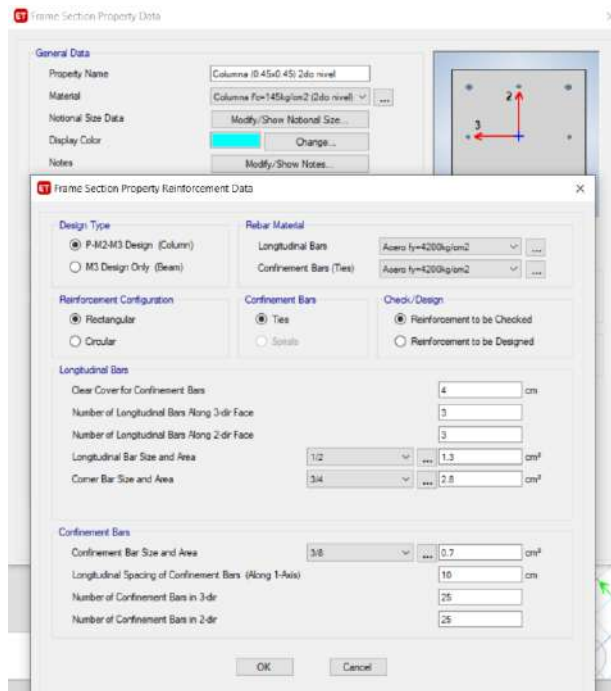


Figura 55. Distribución de cuantía en columnas del piso 02.
Fuente: Realizado por el autor.

4.1.5.4 Aplicación de cuantías en vigas.

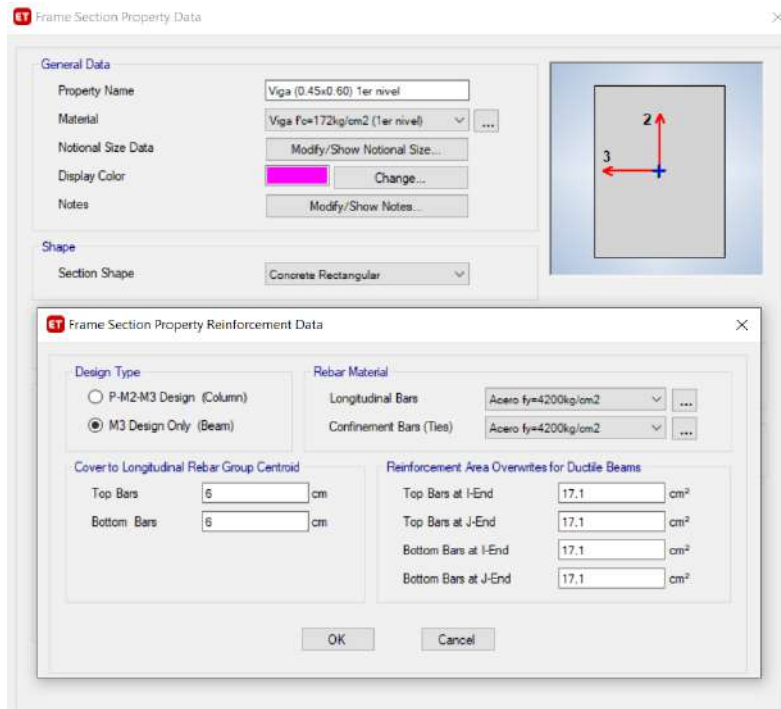


Figura 56. Aplicación de cuantías en vigas del piso 01.
Fuente: Realizado por el autor.

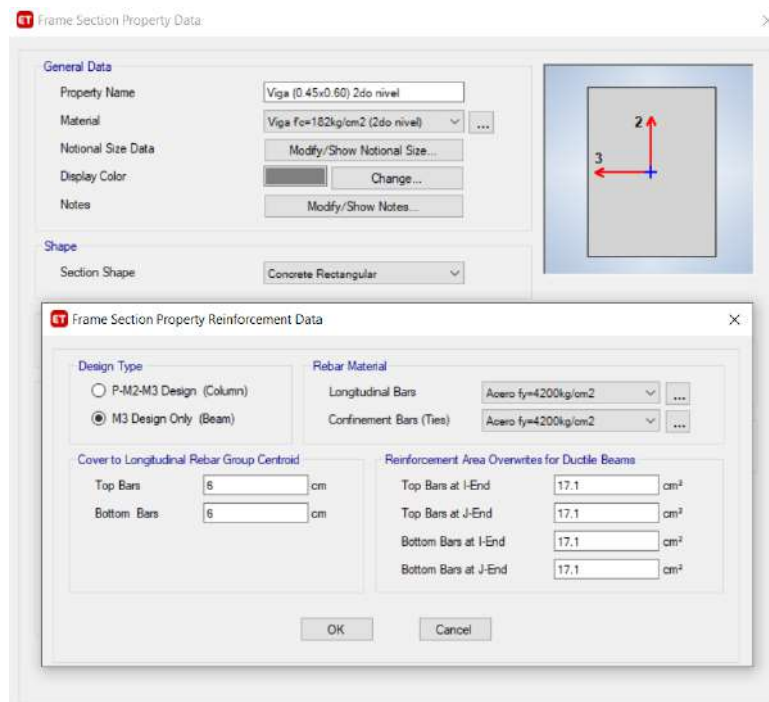


Figura 57. Aplicación de cuantías en vigas del piso 02.

Fuente: Realizado por el autor.

4.1.5.5 Creación de la fuerza gravitacional no lineal.

La secuencia de aplicación de cargas comienza con una condición de fuerza de gravedad dentro del rango de la no linealidad, lo que genera una respuesta elástica inicial de la estructura, asociada a su rigidez inicial. A medida que la carga aumenta, los elementos de soporte alcanzan su punto de fluencia, provocando la disminución en su rigidez y permite que la edificación entre en el periodo inelástico.

Para el caso de carga gravitacional no lineal se considera un 100% de CM y un 50 % de CV para instituciones educativas que es nuestro caso.

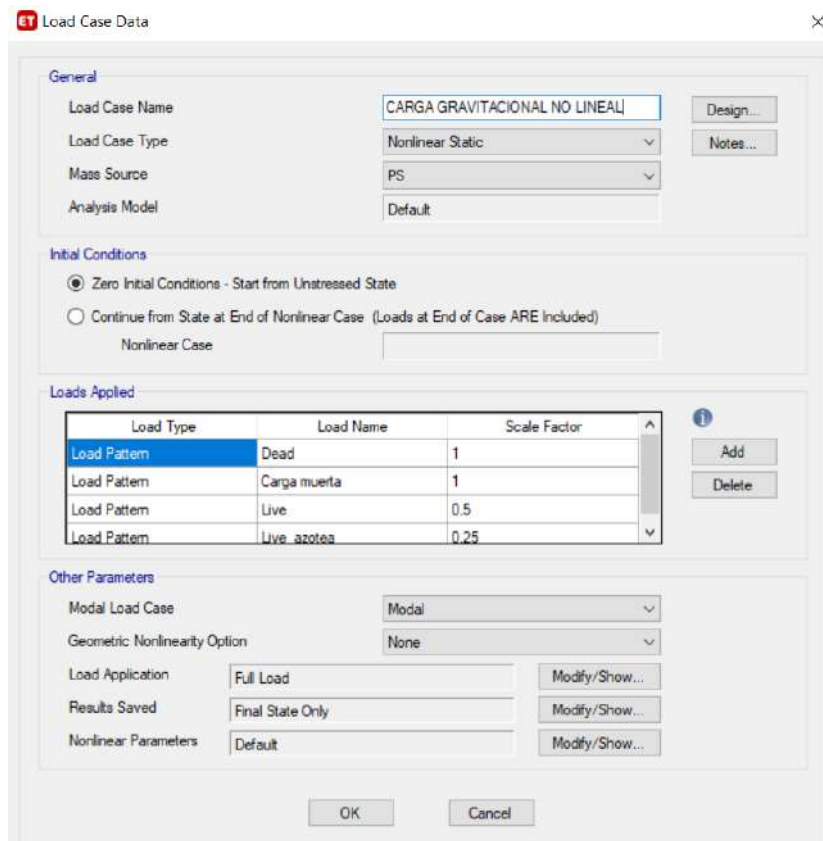


Figura 58. Creación de la CGNL.

Fuente: Realizado por el autor.

4.1.5.6 Creación del patrón de cargas.

Las fuerzas horizontales se asignaron al modelamiento en función de la participación de la masa de la estructura. La asignación de la carga vertical de dichas fuerzas se determinó de acuerdo con la configuración del modo fundamental.

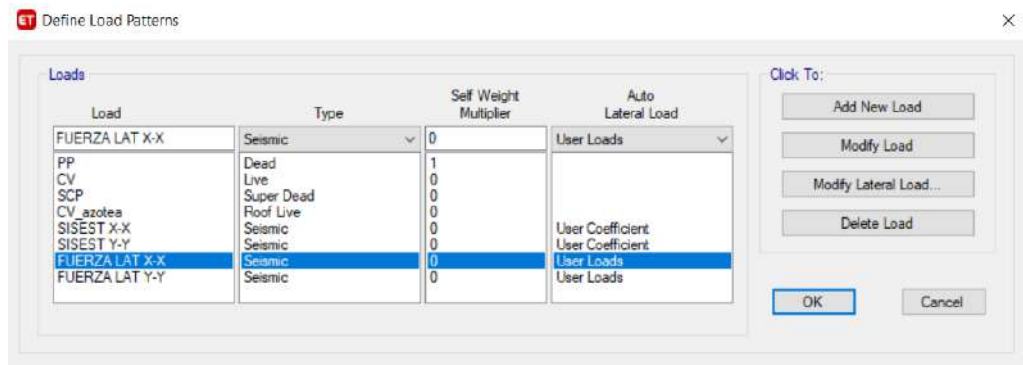


Figura 59. Creación de cargas laterales.
Fuente: Realizado por el autor.

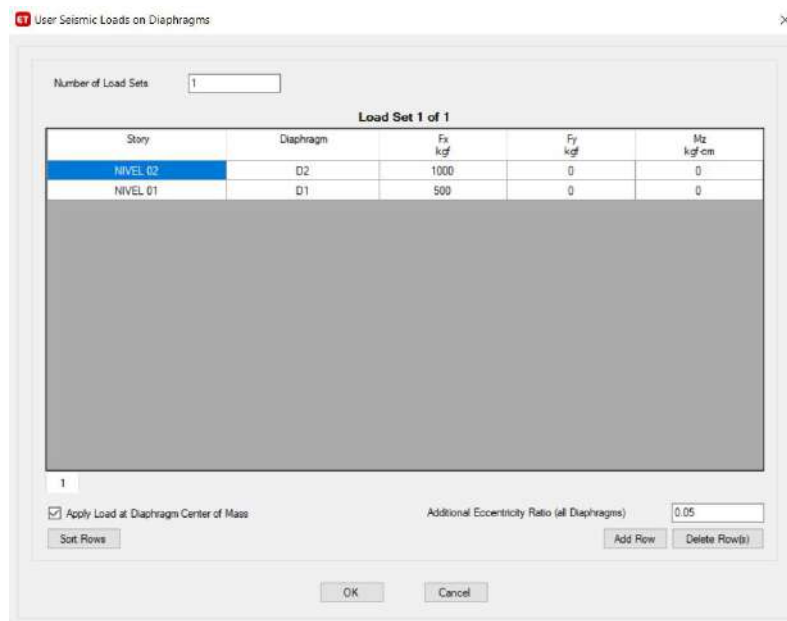


Figura 60. Asignación de fuerza horizontal en X-X.
Fuente: Realizado por el autor.

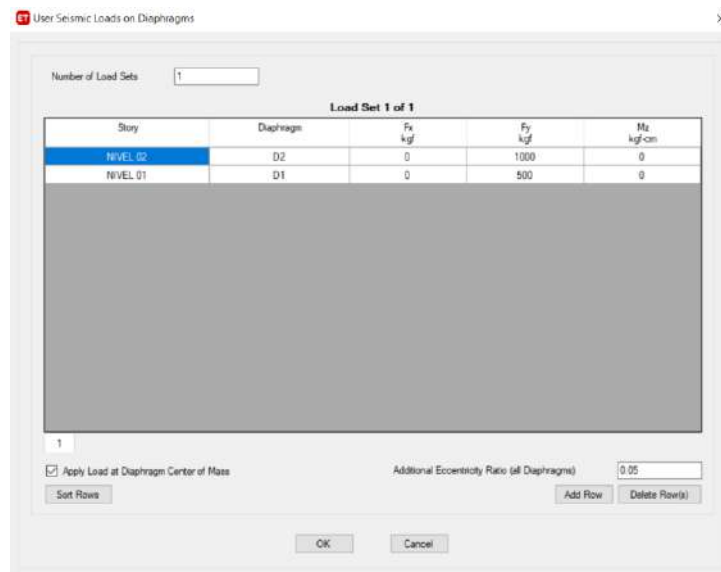


Figura 61. Asignación de fuerza horizontal en Y-Y.

Fuente: Realizado por el autor.

4.1.5.7 Creación del caso de carga pushover.

Para crear el caso de carga pushover primero identificamos el nodo de control de la edificación, y se encuentra con la etiqueta 9, el desplazamiento de este punto en el modelo matemático se va a calcular mediante las fuerzas sísmicas especificadas.

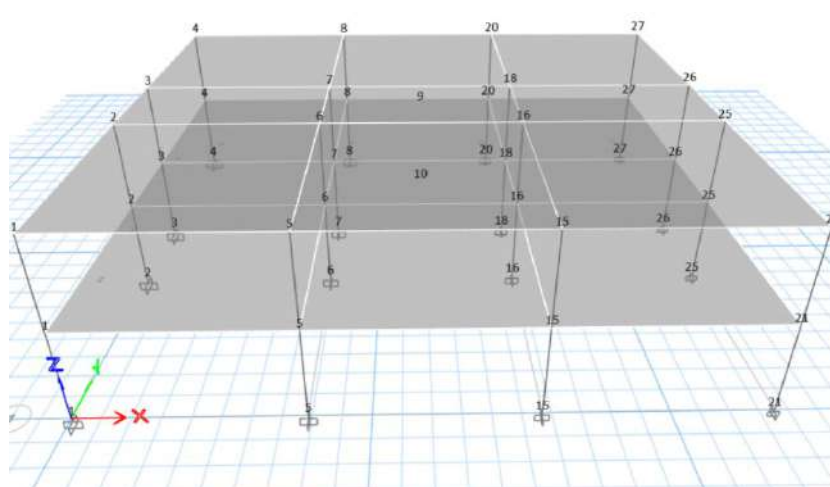


Figura 62. Nodo de aplicación de las cargas laterales.

Fuente: Realizado por el autor.

Definimos nuestro caso de carga en la dirección X-X como un AENL. El primer requisito partió de una fuerza gravitacional, es decir, el análisis comenzó con la fuerza de gravedad previamente creada. El tipo de carga se aplicó siguiendo el patrón definido para la dirección X-X. A continuación, se presenta la implementación realizada en el software.

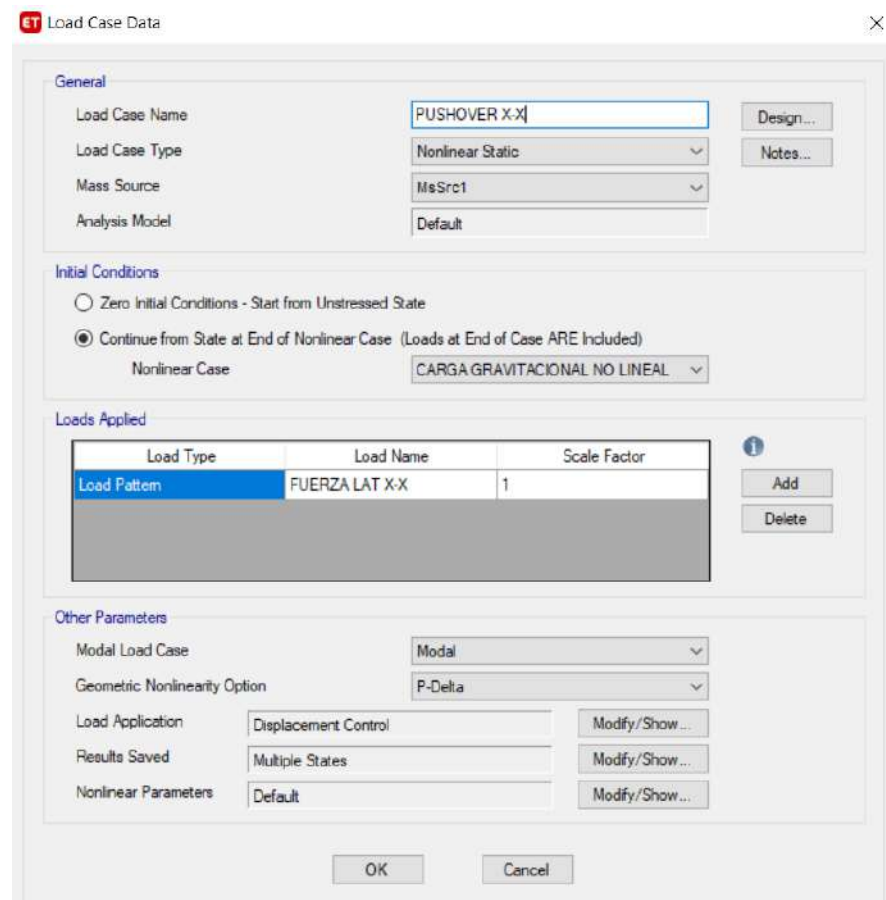


Figura 63. Creación de la carga pushover en X-X.
Fuente: Realizado por el autor.

El control de aplicación de carga se realizará mediante el control por desplazamiento, monitoreando los desplazamientos de la estructura. Estimamos un desplazamiento de 50 cm y configuramos el control para la

dirección X-X positiva (U1). El punto de control se encuentra en la etiqueta 9, ubicada en el último nivel.

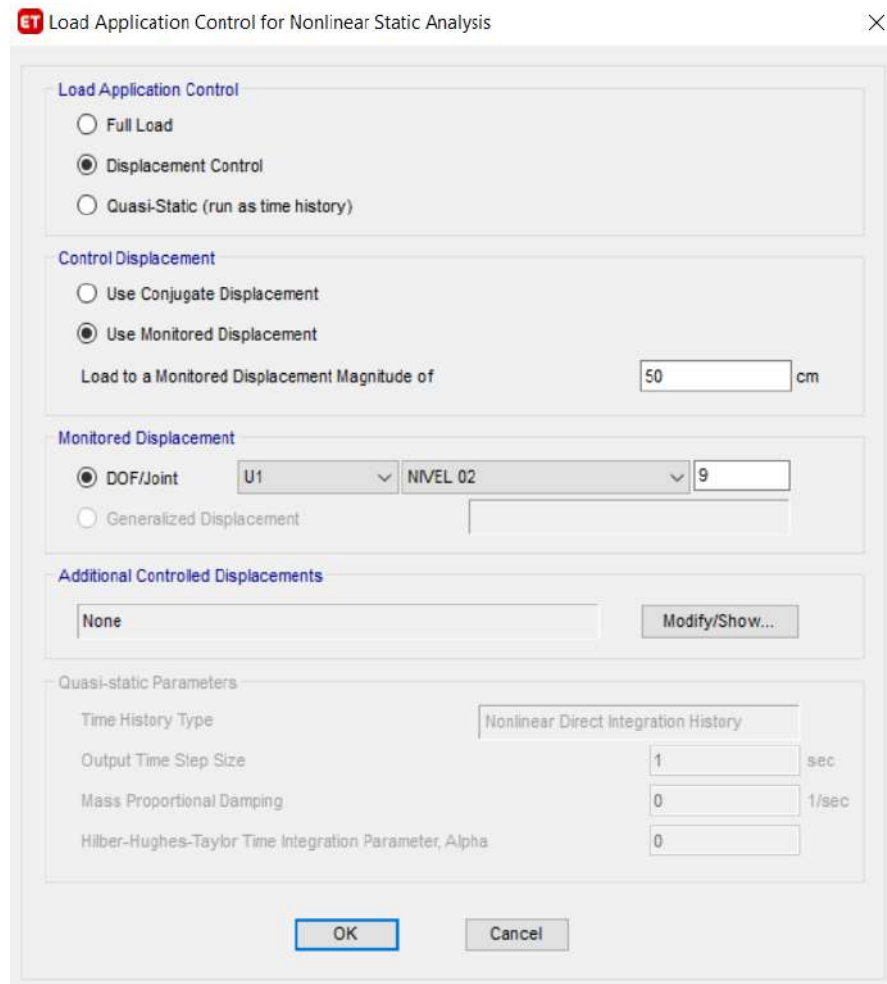


Figura 64. Nodo de aplicación de la carga pushover en X-X.
Fuente: Realizado por el autor.

