



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Factores de detallamiento sísmico en el desempeño de muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

García Rojas, Ronaldo Alvaro

ASESOR

Dr. Ing. Tello Malpartida, Osmar Demetrio


LINEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño Sísmico y Estructural

Lima – Perú

2018

Página del Jurado

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 2
--	---------------------------------------	---

El **Jurado** encargado de evaluar la tesis presentada por don (ña)

GARCIA ROJAS RONALDO ALVARO

cuyo título es:

"Factores de detallamiento sísmico en el desempeño de muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018"

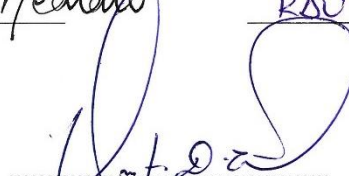
Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:

.....15..... (número) *Sumar* (letras).

Lugar y fecha..... *05/12/18*


.....
PRESIDENTE
Emilio Medrano
Grado y nombre


.....
SECRETARIO
RAUL PINTO BARRANTERA
Grado y nombre


.....
VOCAL
ON OFRE TELLO
Grado y nombre

NOTA: En el caso de que haya nuevas observaciones en el informe, el estudiante debe levantar las observaciones para dar el pase a Resolución.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

Dedicatoria

A mi madre Rosa Elvira Rojas Paucar, por el apoyo incondicional en todo momento y por haberme inculcado valores para ser una excelente persona, pero lo más importante, por su afecto y comprensión.

A mi padre Ausberto Garcia Barrantes, por depositar su confianza hacia mi persona y apoyarme en los momentos más dificultosos de mi etapa universitaria, gracias a sus sabios consejos.

Agradecimiento

Agradezco profundamente a todas las personas que me apoyaron con sus meritorias indicaciones, críticas fructuosas y apoyo honesto e incondicional para concretar el presente trabajo de investigación.

Al fundador de la Universidad “CÉSAR VALLEJO”, por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios universitarios y terminar la carrera.

A mi asesor de tesis Ing. Tello Malpartida Omart Demetrio, por su experiencia como asesor de proyectos de tesis en la rama de estructuras.

A toda mi familia por demostrarme su formidable ejemplo de compromiso, sacrificio y apoyo económico, el cual me ha permitido lograr felizmente mi ansiado objetivo.

A todos ellos, eternas gracias.

El autor

Declaración de autenticidad

Yo, Ronaldo Alvaro Garcia Rojas, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI 75838694, con tesis titulada “Factores de detallamiento sísmico en el desempeño de muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018”.

Declaro bajo juramento que:

- 1) La tesis es de mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por lo tanto, la tesis no ha sido copiada ni total ni parcialmente.
- 3) La tesis no ha sido autoplagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseadas, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otros), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 05 de diciembre del 2018.



Garcia Rojas, Ronaldo Alvaro

DNI 75838694

Presentación

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada: “FACTORES DE DETALLAMIENTO SÍSMICO EN EL DESEMPEÑO DE MUROS DE DUCTILIDAD CON ALTURA MAYOR A 8 PISOS, 2018”.

La misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

Los capítulos y contenidos que se desarrollan son los siguientes:

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.

Se presenta la realidad problemática, el planteamiento del problema apoyado por las bases teóricas y los antecedentes, los objetivos, las hipótesis y la justificación del trabajo de investigación.

CAPITULO II: MÉTODO.

Se presenta la metodología del trabajo de investigación.

CAPITULO III: RESULTADOS.

Se presenta los resultados e interpretación de los resultados del análisis sísmico por desempeño del edificio multifamiliar realizados en el trabajo de investigación.

CAPITULO IV: DISCUSIÓN.

CAPITULO V: CONCLUSIONES.

CAPITULO VI: RECOMENDACIONES.

CAPITULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ANEXOS

Señores miembros del jurado espero que esta investigación sea evaluada y merezca su aprobación.

