



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares de
albañilería confinada analizados con métodos
convencionales, edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE

Ingeniera Civil

AUTORA:

Bach. Quenaya Cusi, Noemi Stefany (ORCID: 0000-0002-6736-6248)

ASESOR:

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

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

LIMA - PERÚ

2021

Dedicatoria

A mis queridos padres, Olga Cusi y Tomas Quenaya quienes me inculcaron buenos valores y sentimientos que me han llevado a obtener muchos logros entre ellos este.

A mi hermano y familia quienes siempre han creído en mí y me han brindado su aliento para seguir adelante.

A mi mejor amigo, mi compañero, mi novio quien me brindó el apoyo moral en el momento más difícil y siempre me motivó a continuar hasta el final.

Agradecimiento

Primero a Dios, quien guía mis pasos en mi vida y procura siempre por mi familia..

A mi dulce madre Olga Cusi Calli por el gran amor hacia mi persona y por su constante apoyo moral.

A mi estimado padre Tomas Quenaya Apaza, quien me incentiva a superarme y lograr con mis objetivos y poder seguir cumpliendo con mis metas.

A mi asesor de tesis el Dr. Abel Alberto Muñiz Paucarmayta, quien semana a semana me instruyó en todo el proceso de mi investigación hasta el final.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vii
Resumen	xi
Abstract	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	34
3.1. Tipo y diseño de investigación	34
3.2. Variables y operacionalización.....	35
3.3. Población, muestra y muestreo.....	36
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	37
3.5. Procedimientos	38
3.6. Método de análisis de datos.....	39
3.7. Aspectos éticos.....	69
IV. RESULTADOS.....	70
V. DISCUSIÓN.....	85
VI. CONCLUSIONES	92
VII. RECOMENDACIONES.....	94
REFERENCIAS.....	95
ANEXOS.....	

Índice de tablas

Tabla 2.1. Resistencias de las características de la albañilería	11
Tabla 2.2. Definiciones del análisis estático no lineal.....	18
Tabla 2.3. Definiciones de la ductilidad	19
Tabla 2.4. Definiciones del espectro de capacidad	30
Tabla 2.5. Límites de deriva según ATC-40	32
Tabla 2.6. Límites de deriva según Comité Visión 2000	32
Tabla 3.1. Clasificando de los perfiles de suelo.....	40
Tabla 3.2. Factor de suelo “S”	40
Tabla 3.3. Periodos de vibración T_p y T_L	40
Tabla 3.4. Metrado de losa aligerada (carga viva)	51
Tabla 3.5. Metrado de losa aligerada (carga muerta).....	51
Tabla 3.6. Resultado del ensayo esclerómetro estructura 1° nivel	52
Tabla 3.7. Resultado del ensayo esclerómetro estructura 2° nivel	53
Tabla 3.8. Resultado del ensayo esclerómetro estructura 3° nivel	53
Tabla 3.9. Resultado del ensayo esclerómetro estructura 4° nivel	54
Tabla 3.10. Resultado del desplazamiento sismo estático.....	55
Tabla 3.11. Resultado del desplazamiento modal espectral	59
Tabla 3.12. Resultado de deformaciones por cargas gravitacionales CM y CV ...	60
Tabla 3.13. Resultado de las deformaciones por cargas no lineales	62
Tabla 3.14. Resultado de las deformaciones modal espectral.....	63
Tabla 4.1. Derivas inelásticas sismo dinámico (X y Y)	72
Tabla 4.2. Rigidez del edificio	73
Tabla 4.3. Desplazamientos del centro de masa sismo dinámico (X y Y)	74
Tabla 4.4. Deformación máximas y mínimas de losa y vigas.....	76

Tabla 4.5. Fuerzas cortantes por sismo estático	77
Tabla 4.6. Fuerzas cortantes por sismo dinámico	78
Tabla 4.7. Peso del edificio	78
Tabla 4.8. Centro de masa en el eje X-X y Y-Y	79
Tabla 4.9. Curva de capacidad en el edificio	81
Tabla 4.10. Espectro de capacidad según FEMA 440 y NTC 2008	82
Tabla 4.11. Modos de periodos y vibración	83
Tabla 5.1. Resultados con la correlación de Pearson de los desplazamientos	88
Tabla 5.2. Resultados con la correlación de Pearson de las deformaciones	89
Tabla 5.3. Resultados con la correlación de Pearson de las cortantes	90
Tabla 5.4. Resultados con la correlación de Pearson del desempeño sísmico	91

Índice de figuras

Figura 1.1. Ubicación de la muestra y población	4
Figura 2.1. Edificaciones de albañilería confinada	10
Figura 2.2. Ecuación de esfuerzo axial	11
Figura 2.3. Ecuación del módulo de elasticidad	13
Figura 2.4. Ecuación fuerza cortante admisible.....	14
Figura 2.5. Ecuación resistencia cortante al agrietamiento diagonal	14
Figura 2.6. Ecuación resistencia cortante al agrietamiento diagonal	15
Figura 2.7. Ecuación fuerza cortante al muro	15
Figura 2.8. Secuencias del proceso de análisis Pushover	16
Figura 2.9. Curva envolvente idealizada.....	18
Figura 2.10. Ecuación de la Curva envolvente idealizada.....	19
Figura 2.11. Tipos de ductilidad	19
Figura 2.12. Basamento de la técnica del Pushover	20
Figura 2.13. Espectros de pseudo aceleraciones.....	23
Figura 2.14. Metodología el diseño sísmico basado en el desempeño PBSD.....	25
Figura 2.15. Ecuación de amortiguamiento efectivo.....	26
Figura 2.16. Ecuación de amortiguamiento efectivo optimizada	27
Figura 2.17. Ecuación de periodo efectivo.....	27
Figura 2.18. Ecuación de periodo efectivo optimizada	28
Figura 2.19. Ecuación de los periodos y basamento de la técnica del Pushover .	29
Figura 2.20. Ecuación de reducción espectral y amortiguamiento efectivo	29
Figura 2.21. Ecuación de reducción espectral y amortiguamiento efectivo	30
Figura 2.22. Determinación del desplazamiento máximo (procedimiento A)	31
Figura 2.23. Sectorización de la curva de capacidad	32

Figura 3.1. Ejecución de flujograma.....	38
Figura 3.2. Aceleración máxima horizontal del suelo rígido	39
Figura 3.3. Ecuación módulo de elasticidad del concreto	40
Figura 3.4. Ecuación del concreto, acero y elasticidad	41
Figura 3.5. Gráfica espectro de diseño expresado en función de la gravedad	41
Figura 3.6. Gráfica del cortante dinámico y estático eje X-X.....	42
Figura 3.7. Gráfica del cortante dinámico y estático eje Y-Y.....	42
Figura 3.8. Modelado 3D del edificio Rodríguez.....	43
Figura 3.9. Modelado 3D de muros y columnas del edificio Rodríguez	43
Figura 3.10. Definición de las cargas sísmicas y estáticas	44
Figura 3.11. Definición del espectro pseudo aceleraciones	44
Figura 3.12. Carga estática en la dirección X-X	45
Figura 3.13. Carga estática en la dirección Y-Y	45
Figura 3.14. Carga dinámica en la dirección X-X	46
Figura 3.15. Carga dinámica en la dirección Y-Y	46
Figura 3.16. Resumen de la carga lateral incrementada en los ejes X-X y Y-Y ...	47
Figura 3.17. Carga lateral incrementada en el eje X-X.....	47
Figura 3.18. Carga lateral incrementada en el eje Y-Y.....	48
Figura 3.19. Carga incrementada de cada nivel el eje X-X	48
Figura 3.20. Carga incrementada de cada nivel el eje Y-Y	49
Figura 3.21. Carga gravitacional no lineal	49
Figura 3.22. Carga lateral no lineal.....	50
Figura 3.23. Método Pushover no lineal del eje X-X	50
Figura 3.24. Método Pushover no lineal del eje Y-Y	51
Figura 3.25. Gráfico de resultado del ensayo esclerómetro 1° nivel.....	52
Figura 3.26. Gráfico de resultado del ensayo esclerómetro 2° nivel.....	53

Figura 3.27. Gráfico de resultado del ensayo esclerómetro 3° nivel	54
Figura 3.28. Gráfico de resultado del ensayo esclerómetro 4° nivel	55
Figura 3.29. Desplazamiento en el eje X-X	56
Figura 3.30. Desplazamiento en el eje Y-Y	56
Figura 3.31. Desplazamiento primer paso	57
Figura 3.32. Desplazamiento segundo paso	57
Figura 3.33. Desplazamiento tercer paso	58
Figura 3.34. Desplazamiento cuarto paso	58
Figura 3.35. Desplazamiento modal espectral del eje X-X.....	59
Figura 3.36. Desplazamiento modal espectral del eje X-X.....	60
Figura 3.37. Deformaciones de carga gravitacional (CM)	61
Figura 3.38. Deformaciones de carga gravitacional (CV).....	61
Figura 3.39. Deformaciones por cargas no lineales X-X	62
Figura 3.40. Deformaciones por cargas no lineales Y-Y	63
Figura 3.41. Deformación modo 1.....	64
Figura 3.42. Deformación modo 2.....	64
Figura 3.43. Gráfica del cortante basal estático en X-X	65
Figura 3.44. Gráfica del cortante basal estático en Y-Y	65
Figura 3.45. Gráfica del cortante basal paso 1	66
Figura 3.46. Gráfica del cortante basal paso 2.....	66
Figura 3.47. Gráfica de la cortante basal dinámico en X-X	67
Figura 3.48. Gráfica de la cortante basal dinámico en Y-Y	67
Figura 3.49. Curva de capacidad sísmica cortante-velocidad.....	68
Figura 3.50. Curva de capacidad FEMA 440.....	68
Figura 3.51. Curva de capacidad NTC 2008	69
Figura 3.52. Curva de capacidad – EC 8 2004.....	69

Figura 4.1. Mapa Político del Perú.....	70
Figura 4.2. Mapa del departamento de Moquegua.....	70
Figura 4.3. Mapa del distrito de Ilo.....	71
Figura 4.4. Gráfico de derivas del eje X-X.....	72
Figura 4.5. Gráfico de derivas del eje Y-Y.....	73
Figura 4.6. Gráfico de rigidez del edificio de cada nivel.....	74
Figura 4.7. Gráfica del desplazamiento en el eje X-X.....	74
Figura 4.8. Gráfica del desplazamiento en el eje Y-Y.....	75
Figura 4.9. Gráfica de deformación máxima y mínima de losa y vigas.....	76
Figura 4.10. Gráfica de cortantes por sismo estático.....	77
Figura 4.11. Gráfica de cortantes por sismo dinámico.....	78
Figura 4.12. Gráfico del peso del edificio.....	79
Figura 4.13. Gráfico del centro de masa eje X-X y Y-Y.....	79
Figura 4.14. Gráfica de curva de capacidad.....	81
Figura 4.15. Gráfica del espectro de capacidad – FEMA 440.....	82
Figura 4.16. Gráfica del espectro de capacidad – NTC 2008.....	83
Figura 4.17. Gráfico de periodos de vibración.....	84

Resumen

En esta tesis, el objetivo fue evaluar el comportamiento sísmico de las estructuras multifamiliares de albañilería confinada examinadas mediante métodos convencionales. Se utilizó la metodología de tipo aplicada, de enfoque cuantitativo-científico, diseño no experimental, nivel descriptivo explicativo, la población la conformó 10 edificaciones de similares características, la muestra fue el edificio Rodríguez, muestreo no probabilístico, técnica de observación directa, y se empleó la ficha de recolección de datos. La necesidad de realizar estudios que incluyeron un análisis sísmico estático y dinámico, así como un estudio no lineal con el método Pushover determinó el comportamiento del edificio. Además, permitieron obtener resultados que la estructura poseía altos índices de rendimiento. Los desplazamientos y derivas calculados resultaron ser inferiores a los criterios mínimos que establece la Norma Técnica Peruana (N.T.P.). Las deformaciones localizadas fueron del orden de 0,042 mm para todos los niveles, y el cortante basal en la dirección "x" fue de 374,3615 tonf, en la dirección "y" fue de 374,3615 tonf. Se concluye que la edificación posee alto desempeño sísmico debido a los muros de albañilería confinada los mismos que se encuentran contruidos de tipo cabeza.

Palabras Clave: Desempeño, Pushover, sísmico, desplazamiento, derivas.

Abstract

In this thesis, the objective was to evaluate the seismic behavior of the multifamily structures of confined masonry examined by conventional methods. The applied methodology was used, with a quantitative-scientific approach, non-experimental design, explanatory descriptive level, the population conformed 10 buildings of similar characteristics, the sample was the Rodríguez building, non-probabilistic sampling, direct observation technique, and the data collection file was used. The need for studies that included a static and dynamic seismic analysis, as well as a non-linear study with the Pushover method determined the behavior of the building. In addition, they allowed to obtain results that the structure had high performance rates. The displacements and drifts calculated were lower than the minimum criteria established by the Peruvian Technical Standard (N.T.P.). Localized deformations were of the order of 0.042 mm for all levels, and the basal shear in the "x" direction was 374.3615 tonf, in the "y" direction was 374.3615 tonf. It is concluded that the building has high seismic performance due to the confined masonry walls that are built of head type.

Keywords: Performance, Pushover, seismic, displacement, drifts.

I. INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta investigación fue determinar el desempeño sísmico (DS) de las estructuras multifamiliares de albañilería confinada (AC).

A nivel internacional, desde hace 4500 millones de años la tierra se encuentra expuesta a constantes movimientos sísmicos. En estos años se posee datos servibles sobre los últimos terremotos pasados alrededor del planeta que tuvieron una totalidad de 1,433 hasta el año 2020.⁽¹⁾ Asimismo, el análisis y diseño del desempeño sísmico de una estructura las sucesiones dadas deben ser verificadas, por otro lado, se debe reducir el valor dando cumplimiento a los procedimientos y términos de estudio.⁽²⁾ Los terremotos no solo ocasionan pérdidas de vidas y económicas, sino también suceden colapsos en los diferentes tipos de edificaciones. Por lo tanto, se debe garantizar a través de la ingeniería un adecuado desempeño estructural frente a un movimiento telúrico.

A nivel nacional, en el Perú han ocurrido movimientos sísmicos constantes y de diferentes magnitudes, por lo mismo que ha generado destrucción y/o colapsos en las edificaciones. También, se sabe que el Perú está dentro del extremo occidental de la placa sudamericana cuya aproximación con la Placa de Nazca que es una de las principales causas en estos últimos tiempos la ocurrencia de los mega-sismos que han afectado y afectarán a las poblaciones costeras del país, así como los países de Ecuador, Chile y Colombia.⁽³⁾ Por lo tanto, la norma técnica peruana se ha venido actualizado en los últimos años debido a los diversos eventos ocurridos y estudios realizados después de su publicación original.

Planteamiento del problema, la zona sur del país en el año 2007 se ha visto afectada por la ocurrencia de movimientos sísmicos de 6,9 y de diferentes tipos de intensidad según escala de Richter, existiendo información detallada de los daños ocasionados por los terremotos. Asimismo, la distribución de derrumbes ocasiona diferentes tipos de daños en las edificaciones que han sido afectadas de manera desigual, todo ello con una intensidad sísmica de acuerdo a la localidad y sobre todo el grado de vulnerabilidad de las construcciones en suelos donde se ubican. Sin embargo, en términos proporcionales la región Moquegua ha sido el más afectado por las insuficientes estructuras sísmicas.⁽⁴⁾

Solución, con la finalidad de conocer las características del comportamiento sísmico en los edificios multifamiliares de albañilería confinada (AC), se realizaron pruebas de laboratorio (esclerometría) de la edificación propuesta que determinó la resistencia a compresión del concreto, asimismo, se llegó a emplear el método convencional del Software Etabs v. 20 el cual permitió analizar cuantitativamente los datos obtenidos para lograr valores sintetizados y representativos en este estudio. Además, con los valores alcanzados se definió si la edificación Rodríguez es vulnerable ante un comportamiento sísmico.

Formulación del problema, en el departamento de Moquegua, en especial la ciudad de Ilo se han realizado estudios sobre la identificación de peligros como una necesidad inaplazable, debido a que, su geología estructural se encuentra la Falla Chololo en la parte Norte del cuadrángulo de Ilo, que se extiende por cerca de 15 kilómetros.⁽⁵⁾ Por lo tanto, debido a que la ciudad de Ilo se encuentra localizada en un sector de alta actividad sísmica según el mapa sísmico de la norma E-030 (Diseño Sismorresistente) es susceptible a una peligrosidad sísmica. Además, el tipo de construcción de las viviendas han sido construidas sin ningún criterio antisísmico.⁽⁵⁾

Por lo que permitió plantear el **problema general**: ¿Cuál es el desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2021?.

Contexto que se logró definir los **problemas específicos**; el **primero**: ¿Qué desplazamiento se presenta en edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2021?, el **segundo**: ¿Qué valores alcanzan las deformaciones en edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2021?, y el **tercero**: ¿Cuál es el valor de la cortante basal en las edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2021?.

Justificación del problema, el estudio utilizó un enfoque teórico por lo que se procedió a realizar el análisis basado en el desempeño sísmico de la edificación

multifamiliar Rodríguez empleando los métodos convencionales debido a la existencia de los peligros sísmicos en la zona de estudio, a esto se suma el tiempo de construcción de la vivienda y la precariedad de no contar con mano de obra calificada y mucho menos con la asesoría técnica de un profesional. Un estudio que benefició a las personas que habitan dentro y fuera del edificio Rodríguez.

Justificación teórica, la presente investigación profundizó el conocimiento del desplazamiento, deformaciones y la cortante basal mediante su desempeño sísmico, con la aplicación del método lineal, las bases teóricas, conceptos técnicos, procesos de ingeniería y las normas actualizadas del Reglamento Nacional de Construcción.

Justificación técnica, los datos recolectados se basan en metodologías de análisis sísmico estático lineal y modal espectral, el cual proporcionó evidencias en los daños significativos que presentó el edificio multifamiliar Rodríguez en este estudio.

Justificación metodológica, el estudio se basó en sus antecedentes y de las teorías de desempeño sísmico, los cálculos y análisis se determinaron con el software Etabs v.20. Programa que permitió ingresar datos del sismo para evaluar si la edificación ha sido construida respetando ciertos parámetros que debe cumplir como los que señala norma técnica E.030 de Diseño Sismorresistente.⁽⁶⁾

Contexto que formo el **objetivo general**: Determinar el desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2021 y como **objetivos específicos**: el **primero**: Calcular los desplazamientos que se presenta en edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2021, el **segundo**: Cuantificar los valores que consiguen las deformaciones en edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2021, y el **tercero**: Estimar el valor de la cortante basal que se muestra en multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2021.

En la presente investigación se formuló la **hipótesis general**: El desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales es aceptable, edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2021 y como **hipótesis específicas**: la **primera**: Los desplazamientos que se presenta en edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales son significativos, edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 202, la **segunda**: Los valores que alcanzan las deformaciones en edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales están dentro de los parámetros permitidos, edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 202, y el **tercero**: El valor de la cortante basal en edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales es favorable, edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2021.



Figura 1.1. Ubicación de la muestra y población

Fuente: Google Maps.

II. MARCO TEÓRICO

La albañilería se utiliza en el diseño estructural y sísmico de este estudio. Esto se ve reforzado por los antecedentes, que detallan los objetivos, las técnicas, los resultados y las conclusiones de la investigación sobre el desempeño sísmico.

Se presenta los **antecedentes nacionales**: Según Navarro & Osorio (2020), ⁽⁷⁾ como parte de su investigación tuvieron como **objetivo**: Analizar el sistema estructural de edificaciones de albañilería confinada y muros de ductilidad limitada que cumplan con los objetivos establecidos en las normas técnicas peruanas de estructuras, aplicaron la **metodología** de tipo no experimental, de nivel descriptivo comparativo. Obtuvieron los **resultados** placenteros ante un eventual sísmico de gran dimensión en las derivas del eje X-X 0.00067, en AC y en ductilidad 0.000379 de AE, respecto al AD obtuvieron valores máximos en AC 0.00153 y en ductilidad 0.00114, para la dirección de Y-Y el menor desplazamiento es 0.000832 en AC y 0.00153 en ductilidad del AE, mientras que en el AD fue de 0.00187 en AC y en ductilidad 0.000813. **Concluyeron** que, cumple con el OE-1 en la mínima exigencia de la norma sismorresistente E-030, que es de 0.005 como máximo de desplazamiento. Para el OE-2 los muros de AC están más expuestos a fallar debido al análisis del software Etabs, para el OE-3 se determinó que el sistema de muros de ductilidad limitada incurre en un sobre costo del 30% con respecto al sistema de muros de AC; y para el OE-4 se determinó que presenta una mayor resistencia al corte que los muros de AC. Finalmente, manifestaron que cumplen todos parámetros de las normas E-060 y E-070 del R.N.C.

Seguidamente, Valverde (2021), ⁽⁸⁾ en su investigación de grado planteo como **objetivo**: Determinar la respuesta sísmica de una vivienda multifamiliar de 4 pisos con los sistemas de muros de ductilidad limitada (MDL) y (AC), aplicó la **metodología** de tipo aplicada de diseño cuasiexperimental. Los **resultados** indicaron que el sistema MDL presentaba una cortante basal menor que el sistema AC en un 31,40% en la dirección "X" y en un 31,77% en la dirección "Y". Además, se estableció que presenta una distorsión mucho menor, un 13,58% en la dirección "X" y un 5,5% en la dirección "Y", que el sistema AC. También, se determinó que el sistema MDL presenta un esfuerzo al corte en muros inferior a la del sistema AC,

un 9,09% en la dirección "X" y un 14,04% en la dirección "Y", y un esfuerzo al corte en sus muros inferior a la del sistema AC, un 32,82% en la dirección "X" y un 21,02% en la dirección "Y". **Concluyendo** que el sistema MDL proporciona la respuesta sísmica superior para los edificios multifamiliares, siendo más eficiente y debiendo ser seleccionado para las circunstancias de la investigación propuesta.

Finalmente, Huamán (2018),⁽⁹⁾ en su investigación de grado tuvo como **objetivo:** Determinar el análisis estructural de los sistemas de AC y muro de ductilidad limitada influyen en la construcción del condominio, aplicó la **metodología** científica de tipo aplicada, con un nivel descriptivo explicativo y correlacional, diseño no experimental y transversal. Obtuvo los **resultados** que las máximas distorsiones del sistema de AC para el Bloque I, en X-X (0.00167); para Y-Y (0.00132) para el Bloque II en X-X (0.00227); para Y-Y (0.00124); para el sistema de muro de ductilidad limitada para el Bloque I en X-X (0.00092); para Y-Y (0.00054); para el Bloque II en X-X (0.00033) y en Y-Y (0.00039). **Concluyendo** que cuanto mayor sean los contrastes y las similitudes entre los sistemas de muros de AC y de ductilidad limitada más significativas serán las diferencias y las similitudes en términos de respuesta térmica y diseño estructural. De acuerdo con sus diferencias, los materiales utilizados en los muros de ductilidad limitada tienen una mayor resistencia y rigidez que los materiales utilizados en los muros de AC para lo cual ambos sistemas cumplen con la norma E0.30 de límites para distorsión de entrepiso

Se tiene como **antecedente internacional:** Según Castellanos (2021),⁽¹⁰⁾ en su investigación de grado tuvo como **objetivo:** Evaluar el desempeño sísmico mediante un programa matemático de elementos finitos que determine el comportamiento no lineal del edificio, aplicó la **metodología** científica de tipo aplicada, con un nivel descriptivo, explicativo, diseño cuasiexperimental. Obtuvo los **resultados** que el edificio cumple con la deriva máxima del 2% en las direcciones de X - Y debido a que se obtuvo una deriva máxima de 1.4% en el eje X-X y de 1.3% en la dirección Y-Y con un periodo de 1.29 segundos, siendo aceptable según la NEC con un 30% de variación. **Concluyendo** que el modelo numérico tridimensional tomó en consideración el efecto de carga excéntrica en las columnas debido a que no se encuentran centradas con las vigas.

Seguidamente, Salcedo (2017), ⁽¹¹⁾ en su investigación de grado tuvo como **objetivo:** Determinar el desempeño sísmico por el método Pushover de un edificio, aplicó la **metodología** científica de tipo aplicada, con un nivel descriptivo, explicativo de diseño no experimental. Los **resultados** alcanzados de la deriva total para un riesgo sísmico alto de 841.94 milímetros, que es proporcional al 2.59%. Respecto a las rótulas plásticas, solo están presentes en un subconjunto de miembros cuando el sismo se aplica en las direcciones “X” e “Y”. **Concluye** que el nivel de rendimiento del edificio en caso de sismo de diseño es el de ocupación inmediata, se prevén daños mínimos en las partes estructurales y prevé que el edificio se recuperará inmediatamente después de un terremoto importante. Es probable que algunos de sus sistemas requieran limpieza y mantenimiento tras un terremoto.

Finalmente, Yugcha (2018), ⁽¹²⁾ en su investigación de grado tuvo como **objetivo:** Realizar la evaluación estructural aplicando el método PUSHOVER en una construcción informal para determinar el punto de desempeño ante un evento sísmico, aplicó la **metodología** científica de tipo aplicada, con un nivel descriptivo explicativo de diseño no experimental. Utilizando el valor de $R=5$, los **resultados** obtenidos indican que el 35,15% de la deriva no se tiene en cuenta debido a la arquitectura poco ortodoxa de la vivienda. Utilizando un criterio más adecuado, el valor del factor es de $R=3,75$ mientras que utilizando un criterio más adecuado el valor del factor es $R=3.75$; no obstante, la estructura no se ajusta a la filosofía de diseño sismorresistente, logrando sólo objetivos limitados de rehabilitación; por lo tanto la estructura debería ser reforzada. **Concluye** que el análisis Pushover es apropiado para hacer evaluaciones estructurales en edificios existentes en Quito que fueron construidos de manera informal. Además, al modelar la estructura con refuerzo y mantener un valor de $R=3,75$, la estructura alcanza los objetivos fundamentales de rehabilitación del NEC 2015.

Artículos de internacionales y científicos: Citado a Gonzáles (2018), ⁽¹³⁾ en su artículo de investigación planteó el **objetivo:** Estudiar el comportamiento estático y dinámico de la albañilería confinada, aplicó la **metodología** de investigación: Empírico estadístico, matemático y teórico. La obtención de los **resultados** de los ensayos de las unidades de mampostería de 18 huecos de acuerdo con la norma

E.070, siendo los resultados finales: la resistencia a la compresión característica (f'_m) de 116,693 kg/cm², y la resistencia a la compresión diagonal (v'_m) de 15,045 kg/cm². A partir del modelo estático de un edificio basado en AC en el programa Etabs, se determinó que tanto las columnas como los muros absorben las fuerzas axiales, pero la proporción de la fuerza axial total que cada uno absorbe depende sobre todo de las secciones de los muros y de las columnas de confinamiento. Además, se desarrolló el modelo dinámico de la estructura de AC, a partir del cual se determinó que el terremoto induce esfuerzos cortantes en la mampostería restringida, que son absorbidos por el muro y no por las columnas. En **conclusión**, estos resultados indican que la mampostería de la ciudad de Potosí es de alta calidad y consigue resultados satisfactorios, siempre que cumpla los requisitos de la norma.

Luego, Murat et al. (2019),⁽¹⁴⁾ en su artículo de investigación lograron el **objetivo**: Identificar las diferentes técnicas de construcción de mampostería entre ellas las edificaciones de albañilería confinada (AC) como **metodología** utilizaron desempeño sísmico, resumiendo los **resultados** de este estudio presenta una comparación entre las prestaciones sísmicas de los tipos de edificios URM y CM a nivel de componentes y estructura. La primera fase del estudio se centra en las curvas de capacidad de los muros URM y CM que se han idealizado utilizando un modelo lineal a trozos con diferentes límites de rendimiento. Se examinan las formulaciones empíricas de investigaciones anteriores para determinar los parámetros de la curva de capacidad con la premisa de que tienen la mejor estimación para el conjunto de datos experimentales seleccionados relativos a los especímenes de muros URM y CM. La segunda fase trata del comportamiento sísmico a nivel de estructura para edificios URM y CM que se componen de muros de mampostería con curvas de capacidad idealizadas como las obtenidas en la primera fase del estudio. **Concluyeron** que entre ellas, los edificios de mampostería confinada (CM) pueden considerarse una mejora de los edificios de mampostería no reforzada (URM), que es el tipo más común. En Turquía, la construcción con URM ha sido muy popular, especialmente hasta finales de la década de 1980. Estos edificios de URM, bastante antiguos, constituyen un porcentaje significativo del parque de edificios existente.

Seguidamente, Chourasia et al. (2020), ⁽¹⁵⁾ en su artículo lograron el **objetivo**: Estudiar el comportamiento sísmico desde el punto de vista del patrón de daños, la capacidad de carga lateral, la rigidez, las características de deformación y la disipación de energía, como **metodología** utilizaron la solución numérica basada en el método de elementos, obtuvieron los **resultados** que los paneles de LWC medían 590 × 270 × 140 mm, con cuatro orificios verticales de 60 mm de diámetro y una ranura en forma de artesa de 35 mm de altura para el enclavamiento a lo largo. Se construyó un edificio de MC a escala real de 2,91 m × 2,91 m de planta y 3,01 m de altura, con paredes de 140 mm de grosor y una losa de hormigón armado (RC) de 100 mm de espesor. Durante la construcción del edificio de hormigón armado, dos agujeros verticales de los paneles se dotaron de una barra de refuerzo vertical de 8 mm de diámetro y se colaron con hormigón de grado M20, y los otros dos se dejaron vacíos. Además, en las esquinas se dispusieron columnas RC de 140 × 140 mm con cuatro barras de refuerzo de 10 mm de diámetro. **Concluyeron** que en el laboratorio un edificio de una sola planta a escala real y se probó bajo carga lateral cíclica inversa cuasiestática controlada por desplazamiento. Se estudió el comportamiento sísmico desde el punto de vista del patrón de daños y los parámetros sísmicos, es decir, la capacidad de carga lateral, la rigidez, la deriva, la ductilidad, el factor de comportamiento estructural y la disipación de energía.

Finalmente, Prezzi et al. (2015), ⁽¹⁶⁾ en su artículo de investigación tuvieron como **objetivo**: Estimar la probabilidad de ocurrencia de un terremoto de gran magnitud durante la década actual, aplicaron la **metodología** estadística de Gumbel, obteniendo los **resultados** que se consideran los terremotos de magnitud Richter $M \geq 7$ registrados para los intervalos de tiempo: 1541-1878 y 1895-2014. El análisis estadístico sugiere la posible ocurrencia de un gran terremoto en la zona de estudio con una magnitud Richter $\geq 8,4/9,0$. Teniendo en cuenta las anomalías de tensión vertical detectadas en este estudio, se cree que "la brecha sísmica de Arica" del norte de Chile podría ser el epicentro de mayor terremoto. **Concluyeron** que debido al hundimiento de la placa oceánica de Nazca bajo Sudamérica, decidieron que la costa occidental de Sudamérica es una de las zonas más activas del mundo desde el punto de vista sísmico, esto implica que la existencia de otras grandes zonas puede desencadenar un futuro terremoto de gran magnitud.

2.1 Albañilería confinada: La albañilería es un material estructural compuesto que en su forma original, está formado por componentes que se unen con mortero. El resultado es una masa no consolidada de partículas de arcilla quemada que están mal unidas o pegadas. Las pruebas y la experiencia confirman que se trata de un material heterogéneo y anisótropo con una elevada resistencia a la compresión quien depende sobre todo de la resistencia de la propia unidad, mientras que su resistencia a la tracción es reducida y está regulada por la adhesión entre la unidad y el mortero. ⁽¹⁷⁾



Figura 2.1. Edificaciones de albañilería confinada

Fuente: Autoría propia.

2.1.1. Especificaciones generales de la albañilería: La norma técnica E-070 (2006, p. 25-26) establece: De acuerdo con el MVC, las resistencias a la compresión axial ($f'm$) y al corte ($V'm$) de la mampostería deben determinarse experimentalmente (consultando tablas o registros históricos de resistencia de las unidades), y mediante ensayos de prisma, Para las columnas y muros construidos con mortero de 1:4 (cuando la unidad es de arcilla) y mortero 1 ½: 4 (cuando la materia prima es sílico-calcárea u hormigón), pueden sustituirse los valores indicados en la tabla 2.1, por otras unidades o tipos de mortero, deben realizarse los ensayos equivalentes. ⁽¹⁸⁾

Tabla 2.1. Resistencias de las características de la albañilería

Materia prima	Tipo de Ladrillo	Unidad f'b	Pilas f'm	Muretes v'm
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,5)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílice-Cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto	Bloque tipo P (*)	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	10,8 (120)	1,1 (10,9)

Fuente: Adaptado a NTP E-070 (2006) ⁽¹⁸⁾

Nota:

(*) Utilizados para la construcción de muros armados. ⁽¹⁸⁾

(**) Se ha calculado sobre el área bruta en unidades vacías (sin grout), mientras que las celdas de las columnas y los muros están totalmente rellenas con grout de $f'c = 13,72$ Mpa (141 kg/cm²). El valor de $f'm$ se ha calculado teniendo en cuenta los factores de corrección de la esbeltez de las losas, que figuran en la tabla 10 de la especificación E-070. ⁽¹⁸⁾

2.1.2. Requisitos estructurales mínimos: El esfuerzo axial máximo (σ_m) generado por la carga gravitatoria máxima de servicio (P_m), incluyendo una sobrecarga del 100%, debe ser inferior a los siguientes valores: ⁽¹⁸⁾

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot T} \leq 0.20 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right] \leq 0.15 f'_m$$

Donde:

σ_m = Esfuerzo axial máximo.

P_m = Carga de gravedad máxima en servicio.

L = Longitud del muro (incluyendo columnas).

t = Espesor efectivo del muro.

h = Altura del muro (incluyendo viga solera).

f'_m = Resistencia de la albañilería a compresión axial.

Figura 2.2. Ecuación de esfuerzo axial

Fuente: Adaptado a N.T.P. E-070 (2006) ⁽¹⁸⁾.

2.1.3. Análisis y diseño estructural: La Norma utiliza las siguientes definiciones:

2.1.3.1. Sismo severo: Es el ofrecido por la NTP E-0.30 (Diseño Sismorresistente), utilizando un coeficiente de reducción de esfuerzos sísmicos de $R=3$.⁽¹⁸⁾

2.1.3.2. Sismo moderado: Este terremoto produce fuerzas de inercia de la mitad de la magnitud de las producidas por un "terremoto severo".⁽¹⁸⁾

Análisis estructural: Para este apartado se toma las siguientes consideraciones:

1. El estudio estructural de edificios de albañilería debe realizarse mediante métodos elásticos, teniendo en cuenta los efectos de las cargas muertas, las cargas vivas y los terremotos, entre otros. Se puede utilizar cualquier enfoque razonable para determinar la carga de gravedad que actúa sobre cada muro.⁽¹⁸⁾
2. El diseño sismorresistente debe realizarse de acuerdo con la NTE E.030 diseño sismorresistente para la medición del cortante basal y su distribución en elevación.⁽¹⁸⁾
3. En el análisis se examinarán las características del diafragma producido por las losas, así como la influencia que tienen las aberturas y discontinuidades de la rigidez del diafragma.⁽¹⁸⁾
4. La participación de los muros no portantes que no se han segregado de la estructura principal se tendrá en cuenta a lo largo del proceso analítico. Cuando los muros se construyan como una sola unidad con la solera, la influencia de la solera deberá tenerse en cuenta a lo largo del análisis.⁽¹⁸⁾
5. Es necesario tener en cuenta tanto las torsiones existentes a la hora de determinar la distribución de la fuerza cortante en el diseño. Cuando no hay vigas de acoplamiento, la rigidez de cada muro puede estimarse suponiendo que está en voladizo, y cuando hay vigas de acoplamiento que deben actuar dúctilmente, la rigidez de cada muro debe calcularse suponiendo que está conectado.⁽¹⁸⁾
6. Para calcular la rigidez de los muros, a la sección transversal del muro analizado debe añadirse la sección transversal de aquellos muros que

discurren ortogonalmente al muro analizado o seis veces el espesor del muro analizado, lo que sea mayor. Cuando una sección transversal de un muro se une a otros dos muros, la contribución de la sección transversal a cada muro no debe ser superior a la mitad de la longitud del muro. Para determinar la rigidez lateral de un muro confinado, es necesario convertir el hormigón de sus columnas de confinamiento en área de mampostería equivalente multiplicando su espesor real por la relación de módulo de elasticidad E_m/E_c ; el centroide de esta área equivalente debe coincidir con el centroide de la columna de confinamiento para obtener el valor máx. ⁽¹⁸⁾

7. El módulo de elasticidad (E_m) y el módulo de corte (G_m) para la albañilería se considerará como sigue: ⁽¹⁸⁾

$$E_m = 500 f'm$$

$$E_m = 600 f'm$$

$$E_m = 700 f'm$$

$$G_m = 0.40 E_m$$

Donde:

Para 500 f'm = Unidades de arcilla.

Para 600 f'm = Unidades silico-calcáreas.

Para 700 f'm = Unidades de concreto vibrado.

Para 0.40 E_m = Todo tipo de unidad de albañilería.

Figura 2.3. Ecuación del módulo de elasticidad

Fuente: Adaptado a N.T.P. E-070 (2006) ⁽¹⁸⁾.

2.1.4. Diseño de muros de albañilería: Se dividen en dos tipos de diseño, el primero de muros confinados y el segundo por flexo compresión (muros armados), lo cual se debe tener presente los siguientes requisitos: ⁽¹⁸⁾

2.1.4.1 Requisito generales: La suposición de que los muros confinados tendrán una sección transversal rectangular (L.t) para las acciones coplanarias puede hacerse cuando se diseñan los muros confinados. A menos que se especifique lo contrario, siempre que dos muros se crucen perpendicularmente, el elemento de refuerzo vertical común a ambos muros (sección de columna, refuerzo vertical, etc.)

en el punto de intersección se tomará como el mayor elemento de refuerzo resultante del diseño independiente de los dos muros. ⁽¹⁸⁾

La contribución de los rebordes puede tratarse en el diseño de los muros reforzados que tienen continuidad en sus extremos con los muros transversales cuando se utiliza la compresión por flexión como método de construcción. Cuando se trata del diseño a cortante, la sección debe tratarse como si fuera rectangular, ignorando la contribución de los muros transversales. ⁽¹⁸⁾

2.1.4.2. Requisitos generales: Con esta disposición, el objetivo es impedir que los muros se rompan durante los terremotos severos, que son los más comunes. Para determinarlo, se tendrán en cuenta los esfuerzos cortantes provocados por el terremoto moderado. Es necesario comprobar que la siguiente ecuación, que regula la incidencia de las fracturas por cortante en los muros de mampostería, se cumple para cada forjado en todos los muros de mampostería: ⁽¹⁸⁾

$$V_e \leq 0.55V_m = \text{Fuerza cortante admisible}$$

Donde:

V_e = Fuerza cortante producida por el sismo moderado.

V_m = Fuerza cortante asociada al agrietamiento diagonal de la albañilería.

Figura 2.4. Ecuación fuerza cortante admisible

Fuente: Adaptado a N.T.P. E-070 (2006) ⁽¹⁸⁾.

2.1.5 Resistencia al agrietamiento diagonal: La resistencia al corte (V_m) de muros de albañilería se calcula en cada entrepiso mediante las siguientes expresiones: ⁽¹⁸⁾

$$V_m = 0.5 v'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0.23 P_g$$

Donde:

V_m = Fuerza cortante asociada al agrietamiento diagonal de la albañilería.

v'_m = Resistencia característica de la albañilería.

P_g = Carga gravitacional con sobrecarga reducida.

L = Longitud del muro (incluyendo columnas).

t = Espesor efectivo del muro.

α = Factor de reducción de resistencia al corte para efectos de esbeltez, calculado.

Figura 2.5. Ecuación resistencia cortante al agrietamiento diagonal

Fuente: Adaptado a N.T.P. E-070 (2006) ⁽¹⁸⁾.

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e \cdot L}{M_e} \leq 1$$

Donde:

V_e = Fuerza cortante del muro obtenida del análisis elástico.

M_e = Momento flector del muro obtenido del análisis elástico.

L = Longitud del muro (incluyendo columnas).

Figura 2.6. Ecuación resistencia cortante al agrietamiento diagonal

Fuente: Adaptado a N.T.P. E-070 (2006) ⁽¹⁸⁾.

2.1.6. Verificación de la resistencia al corte del edificio: Se examina la resistencia al corte del edificio: Para que el edificio tenga suficiente resistencia y rigidez, la resistencia al corte debe ser mayor que la fuerza de corte generada por el sismo severo en cada entrepiso "i" y en cada dirección primaria. En otras palabras, la resistencia al corte debe ser mayor que la fuerza de corte inducida por el terremoto. ⁽¹⁸⁾

$$\sum V_{mi} \geq V_{Ei}$$

Donde:

V_{mi} = Resistencia al corte de cada muro.

V_{Ei} = Fuerza cortante actuante por sismo severo.

Figura 2.7. Ecuación fuerza cortante al muro

Fuente: Adaptado a NTP E-070 (2006) ⁽¹⁸⁾.

Si el total de las resistencias al corte ($\sum V_{mi}$) se calcula utilizando sólo los muros reforzados (confinados o reforzados), se ignorará la contribución de los muros de hormigón armado, y la contribución de la armadura horizontal no se tendrá en cuenta en esta situación. La cifra "VEi" se refiere a la fuerza cortante que opera en el entrepiso "i" del edificio como resultado del "sismo severo" que fue generado por el terremoto. Una vez que los muros de carga sísmica han cumplido con los requisitos de la expresión $\sum V_{mi} \geq V_{Ei}$, los demás muros que componen la estructura pueden quedar sin reforzar para la actividad sísmica coplanaria. Siempre que la diferencia entre los valores máximos de $\sum V_{mi}$ en cada nivel entre plantas sea superior o igual a 3 VEi, se considera que el edificio es elástico. En este caso,

sólo se requiere el mínimo de refuerzo, que debe ser capaz de actuar como refuerzo y sostener las actividades perpendiculares al diseño de la mampostería. ⁽¹⁸⁾

La presente investigación se compone en dos variables, métodos convencionales y desempeño sísmico que a continuación se detallan:

2.2. Variable 1, métodos convencionales: Proporcionan una medida de la vulnerabilidad independientemente de la gravedad del daño. Se utiliza sobre todo para analizar la susceptibilidad relativa de varios edificios en un lugar determinado a un único evento sísmico tras un gran desplazamiento. ⁽¹⁹⁾ Asimismo, Los métodos de clasificación, observación y puntuación se diferencian en que clasifican los edificios según su tipología, que depende de los materiales utilizados, la técnica constructiva, el tipo de construcción y otros factores que influyen en la respuesta a los eventos sísmicos. ⁽²⁰⁾

2.2.1. Método Pushover: En el documento 273 de la FEMA ⁽²¹⁾ (Agencia Federal para la Gestión de Emergencias, 1997), el proceso del análisis no lineal estático se caracteriza como una aproximación a la respuesta no lineal de una estructura ante un esfuerzo sísmico dinámico. La aproximación estática consiste en aplicar una fuerza lateral a un modelo que incorpora las no linealidades de una estructura previamente diseñada y aumentar progresivamente las carga hasta alcanzar el desplazamiento deseado o hasta que la estructura colapse debido a la interacción de las cargas laterales y los efectos P-delta. A lo largo del proceso el cortante basal se traza frente al desplazamiento en el último nivel. ⁽²²⁾

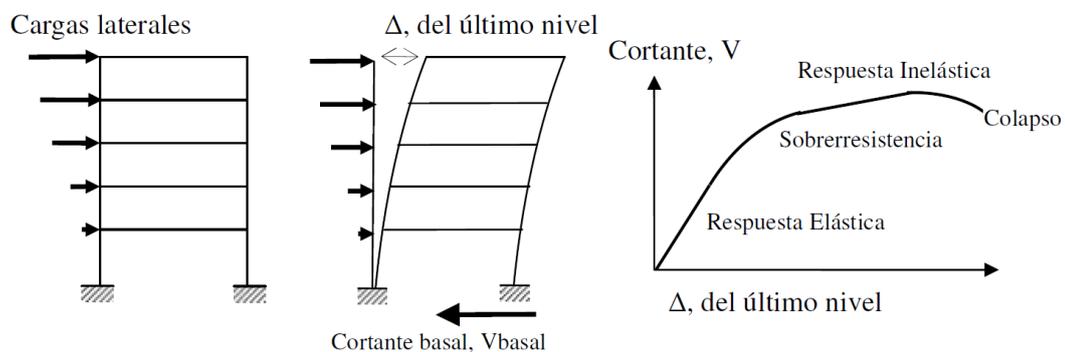


Figura 2.8. Secuencias del proceso de análisis Pushover

Fuente: Arango et al. (2009) ⁽²¹⁾

Este procedimiento sirve para varios propósitos: identifica las formas indeseables de formación de mecanismos inelásticos, permite evaluar la capacidad de deformación máxima de la estructura, permite evaluar los daños en la estructura causados por el aumento de las deformaciones y permite estimar con mayor precisión las deformaciones máximas con diferentes niveles de sismo. ⁽²³⁾

2.2.1.1. Características del análisis Pushover: Se destacan en cuatro fundamentos: ⁽²³⁾

1. Un sistema con numerosos grados de libertad puede transformarse en un sistema equivalente con un solo grado de libertad.
2. Permite el cálculo de la curva de capacidad.
3. Permite realizar el cálculo y la evaluación de la ductilidad de una estructura.
4. Se identifican la secuencia de agrietamiento, el mecanismo de fallo, la fluencia y el fallo de las partes estructurales, así como los estados límite de servicio, las deformaciones y los historiales de corte de la estructura.