Definimos la carga en el eje Y-Y como un AENL. La condición inicial se estableció a partir de una carga gravitacional, iniciando el análisis desde la carga de gravedad previamente configurada. El tipo de carga fue aplicado siguiendo el patrón correspondiente a la dirección Y-Y. A continuación, se presenta la implementación en el software.

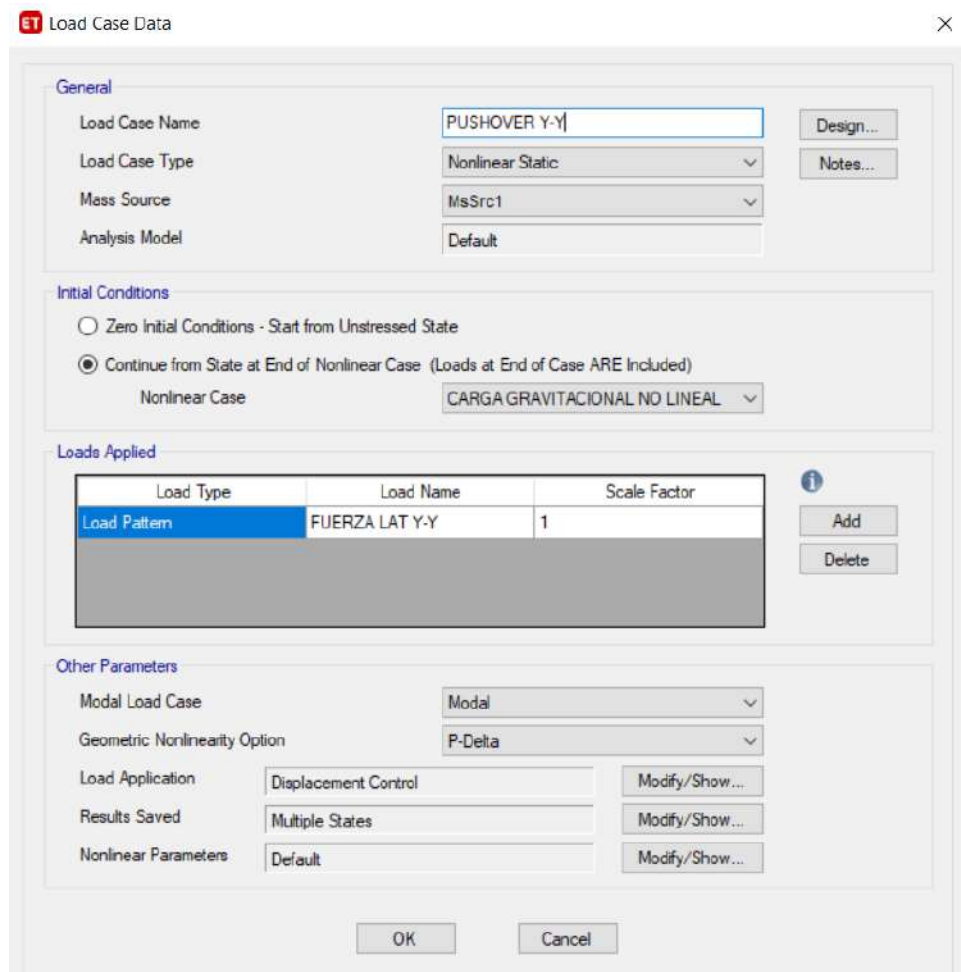


Figura 65. Creación de la carga pushover en Y-Y.

Fuente: Realizado por el autor.

El control de aplicación de carga se realizará mediante el control por desplazamiento, monitoreando los desplazamientos de la estructura. Estimamos un desplazamiento de 50 cm y configuramos el control para la dirección Y-Y positiva (U2). El punto de control se encuentra en la etiqueta 9, localizada en el último nivel.

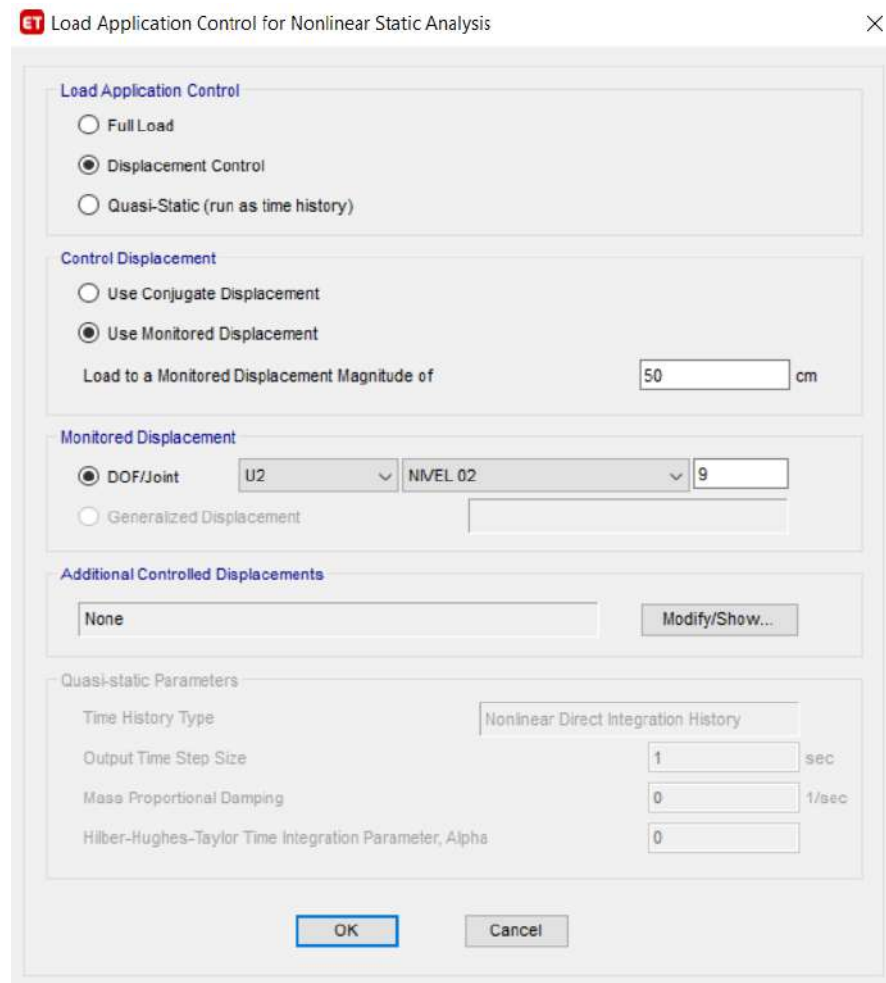


Figura 66. Nodo de aplicación de la carga pushover en Y-Y.
Fuente: Realizado por el autor.

4.1.5.8 Asignación de rótulas plásticas

Su formación se establece en las extremidades de los soportes estructurales, es el lugar en el que se centra el cambio de forma permanente a lo que se llama longitud plástica, y son fundamentales para establecer los modos valores de la no linealidad de la estructura ante excitaciones sísmicas.

4.1.5.8.1 Rótulas plásticas en vigas

Se realiza el cálculo y se asigna a las vigas:

$$\%i = \frac{\frac{d_i}{2} + \frac{d}{2}}{L}$$

$$\%j = \frac{L - \frac{d_j}{2} - \frac{d}{2}}{L}$$

Tabla 37. Cálculo de rótulas en vigas.

ROTULAS EN VIGAS						
Descripción	Longitud de viga (m)	Peralte d=h-r (m)	Col i di/2	Col j dj/2	%i	%j
Vigas Eje 1-1 entre A y B	7.85	0.56	0.225	0.225	0.064	0.936
Vigas Eje 1-1 entre B y C	7.85	0.56	0.225	0.225	0.064	0.936
Vigas Eje 1-1 entre C y D	7.85	0.56	0.225	0.225	0.064	0.936
Vigas Eje 2-2 entre A y B	7.85	0.56	0.225	0.225	0.064	0.936
Vigas Eje 2-2 entre B y C	7.85	0.56	0.225	0.225	0.064	0.936
Vigas Eje 2-2 entre C y D	7.85	0.56	0.225	0.225	0.064	0.936
Vigas Eje 3-3 entre A y B	7.85	0.56	0.225	0.225	0.064	0.936
Vigas Eje 3-3 entre B y C	7.85	0.56	0.225	0.225	0.064	0.936
Vigas Eje 3-3 entre C y D	7.85	0.56	0.225	0.225	0.064	0.936
Vigas Eje 4-4 entre A y B	7.85	0.56	0.225	0.225	0.064	0.936
Vigas Eje 4-4 entre B y C	7.85	0.56	0.225	0.225	0.064	0.936
Vigas Eje 4-4 entre C y D	7.85	0.56	0.225	0.225	0.064	0.936
Vigas Eje A-A entre 1 y 2	7.85	0.56	0.225	0.225	0.064	0.936
Vigas Eje A-A entre 2 y 3	4.00	0.56	0.225	0.225	0.126	0.874
Vigas Eje A-A entre 3 y 4	7.85	0.56	0.225	0.225	0.064	0.936
Vigas Eje B-B entre 1 y 2	7.85	0.56	0.225	0.225	0.064	0.936
Vigas Eje B-B entre 2 y 3	4.00	0.56	0.225	0.225	0.126	0.874
Vigas Eje B-B entre 3 y 4	7.85	0.56	0.225	0.225	0.064	0.936
Vigas Eje C-C entre 1 y 2	7.85	0.56	0.225	0.225	0.064	0.936
Vigas Eje C-C entre 2 y 3	4.00	0.56	0.225	0.225	0.126	0.874
Vigas Eje C-C entre 3 y 4	7.85	0.56	0.225	0.225	0.064	0.936
Vigas Eje D-D entre 1 y 2	7.85	0.56	0.225	0.225	0.064	0.936
Vigas Eje D-D entre 2 y 3	4.00	0.56	0.225	0.225	0.126	0.874
Vigas Eje D-D entre 3 y 4	7.85	0.56	0.225	0.225	0.064	0.936

Fuente: Realizado por el autor.

Se muestra un ejemplo de aplicación en las vigas:

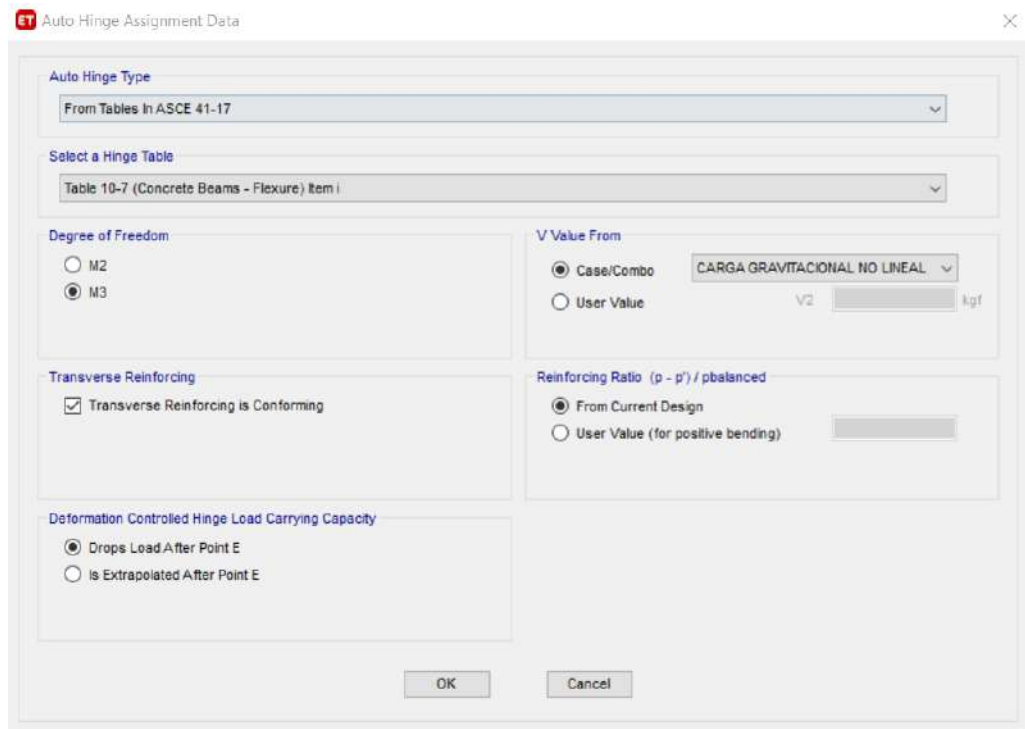


Figura 67. Configuración de rótulas en vigas.

Fuente: Realizado por el autor.

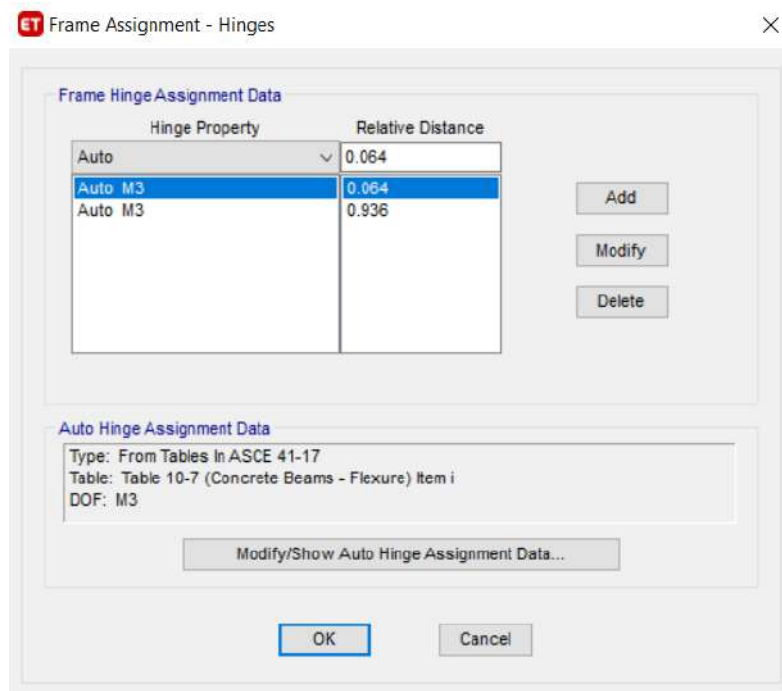


Figura 68. Asignación de ubicación de rótulas en vigas.

Fuente: Realizado por el autor.

4.1.5.8.2 Rótulas plásticas en columnas.

Se realiza el cálculo y se asigna a las columnas:

$$\%i = 0.50 * h$$

$$\%j = \frac{h - 0.05 * h - hv}{h}$$

Tabla 38. Cálculo de rótulas en columnas.

ROTULAS EN COLUMNAS				
Ubicación	Columna (h)	Viga (hv)	%i	%j
Vigas Eje 1-1 entre A y B	3.00	0.60	0.150	0.750
Vigas Eje 1-1 entre B y C	3.00	0.60	0.150	0.750
Vigas Eje 1-1 entre C y D	3.00	0.60	0.150	0.750
Vigas Eje 2-2 entre A y B	3.00	0.60	0.150	0.750
Vigas Eje 2-2 entre B y C	3.00	0.60	0.150	0.750
Vigas Eje 2-2 entre C y D	3.00	0.60	0.150	0.750
Vigas Eje 3-3 entre A y B	3.00	0.60	0.150	0.750
Vigas Eje 3-3 entre B y C	3.00	0.60	0.150	0.750
Vigas Eje 3-3 entre C y D	3.00	0.60	0.150	0.750
Vigas Eje 4-4 entre A y B	3.00	0.60	0.150	0.750
Vigas Eje 4-4 entre B y C	3.00	0.60	0.150	0.750
Vigas Eje 4-4 entre C y D	3.00	0.60	0.150	0.750
Vigas Eje A-A entre 1 y 2	3.00	0.60	0.150	0.750
Vigas Eje A-A entre 2 y 3	3.00	0.60	0.150	0.750
Vigas Eje A-A entre 3 y 4	3.00	0.60	0.150	0.750
Vigas Eje B-B entre 1 y 2	3.00	0.60	0.150	0.750
Vigas Eje B-B entre 2 y 3	3.00	0.60	0.150	0.750
Vigas Eje B-B entre 3 y 4	3.00	0.60	0.150	0.750
Vigas Eje C-C entre 1 y 2	3.00	0.60	0.150	0.750
Vigas Eje C-C entre 2 y 3	3.00	0.60	0.150	0.750
Vigas Eje C-C entre 3 y 4	3.00	0.60	0.150	0.750
Vigas Eje D-D entre 1 y 2	3.00	0.60	0.150	0.750
Vigas Eje D-D entre 2 y 3	3.00	0.60	0.150	0.750
Vigas Eje D-D entre 3 y 4	3.00	0.60	0.150	0.750

Fuente: Realizado por el autor.

Se procede a configurar las rótulas en las columnas.

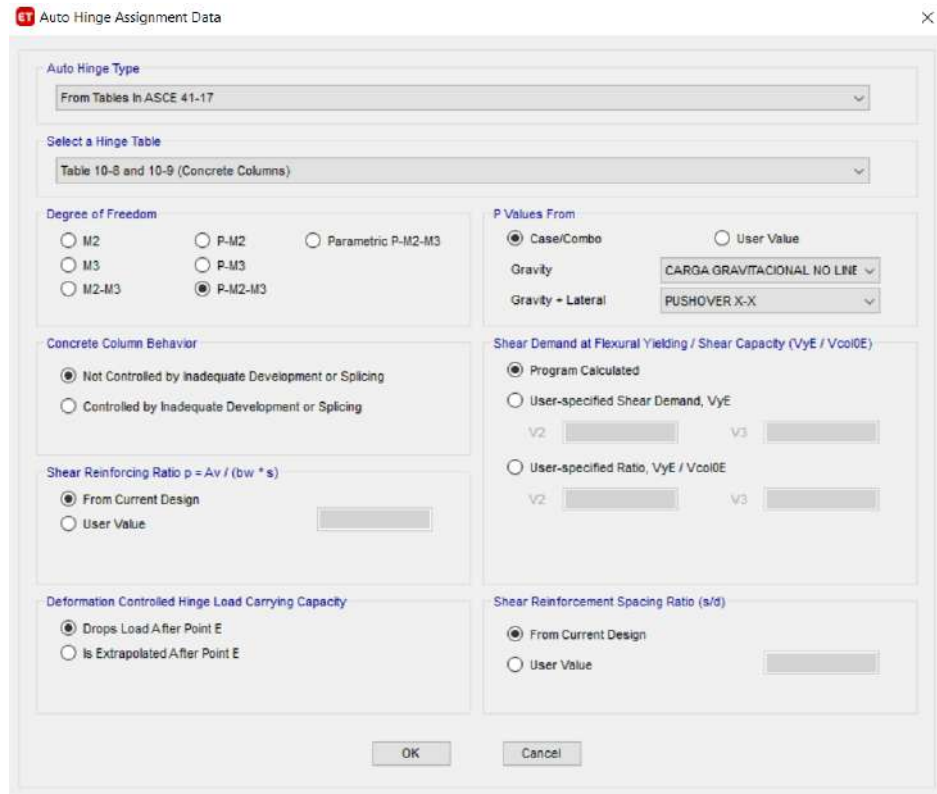


Figura 69. Configuración de rótulas en columnas.

Fuente: Realizado por el autor.

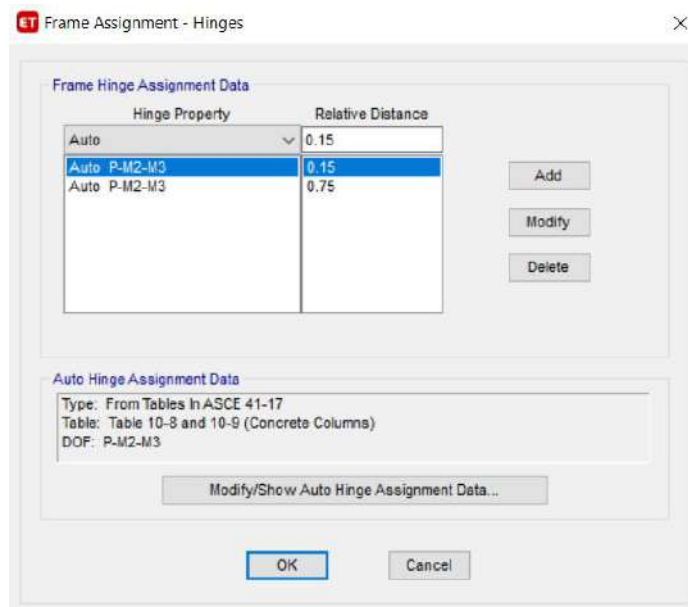


Figura 70. Asignación de ubicación de rótulas en columnas.

Fuente: Realizado por el autor.