El autor

Índice

	Pág.
Pagina del Jurado.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento	iv
Declaración de autenticidad.....	v
Presentación.....	vi
Resumen	xvi
Abstract.....	xvii
I. INTRODUCCIÓN	18
1.1 Realidad problemática	19
1.2 Antecedentes	21
1.2.1 Antecedentes nacionales.....	21
1.2.2 Antecedentes internacionales	25
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	28
1.3.1 Muros de ductilidad limitada.....	28
1.3.2 Desempeño Sismorresistente.....	42
1.4 Formulación del problema general	49
1.4.1 Problema general	49
1.4.2 Problemas específicos.....	49
1.5 Justificación de estudio	50
1.5.1 Justificación teórica	50
1.5.2 Justificación practica	50
1.5.3 Justificación económica.....	50
1.5.4 Justificación social.....	51
1.6 Hipótesis	51
1.6.1 Hipótesis general	51
1.6.2 Hipótesis específicas.....	51
1.7 Objetivos.....	51
1.7.1 Objetivo general	51
1.7.2 Objetivos específicos	51
II. MÉTODO.....	52
2.1 Método	53
2.1.1 Método Hipotético deductivo	53

2.1.2	Tipo de investigación	53
2.1.3	Enfoque de la investigación.....	53
2.1.4	Nivel de investigación	54
2.2	Diseño de investigación	54
2.3	Variables y Operacionalización	55
2.3.1	Variables	55
2.3.2	Operacionalización de variables	55
2.4	Población y muestra.....	57
2.4.1	Población	57
2.4.2	Muestra	57
2.4.3	Muestreo	57
2.5	Procedimiento, Instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	58
2.5.1	Procedimiento	58
2.5.2	Instrumentos de recolección de datos	58
2.5.3	Confiabilidad	59
2.5.4	Validez.....	60
2.6	Método de análisis	60
2.7	Aspectos éticos	60
III.	RESULTADOS	61
3.1	Desarrollo de aplicación	62
3.1.1	Ubicación.....	62
3.1.2	Descripción del proyecto	62
3.1.3	Tipo de suelo	65
3.1.4	Procedimiento de análisis	65
3.1.5	Desarrollo de modelamiento estructural.....	68
3.1.6	Desarrollo del análisis lineal estático	71
3.1.7	Desarrollo del análisis lineal dinámico.....	84
3.1.8	Desarrollo del análisis estático no lineal Pushover	91
3.1.9	Desarrollo de las curvas de capacidad.....	98
3.1.10	Desarrollo del espectro demanda y espectro de capacidad.....	100
3.1.11	Desarrollo del punto de desempeño.....	112
3.2	Análisis e interpretación de resultados	117
3.3	Contrastación de Hipótesis	122
3.3.1	Hipótesis general	122
3.3.2	Hipótesis específicas.....	124

IV.	DISCUSIÓN	128
4.1	Discusión del objetivo general.....	129
4.2	Discusión de los objetivos específicos.....	129
4.2.1	Refuerzo de confinamiento.....	129
4.2.2	Refuerzo de malla.....	130
4.2.3	Esbeltez y longitud del muro	131
V.	CONCLUSIONES	132
VI.	RECOMENDACIONES	135
VII.	REFERENCIAS	137
	ANEXOS.....	142
	Anexo N°01 – Análisis lineal estático	143
	Anexo N°02 – Análisis lineal dinámico	149
	Anexo N°03 – Análisis no lineal estático	151
	Anexo N°04 – Matriz de consistencia	153
	Anexo N°05 – Validez de instrumento de medición	154
	Anexo N°06 – Autorización de la version final del trabajo de investigacion.....	159
	Anexo N°07 – Acta de originalidad de la tesis	160
	Anexo N°08 - Autorización de la publicación de la tesis	161
	Anexo N°09 – Pantallazo del turnitin	162