2.2.1.2. Limitaciones del análisis Pushover: La fuerza de la tasa de resistencia debe ser menor que el valor máximo, y viceversa. Si no se cumple esta relación, hay que realizar un análisis dinámico no lineal para garantizar la estabilidad dinámica del sistema. La resistencia cuantifica la cantidad de no linealidad existente, mientras que el valor máximo cuantifica el grado de degeneración del sistema. Las estructuras sometidas a una demanda no lineal superior a su capacidad máxima sufren daños considerables. Los coeficientes de resistencia y masa máxima se determinan en el método de los coeficientes. ⁽²⁴⁾

En teoría, los modos de vibración superiores no deberían afectar a la respuesta global de la estructura. Debe realizarse un primer análisis modal, considerando suficientes modos para dar cuenta de hasta el 90% de la masa participante, seguido de un segundo análisis modal considerando sólo el primer modo de vibración para determinar si esto es cierto. Los modos superiores deben considerarse significativos de la cortante en cualquier nivel derivado del primer análisis que es mayor que el cortante obtenido del segundo análisis en más del 130% en cualquier

nivel. Si este es el caso, además del análisis estático no lineal, debe realizarse un análisis dinámico lineal. ⁽²⁴⁾

2.2.1.3. Procedimiento para el análisis estático no lineal (Pushover): Estos procedimientos se definen en 7 referidos. ⁽²⁴⁾

Tabla 2.2. Definiciones del análisis estático no lineal

Ítem	Definiciones
1	De acuerdo con las tablas 41-13 y 17 de ASCE/SEI, se desarrolla un modelo matemático de la estructura del edificio que incorpore las características no lineales de fuerza deformación de los componentes estructurales. ^{(25) (26)}
2	Determine la ubicación del nodo de control, que estará cerca del centro de masa de la última planta del edificio.
3	Aplicar el patrón de carga lateral; la magnitud de la carga será proporcional a la forma del modo básico de la estructura y se elevará mono atómicamente.
4	Calcular la curva de capacidad registrando la fuerza cortante basal y el desplazamiento del nodo de control, así como las fuerzas y deformaciones de cada elemento, y luego compararlas con los diagramas correspondientes (M- θ).
5	Aplicar el patrón de carga lateral; la magnitud de la carga será proporcional a la forma del modo básico de la estructura y se elevará mono atómicamente.
6	Dado que cada incremento de carga lateral es un análisis distinto que comienza al final de la aplicación de la carga anterior, los valores de carga lateral, rotaciones y desplazamientos correspondientes al análisis previo deben añadirse a los resultados del análisis anterior.
7	Crear una curva de capacidad idealizada utilizando los datos recopilados.

Fuente: Adaptado a Garay y LLaure (2020) ⁽²⁴⁾

2.2.1.4. Curva envolvente idealizada: Es la curva que representa el desplazamiento del último nivel de la estructura y la fuerza cortante basal. ⁽²⁴⁾

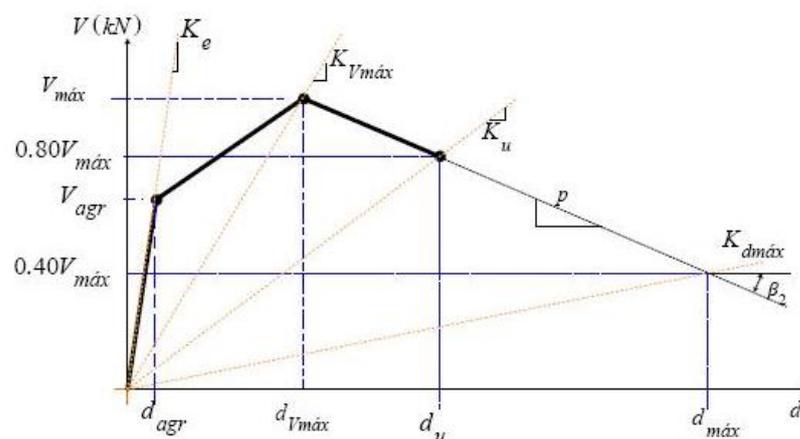


Figura 2.9. Curva envolvente idealizada

Fuente: Alcocer et al. (2009) ⁽²⁷⁾

$$V_{agr} = (0.5v_m^* + 0.3\sigma)A_T \leq 1.5^*v_m A_T = V_{nNTC}$$

Donde:

v_m^* = Resistencia a compresión diagonal de la albañilería.

σ = Esfuerzo de compresión.

A_T = Área transversal del muro.

Figura 2.10. Ecuación de la Curva envolvente idealizada

Fuente: Alcocer et al. (2009) ⁽²⁷⁾

2.2.1.5. Ductilidad: Antes de la década de 1960, la noción de ductilidad se utilizaba únicamente para caracterizar el comportamiento del material. Tras los estudios de Housner sobre los problemas sísmicos y los trabajos de investigación de Baker sobre el diseño plástico, este concepto se ha extendido a nivel estructural. En la práctica habitual del diseño antisísmico, el término ductilidad se utiliza para evaluar el comportamiento de las estructuras, indicando la cantidad de energía sísmica que puede ser disipada a través de deformaciones plásticas.⁽²⁸⁾

Tabla 2.3. Definiciones de la ductilidad

Ítem	Definiciones
1	La ductilidad del material, también conocida como ductilidad de deformación, es una propiedad de un material que caracteriza las deformaciones plásticas del material bajo diversas formas de tensión.
2	También se denomina ductilidad de la curvatura. Se refiere a las deformaciones plásticas de la sección transversal que se producen como resultado de la interacción entre las piezas que la componen, así como a la ductilidad de la sección transversal.
3	A la hora de evaluar las cualidades de los elementos de los componentes, hay que tener en cuenta la ductilidad de los elementos, o la curvatura de rotación.
4	También es importante evaluar la ductilidad de la estructura, a menudo conocida como ductilidad de desplazamiento, que tiene en cuenta todo el comportamiento de la estructura.

Fuente: Adaptado a Gioncu y Mazzolani (2014) ⁽²⁸⁾

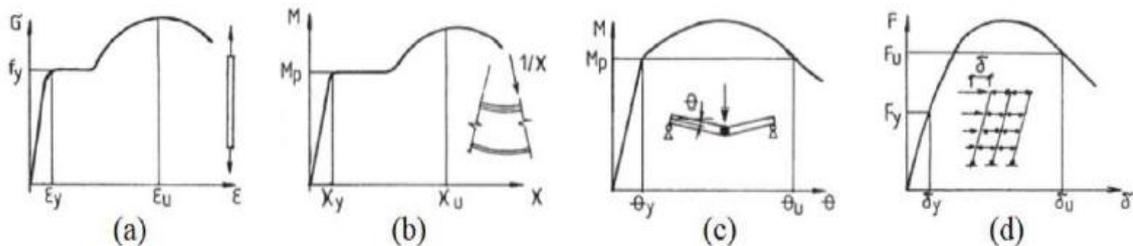


Figura 2.11. Tipos de ductilidad

Fuente: Giunco & Mazzolani (2014) ⁽²⁸⁾

2.2.1.6. Metodología para estimar el punto de desempeño: El análisis por desempeño sísmico de edificaciones emplea la técnica del Pushover (empujón, según su traducción del inglés) o análisis estático no lineal, para analizar la sucesión en la ocurrencia de daño en la edificación, mediante la formación de mecanismos dúctiles (disipación de energía inelástica por deformación) por sobre los mecanismos frágiles (fallas por corte, etc.). La técnica del Pushover (figura 2.5) consiste, de manera general, en aplicar una carga lateral monotónica creciente, la cual simula la acción sísmica y que genera un corte en la base (V), a una edificación, de acuerdo con valores previamente establecidos del desplazamiento lateral de la misma (Δ_{roof}) en el último nivel de la edificación (techo), valores que se espera pueda esta alcanzar durante un evento sísmico en su vida útil, e ir verificando y constatando que la disipación de energía inelástica, la cual se logra en general por la formación de rótulas plásticas, ocurre en locaciones convenientes de los miembros estructurales (extremos de las vigas, a una cierta distancia de la cara de las columnas, por ejemplo, en edificaciones aporricadas).⁽²⁹⁾

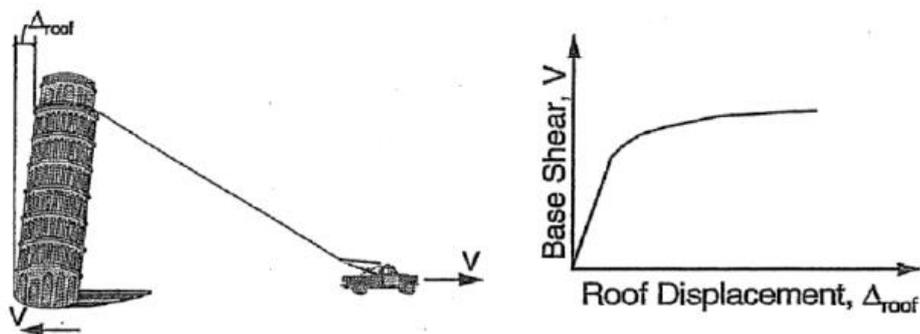


Figura 2.12. Basamento de la técnica del Pushover

Fuente: ATC-40 (1996)⁽³⁰⁾

Aunque procesos como los procedimientos de análisis dinámico no lineal o el análisis de tiempo-historia son capaces de proporcionar una evaluación más precisa del comportamiento no lineal de las estructuras, su aplicación no es factible. Como alternativa, se crearon técnicas de análisis no lineal más sencillas, conocidas como procesos de análisis estático no lineal, como el análisis Pushover, como solución alternativa.⁽²⁴⁾

Es posible estimar el punto de rendimiento utilizando los resultados de un análisis Pushover de varias maneras. El método del espectro de capacidad y el método del

coeficiente son dos ejemplos de métodos que se han desarrollado y aceptado dentro de las normas de evaluación del comportamiento sísmico en las dos últimas décadas como resultado de su amplia aplicación. ⁽²⁷⁾

2.2.1.7. Espectro de capacidad Pushover: Cuando se intenta determinar el desplazamiento inelástico máximo de un sistema no lineal, se suele utilizar el sistema equivalente o sustituto para describir el sistema elástico 1GDL. De forma similar, el periodo de vibración y el amortiguamiento del sistema elástico se denominan en matemáticas periodo equivalente y amortiguamiento equivalente, respectivamente. En primer lugar, se genera la curva de capacidad (Pushover) de la estructura y, a continuación, se le aplica el procedimiento. A continuación, los resultados se transforman en formato ADRS, lo que se consigue mediante el uso de los atributos dinámicos del sistema. También es necesario transformar la demanda sísmica al mismo formato. Cuando se mide desde el origen, el periodo puede representarse como una línea radial. El amortiguamiento equivalente del sistema, según esta técnica, es proporcional a la región contenida por el espectro de capacidad. Se considera que el tiempo comparable es el período secante durante el cual la demanda sísmica se cruza con el espectro de capacidad. Debido a que el periodo y el amortiguamiento equivalente son funciones del desplazamiento, el método para encontrar el máximo desplazamiento inelástico es un procedimiento iterativo. ⁽²⁴⁾

2.3. Método modal espectral: Para la utilización de espectros de diseño se debe considerar la expansión de las ondas sísmicas a través de las capas del suelo, ya que de éstas dependen el contenido espectral y las características basadas en amplitud de los movimientos del terreno. ⁽³¹⁾ Se debe tener en cuenta una serie de registros sísmicos seleccionados correctamente para la obtención de capacidad sísmica del sistema estructural por medio de análisis sísmicos lineales o no lineales. ⁽³²⁾ Para el análisis sísmico con espectros del sitio la amplificación del suelo y cálculos de riesgo sísmico probabilístico (PSHA). ⁽³³⁾ Se debe desarrollar un estudio comparativo del rendimiento sísmico mediante un análisis historia de respuesta de 3 estructuras existentes según normativas europeas y espectros de sitio (ES). ⁽³⁴⁾

A través de los métodos de análisis sísmico como el análisis modal espectral, se tiene en cuenta la importancia de la edificación siguiendo los lineamientos planteados por la normativa peruana sísmica E.030” se tiene lo siguiente: ⁽³⁵⁾

2.3.1. Modelación estructural: Para el modelamiento se empleó el software computacional de análisis estructural y se tomó en cuenta las condiciones de carga de las normativas sudamericanas, sin embargo, se puede tomar en cuenta otras consideraciones, dependiendo del lugar donde se realice la edificación. El modelado se realizó en planta y una vista en 3D que ayuda a tener una mejor visualización de las estructuras. ⁽³⁵⁾

2.3.2. Espectro de diseño según normativa: Para poder desarrollar el espectro de diseño de las estructuras, se utilizan parámetros sísmicos que se obtuvieron a base de la normativa sismorresistente E.030. El espectro de diseño de la normativa peruana está representado por la pseudo aceleración y el periodo de la estructura. En la presente investigación se utilizaron 18 combinaciones de diseño en total, ya que existen dos grados de importancia por el tipo de edificación, dos ejes de análisis y dos condiciones de suelo, sin embargo solo se evalúan los más significativos que son los relacionados con suelo tipo S1. ⁽³⁵⁾

2.3.3. Espectro del sitio: Para el análisis sísmico, se necesita la obtención de espectros de sitio que consideren el verdadero comportamiento del suelo. En este estudio se cuantificó el espectro de pseudo aceleraciones de la norma E-030 que se detalla a continuación: ⁽³⁵⁾

2.3.3.1 Análisis sísmico: Se debe tener en cuenta los lineamientos de las normativas sudamericanas y siguiendo la metodología de Chopra (1995). ⁽³⁵⁾

2.3.4. Análisis modal espectral (AMD) y espectro del sitio (ES): Se utilizaron software computacional de diseño, análisis estructural y el espectro pseudo aceleración (figura 2.13) con suelo de tipo S1. Para el espectro de sitio (ES) en este estudio se prioriza en análisis de los elementos estructurales cuyo periodo se encuentra entre 0.5 y 1 segundos por ser donde los ES muestran mayor aceleración espectral en el edificio propuesto. ⁽³⁵⁾

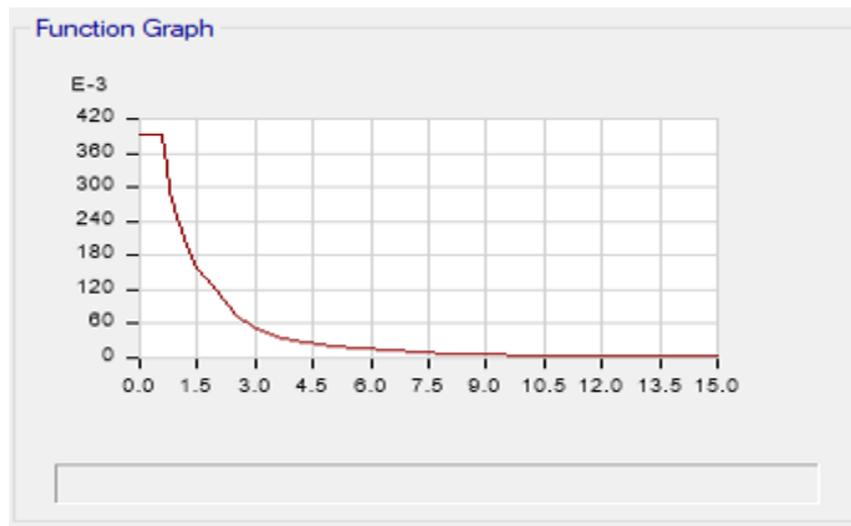


Figura 2.13. Espectros de pseudo aceleraciones

Fuente: Autoría propia

2.4. Variable 2, desempeño sísmico: Es la necesidad de que los edificios puedan soportar la actividad sísmica sin derrumbarse ni poner en riesgo la vida de sus habitantes dio lugar al concepto de ingeniería basada en el rendimiento. En los últimos años, ha habido una tendencia en la ingeniería estructural a estimular el desarrollo y el uso de las nociones subyacentes cada vez más populares del diseño sísmico basado en el rendimiento.⁽³⁶⁾

Para los terremotos frecuentes y moderados, así como para los terremotos graves, los objetivos actuales de diseño están orientados a garantizar la seguridad de la vida y la gestión de los daños, así como a evitar el colapso. Sin embargo, la seguridad real de alcanzar estos objetivos es incierta porque los procedimientos de análisis estructural para el diseño exigidos por las normas son frecuentemente elásticos. Esto impide la evaluación de los daños causados por el comportamiento inelástico en las estructuras durante los terremotos de diversa magnitud.⁽²⁴⁾

El comportamiento sísmico de una estructura viene determinado principalmente por tres tipos de nociones: capacidad, demanda y desempeño.

2.4.1. Capacidad: El elemento se caracteriza por su resistencia última proyectada (medida en flexión, corte o carga axial). La capacidad de resistencia y deformación de los numerosos componentes de una estructura incluye la capacidad global de la misma.⁽²⁴⁾

2.4.2. Demanda: Es la representación basada en el desplazamiento del movimiento del suelo que experimenta una estructura durante un terremoto. La demanda de desplazamiento es una estimación de la respuesta máxima para una combinación estructura-sismo determinada por una estructura dada. ⁽²⁴⁾

2.4.3. Desempeño: En ingeniería estructural, el rendimiento se refiere al comportamiento de una estructura en función de su capacidad estructural y de la solicitud sísmica específica. A la hora de evaluar el comportamiento sísmico, es necesario tener en cuenta el estado límite de los daños, la seguridad de los habitantes del edificio como consecuencia de dichos daños y la utilidad de la estructura después del terremoto. ⁽²⁴⁾

2.4.4. Diseño basado en el desempeño sísmico: Bertero en SEAOC 1995 define el diseño basado en el comportamiento sísmico como la selección de procedimientos de evaluación apropiados que permiten el dimensionamiento y el detallado de los componentes estructurales y no estructurales. La estructura no se verá perjudicada más allá de unos estados límites específicos cuando esté sometida a una cantidad determinada de movimiento y con distintos niveles de fiabilidad. ⁽²⁴⁾

Mediante el diseño sísmico basado en el rendimiento, una técnica creada para resolver este problema, es posible diseñar estructuras con un comportamiento predecible y fiable bajo la influencia de un terremoto. Permite un uso más eficaz del presupuesto para el diseño y la construcción, así como la consideración de los costes adicionales asociados a la consecución de un mayor nivel de rendimiento que el ofrecido por los propios requisitos de diseño. Según el PBSB (Performance Based Seismic Design), el objetivo es conservar un nivel fundamental de seguridad y, al mismo tiempo, disminuir el riesgo de posibles pérdidas. ⁽³⁷⁾

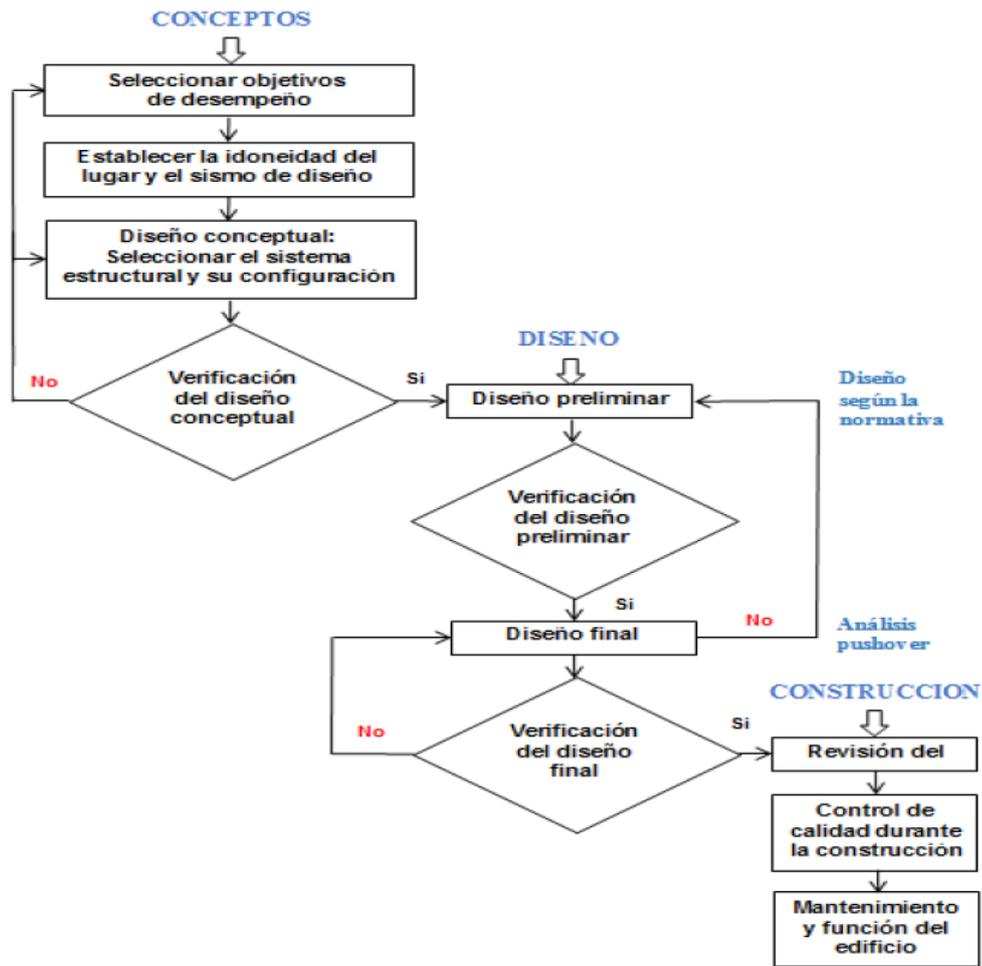


Figura 2.14. Metodología el diseño sísmico basado en el desempeño PBSD

Fuente: Comité VISIÓN 2000, (SEAOC, 1995) ⁽³⁷⁾

2.5. Procedimiento propuesto por FEMA 440: En cumplimiento de la norma FEMA 440, se realizó una revisión de la metodología del ATC-40, y se ideó un mecanismo de linealización equivalente mejorado. El propósito de este trabajo es comparar la respuesta de desplazamiento máximo de un sistema no lineal con la de un sistema lineal "equivalente", utilizando como parámetros un período efectivo T_{eff} y un amortiguamiento efectivo β_{eff} . En este caso, se consideran los parámetros de la curva de capacidad, el periodo inicial del sistema, el amortiguamiento y la demanda de ductilidad μ . ⁽²²⁾

El procedimiento sigue siendo esencialmente el mismo que el descrito en el ATC-40. En el capítulo 6, la Agencia Federal de Gestión de Emergencias (FEMA) 440 describe tres metodologías (A, B y C) para calcular el punto de rendimiento. ⁽²²⁾

2.5.1 Parámetros básicos de linealización equivalente: Un estudio estadístico que minimiza rigurosamente las ocurrencias extremas de diferencia (es decir, el error) entre la respuesta máxima de un sistema inelástico real y su homólogo lineal equivalente determina los parámetros lineales equivalentes ideales (T_{eff} y β_{eff}) es decir, el error entre la respuesta máxima de un sistema inelástico real y su homólogo lineal equivalente). Los parámetros comparables de lineación fundamentales se muestran a continuación. ⁽²²⁾

2.5.1.1 Amortiguamiento efectivo: Los valores del amortiguamiento viscoso efectivo están determinados por la ductilidad global de la estructura, que se indica como porcentaje del amortiguamiento crítico para todos los tipos de modelos histeréticos, y sus valores se calculan utilizando las siguientes formulaciones para el amortiguamiento efectivo: ⁽²²⁾

$$B_{eff} = A(\mu-1)^2 + B(\mu-1)^3 + \beta_0$$

$$B_{eff} = C + D(\mu - 1) + \beta_0$$

$$B_{eff} = E \left[\frac{F(\mu - 1) - 1}{[F(\mu - 7) - 1]2} \right] \left(\frac{T_{eff}}{T_0} \right)^2 + \beta_0$$

Donde:

Para la ecuación 2.8 = $1.0 < \mu < 4.0$.

Para la ecuación 2.9 = $4.0 < \mu < 6.5$.

Para la ecuación 2.10 = $\mu > 6.5$.

Figura 2.15. Ecuación de amortiguamiento efectivo

Fuente: FEMA 440 (2005) ⁽²²⁾

Asimismo, los valores de los coeficientes A, B, C, D, E y F se dan en la tabla 6-1 del FEMA 440.

Las fórmulas descritas en la siguiente sección para aproximar el valor de β_{eff} han sido optimizadas para su aplicación a cualquier curva de capacidad, independientemente del tipo modelo histerético o del valor de α utilizado en la investigación en cuestión: ⁽²²⁾

$$B_{eff} = 4.9 (\mu - 1)^2 + 1.1 (\mu - 1)^3 + \beta_0$$

$$B_{eff} = 14.0 + 0.32 (\mu - 1) + \beta_0$$

$$B_{eff} = 19 \left[\frac{0.64 (\mu - 1) - 1}{[0.64 (\mu - 7) - 1]2} \right] \left(\frac{T_{eff}}{T_0} \right)^2 + \beta_0$$

Donde:

Para la ecuación 2.11 = $1.0 < \mu < 4.0$.

Para la ecuación 2.12 = $4.0 < \mu < 6.5$.

Para la ecuación 2.13 = > 6.5 .

Figura 2.16. Ecuación de amortiguamiento efectivo optimizada

Fuente: FEMA 440 (2005) ⁽²²⁾

2.5.1.2. Periodo efectivo: Las siguientes ecuaciones se utilizan para calcular los valores del periodo efectivo para todo tipo de modelos histeréticos, así como los valores de α : ⁽²²⁾

$$T_{eff} = [G (\mu - 1)^2 + H (\mu - 1)^3 + 1] T_0$$

$$T_{eff} = [I + J (\mu - 1) + 1] T_0$$

$$T_{eff} = \left\{ K \left[\sqrt{\frac{(\mu - 1)}{1 + L(\mu - 2)}} - 1 \right] + 1 \right\} T_0$$

Donde:

Para la ecuación 2.14 = $1.0 < \mu < 4.0$.

Para la ecuación 2.15 = $4.0 < \mu < 6.5$.

Para la ecuación 2.16 = > 6.5 .

Figura 2.17. Ecuación de periodo efectivo

Fuente: FEMA 440 (2005) ⁽²²⁾

Dichos coeficientes se enumeran en la tabla 6-2 de FEMA 440. También se enumeran los valores de los coeficientes G, H, I, J, K y L.

Para que sean aplicables a cualquier espectro de capacidad, las siguientes ecuaciones para el valor de T_{eff} se han optimizado para su uso con cualquier forma de modelo histerético o valor de α : ⁽²²⁾

$$T_{eff} = [0.20(\mu - 1)^2 + 0.038(\mu - 1)^3 + 1] T_0$$

$$T_{eff} = [0.28 + 0.13(\mu - 1) + 1] T_0$$

$$T_{eff} = \left\{ 0.89 \left[\sqrt{\frac{(\mu - 1)}{1 + 0.05(\mu - 2)}} - 1 \right] + 1 \right\} T_0$$

Donde:

Para la ecuación 2.17 = $1.0 < \mu < 4.0$

Para la ecuación 2.18 = $4.0 < \mu < 6.5$

Para la ecuación 2.19 = > 6.5

Estas expresiones sólo aplican para $T_0 = 0.2$ a 2 seg.

Figura 2.18. Ecuación de periodo efectivo optimizada

Fuente: FEMA 440 (2005) ⁽²²⁾

2.5.1.3. Espectro de respuesta aceleración-desplazamiento modificado (MADRS) para uso con periodos secantes: Utilizando las ecuaciones del periodo efectivo y del amortiguamiento, es posible generar un desplazamiento máximo correspondiente a la intersección de una línea radial del periodo efectivo con una demanda en formato ADRS para el amortiguamiento efectivo, como se presenta la figura 2.19. ⁽²²⁾

A menudo es cierto que el período efectivo T_{eff} resultante del enfoque revisado es más corto que el período secante T_{sec} determinado en la posición de la curva de capacidad que corresponde al mayor desplazamiento d_{max} . La aceleración a_{eff} no es relevante ya que la mayor aceleración real d_{max} debe ser mayor que la curva de capacidad y corresponder con el máximo desplazamiento d_{max} , y por lo tanto no es digna de mención. ⁽²²⁾

Multiplicando las ordenadas de la demanda efectivamente amortiguada β_{eff} por el factor de modificación M (en formato ADRS), se obtiene la curva de demanda ADRS modificada (MADRS), que intercede la curva de capacidad en el punto de rendimiento. La curva de demanda ADRS modificada (MADRS) cruza la curva de capacidad en el punto de rendimiento. La ecuación 2.19 se utiliza para calcular el factor de modificación en este caso: ⁽²²⁾

$$M = \frac{a_{m\acute{a}x}}{a_{eff}}$$

Dado que los valores de aceleración están directamente relacionados con los períodos correspondientes, M se puede calcular como:

$$M = \left(\frac{T_{eff}}{T_{sec}}\right)^2 = \left(\frac{T_{eff}}{T_o}\right)^2 \left(\frac{T_o}{T_{sec}}\right)^2$$

Donde:

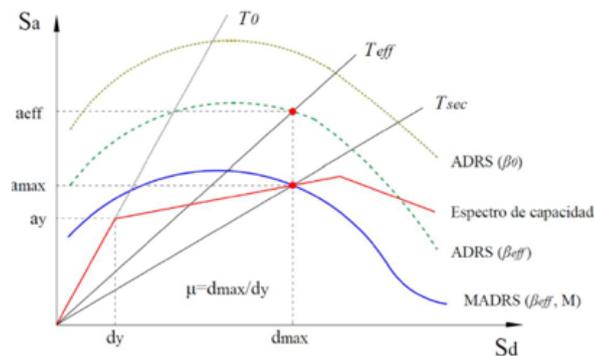


Figura 2.19. Ecuación de los períodos y basamento de la técnica del Pushover

Fuente: FEMA (2005) ⁽²²⁾

2.5.1.4. Reducción espectral para el amortiguamiento efectivo β_{eff} : Los métodos de linealización equivalente exigen la aplicación de factores de reducción de reducción espectral para alterar el espectro de respuesta original al grado de amortiguamiento efectivo adecuado β_{eff} , que viene determinado por el espectro de respuesta inicial. Estas variables se determinan en función del coeficiente de amortiguamiento. La ordenada disminuida del espectro será idéntica a la inicial. ⁽²²⁾

$$(Sa)\beta = \frac{(Sa)_o}{B(\beta_{eff})}$$

Son varias las opciones en los procedimientos actuales para determinar B . Sin embargo, se recomienda usar la siguiente expresión:

$$B = \frac{4}{5.6 - \ln \beta_{eff}(\text{en } \%)}$$

Figura 2.20. Ecuación de reducción espectral y amortiguamiento efectivo

Fuente: FEMA (2005) ⁽²²⁾

2.5.1.5. Procedimiento A del método del espectro de capacidad según el FEMA 440: Dado que β_{eff} y T_{eff} son funciones de μ , el cálculo del desplazamiento máximo utilizando la linealización equivalente no es fácil y requiere el uso de un enfoque de solución gráfica o iterativa para llegar a un resultado satisfactorio. El procedimiento A, a menudo conocido como iteración directa, se describe con más detalle a continuación. La iteración se lleva a cabo en esta técnica para llegar al punto de rendimiento lo más rápidamente posible. Por ello, los espectros de demanda ADRS creados para los diferentes valores de β_{eff} no se alteran para interceptar el espectro de capacidad.⁽²²⁾

Tabla 2.4. Definiciones del espectro de capacidad

Ítem	Definiciones
1	La ductilidad del material, también conocida como ductilidad de deformación, es una propiedad de un material que caracteriza las deformaciones plásticas del material bajo diversas formas de tensión.
2	También se denomina ductilidad de la curvatura. Se refiere a las deformaciones plásticas de la sección transversal que se producen como resultado de la interacción entre las piezas que la componen, así como a la ductilidad de la sección transversal.
3	A la hora de evaluar las cualidades de los elementos de los componentes, hay que tener en cuenta la ductilidad de los elementos, o la curvatura de rotación.
4	También es importante evaluar la ductilidad de la estructura, a menudo conocida como ductilidad de desplazamiento, que tiene en cuenta todo el comportamiento de la estructura.

Fuente: Adaptado a FEMA 440 (2005) ⁽²²⁾

$$a = \frac{\frac{a_{p_i} - a_y}{dp_i - dy}}{\frac{ay}{dy}}$$

$$\mu = \frac{dp_i}{dy}$$

1. Utilizando los valores de α y μ obtenidos, calcular los correspondientes β_{eff} y T_{eff} .
2. Con el valor calculado de β_{eff} (del paso anterior), ajustar la Demanda ADRS inicial a β_{eff} .
3. Determinar el desplazamiento máximo estimado d_i , usando la intersección del periodo efectivo radial, con la demanda ADRS para β_{eff} . La aceleración máxima estimada a_i , es la correspondiente a d_i sobre la curva de capacidad (ver figura 2.9).
4. Comparar el desplazamiento máximo estimado d_i , con el asumido inicialmente (o previo). Si está dentro de la tolerancia aceptable, el punto de desempeño corresponde a a_i y d_i . Caso contrario, repetir el proceso desde el paso 4, utilizando a_i y d_i .

Figura 2.21. Ecuación de reducción espectral y amortiguamiento efectivo

Fuente: FEMA (2005) ⁽²²⁾

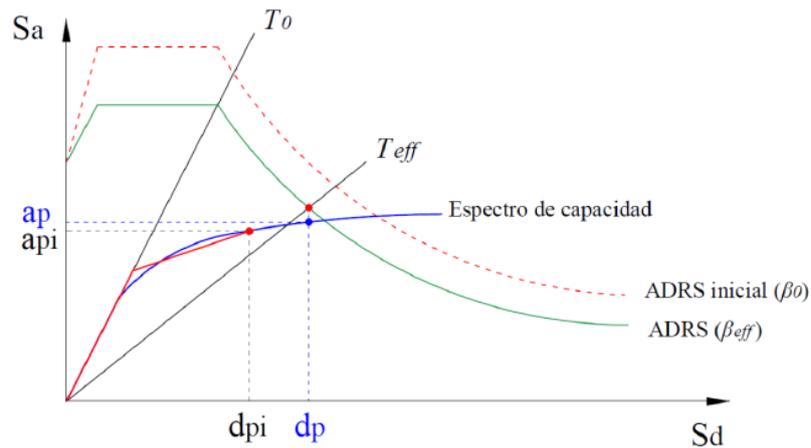


Figura 2.22. Determinación del desplazamiento máximo (procedimiento A)

Fuente: FEMA 440, (2005) ⁽²²⁾

2.5.1.6. Evaluación del desempeño sísmico y criterios de aceptación: Si las respuestas obtenidas del análisis Pushover en el punto de fluencia son insuficientes para determinar si un edificio satisface el objetivo de rendimiento, las respuestas se comparan con las restricciones aceptables para los niveles de rendimiento, que actúan como requisitos de aceptación de la estructura. ⁽²²⁾

2.5.1.7. Límites de aceptabilidad global del edificio: Las cargas gravitatorias y laterales, así como los desplazamientos laterales, se clasifican en dos categorías: cargas gravitatorias y laterales.

2.5.1.8. Cargas de gravedad: La capacidad de soportar cargas de gravedad de la estructura debe mantenerse en todo momento para proporcionar un rendimiento adecuado en cualquier nivel. La capacidad de una estructura para trasladar las cargas gravitatorias a otras partes del sistema es necesaria si se reduce la capacidad de un elemento para soportar cargas gravitatorias.

2.5.1.9. Cargas laterales: Si la resistencia de la estructura a las cargas laterales es inferior al 20% de su resistencia máxima, esto incluye la resistencia a las cargas de gravedad que actúan a través de los desplazamientos laterales (efecto P- Δ).

2.5.1.10. Desplazamientos laterales: Los desplazamientos en el punto de rendimiento deben compararse con las limitaciones definidas según el nivel de rendimiento para garantizar que están dentro de los límites aceptables.

La norma ATC-40 establece las limitaciones de deriva total (elástica más inelástica) e inelástica. Donde V_i es el cortante total, y P_i es la carga de gravedad total en el piso i .

Tabla 2.5. Límites de deriva según ATC-40

Deriva límite de entrepiso	Nivel de desempeño			
	Ocupación inmediata	Control de daño	Seguridad de vida	Estabilidad estructural
Deriva total máxima	0.01	0.01 - 0.02	0.02	0.33
Deriva inelástica máxima	0.005	0.005 - 0.015	Sin límite	Sin límite

Fuente: Adaptado a ATC-40 (1996) ⁽³⁰⁾

Además, el Comité Visión 2000 determina las derivas para cada uno de sus niveles de desempeño, que luego se supervisan. ⁽³⁷⁾

Tabla 2.6. Límites de deriva según Comité Visión 2000

Deriva límite de entrepiso	Nivel de desempeño				
	Total operacional	Operacional	Seguridad de vida	Prevención de colapso	Colapso
Permisible	< 0.002	< 0.005	< 0.015	< 0.025	> 0.025
Permanente	Despreciable	Despreciable	< 0.005	< 0.025	> 0.025

Fuente: Fuente: Comité VISIÓN 2000, (SEAOC, 1995) ⁽³⁷⁾

Utilizando una sectorización de la curva de capacidad de la estructura, el Comité Visión 2000 puede determinar qué grado de rendimiento se mantiene. ⁽³⁷⁾

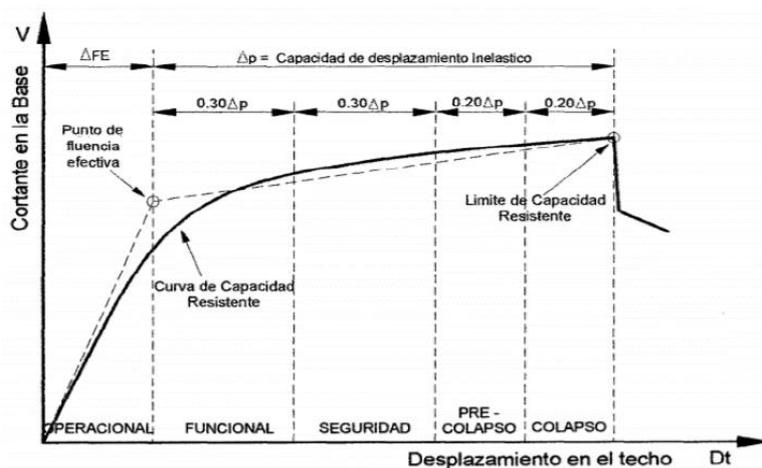


Figura 2.23. Sectorización de la curva de capacidad

Fuente: Comité VISIÓN 2000, (SEAOC, 1995) ⁽³⁷⁾

Por ejemplo, se tiene en cuenta el Comité Técnico Nacional (NTC-2007), que especifica los principios para el diseño, la construcción y las pruebas de los edificios con respecto a su estabilidad estructural y resistencia mecánica, así como la definición de las características del producto que cumplen los criterios de seguridad en general. ⁽³⁸⁾

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de Investigación: Aplicada

La investigación aplicada reside en aplicar los hallazgos, descubrimiento y soluciones de forma práctica, normalmente este tipo de investigación se utiliza en áreas de medicina o ingenierías. La importancia que se puede plantear es en ser predictivos o explicativos.⁽³⁹⁾ El desempeño sísmico en el edificio multifamiliar Rodríguez de albañilería confinada se aplicaron los problemas específicos en un lugar determinado utilizando los métodos convencionales propuestos en concordancia con las teorías existentes. Acorde a la teoría analizada en este estudio se determinó de tipo aplicada.

3.1.2. Enfoque de la investigación: Cuantitativo científico

La investigación se centra en la recolección de datos para comprobar las hipótesis, basándose en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer patrones de comportamiento y comprobar las teorías.⁽⁴⁰⁾ En efecto, este estudio parte de responder una interrogante que se define en la formulación del problema, objetivos, formulación de hipótesis y preguntas. Acorde a la teoría analizada en este estudio se determinó de tipo cuantitativo científico.

3.1.3. El diseño de la investigación: No experimental

Un diseño no experimental es aquel en el que las variables no se manipulan intencionalmente. En otras palabras, son estudios en que las variables independientes no se alteran intencionalmente para determinar su efecto sobre otras variables.⁽⁴¹⁾ Con estas definiciones este estudio es de diseño no experimental, debido a que no se manipularon las variables propuestas, asimismo se alcanzó demostrar el DS de la edificación multifamiliar Rodríguez, analizado mediante los métodos convencionales definiéndose los valores de desplazamiento, deformaciones y nivel sísmico con el uso del software Etabs v.2.0 en concordancia con Reglamento Nacional de Construcción.

3.1.4. El nivel de la investigación: Descriptivo explicativo

El nivel de investigación tiene el propósito de especificar propiedades y características de conceptos, fenómenos, variables o hechos en un contexto determinado. Mientras el explicativo, son las investigaciones cuyo propósito es establecer las causas de los eventos, problemas o fenómenos que se estudian. ⁽⁴¹⁾ Por lo tanto, esta investigación tiene un carácter tanto descriptivo como explicativo, ya que detalló y analizó los distintos orígenes y consecuencias de la estructura de albañilería confinada.

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Variable 1: Métodos convencionales

3.2.1.1 Definición conceptual

Los métodos convencionales existen diversas opciones para analizar, evaluar y determinar los datos que se quiere alcanzar, definiéndose en criterios de la fuerza basal, deformación y desplazamiento. ⁽⁴²⁾

3.2.1.2. Definición operacional

El principal objetivo de los códigos sísmicos es garantizar que la estructura mantenga un buen comportamiento inelástico en caso de terremoto severo. Esto se determina mediante análisis de riesgos sísmico, teniendo en cuenta la vida útil de 50 años de la estructura una probabilidad del 10% de superarla. Se clasifican en dos dimensiones y se subdividen en 3 y 4 indicadores.

3.2.2. Variable 2: Desempeño sísmico.

3.2.2.1. Definición conceptual

Es un enfoque de estado límite de deterioro ocasionada por daños internos de un edificio que pueda amenazar a los ocupantes de dicho edificio y posterior fisuramiento de un movimiento telúrico según su capacidad de servicio. ⁽⁴³⁾

3.2.2.2. Definición operacional

A través de los métodos de análisis sísmico como el análisis modal espectral, se tiene en cuenta la importancia de la edificación a evaluar, todo ello respetando los lineamientos planteados por la N.T.P. E.030 para determinar su comportamiento ante un sismo severo que puede verse afectado económicamente y social de las personas que habitan dentro del edificio, clasificando en tres dimensiones, y sub dividiéndose en 3 indicadores cada una.

Para mayor detalle de la operacionalización de variables, (ver matriz en anexo 1).

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

La población es un conjunto definido, limitado y accesible del universo de forma relativa.⁽⁴⁴⁾ La población de este estudio estuvo conformada por 10 edificaciones de similares características de AC al edificio Rodríguez que se localiza en el distrito de Ilo y departamento de Moquegua.

3.3.2. Muestra

La muestra, es donde los investigadores eligen el tamaño de la muestra basándose en la selección de una fracción de la población o seleccionando un tamaño de muestra típico basado en estudios anteriores donde la muestra debe basarse en sus planes de análisis.⁽⁴⁵⁾ Por tanto, la muestra la conformó el edificio multifamiliar Rodríguez, edificación de AC de 4 niveles.

3.3.3. Muestreo – No probabilístico

El muestreo no probabilístico permite que cada elemento del universo tenga la misma probabilidad de estar presente en la muestra. Es decir, exceptúa la posibilidad de elegir a un solo sujeto.⁽⁴⁶⁾ Por lo tanto, con estas definiciones se empleó el muestreo no probabilístico intencional.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas – Observación directa

La observación directa es una metodología de investigación en la que el investigador recibe información directamente de la población o tema de estudio.⁽⁴⁷⁾ Con estas definiciones, se empleó la observación directa ya que se evaluó los componentes estructurales (muros de albañilería, vigas y columnas) del edificio Rodríguez utilizando sus variables de operacionalización.

3.4.2. Instrumento de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos que se van a utilizar son herramientas de investigación conceptual o material, a través de las cuales se adquiere información formulando preguntas del investigador.⁽⁴⁸⁾ En esta investigación, el instrumento se utilizó la ficha de recolección de datos que constan de variables, dimensiones e indicadores (ver anexo 3).

3.4.3. Validez

En cada investigación, la validez de la información debe estar justificada y respaldada por técnicas teóricas.⁽⁴⁹⁾ Se utilizó el juicio de expertos para validar las estructuras de AC. Alcanzó un valor promedio de 0,767% respecto a la tabla de rangos de validez, lo que se consideró como una excelente validez (ver anexo 4).

3.4.4. Confiabilidad de los instrumentos

La confiabilidad es la regularidad de los resultados recibidos de los componentes que integran la prueba.⁽⁴⁹⁾ Con estos criterios, la confiabilidad del estudio se respaldó con los datos recolectados de los procedimientos convencionales utilizados, así como sus fundamentos teóricos, antecedentes, prueba de esclerometría y certificado del equipo del martillo Smith, que garantizaron hallazgos precisos y confiables.