4.1.6 Espectros de demanda sísmica según VISIÓN 2000.

La demanda sísmica utilizado en la normativa E.030 tiene un valor de 10% de porcentaje excedente en 50 años, es por ello que procederemos a determinar el periodo de retorno planteado en el comité VISIÓN 2000, mediante la siguiente fórmula:

$$T_R = \frac{t}{\ln(1 - P_e)}$$

Se considera que t corresponde al tiempo de vida en años y P_e representa el porcentaje probabilístico de superación, siendo 10% en este caso. En consecuencia, el periodo de retorno establecido según el reglamento peruano es:

$$T_R = 475 \text{ años}$$

Las escalas de amenaza sísmica determinados por el comité VISIÓN 2000 son los sismos frecuentes (menor), sismos ocasionales (moderado), sismo raro (severo) y sismo muy raro (extremo) para edificaciones existentes con una probabilidad de excedencia de 50%, 20%, 10% y 2% en un horizonte de 50 años, con el objetivo de determinar los espectros sísmicos correspondientes, es necesario escalar el espectro definido por la norma E.030 mediante un factor de escala:

$$F_e = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^k$$

El valor de k oscila entre los valores de 0.30 y 0.40, para ser conservadores aplicaremos 0.35.

4.1.6.1 Sismo Raro (10%/50 años)

Hallamos el periodo de periodo de ocurrencia siendo este de 10% de que sea superado en 50 años que se muestra a continuación.

$$T_R = \frac{50}{\ln(1 - \frac{10}{100})}$$

$$T_R = 475 \text{ años}$$

Por tanto, con el valor del periodo de retorno, se puede obtener el factor de escala que se necesita para poder variar al sismo base.

$$F_e = \left(\frac{475}{475}\right)^{0.35}$$

$$F_e = 1.00$$

En general el valor de la reducción sísmica divide al espectro sísmico volviéndolo inelástico, por ello se divide el factor de reducción sísmica con el factor de escala resultante, con ello modificaremos de manera directa el espectro base multiplicando de manera directa el espectro sísmico, por correspondiente el valor de R para el sismo raro teniendo 10% de ser superado en 50 años, de la siguiente manera:

$$R = \frac{1}{1.00}$$

$$R = 1.00$$

Para ingresar los resultados al software consideramos los valores calculados en el análisis dinámico modificando solamente el coeficiente de reducción sísmica la cual hallamos siendo su valor de R=1.00.

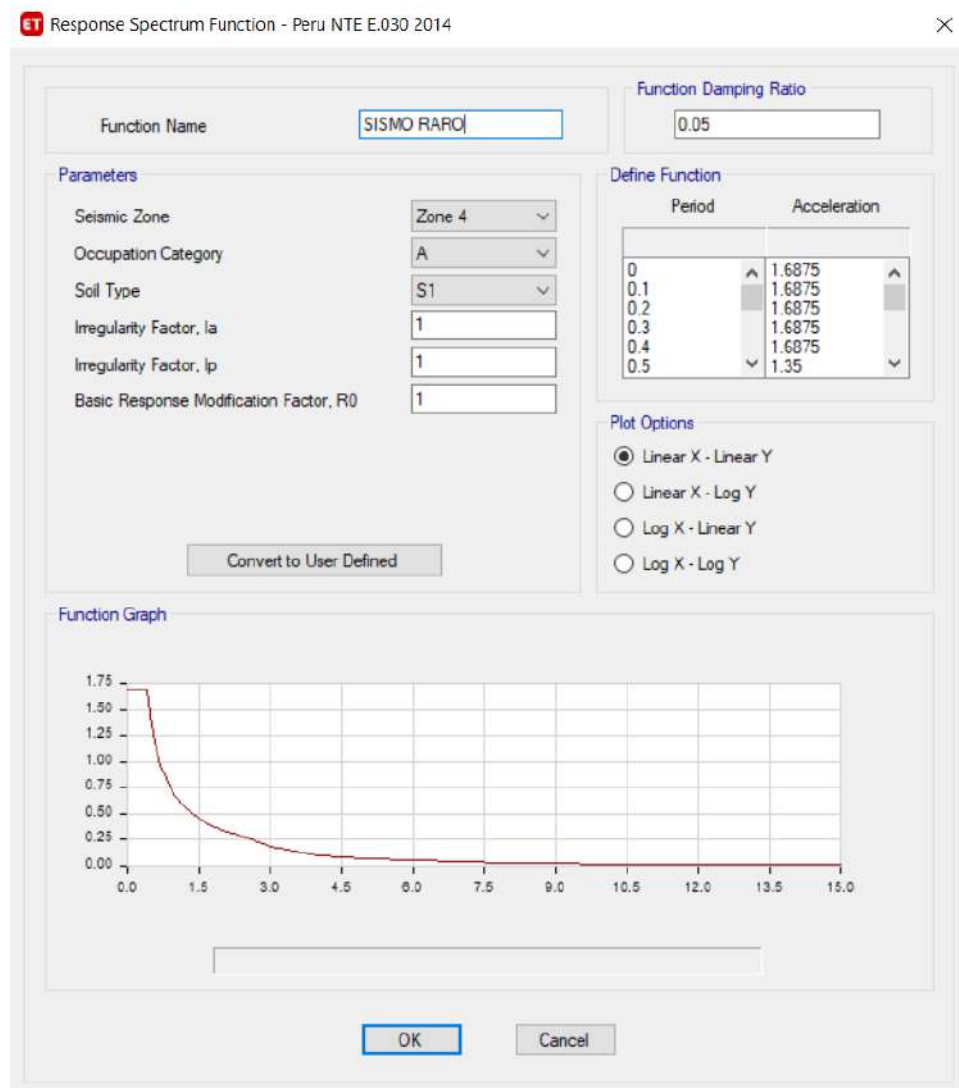


Figura 71. Espectro de respuesta de un sismo raro.
Fuente: Realizado por el autor.

4.1.6.2 Sismo Frecuente (50%/50 años)

Hallamos el periodo de periodo de ocurrencia siendo este de 50% de que sea superado en 50 años que se muestra a continuación.

$$T_R = \frac{50}{\ln(1 - \frac{50}{100})}$$

$$T_R = 72 \text{ años}$$

Por tanto, con el valor del periodo de retorno, se puede obtener el factor de escala que se necesita para poder variar al sismo base.

$$F_e = (\frac{72}{475})^{0.35}$$

$$F_e = 0.52$$

En general el valor de la reducción sísmica divide al espectro sísmico volviéndolo inelástico, por ello se divide el factor de reducción sísmica con el factor de escala resultante, con ello modificaremos de manera directa el espectro base multiplicando de manera directa el espectro sísmico, por correspondiente el valor de R para el sismo frecuente teniendo 50% de ser superado en 50 años, de la siguiente manera:

$$R = \frac{1}{0.52}$$

$$R = 1.92$$

Para ingresar los resultados al software consideramos los valores calculados en el análisis dinámico modificando solamente el coeficiente de reducción sísmica la cual hallamos siendo su valor de $R=1.92$.

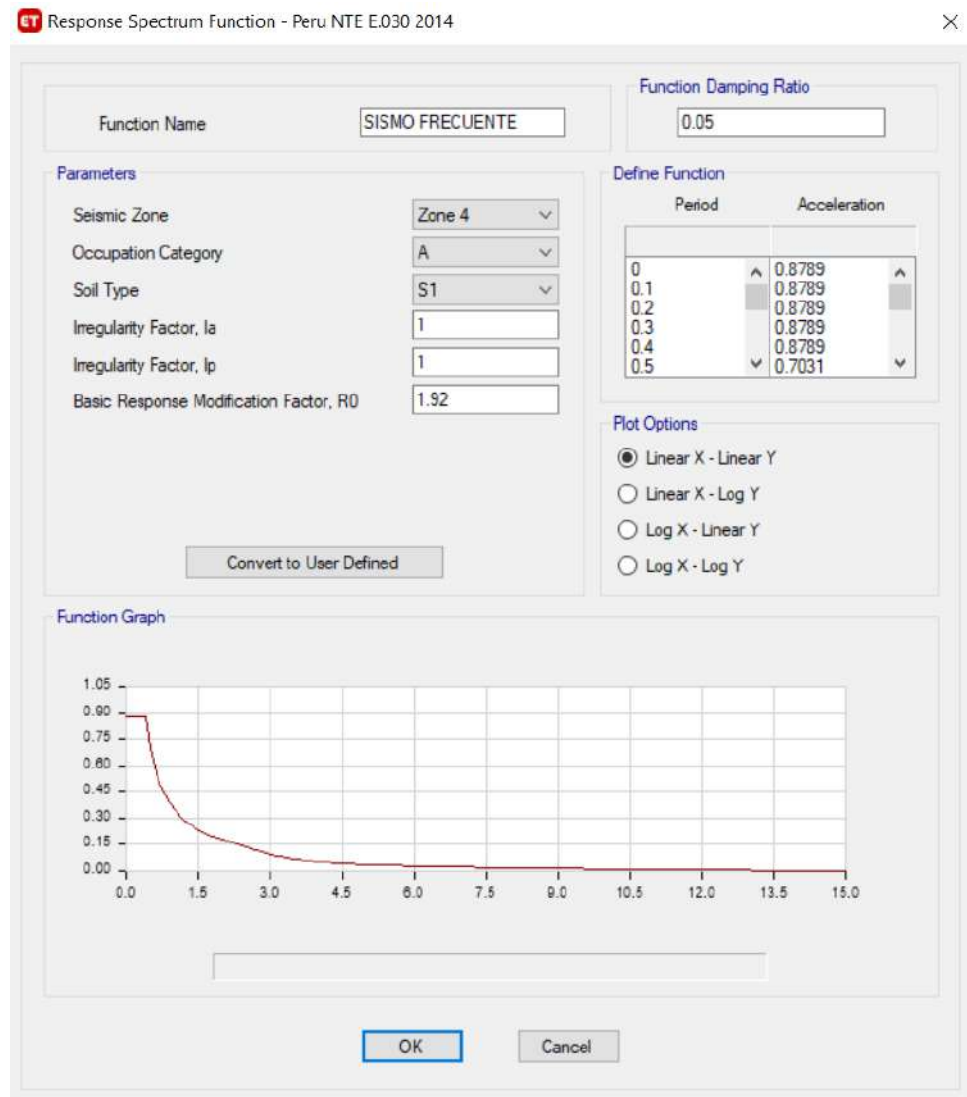


Figura 72. Espectro de respuesta de un sismo frecuente.
Fuente: Realizado por el autor.

4.1.6.3 Sismo Ocasional (20%/50 años)

Hallamos el periodo de periodo de ocurrencia siendo este de 20% de que sea superado en 50 años que se muestra a continuación.

$$T_R = \frac{50}{\ln(1 - \frac{20}{100})}$$

$$T_R = 225 \text{ años}$$

Por tanto, con el valor del periodo de retorno, se puede obtener el factor de escala que se necesita para poder variar al sismo base.

$$F_e = \left(\frac{225}{475}\right)^{0.35}$$

$$F_e = 0.77$$

En general el valor de la reducción sísmica divide al espectro sísmico volviéndolo inelástico, por ello se divide el factor de reducción sísmica con el factor de escala resultante, con ello modificaremos de manera directa el espectro base multiplicando de manera directa el espectro sísmico, por correspondiente el valor de R para el sismo ocasional teniendo 20% de ser superado en 50 años, de la siguiente manera:

$$R = \frac{1}{0.77}$$

$$R = 1.29$$

Para ingresar los resultados al software consideramos los valores calculados en el análisis dinámico modificando solamente el coeficiente de reducción sísmica la cual hallamos siendo su valor de $R=1.29$.

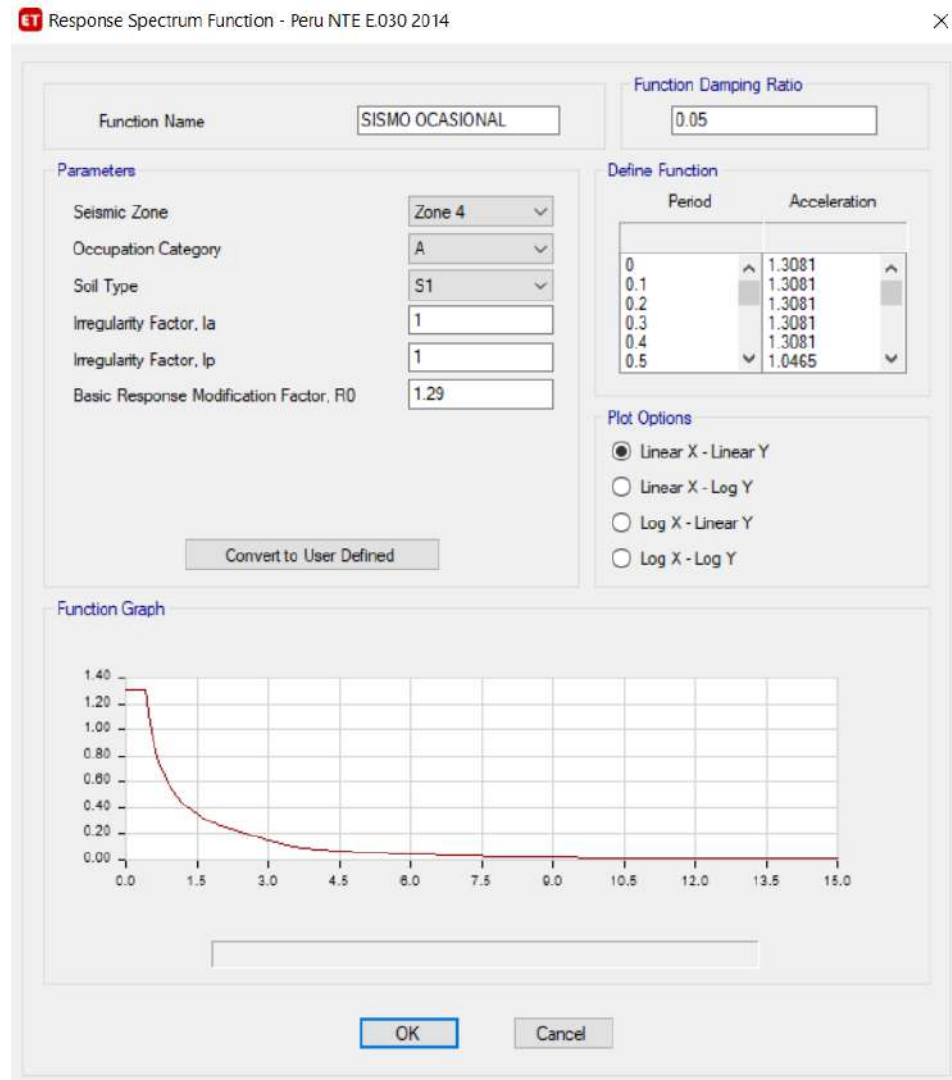


Figura 73. Espectro de respuesta de un sismo ocasional.
Fuente: Realizado por el autor.

4.1.6.4 Sismo muy Raro (2%/50 años)

Hallamos el periodo de periodo de ocurrencia siendo este de 2% de que sea superado en 50 años que se muestra a continuación.

$$T_R = \frac{50}{\ln(1 - \frac{2}{100})}$$

$$T_R = 2500 \text{ años}$$

Por tanto, con el valor del periodo de retorno, se puede obtener el factor de escala que se necesita para poder variar al sismo base.

$$F_e = (\frac{2500}{475})^{0.35}$$

$$F_e = 1.79$$

En general el valor de la reducción sísmica divide al espectro sísmico volviéndolo inelástico, por ello se divide el factor de reducción sísmica con el factor de escala resultante, con ello modificaremos de manera directa el espectro base multiplicando de manera directa el espectro sísmico, por correspondiente el valor de R para el sismo muy raro teniendo 2% de ser superado en 50 años, de la siguiente manera:

$$R = \frac{1}{1.79}$$

$$R = 0.56$$

Para ingresar los resultados al software consideramos los valores calculados en el análisis dinámico modificando solamente el factor que reduce el sismo la cual hallamos siendo su valor de $R=0.56$.

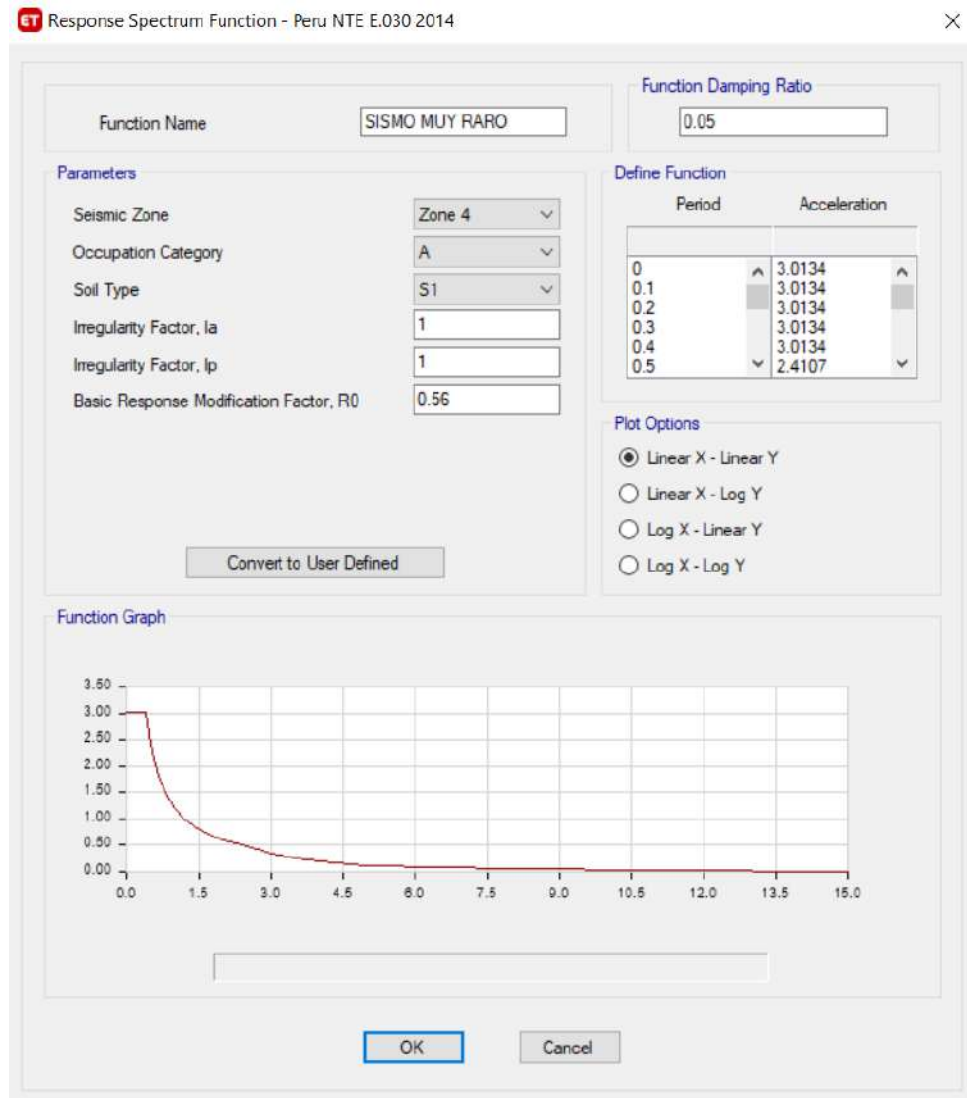


Figura 74. Espectro de respuesta de un sismo muy raro.
Fuente: Realizado por el autor.

4.1.7 Curva de capacidad.

La capacidad de la estructura representado mediante una curva nos muestra el desplazamiento que se tiene frente a la acción de fuerzas horizontales que se somete a la infraestructura hasta llegar al desplome.

Asimismo, esta capacidad de la estructura nos permitirá hallar los desempeños que se producen por los distintos grados de demanda sísmica.