Índice de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Niveles de peligro sísmico</i>	42
Tabla 2. <i>Niveles de desempeño y su estado de daño estructural</i>	44
Tabla 3. <i>Operacionalización de las variables</i>	56
Tabla 4. <i>Características mecánicas de los materiales</i>	63
Tabla 5. <i>Detalle estructural de elementos de Concreto Armado</i>	64
Tabla 6. <i>Cargas mínimas permisibles por piso</i>	64
Tabla 7. <i>Cargas equivalentes por kg/m² según la norma E.020</i>	65
Tabla 8. <i>Factores de zona “Z”</i>	71
Tabla 9. <i>Factor de suelo “S”</i>	72
Tabla 10. <i>Periodos de vibración T_p y T_L</i>	72
Tabla 11. <i>Categorías de la edificación y factor uso</i>	72
Tabla 12. <i>Factores reducción para sistemas estructurales</i>	73
Tabla 13. <i>Regularidades de acuerdo a la categoría de edificación</i>	73
Tabla 14. <i>Combinaciones de cargas según el ACI 318-14</i>	75
Tabla 15. <i>Periodos modales de vibración según el ETABS 2016</i>	78
Tabla 16. <i>Distribución de masas por nivel según el ETABS 2016</i>	78
Tabla 17. <i>Cortante basal estático por piso</i>	79
Tabla 18. <i>Derivas de entrepiso en la dirección “x” según el análisis lineal estático</i>	82
Tabla 19. <i>Derivas de entrepiso en la dirección “y” según el análisis lineal estático</i>	83
Tabla 20. <i>Rango de periodos de vibración</i>	84
Tabla 21. <i>Cortante dinámica en la base en ambas direcciones</i>	88
Tabla 22. <i>Cortante basal dinámica por piso para sismos en la dirección “x”</i>	88
Tabla 23. <i>Cortante basal dinámica por piso para sismos en la dirección “y”</i>	89
Tabla 24. <i>Derivas de entrepiso en la dirección “x” según el análisis lineal dinámico</i>	89
Tabla 25. <i>Derivas de entrepiso en la dirección “y” según el análisis lineal dinámico</i>	90
Tabla 26. <i>Niveles de demanda sísmica</i>	101
Tabla 27. <i>Aceleraciones espectrales de acuerdo a los niveles demanda sísmica</i>	101
Tabla 28. <i>Desplazamientos espectrales de acuerdo a la demanda sísmica</i>	102
Tabla 29. <i>Valores PFR y αI para la conversión de la curva de capacidad de refuerzo de confinamiento</i>	105

Tabla 30. <i>Valores Sai y Sdi para el espectro de capacidad de refuerzo de confinamiento.</i>	106
Tabla 31. <i>Valores PFR y αI para la conversión de la curva de capacidad de refuerzo de malla.</i>	106
Tabla 32. <i>Valores Sai y Sdi para el espectro de capacidad de refuerzo de malla.</i>	107
Tabla 33. <i>Valores PFR y αI para la conversión de las curvas de capacidad de esbeltez y longitud del muro.</i>	108
Tabla 34. <i>Valores Sai y Sdi para el espectro de capacidad de esbeltez y longitud de muros $H_w/l_w > 2.00$.</i>	108
Tabla 35. <i>Valores Sai y Sdi para el espectro de capacidad de esbeltez y longitud de muros $H_w/l_w < 1.00$.</i>	109
Tabla 36. <i>Niveles de desempeño del indicador Refuerzo de confinamiento.</i>	117
Tabla 37. <i>Niveles de desempeño del indicador Refuerzo de malla.</i>	118
Tabla 38. <i>Niveles de desempeño del indicador Esbeltez y longitud del muro con $H_w/l_w > 2.0$.</i>	120
Tabla 39. <i>Niveles de desempeño del indicador Esbeltez y longitud del muro con $H_w/l_w < 1.0$.</i>	121
Tabla 40. <i>Resumen de resultados obtenidos</i>	122
Tabla 41. <i>Análisis causa – efecto, chi cuadrado entre muros de ductilidad limitada y desempeño de muros con altura mayor a 8 pisos, 2018.</i>	123
Tabla 42. <i>Análisis causa – efecto, chi cuadrado entre Refuerzo de confinamiento y desempeño de muros con altura mayor a 8 pisos, 2018.</i>	125
Tabla 43. <i>Análisis causa – efecto, chi cuadrado entre Refuerzo de Malla y desempeño de muros con altura mayor a 8 pisos, 2018.</i>	126
Tabla 44. <i>Análisis causa – efecto, chi cuadrado entre Esbeltez y longitud de muros y desempeño de muros con altura mayor a 8 pisos, 2018.</i>	127