3.5. Procedimientos

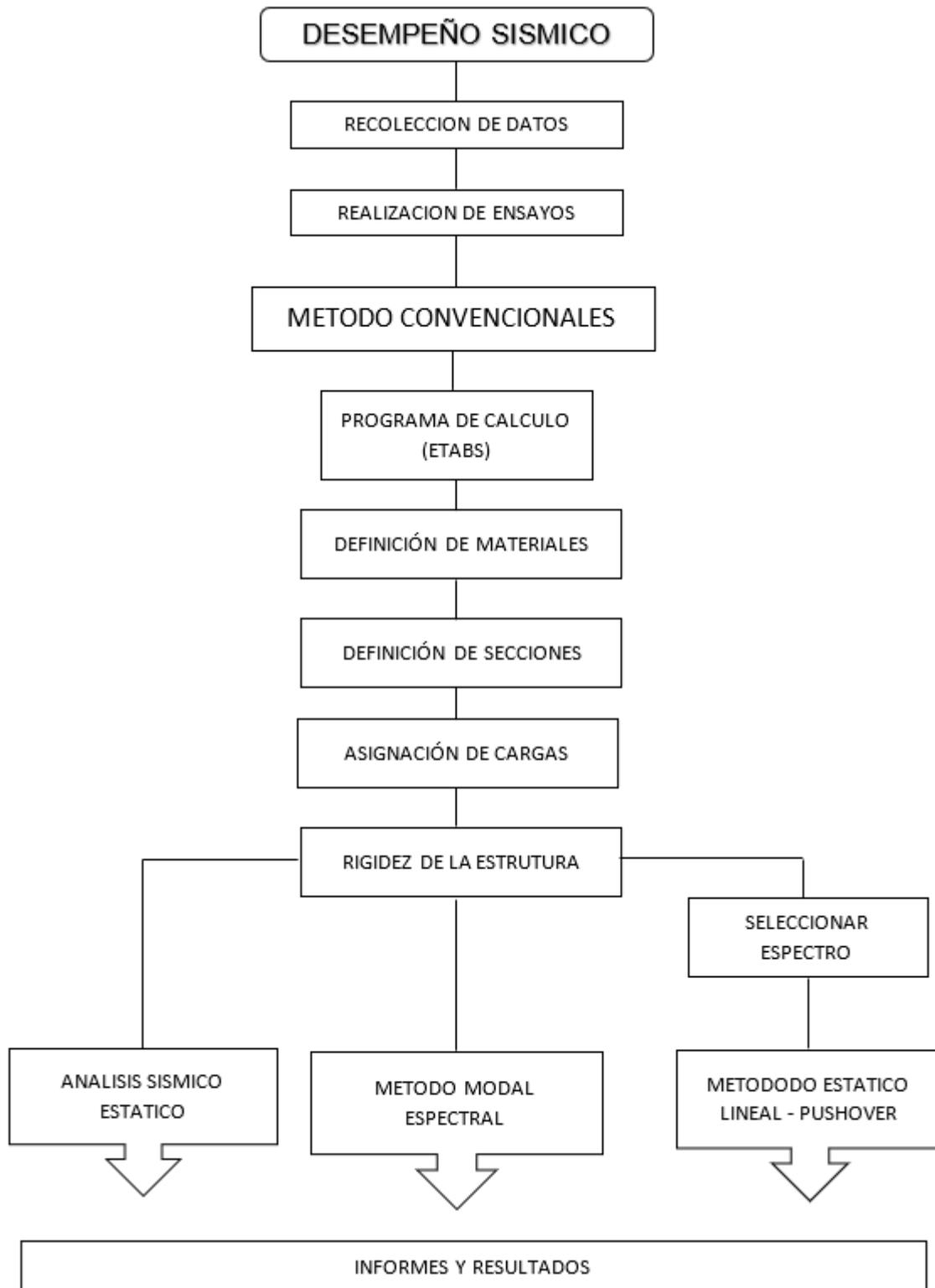


Figura 3.1. Ejecución de flujograma

Fuente: Elaborado por el autor.

3.6. Método de análisis de datos

La técnica de análisis de datos es una sugerencia para mostrar los datos obtenidos en los programas de software utilizados y las etapas involucradas en el análisis.⁽⁴⁵⁾ Con estas definiciones, el análisis de datos se realizó utilizando el software Etabs v.20, AutoCAD v.2022 y las hojas de cálculo Excel v.2019, que permitieron la formulación de esta investigación basada en los métodos Pushover y modal espectral para estructuras de AC.

D1: Método Pushover.

D2: Método de modal espectral

3.6.1. Análisis de la información

3.6.1.1. Descripción del análisis

Se han tenido en cuenta los siguientes factores: superficie del terreno, clasificación del suelo, materiales de construcción y características del edificio. Todo ello de acuerdo con el R.N.C. vigente y la norma internacional (ACI) utilizando los atributos y características del edificio.

3.6.1.1.1. Zona

$Z = \text{if} (\text{Zona} = 1, 0.1, \text{if} (\text{Zona} = 2, 0.25, \text{if} (\text{Zona} = 3, 0.35, 0.45)))$

= 0.45 aceleración máxima horizontal en suelo rígido

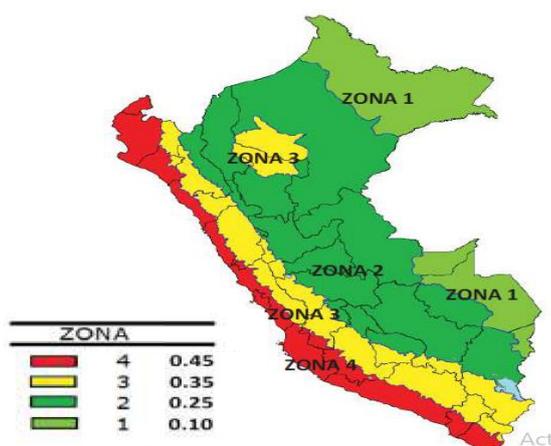


Figura 3.2. Aceleración máxima horizontal del suelo rígido

Fuente: R.N.C. (2018)

3.6.1.1.2. Clasificación del perfil del suelo

Se han identificado los parámetros de sitio necesarios S , T_p y T_L para definir el espectro de diseño. De acuerdo con el proyecto UNAS-INDECI PER 98/018 PNUD - INDECI, se seleccionó el tipo de perfil de suelo "S1" para el edificio en estudio.

Tabla 3.1. Clasificando de los perfiles de suelo

Perfil	V_s	N_{60}	S_u
S0	> 1500 m/s	-	-
S1	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S3	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S4	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: Autoría propia.

Tabla 3.2. Factor de suelo "S"

Zona	Suelo			
	S_0	S_1	S_2	S_3
Z4	0,80	1,00	1,05	1,10
Z3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z1	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: Autoría propia.

Tabla 3.3. Periodos de vibración T_p y T_L

Periodos	Perfil de Suelo			
	S0	S1	S2	S3
T_p	0,80	1,00	1,05	1,10
T_L	0,80	1,00	1,15	1,20

Fuente: Autoría propia.

3.6.1.1.3. Materiales y resistencias de los elementos estructurales

$$E_{210} = 15000 \sqrt{f'_c \frac{kg}{cm^2}}$$

Donde:

E_{210} = Módulo de elasticidad del concreto kg/cm^2

f'_c = Fuerza a la compresión kg/cm^2

Figura 3.3. Ecuación módulo de elasticidad del concreto

Fuente: R.N.C. (2018)

$$f'_c = 210 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_y = 4200 \frac{kg}{cm^2}$$

$$E_{210} = 217370.65 \frac{kg}{cm^2}$$

Donde:

f'_c = Resistencia la compresión del concreto kg/cm^2

f'_y = Resistencia de fluencia del acero kg/cm^2

E_{210} = Módulo de elasticidad del concreto kg/cm^2

Figura 3.4. Ecuación del concreto, acero y elasticidad

Fuente: R.N.C. (2018)

3.6.1.1.4. Reglamentación utilizada

Se utilizó la norma internacional ACI-318S-19 para concreto estructural. Asimismo, para la norma técnica peruana se utilizaron las normas E-020 (Cargas), E-030 (Diseño Sismorresistente) y E-070 (Albañilería).

3.6.1.1.5. Propiedades y características del edificio

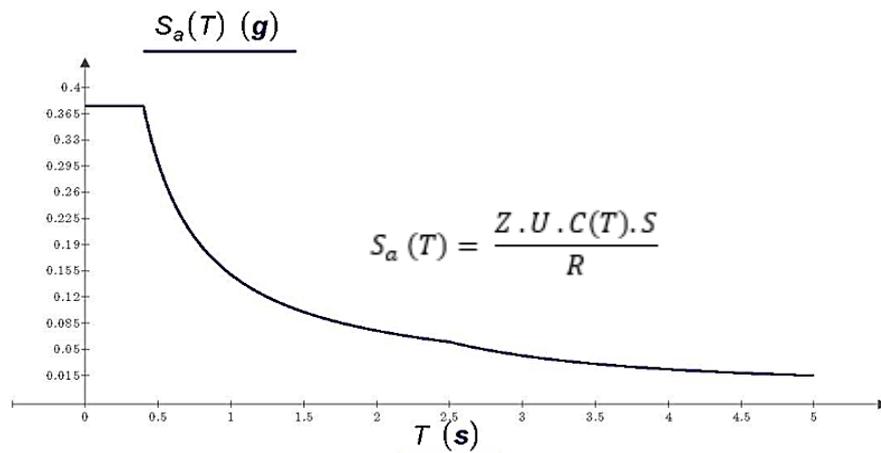


Figura 3.5. Gráfica espectro de diseño expresado en función de la gravedad

Fuente: Autoría propia.

Metrado realizado al edificio (PP) = (1250.3621 ton.)

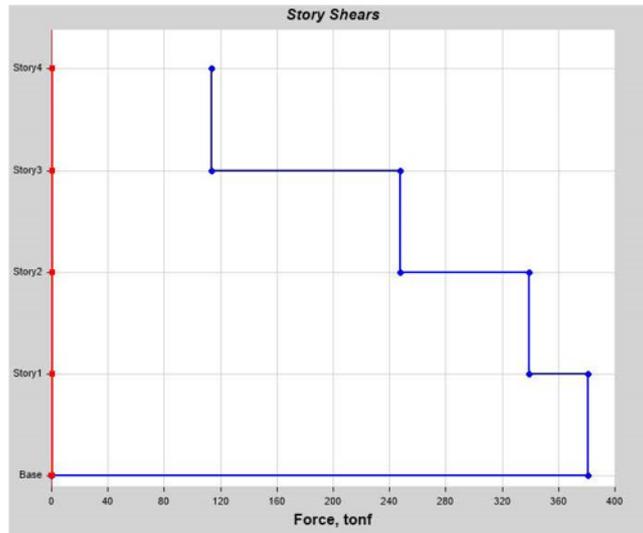
Carga viva (CV) = (170.2398 ton)

Estimación del peso sísmico (P):

$$P = 1.0 (PP) + 0.25 (CV)$$

$$P = 1.0 (1250.3621) + 0.25 (170.2398)$$

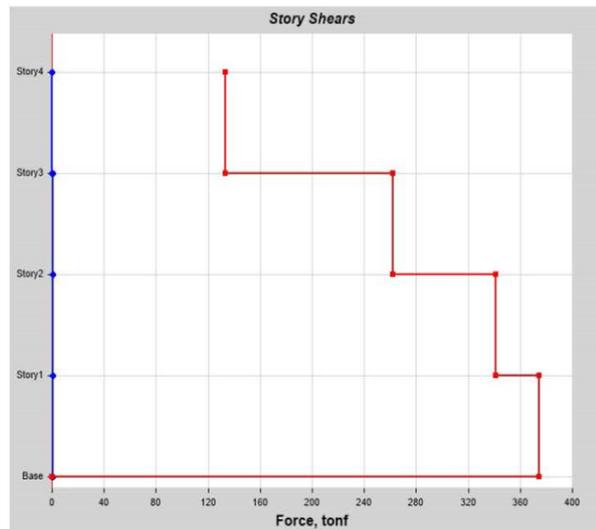
$$P = 1292.922 \text{ toneladas.}$$



Cortante dirección X, $V_x := 381.223 \text{ tonf}$

Figura 3.6. Gráfica del cortante dinámico y estático eje X-X

Fuente: Autoría propia.



Cortante dirección Y, $V_y := 374.361 \text{ tonf}$

Figura 3.7. Gráfica del cortante dinámico y estático eje Y-Y

Fuente: Autoría propia.

3.6.2. Descripción del modelamiento del edificio Rodríguez

Para el modelado en 3D utilizando el programa Etabs v.20 se calculó la gravedad, el análisis sísmico estático, el análisis dinámico modal y el análisis no lineal mediante la técnica Pushover.

3.6.2.1. Primero paso - Modelado 3D

Se realizó la modelación de los elementos estructurales (columnas, vigas y losas).

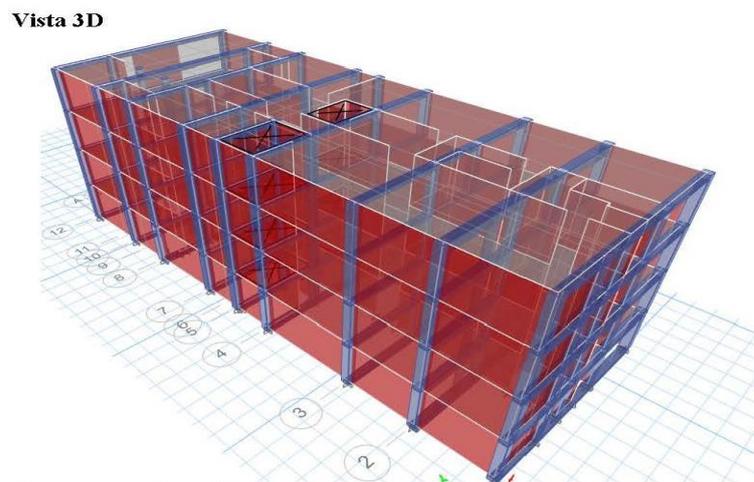


Figura 3.8. Modelado 3D del edificio Rodríguez

Fuente: Autoría propia.

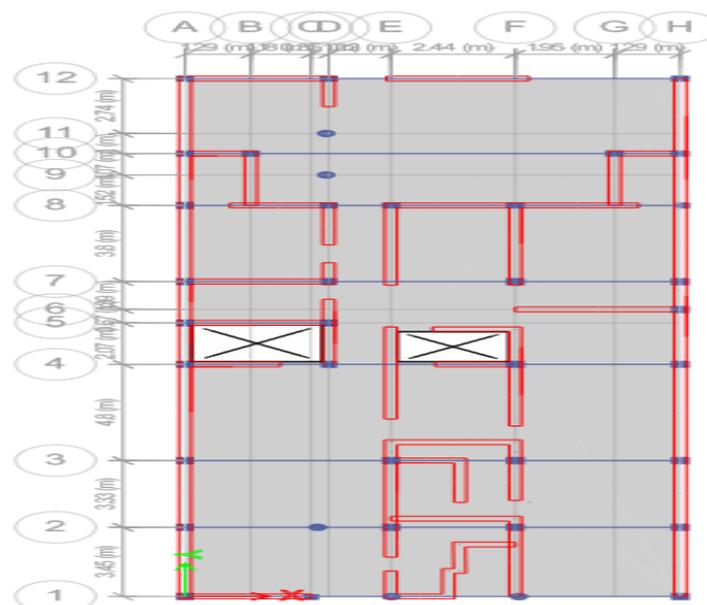


Figura 3.9. Modelado 3D de muros y columnas del edificio Rodríguez

Fuente: Autoría propia.

3.6.2.2. Segundo paso - Cargas en losas

Se determinaron las cargas de los ejes X-X e Y-Y de los análisis CM, CV y CSE, y se obtuvo la CMT.

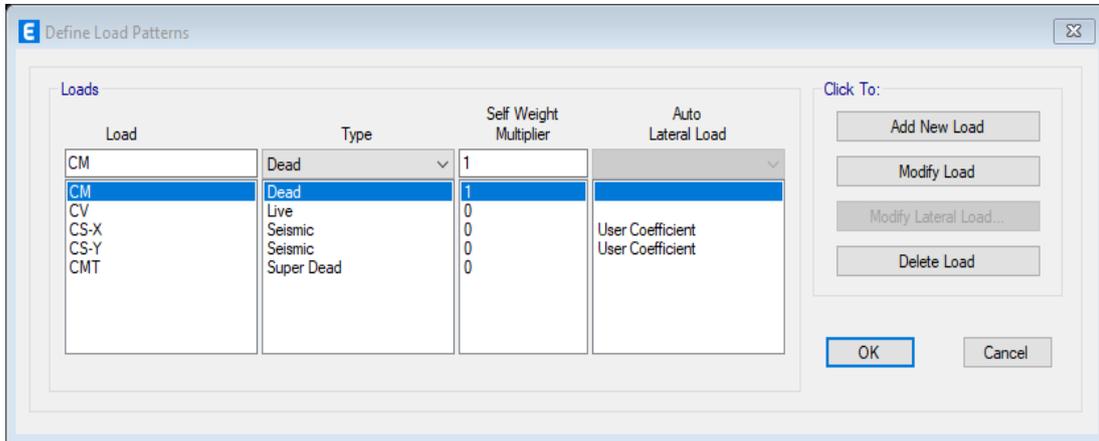


Figura 3.10. Definición de las cargas sísmicas y estáticas

Fuente: Autoría propia.

3.6.2.3. Tercer paso – Cuantificación del espectro

Se cuantificó el espectro pseudo aceleraciones según la norma E-030 del R.N.C.

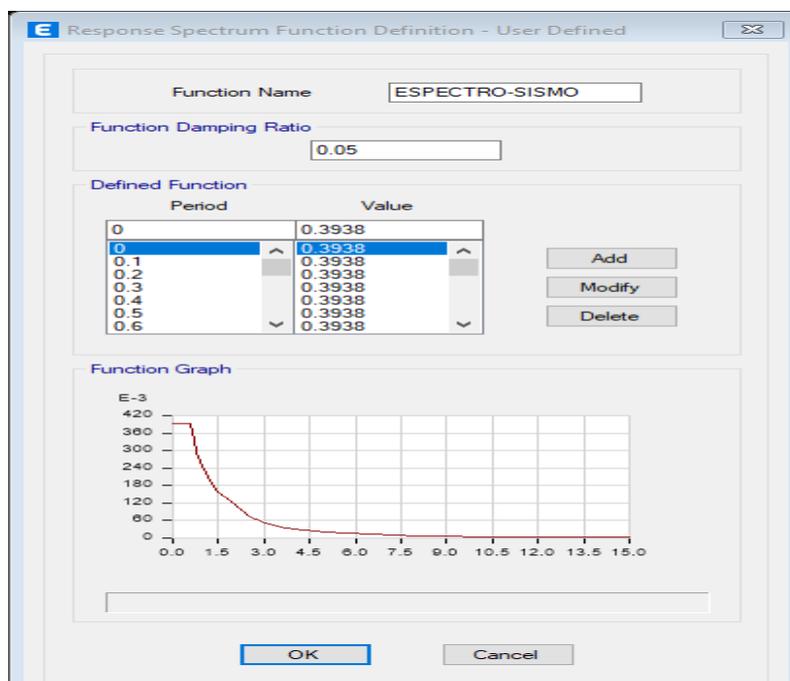


Figura 3.11. Definición del espectro pseudo aceleraciones

Fuente: Autoría propia.

3.6.2.4. Cuarto paso – Carga estática

Se verificó la carga estática en los ejes X-X y Y-Y.

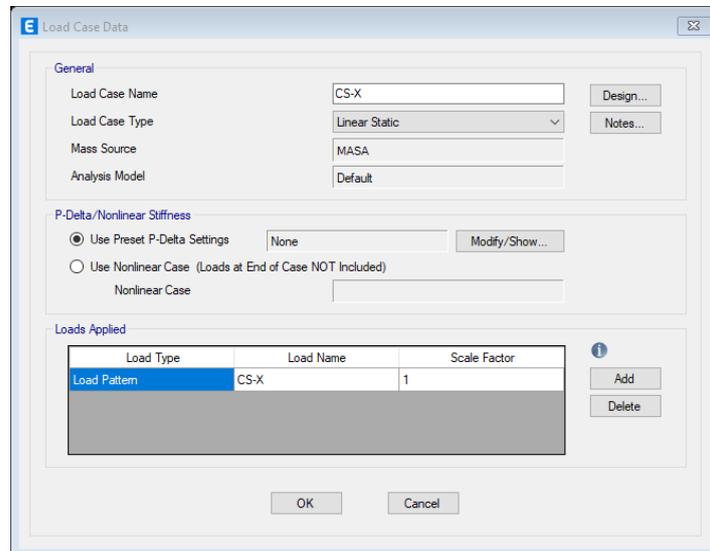


Figura 3.12. Carga estática en la dirección X-X

Fuente: Autoría propia.

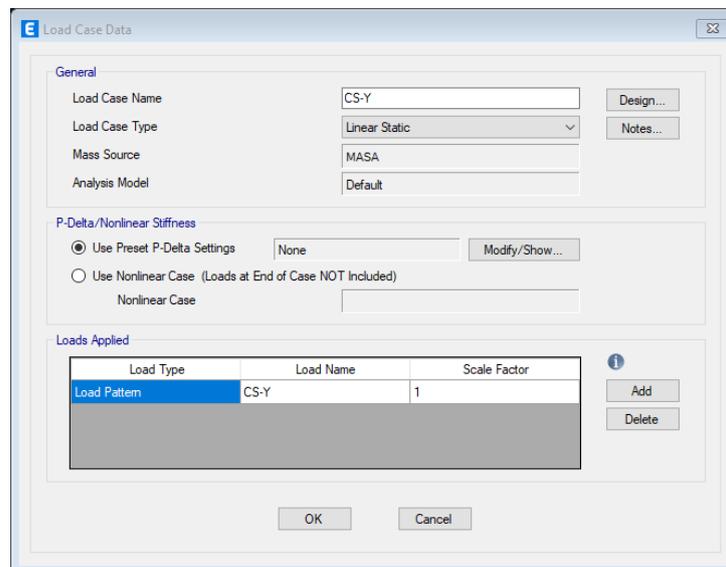


Figura 3.13. Carga estática en la dirección Y-Y

Fuente: Autoría propia.

3.6.2.5. Quinto paso – Carga dinámica

Se determinó la respuesta de la carga dinámica en los ejes X-X y Y-Y.

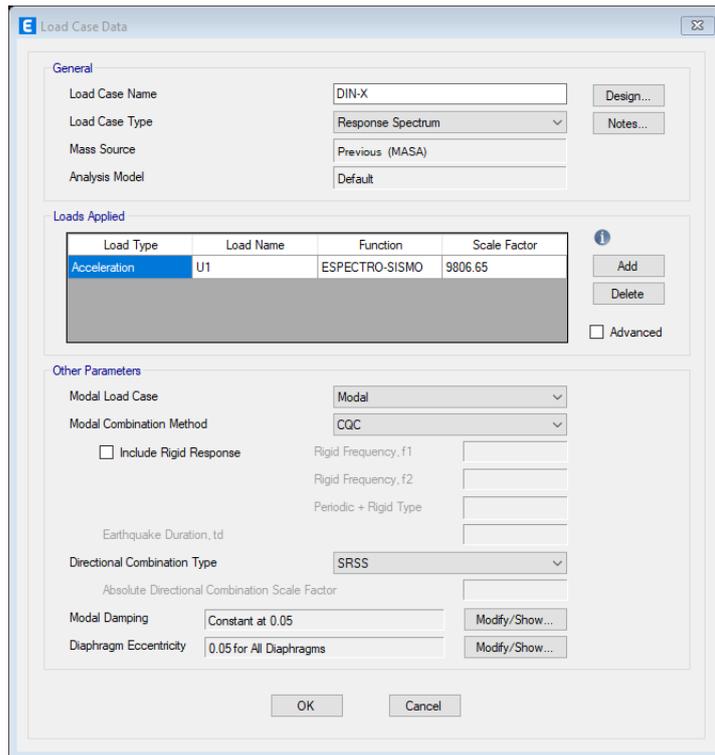


Figura 3.14. Carga dinámica en la dirección X-X

Fuente: Autoría propia.

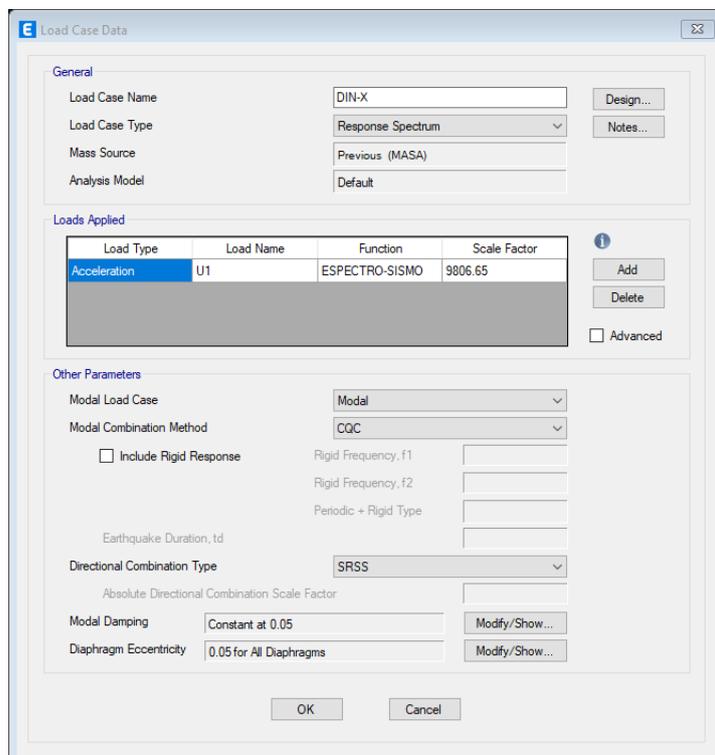


Figura 3.15. Carga dinámica en la dirección Y-Y

Fuente: Autoría propia.

3.6.3. Cargas incrementadas del edificio

En la modelización también se evalúan las cargas adicionales a las que está sometida la estructura.

3.6.3.1. Primer paso – Cargas laterales

Se determinaron las cargas laterales del tipo sísmico en los ejes X-X y Y-Y.

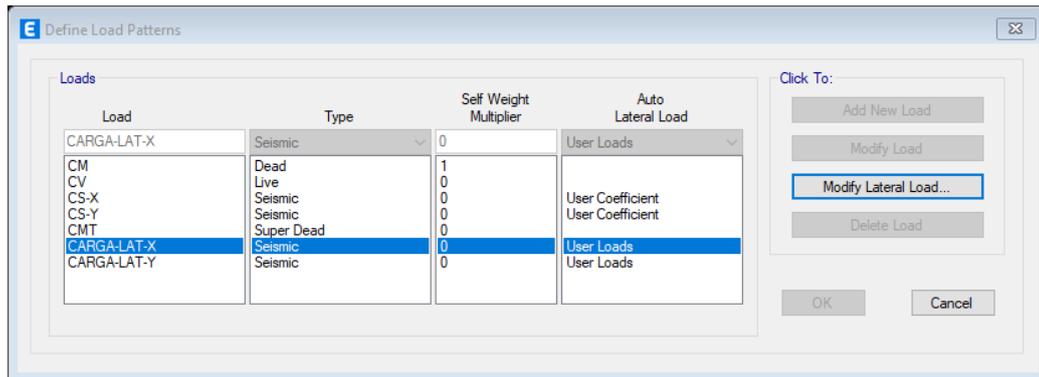


Figura 3.16. Resumen de la carga lateral incrementada en los ejes X-X y Y-Y

Fuente: Autoría propia.

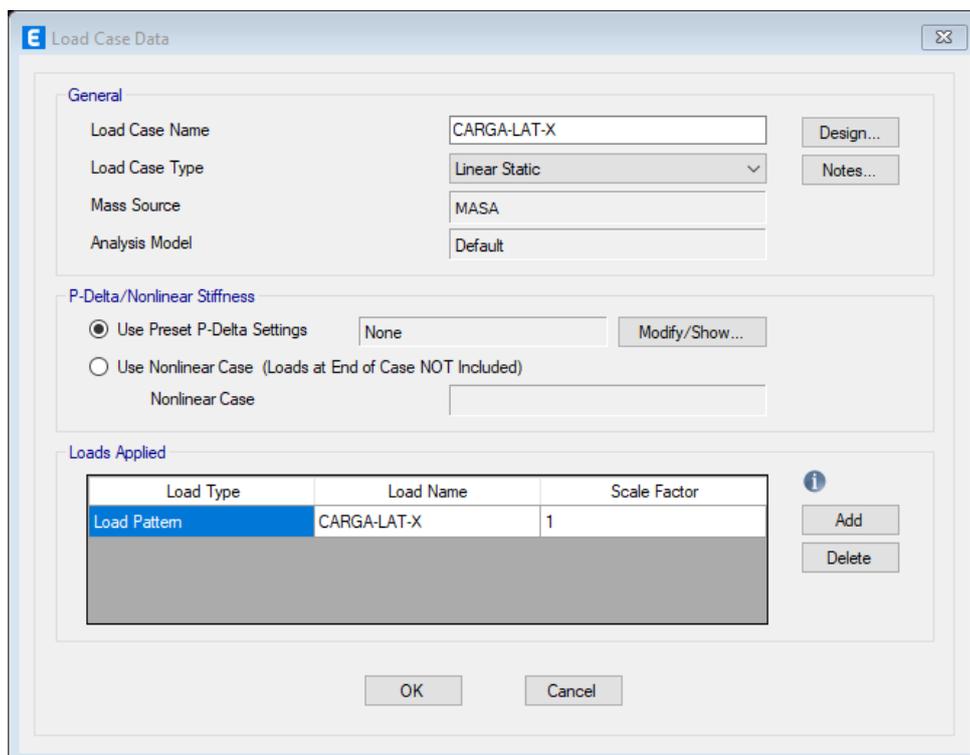


Figura 3.17. Carga lateral incrementada en el eje X-X

Fuente: Autoría propia.

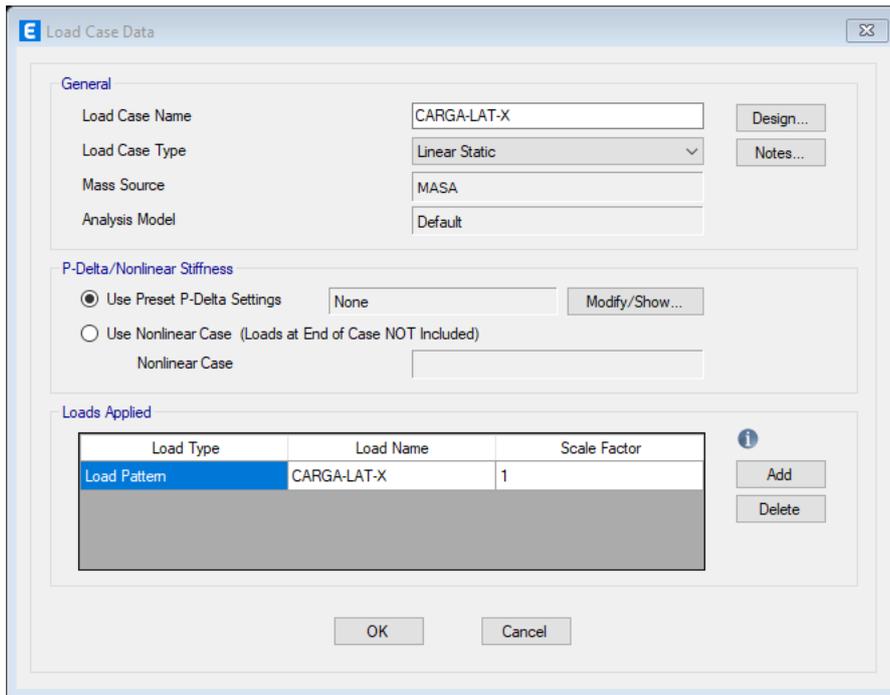


Figura 3.18. Carga lateral incrementada en el eje Y-Y
Fuente: Autoría propia.

3.6.3.2. Segundo paso – Análisis por desempeño

Se determinó el análisis por desempeño en los ejes X-X y Y-Y.

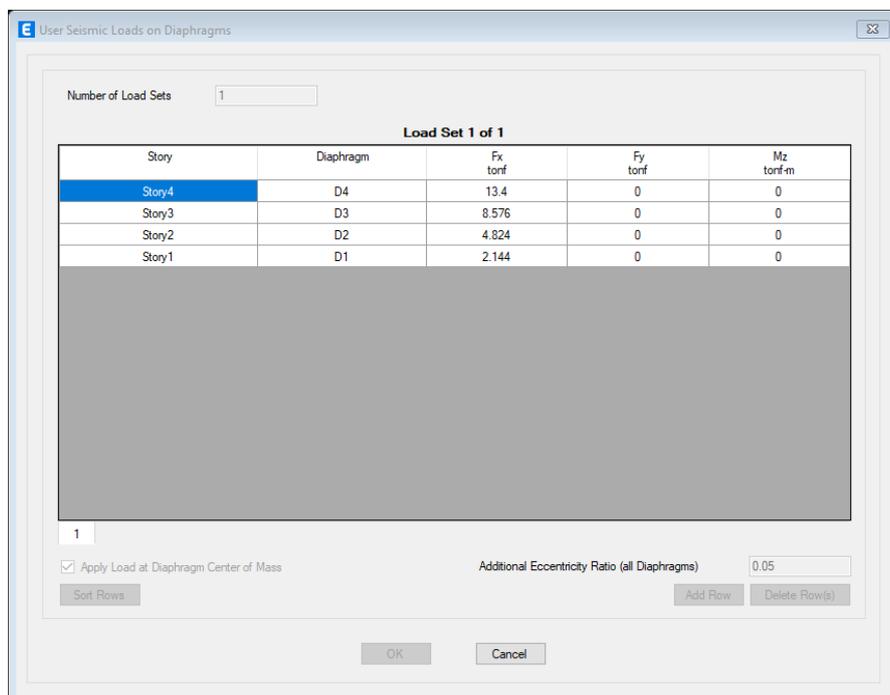


Figura 3.19. Carga incrementada de cada nivel el eje X-X
Fuente: Autoría propia.

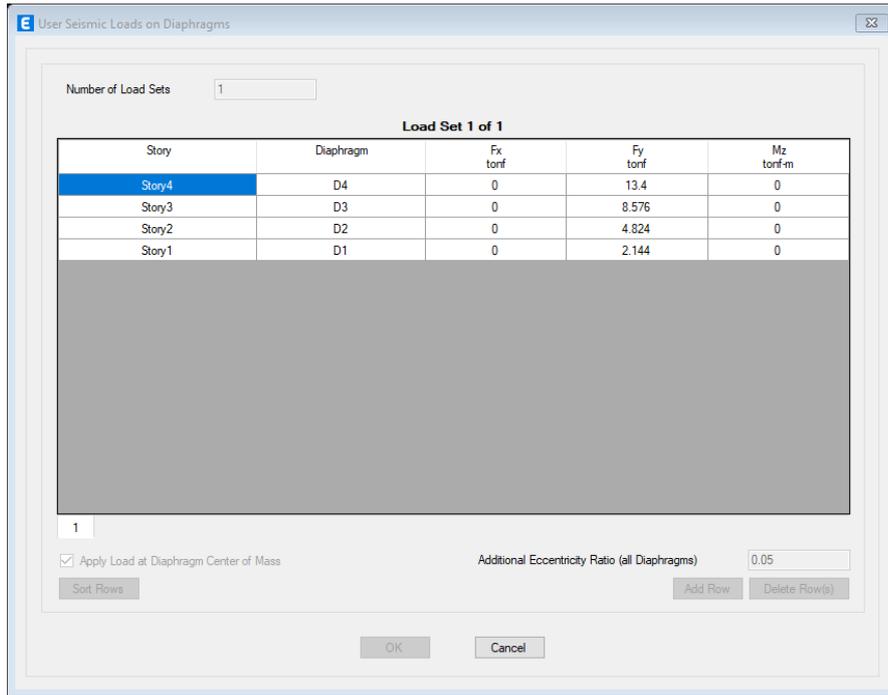


Figura 3.20. Carga incrementada de cada nivel el eje Y-Y
Fuente: Autoría propia.

3.6.3.3. Tercer paso – Cargas gravitacionales y lateral

Se determinó la carga gravitacional y lateral no lineal.

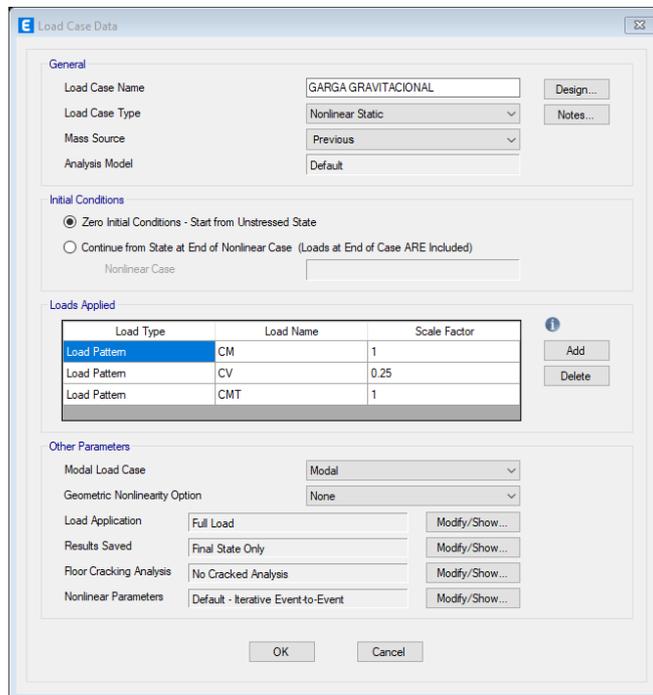


Figura 3.21. Carga gravitacional no lineal
Fuente: Autoría propia.

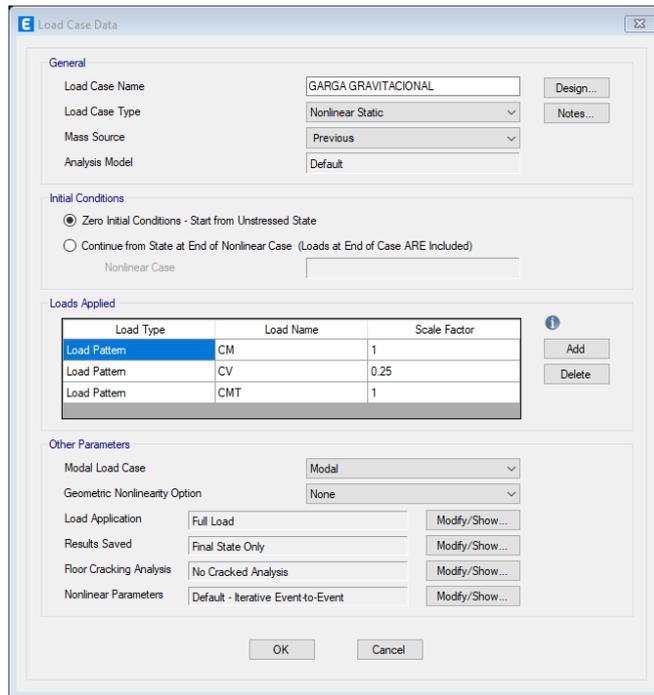


Figura 3.22. Carga lateral no lineal
Fuente: Autoría propia.

3.6.3.4. Cuarto paso – Cargas incremental Pushover

Se determinó la carga incremental del método Pushover en los ejes X-X y Y-Y.

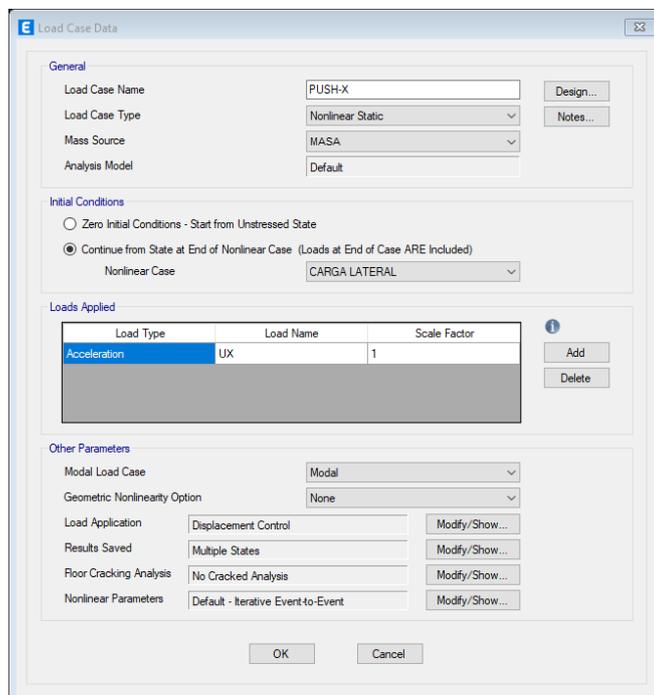


Figura 3.23. Método Pushover no lineal del eje X-X
Fuente: Autoría propia.

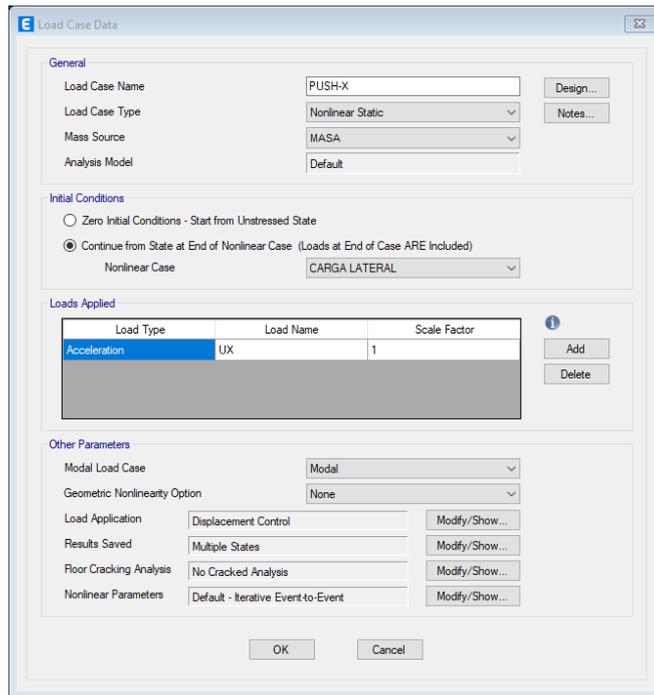


Figura 3.24. Método Pushover no lineal del eje Y-Y

Fuente: Autoría propia.

3.6.4. Distribución de cargas en elementos estructurales

3.6.4.1. Distribución de cargas en losas

El R.N.C. especifica en el artículo 6 de la norma E-020 (cargas) que la carga viva predeterminada para las viviendas su peso es en tonf/m², con e=0,20m para losas aligeradas.

Tabla 3.4. *Metrado de losa aligerada (carga viva)*

Descripción de carga	CM (tonf/m ²)
Peso de ocupación	0.10
Total	0.20

Fuente: Autoría propia.

Tabla 3.5. *Metrado de losa aligerada (carga muerta)*

Descripción de carga	CM (tonf/m ²)
Acabados	0.10
Piso terminado	0.10
Total	0.20

Fuente: Autoría propia.

3.6.4.2. Sistema resistente del edificio

La prueba de esclerometría se realizó en los componentes estructurales (columnas y vigas) para medir la calidad del sistema resistente del edificio. En el anexo 11 se detallan las características del equipo y el proceso realizado.

3.6.4.2.1. Resultados del primer nivel

Tabla 3.6. Resultado del ensayo esclerómetro estructura 1° nivel

Ángulo de Impacto (α°)	Elemento Estructural	Resistencia promedio			Resistencia Máxima	Resistencia Mínima
		R	f'c kg/cm2	Δ	f'cMin=f'c-Δ kg/cm2	f'cMax=f'c+Δ kg/cm2
0	Columna 1	42	380	2.0	378	382
0	Columna 2	46	450	2.0	448	452
0	Columna 3	45	430	2.0	428	432
0	Columna 4	35	280	2.0	278	282
90	Viga Central 1	51	480	2.0	478	482
0	Viga Central 2	42	380	2.0	378	382

Fuente: Autoría propia.

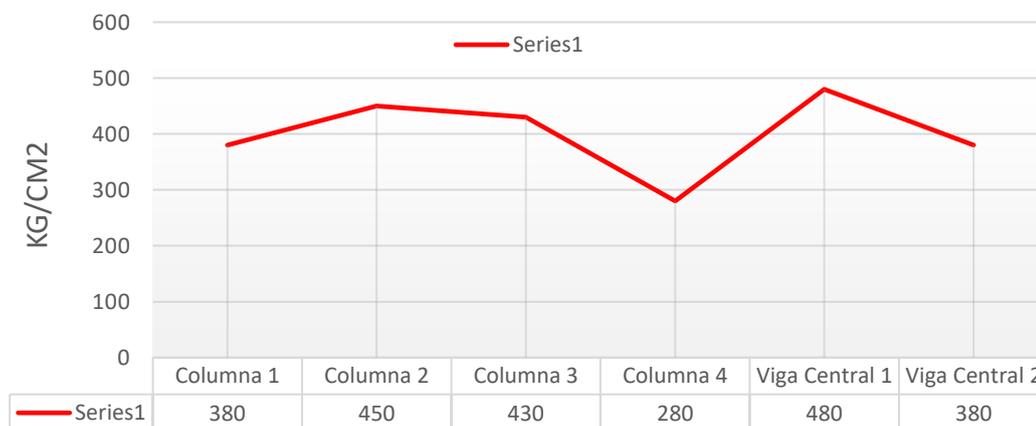


Figura 3.25. Gráfico de resultado del ensayo esclerómetro 1° nivel

Fuente: Autoría propia

3.6.4.2.2. Resultados del segundo nivel

Tabla 3.7. Resultado del ensayo esclerómetro estructura 2° nivel

Ángulo de Impacto (α°)	Elemento Estructural	Resistencia promedio			Resistencia Máxima f'cMin=f'c-Δ	Resistencia Mínima f'cMax=f'c+Δ
		R	f'c kg/cm2	Δ		
0	Columna 1	45	430	2.0	428	432
0	Columna 2	46	260	2.0	258	262
0	Columna 3	45	340	2.0	338	342
0	Columna 4	35	238	2.0	236	240
90	Viga Central 1	51	480	2.0	478	482
0	Viga Central 2	42	380	2.0	378	382

Fuente: Autoría propia.