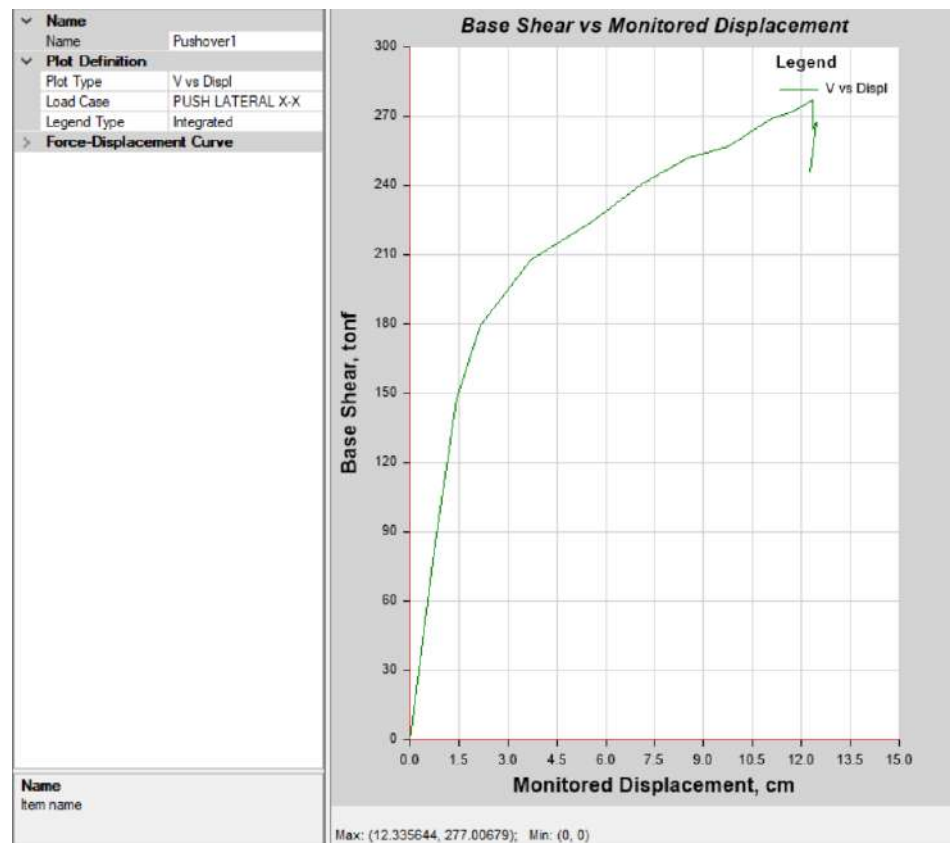


Figura 75. Curva de capacidad en X-X.

Fuente: Realizado por el autor.

De la figura 75, se muestra que, con el aumento de las cargas aplicadas, la estructura logra un movimiento horizontal de 12.43 cm en el

intervalo de la no linealidad en X-X, presentando un valor para la carga de corte de 277.00 tonf.

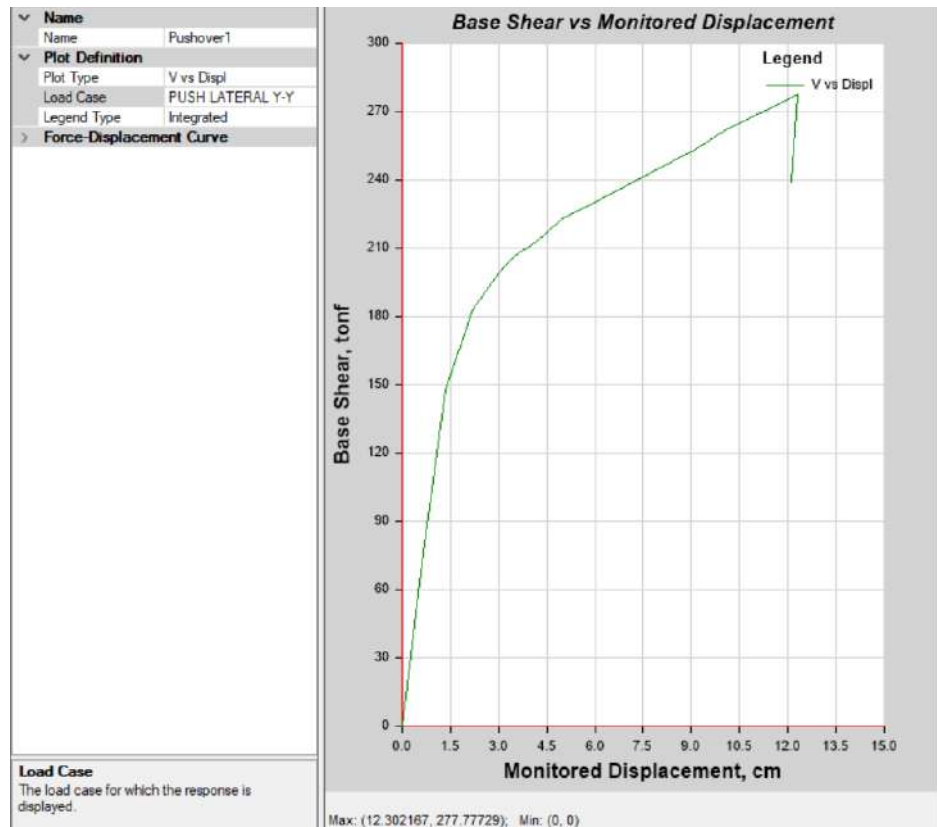


Figura 76. Curva de capacidad en Y-Y.

Fuente: Realizado por el autor.

De la figura 76, se muestra que, con el aumento de las cargas aplicadas, la estructura logra un movimiento horizontal de 12.30 cm en el intervalo de la no linealidad en Y-Y, presentando un valor para la carga de corte de 277.77 tonf.

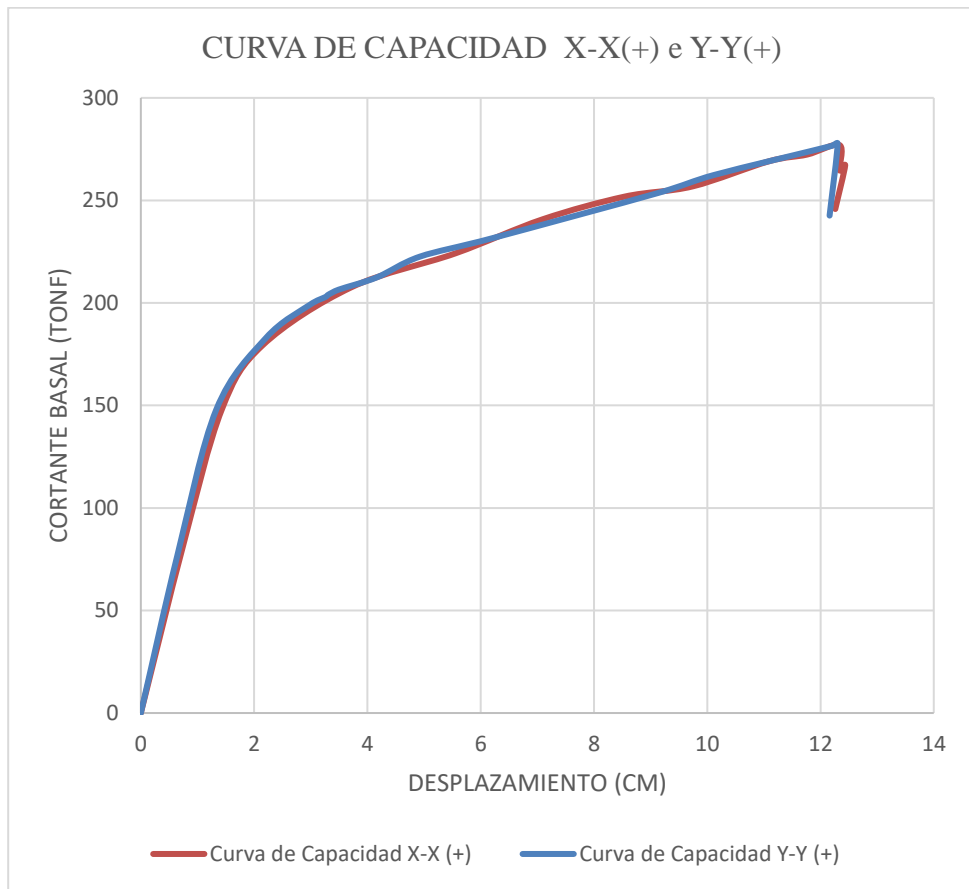


Figura 77. Curva de capacidad en el eje X-X y Y-Y.

Fuente: Realizado por el autor.

De la figura 77, se observa que la capacidad de la edificación en X-X muestra un desplazamiento en el último nivel de 12.43 cm y una fuerza de corte en la base de 277.00 toneladas. Asimismo, la capacidad de la edificación en Y-Y muestra un desplazamiento en el último nivel de 12.30 cm y una fuerza de corte en la base de 277.77 toneladas.

Asimismo, se logra ver que la edificación tiene más rigidez en el eje Y-Y, ya que resiste grandes cargas en la parte inferior de la estructura y experimenta un desplazamiento bajo. Se debe a que la edificación en el eje Y-Y tiene una longitud menor, lo que contribuye a su mayor rigidez.

De igual manera, se observa que en la dirección X-X, nuestra edificación es más flexible, ya que soporta una menor fuerza cortante y experimenta un desplazamiento mayor. Se debe a que la edificación en el eje X-X muestra una longitud más grande, lo que la hace más flexible en esa dirección.

Tabla 39. Valores de la capacidad.

Curva de capacidad		
Dirección	Movimiento en el último nivel (cm)	Cortante basal (tonf)
X-X	12.43	277.00
Y-Y	12.30	277.77

Fuente: Realizado por el autor.

4.1.8 Punto de desempeño según el ASCE/SEI 41-13.

Para hallar el punto de desempeño utilizamos el proceso de coeficientes del ASCE/SEI 41-13 para ambos ejes de evaluación, con ello evaluaremos nuestra edificación.

En el siguiente proyecto de investigación hallaremos para cuatro grados de amenaza sísmica: frecuente, ocasional, raro y muy raro.

4.1.8.1 Sismo Frecuente

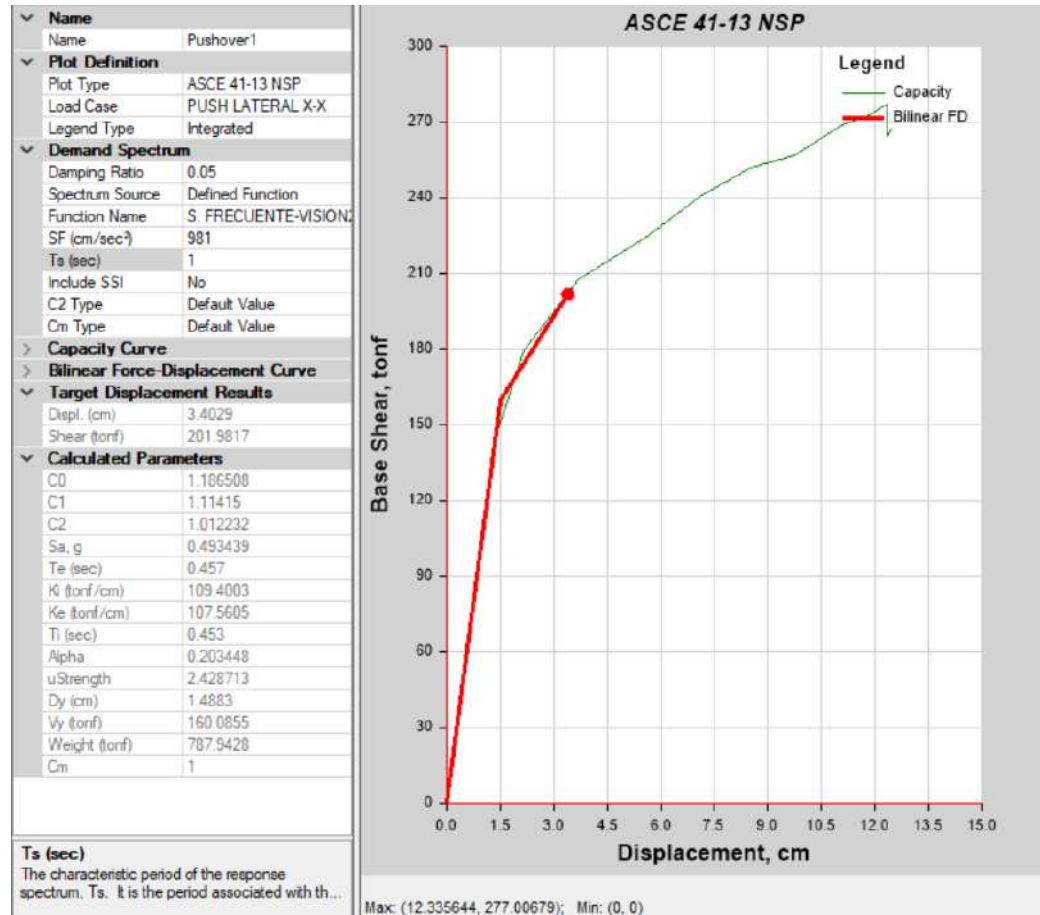


Figura 78. Sismo frecuente en X-X.

Fuente: Realizado por el autor.

De la figura 78, se muestra que el nodo de desempeño de la edificación en X-X para un sismo frecuente presenta un movimiento de 3.40 cm y una carga de corte en la base de 201.98 toneladas.

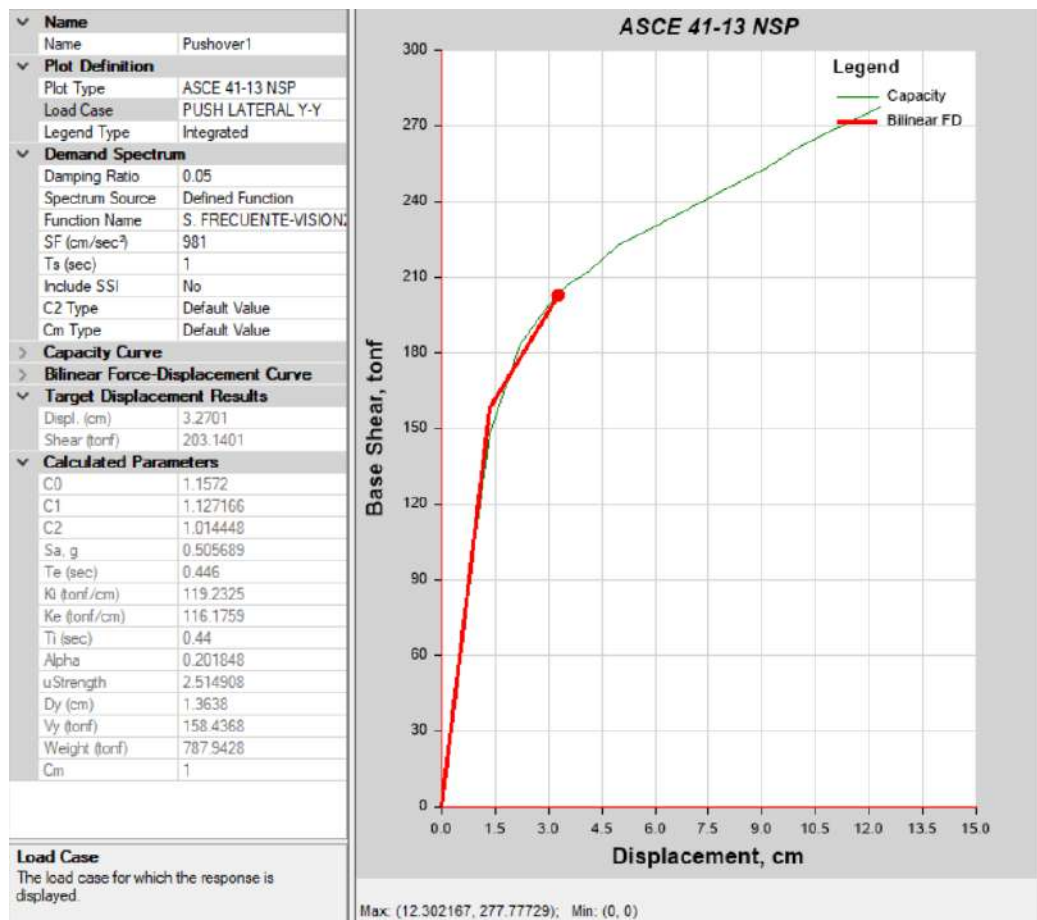


Figura 79. Sismo frecuente en Y-Y.

Fuente: Realizado por el autor.

De la figura 79, se muestra que el nodo de desempeño de la edificación en Y-Y para un sismo frecuente presenta un movimiento de 3.27 cm y una carga de corte en la base de 203.14 toneladas.

4.1.8.2 Sismo Ocasional

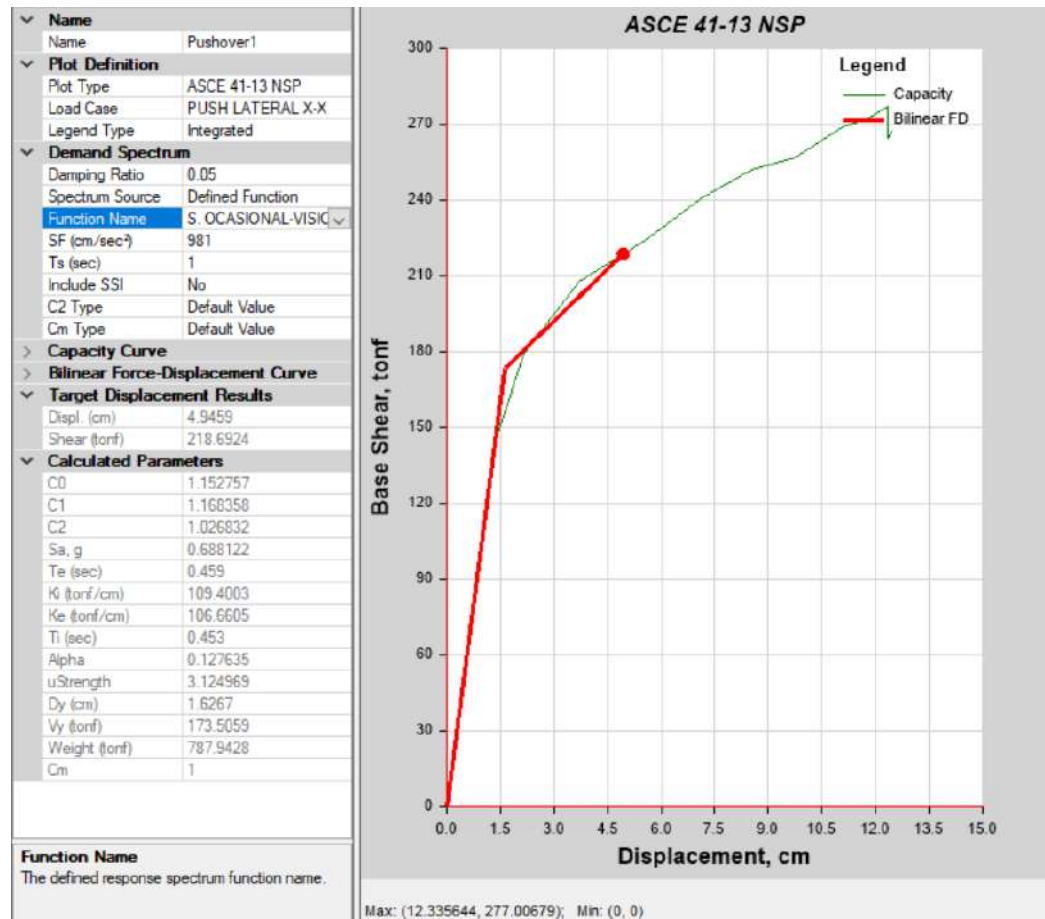


Figura 80. Sismo ocasional en X-X.

Fuente: Realizado por el autor.

De la figura 80, se muestra que el nodo de desempeño de la edificación en X-X para un sismo ocasional presenta un movimiento de 4.94 cm y una carga de corte en la base de 218.69 toneladas.

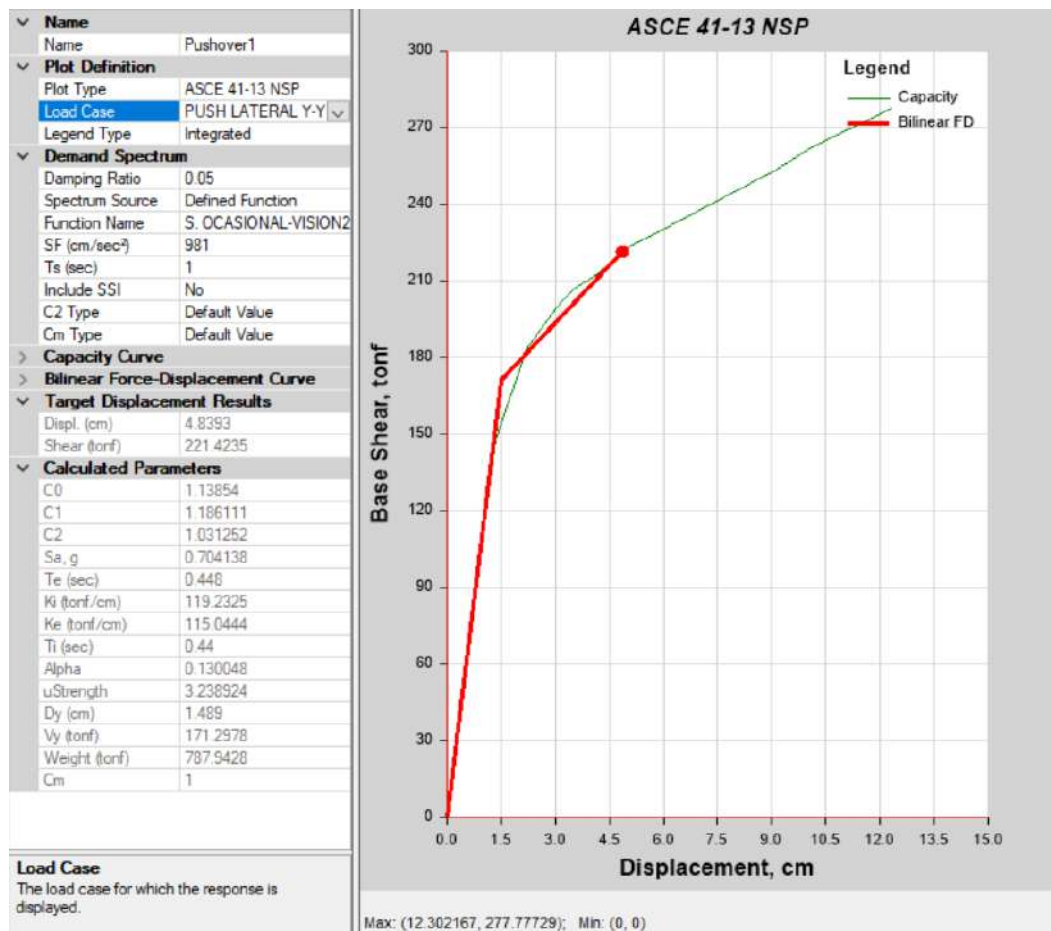


Figura 81. Sismo ocasional en Y-Y.