Índice de figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Edificación con muros dúctiles.....	29
<i>Figura 2.</i> Secciones típicas de muros delgados	29
<i>Figura 3.</i> Tipos de muros según su forma en elevación	30
<i>Figura 4.</i> Deformaciones bajo fuerzas laterales.	31
<i>Figura 5.</i> Contribución relativa de la deformación a flexión y cortante de un muro.	32
<i>Figura 6.</i> Pandeo de barras de refuerzo sometida a cargas cíclicas.....	33
<i>Figura 7.</i> Modelo de pandeo de una barra de refuerzo.....	34
<i>Figura 8.</i> Efecto de pandeo en configuraciones típicas de muros.	34
<i>Figura 9.</i> Tipos de Falla.....	35
<i>Figura 10.</i> Esbeltez de muros según H_w/l_w	36
<i>Figura 11.</i> Modos de falla en muros en muros dúctiles.....	36
<i>Figura 12.</i> Refuerzo longitudinal.....	37
<i>Figura 13.</i> Refuerzo Horizontal.....	37
<i>Figura 14.</i> Refuerzo vertical.....	37
<i>Figura 15.</i> Mallas electrosoldadas.....	38
<i>Figura 16.</i> Confinamiento del muro con refuerzo de acero.....	39
<i>Figura 17.</i> Vista de sección de muro típico.	40
<i>Figura 18.</i> Fuerzas laterales semejantes a la acción sísmica.	41
<i>Figura 19.</i> Diagrama esfuerzo – deformación del acero.....	42
<i>Figura 20.</i> Matriz de desempeño esperado.....	45
<i>Figura 21.</i> Diagrama Fuerza – desplazamiento de la curva de capacidad.....	46
<i>Figura 22.</i> Sectorización de la Curva de Capacidad.....	46
<i>Figura 23.</i> Punto de desempeño (S_a , S_d).....	47
<i>Figura 24.</i> Punto de desempeño de prueba del MEC a partir de la aproximación de desplazamientos iguales.	48
<i>Figura 25.</i> Punto de desempeño obtenido a partir del valor supuesto – MEC.	49
<i>Figura 26.</i> Simbología del diseño Explicativo.	54
<i>Figura 27.</i> Planta del Proyecto “Edificio residencial alameda colonial”.....	62
<i>Figura 28.</i> Detalle de confinamiento de muros en los extremos.	66
<i>Figura 29.</i> Detalle de refuerzo de malla.	66
<i>Figura 30.</i> Vista en elevación del refuerzo de malla.	67