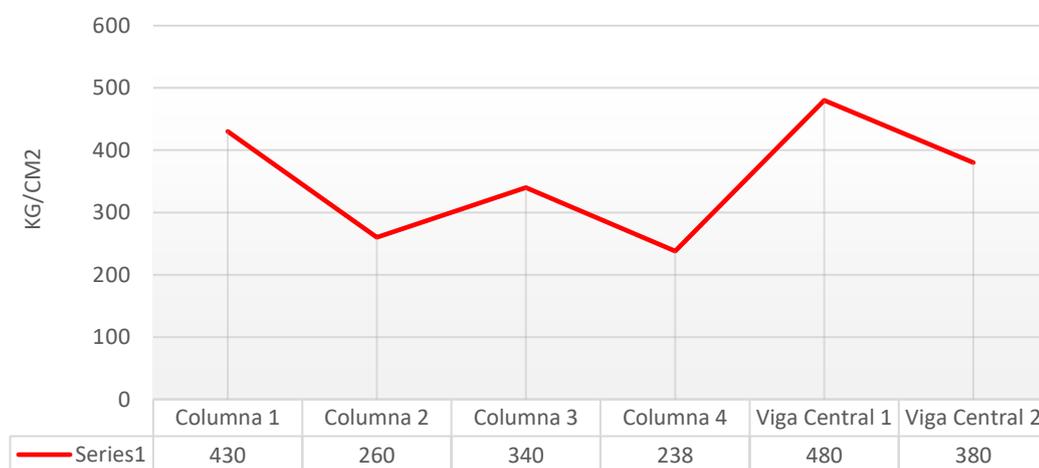


Figura 3.26. Gráfico de resultado del ensayo esclerómetro 2° nivel

Fuente: Autoría propia

3.6.4.2.3. Resultados del tercer nivel

Tabla 3.8. Resultado del ensayo esclerómetro estructura 3° nivel

Ángulo de Impacto (α°)	Elemento Estructural	Resistencia promedio			Resistencia Máxima f'cMin=f'c-Δ	Resistencia Mínima f'cMax=f'c+Δ
		R	f'c kg/cm2	Δ		
0	Columna 1	30	210	2.0	208	212
0	Columna 2	28	180	2.0	178	182
0	Columna 3	29	190	2.0	188	192
90	Viga Central 1	51	480	2.0	478	482
0	Viga Central 2	42	380	2.0	378	382

Fuente: Autoría propia.

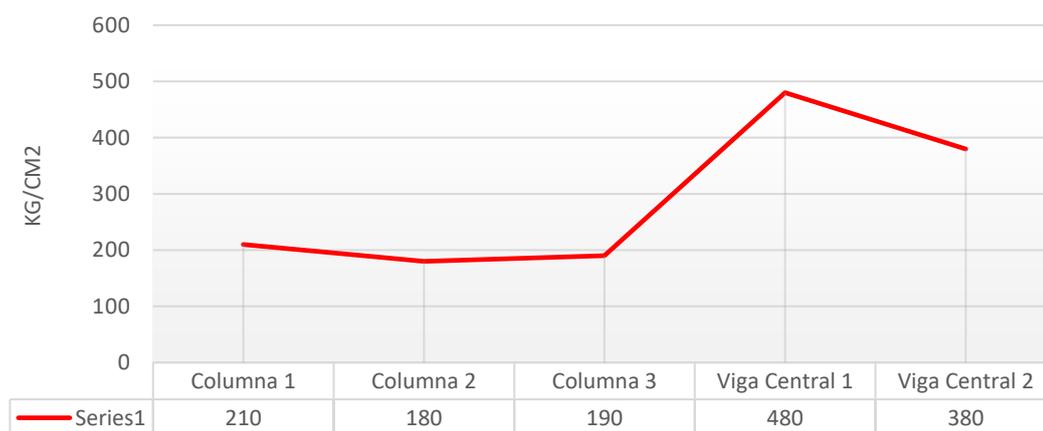


Figura 3.27. Gráfico de resultado del ensayo esclerómetro 3° nivel

Fuente: Autoría propia

3.6.4.2.4. Resultados del cuarto nivel

Tabla 3.9. Resultado del ensayo esclerómetro estructura 4° nivel

Ángulo de Impacto (α°)	Elemento Estructural	Resistencia promedio			Resistencia Máxima	Resistencia Mínima
		R	$f'c$ kg/cm ²	Δ	$f'c_{Min}=f'c-\Delta$ kg/cm ²	$f'c_{Max}=f'c+\Delta$ kg/cm ²
0	Columna 1	30	210	2.0	208	212
0	Columna 2	36	290	2.0	288	292
0	Columna 3	34	260	2.0	258	262
0	Columna 4	29	190	2.0	188	192
0	Columna 5	33	250	2.0	248	252
0	Columna 6	27	165	2.0	163	167
90	Viga Central 1	32	238	2.0	236	240
0	Viga Perimetral 1	24	130	2.0	128	132
0	Viga Perimetral 2	26	158	2.0	156	160
0	Viga Perimetral 3	30	210	2.0	208	212

Fuente: Autoría propia.

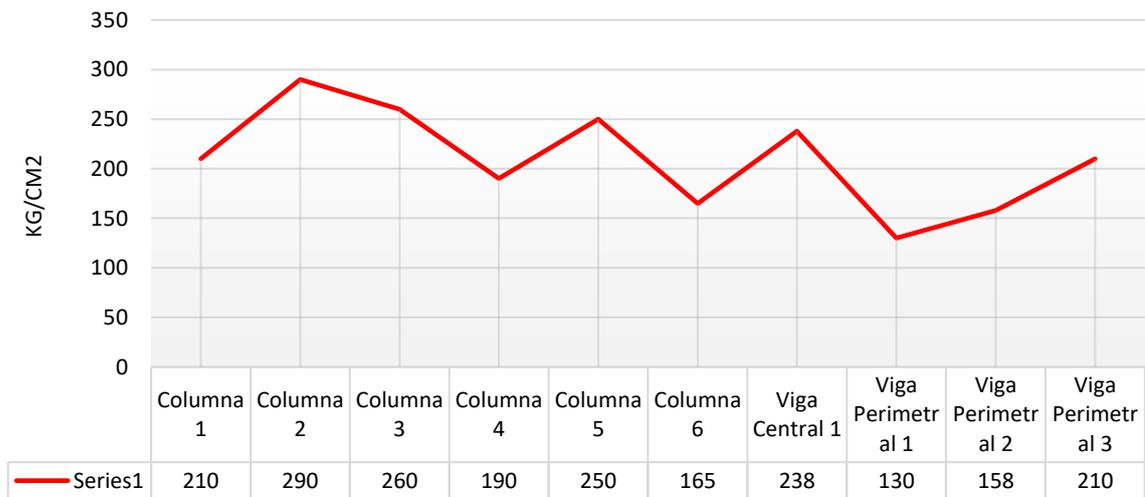


Figura 3.28. Gráfico de resultado del ensayo esclerómetro 4° nivel

Fuente: Autoría propia

3.6.5. Método de análisis de datos.

Se procedió a desarrollar la información siguiendo el orden de los objetivos específicos y general.

3.6.5.1. Cálculo de los desplazamientos que se presenta en edificaciones multifamiliares de AC analizado mediante métodos convencionales

3.6.5.1.1. Sismo estático

Los resultados adquiridos para los desplazamientos a lo largo de los ejes X-X e Y-Y se muestran en la tabla 3.10. Las figuras 3.29 y 3.30 muestran la modelización tridimensional del método sísmico estático.

Tabla 3.10. Resultado del desplazamiento sismo estático

Dirección	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
Eje X-X	0.019	0.001	-2.333E-05	8.21E-08	0.000001	-2.017E-07
Eje Y-Y	0.001	0.117	1.639E-04	-0.000012	4.257E-07	6.672E-08

Fuente: Autoría propia.

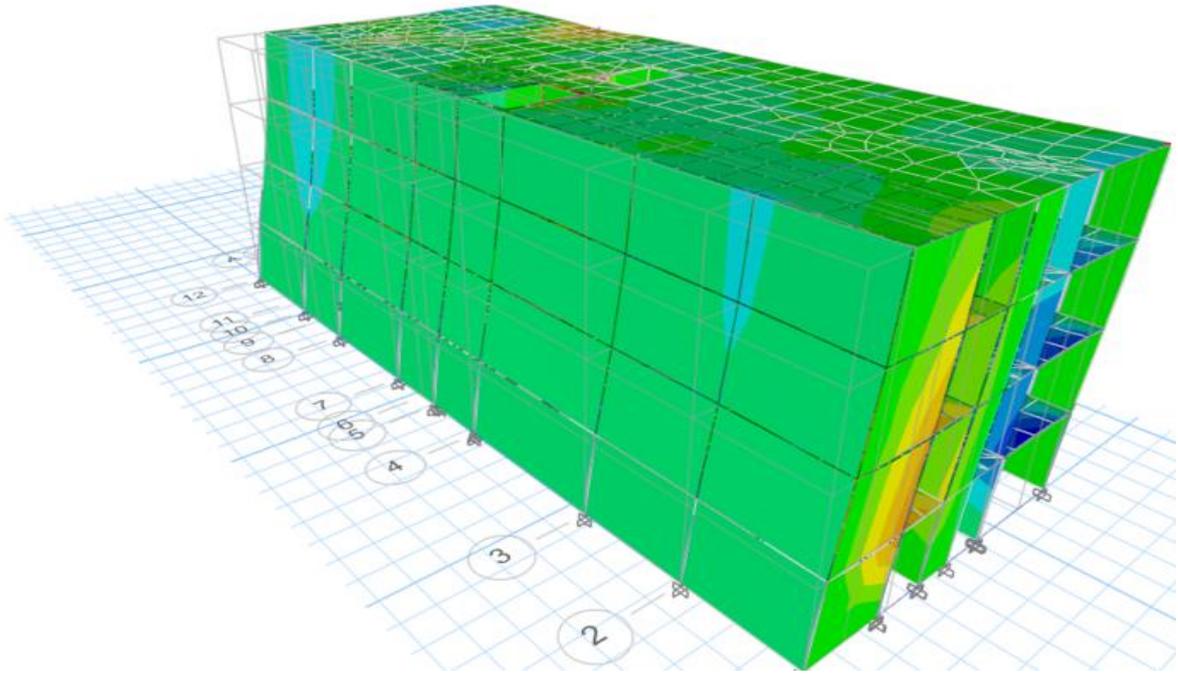


Figura 3.29. Desplazamiento en el eje X-X

Fuente: Autoría propia

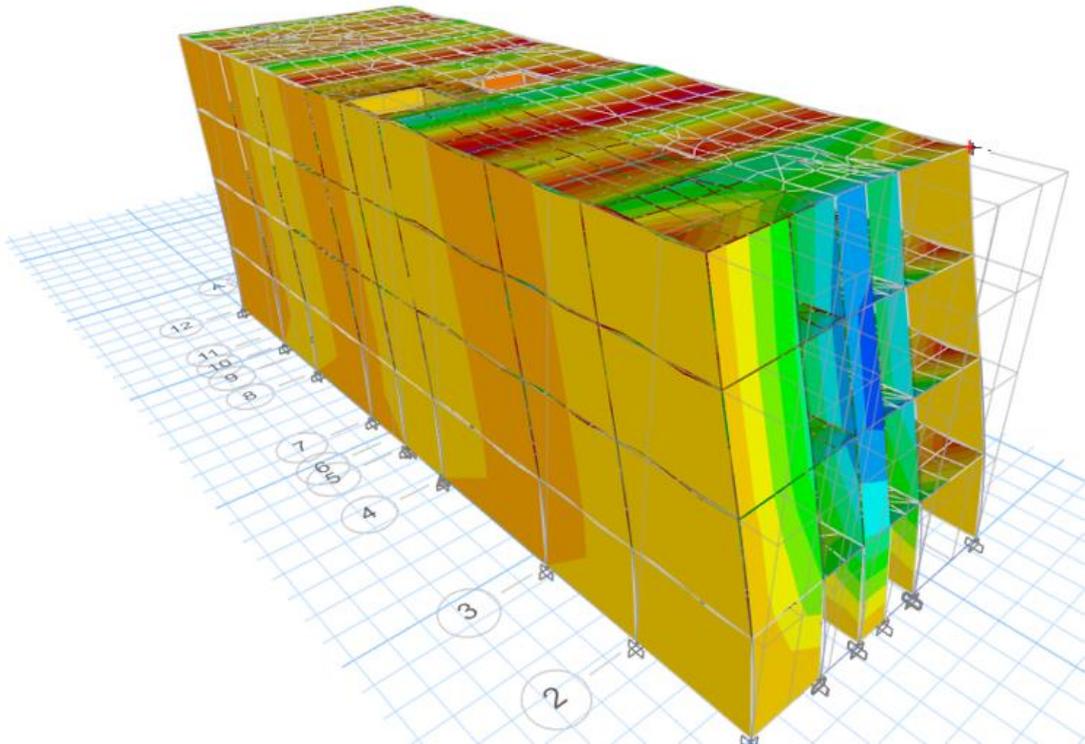


Figura 3.30. Desplazamiento en el eje Y-Y

Fuente: Autoría propia

3.6.5.1.2. Método no lineal

Las figuras 3.31, 3.32, 3.33 y 3.34 muestran el modelado 3D del desplazamiento del eje (X) y del eje (Y).

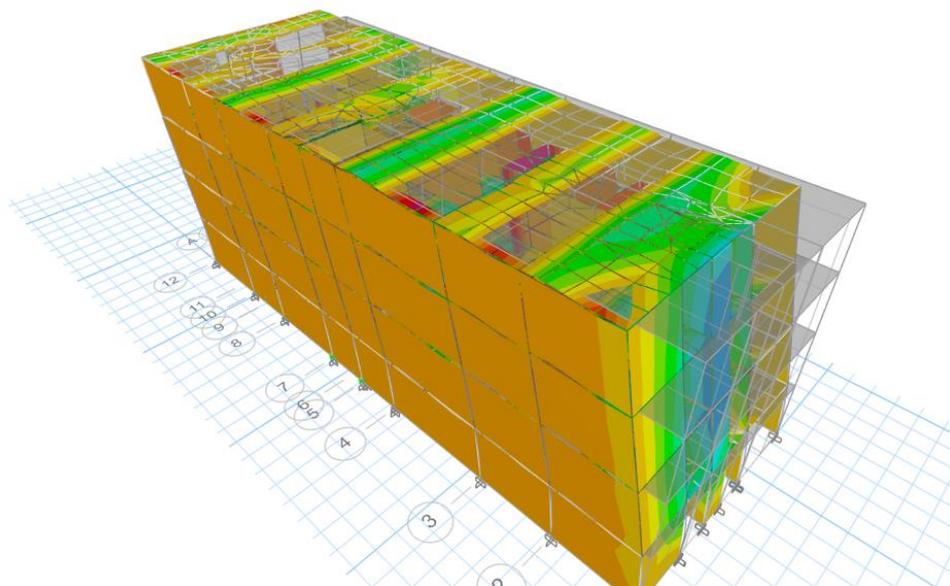


Figura 3.31. Desplazamiento primer paso

Fuente: Autoría propia

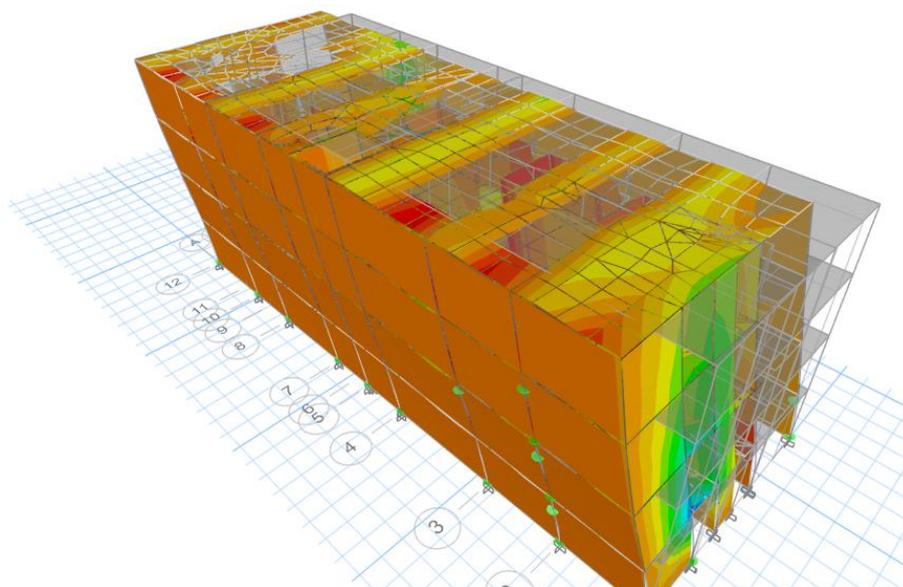


Figura 3.32. Desplazamiento segundo paso

Fuente: Autoría propia

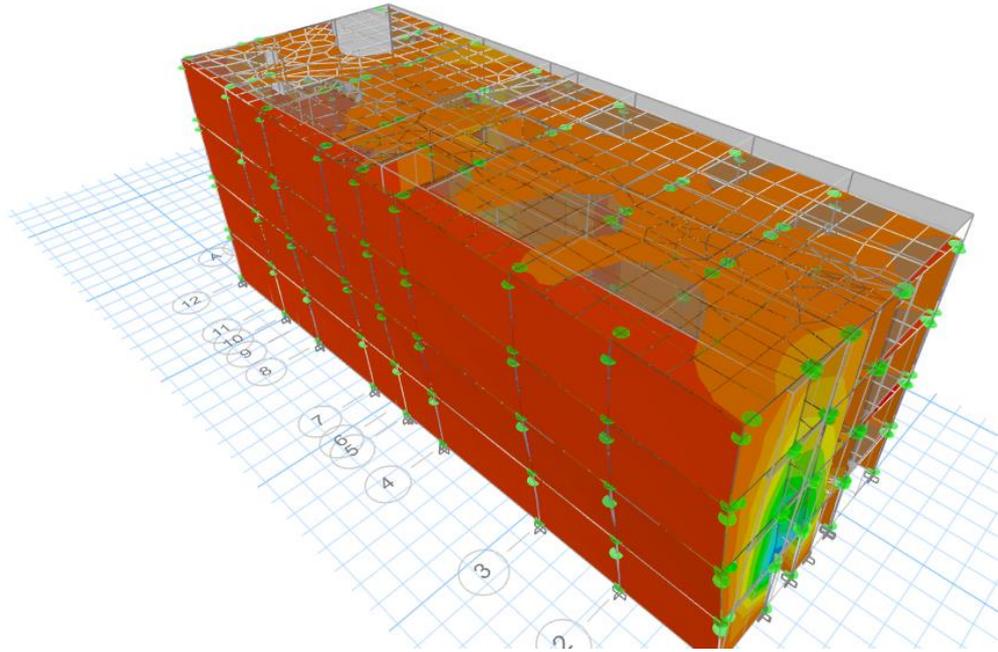


Figura 3.33. Desplazamiento tercer paso

Fuente: Autoría propia

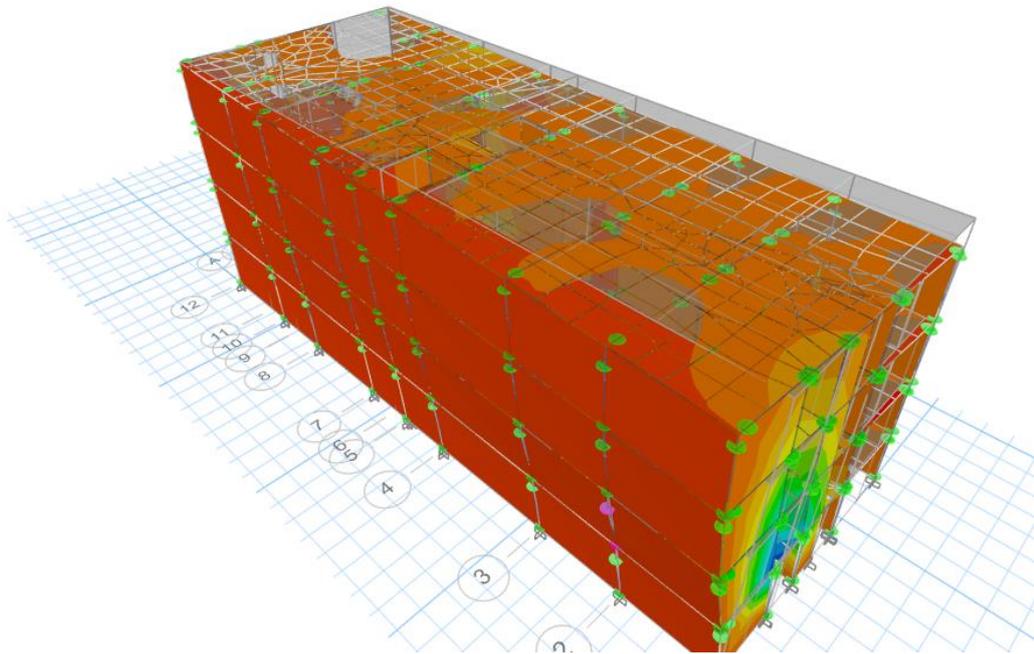


Figura 3.34. Desplazamiento cuarto paso

Fuente: Autoría propia

3.6.5.1.3. Método modal espectral

La tabla 3.11 muestra los datos alcanzados de los desplazamientos originados en los ejes X-X y Y-Y. Las figuras 3.35 y 3.36 corresponden al modelado 3D del método no modal espectral.

Tabla 3.11. Resultado del desplazamiento modal espectral

Dirección	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
Eje X-X	0.088	0.022	9.873E-05	0.000001	0.000004	0.000004
Eje Y-Y	0.008	0.366	0.001	0.000037	0.000002	0.000001

Fuente: Autoría propia.

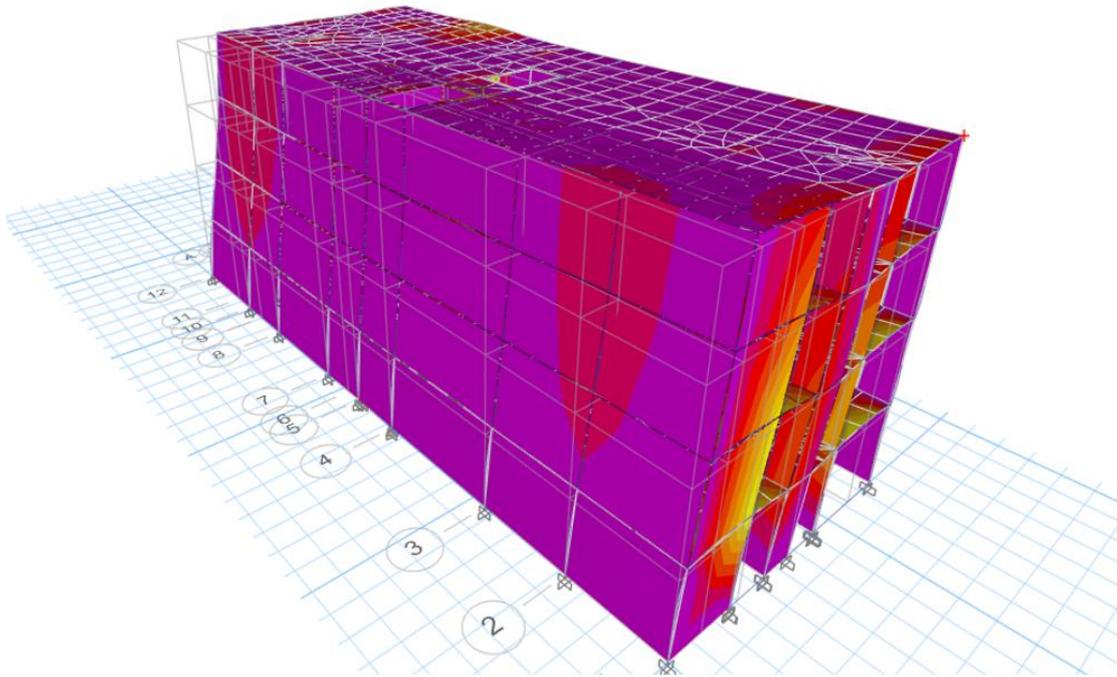


Figura 3.35. Desplazamiento modal espectral del eje X-X

Fuente: Autoría propia

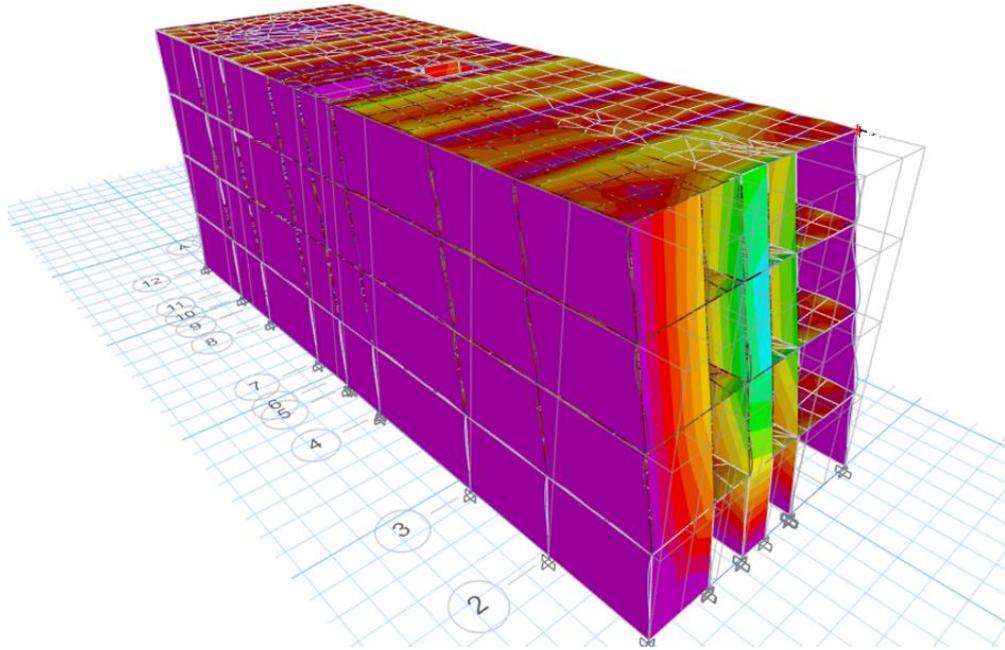


Figura 3.36. Desplazamiento modal espectral del eje X-X

Fuente: Autoría propia

3.6.5.2. Cuantificación de los valores que consigue las deformaciones en edificaciones multifamiliares de AC analizado mediante métodos convencionales

3.6.5.2.1. Deformaciones por cargas gravitacionales

La tabla 3.12 muestra los datos alcanzados de las deformaciones por cargas gravitacionales de los ejes X-X y Y-Y. Las figuras 3.37 y 3.38 corresponden al modelado 3D de las DCG.

Tabla 3.12. Resultado de deformaciones por cargas gravitacionales CM y CV

Cargas	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
CM	-2.479E-04	-0.004	-0.031	0.000002	-0.000001	-1.398E-07
CV	7.682E-07	-0.001	-0.003	-3.805E-07	-0.000001	-9.469E-09

Fuente: Autoría propia.

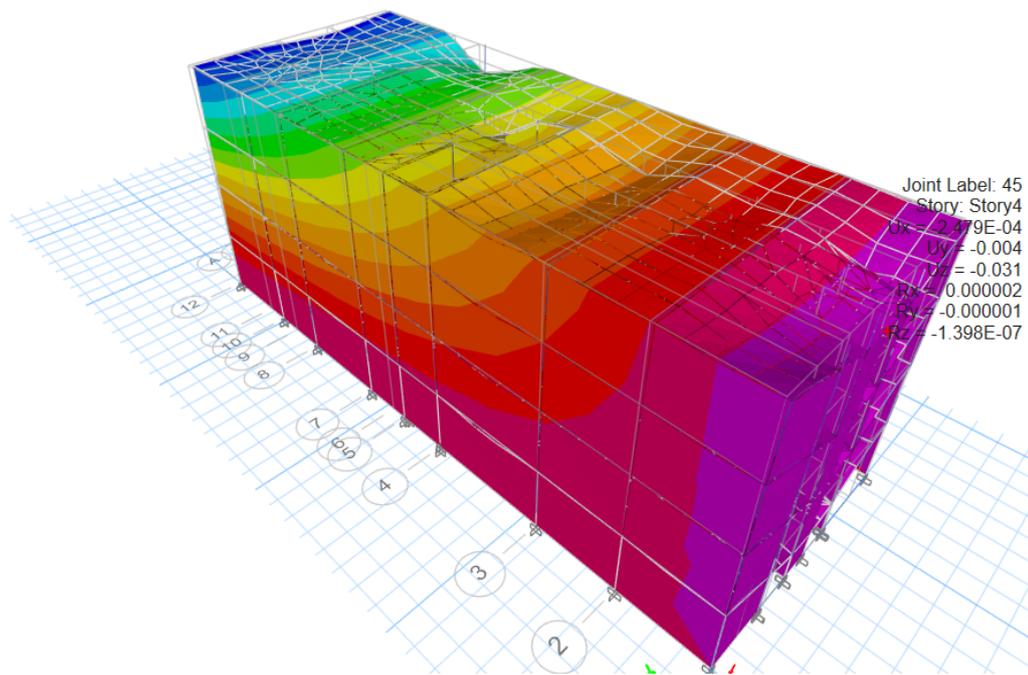


Figura 3.37. Deformaciones de carga gravitacional (CM)

Fuente: Autoría propia

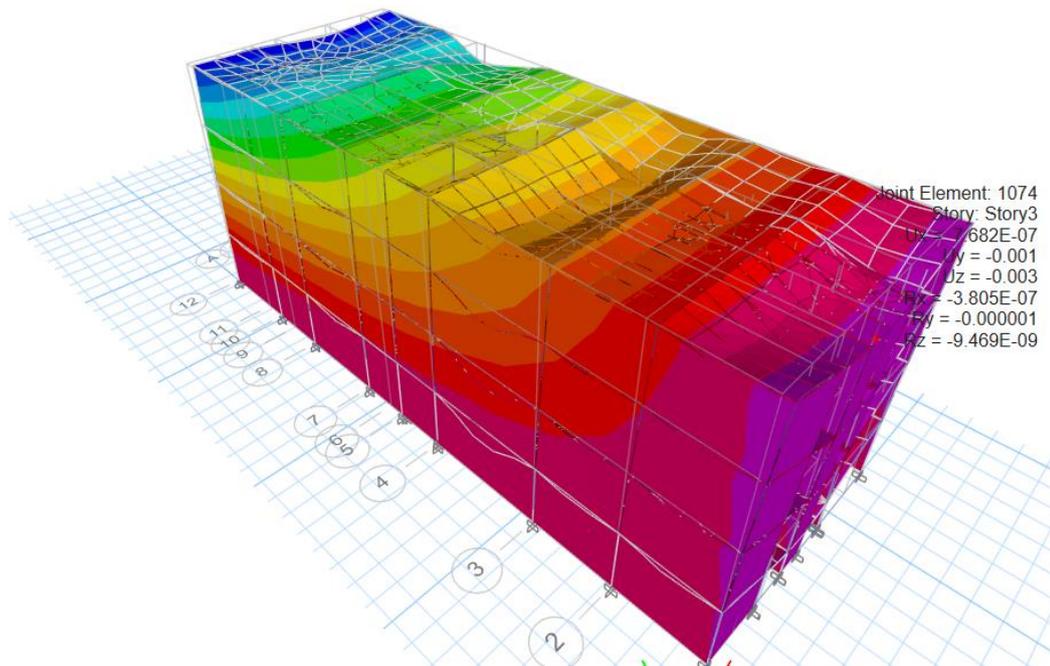


Figura 3.38. Deformaciones de carga gravitacional (CV)

Fuente: Autoría propia

3.6.5.2.2. Método no lineal

La tabla 3.13 muestra los resultados alcanzados para las deformaciones de carga en los ejes X-X e Y-Y. Las figuras 3.39 y 3.40 se refieren al modelo 3D del DCNL.

Tabla 3.13. Resultado de las deformaciones por cargas no lineales

DCNL	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
Eje X-X	2.582E-04	-0.006	-0.046	0.000005	0.000005	-1.242E-07
Eje Y-Y	0.003	-0.006	-0.001	0.000001	-0.000008	-1.201E-07

Fuente: Autoría propia.

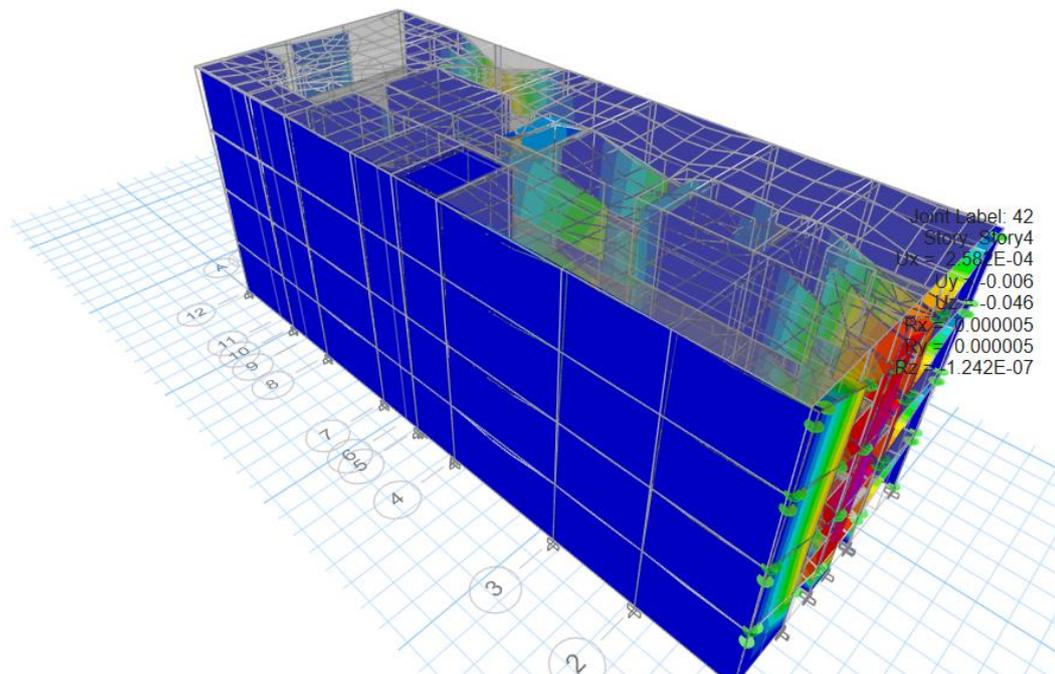


Figura 3.39. Deformaciones por cargas no lineales X-X

Fuente: Autoría propia

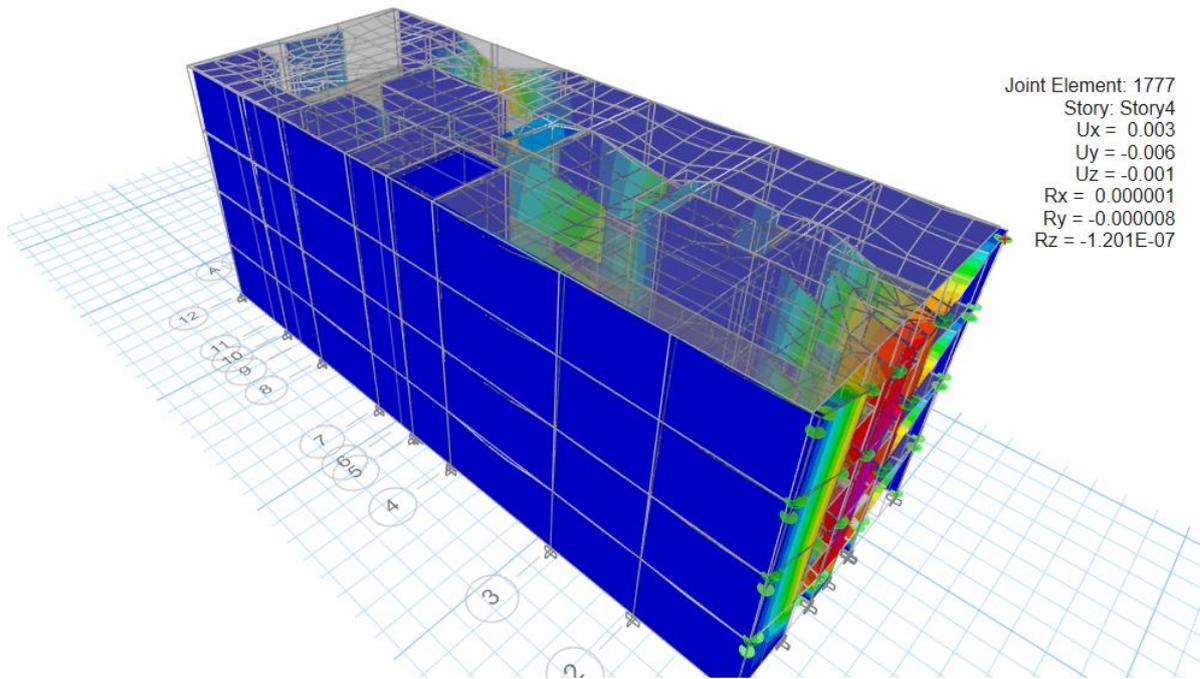


Figura 3.40. Deformaciones por cargas no lineales Y-Y

Fuente: Autoría propia

3.6.5.2.3. Método modal espectral

La tabla 3.14 muestra los datos de deformación X-X e Y-Y recogidos mediante el método espectral. Las figuras 3.41 y 3.42 muestran el modelado 3D del método espectral no modal.

Tabla 3.14. Resultado de las deformaciones modal espectral

Deformación	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
Modo 1	-0.005	-0.497	-0.001	0.000050	0.000001	3.602E-07
Modo 2	-0.314	-0.217	2.683E-04	0.000012	0.000017	0.000044

Fuente: Autoría propia.

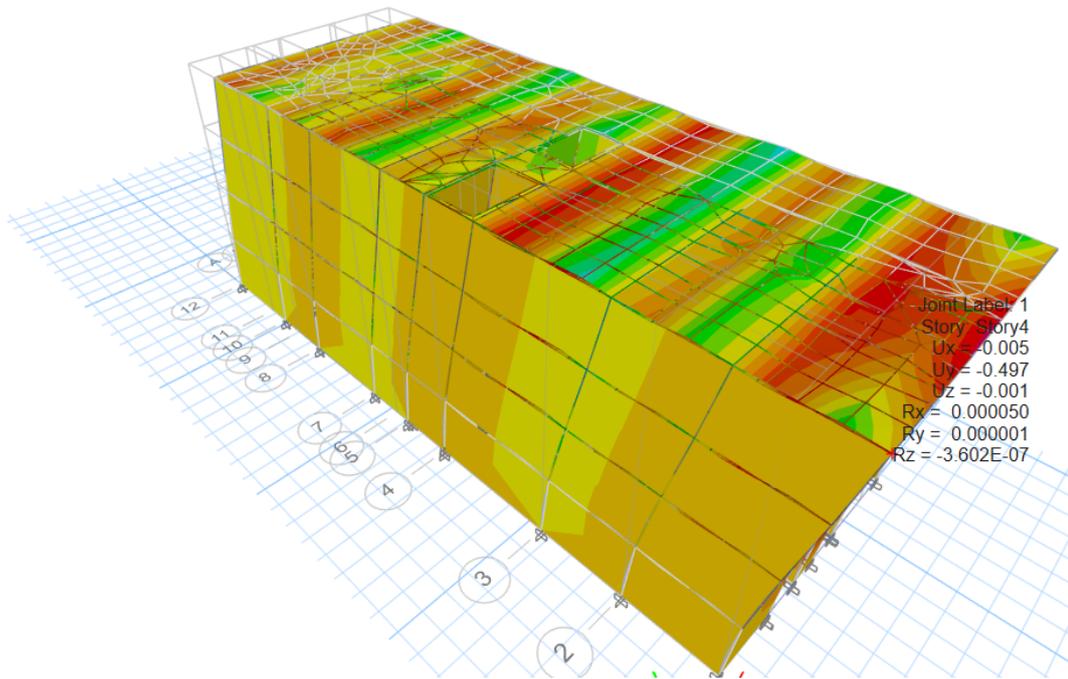


Figura 3.41. Deformación modo 1
 Fuente: Autoría propia

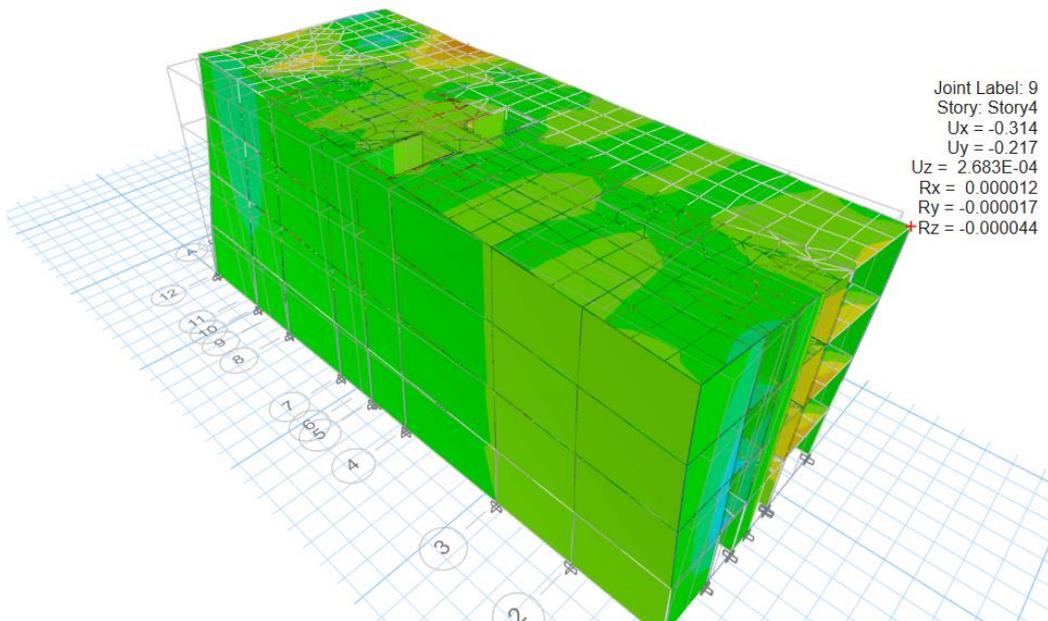


Figura 3.42. Deformación modo 2
 Fuente: Autoría propia

3.6.5.3. Estimación del valor cortante basal que se muestra en edificaciones multifamiliares de AC analizado mediante métodos convencionales