Fuente: Realizado por el autor.

De la figura 81, se muestra que el nodo de desempeño de la edificación en Y-Y para un sismo ocasional presenta un movimiento de 4.84 cm y una carga de corte en la base de 221.42 toneladas.

4.1.8.3 Sismo Raro

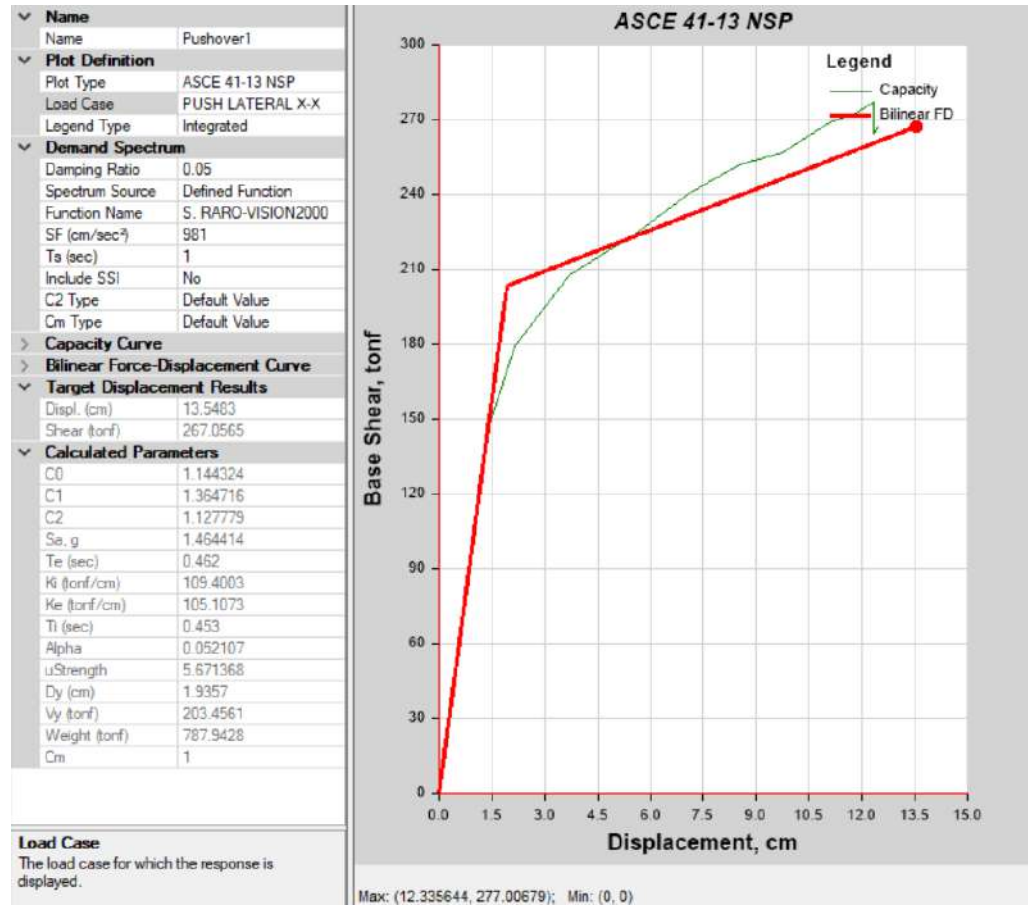


Figura 82. Sismo raro en X-X.

Fuente: Realizado por el autor.

De la figura 82, se muestra que el nodo de desempeño de la edificación en X-X para un sismo raro presenta un movimiento de 13.54 cm y una carga de corte en la base de 267.05 toneladas.

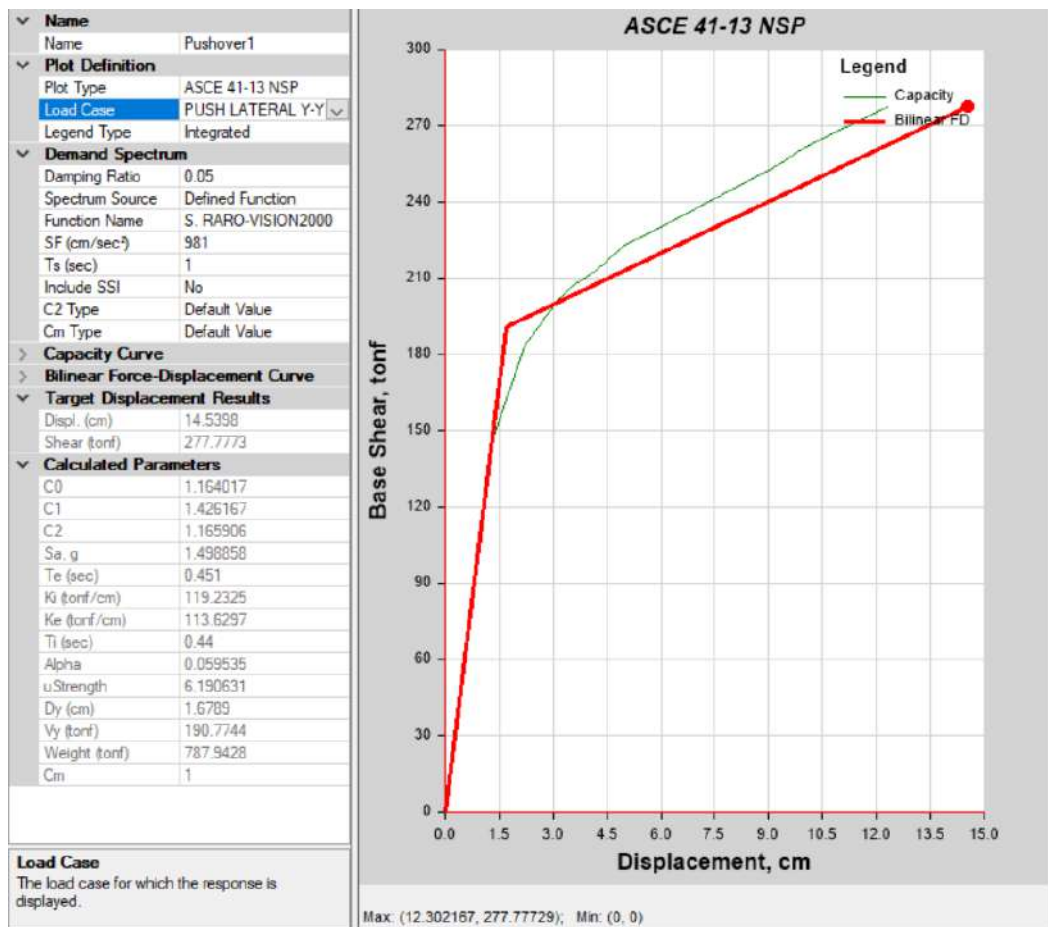


Figura 83. Sismo raro en Y-Y.

Fuente: Realizado por el autor.

De la figura 83, se muestra que el nodo de desempeño de la edificación en Y-Y para un sismo raro presenta un movimiento de 14.53 cm y una carga de corte en la base de 277.77 toneladas.

4.1.8.4 Sismo muy Raro

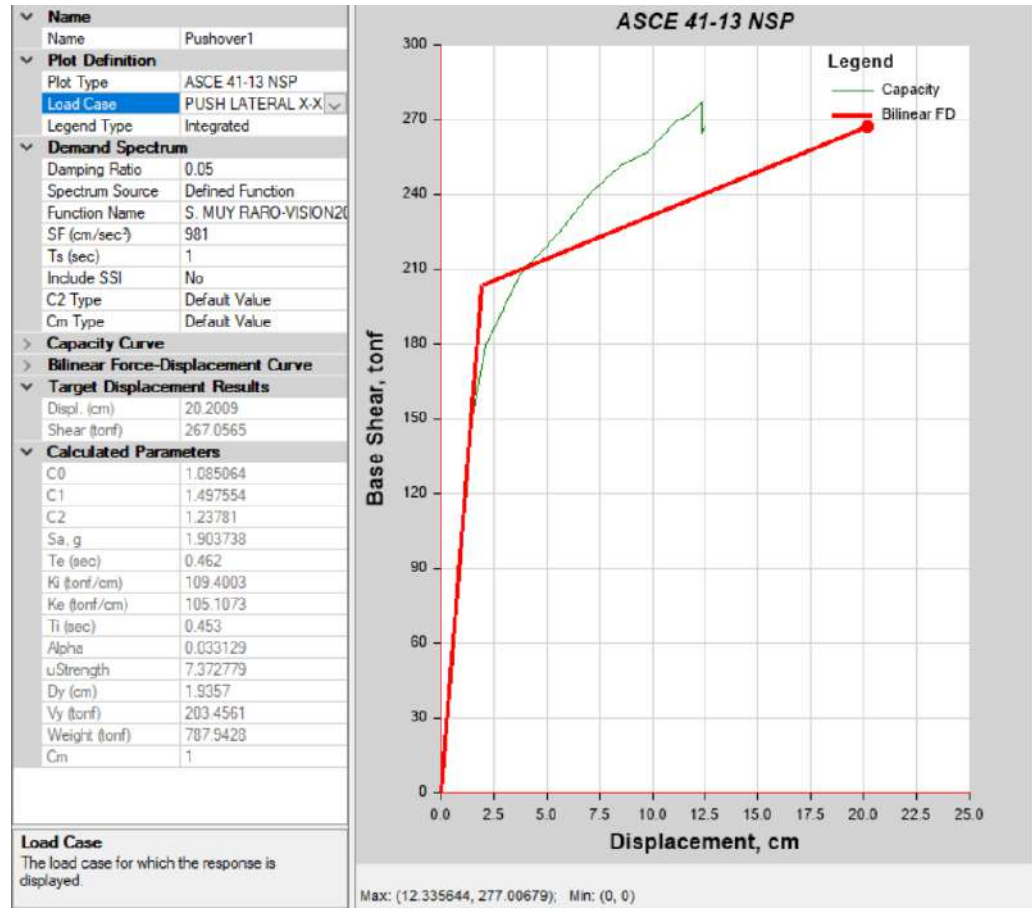


Figura 84. Sismo muy raro en X-X.

Fuente: Realizado por el autor.

De la figura 84, se muestra que el nodo de desempeño de la edificación en X-X para un sismo muy raro presenta un movimiento de 20.20 cm y una carga de corte en la base de 267.05 toneladas.

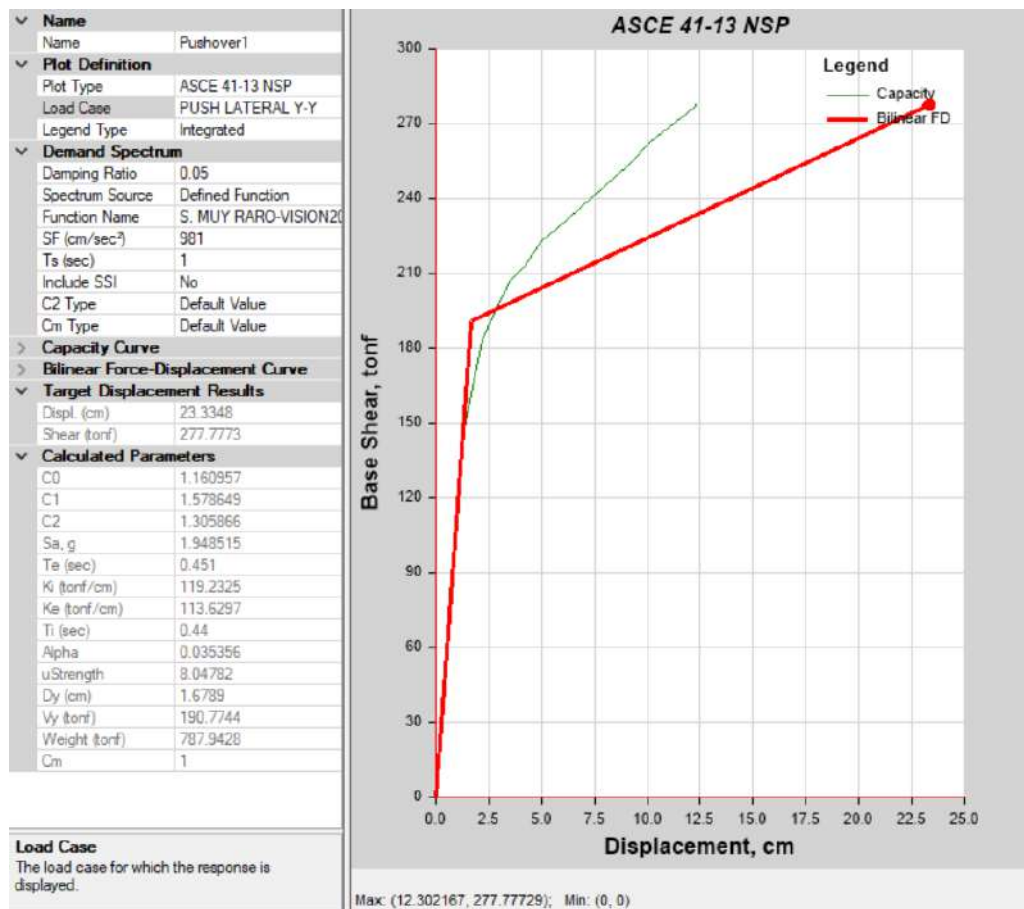


Figura 85. Sismo muy raro en Y-Y.

Fuente: Realizado por el autor.

De la figura 85, se muestra que el nodo de desempeño de la edificación en Y-Y para un sismo muy raro presenta un movimiento de 23.33 cm y una carga de corte en la base de 277.77 toneladas.

Por último, se presentan los resultados generales analizados en la tabla siguiente:

Tabla 40. Resultados de los puntos de desempeño.

Puntos de desempeño de la edificación			
Demanda sísmica	Eje de análisis	Desplazamiento (cm)	Cortante Basal (tonf)
Frecuente	X-X	3.40	201.98
	Y-Y	3.27	203.14
Ocasional	X-X	4.94	218.69
	Y-Y	4.84	221.42
Raro	X-X	13.54	267.05
	Y-Y	14.53	277.77
Muy raro	X-X	20.20	267.05
	Y-Y	23.33	277.77

Fuente: Realizado por el autor.

4.1.9 Desempeño sísmico acorde al SEAOC VISION 2000.

Para determinar el desempeño sísmico de la edificación existente mediante el AENL, utilizaremos la categorización planteada en el SEAOC VISION 2000. Evaluaremos ambos ejes de análisis, tanto el eje X-X como el eje Y-Y.

Se presentan las soluciones obtenidas mediante las demandas sísmicas analizados y los respectivos resultados del nivel de desempeño.

4.1.9.1 Desempeño Sísmico en el eje X-X

Los valores analizados en las categorías de la curva de capacidad en X-X se muestran a continuación.

Punto de demanda o agotamiento de la capacidad:

- Desplazamiento = $D_u = 12.33$ cm
- Fuerza = $F_u = 277.00$ tonf

Punto de fluencia efectiva de la estructura:

- Desplazamiento = $D_y = 1.94$ cm
- Fuerza = $F_y = 203.45$ tonf

Límites del Objetivo de Desempeño:

- Totalmente Operacional = $D_y = 1.94$ cm
- Operacional = $D_y + 0.30 (D_u - D_y) = 5.06$ cm
- Seguridad de Vida = $D_y + 0.60 (D_u - D_y) = 8.17$ cm
- Prevención del Colapso = $D_y + 0.80 (D_u - D_y) = 10.25$ cm

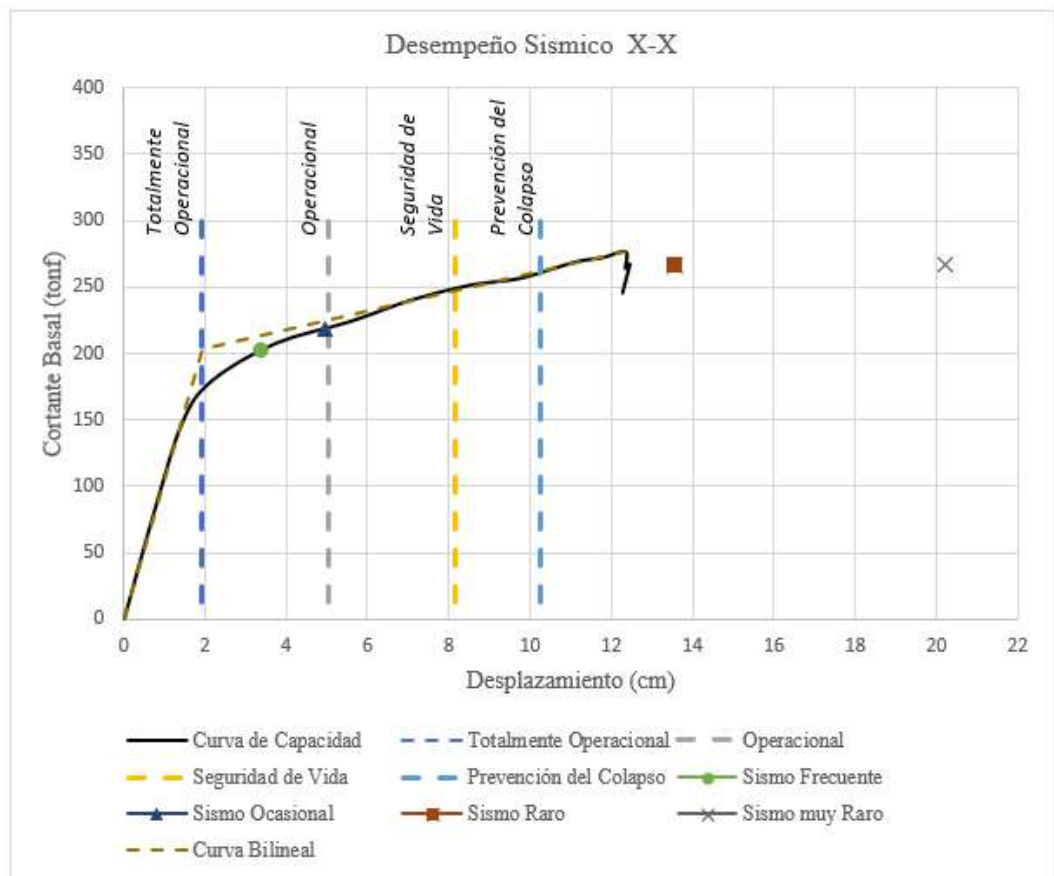


Figura 86. Gráfico de desempeño en X-X.

Fuente: Realizado por el autor.

La figura 86 indica que, en aquellas intensidades de sismo frecuente y sismo ocasional, la edificación se encuentra dentro del rango operacional, presentando daños leves y moderados, como agrietamientos en las partes de soporte de la estructura, el esquema de seguridad y evacuación trabaja de manera normal. En cambio, para los niveles de sismo raro y sismo muy raro, la edificación resulta en el desempeño de colapso, con la pérdida total del soporte estructural, lo que hace imposible la reparación de la estructura.

4.1.9.2 Desempeño Sísmico en el eje Y-Y

Los valores analizados en las categorías de la curva de capacidad en Y-Y se muestran a continuación.