Figura 31. Vista estructural de muros esbeltos.....	67
Figura 32. Ejes en planta del modelamiento en ETABS 2016.	68
Figura 33. Altura de entresijos por cada nivel en ETABS 2016.	68
Figura 34. Propiedades mecánicas de los materiales.....	69
Figura 35. Secciones de muros dúctiles del inmueble multifamiliar.....	69
Figura 36. Vista en planta del modelamiento del edificio en ETABS 2016.	70
Figura 37. Vista en 3D del modelamiento del edificio en ETABS 2016.	70
Figura 38. Detalle de distribución de carga viva y carga muerta por piso.	76
Figura 39. Detalle de distribución de carga viva de techo y carga muerta en el último piso.	76
Figura 40. Peso sísmico efectivo.	77
Figura 41. Definición de los diafragmas.	77
Figura 42. Desplazamientos máximos en la dirección “x” según el análisis lineal estático.	80
Figura 43. Desplazamientos máximos en el eje “12” según el análisis lineal estático.	80
Figura 44. Desplazamientos máximos en la dirección “y” según el análisis lineal estático.	81
Figura 45. Desplazamientos máximos en el eje “J” según el análisis lineal estático.	81
Figura 46. Representación gráfica de las derivas en la dirección “x” según el análisis lineal estático.....	82
Figura 47. Representación gráfica de las derivas en la dirección “y” según el análisis lineal estático.....	83
Figura 48. Espectro de diseño según la norma E.030.....	84
Figura 49. Aceleración espectral en la dirección “x”.....	85
Figura 50. Aceleración espectral en la dirección “y”.....	85
Figura 51. Desplazamientos máximos en la dirección “x” según el análisis lineal dinámico.	86
Figura 52. Desplazamientos máximos en el eje “1” según el análisis lineal dinámico.....	86
Figura 53. Desplazamientos máximos en la dirección “y” según el análisis lineal dinámico.	87
Figura 54. Desplazamientos máximos en el eje “J” según el análisis lineal dinámico.	87
Figura 55. Cortante dinámica máxima en la base del edificio.	88
Figura 56. Representación gráfica de las derivas en la dirección “x” según el análisis lineal dinámico.	90

Figura 57. Representación gráfica de las derivas en la dirección “y” según el análisis lineal dinámico.	91
Figura 58. Modelamiento estructural del inmueble multifamiliar.....	92
Figura 59. Definición del material no lineal.....	92
Figura 60. Esfuerzo-deformación del concreto en su forma no lineal.	93
Figura 61. Distribución del acero de refuerzo.	93
Figura 62. Cargas no lineales.	93
Figura 63. Distribución uniforme de cargas del inmueble.	94
Figura 64. Selección de las cargas no lineales para su ejecución con el uso de núcleos de confinamiento en los extremos de los muros de ductilidad limitada.....	94
Figura 65. Visualización de las rotulas plásticas del edificio multifamiliar con el uso de refuerzos de confinamiento.	95
Figura 66. Distribución del acero de la malla electrosoldada.	96
Figura 67. Visualización de las rotulas plásticas del edificio multifamiliar con el uso de las mallas electrosoldadas.	96
Figura 68. Visualización de las rotulas plásticas del edificio multifamiliar para muros con relación $H_w/l_w > 2$ y $H_w/l_w < 1$	97
Figura 69. Curva de capacidad de refuerzo de confinamiento.	98
Figura 70. Curva de capacidad de refuerzo de malla.	99
Figura 71. Curva de capacidad de esbeltez y longitud del muro $H_w/l_w < 1$	99
Figura 72. Curva de capacidad de esbeltez y longitud del muro $H_w/l_w > 2$	100
Figura 73. Niveles de daño según la demanda sísmica.	104
Figura 74. Espectro de capacidad de la curva refuerzo de confinamiento.	105
Figura 75. Espectro de capacidad de la curva refuerzo de malla.	107
Figura 76. Espectro de capacidad de la curva esbeltez y longitud de muros $H_w/l_w > 2.00$	109
Figura 77. Espectro de capacidad de la curva esbeltez y longitud de muros $H_w/l_w < 1.00$	110
Figura 78. Niveles de daño para refuerzo de confinamiento.....	110
Figura 79. Niveles de daño para refuerzo de malla.	111
Figura 80. Niveles de daño para esbeltez y longitud de muros $H_w/l_w > 2.00$	111
Figura 81. Niveles de daño para esbeltez y longitud de muros $H_w/l_w < 1.00$	112
Figura 82. Punto de desempeño de prueba de refuerzo de confinamiento.	113
Figura 83. Punto de desempeño de prueba de refuerzo de malla.	113