3.6.5.3.1. Cortante basal del sismo estático

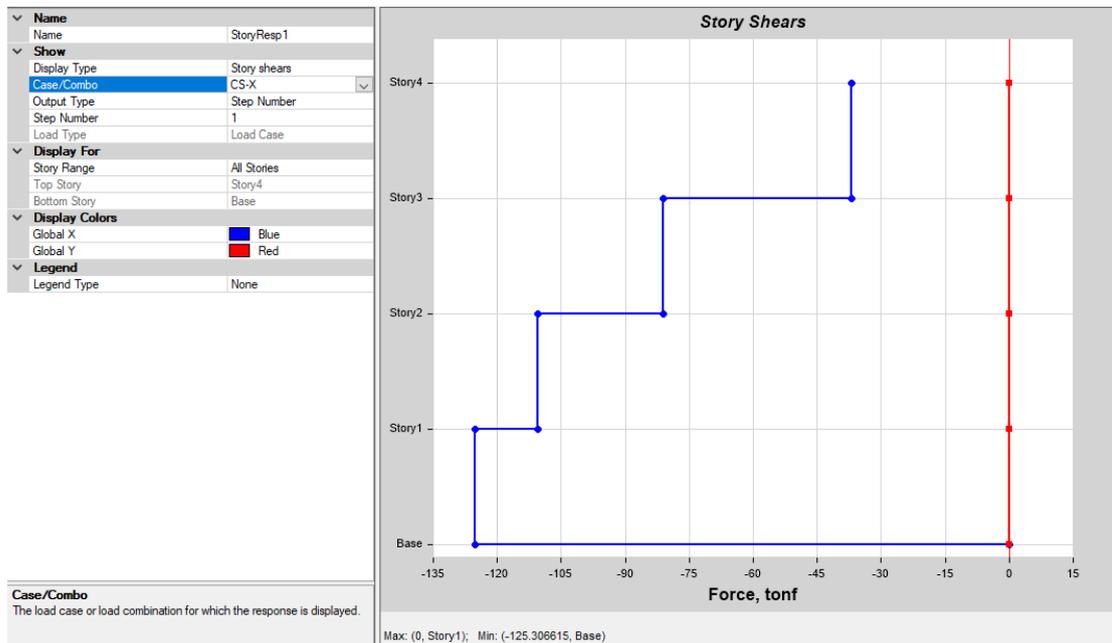


Figura 3.43. Gráfica del cortante basal estático en X-X

Fuente: Autoría propia

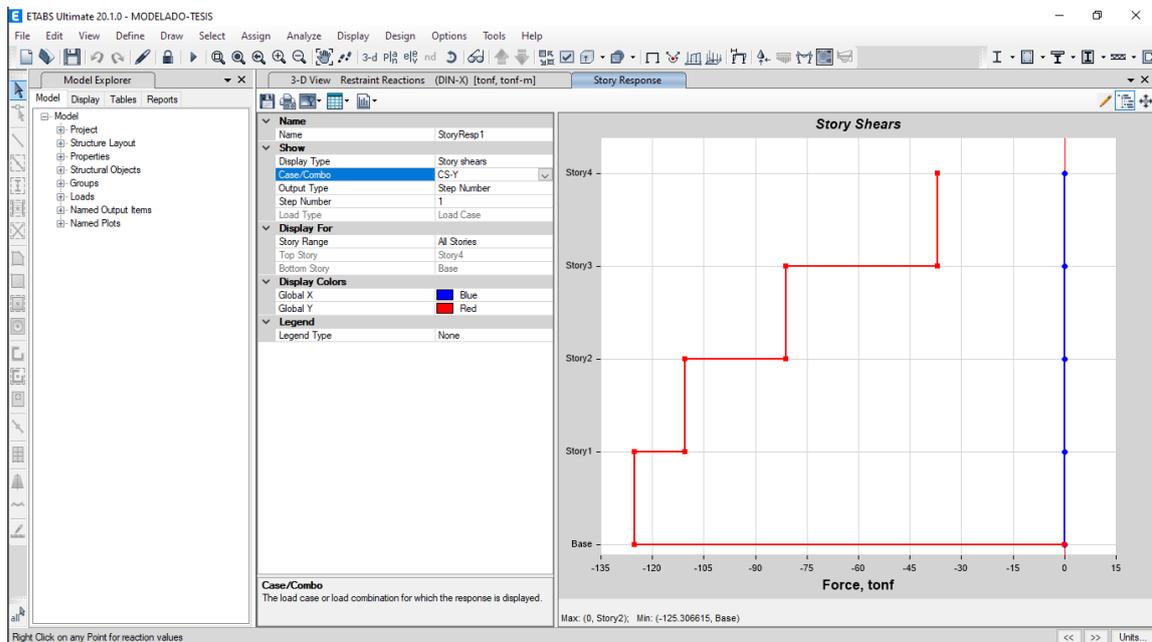


Figura 3.44. Gráfica del cortante basal estático en Y-Y

Fuente: Autoría propia

3.6.5.3.2. Cortante basal del método lineal

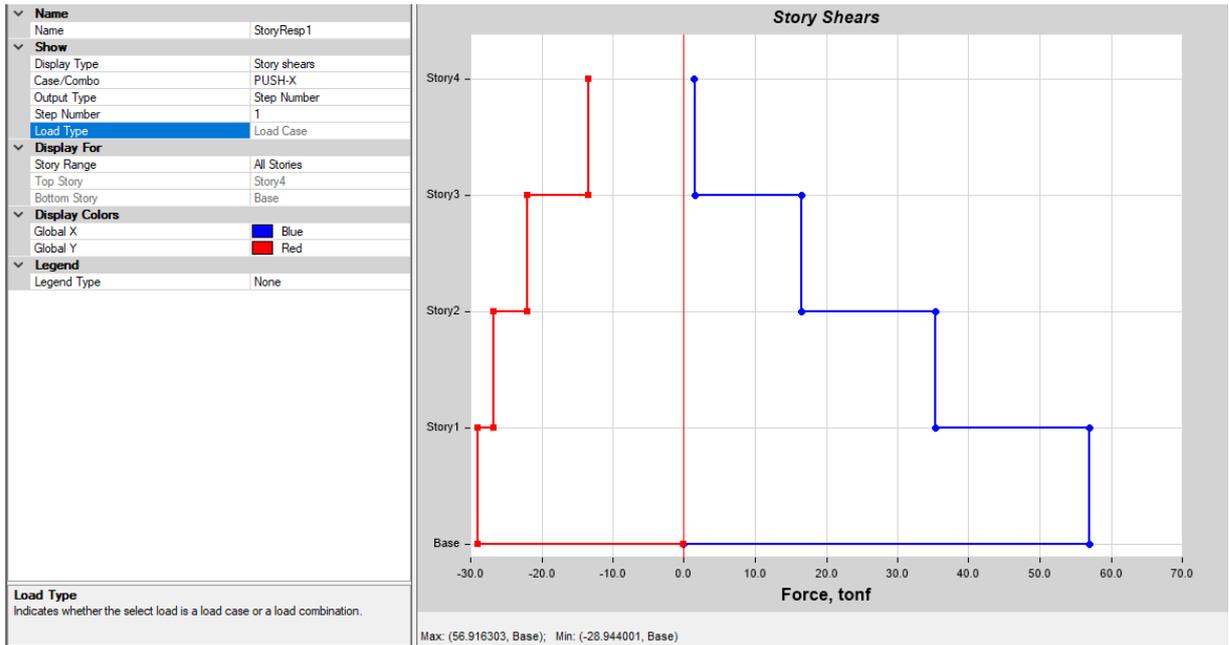


Figura 3.45. Gráfica del cortante basal paso 1

Fuente: Autoría propia

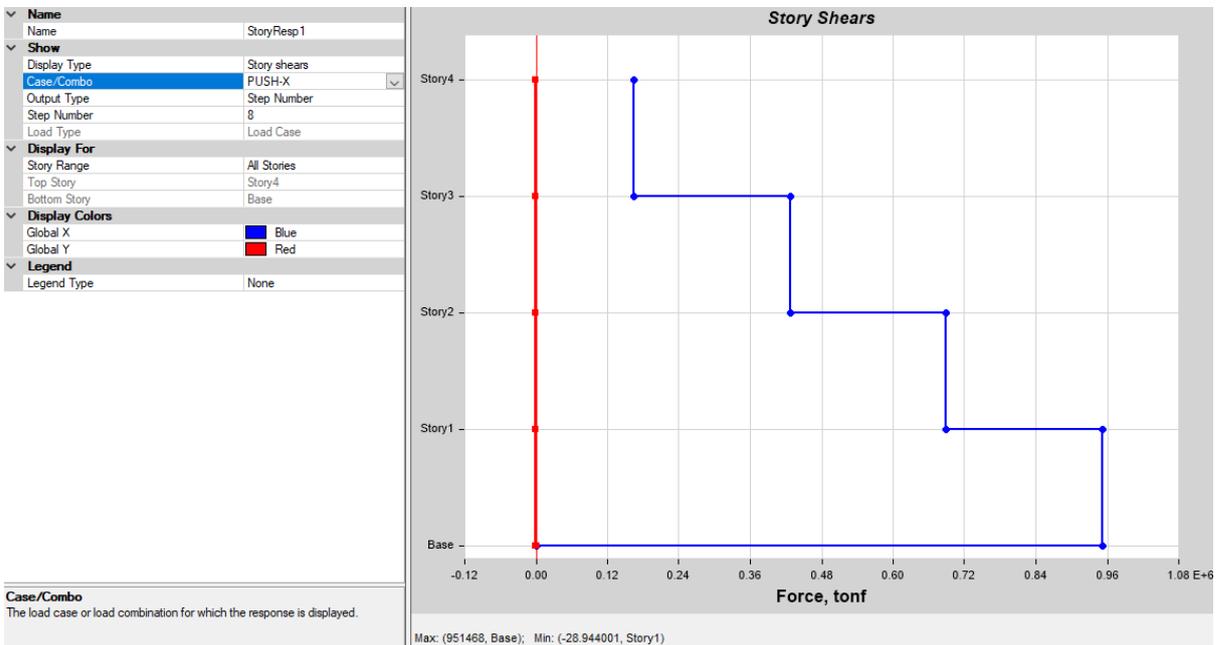


Figura 3.46. Gráfica del cortante basal paso 2

Fuente: Autoría propia

3.6.5.3.3. Cortante basal del método modal espectral

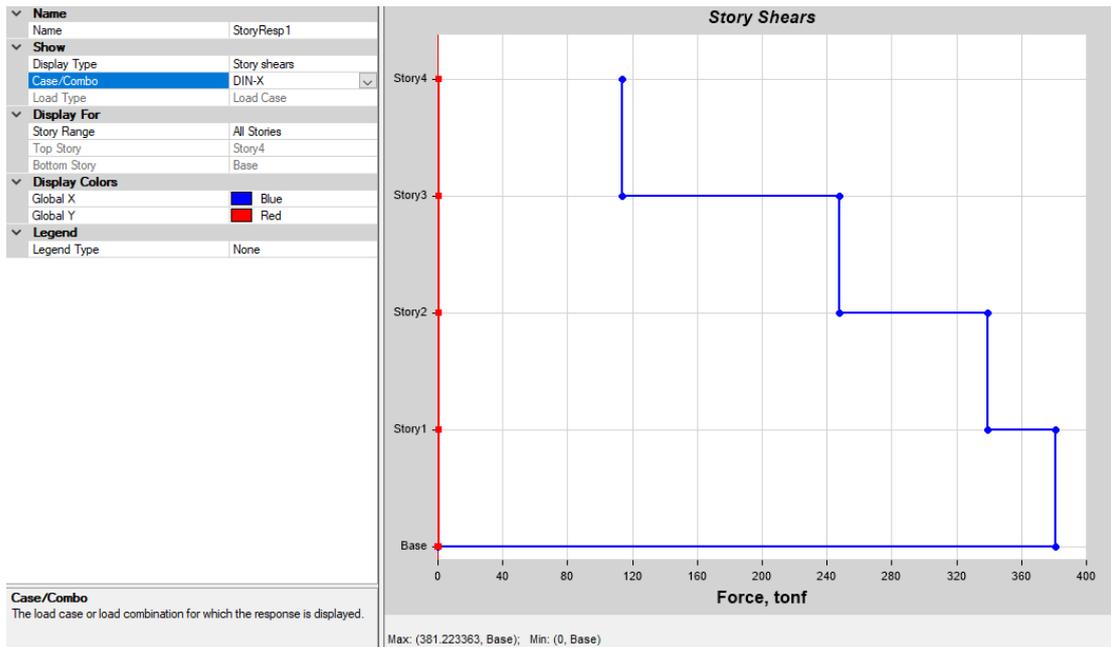


Figura 3.47. Gráfica de la cortante basal dinámico en X-X

Fuente: Autoría propia

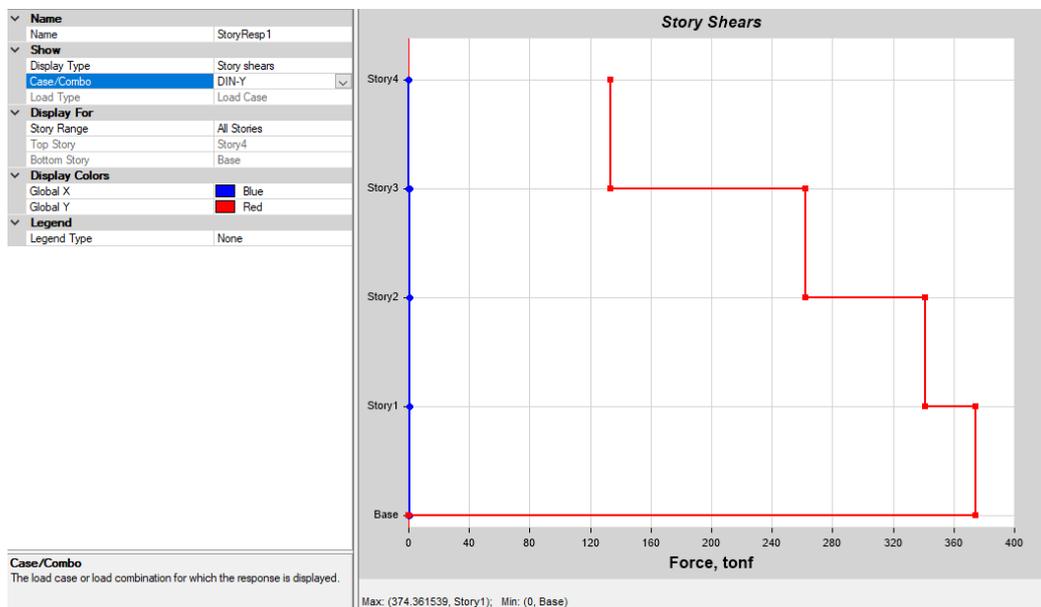


Figura 3.48. Gráfica de la cortante basal dinámico en Y-Y

Fuente: Autoría propia

3.6.5.3.4. Determinación del desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares de AC analizado mediante métodos convencionales

3.6.5.3.5. Curva de capacidad de la edificación

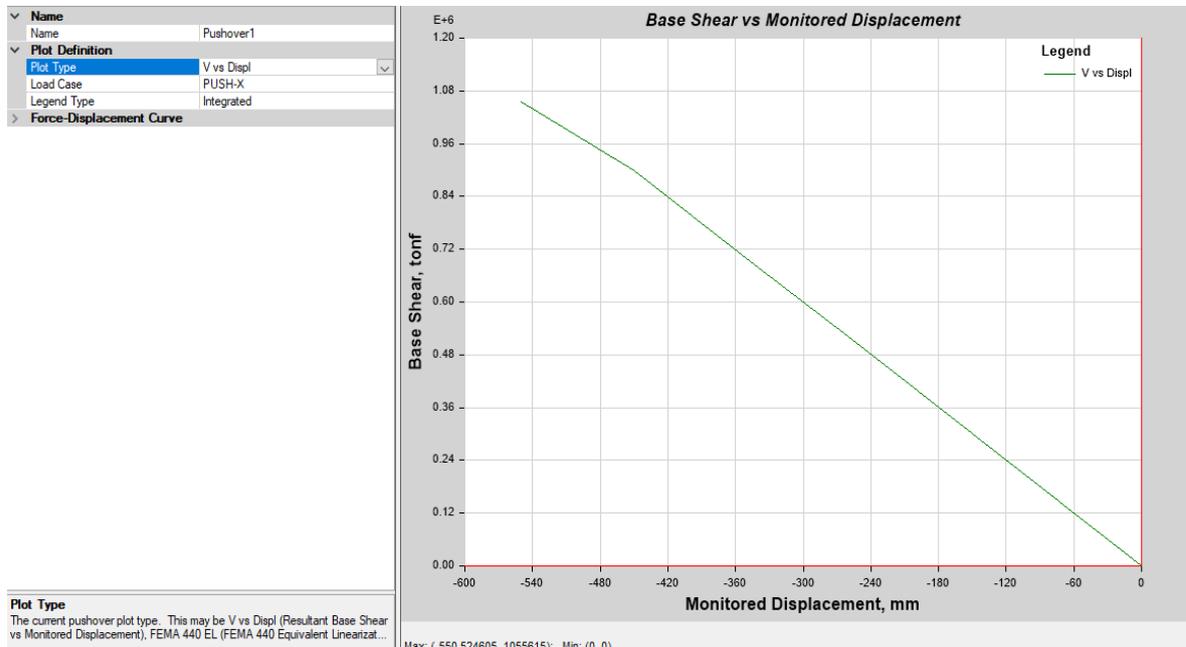


Figura 3.49. Curva de capacidad sísmica cortante-velocidad

Fuente: Autoría propia

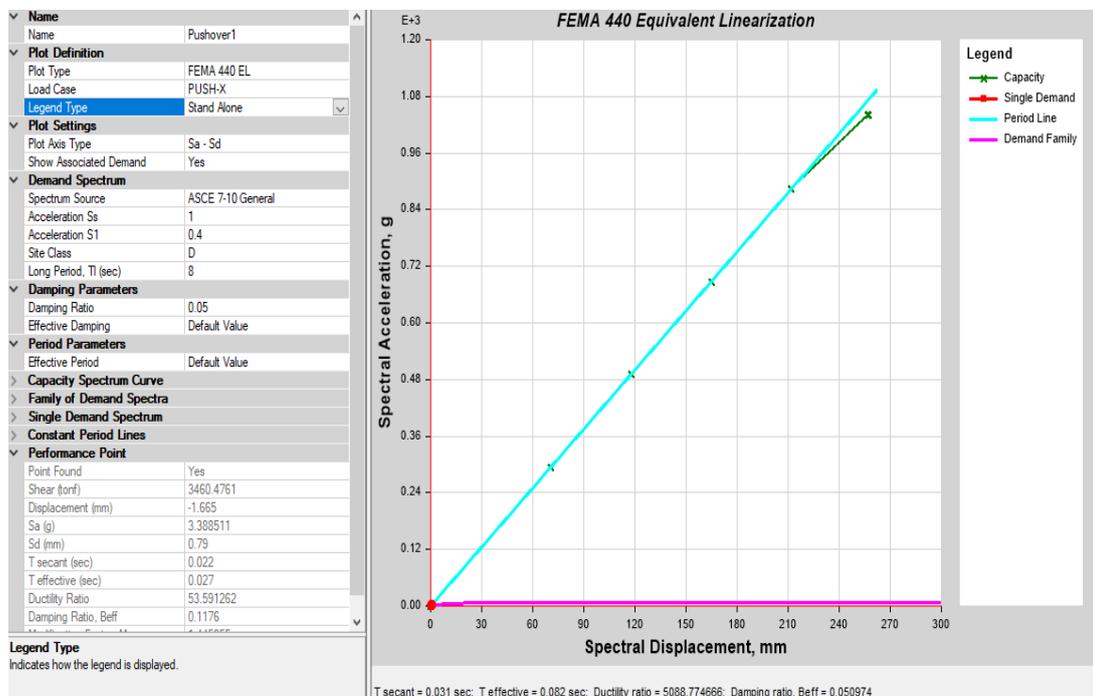


Figura 3.50. Curva de capacidad FEMA 440

Fuente: Autoría propia

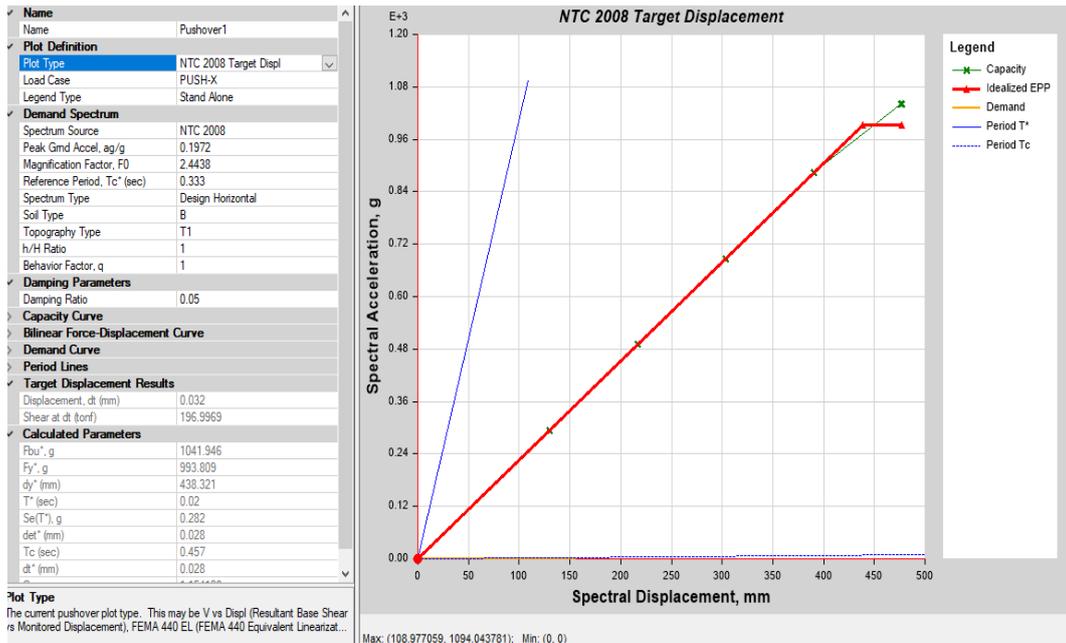


Figura 3.51. Curva de capacidad NTC 2008

Fuente: Autoría propia

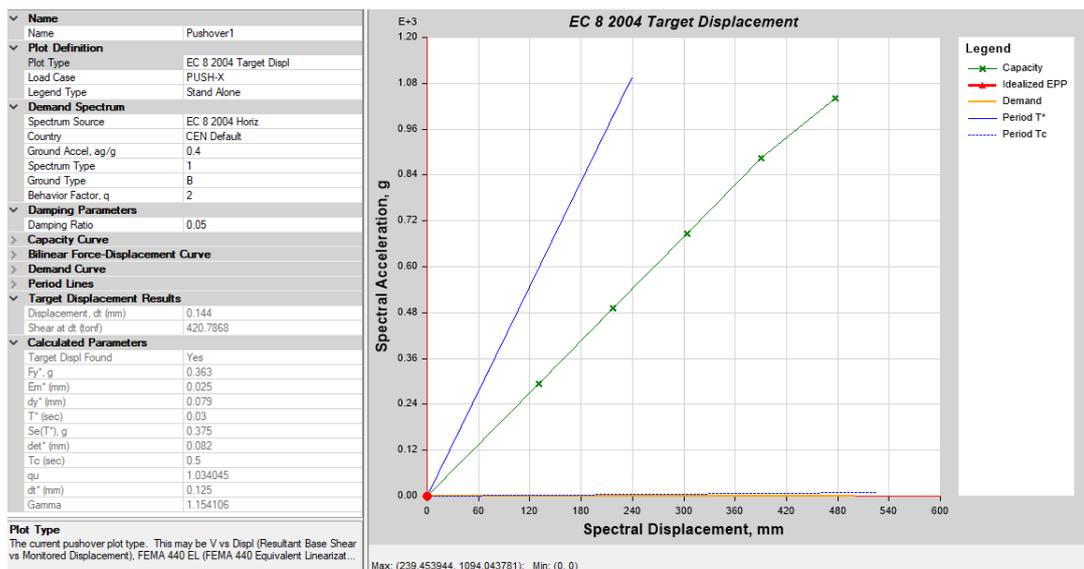


Figura 3.52. Curva de capacidad – EC 8 2004

Fuente: Autoría propia

3.7. Aspectos éticos

Se refiere al conjunto de normas morales en las que se basan las actividades de los miembros de una determinada comunidad.⁽⁵⁰⁾ Respetando los conocimientos, las actitudes y la ética personal, profesional y social, la credibilidad y fiabilidad del estudio se verá reforzada por estas definiciones.

IV. RESULTADOS

4.1. Descripción y características de la zona de estudio

El tamaño del terreno de la estructura multifamiliar se ubica en la Urb. Huáscar, distrito de Ilo, región Moquegua. El terreno es de 260.00 m², cuatro pisos, se distribuye en sala-comedor, dormitorios, cocina-lavandería y baños.

4.1.1. Ubicación política

Distrito: Ilo.

Provincia: Ilo.

Departamento: Moquegua.



Figura 4.1. Mapa Político del Perú
Fuente: MTC.



Figura 4.2. Mapa del departamento de Moquegua
Fuente: MTC.

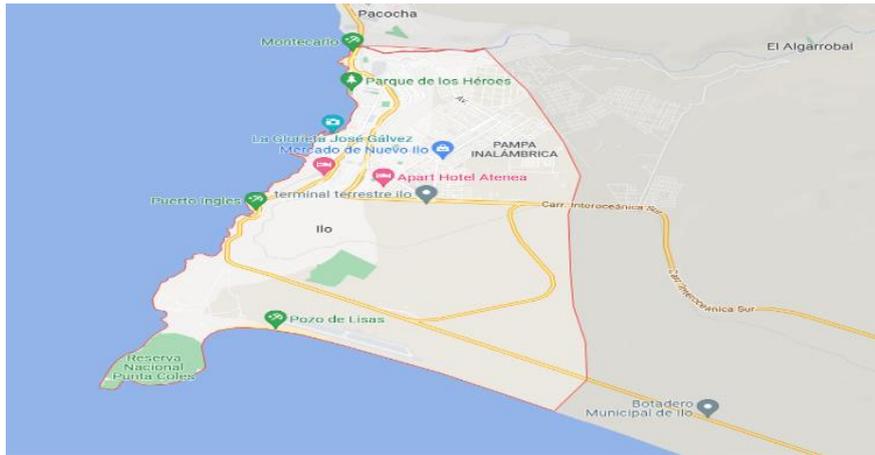


Figura 4.3. Mapa del distrito de Ilo
Fuente: Google Maps

4.1.2. Límites

El edificio Rodríguez está delimitado por un polígono regular de cuatro lados, que están definidos por el lote L - 8B y 8A al norte, el lote L - 10 al sur, el pasaje de los Geranios al este y el pasaje de Chiribaya al oeste.

4.1.3. Ubicación geográfica

Se ubica geográficamente en el distrito de Ilo, provincia y departamento del Moquegua en las coordenadas latitud sur 17° 38' 29" y longitud oeste 71° 20' 21".

4.1.4. Clima

Según el Senamhi, ⁽⁵¹⁾ la región de Moquegua presenta un cielo diurno y nocturno brumoso con nubes dispersas. El clima es cálido y extremadamente seco durante todo el día, con agradables atardeceres. Tiene una alta incidencia de la radiación solar directa, sin presencia de precipitaciones ni nieblas. El mes de octubre es el de mayor temperatura media (27,3°C), mientras que julio es el de menor (9,6°C) y febrero el de mayor precipitación (3,67 mm/mes).

4.2. Resultados

4.2.1. Resultado de la determinación de los desplazamientos que se presenta en edificaciones multifamiliares de AC analizados mediante métodos convencionales.

Utilizando el análisis modal dinámico no lineal y espectral, se formuló el objetivo general. De acuerdo con la norma de diseño sismorresistente E-030, se determinaron los datos obtenidos para el desplazamiento de cada nivel del edificio a lo largo de direcciones ortogonales.

Asimismo se calculó las derivas inelásticas y la rigidez que se detalla a continuación:

4.2.1.1. Resultado de las derivas inelásticas de sismo dinámico

Tabla 4.1. Derivas inelásticas sismo dinámico (X y Y)

Nivel	Altura (m)	Tipo	δX	δy
Nivel 4	13.4	Max	0.0000135	0.0000878
Nivel 3	10.72	Max	0.0000225	0.0000945
Nivel 2	8.04	Max	0.000027	0.0000855
Nivel 1	5.36	Max	0.000018	0.0000405

Fuente: Autoría propia

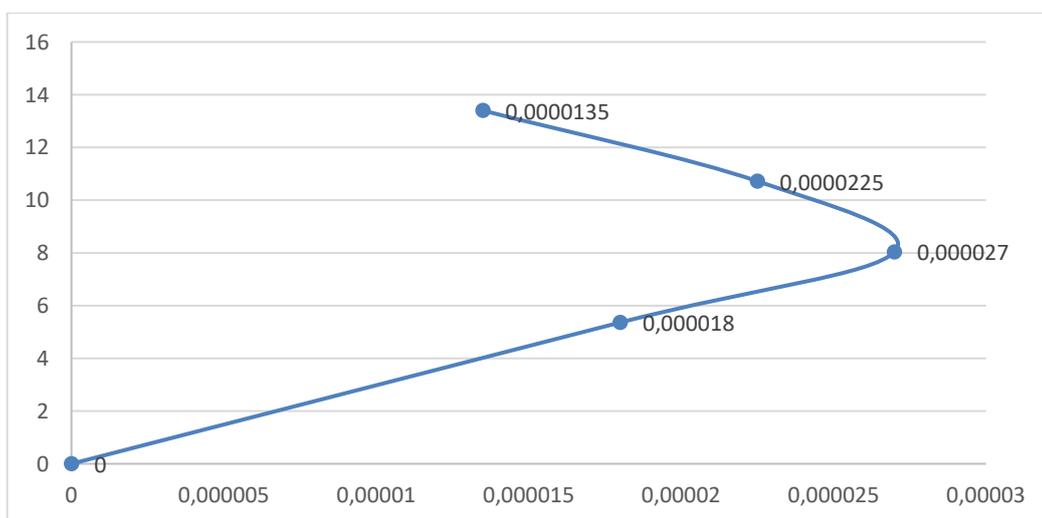


Figura 4.4. Gráfico de derivas del eje X-X

Fuente: Autoría propia.

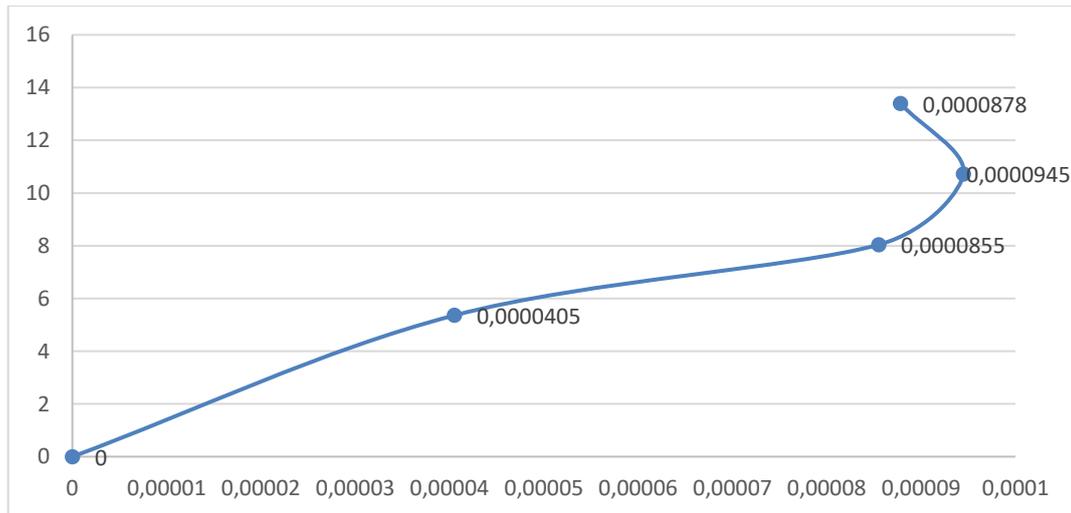


Figura 4.5. Gráfico de derivas del eje Y-Y

Fuente: Autoría propia.

4.2.1.2. Resultado de la rigidez del edificio

Tabla 4.2. Rigidez del edificio

Nivel	Altura (m)	Paso	Kx (ton/mm)	Ky (ton/mm)
Nivel 4	13.4	1	10310.289	1120.86627
Nivel 3	10.72	1	13706.3396	2256.09245
Nivel 2	8.04	1	15262.9935	3403.79453
Nivel 1	5.36	1	25900.7468	8208.81081
Nivel 4	13.4	2	10144.2922	1120.59819
Nivel 3	10.72	2	13529.2272	2255.3576
Nivel 2	8.04	2	15109.0261	3402.35922
Nivel 1	5.36	2	25722.5176	8204.20766
Nivel 4	13.4	3	10481.8088	1121.13449
Nivel 3	10.72	3	13888.1508	2256.82777
Nivel 2	8.04	3	15420.1312	3405.23104
Nivel 1	5.36	3	26081.4631	8213.41912

Fuente: Autoría propia

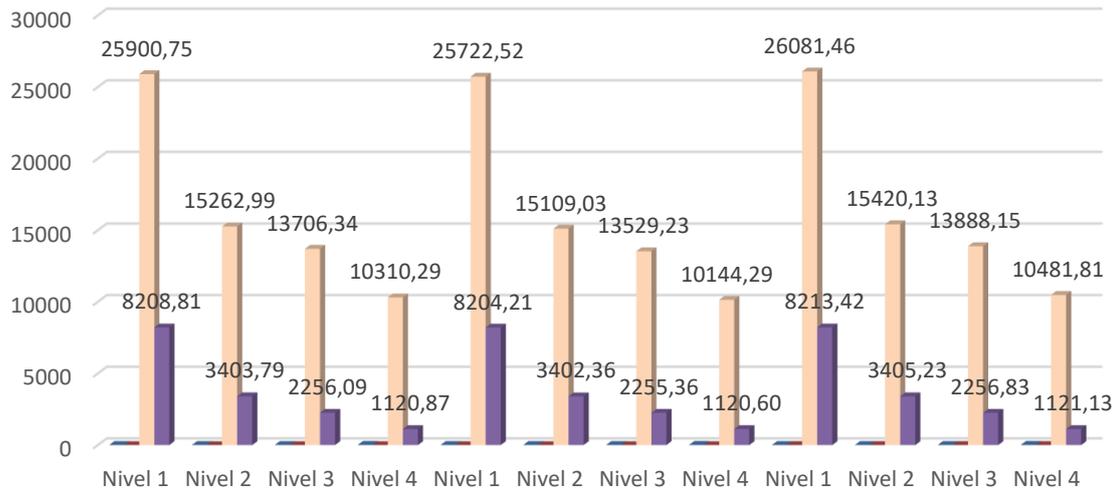


Figura 4.6. Gráfico de rigidez del edificio de cada nivel

Fuente: Autoría propia.

4.2.1.3. Resultado del desplazamiento del centro de masa sismo dinámico

Tabla 4.3. Desplazamientos del centro de masa sismo dinámico (X y Y)

Nivel	Altura (m)	Tipo	Sísmico Estático no lineal		Sismo dinámico espectral	
			UX (mm)	UY (mm)	UX (mm)	UY (mm)
Nivel 4	13.4	Max	0.065	0.363	0.022	0.117
Nivel 3	10.72	Max	0.054	0.259	0.018	0.084
Nivel 2	8.04	Max	0.037	0.146	0.012	0.048
Nivel 1	5.36	Max	0.015	0.046	0.005	0.015

Fuente: Autoría propia

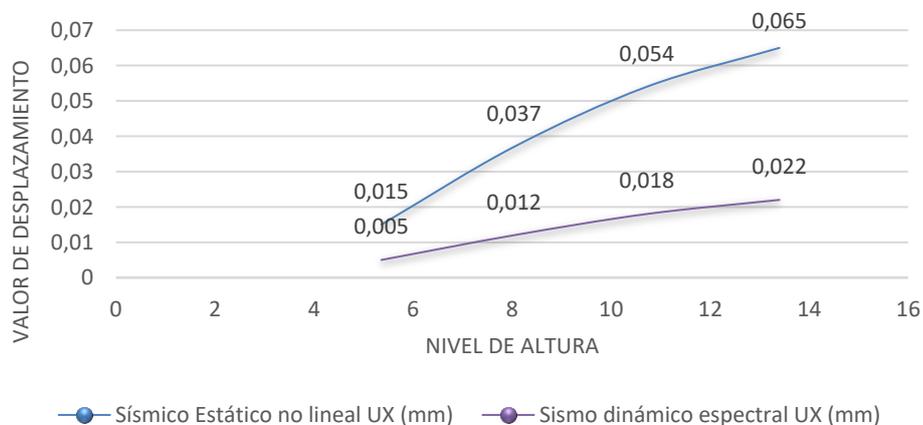


Figura 4.7. Gráfica del desplazamiento en el eje X-X

Fuente: Autoría propia.

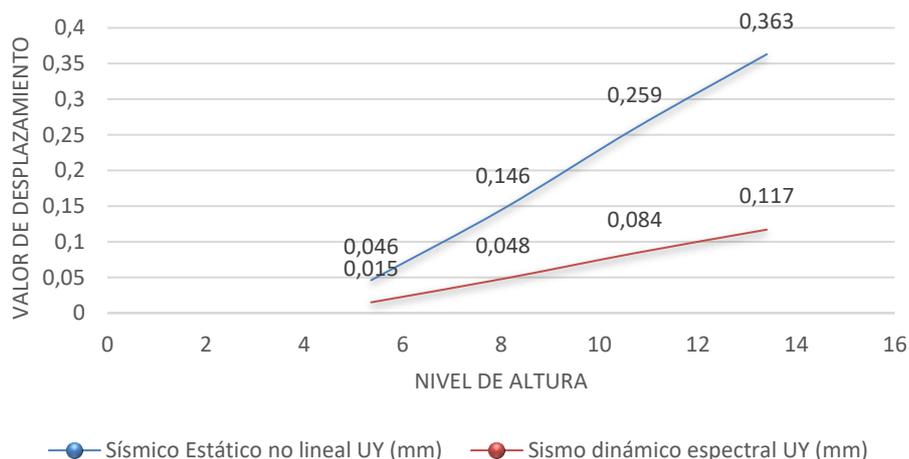


Figura 4.8. Gráfica del desplazamiento en el eje Y-Y

Fuente: Autoría propia.

Interpretación: Según las derivas inelásticas de las direcciones X-X e Y-Y de la tabla 4.1 son (0,0000645) y (0,00002925), respectivamente, y se determina que la deriva de las dos direcciones está dentro de las limitaciones definidas por la norma E-030, no superando el 0,005. La rigidez del edificio en las direcciones X-X e Y-Y para cada nivel, La tabla 4.2 muestra los valores de 26081,46 ton/mm para (X) y 8213,42 ton/mm para (Y). Por último, la tabla 4.3 y las figuras 4.7 y 4.8 ilustran los valores máximos de desplazamiento de masa sísmica no lineal (ASNL) en la dirección X-X (0,06 mm) y el valor sísmico dinámico (ASD) en la dirección Y-Y (0,08 mm) (0,022mm). Siendo un 70% menor que la estimación de sismo no lineal (SNL). Además, en la dirección Y-Y, el (ASD) disminuye un 35% en la dirección Y-Y (0,117mm).

4.2.2. Resultado de la cuantificación de los valores de la deformación que consiguen en edificaciones multifamiliares de AC analizados mediante métodos convencionales.

Utilizando el análisis sísmico no lineal y el análisis dinámico espectral, se determinaron las deformaciones del edificio en cada nivel para ambas direcciones ortogonales, de acuerdo con la norma peruana E-030.

4.2.2.1. Resultado de las deformaciones máximas y mínimas de losa y vigas

Tabla 4.4. Deformación máximas y mínimas de losa y vigas

Nivel	Altura (m)	Tipo	Deformación (mm)
Nivel 4	13.4	Min	0.042
	13.4	Max	0.003
Nivel 3	10.72	Min	0.042
	10.72	Max	0.003
Nivel 2	8.04	Min	0.042
	8.04	Max	0.003
Nivel 1	5.36	Min	0.042
	5.36	Max	0.003

Fuente: Autoría propia

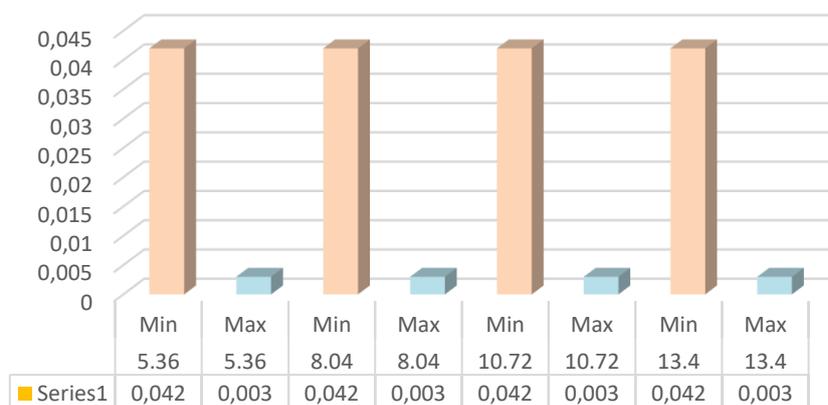


Figura 4.9. Gráfica de deformación máxima y mínima de losa y vigas

Fuente: Autoría propia.

Interpretación: Según la tabla 4.4 y la figura 4.9 muestran la deformación máxima y mínima de las losas aligeradas y las vigas de CA de los niveles existentes del edificio, con un valor máximo de 0,042mm y un valor mínimo de 0,003mm.

4.2.3. Resultado de la estimación del valor de la cortante basal que se muestra en edificaciones multifamiliares de AC analizados mediante métodos convencionales.

Utilizando el análisis sísmico no lineal y el análisis espectral dinámico, se determinó el espectro de la cortante basal por nivel del edificio comparándose con la estimación del desempeño sísmico.

4.2.3.1. Resultado de las fuerzas por sismo estático

Tabla 4.5. Fuerzas cortantes por sismo estático

Nivel	Altura (m)	VX (tonf)	VY (tonf)
Nivel 4	13.4	37.0161	37.0161
Nivel 3	10.72	81.1613	81.1613
Nivel 2	8.04	110.5915	110.5915
Nivel 1	5.36	125.3066	125.3066

Fuente: Autoría propia

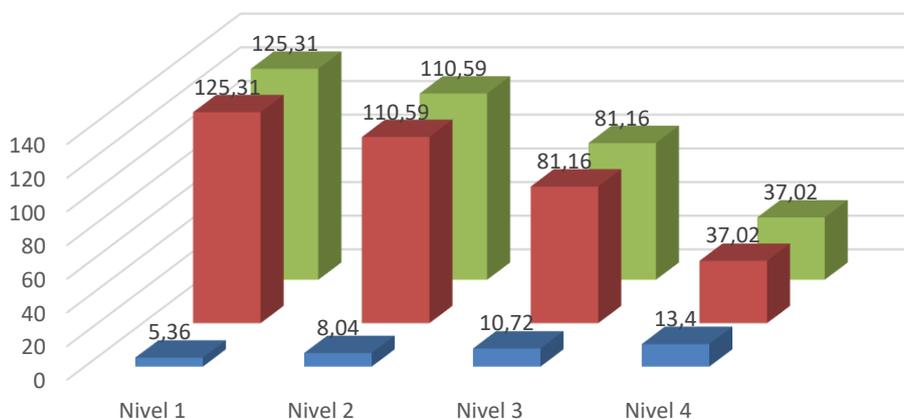


Figura 4.10. Gráfica de cortantes por sismo estático

Fuente: Autoría propia.

4.2.3.2. Resultado del sismo dinámico

Tabla 4.6. Fuerzas cortantes por sismo dinámico

Nivel	Altura (m)	VX (tonf)	VY (tonf)
Nivel 4	13.4	113.8416	133.3803
Nivel 3	10.72	247.6585	262.16
Nivel 2	8.04	339.1041	341.0822
Nivel 1	5.36	381.2234	374.3615

Fuente: Autoría propia

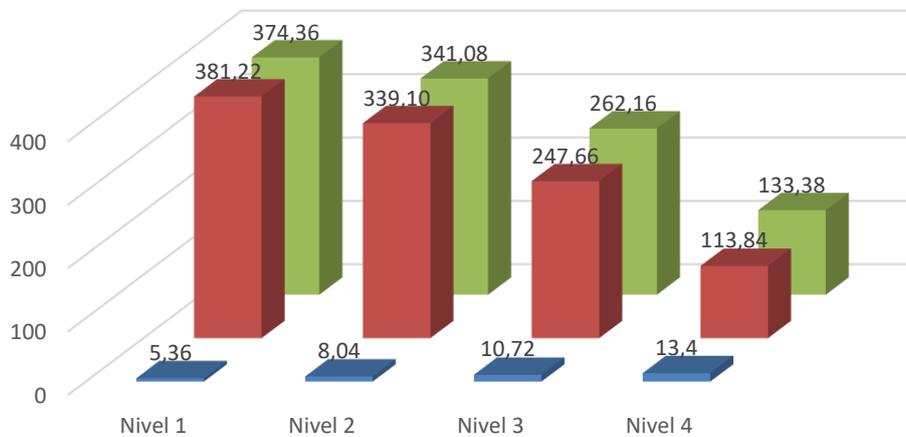


Figura 4.11. Gráfica de cortantes por sismo dinámico

Fuente: Autoría propia.

4.2.3.3. Resultado del Peso de la edificación

Tabla 4.7. Peso del edificio

Nivel	Valores
CM (Ton)	1250.36
CV (Ton)	170.24

Fuente: Autoría propia

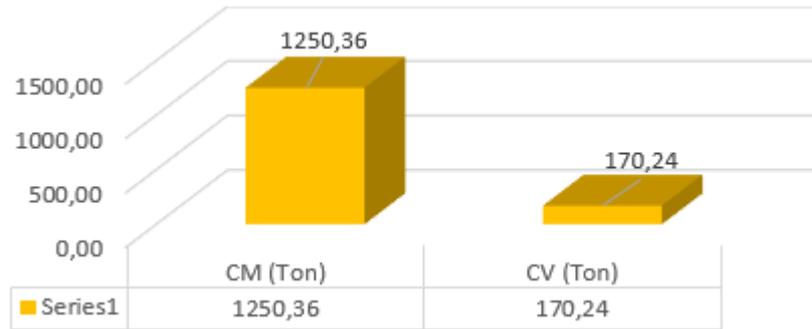


Figura 4.12. Gráfico del peso del edificio

Fuente: Autoría propia.

4.2.3.4. Resultado del centro de masa

Tabla 4.8. Centro de masa en el eje X-X y Y-Y

Nivel	Masa (kg)	X CM (m)	Y CM (m)	Masa acumulada (kg)
Nivel 4	272937.14	4.6693	12.6522	272937.14
Nivel 3	272937.14	4.6693	12.6522	272937.14
Nivel 2	272937.14	4.6693	12.6522	272937.14
Nivel 1	149813.13	4.6801	12.6084	149813.13

Fuente: Autoría propia

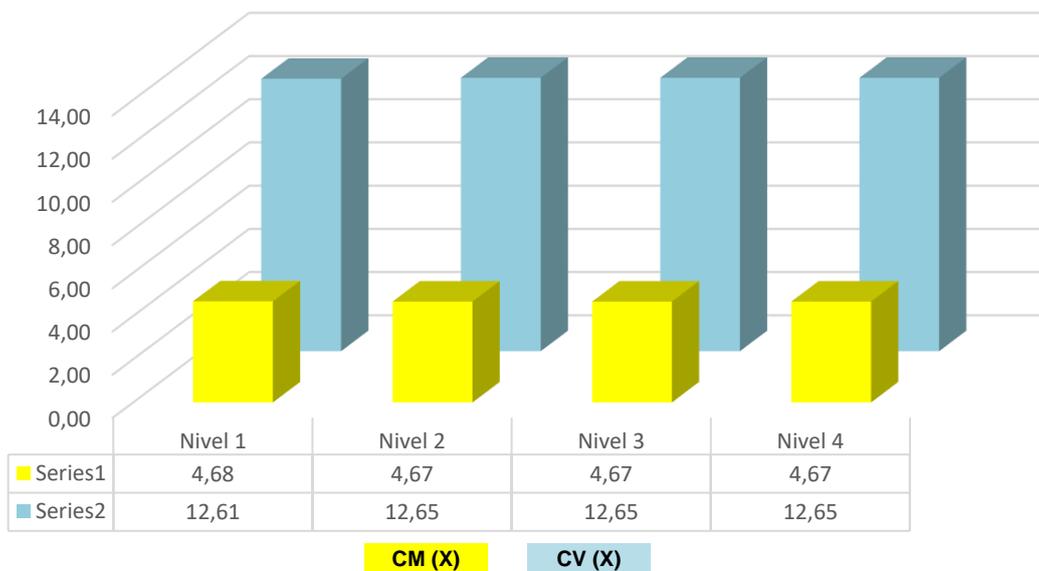


Figura 4.13. Gráfico del centro de masa eje X-X y Y-Y

Fuente: Autoría propia.

Interpretación: Según los datos de la tabla 4.5, los esfuerzos cortantes estáticos de cada nivel son 125,31, 110,59, 81,16 y 37,02 tonf. en las direcciones (X-X e Y-Y). Luego, la tabla 4.6 muestra los valores para las direcciones (X-X) 281.22, 339.10, 247.66, y 113.84 tonf. y para las direcciones (Y-Y) 374.36, 341.08, 262.16, y 133.38 tonf. de las fuerzas de corte dinámico en cada nivel. A continuación, la tabla 4.7 muestra los datos del peso de la edificación para la carga muerta (CM) (1250,36 ton.) y para la carga viva (CV) el valor de (170,24 ton.). Los valores de los centros de masa para la dirección (X-X) 4,68, 4,67 y la dirección (Y-Y) 12,65 se muestran en la tabla 4.8.