Punto de demanda o agotamiento de la capacidad:

- Desplazamiento = $D_u = 12.30$ cm
- Fuerza = $F_u = 277.77$ tonf

Punto de fluencia efectiva de la estructura:

- Desplazamiento = $D_y = 1.67$ cm
- Fuerza = $F_y = 190.77$ tonf

Límites del Objetivo de Desempeño:

- Totalmente Operacional = $D_y = 1.67$ cm
- Operacional = $D_y + 0.30 (D_u - D_y) = 4.86$ cm
- Seguridad de Vida = $D_y + 0.60 (D_u - D_y) = 8.05$ cm
- Prevención del Colapso = $D_y + 0.80 (D_u - D_y) = 10.17$ cm

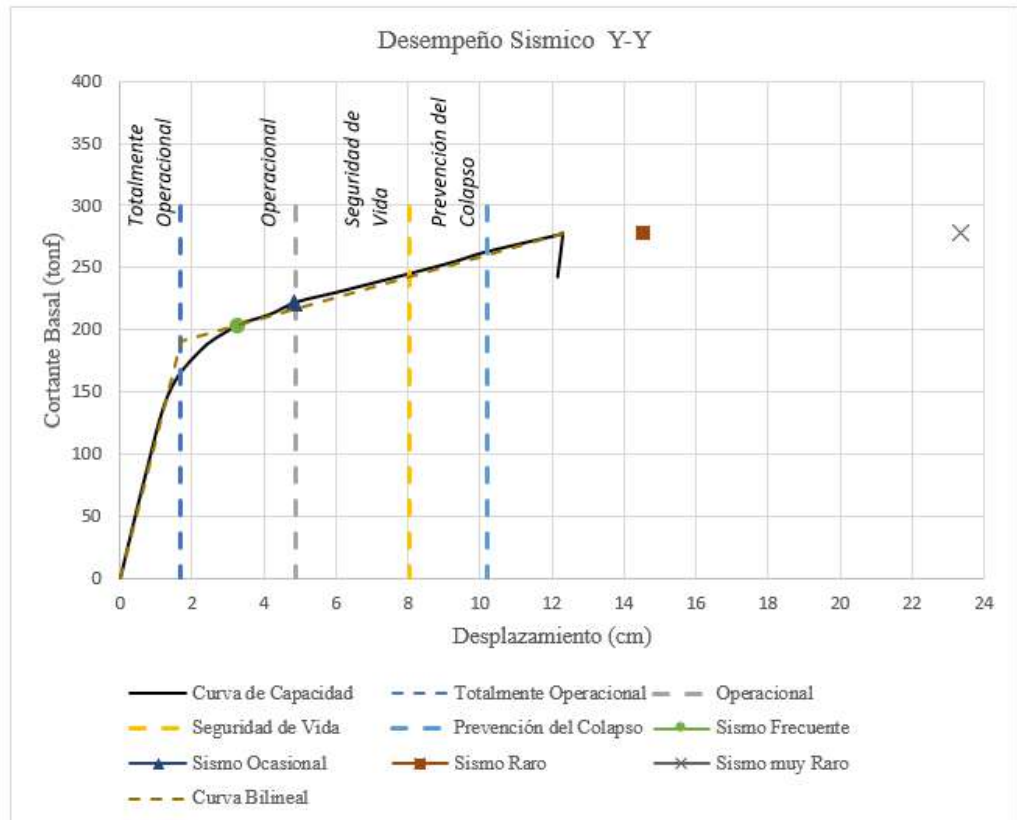


Figura 87. Gráfico de desempeño en Y-Y.

Fuente: Realizado por el autor.

La figura 87 indica que, en aquellas intensidades de sismo frecuente y sismo ocasional, la edificación se encuentra dentro del rango operacional, evidenciando daños leves y moderados, como agrietamientos en los elementos estructurales. Sin embargo, frente a las intensidades de sismo raro y sismo muy raro, el desempeño resulta en colapso, con la pérdida total de soporte de la estructura, lo que hace imposible su reparación.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1. Discusión de Resultados

Según las figuras 86 y 87, se concluye que, al aplicar un sismo ocasional, la estructura alcanza un desempeño operacional en ambas direcciones de análisis. Al aplicar un sismo frecuente, la estructura mantiene un desempeño operacional en ambas direcciones. Sin embargo, al aplicar un sismo raro, la estructura muestra un desempeño de colapso al analizarse en sus dos direcciones, de igual manera sucede al aplicar un sismo muy raro. Por otro lado, según Orihuela, E. y Orihuela, M. (2021), al aplicar un sismo ocasional, la estructura logra un desempeño totalmente operacional en ambas direcciones de análisis. Lo mismo ocurre con un sismo frecuente, donde la edificación mantiene un desempeño totalmente operacional. En el caso de un sismo raro, la edificación muestra un desempeño operacional en ambas direcciones, y al aplicar un sismo muy raro, también se mantiene un desempeño operacional en ambas direcciones de análisis.

Según la tabla 20, logramos concluir que la edificación no muestra irregularidades en altura ni en planta. Con respecto al análisis estático determinamos los valores de la fuerza de corte en X-X con un valor de 152.826 tonf y en el eje Y-Y con un valor de 157.560 tonf, en la asignación de cargas en altura se tiene que para la dirección X-X para el primer nivel de 62.312 toneladas, para el segundo nivel de 90.679 toneladas y en el eje Y-Y para el primer nivel de 64.201 toneladas, para el segundo nivel de 93.427

toneladas, mientras que Campos, C. y Leandro, D. (2022), encontraron irregularidades en la altura de la edificación, destacándose una irregularidad extrema de piso blando, irregularidad de geometría vertical y, en cuanto a la irregularidad en planta, se identificó irregularidad torsional. Con el análisis sísmico, se observó una fuerza acumulada en el primer nivel de 1725.85 tonf en X-X y 2301.13 tonf en Y-Y. Además, se determinaron los períodos de vibración, siendo de 0.642 s en una estructura irregular y de 0.723 s en una estructura regular.

Según la tabla 39, observamos la capacidad de la edificación en el eje X-X que nos resulta un movimiento de 12.43 cm y una fuerza de corte de 277.00 tonf, en el eje Y-Y, el movimiento es de 12.30 cm y una fuerza de corte de 277.77 tonf. Por otro lado, Orihuela, E. y Orihuela, M. (2021) reportan que capacidad de la edificación en el eje X-X es 226.55 tonf con un máximo movimiento horizontal de 24 cm en el nodo de control, y en la dirección Y-Y tiene un valor de 392.59 tonf con un movimiento de 3.03 cm. Observamos que en este análisis, se presenta una falla en el nodo de control a 4.13 cm, a causa de una configuración de la estructura, donde los muros fallan para una fuerza de corte de 279.75 tonf.

Según la tabla 40, se concluye que el punto de desempeño en el eje X-X presenta los siguientes resultados de desplazamiento en los niveles de movimiento sísmico frecuente, ocasional, raro y muy raro: 3.40 cm, 4.94 cm, 13.54 cm y 20.20 cm, respectivamente, los cuales se ubica la capacidad mediante un gráfico. Asimismo, en el eje Y-Y, las magnitudes

correspondientes en los mismos niveles de sismo fueron 3.27 cm, 4.84 cm, 14.53 cm y 23.23 cm, respectivamente, y también están dentro del esquema de la capacidad representado por una curva. Por otro lado, en el estudio de Orihuela, E. y Orihuela, M. (2021), al aplicar el método del ASCE 41-13, se obtuvo en el eje X-X los siguientes desplazamientos en los mismos niveles de sismo fueron 1.80 cm, 2.30 cm, 5.30 cm y 7.30 cm, en su respectivo orden. En el eje Y-Y, los desplazamientos en los mismos niveles de sismo fueron 0.19 cm, 0.24 cm, 0.54 cm y 0.80 cm, de manera respectiva, y todos están representados en la curva de capacidad.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Se evaluó el desempeño sísmico de la I.E. 20407 Los Naturales a través de un AENL, siguiendo los lineamientos del SEAOC VISION 2000. Los valores que se obtuvieron para cada intensidad de demanda sísmica fueron los siguientes: en un sismo frecuente, en sus dos direcciones llegamos a obtener un desempeño operacional, indica que el daño sufrido por el sismo fue moderado, con pérdida de soporte, sin embargo, la estructura aún mantiene un límite de seguridad frente al colapso. Tras el movimiento sísmico, la probabilidad de derrumbe es baja, los daños son reparables y la estructura permanece estable. En un sismo ocasional, también llegamos a lograr un desempeño operacional en ambos ejes de análisis, con los mismos efectos mencionados anteriormente: daños moderados, pérdida de rigidez y resistencia, pero sin riesgo de colapso. En cuanto al sismo raro, para sus dos direcciones llegamos a alcanzar un desempeño de colapso, indica que el daño sufrido fue el colapso total de la estructura, superando sus límites de rigidez y resistencia, lo que hace imposible la reparación. Finalmente, en un sismo muy raro, también obtuvimos un desempeño de colapso en ambas direcciones, con los mismos efectos de daño total y pérdida de capacidad.

Se realizó el análisis sísmico de la I.E. 20407 Los Naturales conforme a la norma sismorresistente (E.030), verificando por completo las irregularidades presentes en la estructura. Pudimos comprobar que dicha

edificación no presenta irregularidades en altura ni en planta. Con respecto al análisis estático, pudimos determinar la fuerza cortante basal, siendo de 152.826 tonf en la dirección X-X y de 157.560 tonf en la dirección Y-Y. De acuerdo a la manera en que se distribuyen las fuerzas sísmicas en altura, obtuvimos lo siguiente: para el primer nivel en la dirección X-X, 62.312 tonf; para el segundo nivel, 90.679 tonf; y en la dirección Y-Y, para el primer nivel, 64.201 tonf; y para el segundo nivel, 93.427 tonf. En el análisis dinámico modal espectral, determinamos un periodo de vibración de 0.442 s para el eje X-X con una participación de la masa del 90.95%, y de 0.429 s para la dirección Y-Y junto a una masa participativa del 91.38%. Adicionalmente, elaboramos un análisis modal con el fin de establecer el espectro de diseño. Logramos verificar que la distorsión en el eje X-X es de 0.0112 por otro lado en el eje Y-Y fue de 0.0114, indicando que se superó los límites permisibles, el cual especifica que el valor de la máxima deriva permitida es de 0.007.

Comprobamos que la curva de capacidad de la I.E. 20407 Los Naturales con la aplicación del AENL en la dirección X-X, se obtuvo un movimiento de 12.43 cm y una fuerza de corte en la base de 277.00 tonf. En la dirección Y-Y, el movimiento fue de 12.30 cm y la cortante basal alcanzó las 277.77 tonf.

Concluimos que el punto de desempeño de la I.E. 20407 Los Naturales empleando el AENL para ambos ejes de análisis y considerando los cuatro niveles de intensidades sísmicas: frecuente, ocasional, raro y muy raro. En la situación de un sismo frecuente, para el eje X-X el movimiento

fue de 3.40 cm y la fuerza de corte en la base alcanzó 201.98 tonf, por otro lado, en el eje Y-Y el movimiento fue de 3.27 cm y la fuerza de corte en la base de 203.14 tonf. En un sismo ocasional, en la dirección X-X resultó un movimiento de 4.94 cm y una fuerza de corte en su base de 218.69 tonf, y en el eje Y-Y el desplazamiento fue de 4.84 cm con una fuerza de corte en su base de 221.42 tonf. En un sismo raro, en el eje X-X el movimiento fue de 13.54 cm con una fuerza de corte en su base de 267.05 tonf, mientras que en el eje Y-Y el movimiento alcanzó 14.53 cm y la fuerza de corte en su base de 277.77 tonf. Por último, durante un sismo muy raro, en el eje X-X el movimiento fue de 20.20 cm con una fuerza de corte en la base de 267.05 tonf, y en el eje Y-Y el movimiento fue de 23.33 cm con una fuerza de corte en su base de 277.77 tonf.

6.2. Recomendaciones

Al calcular la intensidad sísmica empleando el AENL se recomienda hacer una inspección a la edificación y extraer muestras de concreto de cada columna y cada viga y posteriormente obtener su resistencia, también se debe tener en cuenta la cantidad de acero que existe en cada elemento estructural de concreto armado y obtener su fluencia y de esa manera obtener los niveles de desempeño sísmico del edificio y que se asemejen a la realidad.

Para determinar el análisis sísmico de acuerdo al RNE se recomienda realizar un levantamiento real de todos los detalles de la edificación que puedan influenciar en los valores que se obtienen, además se recomienda realizar el análisis mediante un análisis no lineal debido a que nos permitirá obtener resultados que se asemejen a lo real.

Para hallar la capacidad de una edificación mediante el AENL se recomienda hacerlo aplicando diferentes cargas laterales por cada nivel y de esa manera obtener los máximos valores de desplazamiento.

Se sugiere utilizar el proceso de los coeficientes ASCE/SEI 41-17 con la finalidad de realizar el AENL y obtener resultados que reflejen de manera más precisa la realidad al determinar los niveles de desempeño.

REFERENCIAS

7.1. Fuentes documentales

- Angulo Adrianzén, J., & Azañedo Martínez, W. (2013). *Propuesta para la modificación del espectro elástico de la actual norma peruana de diseño sismo resistente*. Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Campos, C., & Leandro, D. (2022). *Evaluación del desempeño sísmico utilizando el análisis no lineal estático según la metodología ASCE 41-13 de un módulo de la Institución Educativa Andrés Avelino Cáceres, distrito de San Juan de Miraflores, provincia de Lima, Departamento de Lima*. Tesis de pregrado, Universidad Continental, Huancayo.
- Castellanos, S. (2021). *Evaluación de Desempeño Sísmico del edificio de la Universidad Internacional SEK ubicado en el campus Felipe Segovia Olmo*. Tesis de pregrado, Universidad Internacional SEK, Quito.
- Cumpa, J., & Quispe, B. (2019). *Evaluación del Desempeño Sismorresistente de la Institución Educativa N°50217 de la comunidad Umachurco-San Salvador, aplicando el método de Análisis Estático No Lineal de Cedencia Sucesiva (Pushover)*. Tesis de pregrado, Universidad Andina del Cusco, Cusco.
- Estrada, D., & Gómez, L. (2023). *Evaluación de Desempeño Sísmico de la Edificación Cumbre Instituto de Gastronomía-Chiclayo utilizando un Análisis no Lineal Estático*. Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán, Pimentel.

- Estrada, K. (2021). *Análisis de desempeño del Bloque de aulas Sur del Campus Miguel de Cervantes de la Universidad Internacional SEK*. Tesis de pregrado, Universidad Internacional SEK, Quito.
- Maldonado, R. (2012). *Sensibilidad y seguridad de estructuras de hormigón en régimen no lineal*. Tesis de máster, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
- Orihuela, E., & Orihuela, M. (2021). *Desempeño sísmico del pabellón “D” de la I. E. Francisco Bolognesi, mediante el análisis estático no lineal “pushover”, distrito Chilca, Huancayo, 2021*. Tesis de pregrado, Universidad Continental, Huancayo.
- Orozco, A. (2021). *Estudio del Desempeño Sísmico Estructural del edificio Hospital Pedro de Bethancourt, Antigua Guatemala, Sacatepéquez con el método del Análisis Estático No Lineal (Pushover)*. Tesis de posgrado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Ramos, F. (2023). *Evaluación del Desempeño Sísmico Estructural de la Institución Educativa N°141 - Héroes de Jactay - Huánuco, mediante un Análisis Estático y Dinámico No Lineal – 2022*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizan, Huánuco.
- Santana, R. (2012). *Diseño sísmico por desempeño de estructuras de albañilería confinada*. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Valencia, J. (2012). *Análisis del método “modal Push-Over” y su incidencia en el cálculo de pórticos de hormigón armado en el cantón de Ambato*. Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- Yuquilema, L., & Washbrum, P. (2023). *Evaluación del Desempeño Sísmico de una edificación de 5 niveles, utilizando el Análisis Estático No Lineal*

(Pushover), ubicado en la ciudad de Milagro. Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil, Guayaquil.

7.2. Fuentes bibliográficas

Aguiar, R. (2003). *Análisis sísmico por desempeño*. Quito: EDIESPE.

Aguiar, R. (2008). *Análisis Sísmico de Edificios* (Primera ed.). Quito: Centro de Investigaciones Científicas.

ATC-40. (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings* (Vols. I, II). California: Applied Technology Council.

Borja, M. (2012). *Metología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.

MINEDU. (2017). *Plan Nacional de Infraestructura Educativa al 2025*. Perú: Repositorio institucional - MINEDU.

SEAOC. (1995). *Vision 2000 Committee: Performance Based Seismic Engineering of Building*. California: Structural Engineers Association of California.

7.3. Fuentes hemerográficas

Arango Moreno, S., Cortés, A., & Duque, P. (2009). Propuesta metodológica para la evaluación del desempeño estructural de una estantería metálica. *Revista EIA*(12), 139-154.

Fajfar, P. (2000). A Nonlinear Analysis Method for Performance Based Seismic Design. *Earthquake Spectra*. *Earthquake Spectra*, 16(3), 573-592.

doi:<https://doi.org/10.1193/1.1586128>

- Kassem, M., Nazr, F., & Farsangi, E. (2019). Development of seismic vulnerability index methodology for reinforced concrete buildings based on nonlinear parametric analyses. *MethodsX*, 6, 199–211.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.01.006>
- Kuroiwa, J. (21 de Marzo de 2017). *Gestión del riesgo de desastres en las ciudades del Perú*. Obtenido de Acuerdo Nacional: <https://acuerdonacional.pe/wp-content/uploads/2017/03/FINAL-ACUERDO-NACIONAL-21-03-2017-kuroiwa.pdf>
- Wu, Y., Liu, N., & Qi, A. (2019). Seismic Performance of a New Structural Design Solution for First-Story Isolated RC Buildings with Coupled Beam-Column Connections. *Applied Sciences*, 9(1), 177.
doi:<https://doi.org/10.3390/app9010177>
- Zúñiga Cuevas, O., & Terán Gilmore, A. (2008). Evaluación Basada en Desplazamientos de Edificaciones de Mampostería Confinada. *Revista de Ingeniería Sísmica*(79), 25-48.
- Zúñiga, O., & Terán, A. (2008). Evaluación basada en desplazamientos de edificaciones de mampostería confinada. *Revista de Ingeniería Sísmica*(79), 25-48.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 41. Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General			
¿Cuál es el nivel de desempeño sísmico aplicando el análisis no lineal de la I.E. 20407 Los Naturales?	Determinar el nivel de desempeño sísmico aplicando el análisis no lineal de la I.E. 20407 Los Naturales.	El desempeño sísmico determinado aplicando el análisis no lineal de la I.E. 20407 Los Naturales se encuentra en un nivel de desempeño de seguridad de vida, para los cuatro niveles de demanda sísmica.			Tipo de Investigación: Según su finalidad, es aplicada. Según su alcance temporal, es transeccional o transversal.
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variable 1	Análisis No Lineal Estático Pushover	
¿Cuál es el análisis sísmico de la I.E. 20407 Los Naturales empleando la norma E.030 diseño sismorresistente?	Determinar el análisis sísmico de la I.E. 20407 Los Naturales empleando la norma E.030 diseño sismorresistente.	La I.E. 20407 Los Naturales cumple con las restricciones de irregularidad estipulados en la norma E.030 diseño sismorresistente.	Análisis No Lineal		Diseño de Investigación: No Experimental.

¿Cuáles es la curva de capacidad aplicando el análisis no lineal de la I.E. 20407 Los Naturales?	Determinar la curva de capacidad aplicando el análisis no lineal de la I.E. 20407 Los Naturales.	La curva de capacidad aplicando el análisis no lineal de la I.E. 20407 Los Naturales, muestra un desplazamiento mayor en su longitud más largo.	Variable 2	Nivel de amenaza sísmica	Población: La población es la I.E. 20407 Los Naturales, Huaral; que, al mismo tiempo, involucra a sus alumnos, así como a su plana docente y administrativa.
¿Cuál es el punto de desempeño aplicando el análisis no lineal de la I.E. 20407 Los Naturales?	Determinar el punto de desempeño aplicando el análisis no lineal de la I.E. 20407 Los Naturales.	El punto de desempeño con la aplicación del análisis no lineal de la I.E. 20407 Los Naturales, muestra un desplazamiento mayor en ambas direcciones para un sismo raro.	Desempeño Sísmico	Nivel de desempeño Objetivo de desempeño	Muestra: Se tomó como muestra al Módulo I perteneciente a la I.E. 20407 Los Naturales, que fue construido en 1974, y que en la actualidad tiene un uso educativo y administrativo.

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 2: PANEL FOTOGRÁFICO DEL MÓDULO I DE LA I.E. 20407

LOS NATURALES, HUARAL





ANEXO 3: CONSTANCIA DE AUTORIZACIÓN



“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

CONSTANCIA

EL DIRECTOR DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA PÚBLICA N° 20407
“LOS NATURALES” DE HUARAL DE LA JURISDICCION DE LA UGEL N°
10; QUIEN SUSCRIBE,

HACE CONSTAR QUE:

Por intermedio del presente documento, mi despacho **AUTORIZA** a los egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, **HEMER LUJAN ESPINOZA LANDA**, identificado con DNI N° **74236347** y **ALEJANDRO ANTONIO TORRES ENCISO**, identificado con DNI N° **75370795**; para que, de acuerdo a su solicitud, ejecuten las acciones necesarias en el pabellón autorizado, sin que esto signifique interrupciones en las clases de los estudiantes y/o labores educativas; con la finalidad de obtener la aprobación del Proyecto de Tesis **“EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO MEDIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL DE LA I.E. 20407 LOS NATURALES, HUARAL – 2023”**.

Se expide la presente constancia a petición de los interesados para los fines del caso.

Huaral, 14 de noviembre del 2023.



ANEXO 4: PRUEBAS Y ENSAYOS DE DIAMANTINA EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO.

INGELCI PERU S.A.C.
CONSTRUCTORA Y CONSULTORA

**INFORME
PRUEBAS Y ENSAYOS DE
DIAMANTINA EN ELEMENTOS
ESTRUCTURALES DE CONCRETO**

GEOTECNIA
Mecánica de suelos
Mecánica de rocas

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA Y SECUNDARIA DE LA I.E 20407 LOS NATURALES EN EL DISTRITO DE HUARAL - PROVINCIA DE HUARAL - DEPARTAMENTO DE LIMA"	
	PRUEBAS Y ENSAYOS DE DIAMANTINA EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO	Fecha: 2022
		Elaborado: Ing. Mack C. Chávez Castillo
		Aprobado: Ing. Eduardo M. Ríos Huerta

2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

2.1 ANTECEDENTES DE LAS EDIFICACIONES

En la actualidad de la I.E. cuenta con 4 Módulos (para el presente estudio será denominados: "Modulo 01", "Módulo 02", "Módulo 03", "Módulo 04"), y 4 obras complementarias.

El proyecto se llevará en la forma siguiente:

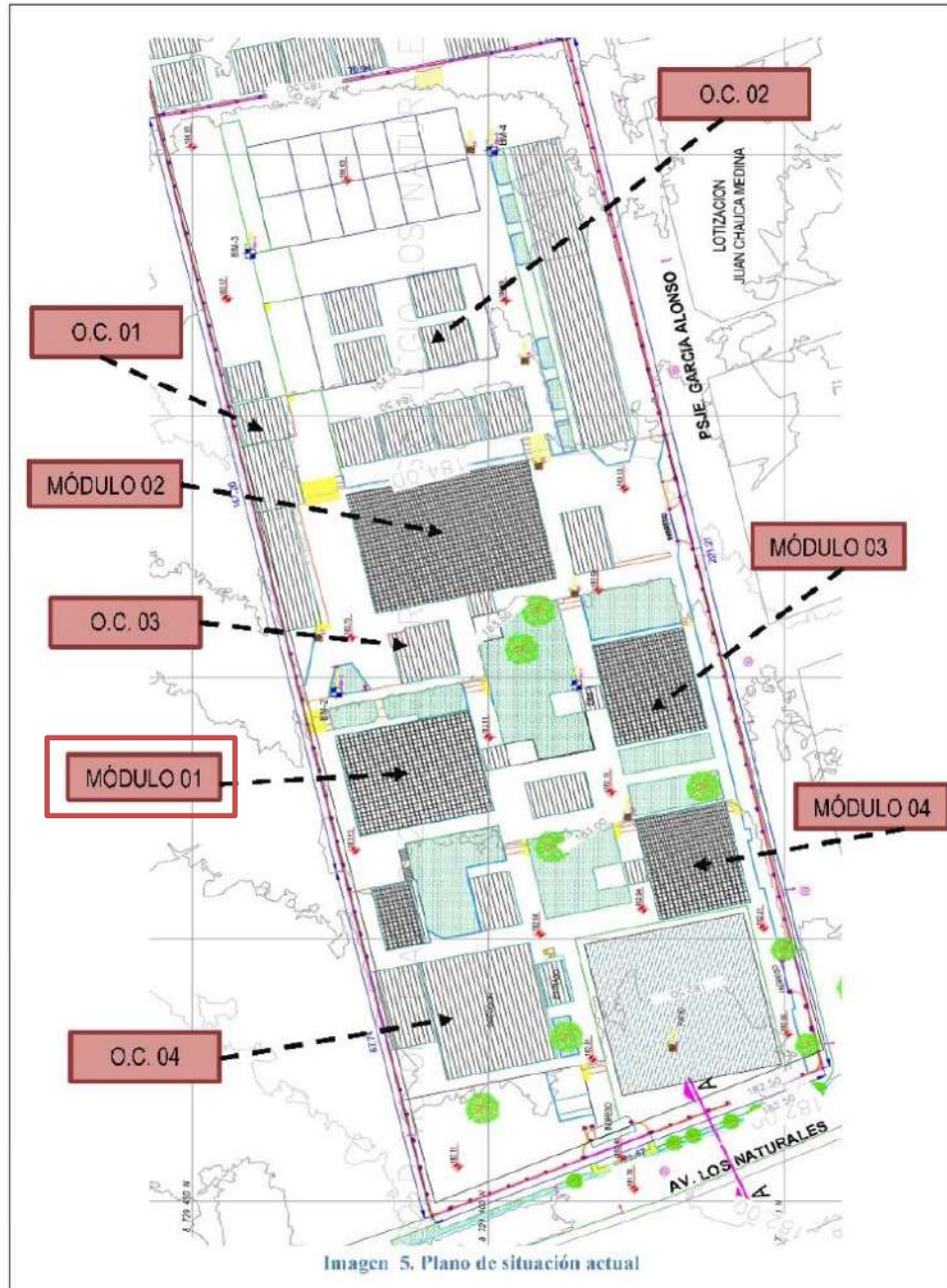
- El "Módulo 01" cuenta con 12 aulas de enseñanza.
- El "Módulo 02" cuenta con 01 aula cómputo y 01 depósito.
- El "Módulo 03" cuenta con 03 aulas de enseñanza.
- El "Módulo 04" cuenta con 03 aulas de enseñanza.
- La "Obra Complementaria 01" consta de módulo prefabricado 01.
- La "Obra Complementaria 02" consta de módulo prefabricado 02.
- La "Obra Complementaria 03" consta del tanque elevado 01.
- La "Obra Complementaria 04" consta de 01. dirección y 01 almacén

La educación estatal en zonas del país continúa presentando niveles de rendimiento bajos y limitados debido a múltiples factores, uno de ellos, la infraestructura inadecuada. Una de las tareas del estado es reducir el déficit de infraestructura escolar utilizando todas las herramientas posibles, así como recuperar y renovar la misma para reducir la brecha existente y avanzar hacia la calidad educativa. Conscientes de esta realidad, desde nuestro aporte, han sido considerados los criterios necesarios para la evaluación y análisis presentado en el informe.

Este Centro de estudios, actualmente se encuentra funcionando en una edificación que alberga a una población estudiantil, distribuidos en grados de nivel primaria y secundaria, que provienen de la comunidad y de distintos lugares. La edificación actualmente cuenta con cuatro módulos educativos, dos módulos de material prefabricado y módulos que son construcciones antiguas, de material rústico y se mantienen en funcionamiento gracias a las refacciones que se ejecutan cada inicio de año escolar.

PRUEBAS Y ENSAYOS DE DIAMANTINA EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO

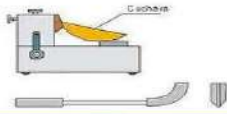
Fecha:	2022
Elaborado:	Ing. Mack C. Chávez Castillo
Aprobado:	Ing. Eduardo M. Rios Huerta



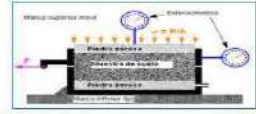
	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA Y SECUNDARIA DE LA I.E 20407 LOS NATURALES EN EL DISTRITO DE HUARAL - PROVINCIA DE HUARAL - DEPARTAMENTO DE LIMA"	
	PRUEBAS Y ENSAYOS DE DIAMANTINA EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO	Fecha: 2022
		Elaborado: Ing. Mack C. Chávez Castillo
		Aprobado: Ing. Eduardo M. Rios Huerta

Anexo A-1: Certificado de ensayos





LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
INGELCI PERU SAC.
 INGENIERIA ELECTROMECHANICA Y CIVIL
 R.U.C. 20600224302



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

RESISTENCIA A LA COMPRESION EN TESTIGOS DIAMANTINOS

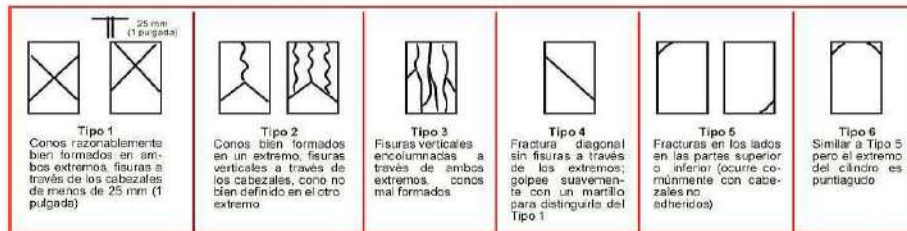
NTP 339.034 - ASTM C39 - AASHTO T22

SOLICITANTE: CONSORCIO MB	Certificado : 837 - 2022-LAB/MS-INGELCI
OBRA : "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA Y SECUNDARIA DE LA I.E. 20407 LOS NATURALES EN EL DISTRITO DE HUARAL - PROVINCIA DE HUARAL - DEPARTAMENTO DE LIMA"	Hecho por Tec. : MACK D. CHAVEZ CASTILLO
	Rev. Por Ing. : EDUARDO MIGUEL RIOS HUERTA
UBICACIÓN: AV. LOS NATURALES - HUARAL - HUARAL - LIMA	Fecha Entrega : HUAURA, 21 de Noviembre de 2022

- 1.0 DE LA MUESTRA: Probetas de Concreto Cilíndrico Diamantinos
- 2.0 DEL EQUIPO: Prensa marca PINZUAR – PC-2160/serie 168
 Certificado de Calibración N° 065 - 020 - 2021
- 3.0 RESULTADOS:

ESTRUCTURA :	COLUMNA - 1° NIVEL
FECHA ROTURA:	21/11/2022

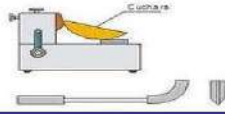
ESQUEMA DE LOS PATRONES DE TIPOS DE FRACTURAS - NTP 339.034



N° DE PROBETA	ALTURA	PESO (Kg.)	RESISTENCIA DE DISEÑO	TIPO DE FRACTURA	DIAMETRO (cm.)	AREA (cm.)	CARGA		RESULTADO		
							Kn.	Kg.	Kg/cm ²	F'c	%
Modulo-01	15.00	11.14	F'c = 210 Kg/cm ²	2	5.08	20.27	33.40	3,405	168	210	80
Modulo-02	15.00	11.00	F'c = 210 Kg/cm ²	4	5.08	20.27	38.40	3,914	193	210	92
Modulo-03	15.00	10.95	F'c = 210 Kg/cm ²	3	5.08	20.27	26.00	2,650	131	210	62
Modulo-04	15.00	10.88	F'c = 210 Kg/cm ²	3	5.08	20.27	37.10	3,782	187	210	89

OBSERVACIONES :
 Las muestras cumplen el diametro especificado, los testigos son ensayados en condición húmeda.

ELABORADO POR		APROBADO POR	
Nombre:	Mack Cell Chavez Castillo	Nombre:	Ing. Eduardo Miguel Rios Huerta
Cargo:	Técnico Laboratorio	Cargo:	Jefe Laboratorio
Firma:		Firma:	
Fecha:	21/11/2022	Fecha:	21/11/2022



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
INGELCI PERU SAC.
 INGENIERIA ELECTROMECANICA Y CIVIL
 R.U.C. 20600224302



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

RESISTENCIA A LA COMPRESION EN TESTIGOS DIAMANTINOS

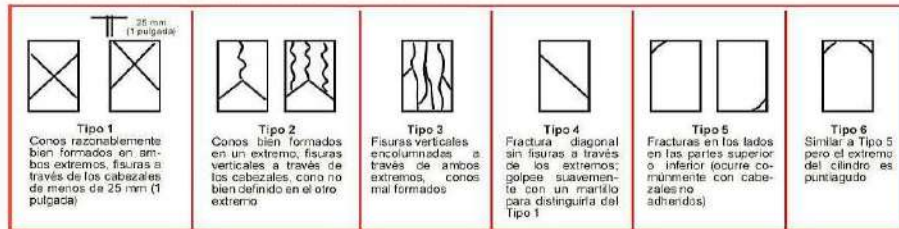
NTP 339.034 - ASTM C39 - AASHTO T22

SOLICITANTE: CONSORCIO MB	Certificado : 636 - 2022-LAB/MS-INGELCI
OBRA : "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA Y SECUNDARIA DE LA I.E. 20407 LOS NATURALES EN EL DISTRITO DE HUARAL - PROVINCIA DE HUARAL - DEPARTAMENTO DE LIMA"	Hecho por Tec. : MACK C. CHAVEZ CASTILLO
UBICACIÓN: AV. LOS NATURALES - HUARAL - HUARAL - LIMA	Rev. Por Ing. : EDUARDO MIGUEL RIOS HUERTA
	Fecha Entrega : HUAURA, 21 de Noviembre de 2022

- 1.0 DE LA MUESTRA:** Probetas de Concreto Cilindrico Diamantinos
- 2.0 DEL EQUIPO:** Prensa marca PINZUAR – PC-2160/serie 168
 Certificado de Calibración N° 085 - 020 - 2021
- 3.0 RESULTADOS:**

ESTRUCTURA :	VIGAS PRINCIPALES - 1º NIVEL
FECHA ROTURA:	21/11/2022

ESQUEMA DE LOS PATRONES DE TIPOS DE FRACTURAS - NTP 339.034



Nº DE PROBETA	ALTURA	PESO (Kg.)	RESISTENCIA DE DISEÑO	TIPO DE FRACTURA	DIAMETRO (cm.)	AREA (cm.)	CARGA		RESULTADO		
							Kn.	Kg.	Kg/cm²	F'c	%
Modulo-01	15.00	10.90	F'c = 210 Kg/cm²	2	5.08	20.27	34.10	3.476	172	210	82
Modulo-02	15.00	10.84	F'c = 210 Kg/cm²	4	5.08	20.27	35.00	3.568	176	210	84
Modulo-03	15.00	11.04	F'c = 210 Kg/cm²	5	5.08	20.27	22.40	2.283	113	210	54
Modulo-04	15.00	10.82	F'c = 210 Kg/cm²	4	5.08	20.27	37.90	3.863	191	210	91

OBSERVACIONES :
 Las muestras cumplen el diametro especificado, los testigos son ensayados en condición humeda.

ELABORADO POR		APROBADO POR	
Nombre:	Mack Cell Chavez Castillo	Nombre:	Ing. Eduardo Miguel Rios Huerta
Cargo:	Tecnico Laboratorio	Cargo:	Jefe Laboratorio
Firma:		Firma:	
Fecha:	21/11/2022	Fecha:	21/11/2022

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
RESISTENCIA A LA COMPRESION EN TESTIGOS DIAMANTINOS
 NTP 339.034 - ASTM C39 - AASHTO T22

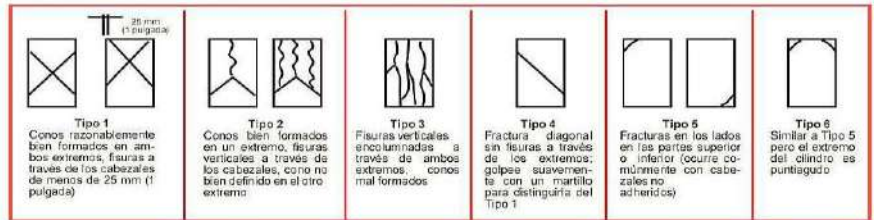
<p>SOLICITANTE: CONSORCIO MB</p> <p>OBRA : "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA Y SECUNDARIA DE LA I.E. 20407 LOS NATURALES EN EL DISTRITO DE HUARAL - PROVINCIA DE HUARAL - DEPARTAMENTO DE LIMA"</p> <p>UBICACIÓN: AV. LOS NATURALES - HUARAL - HUARAL - LIMA</p>	<p>Certificado : 839 - 2022-LAB/MS-INGELCI</p> <p>Hecho por Tec. : MACK C. CHAVEZ CASTILLO</p> <p>Rev. Por Ing. : EDUARDO MIGUEL RIOS HUERTA</p> <p>Fecha Entrega : HUAURA, 21 de Noviembre de 2022</p>
---	---

- 1.0 DE LA MUESTRA:** Probetas de Concreto Cilindrico Diamantinos
- 2.0 DEL EQUIPO:** Prensa marca PINZUAR – PC-2180/serie 168
 Certificado de Calibración N° 065 - 020 - 2021

3.0 RESULTADOS:

ESTRUCTURA :	COLUMNA - 2° NIVEL
FECHA ROTURA:	21/11/2022

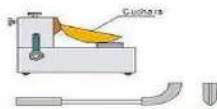
ESQUEMA DE LOS PATRONES DE TIPOS DE FRACTURAS - NTP 339.034



N° DE PROBETA	ALTURA	PESO (Kg.)	RESISTENCIA DE DISEÑO	TIPO DE FRACTURA	DIAMETRO (cm.)	AREA (cm.)	CARGA		RESULTADO		
							Kn.	Kg.	Kg/cm²	F'c	%
Modulo-01	15.00	10.40	F'c = 210 Kg/cm2	3	5.08	20.27	28.80	2,936	145	210	69
Modulo-02	15.00	10.60	F'c = 210 Kg/cm2	3	5.08	20.27	34.10	3,476	172	210	82
Modulo-03	15.00	11.10	F'c = 210 Kg/cm2	2	5.08	20.27	27.40	2,793	138	210	66
Modulo-04	15.00	10.72	F'c = 210 Kg/cm2	6	5.08	20.27	17.40	1,774	88	210	42

OBSERVACIONES :
 Las muestras cumplen el diametro especificado, los testigos son ensayados en condición humeda.

ELABORADO POR		APROBADO POR	
Nombre:	Mack Celi Chavez Castillo	Nombre:	Ing. Eduardo Miguel Rios Huerta
Cargo:	Tecnico Laboratorio	Cargo:	Jefe Laboratorio
Firma:		Firma:	
Fecha:	21/11/2022	Fecha:	21/11/2022



**LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
INGELCI PERU SAC.
INGENIERIA ELECTROMECANICA Y CIVIL
R.U.C. 20600224302**



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

RESISTENCIA A LA COMPRESION EN TESTIGOS DIAMANTINOS

NTP 339.034 - ASTM C39 - AASHTO T22

SOLICITANTE: CONSORCIO MB	Certificado : 840 - 2022-LAB/MS-INGELCI
OBRA : 'MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA Y SECUNDARIA DE LA I.E 20407 LOS NATURALES EN EL DISTRITO DE HUARAL - PROVINCIA DE HUARAL - DEPARTAMENTO DE LIMA'	Hecho por Tec. : MACK C. CHAVEZ CASTILLO
UBICACIÓN: AV. LOS NATURALES - HUARAL - HUARAL - LIMA	Rev. Por Ing. : EDUARDO MIGUEL RIOS HUERTA
	Fecha Entrega : HUAURA, 21 de Noviembre de 2022

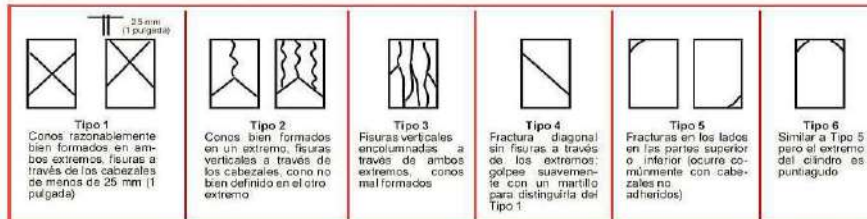
1.0 DE LA MUESTRA: Probetas de Concreto Cilíndrico Diamantinos

2.0 DEL EQUIPO: Prensa marca PINZUAR - PC-2160/serie 168
Certificado de Calibración N° 065 - 020 - 2021

3.0 RESULTADOS:

ESTRUCTURA :	VIGAS PRINCIPALES - 2° NIVEL
FECHA ROTURA:	21/11/2022

ESQUEMA DE LOS PATRONES DE TIPOS DE FRACTURAS - NTP 339.034




N° DE PROBETA	ALTURA	PESO (Kg.)	RESISTENCIA DE DISEÑO	TIPO DE FRACTURA	DIAMETRO (cm.)	AREA (cm.)	CARGA		RESULTADO		
							Kn.	Kg.	Kg/cm ²	F'c	%
Modulo-01	15.00	10.67	F'c = 210 Kg/cm ²	2	5.08	20.27	36.20	3,690	182	210	87
Modulo-02	15.00	11.10	F'c = 210 Kg/cm ²	4	5.08	20.27	29.33	2,990	148	210	70
Modulo-03	15.00	10.96	F'c = 210 Kg/cm ²	5	5.08	20.27	38.90	3,965	196	210	93
Modulo-04	15.00	10.92	F'c = 210 Kg/cm ²	4	5.08	20.27	40.18	4,096	202	210	96

OBSERVACIONES :

Las muestras cumplen el diametro especificado, los testigos son ensayados en condición humeda.