4.2.4. Determinación del desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares de AC analizados mediante métodos convencionales

Utilizando la curva de capacidad, se determinó el comportamiento sísmico del edificio multifamiliar Rodríguez.

4.2.4.1. Resultado de la curva de capacidad del edificio

Tabla 4.9. *Curva de capacidad en el edificio*

Desplazamiento (mm)	Cortante basal (tonf)
0	0
-0.01	95.2556
-0.031	194.0207
-150.088	300225.1924
-250.088	500067.5689
-350.088	699861.2367
-450.088	899606.1026

Fuente: Autoría propia

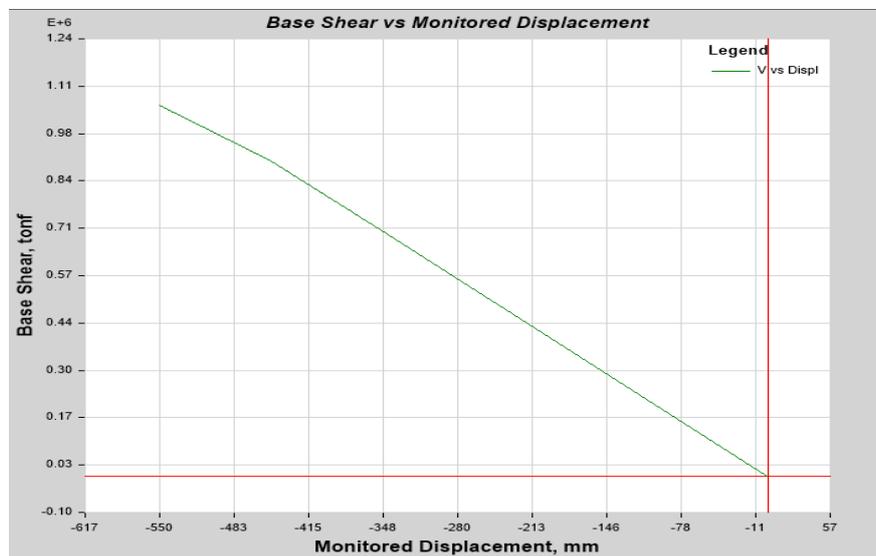


Figura 4.14. Gráfica de curva de capacidad

Fuente: Autoría propia.

Tabla 4.10. Espectro de capacidad según FEMA 440 y NTC 2008

Sd (mm)	Sa (g)	Periodo (s)
0	0	0
0.009	0.08941	0.02
0.022	0.178621	0.022
70.637	295.014158	0.031
117.689	491.393733	0.031
164.738	687.728559	0.031
211.785	884.018548	0.031
256.843	1041.078274	0.032
257.048	1041.946458	0.032

Fuente: Autoría propia

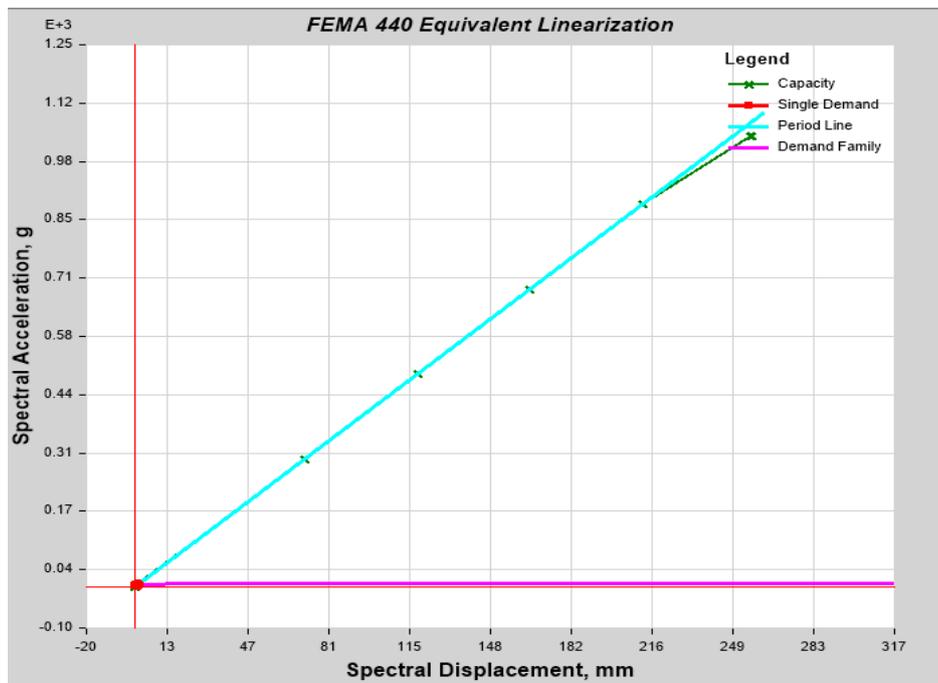


Figura 4.15. Gráfica del espectro de capacidad – FEMA 440

Fuente: Autoría propia.

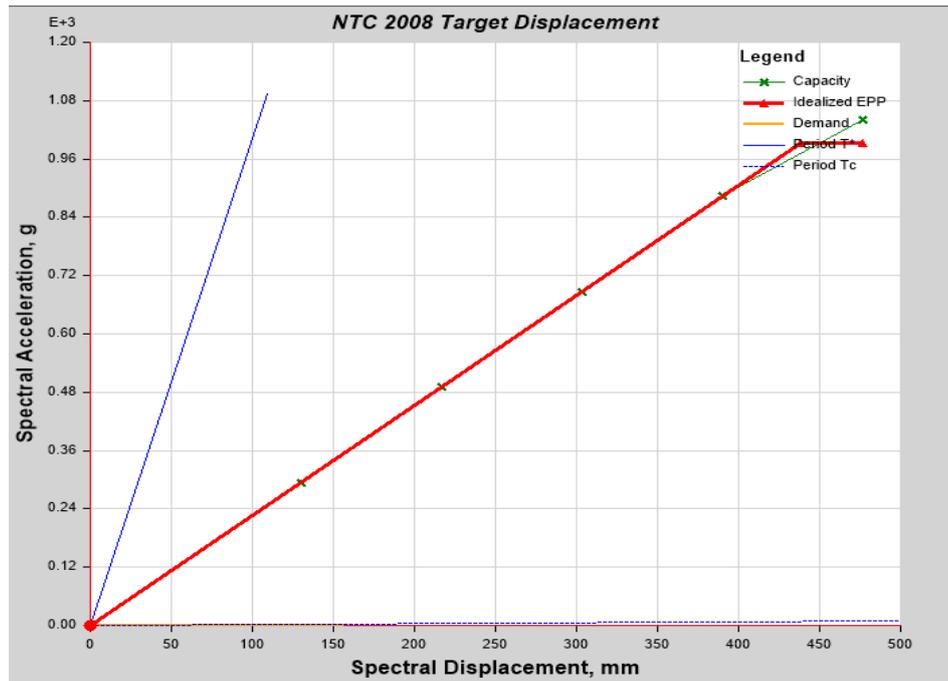


Figura 4.16. Gráfica del espectro de capacidad – NTC 2008

Fuente: Autoría propia.

Tabla 4.11. Modos de periodos y vibración

Modo	Periodo (s)	Frecuencia (cyc/s)
1	0.051	19.579
2	0.024	40.973
3	0.023	44.053
4	0.012	82.234
5	0.007	135.413
6	0.007	140.708
7	0.005	198.844
8	0.004	253.014
9	0.004	256.11
10	0.003	337.061
11	0.003	361.824
12	0.003	377.577

Fuente: Autoría propia

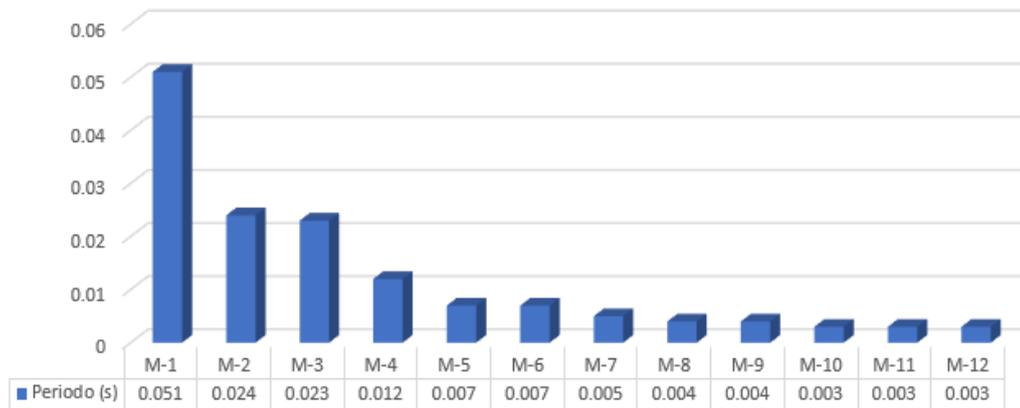


Figura 4.17. Gráfico de periodos de vibración

Fuente: Autoría propia.

Interpretación: La tabla 4.9 muestra los datos alcanzados de la curva de capacidad del edificio, considerando el desplazamiento y el cortante incremental de los valores de corte (899606,1026 tonf (V)) y un desplazamiento de (-450,088mm). A continuación, la tabla 4.10 muestra el resultado de que la curva de capacidad del edificio está por debajo del valor de la curva de demanda cuando se aplican los criterios FEMA 440 y NTC 2008. Finalmente, la tabla 4.11 muestra los modos de vibración, destacando los tres primeros con resultado del espectro de pseudo aceleración de acuerdo con la norma E-030 (Diseño Sismorresistente).

V. DISCUSIÓN

Las discusiones se realizaron siguiendo el orden de los objetivos específicos y general.

Discusión 1:

Los desplazamientos de las derivas inelásticas de los ejes (X-X) e (Y-Y) arrojaron valores de (0,0000645) y (0,00002925), indicando que la deriva de las dos direcciones no supera el valor de 0,005 especificado por la norma E-030. La rigidez del edificio en cada nivel arrojó resultados de 26081,46 ton/mm para el nivel (X) y 8213,42 ton/mm para el nivel (Y). Los valores máximos de desplazamiento de masa sísmica no lineal (ASNL) en el eje (X) fueron de (0,06 mm), y los valores máximos de sismo dinámico (ASD) en el eje (Y) fueron de (0,08 mm) y (0,022mm), siendo un 70% menos que la estimación de sismo no lineal (SNL). Además, en la dirección (Y), el ASD desciende un 35% a lo largo del eje (Y) del gráfico (0,117mm).

Al respecto Navarro y Osorio (2020) citado como antecedente nacional obtuvo los valores para el eje X (0.00067), para ductilidad el valor de (0.000379) del análisis estático, para el análisis dinámico obtuvo valores máximos de (0.00153 y en ductilidad de (0.00114), para las derivas del eje Y el desplazamiento obtuvo el valor menor (0.000832), en ductilidad del análisis estático (0.00153), del análisis dinámico (0.00187) y en ductilidad (0.000813). Concluyendo que cumple en la mínima exigencia de la norma E-030 (Diseño Sismorresistente) que es el valor 0.005 máximo de desplazamiento requerido. Seguidamente, Yugcha (2018) como antecedente internacional obtuvo los valores de las derivas una depreciación de un 35% del valor $R=5$ de la norma, concluyendo que el análisis no líneas es adecuado para realizar la evaluación de manera que la estructura cumple el reglamento NEC 2015. Finalmente, la norma sismorresistente E-030 señala en su artículo 32 del Reglamento Nacional de Construcción (R.N.C.) que los desplazamientos laterales para albañilería deben cumplir con el valor 0,005 del límite de deriva.

Los valores obtenidos son semejantes a los antecedentes y a la norma actual del R.N.C; por lo tanto, se logra el objetivo.

Discusión 2:

Las deformaciones máximas y mínimas de las losas aligeradas y las vigas de concreto armado (CA) existentes de cada nivel del edificio en estudio, dieron un valor máximo de 0,042mm y un valor mínimo de 0,003mm.

Al respecto Huamán (2018) citado como antecedente nacional obtuvo los valores del máximo de distorsiones del sistema de albañilería confinada (AC) para el bloque I, Max (0.00167) y Min (0.00132) y para el bloque II Max (0.00227) y Min (0.00124) en muros de albañilería confinada (AC), concluyó que cuanto mayor sean los contrastes y similitudes del sistema AC más significativas serán en términos de respuesta térmica y diseño estructural. Seguidamente, Castellanos (2021) como antecedente internacional obtuvo los valores máximos del 2% en los ejes "X" e "Y" debido a que el periodo de vibración fue de 1.29 segundos. Concluyó como las columnas no están centradas con las vigas, determinó que el modelo tridimensional tenía en cuenta el efecto de la carga excéntrica en las columnas. Finalmente, la norma de concreto armado E-060 estipula en su Reglamento Nacional de Construcción (R.N.C.) que deben cumplirse los requisitos y características establecidos.

Los valores obtenidos son semejantes a los antecedentes y a la norma E-030 actual del R.N.C; por lo tanto, se logra el objetivo.

Discusión 3:

Los esfuerzos cortantes estáticos de cada nivel para los ejes X e Y son los valores (125,31, 110,59, 81,16 y 37,02) tonf. Luego, Las fuerzas de corte dinámico en cada nivel de los ejes X (281.22, 339.10, 247.66 y 113.84 tonf.), y para los ejes Y (374.36, 341.08, 262.16 y 133.38 tonf.). Seguidamente, la carga muerta (CM) dio el valor de (1250,36 tonf.) y la carga viva (CV) dio el valor de (170,24 tonf.). Finalmente, los centros de masa dieron los valores para el eje X (4,68 y 4,67), y para el eje Y el valor de (12,61 y 2,65).

Al respecto Valverde (2021) citado como antecedente nacional obtuvo los valores de la cortante basal en un 31.40% en el eje X y en un 31.77% en el eje Y, además, establecido que presenta distorsión menor de 13.58% en el eje X y un 5.5% en el

eje Y para edificaciones de AC. Concluyó que, el sistema MDL proporciona una respuesta Seguidamente, Salcedo (2017) como antecedente internacional obtuvo el valor de la cortante basal de un 2.59% en las direcciones X e Y. Concluyó que el nivel de rendimiento del edificio en caso del terremoto diseñado es el de la ocupación inmediata. Finalmente, la norma sismorresistente E-030 señala en su artículo 28 del inciso 28,2 la fuerza cortante en la base de la estructura, correspondiente a la dirección que se considere. Asimismo esta fuerza se determina mediante su expresión matemática y el C/R no debe ser estimado menor que 0,11 cumplimiento obligatoriamente los parámetros que establecen el R.N.C.

Los valores obtenidos son semejantes a los antecedentes y a la norma E-030 actual del R.N.C; por lo tanto, se logra el objetivo.

Discusión 4:

Los datos alcanzados de la curva de capacidad del edificio, considerando el desplazamiento y el cortante incremental dieron los valores de corte (899606,1026 tonf (V)) y un desplazamiento de (-450,088mm). El resultado de la curva de capacidad del edificio está por debajo del valor de la curva de demanda cuando se aplican los criterios FEMA 440 y NTC 2008. Respecto a los modos de vibración, destacan los tres primeros con el resultado del espectro de pseudo aceleración de acuerdo con la norma E-030 (Diseño Sismorresistente).

Al respecto Salcedo (2021) en su investigación de grado obtuvo los resultados de la amenaza sísmica alta con un valor de 841.94mm con respecto al espectro pseudo aceleración, concluyendo que las rótulas plásticas solo se presentan en algunos de sus miembros al aplicar el sismo en el eje X e Y. Seguidamente, la Norma E-030 (Diseño Sismorresistente) del R.N.C. (2018) señala en su inciso 29.2 que la aceleración espectral se debe calcular en ambas direcciones horizontales empleando el espectro inelástico, asimismo, para analizar en la dirección vertical se debe utilizar el espectro con valores iguales a los 2/3 del espectro utilizado de los ejes horizontales. Además, se considera excepcionalmente para zonas de periodos muy cortos ($T=0.2 T_p$).

Los valores obtenidos son semejantes a los antecedentes y a la norma E-030 actual del R.NC; por lo tanto, se logra el objetivo.

5.1 Contrastación de las hipótesis

5.1.1. Formulación de hipótesis específica 1

H₀: Los desplazamientos que se presentan en edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales no son significantes, edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2021.

H₁: Los desplazamientos que se presentan en edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales son significantes, edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2021.

Estadístico prueba: Coeficiente de correlación de Pearson

Nivel de significancia

$\alpha = 0.05$

Tabla 5.1. Resultados con la correlación de Pearson de los desplazamientos

Desplazamientos X-X	Correlación de Pearson	1
	Sig. (bilateral)	
	N	4
Desplazamientos Y-Y	Correlación de Pearson	0.754
	Sig. (bilateral)	0.00246
	N	4
Desplazamientos- normativa	Correlación de Pearson	-0.944
	Sig. (bilateral)	0.0046
	N	4

Fuente: Autoría propia.

Decisión:

$P_{\text{valor}} = 0.00246, 0.0046 < 0.05$

Por tanto, se acepta la hipótesis alterna.

Conclusión: Con un nivel de significancia de 0.00246 y 0.0046, los desplazamientos que se presentó en edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales son significantes, edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2021.

5.1.2. Formulación de hipótesis específica 2

H₀: Los valores que alcanzaron las deformaciones en edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales no están dentro de los parámetros permitidos, edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2021.

H₁: Los valores que alcanzaron las deformaciones en edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizado mediante métodos convencionales si están dentro de los parámetros permitidos, edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2021.

Estadístico prueba: Coeficiente de correlación de Pearson

Nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

Tabla 5.2. Resultados con la correlación de Pearson de las deformaciones

Deformaciones losa y viga	Correlación de Pearson	1	0.843
	Sig. (bilateral)		0.00563
	N	8	8
Deformaciones admisibles	Correlación de Pearson	0.843	1
	Sig. (bilateral)	0.00563	
	N	8	8

Fuente: Autoría propia.

Decisión:

$$P_{\text{valor}} = 0.00563 < 0.05$$

Por tanto, se acepta la hipótesis alterna.

Conclusión: Con un nivel de significancia de 0.00563, los valores que alcanzaron las deformaciones en edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizado mediante métodos convencionales están dentro de los parámetros permitidos, edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2021.

5.1.3. Formulación de hipótesis específica 3

H₀: El valor de la cortante basal en edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizado mediante métodos convencionales no es favorable, edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2021.

H₁: El valor de la cortante basal en edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizado mediante métodos convencionales es favorable, edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2021.

Estadístico prueba: Coeficiente de correlación de Pearson

Nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

Tabla 5.3. Resultados con la correlación de Pearson de las cortantes

Cortante X-X	Correlación de Pearson	1
	Sig. (bilateral)	
	N	4
Cortante Y-Y	Correlación de Pearson	0.732
	Sig. (bilateral)	0.00268
	N	4
Cortante-admisible	Correlación de Pearson	1.000**
	Sig. (bilateral)	0.0005
	N	4

Fuente: Autoría propia.

Decisión:

$$P_{\text{valor}} = 0.00268, 0.0005 < 0.05$$

Por tanto, se acepta la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia de 0.00268 y 0.0005, el valor de la cortante basal en edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales no es favorable, edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2021.

5.1.4. Formulación de hipótesis general

Ho: El desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales no es aceptable, edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2021.

H1: El desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales es aceptable, edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2021.

Estadístico prueba: Coeficiente de correlación de Pearson

Nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

Tabla 5.4. Resultados con la correlación de Pearson del desempeño sísmico

Desempeño sísmico	Correlación de Pearson	1
	Sig. (bilateral)	
	N	7
Desempeño sísmico FEMA	Correlación de Pearson	0.970**
	Sig. (bilateral)	0.0005
	N	7
Desempeño sísmico NTC	Correlación de Pearson	0.970**
	Sig. (bilateral)	0.0003
	N	7

Fuente: Autoría propia.

Decisión:

$$P_{\text{valor}} = 0.0005, 0.0003 < 0.05$$

Por tanto, se acepta la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia de 0.0005 y 0.0003, el desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales no es aceptable, edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2021.

VI. CONCLUSIONES

Las conclusiones se realizaron en el orden de los objetivos específicos y general.

Conclusión 1:

Para verificar las curvas de capacidad del edificio, se determinó el comportamiento sísmico de los edificios multifamiliares de albañilería confinada (AC) analizados con métodos como el de Pushover. Se obtuvieron resultados para desplazamientos de -0,01 mm, -0,031 mm, -150,088 mm, -250,088 mm, -350,088 mm, y -450,088 mm, y el cortante respectivo fue de 95,2556 tonf, 194,0207 tonf, 300225,19. Estos valores se compararon con los espectros de demanda de los métodos FEMA 440 y NTC 2008. Determinando que la curva de capacidad del edificio es mayor que las curvas de demanda contempladas en las normas técnicas peruanas (N.T.P.), por lo que se prevé que el edificio tendría un comportamiento sísmico adecuado.

Conclusión 2:

Se determinó que el nivel 4 (0,065 mm), el nivel 3 (0,054 mm), el nivel 2 (0,037 mm) y el nivel 1 (0,015 mm) son los desplazamientos que se producen en las estructuras multifamiliares de AC en la dirección "X" (0,015) y en la dirección "Y" se miden los niveles 4 (0,363 mm), 3 (0,259 mm), 2 (0,146 mm) y 1 (0,146 mm). Además, se observan las derivas entre pisos en dirección "X" para los niveles 4 (0,0000878), 3 (0,0000945), 2 (0,0000855) y 1 (0,0000878) (0,0000405), y para la dirección "Y" los niveles 4(0,000027), 3(0,0000295), 2(0,000027) y 1(0,000027). (0.0000135). Concluyendo que, estos hechos no cumplen con los estándares de la norma E-030 (Sismorresistente) del Reglamento Nacional de Construcción.

Conclusión 3:

Las deformaciones en estructuras multifamiliares construidas con AC en losas aligeradas y vigas de concreto armado, alcanzaron los valores para el nivel 4 (0,042 mm), el nivel 3 (0,042 mm), el nivel 2 (0,042 mm) y el nivel 1 (0,042 mm). Se concluye que estos valores son inferiores a los mencionados en la norma E-060 (2009) del Reglamento Nacional de Construcción.

Conclusión 4:

La cortante basal de estructuras multifamiliares de AC dio el valor de (374,3615 tonf). En la dirección "X", se calculó el nivel 4 (113,8416 tonf), el nivel 3 (247,6585 tonf), el nivel 2 (341,0822 tonf), el nivel 1 (374,3615); y en la dirección "Y", se calculó el nivel 4 (133,3803 tonf), el nivel 3 (262,16 tonf), el nivel 2 (341,0822 tonf), el nivel 1 (374,3615). En conclusión, estos esfuerzos cortantes son admisibles para la estructura del edificio en estudio.

VII. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones siguieron el orden de los objetivos específicos y general.

Recomendación 1:

Se recomienda para garantizar el comportamiento adecuado de la estructura en caso de sismo, los edificios de viviendas multifamiliares con una superficie de piso limitada deben ser construidos con sistemas estructurales de AC. De acuerdo con los resultados de las curvas de capacidad calculadas con la técnica Pushover, los desplazamientos y la curva de cortante basal son mayores que los calculados con otros métodos, como FEMA 440 y NTC 2008. Por lo tanto, con un nivel de significancia de 0.00246 para el eje "X" y un 0.0046 para el eje "Y" el método Pushover es recomendable para ser utilizado en investigaciones de sistema de AC.

Recomendación 2:

Se recomienda que las deformaciones de los sistemas estructurales de AC tengan una buena configuración estructural evitando las longitudes de los muros mediante juntas; por lo tanto, deben ser tomadas en cuenta por el estructuralista y no en la propia construcción; esto evitaría una pérdida de rigidez. Por lo tanto, con un nivel de significación de 0,00563, este valor se considera dentro del rango admisible de la norma E-030 del R.N.C.

Recomendación 3:

Se recomienda que la cortante basal y entrepiso sea absorbida por los muros de AC para determinar si cumplen adecuadamente su función estructural. Asimismo, con los valores alcanzados del nivel de significancia de 0,00268 "X" y 0,0005 "Y" establecieron que los esfuerzos soportados son admisibles.

Recomendación 4:

Se recomienda que, para lograr un buen desempeño sísmico (DS) en los edificios multifamiliares, el sistema estructural debe contar con una densidad adecuada en los muros para ambas direcciones, adicionando una buena distribución; esto evitaría las excentricidades que pueden provocar problemas de torsión. Con un nivel de significación entre 0,0005 y 0,0003, el DS es inaceptable para el edificio.

REFERENCIAS

1. FERNÁNDEZ, Rosa. "Terremotos más fuertes del mundo 1900-2021". *Statista*. [En línea] 29 de Septiembre de 2020. [Citado el: 18 de 12 de 2021.] <https://es.statista.com/estadisticas/635641/terremotos-historicos-mas-fuertes-del-mundo-segun-la-escala-de-richter/>.
2. "Efecto de la variabilidad de la rigidez del sitio de fundación en el desempeño sísmico". BENEDETTI , Franco, ZUÑIGA , Fernando y OPA, Alexander . Italia : SciELO, 2017, Vol. 19. 10.4067/S0718-28132017000200031.
3. NORABUENA O, Edmundo. "Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica" . *CONCYTEC*. [En línea] 22 de Marzo de 2018. [Citado el: 18 de 12 de 2021.] https://portal.concytec.gob.pe/images/noticias/articulo_-_Edmundo_Norabuena.pdf.
4. OPS, Ministerio de Salud. "El terremoto y maremoto del sur del Perú,2001". *www.gob.pe*. [En línea] 01 de 2005. [Citado el: 17 de 12 de 2021.] <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/417295/409814554401792555320191106-32001-1osu5hi.pdf>.
5. INSTITUTO NACIONAL DE DEFESNA CIVIL; Universidad Nacional de San Agustín. "Evaluación de peligros de la ciudad de Ilo". *SIGRID: Sistema de información para la gestión del Riesgo de Desastres*. [En línea] 2017,. [Citado el: 17 de 12 de 2021.] <http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/4367>.
6. ALLISON J. ¿Qué es ETABS y qué puedes hacer con este software? <https://arcux.net/es/>. [En línea] 2020. [Citado el: 04 de 05 de 2022.] <https://arcux.net/blog/que-es-etabs-y-que-puedes-hacer-con-este-software/>.
7. NAVARRO GARCIA, Rafael Junior y OSORIO OBREGÓN, Michel Guido. "ANÁLISIS COMPARATIVO DE UN EDIFICIO DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA DE 5 NIVELES CON OTRO DE ALBAÑILERÍA DISTRITO DE PUCUSANA.". Lima, Perú : Universidad Ricardo Palma, 2020. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil.
8. VALVERDE FIGUEROA, Walter Manuel. "Respuesta sísmica mediante sistema de albañilería confinada y muros de ductilidad limitada del edificio multifamiliar Los

Robles, San Ramón, Chanchamayo, Junín". Junín - Perú : Universidad César Vallejo, 2021. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

9. HUAMÁN AROTOMA, María Isabel. *"ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LOS SISTEMAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA Y MURO DE DUCTILIDAD LIMITADA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN CONDOMINIO"*. Lima, Perú : Universidad Peruana los Andes, 2018. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil.
10. CASTELLANOS GUZMÁN, Steeven Paúl. *"EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO SÍSMICO DEL EDIFICIO DE LA UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK UBICADO EN EL CAMPUS FELIPE SEGOVIA OLMO"*. Quito, Ecuador : Universidad Internacional SEK, 2021. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil.
11. SALCEDO BARCO, Yuler Harry. *"DESEMPEÑO SÍSMICO POR EL MÉTODO PUSHOVER DE UN EDIFICIO CONSTRUIDO EN LA CIUDAD DE BARRANQUILLA BAJO LA NORMA NSR-10."*. Barranquilla, Colombia : Universidad de la Costa, 2017. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Civil.
12. YUGCHA QUILUMBA, Bolívar Iván. *"Evaluación estructural por desempeño para una construcción informal mediante el método Pushover, sector la Forestal, cantón Quito, Provincia Pichincha."*. Pichincha, Quito, Ecuador : Universidad Central del Ecuador, 2018. Tesis para obtención del título de Ingeniero Civil.
13. *"Estudio del comportamiento de la albañilería confinada en el análisis estático y dinámico para la ciudad de Potosí, Bolivia"*. GONZÁLEZ, Gabriela. 3 pp. 77-84, Potosí, Bolivia : Ingeniería y sus alcances, Revista de Investigación, 2018, Vol. 2.
14. *"Seismic performance assessment of confined masonry construction at component and structure levels"*. MURAT ALTUG, Erberik, CIHAN, Citiloglu y GULDEN, Erkoseoglu. pp. 867-889, Turquía : Bulletin of Earthquake Engineering, 2019, Vol. 17.
15. *"Seismic performance evaluation of full-scale confined masonry building using light weight cellular panels"*. CHOURASIA, Ajay, SINGHAL, Shubham y PARASHAR, Jalaj. p. 101473, s.l. : Journal of Building Engineering, 2020, Vol. 32.
16. *"Seismic hazards along Ecuador, Perú and northern Chile (South America)"*. PREZZI, Claudia B y SILBERGLEIT, Virginia. 2, p. 1159-1175, s.l. : Natural Hazards, 2015, Vol. 72.

17. GALLEGOS, Hector y CASABONNE, Carlos. "ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL". Lima, Perú : Pontificia Universidad Católica del Perú., 2005. ISBN: 9972-42-754-4.
18. MINISTERIO DE VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN. "NORMA TÉCNICA E.070 ALBAÑILERÍA". Lima, Perú : Resolución Ministerial N° 011-2006-Vivienda, 2016.
19. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA; "Metodologías para el análisis de vulnerabilidad sísmica: Plataforma de Vulnerabilidad Sísmica". UNI. [En línea] 2019. [Citado el: 04 de 05 de 2022.] <https://vulnerabilidad-sismica.uni.edu.pe/Metodologia>.
20. INDIRA HERRERA, Reyes, CARLOS VIELMA, Juan y PUJADES BENEIT, Lluís. "Methodologies for evaluating the seismic vulnerability of buildings: a state of the art". 2014.
21. FEMA 440 . "Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures". Washington, D.C. : Department of Homeland Security, Federal Emergency Management Agency, 2005.
22. "METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR THE EVALUATION OF THE STRUCTURAL BEHAVIOR OF A METALLIC RACK". ARANGO, Sergio, PAZ, Alejandro y DUQUE, Pilar. 12 p,139-154, Medellín (Colombia) : Revista EIA, 2009. ISSN 1794-1237.
23. "Principle of Passive Supplemental Damping and Seismic Isolation". CHRISTOPOULOS, Constantin, FILIATRAULT, Andre y BERTERO , Vitelmo Victorio. Italy : IUSS Press, 2006.
24. GARAY GALINDO, Mayra Lizbeth y LLAURE ENRIQUEZ, Luis Noe. "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS CONFORMADAS POR SISTEMAS ESTRUCTURALES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA Y PÓRTICOS DE CONCRETO ARMADO EN EL DISTRITO DE LA VICTORIA, LIMA.". Lima, Perú : Universidad Privada del Norte, 2020. Tesis para optar el título profesional de Ingenier@ Civil.
25. AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS ASCE/SEI 41-13. "Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings. Reston". Virginia, EE.UU : American Society of Civil Engineers, 2014.

26. AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS ASCE/SEI 41-17. *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*. Reston. Virginia, EE.UU : American Society of Civil Engineers, 2017.
27. "Envolvente de resistencia lateral de piso para estructuras de mampostería confinada". ALCOCER M, Sergio , HERNÁNDEZ B, Hugo y SANDOVAL R, Harry. 89, p, 24-54, México : Revista de Ingeniería Sísmica, 2013. ISSN 0185-092X.
28. GIONCU, Victor y MAZZOLANI, Federico. *"Ductility of Seismic Resistant Steel Structures"*. London : SPON PRESS - Taylor & Francis Group, 2014. ISBN 0-203-78556-8.
29. "ASPECTOS A CONSIDERAR EN EL ANÁLISIS POR DESEMPEÑO DE EDIFICACIONES MULTIFAMILIARES APORTICADAS DE BAJA ALTURA DE ACERO ESTRUCTURAL CON CRECIMIENTO PROGRESIVO". LOGES, Sigfrido. Caracas, Venezuela : Trienal de Investigación FAU UCV 2017, 2017. ISBN: 978-980-00-2879-7.
30. ATC-40 APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL. *"Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings"*. California, EEUU : Report, 1996.
31. "Local site effect of a clay site in Shiraz based on seismic hazard of Shiraz Plain". ESKANDARINEJAD , Alireza, ZAFARANI, Hamid y JAHANANDISH, Mojtaba. 3 p. 1115-1135, s.l. : Natural Hazards, 2018, Vol. 90.
32. "Time history seismic analysis". LAGAROS , Nikos D, MITROPOULOU, Chara Ch; y PAPADRAKAKIS, Manolis. 9. 1-19, s.l. : Inciclopedia Lagaron Ltd, 2013.
33. "Sensitivity of site response analysis on the number of ground motion records and implications for PSHA". PAPASPILIOU , M y KONTTOE, S. 5 p. 1287-1304., s.l. : Bulletin of Earthquake Engineering, 2013, Vol. 11.
34. "Effects of the use of the surface spectrum of a specific region on seismic performances of R/C structures". SONMEZER, Y, Bulent y et al. 3, p. 1203-1229, s.l. : Natural Hazards, 2018, Vol. 93.
35. HUARIPATA ESCOBAR, Fernando Rafael y TORRES MERA, José Franklin. "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESPUESTA SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN ESENCIAL Y OTRA COMÚN UTILIZANDO ESPECTROS DE SITIO

Y ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL SEGÚN NORMAS SUDAMERICANAS". Lima, Perú : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2020. Tesis para optar al grado de bachiller en Ingeniería Civil.

36. CHOQUE SUCASACA, Johanny Fernando y LUQUE SOLIS, Edward Deyviz. "*Análisis estático no lineal y evaluación del desempeño sísmico de un edificio de 8 niveles diseñado con la norma E. 030. 2019*". Arequipa, Perú : Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Perú, 2019. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil.
37. SEAOC. "A Framework for Performance Based Design". [aut. libro] Committee. Structural Engineers Association of California. California : s.n., 1995.
38. STUDIO PETRILLO - ING. SILVIO PETRILLO - Contursi Terme (SA). NTC 2008 e Circolare - Norme sismiche per le costruzioni. [En línea] 2008. [Citado el: 14 de 04 de 2022.] <https://www.studiopetrillo.com/ntc-2008.html>.
39. ARIAS GONZALES, José y COVINOS GALLARDO, Mitsuo. "Diseño y metodología de la investigación". *Repositorio CONCYTEC*. [En línea] 06 de 2021. [Citado el: 20 de 12 de 2021.] <http://hdl.handle.net/20.500.12390/2260..> ISBN: 978-612-48444-2-3.
40. CASTRO CARREÑO , Anderson, PARRA VERA, Eduarw Enrique y ARANGO CALDERÓN , Ingrid Yuliana. "*Glosario para metodología de la investigación*". Bogotá D.C., Colombia : Working Paper 8, 2020.
41. HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto y MENDOZA TORRES, Christian Paulina. "*Metodología de la investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*". Santa Fe, México : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2018. ISBN: 978-1-4562-6096-5.
42. REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. Reglamento Nacional de Edificaciones. www.gob.pe. [En línea] 4 de 11 de 2021. [Citado el: 30 de 12 de 2022.]
43. "*Seismic evaluation and retrofit of concrete*". APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL. 346, California, EE.UU : CALIFORNIA SEISMIC SAFETY COMMISSION, 1996.
44. SALGADO LÉVANO, Cecilia. "*Manual de Investigación - Teoría y práctica para hacer la tesis según la metodología cuantitativa*". Lima - Perú : Fondo Editorial de la Biblioteca Nacional, 2018. ISBN: 978-612-4194-17-7.

45. CRESWELL, Jhon W. y CRESWELL, J. David. *"Research Design Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches"*. Angeles SAGE, USA : Fifth Edition, 2018. ISBN: 978-1-5063-8670-6.
46. *"Sampling and sampling methods. Biometrics & Biostatistics International Journal"*. ETIKAN, Ilker y BALA, Kabiru. 6 p. 00149, s.l. : Academia edu, 2017, Vol. 5.
47. ARIAS GONZALES, Jose Luis. *"Métodos de Investigación Online - Herramientas digitales para recolectar datos"*. Arequipa-Perú : Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2021- 00068, 2020. ISBN: 978.612-00-5506-9.
48. ÑAUPAS PAITÁN, Humberto, y otros. *"Metodología de la investigación (Cuantitativa - Cualitativa)"*. Quinta. Bogotá, Colombia : Ediciones de la U, 2018. pág. 562. ISBN. 978-958-762-876-0.
49. *"Validez y confiabilidad del instrumento determinante humano en la implementación del currículo de educación física"*. POSSO PACHECO, Richard Jacobo y BERTHEAU, Edda Lorenzo. 3, Venezuela : Revista educare - Segunda nueva Etapa 2.0, 2020, Vol. 24. ISSN: 2244-7296.
50. RODRÍGUEZ, Daniela. Lifeder.com. *"Las 10 Características de la Ética Más Destacadas"*. [En línea] 27 de 07 de 2017. [Citado el: 06 de 05 de 2022.] <https://www.lifeder.com/caracteristicas-de-la-etica/>.
51. SENAMHI. "Tiempo / Pronóstico del Tiempo". *senamhi.gob.pe*. [En línea] 20 de 03 de 2020. [Citado el: 07 de 05 de 2022.] <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=moquegua&p=pronostico-detalle>.
52. *"Seismic evaluation and retrofit of concrete"*. APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL. 346, California : CALIFORNIA SEISMIC SAFETY COMMISSION, 1996.

ANEXOS

Anexo N° 1: Matriz de operacionalización de variables.

Título: Desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados con métodos convencionales, edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua, 2021					
Autor: Quenaya Cusi, Noemi Stefany					
Variable de Estudio	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición
<p>Variable 1: Métodos convencionales</p>	<p>Los métodos convencionales existen diversos tipos opciones para analizar, evaluar y determinar los datos que se quiere alcanzar, definiéndose en criterios de la fuerza basal, deformación y desplazamiento. ⁽⁴²⁾</p>	<p>El principal objetivo de los códigos sísmicos es garantizar que la estructura mantenga un buen comportamiento inelástico en caso de terremoto severo. Esto se determina mediante análisis de riesgos sísmico, teniendo en cuenta la vida útil de 50 años de la estructura una probabilidad del 10% de superarla. Se clasifican en dos dimensiones y se subdividen en 3 y 4 indicadores.</p>	<p>D1: Método no lineal Pushover</p> <p>D2: Método modal espectral</p>	<p>I1: Grado equivalente a 1 grado I2: Curva de capacidad I3: Ductilidad de la estructura I4: Secuencias de agrietamiento</p> <p>I1: Espectro de pseudo-aceleraciones I2: Diafragma rígido de I3: Periodos fundamentales</p>	<p>Escala Nivel: Razón</p> <p>De acuerdo con Ñaupas et al. "Simbolizan valores diferentes a cero a la vez suelen ser manipuladas con todas las operaciones matemáticas".</p>
<p>Variable 2: Desempeño sísmico</p>	<p>Es un enfoque de estado límite de deterioro ocasionada por daños internos de un edificio que pueda amenazar a los ocupantes de dicho edificio y posterior fisuramiento de un movimiento telúrico según a su capacidad de servicio. ⁽⁵²⁾</p>	<p>A través de los métodos de análisis sísmico como el análisis modal espectral, se tiene en cuenta la importancia de la edificación a evaluar, todo ello respetando los lineamientos planteados por la N.T.P. E.030 para determinar su comportamiento ante un sismo severo que puede verse afectado económicamente y social de las personas que habitan dentro del edificio, clasificándose en tres dimensiones, y se subdividen en 3 indicadores cada una</p>	<p>D1: Desplazamiento</p> <p>D2: Deformaciones</p> <p>D3: Cortante Basal</p>	<p>I1: I1: Deriva inelástica I2: Diafragma rígido I3: Rapidez estructural</p> <p>I1: Deformación en losas I2: Deformación en vigas I3: Máximo (kg/cm2)</p> <p>I1: Peso del Edificio I2: Fuerzas de Entrepiso I3: Centro de Masas</p>	

Anexo N° 2: Matriz de consistencia

Desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados con métodos convencionales, edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua, 2021							
Autor: Quenaya Cusi, Noemi Stefany							
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Metodología
Problema General:	Objetivo general:	Hipótesis general:	Variable 1: Métodos convencionales	D1: Método no lineal - Pushover	I1: Grado equivalente a 1 grado I2: Curva de capacidad I3: Ductilidad de la estructura I4: Secuencias de agrietamiento	Ficha de recolección de datos	Tipo de investigación Aplicada
¿Cuál es el desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2022?	Determinar el desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2022.	El desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales es aceptable, edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2022.		D2: Método modal espectral	I1: Espectro de pseudo-aceleraciones I2: Diafragma rígido de I3: Periodos fundamentales		Enfoque de investigación Cuantitativo El diseño de la investigación
Problemas específicos:	Objetivo Específicos:	Hipótesis específicas	Variable 2: Desempeño sísmico	D1: Desplazamiento	I1: Deriva inelástica I2: Diafragma rígido I3: Rigidez estructural		No experimental
¿Qué desplazamientos se presentan en edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2022?	Calcular los desplazamientos que se presenta en edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2022.	Los desplazamientos que se presenta en edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales son significantes, edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2022					El nivel de la investigación Descriptivo - Explicativo
¿Qué valores alcanzan las deformaciones en edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua?	Cuantificar los valores que consiguen las deformaciones en edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2022.	Los valores que alcanzan las deformaciones en edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales están dentro de los parámetros permitidos, edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2022.		D2: Deformaciones	I1: Deformación en losas I2: Deformación en vigas I3: Máximo, y mínimo (mm)		Población: 10 edificios multifamiliares de albañilería confinada, Ilo
¿Cuál es el valor de la cortante basal en las edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales son significantes, edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2022?	Estimar el valor de la cortante basal que se muestra en edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales, edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2022.	El valor de la cortante basal en edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados mediante métodos convencionales es favorable, edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2022.	D3: Cortante basal	I1: Peso del Edificio I2: Fuerzas de Entrepiso I3: Centro de Masas	Muestra: Edificio multifamiliar Rodríguez Muestreo: No probabilístico – tipo intencional Técnica: Observación directa		

Anexo N° 3: Instrumento de recolección de datos

ANALISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS							
PROYECTO	"Desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados con métodos convencionales Edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2021."						
AUTOR	Bach. Noemi Stefany Quenaya Cusi						
I.- INFORMACION GENERAL:							
UBICACIÓN	Urb. Huascar Mz. L - Lt. 09						
DISTRITO	Ilo	ALTIUD					
PROVINCIA:	Ilo	LATITUD					
REGION	Moquegua	LONGITUD					
V1: Metodos Convencionales							
II.- D1: Método estático no lineal - PUSHOVER							
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und	Indicador 4:	Und
Grado equivalente a 1 grado		Curva de Capacidad	φ	Ductilidad de la Estructura		Secuencias de Agrietamiento	ton
III.- D2: Método modal espectral							
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und		
Espectro de Pseudoceleraciones		Diaphragma rígido		Periodos Fundamentales			
V2: Desempeño sísmico							
IV.- D1: Desplazamiento							
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und		
Deriva inelástica		Diaphragma rígido		Rigidez estructural			
V.- D2: Deformaciones							
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und		
Deformación en losas		Deformación en vigas		Máximo y Mínimo	kg/cm2		
VI.- D3: Cortante basal							
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und		
Peso del Edificio		Fuerzas de Entrepiso		Centro de Masas			
APELLIDOS Y NOMBRES	López Cahuilla Percy						
PROFESIÓN	Ingeniero Civil						
REGISTRO CIP No.	175808						
EMAIL	percyvallap@gmail.com						
TELEFONO	953051086						

EXPERTO	EXPERTO	EXPERTO
A	B	C
0.70		
0.50		

1.00		
0.90		
1.00		



ANÁLISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS							
PROYECTO	"Desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares de albañería confinada analizadas con métodos convencionales Edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2021."						
AUTOR	Bach. Noemi Stefany Quenaya Cusi						
I.- INFORMACION GENERAL:							
UBICACIÓN	Urb. Huascar Mz. L - Lt. 09						
DISTRITO	Ilo			ALTITUD			
PROVINCIA:	Ilo			LATITUD			
REGION	Moquegua			LONGITUD			
V1: Metodos Convencionales							
II.- D1: Método estático no lineal - PUSHOVER							
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und	Indicador 4:	Und
Grado equivalente a 1 grado		Curva de Capacidad	φ	Ductilidad de la Estructura		Secuencias de Agrietamiento	ton
III.- D2: Método modal espectral							
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und		
Espectro de Pseudoceleraciones		Diafragma rígido		Periodos Fundamentales			
V2: Desempeño sísmico							
IV.- D1: Desplazamiento							
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und		
Deriva inelástica		Diafragma rígido		Rigidez estructural			
V.- D2: Deformaciones							
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und		
Deformación en losas		Deformación en vigas		Máximo y Mínimo	kg/cm2		
VI.- D3: Cortante basal							
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und		
Peso del Edificio		Fuerzas de Entrepiso		Centro de Masas			
APELLIDOS Y NOMBRES	Pacheco Palomino Miguel Martin						
PROFESIÓN	Ingeniero Civil						
REGISTRO CIP No.	204824						
EMAIL	mpcs_48@hotmail.com						
TELEFONO	931743411						

EXPERTO	EXPERTO	EXPERTO
A	B	C
	0.70	
	0.70	

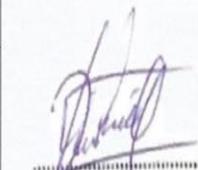
	0.60	
	0.70	
	0.80	



Miguel M. Pacheco Palomino
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 244824

ANÁLISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACIÓN DE DATOS							
PROYECTO	"Desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados con métodos convencionales Edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2021."						
AUTOR	Bach. Noemi Stefany Quenaya Cusi						
I.- INFORMACIÓN GENERAL:							
UBICACIÓN	Urb. Huascar Mz. L - Lt. 09						
DISTRITO	Ilo			ALTITUD			
PROVINCIA	Ilo			LATITUD			
REGION	Moquegua			LONGITUD			
V1: Metodos Convencionales							
II.- D1: Método estático no lineal - PUSHOVER							
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und	Indicador 4:	Und
Grado equivalente a 1 grado		Curva de Capacidad		Ductilidad de la Estructura		Secuencias de Agrietamiento	ton
							0.80
III.- D2: Método modal espectral							
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und		
Espectro de Pseudoceleraciones		Diagrama rígido		Periodos Fundamentales			0.70
V2: Desempeño sísmico							
IV.- D1: Desplazamiento							
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und		
Deriva inelástica		Diagrama rígido		Rigidez estructural			0.80
V.- D2: Deformaciones							
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und		
Deformación en losas		Deformación en vigas		Máximo y Mínimo	kg/cm2		0.70
VI.- D3: Cortante basal							
Indicador 1:	Und	Indicador 2:	Und	Indicador 3:	Und		
Peso del Edificio		Fuerzas de Entrepiso		Centro de Masas			1.00
APELLIDOS Y NOMBRES	Ventura Mamani Elmer						
PROFESIÓN	Ingeniero Civil						
REGISTRO CIP No.	268285						
EMAIL	msventura.2017@gmail.com						
TELEFONO	975028074						

EXPERTO	EXPERTO	EXPERTO
A	B	C



 Elmer Ventura Mamani
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 268285

Anexo N° 4: Validez

VALIDEZ DE FICHAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS POR JUICIO DE EXPERTOS

Tabla 1. Rangos de validez

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

Fuente: Oseda (2009)

Tabla 2. Rangos de validez de juicio de expertos

N°	Grado académico	Apellidos y Nombres	CIP	Validez
1	Ingeniero civil	López Cahalla, Percy	175808	0.8
2	Ingeniero civil	Pacheco Palomino, Miguel	284824	0.7
3	Ingeniero civil	Ventura Mamani, Elmer	268285	0.8

Fuente: Autoría propia

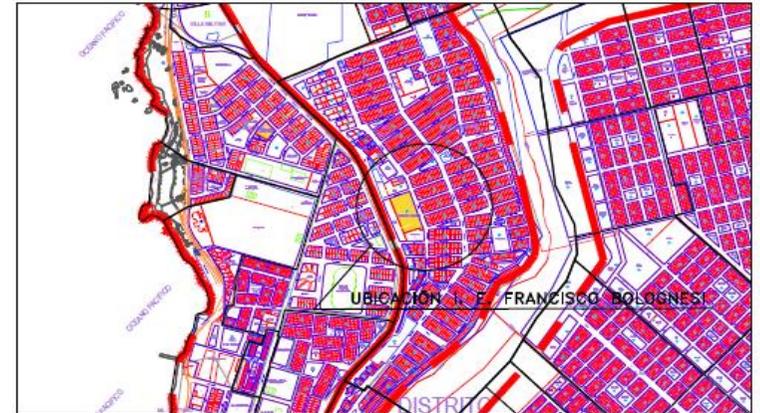
Valor promedio 0.767 que comparado con el rango de validez se interpreta, **excelente validez**

Anexo N° 5: Planos y Mapas

PLANO: UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL EDIFICIO RODRÍGUEZ



PLANO DE UBICACIÓN
ESC:1/1000



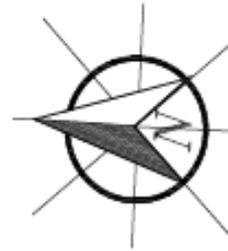
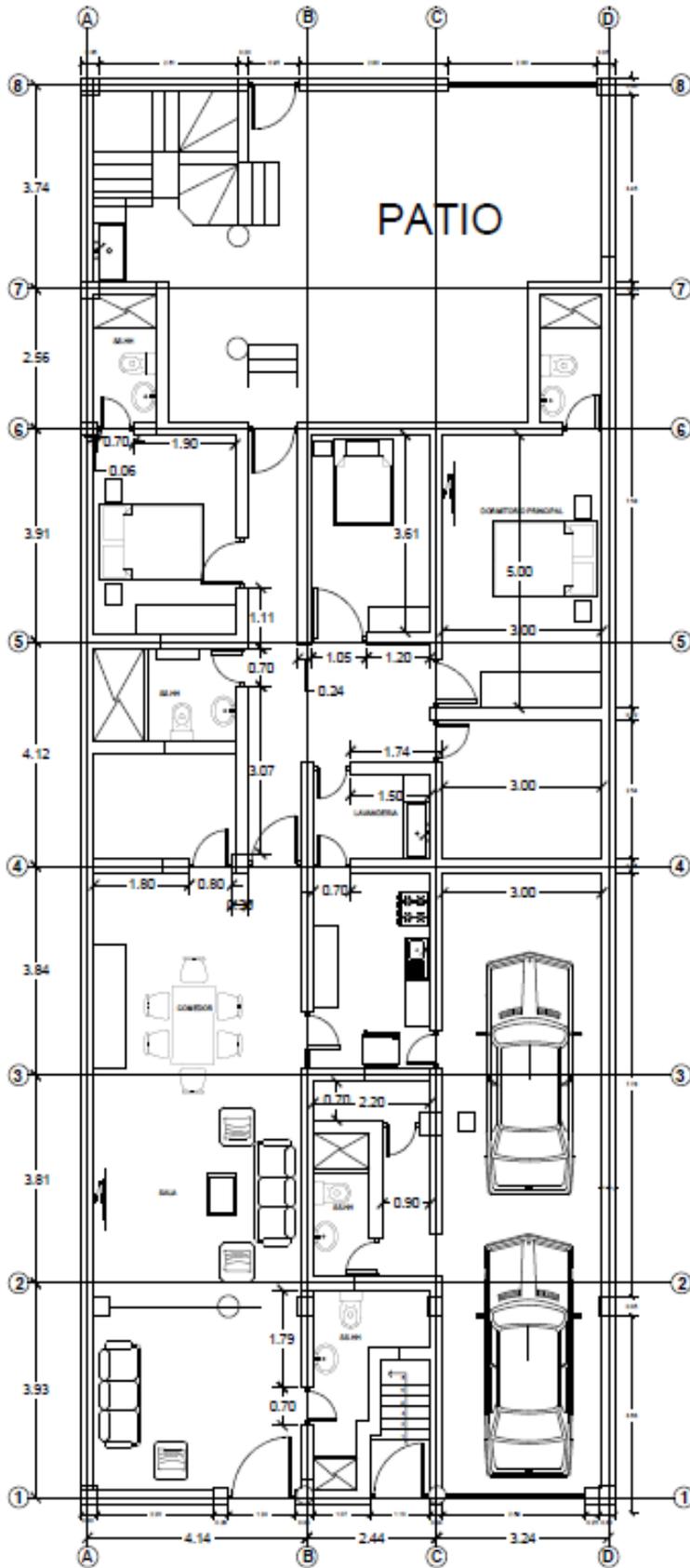
PLANO DE LOCALIZACIÓN
ESC:1/5000



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

PLANO : Plano de Ubicación y Localización	DISTRITO : Ilo	PROVINCIA : Ilo	DEPARTAMENTO : Moquegua	LAMINA: U- 01
TESIS: "Desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares de albañilería confinada analizados con métodos convencionales, Edificio Rodríguez, Ilo, Moquegua 2021"			FECHA : Marzo 2022	ESCALA : Indicada
ELABORADO POR: Bach. Noemi Stefany Quenaya Cusi				

PLANO: PLANTA TIPICA 1° NIVEL, EDIFICIO RODRÍGUEZ



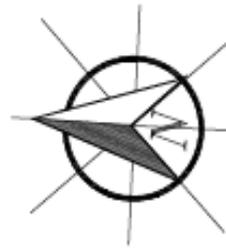
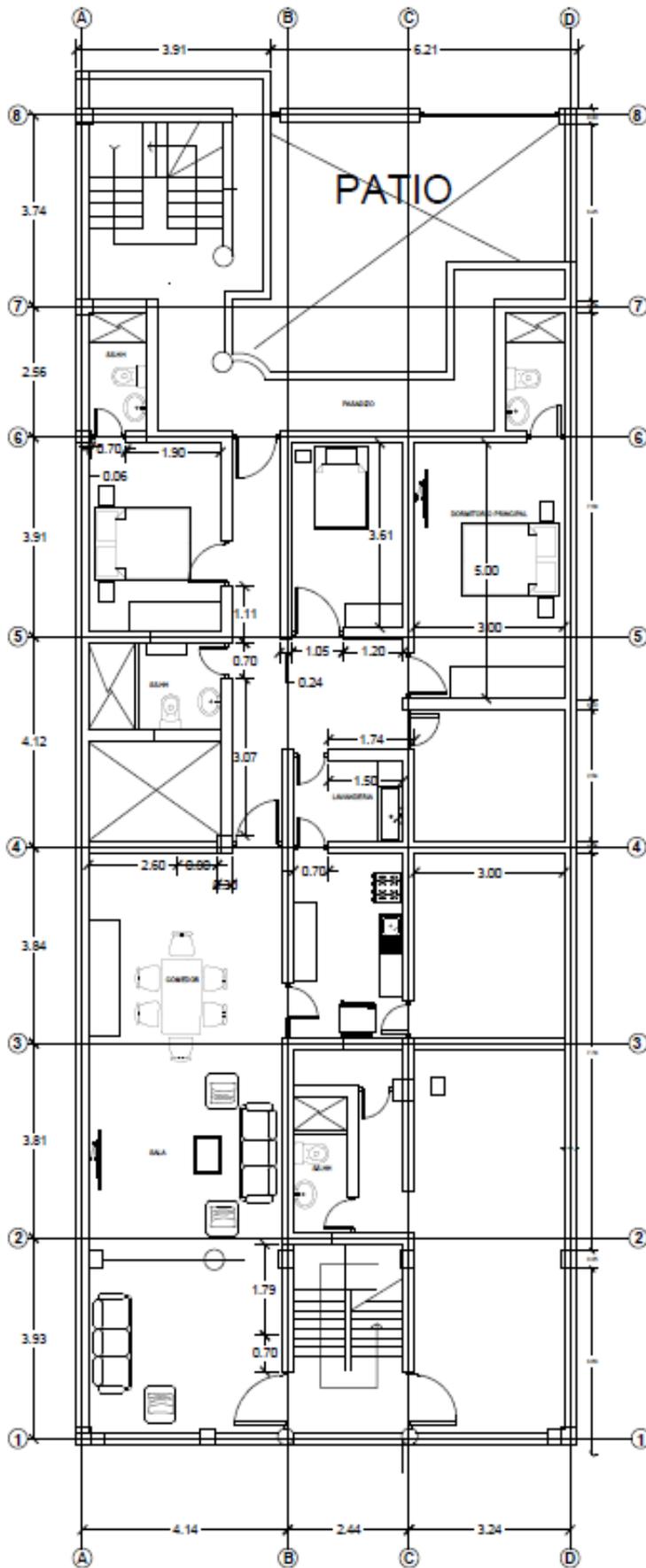
PRIMER NIVEL
E.C. 1:100



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

PLANO: Plano de Arquitectura	DISTRICTO: Su	PROVINCIA: Su	DEPARTAMENTO: Moquegua	LAMINA:
TÍTULO: "Diseño arquitectónico de edificaciones residenciales de abastecimiento energético con inclusión comunitaria, Edificio Rodríguez, Su, Moquegua 2021"	FECHA: Marzo 2022	ESCALA: 1:100	ELABORADO POR: Arch. Iván Esteban Guzmán Cusi	A-01

PLANO: PLANTA TIPICA 2,3 y 4° NIVEL, EDIFICIO RODRÍGUEZ



SEGUNDO, TERCER Y CUARTO NIVEL
Escala: 1:100



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

PLANO: Plano de Arquitectura	DIRECCIÓN: Instituto de Investigación y Desarrollo	PROVINCIA: Instituto de Investigación y Desarrollo	DEPARTAMENTO: Moquegua	LÁMINA:
TÍTULO: "Diseño y ejecución de edificaciones multifamiliares de alta calidad en el sector residencial, Edificio Rodríguez, Instituto de Investigación y Desarrollo Instituto de Investigación y Desarrollo"		FECHA: Marzo 2022	ESCALA: 1:100	A-02
		ELABORADO POR: Ing. Iván Benítez García Cuevas		

MAPA: DE UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO



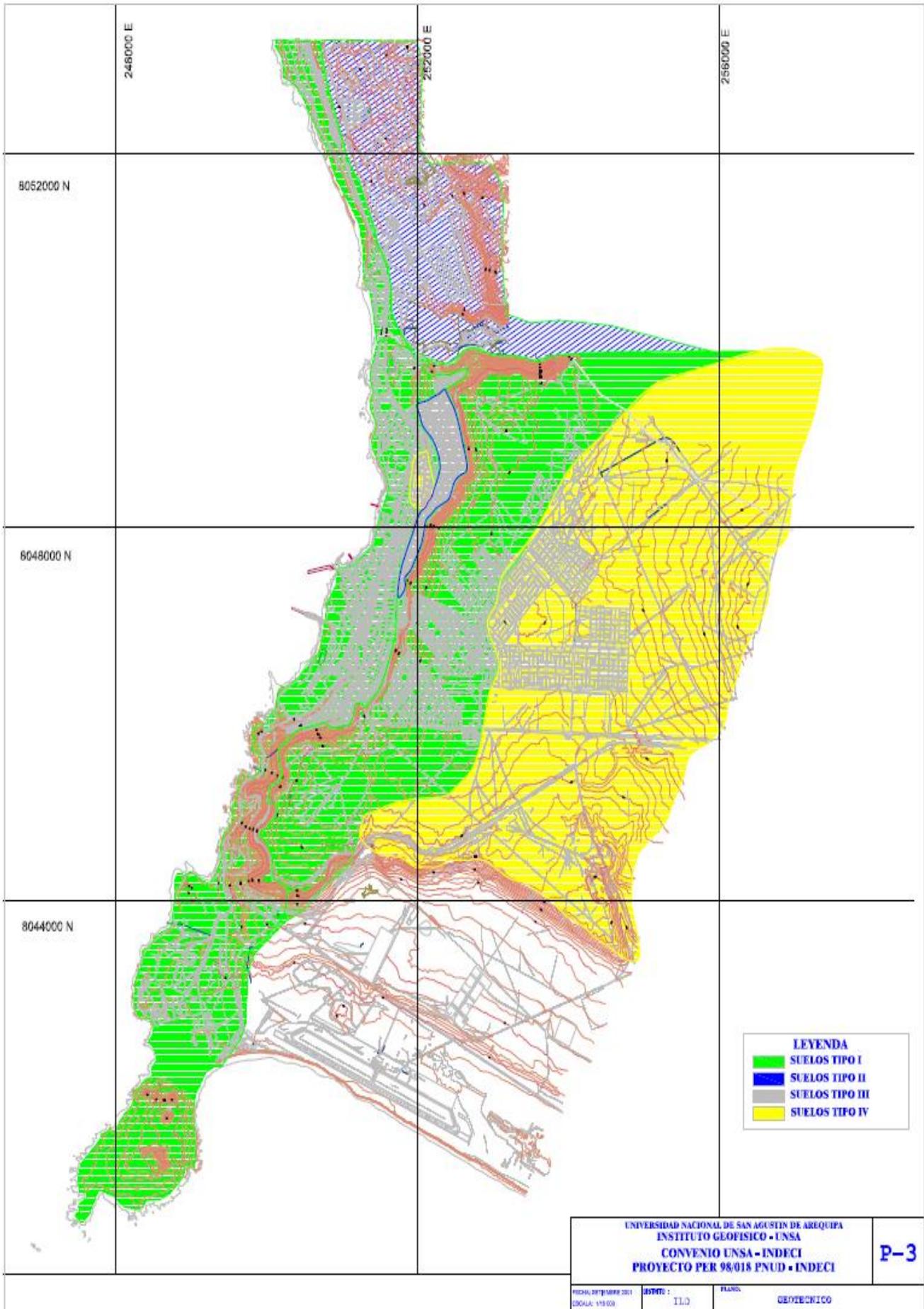
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
 INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
 CONVENIO UNSA INDECI

MAPA DE UBICACION
 DE LA ZONA DE ESTUDIO

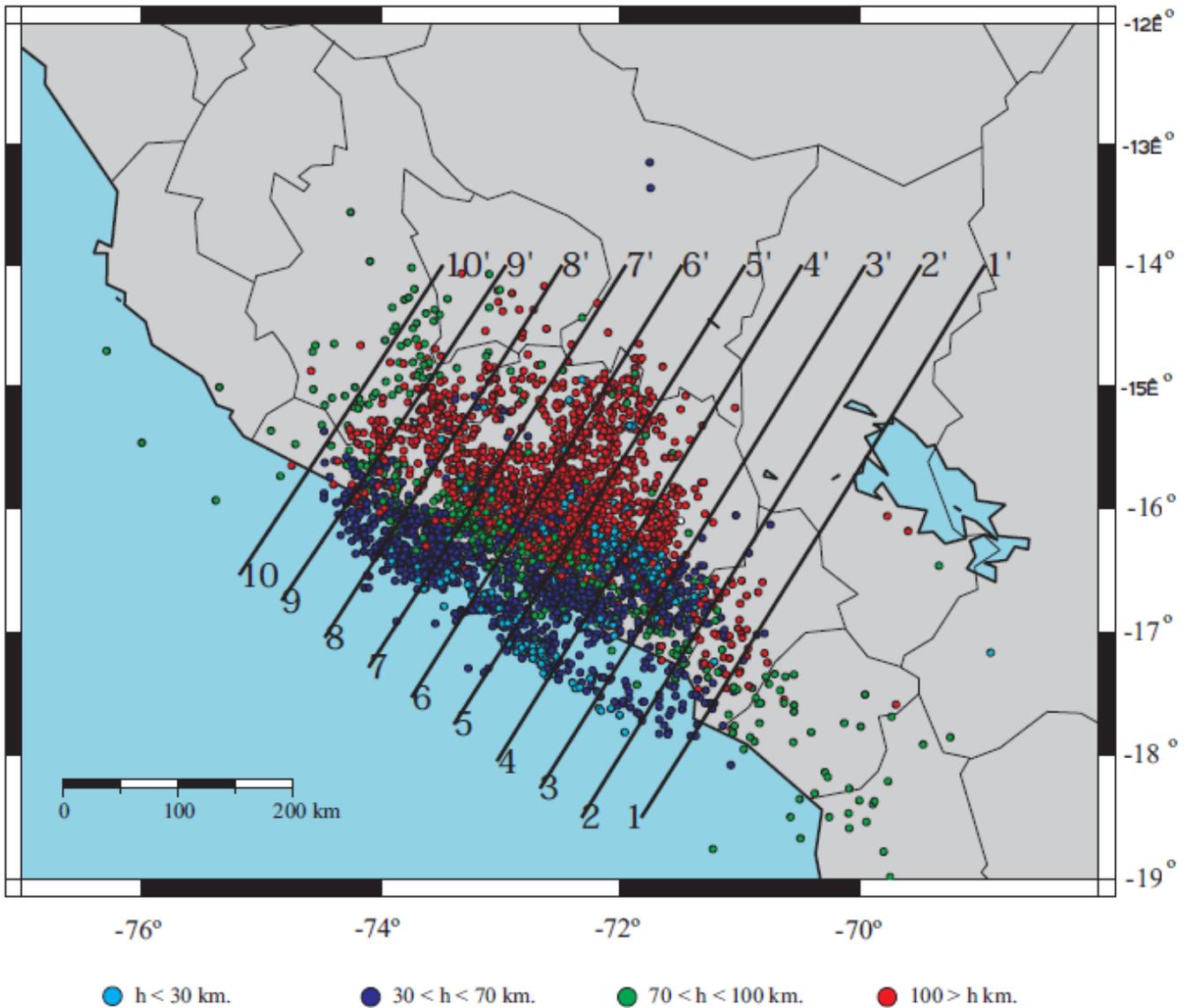
Fecha: setiembre, 2001

Fig. Nº 1

MAPA: TIPOS DE SUELOS DE LA CIUDAD DE ILO



MAPA: EPICENTRAL DE LA CIUDAD DE ILO



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA	
	INSTITUTO GEOFISICO - UNSA	
CONVENIO UNSA - INDECI		
MAPA EPICENTRAL CAMPAÑAS SISMICAS 1965, 1969, 1975-76 y 1985		
Fecha: setiembre, 2001	Ref.: Engdahl	Fig. N° 10

Anexo N° 6: Panel fotográfico



Figura 1: Fachada Principal del Edificio Rodriguez



Figura 2: Interior del Edificio Rodríguez

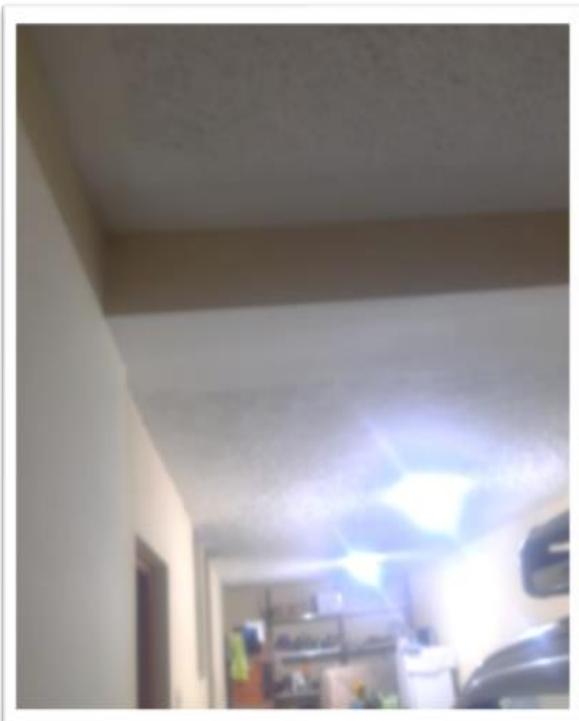


Figura 3: Interior del Edificio Rodríguez

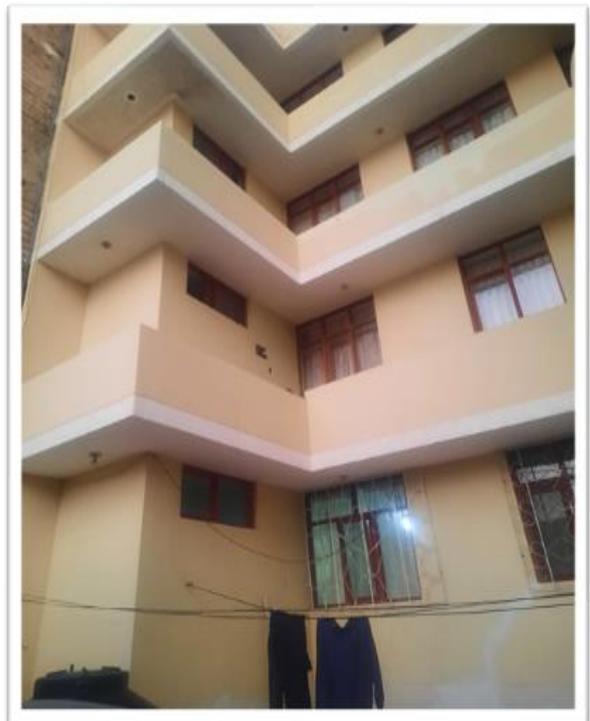


Figura 4: Elevación del Edificio Rodríguez

Anexo N° 7: Ficha de recopilación de datos

FICHA DE RECOLECCION DE INFORMACIÓN				
UNIVERSIDAD	:	Universidad César Vallejo	 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	
FACULTAD	:	Ingeniería y Arquitectura		
ESCUELA PROFESIONAL	:	Ingeniería Civil		
TÍTULO DE TESIS:				
« Desempeño sísmico de Edificaciones multifamiliares de Albaláneria confinada analizadas con Métodos Convencionales, Edificio Rodríguez, Ilo, Huacaya 2021 »				
1. DATOS GENERALES :				
UBICACIÓN	:	Urb. Huascar Mz. L-4709, 5to - Huacaya	FECHA DE EVALUACION :	16-02-2022
EVALUADOR	:	Bach. Noemi Stepany Quenaya Cis	HORA DE EVALUACIÓN :	8:00 PM
ENTREVISTADO	:	Patricio Rodríguez Caranza	OTROS :	
USO	:	Vivienda multifamiliar		
2. RECOPIACION DE DATOS				
Se realizó visita in situ para realizar el metraje del edificio Rodríguez, debido a que no se contaba con los planos necesarios para poder realizar esta investigación. $C = 0.30 \times 0.35$				
3. VERIFICACION DE DATOS				
Para poder verificar los datos de la resistencia de los materiales en específico del concreto. Se realizó el ensayo de esclerómetro en vigas y columnas para poder obtener la resistencia del concreto.				
4. MODULACION DE SOFTWARE				
Teniendo los planos dibujados y los resultados del ensayo, se procede a realizar la modulación del edificio en el software etabs. v. 20.				
5. OBSERVACIONES				
La edificación fue diseñada a constarse en 4 niveles, el cual este fue construido y modificado según lo necesidad del propietario, en dos tiempos, el cual fue ampliado.				

Anexo N° 8: Carta de Autorización de la muestra en estudio

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

AUTORIZACION

Yo, Patricio Rodríguez Carranza identificado con DNI N° 04624171 y Nicsia Vásquez de Rodríguez, identificada con DNI N° 04624172, con domicilio legal ambos en la Urbanización Huascar Mz. L – Lt. 09 del Distrito de Ilo, provincia Ilo, Departamento Moquegua, propietarios de la edificación denominado "Vivienda Multifamiliar Rodríguez".

AUTORIZO a la Srta. Noemi Stefany Quenaya Cusi, identificada con DNI N° 73118276 con domicilio en A.H. Jose Carlos Mariátegui Mz. L – Lt. 10, de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo sede Lima – Norte, a realizar trabajo los estudios correspondientes, con finalidad de poder desarrollar su proyecto de investigación denominado: "DESEMPEÑO SÍSMICO DE EDIFICACIONES MULTIFAMILIARES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA ANALIZADOS CON MÉTODOS CONVENCIONALES EDIFICIO RODRÍGUEZ, ILO, MOQUEGUA 2021", hasta junio 2022.

Ilo, 05 de enero del 2022

Atentamente,



Patricio Rodríguez Carranza

DNI N° 04624171

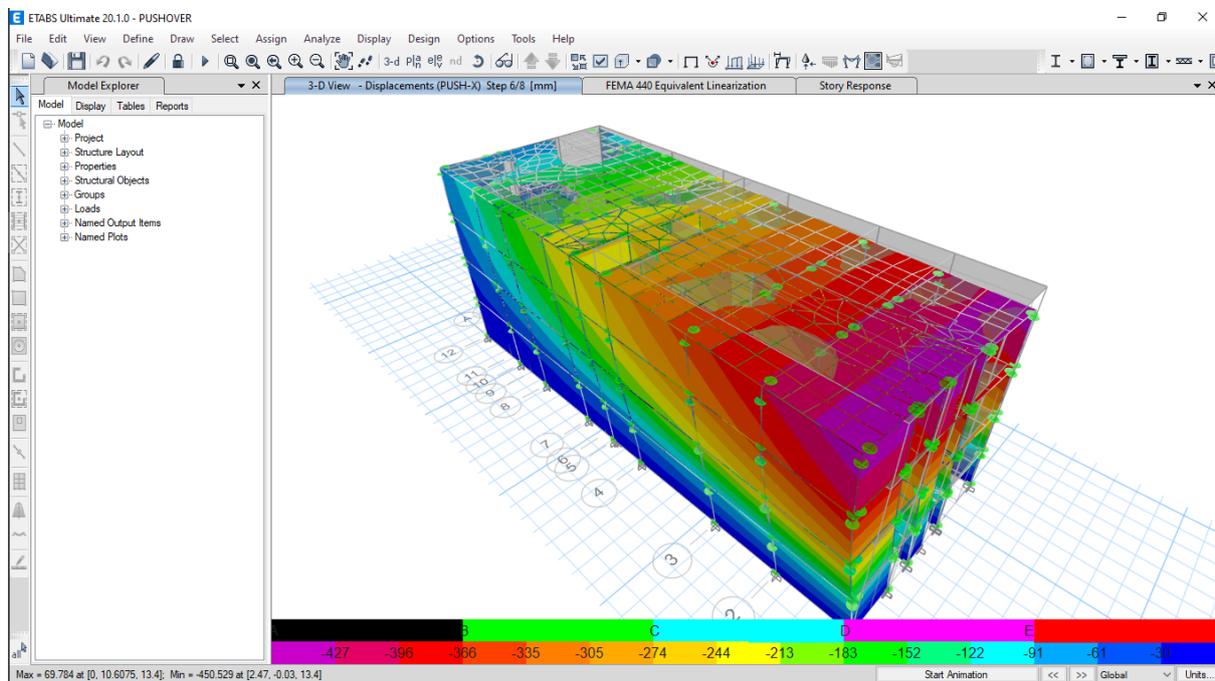
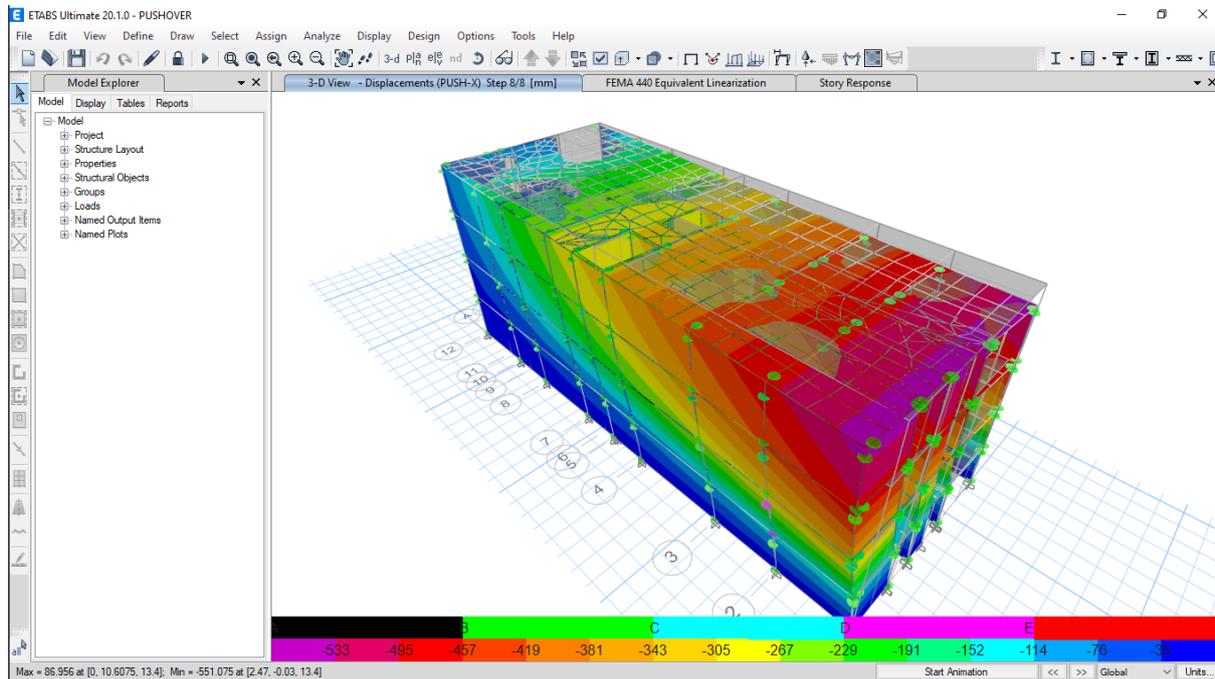


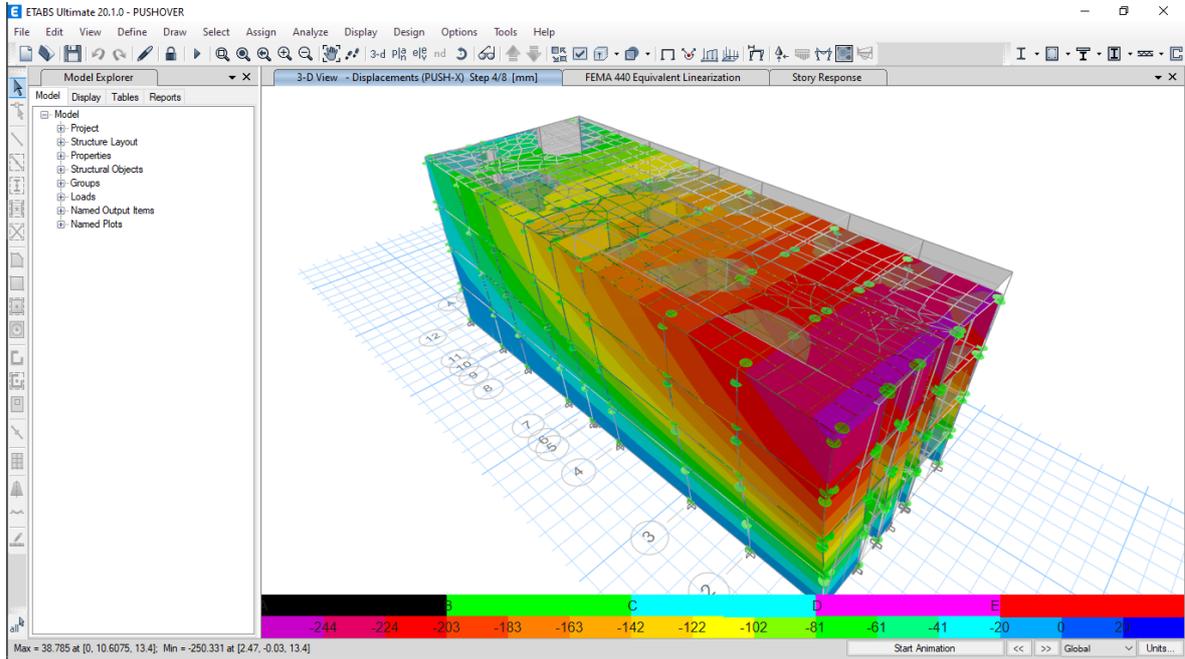
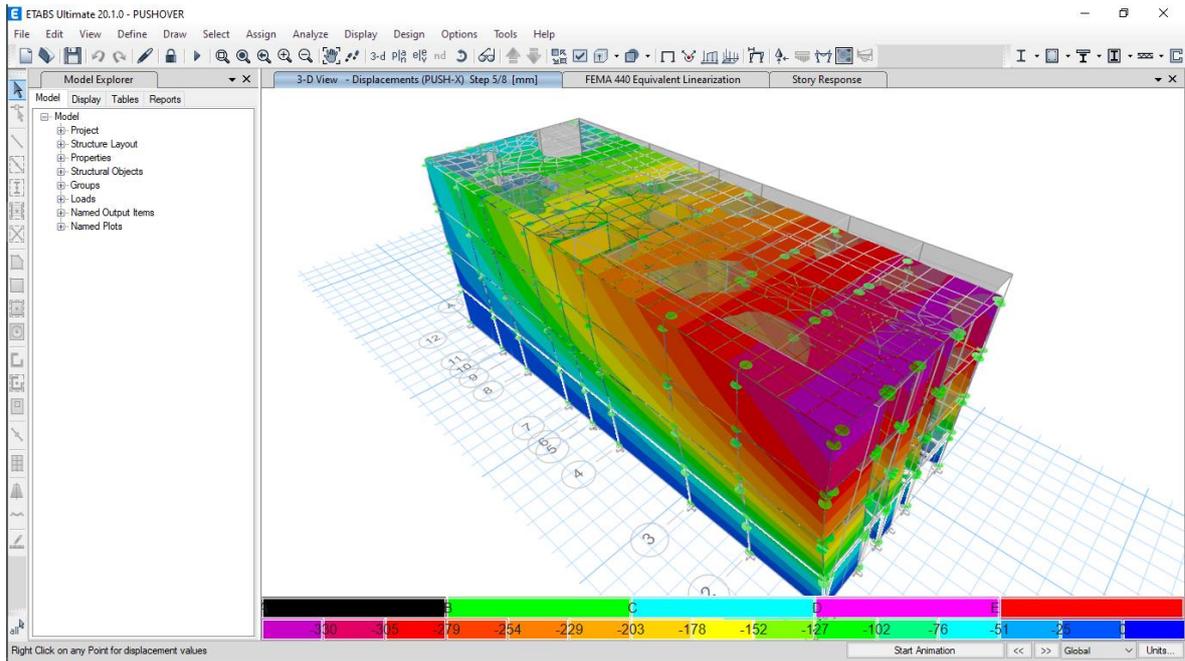
Nicsia Vásquez de Rodríguez

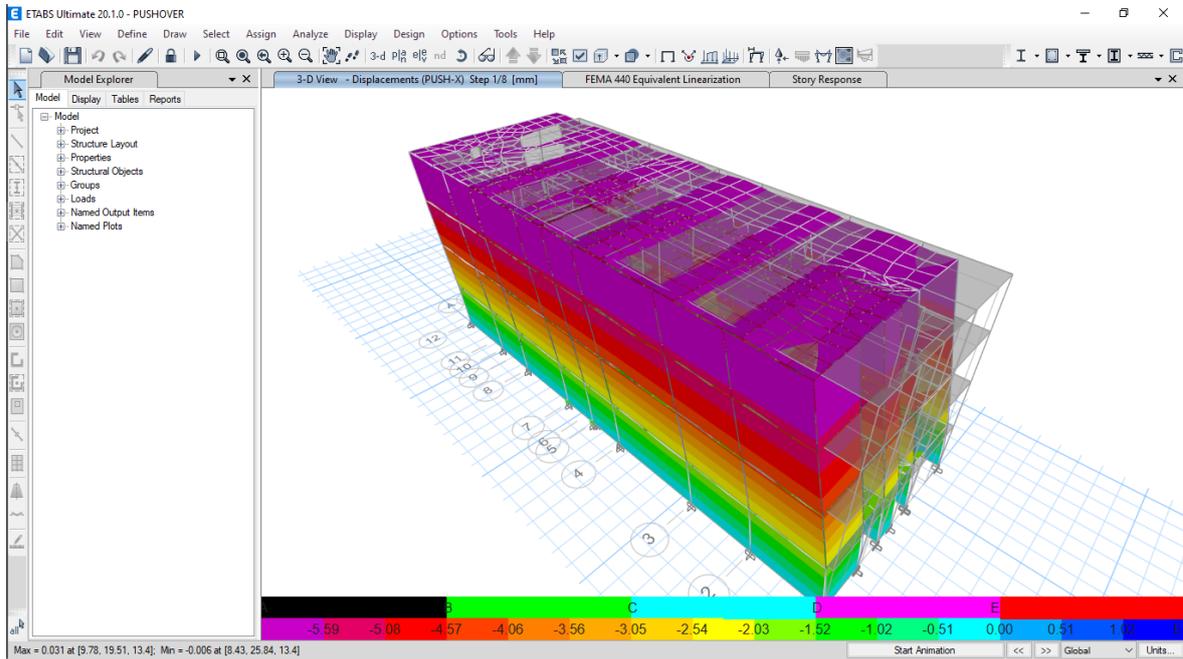
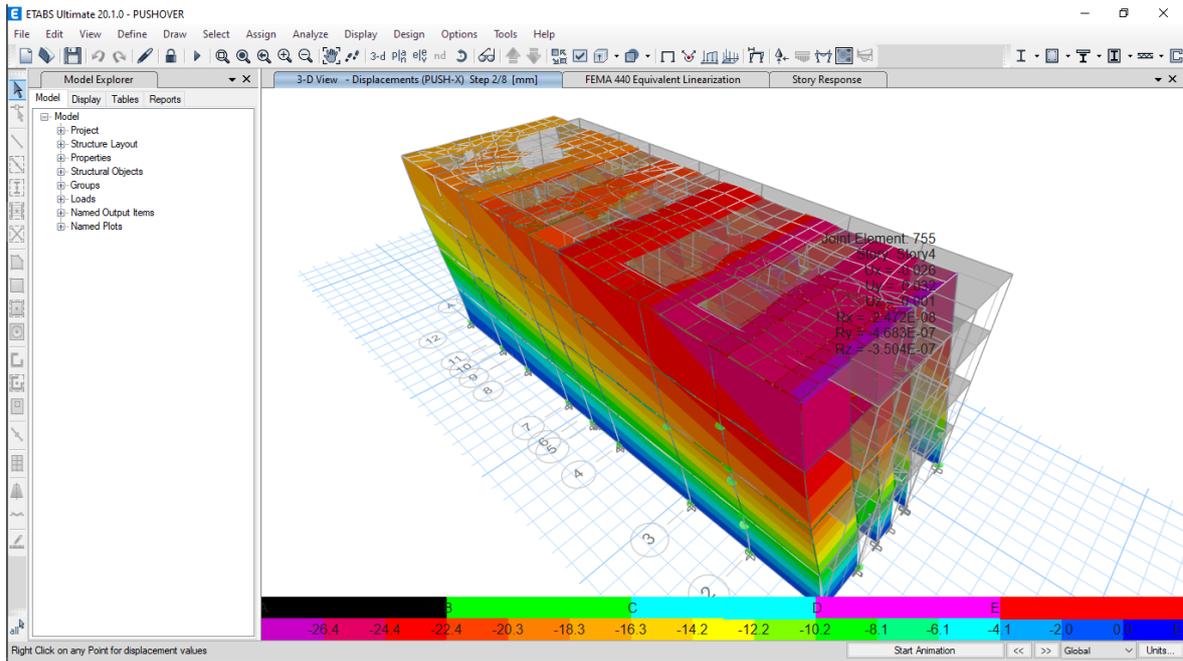
DNI N° 04624172

Anexo N° 9: Hojas de cálculo

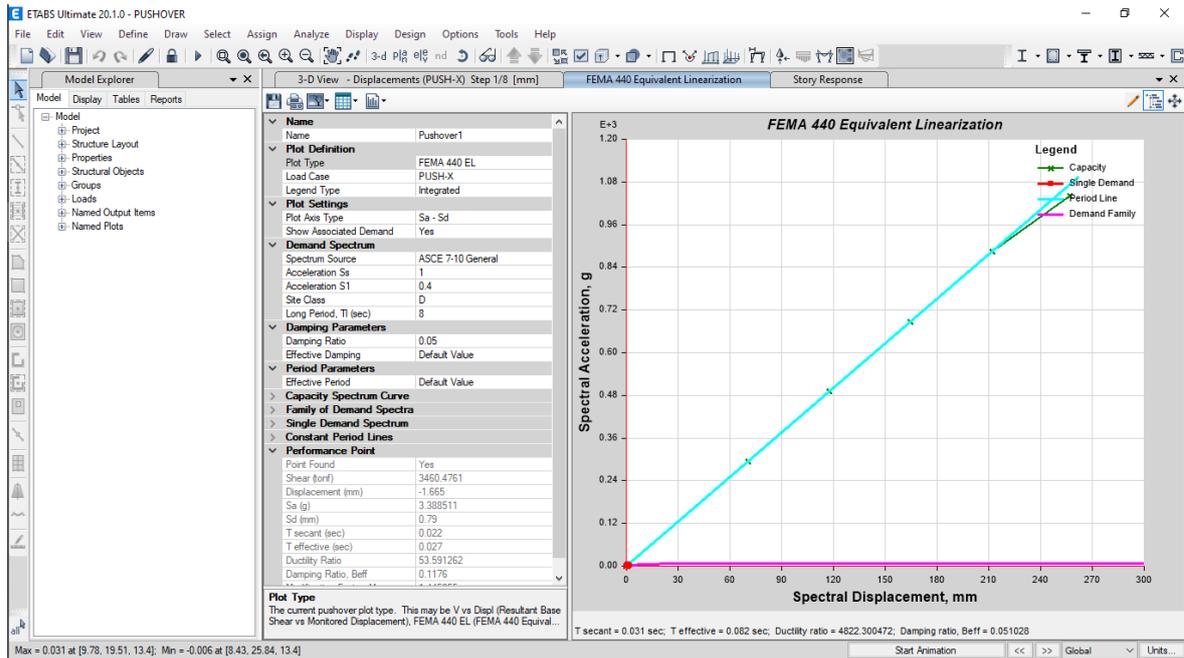
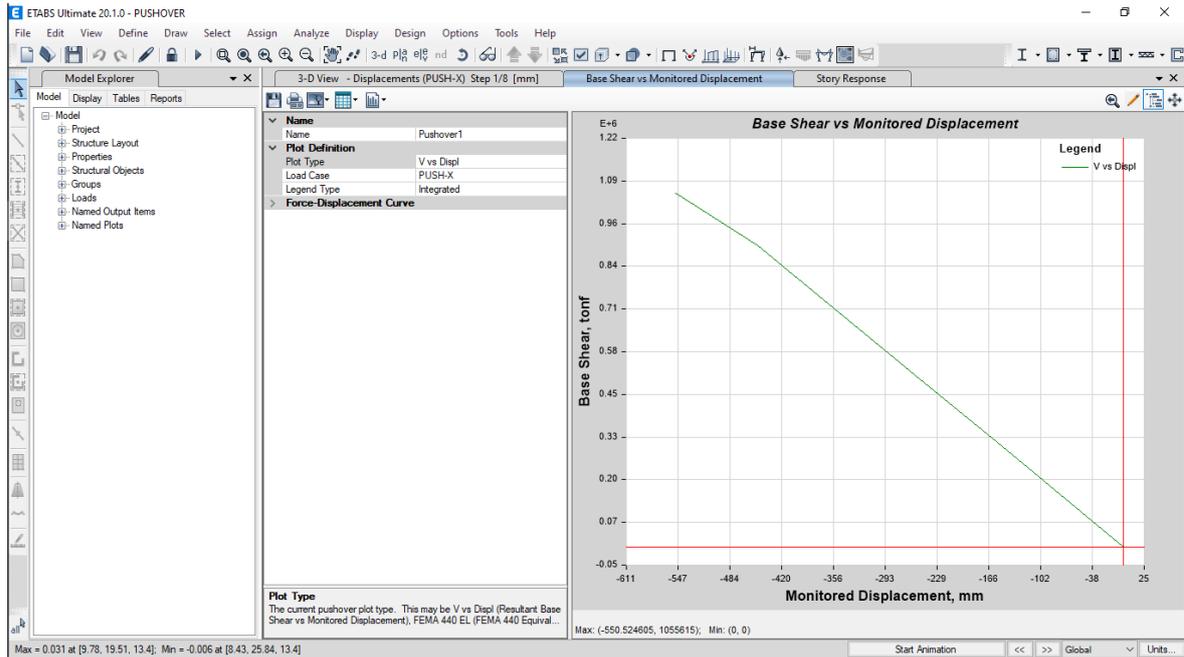
Anexo 9.1. Análisis por capacidad