ELABORADO POR		APROBADO POR	
Nombre:	Mack Celi Chavez Castillo	Nombre:	Ing. Eduardo Miguel Rios Huerta
Cargo:	Tecnico Laboratorio	Cargo:	Jefe Laboratorio
Firma:		Firma:	
Fecha:	21/11/2022	Fecha:	21/11/2022

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA Y SECUNDARIA DE LA I.E 20407 LOS NATURALES EN EL DISTRITO DE HUARAL - PROVINCIA DE HUARAL - DEPARTAMENTO DE LIMA"		
	PRUEBAS Y ENSAYOS DE DIAMANTINA EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO		Fecha: 2022
			Elaborado: Ing. Mack C. Chávez Castillo
			Aprobado: Ing. Eduardo M. Pios Huerta

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Las muestras fueron obtenidas de acuerdo a las normas ASTM C 39, NTP 339.034, ASTM C 42, NTP 339.059.
- De los resultados del ensayo a compresión de los núcleos de concreto, obtenidos de distintos elementos estructurales de la I.E. 20407, se ha obtenido una resistencia máxima a compresión de la cuales su condición es **INADECUADO**, de todos los elementos ensayados.
- De la verificación de las condiciones estructurales de las columnas de los módulos se puede concluir que los núcleos de concreto ensayados ha resultado, insatisfactorio, encontrándose por debajo de lo requerido para el elemento vertical (columna) y horizontales (vigas), de acuerdo con los resultados arrojados de los ensayos realizados.
- Se observa mala práctica de la colocación de concreto ya que en varias estructuras se verifica la segregación del concreto.
- Se puede observar fisuras en la parte interna de las estructuras.
- Se observa la mala adherencia del cemento con los agregados en algunos elementos estructurales.

4.2 RECOMENDACIONES

- Debido a los resultados obtenido en dichos ensayos tanto en campo como en laboratorio se recomienda la demolición de la estructura por no llegar a la resistencia adecuada del 75% de la resistencia individual requerida y al 85% de la resistencia promedio.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Norma Técnica E-030-2018 Diseño Sismo Resistente.
- Norma Técnica E-050 Suelos y Cimentaciones
- Normas correspondientes ASTM y AASHTO
- CISMID-UNI, (1992)" Seminario Taller de Mecánica de Suelos y Exploración Geotécnica".

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA Y SECUNDARIA DE LA I.E 20407 LOS NATURALES EN EL DISTRITO DE HUARAL - PROVINCIA DE HUARAL - DEPARTAMENTO DE LIMA"						
	PRUEBAS Y ENSAYOS DE DIAMANTINA EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO	<table border="1"> <tr> <td>Fecha:</td> <td>2022</td> </tr> <tr> <td>Elaborado:</td> <td>Ing. Mack C. Chávez Castillo</td> </tr> <tr> <td>Aprobado:</td> <td>Ing. Eduardo M. Rios Huerta</td> </tr> </table>	Fecha:	2022	Elaborado:	Ing. Mack C. Chávez Castillo	Aprobado:
Fecha:	2022						
Elaborado:	Ing. Mack C. Chávez Castillo						
Aprobado:	Ing. Eduardo M. Rios Huerta						

Anexo A-2: Panel fotográfico



	REGISTRO	843 - 2022-LAB/MS-PERU
	SISTEMA DE GESTION DE CALIDAD	REVISION A
	PANEL FOTOGRAFICO	FECHA: 21-Nov-22
		PAGINA

OBRA	"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA Y SECUNDARIA DE LA I.E 20407 LOS NATURALES EN EL DISTRITO DE HUARAL - PROVINCIA DE HUARAL - DEPARTAMENTO DE LIMA"	
CLIENTE	CONSORCIO MB	FECHA : 21-Nov-22
CANTERA	ING. RESPONSABLE :	EDUARDO MIGUEL RIOS HUERTA
ESPC. TEC.		
UBICACIÓN	AV. LOS NATURALES - HUARAL - HUARAL - LIMA	

SEÑALIZACION DE AREA DE TRABAJO



DIAMANTINAS



COMENTARIOS/OBSERVACIONES:

APROBACION:



REGISTRO	844 - 2022-LAB/MS-PERU
SISTEMA DE GESTION DE CALIDAD	REVISION A
PANEL FOTOGRAFICO	FECHA: 21-Nov-22
	PAGINA

OBRA "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA Y SECUNDARIA DE LA I.E 20407 LOS NATURALES EN EL DISTRITO DE HUARAL - PROVINCIA DE HUARAL - DEPARTAMENTO DE LIMA"

CLIENTE CONSORCIO MB **FECHA:** 21-Nov-22

CANTERA **ING. RESPONSABLE:** EDUARDO MIGUEL RIOS HUERTA

ESPC. TEC.

UBICACIÓN AV. LOS NATURALES - HUARAL - HUARAL - LIMA

DIAMANTINAS



DIAMANTINAS



COMENTARIOS/OBSERVACIONES:

APROBACIÓN:

**ANEXO 5: ESCANEO DE ARMADURA INTERIOR DE ACERO EN
ESTRUCTURAS DE CONCRETO**

INGELCI PERU S.A.C.
CONSTRUCTORA Y CONSULTORA

**INFORME
ESCANEO DE ARMADURA INTERNA DE
ACERO EN ELEMENTOS
ESTRUCTURALES DE CONCRETO**

GEOTECNIA
Mecánica de suelos
Mecánica de rocas

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA Y SECUNDARIA DE LA I.E 20407 LOS NATURALES EN EL DISTRITO DE HUARAL - PROVINCIA DE HUARAL - DEPARTAMENTO DE LIMA"		
	ESCANEADO DE ARMADURA INTERNA DE ACERO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO	Fecha:	2022
		Elaborado:	Ing. Mack C. Chávez Castillo
		Aprobado:	Ing. Eduardo M. Ríos Huerta

2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

2.1 ESTADO SITUACIONAL DE LA ESTRUCTURA

En la actualidad de la I.E. cuenta con 4 Módulos (para el presente estudio será denominados: "Modulo 01", "Módulo 02", "Módulo 03", "Módulo 04"), y 4 obras complementarias.

El proyecto se llevará en la forma siguiente:

- El "Módulo 01" cuenta con 12 aulas de enseñanza.
- El "Módulo 02" cuenta con 01 aula cómputo y 01 depósito.
- El "Módulo 03" cuenta con 03 aulas de enseñanza.
- El "Módulo 04" cuenta con 03 aulas de enseñanza.
- La "Obra Complementaria 01" consta de modulo prefabricado 01.
- La "Obra Complementaria 02" consta de modulo prefabricado 02.
- La "Obra Complementaria 03" consta del tanque elevado 01.
- La "Obra Complementaria 04" consta de 01. dirección y 01 almacén

MODULO I: Compuesto por los siguientes elementos estructurales que lo conforman.

- Cimientos: Cimiento corrido $a=0.60m$ de concreto ciclópeo.
- Muros: Muro de ladrillo de arcilla artesanal de $23x14x7cm$.
- Columnas: Columnas C1 de concreto armado de $45x45cm$ y Columnas C2 de concreto armado de $20x15cm$.
- Vigas: Vigas de concreto armado de $45x60cm$ en dirección X-X y en dirección Y-Y $45x60cm$.
- Techos: Losa aligerada de 20cm de peralte efectivo.
- Cobertura: No cuenta con cobertura metálica.

MODULO II: Compuesto por los siguientes elementos estructurales que lo conforman.

- Cimientos: Cimiento corrido $a=0.60m$ de concreto ciclópeo.
- Muros: Muro de ladrillo de arcilla artesanal de $23x14x7cm$.
- Columnas: Columnas C1 de concreto armado de $25x25cm$, columnas de C2 de concreto armado $25x25cm$. y Columnas C3 de concreto armado de $50x25cm$.
- Vigas: Vigas de concreto armado de $25x40cm$ en dirección X-X y en dirección Y-Y $25x40cm$.
- Techos: Losa aligerada de 20cm de peralte efectivo.
- Cobertura: Tiene tijerales de acero, apoyadas finalmente en aligerado unidireccional.

ESCANEO DE ARMADURA INTERNA DE ACERO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO

Fecha:	2022
Elaborado:	Ing. Mack C. Chávez Castillo
Aprobado:	Ing. Eduardo M. Ríos Huerta

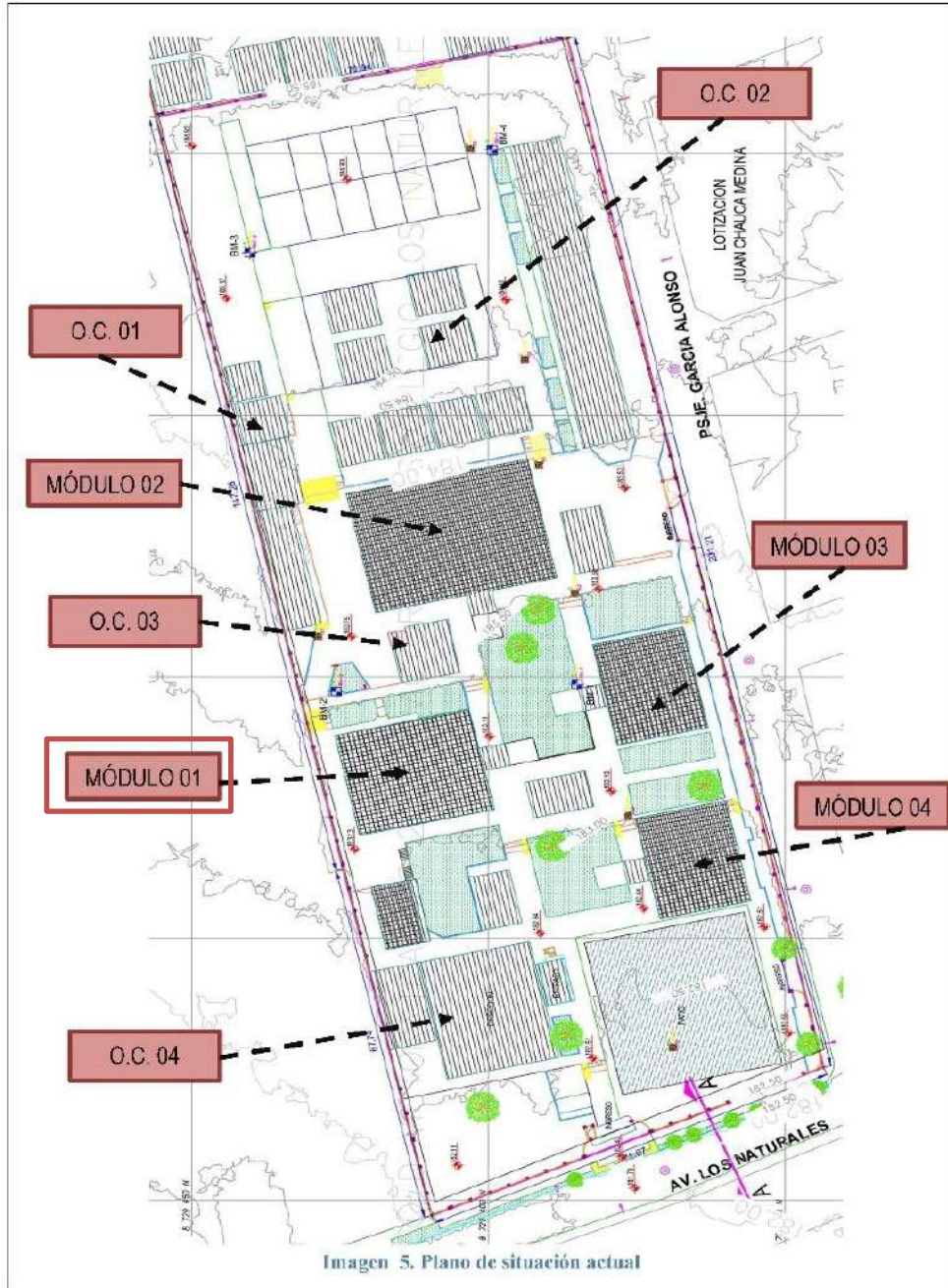



Imagen 5. Plano de situación actual

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA Y SECUNDARIA DE LA I.E 20407 LOS NATURALES EN EL DISTRITO DE HUARAL - PROVINCIA DE HUARAL - DEPARTAMENTO DE LIMA"	
	ESCANEADO DE ARMADURA INTERNA DE ACERO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO	Fecha: 2022
		Elaborado: Ing. Mack C. Chávez Castillo Aprobado: Ing. Eduardo M. Rios Huerta

2.2 EVALUACION DEL ESCANEADO DE LAS ARMADURAS DE ACERO

TABLA DE ESCANEADO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES – MODULO I

C1 - Columna cuadrada: 0.45m x 0.45m

C2- Columna rectangular :0.20 x 0.15m

NIVEL= 1ER NIVEL		
ID DE ELEMENTO	INFORMACION DEL ELEMENTO	
COLUMNAS	ACERO LONGITUDINAL	ACERO TRANSVERSAL
C-1	4 Ø 3/4" + 4 Ø 1/2"	Ø 3/8", 1 @0.05, 8@0.10, Rto @0.25 m.
C-2	4 Ø 3/8"	Ø 3/8", 1 @0.05, 4@0.10, Rto @0.25 m.


VP1 – Viga principal: 0.45m x 0.60m

NIVEL= 1ER NIVEL		
ID DE ELEMENTO	INFORMACION DEL ELEMENTO	
COLUMNAS	ACERO LONGITUDINAL	ACERO TRANSVERSAL
VP1	12 Ø 3/4"	Ø 3/8", 1 @0.05, 8@0.10, Rto @0.25 m.

LOSA ALIGERADA

La losa aligerada del módulo I presenta 20 cm de espesor, con armadura del aligerado Ø1/2" y acero de temperatura Ø 1/4", se muestra detalle típico:



	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA Y SECUNDARIA DE LA I.E 20407 LOS NATURALES EN EL DISTRITO DE HUARAL - PROVINCIA DE HUARAL - DEPARTAMENTO DE LIMA"	
	ESCANEADO DE ARMADURA INTERNA DE ACERO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO	Fecha: 2022
		Elaborado: Ing. Mack C. Chávez Castillo Aprobado: Ing. Eduardo M. Rios Huerta

3. CONCLUSIONES

3.1 CONCLUSIONES

En el Módulo I

- Se determino que presenta dos tipos de columnas C1 - Columna cuadrada: 0.45m x 0.45m, C2- Columna rectangular : 0.20 x 0.15m.
- Las vigas principales presentan las siguientes secciones 45x60 cm, así mismo presenta una losa aligerada e=0.20 m, con barra de acero Ø1/2" y 1/4" de acero de temperatura.

En el Módulo II

- Se determino que presenta dos tipos de columnas C1 - Columna cuadrada: 0.25m x 0.25m, C2 - Columna cuadrada: 0.25m x 0.25m, C3 - Columna rectangular: 0.50 x 0.25m
- Las vigas principales presentan las siguientes secciones 25x40 cm, así mismo presenta una losa aligerada e=0.20 m, con barra de acero Ø1/2" y 1/4" de acero de temperatura.

En el Módulo III

- Se determino que presenta dos tipos de columnas C1 - Columna cuadrada: 0.25m x 0.25m, C2- Columna rectangular :0.50 x 0.25m.
- Las vigas principales presentan las siguientes secciones 25x40 cm, así mismo presenta una losa aligerada e=0.20 m, con barra de acero Ø1/2" y 1/4" de acero de temperatura.

En el Módulo IV

- Se determino que presenta dos tipos de columnas C1 - Columna cuadrada: 0.25m x 0.25m, C2- Columna rectangular :0.50 x 0.25m.
- Las vigas principales presentan las siguientes secciones 25x40 cm, así mismo presenta una losa aligerada e=0.20 m, con barra de acero Ø1/2" y 1/4" de acero de temperatura.

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA Y SECUNDARIA DE LA I.E 20407 LOS NATURALES EN EL DISTRITO DE HUARAL - PROVINCIA DE HUARAL - DEPARTAMENTO DE LIMA"		
	ESCANEADO DE ARMADURA INTERNA DE ACERO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO	Fecha:	2022
		Elaborado:	Ing. Mack C. Chávez Castillo
Aprobado:	Ing. Eduardo M. Rios Huerta		

Anexo A-1: Formato de escaneo

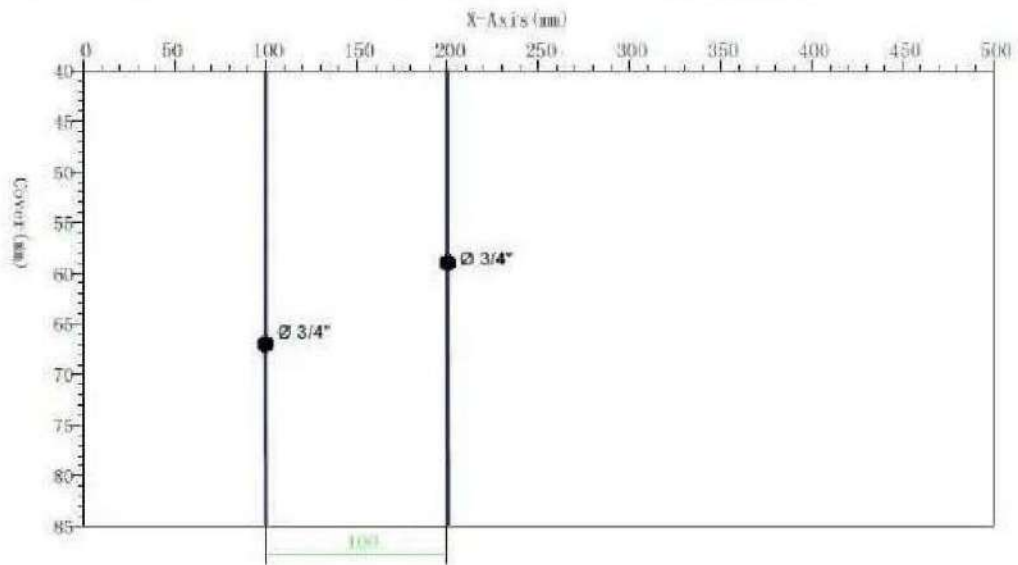


	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA Y SECUNDARIA DE LA LE 20407 LOS NATURALES EN EL DISTRITO DE HUARAL - PROVINCIA DE HUARAL - DEPARTAMENTO DE LIMA"		
	ESCANEO DE ARMADURA INTERNA DE ACERO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO		Fecha: 2022
			Elaborado: Ing. Mack C. Chávez Castillo Aprobado: Ing. Eduardo M. Rios Huerta

DENOMINACIÓN DE COLUMNA: C2

Cover Thickness Measurement Diagram

Object: C2-F-P1 Rebar Number: 2 Design Cover (Diam): 0mm (20mm)
 Min Cover: 59mm Max Cover: 67mm Pass Rate: 0.00%



Object: C2-F-P1

Cover Measurement Data:

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cover (mm)	67	59								
Eligible	×	×								

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA Y SECUNDARIA DE LA I.E 20407 LOS NATURALES EN EL DISTRITO DE HUARAL - PROVINCIA DE HUARAL - DEPARTAMENTO DE LIMA"						
	ESCANEO DE ARMADURA INTERNA DE ACERO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO	<table border="1"> <tr> <td>Fecha:</td> <td>2022</td> </tr> <tr> <td>Elaborado:</td> <td>Ing. Mack C. Chávez Castillo</td> </tr> <tr> <td>Aprobado:</td> <td>Ing. Eduardo M. Rios Huerta</td> </tr> </table>	Fecha:	2022	Elaborado:	Ing. Mack C. Chávez Castillo	Aprobado:
Fecha:	2022						
Elaborado:	Ing. Mack C. Chávez Castillo						
Aprobado:	Ing. Eduardo M. Rios Huerta						



Anexo A-2: Panel fotográfico



PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA Y SECUNDARIA DE LA I.E 20407 LOS NATURALES EN EL DISTRITO DE HUARAL - PROVINCIA DE HUARAL - DEPARTAMENTO DE LIMA"

ESCANEO DE ARMADURA INTERNA DE ACERO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO

Fecha:	2022
Elaborado:	Ing. Mack C. Chávez Castillo
Aprobado:	Ing. Eduardo M. Rios Huerta





PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA Y SECUNDARIA DE LA I.E 20407 LOS NATURALES EN EL DISTRITO DE HUARAL - PROVINCIA DE HUARAL - DEPARTAMENTO DE LIMA"

ESCANEO DE ARMADURA INTERNA DE ACERO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO

Fecha:	2022
Elaborado:	Ing. Mack C. Chávez Castillo
Aprobado:	Ing. Eduardo M. Ríos Huerta



Calle Cesar Vallejo #150 - HUALMAY - LIMA - PERU
CEL: 980 861 069 - 982 537 795
INGELCI PERU SAC