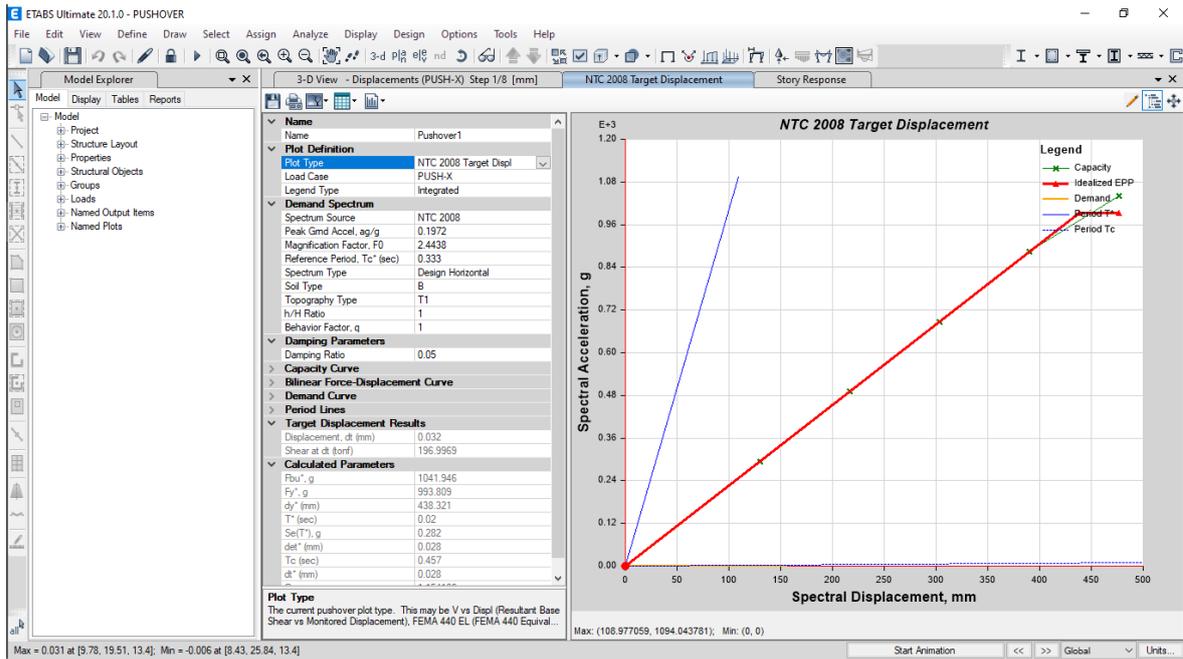




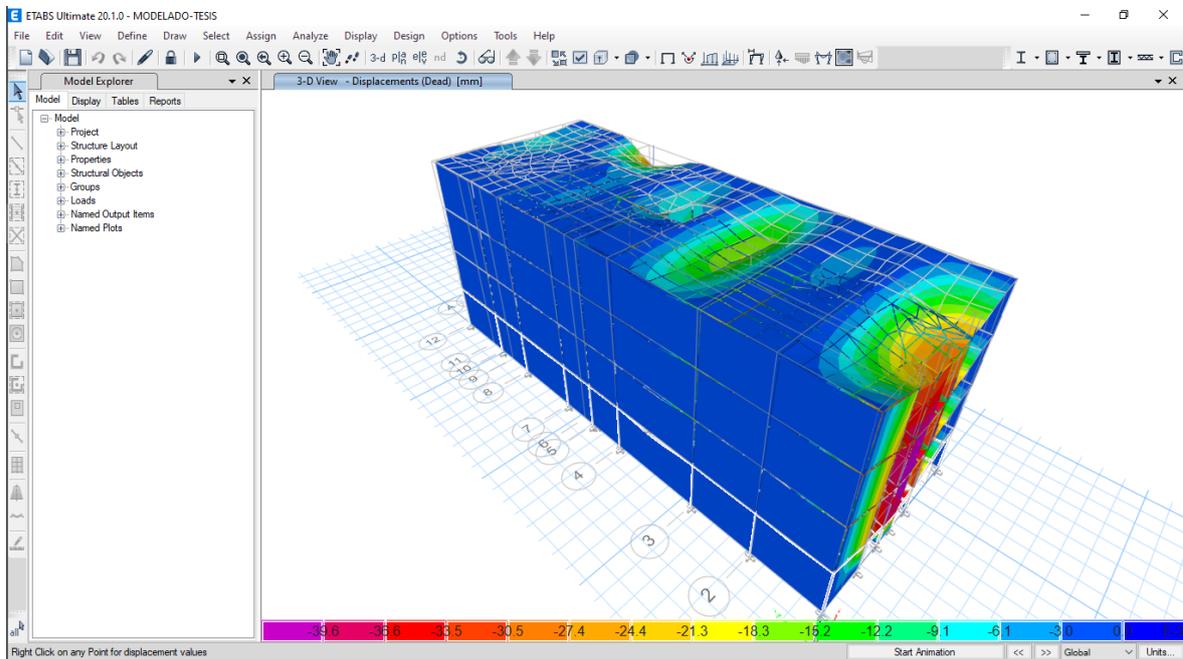


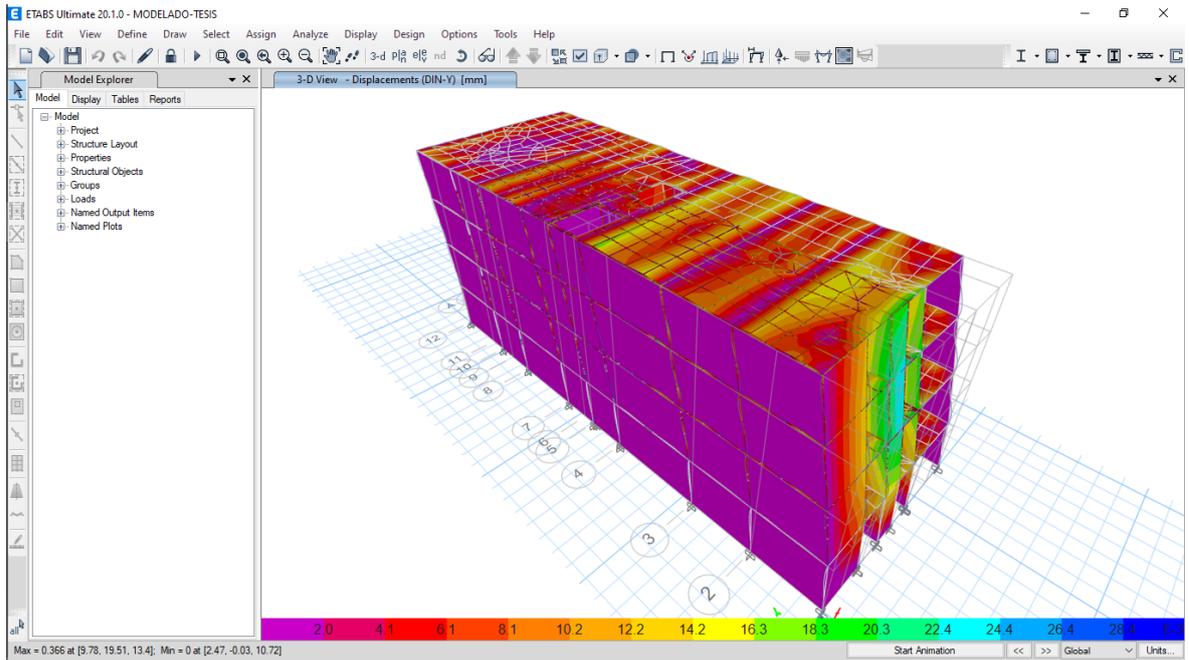
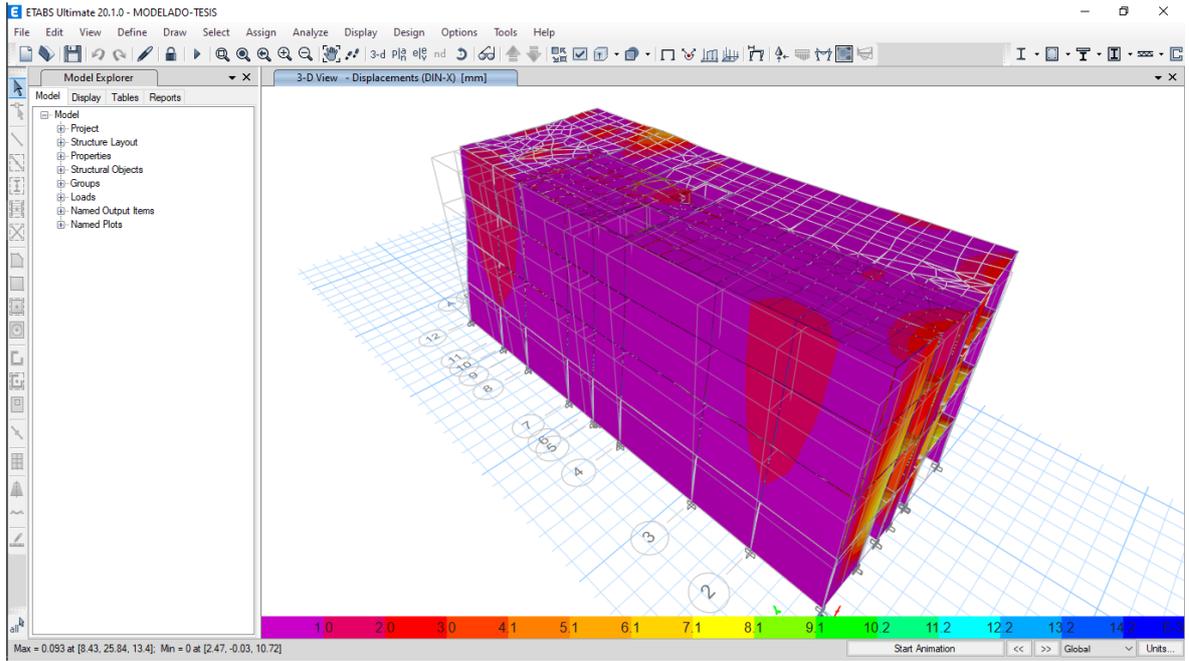
Anexo 9.2. Curva de capacidad

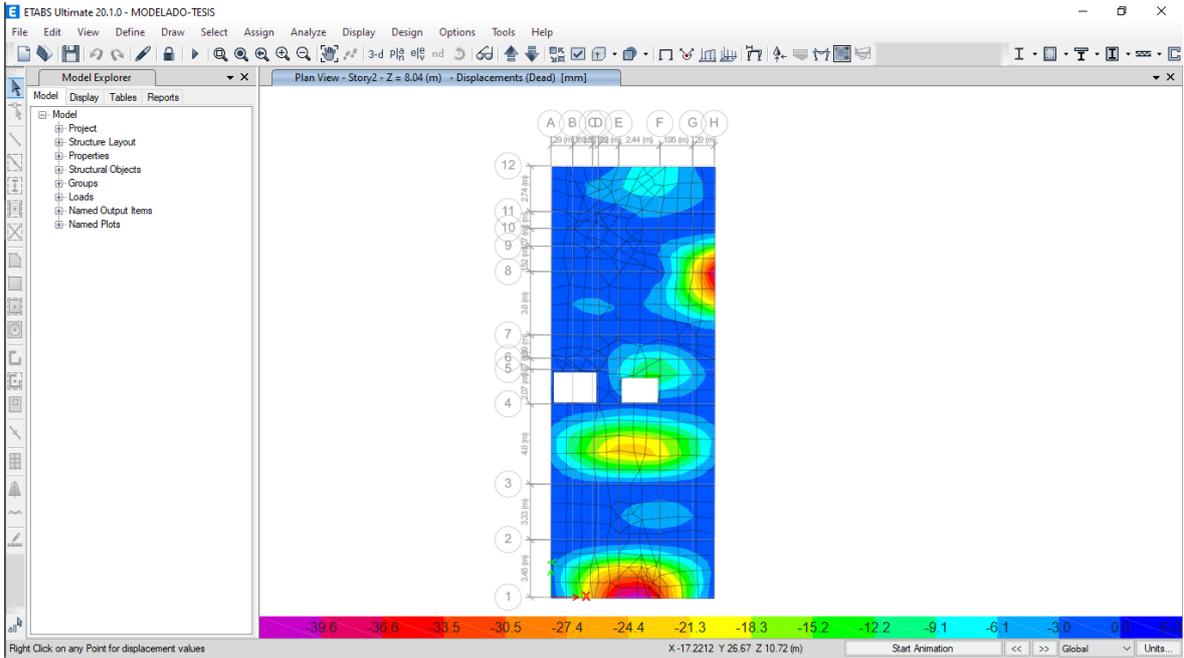
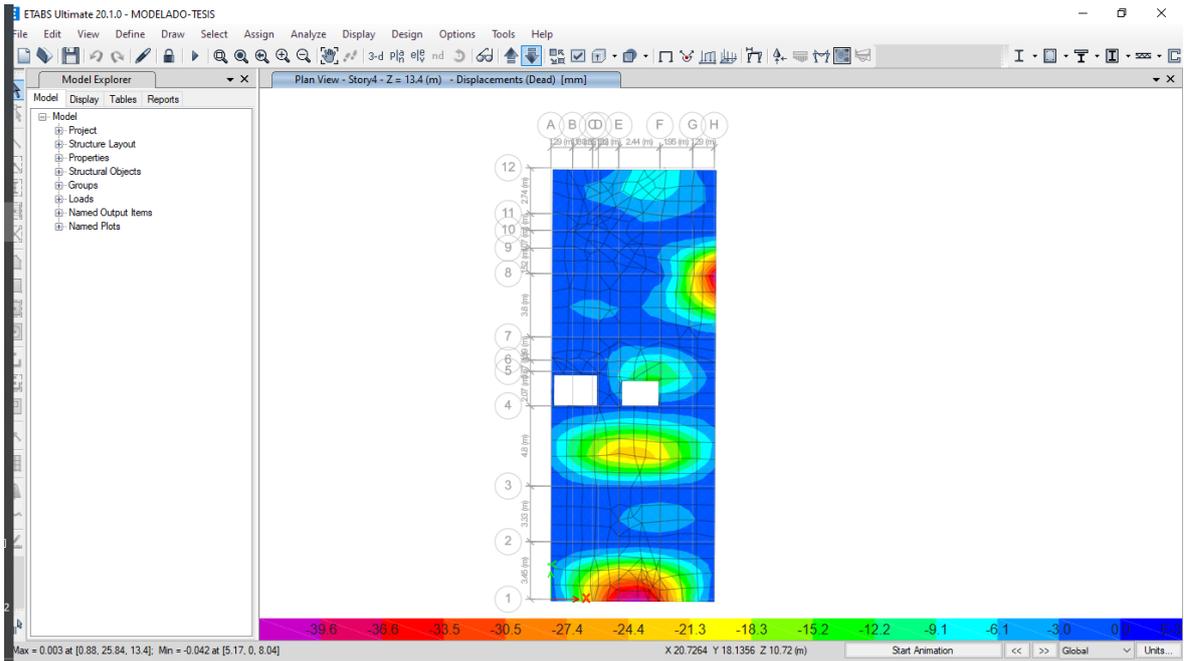


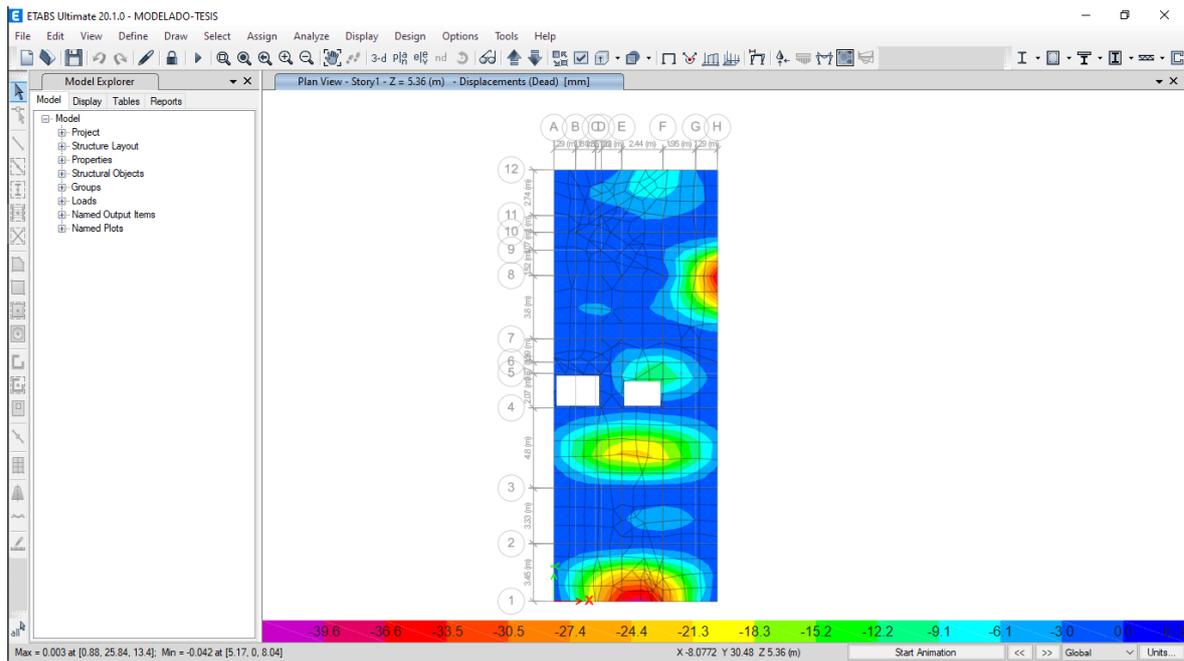


Anexo 9.3. Desplazamientos con el espectro pseudo aceleraciones

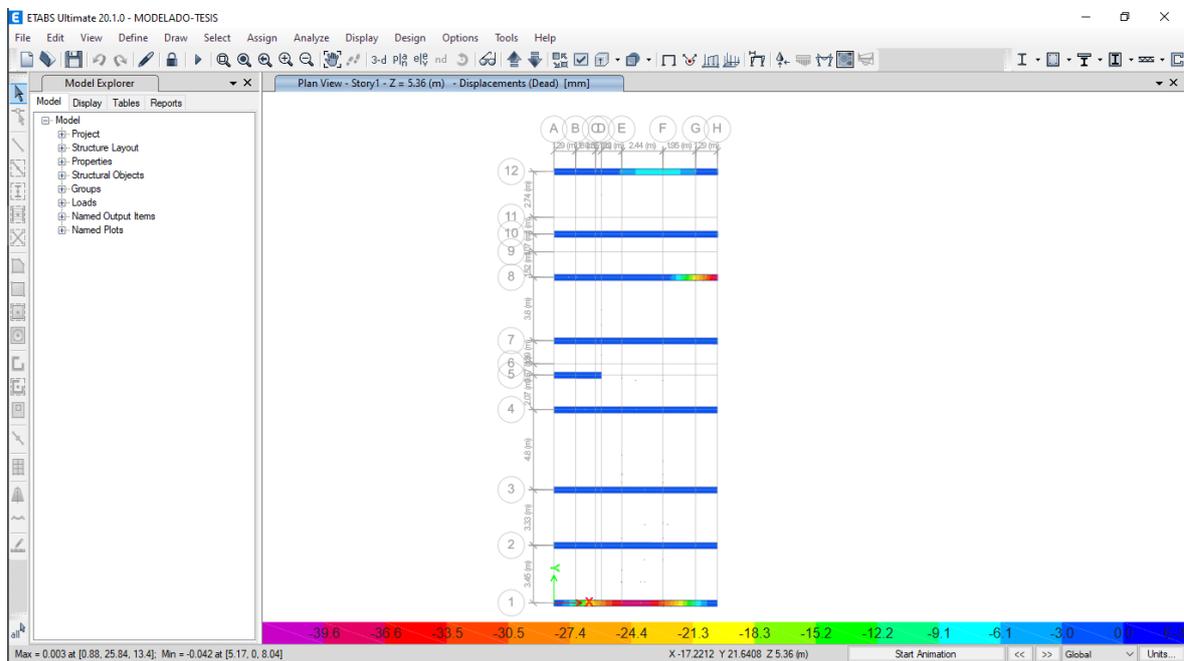


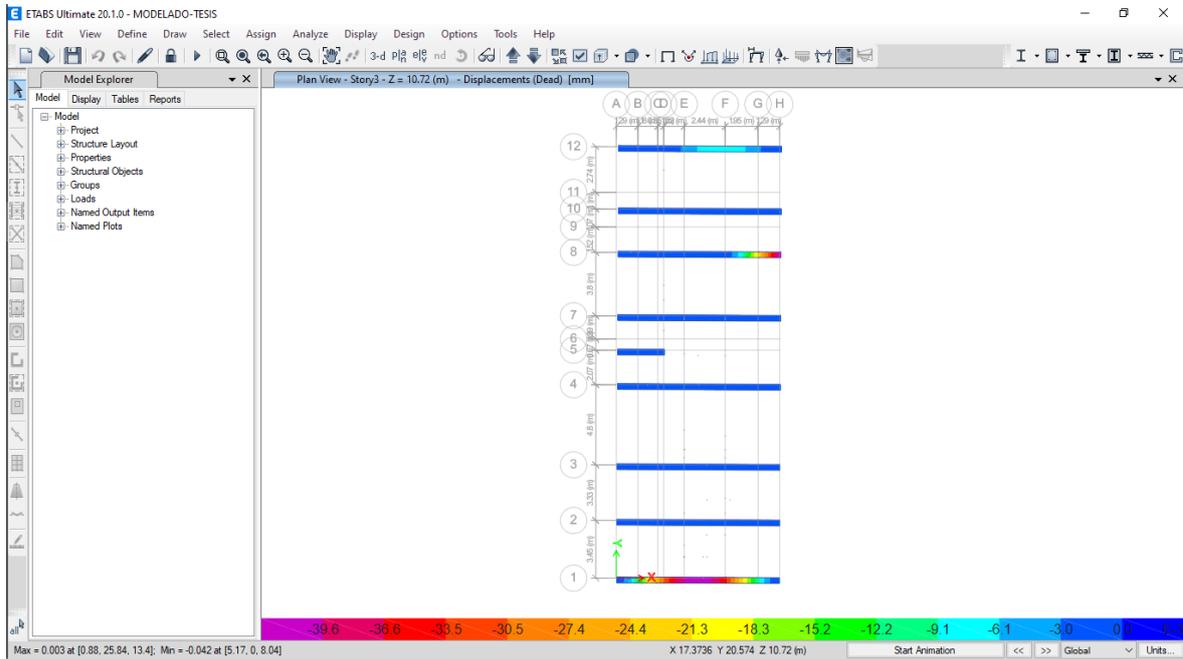
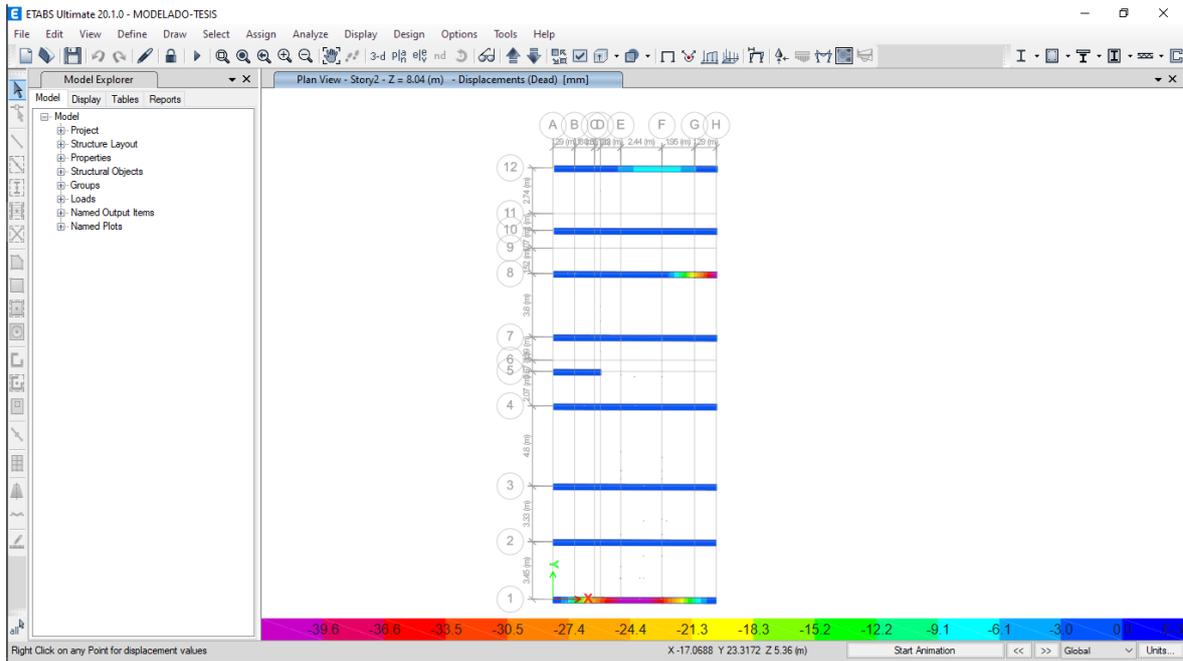


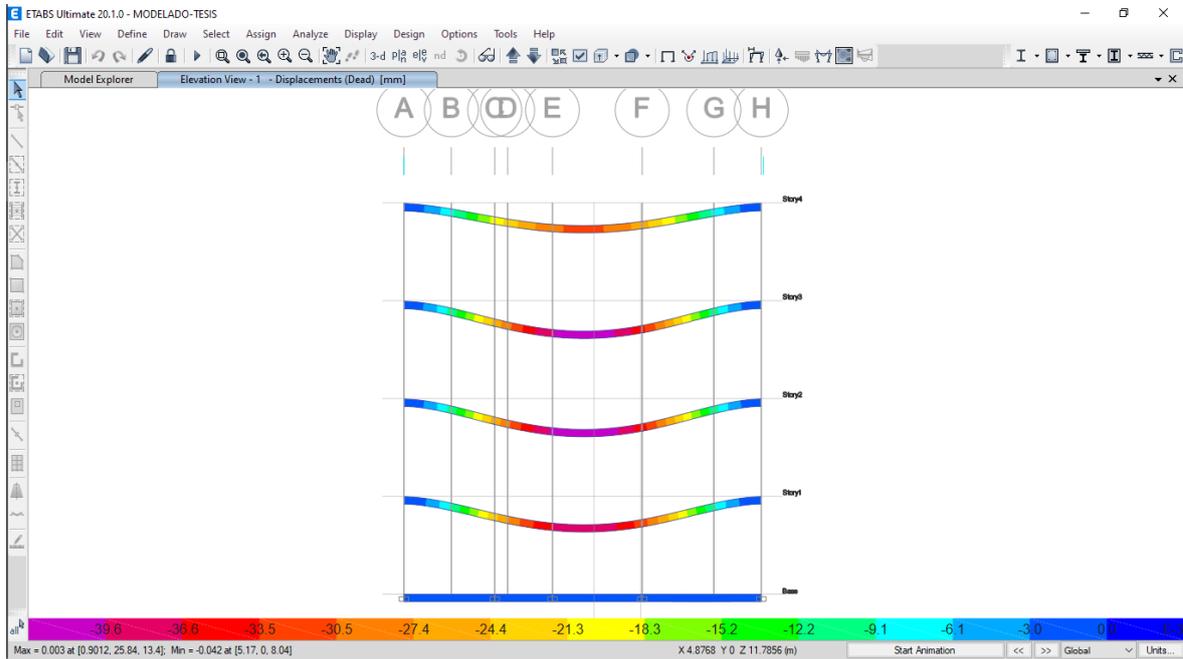
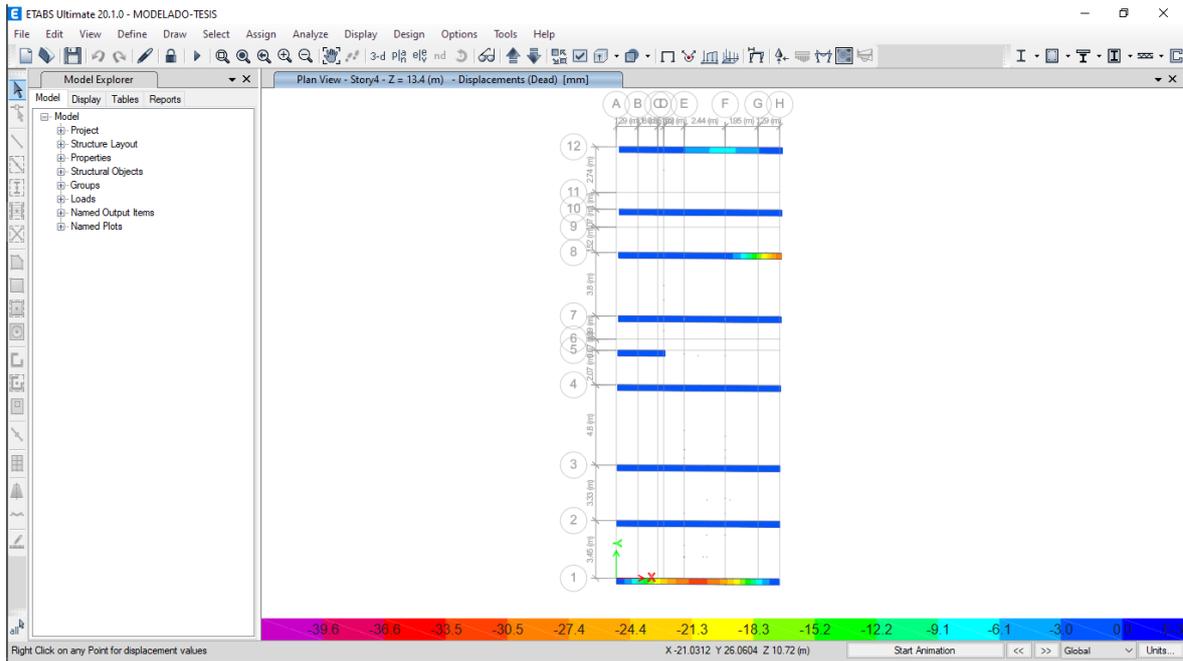


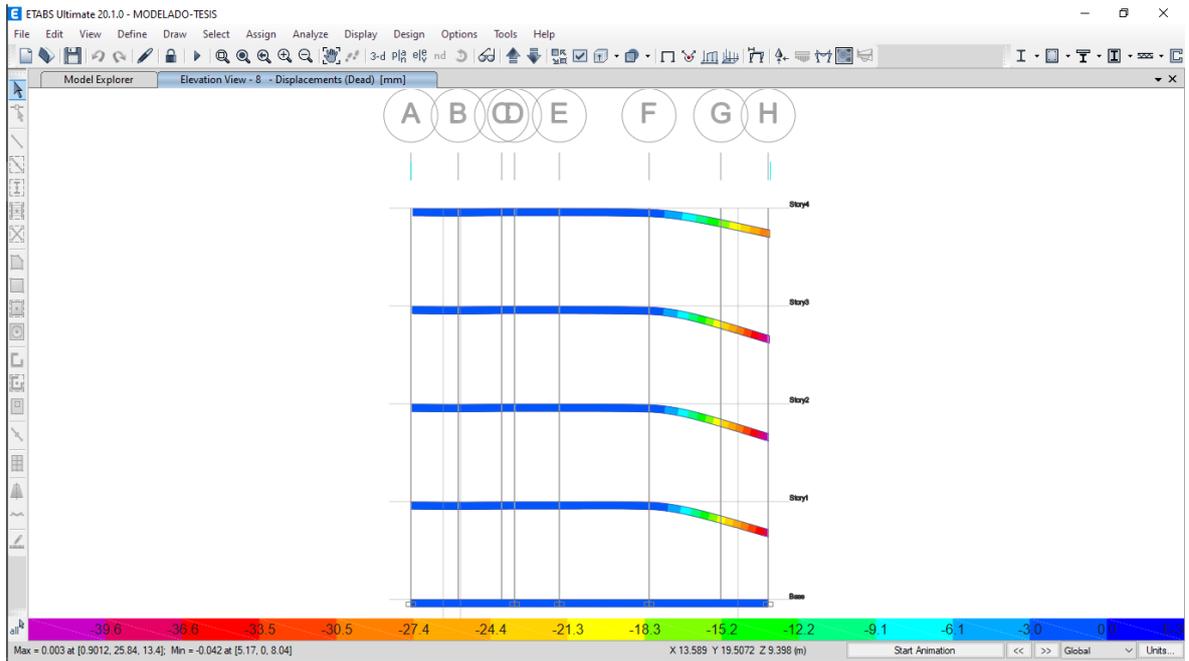


Anexo 9.5. Deformaciones en viga









Anexo N° 10: Certificado de laboratorio



CONSTRUCTORA INCASAL E.I.R.L.

MINERIA Y CONSTRUCCION

ILO, 6 de Abril del 2022

ENSAYO DE ESCLEROMETRIA



PROYECTO:

“EVALUACION ESTRUCTURAL EDIFICIO RODRIGUEZ”

SOLICITANTE:

Bachiller: Noemi Estefany Quenaya Cusi

REGIÓN : Ilo - Moquegua

ABRIL – 2022

RUC: 20116510112
TELEF: 993697731 RPC



CONSTRUCTORA INCASAL E.I.R.L.

MINERIA Y CONSTRUCCION

DESCRIPCION

Determinación del Índice Esclerómetro

La norma ASTM C - 805, establece el procedimiento para determinar el número de rebote utilizando el dispositivo conocido como Matillo de Smith o Esclerómetro. Este método se emplea para evaluar comparativamente la resistencia del Concreto o macizo Rocoso.

- Preparación y acondicionamiento de las muestras.

La zona donde se va ejecutar el ensayo con esclerómetro debe tener como mínimo entre 100mm de espesor y 150mm de diámetro, para evitar lecturas erróneas. Deben elegirse las superficies de prueba de acuerdo a la representatividad del área a ensayar en función de sus oquedades, desconchamiento, alta porosidad o textura rugosa.

- Preparación de la superficie de prueba.

Antes de realizar los ensayos debe eliminarse la superficie que podría afectar el Índice de Rebote e inducir a los datos erróneos como son: capas de yeso, polvo, alteración superficial de la roca, vegetación, etc. y cuando la superficie tenga irregularidades esta debe pulirse con la piedra abrasiva.

- Ensayo.

Los ensayos comparativos deben efectuarse con un mismo martillo, el que debe sujetarse firmemente en posición perpendicular sobre la superficie del macizo rocoso que se va a evaluar y se ejerce una presión sobre el martillo para que el embolo se libere y se deja que se extienda hasta alcanzar su máxima extensión manteniendo la perpendicularidad hasta que la masa interna del martillo golpee la superficie de la roca.

- Cálculo e interpretación de resultados.

Se determina el promedio de lecturas. Si más de tres lecturas difieren del promedio en seis o más unidades se desecha la prueba. Se elimina las lecturas que difieran de un promedio en más de 5 unidades y se determina el promedio de las lecturas restantes, siendo este el número de rebote.

- Angulo de Impacto.

Puesto que el martillo se puede utilizar no solamente en superficies verticales sino además también en pisos (-90°), Techos (+90°) y superficies inclinadas (+45°), es absolutamente obvio que el rebote del martillo será afectado por la gravedad; por lo tanto, una prueba realizada en un Angulo de +90° producirá un valor más alto de rebote que la misma prueba realizada con un Angulo de -90°.



CONSTRUCTORA INCASAL E.I.R.L.

MINERIA Y CONSTRUCCION

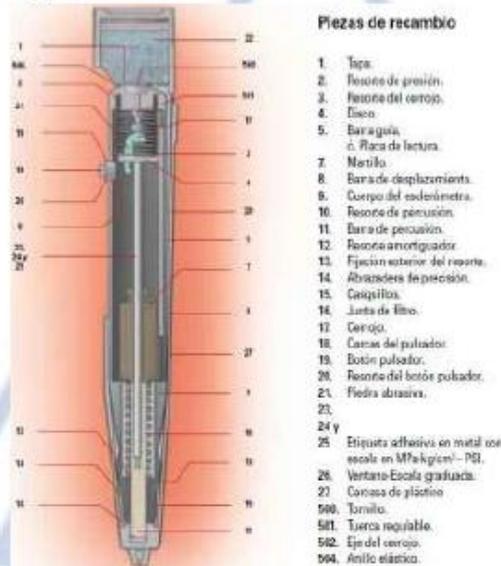
Para determinar el grado de resistencia del concreto se debe tener en cuenta el Angulo de Impacto (+90°, +45°, 0°, -45° y -90°), así mismo se debe promediar la sumatoria del valor de rebote (R) con el total de los disparos efectuados.

$$R^{\circ} = \Sigma R/n$$

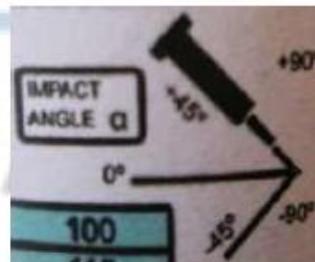
Donde:

R° = Grado de Resistencia, ΣR = Sumatoria del valor de Rebote, n = Numero de disparos efectuados

Por lo tanto en el cuadro 01, buscamos el valor Promedio del rebote con el ángulo de impacto 0° y tenemos como resultado en Kg/cm²



Angulo de Disparo



En el cuadro apreciamos resultados (Kg/cm²) según el valor R

[Handwritten signature and stamp]
 INCA S.A. REPRESENTACIÓN MINAS
 2016



CONSTRUCTORA INCASAL E.I.R.L.

MINERIA Y CONSTRUCCION

ANGULO DE IMPACTO (Cuadro N° 01) Kg/cm ²					
R	α-90°	α-45°	α-0°	α+45°	α+90°
20	125	115			
21	135	125			
22	145	135	110		
23	160	145	120		
24	170	160	130		
25	180	170	140	100	
26	198	185	158	115	
27	210	200	165	130	105
28	220	210	180	140	120
29	238	220	190	150	138
30	250	238	210	170	145
31	260	250	220	180	160
32	280	265	238	190	170
33	290	280	250	210	190
34	321	290	260	220	200
35	320	310	280	238	218
36	340	320	290	250	230
37	350	340	310	265	245
38	370	350	320	280	260
39	380	370	340	300	280
40	400	380	350	310	295
41	410	400	370	330	310
42	425	415	380	345	325
43	440	430	400	360	340
44	460	450	420	380	360
45	470	460	430	395	375
46	490	480	450	410	390
47	500	495	465	430	410
48	520	510	480	445	430
49	540	525	500	460	445
50	550	540	515	480	460
51	570	560	530	500	480
52	580	570	550	515	500
53	600	590	565	530	520
54	Por encima de 600	Por encima de 600	580	550	530
55	Por encima de 600	Por encima de 600	600	570	550

CONSTRUCTORA INCASAL E.I.R.L.
RUC: 20116510112
DIRECCION: Urb. Quispicanchis J-13



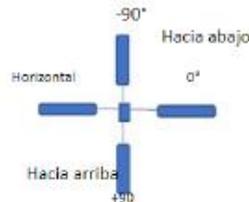
CONSTRUCTORA INCASAL E.I.R.L.

MINERIA Y CONSTRUCCION

Resultados obtenidos de campo:

Teniendo en cuenta el Angulo de disparo se obtiene las siguientes resistencias

Dirección del impacto



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Antes de realizar cada ensayo, se preparó la superficie de la columna teniendo que estar limpia y lisa para efectuar dichos ensayos.
- Se realizaron como mínimo 10 disparos por cada punto de ensayo el cual se han descartado los valores máximos y mínimos, de tal manera tener el promedio del valor de Rebote
- En el cuadro N° 01 tenemos valores del grado de resistencia del Concreto (Kg/cm²) según el ángulo de impacto y el valor promedio de Rebote.
- El Angulo de inclinación de los ensayos realizados fue a 0° Y DE +90°
- En el presente informe se puede apreciar los resultados obtenidos.
- La resistencia que debería llegar es variable en toda la edificación se muestra la resistencia de cada elemento expresado en Kg/Cm²
- Se aprecia que el proceso constructivo no muestra homogeneidad en el proceso de vaciado de los elementos estructurales, se aprecia procesos de vaciado por tramos tanto en columnas y vigas, se concluye que la resistencia es variable en todos los elementos.
- El ingeniero responsable tendrá que determinar con los resultados obtenidos en campo



CONSTRUCTORA INCASAL E.I.R.L.

MINERIA Y CONSTRUCCION

CUADRO RESUMEN DE EVALUACION

DESCRIPCION	ANGULO DE IMPACTO	PROMEDIO REBOTE	RESISTENCIA	UND
PRIMER NIVEL				
RESISTENCIA PROMEDIO			400.00	Kg/cm2
COLUMNA 1	0	42	380	Kg/cm2
COLUMNA 2	0	46	450	Kg/cm2
COLUMNA 3	0	45	430	Kg/cm2
COLUMNA 4	0	35	280	Kg/cm2
VIGA CENTRAL	90	51	480	Kg/cm2
VIGA CENTRAL	0	42	380	Kg/cm2
SEGUNDO NIVEL				
RESISTENCIA PROMEDIO			354.67	Kg/cm2
COLUMNA 1	0	45	430	Kg/cm2
COLUMNA 2	0	34	260	Kg/cm2
COLUMNA 3	0	39	340	Kg/cm2
COLUMNA 4	0	32	238	Kg/cm2
VIGA CENTRAL	90	51	480	Kg/cm2
VIGA CENTRAL	0	42	380	Kg/cm2
TERCER NIVEL				
RESISTENCIA PROMEDIO			288.00	Kg/cm2
COLUMNA 1	0	30	210	Kg/cm2
COLUMNA 2	0	28	180	Kg/cm2
COLUMNA 3	0	29	190	Kg/cm2
VIGA CENTRAL	90	51	480	Kg/cm2
VIGA CENTRAL	0	42	380	Kg/cm2
CUARTO NIVEL				
RESISTENCIA PROMEDIO			210.10	Kg/cm2
COLUMNA 1	0	30	210	Kg/cm2
COLUMNA 2	0	36	290	Kg/cm2
COLUMNA 3	0	34	260	Kg/cm2
COLUMNA 4	0	29	190	Kg/cm2
COLUMNA 5	0	33	250	Kg/cm2
COLUMNA 6	0	27	165	Kg/cm2
VIGA CENTRAL 1	90	32	238	Kg/cm2
VIGA PERIMETRAL 2	0	24	130	Kg/cm2
VIGA PERIMETRAL 3	0	26	158	Kg/cm2
VIGA PERIMETRAL 4	0	30	210	Kg/cm2

RUC: 20116510112
TELEF: 993697731 RPC

CORREO ELECTRONICO: smonterrosomonroy@gmail.com
DIRECCION: Urb. Quispicanchis J-13



CONSTRUCTORA INCASAL E.I.R.L.

MINERIA Y CONSTRUCCION

PANEL FOTOGRAFICO



Anexo N° 11: Certificado de calibración

METROTEC

METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LD - 002 – 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Dureza

Página 1 de 3

1. Expediente	220112	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).	
2. Solicitante	CONSTRUCTORA INCASAL E.I.R.L.		
3. Dirección	Mza. J Lote. 13 Urb. Quispicanchi Wánchaq -Cusco – CUSCO		Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Instrumento de medición	MARTILLO PARA PRUEBA DE CONCRETO ESCLERÓMETRO		METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Marca	A&A INSTRUMENTS		Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Modelo	ZC3-A		
Número de Serie	544		
Alcance de Indicación	100 Número de Rebote		
Div. Escala / Resolución	1 Número de Rebote		
Identificación	NO INDICA		
Procedencia	CHINA		
Tipo	ANALÓGICO		
5. Fecha de Calibración	2022-01-13	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.	

Fecha de Emisión

Jefe de Laboratorio de Metrología

Sello

2022-01-14

Firmado digitalmente por

Williams Pérez

Fecha: 2022.01.28 12:48:39 -05'00'



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LD - 002 - 2022*Área de Metrología**Laboratorio de Dureza*

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

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

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Dureza de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. - METROTEC
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	25,6 °C	25,9 °C
Humedad Relativa	71,6 %	71,6 %

9. Patrones de referencia

Patrón utilizado	Certificado de calibración
Yunque de Calibración de marca FORNEY	LABORATORIO DE MATERIALES PUCP MAT-NOV-0857-2020

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- El yunque de calibración se colocó sobre una base rígida para obtener números de rebote confiable.
- La calibración en el yunque de calibración, no garantiza que el martillo dará lecturas repetibles en otros puntos de la escala de lectura.

*Área de Metrología**Laboratorio de Dureza***CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LD - 002 - 2022**

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Número de Mediciones	Lectura Indicada del Instrumento a Calibrar
1	78,0
2	78,0
3	79,0
4	78,5
5	78,5
6	79,0
7	79,5
8	79,5
9	79,0
10	79,5
PROMEDIO	78,9
Desv. Estándar	0,58

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

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

Fin del documento