Figura 84. Punto de desempeño de prueba de muros $H_w/l_w > 2.0$	114
Figura 85. Punto de desempeño de prueba de muros $H_w/l_w < 1.0$	114
Figura 86. Punto de desempeño obtenido para refuerzo de confinamiento.	115
Figura 87. Punto de desempeño obtenido para refuerzo de malla.....	115
Figura 88. Punto de desempeño obtenido para muros $H_w/l_w > 2.0$	116
Figura 89. Punto de desempeño obtenido para muros $H_w/l_w < 1.0$	116
Figura 90. Comportamiento real del edificio con refuerzo de confinamiento.	118
Figura 91. Comportamiento real del edificio con refuerzo de malla.....	119
Figura 92. Comportamiento real del edificio para esbeltez y longitud del muro $H_w/l_w > 2$	120
Figura 93. Comportamiento real del edificio para esbeltez y longitud del muro $H_w/l_w < 1.0$	122

Resumen

El trabajo de investigación, tuvo como objetivo determinar de qué forma los factores de detallamiento sísmico afectan el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos. La investigación fue de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo, de diseño cuasi experimental analítico y con un nivel explicativo. Para el desarrollo de la investigación se utilizó como muestra la edificación multifamiliar “Real alameda colonial”, puesto que se aplicó el muestreo no probabilístico. Los modelos de análisis planteados fueron dos: el primero (M1) considerando núcleos de confinamiento con refuerzo convencional, el segundo (M2) considerando a todos los muros sin núcleos en los extremos y con refuerzo distribuido de malla electrosoldada, modelo que también fue utilizado para evaluar la esbeltez. Posteriormente, se efectuó el análisis no lineal pushover para la determinación de la curva de capacidad y se utilizó el método del espectro de capacidad para la obtención del punto de desempeño. Concluyéndose que, el factor ausencia de refuerzo de confinamiento afecta negativamente el desempeño de los muros de ductilidad con altura mayor a 8 pisos. Asimismo, se concluyó que el refuerzo de malla afecta el desempeño de los muros de ductilidad limitada, debido al incremento de la fuerza sísmica en un 5.66% y finalmente, se determinó que la esbeltez de los muros tanto para los de relación $\frac{hw}{lw} > 2.00$ como los de relación $\frac{hw}{lw} < 1.00$, afectan el desempeño de los muros. Dado que, a mayores pisos no presentan un comportamiento óptimo, a causa de que se trabajó con sismos de diseño de mayor grado de intensidad y poco frecuenciales.

Palabras claves: Muros de ductilidad limitada, desempeño, detallamiento sísmico.

Abstract

The objective of the research work was to determine how seismic detail factors affect the performance of limited ductility walls with a height greater than 8 stories. The research was of the type applied with a quantitative approach, of quasi-experimental analytical design and with an explanatory level. For the development of the research, the multifamily "Real alameda colonial" building was used as a sample, since non-probabilistic sampling was applied. The analysis models proposed were two: the first (M1) considering confinement cores with conventional reinforcement, the second (M2) considering all the walls without cores at the ends and with distributed reinforcement of electrowelded mesh, model that was also used for evaluate slenderness. Subsequently, the non-linear pushover analysis was carried out to determine the capacity curve and the capacity spectrum method was used to obtain the performance point. Concluding that, the factor absence of reinforcement of confinement negatively affects the performance of the walls of ductility with height greater than 8 floors. Likewise, it was concluded that the mesh reinforcement affects the performance of the walls of limited ductility, due to the increase of the seismic strength in a 5.66% and finally, it was determined that the slenderness of the walls both for those of relation $\frac{hw}{lw} > 2.00$ as those of relation $\frac{hw}{lw} < 1.00$, affect the performance of the walls. Since, at higher levels, they do not show an optimal behavior, because they were worked with design earthquakes of greater intensity and low frequency.

Keywords: Limited ductility walls, performance, seismic detail

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

Habitualmente en el Perú, los terremotos siguen siendo un fenómeno natural de potencial destructor, dado que se encuentra ubicado en una zona altamente sísmica. Es por ello que, cerca de los 18 millones de habitantes peruanos que representa el 30% de la población limeña, están expuestos a las constantes amenazas de movimientos sísmicos, tal como lo señala el decano Ignacio Pacheco de la Universidad Privada del Norte en una entrevista a radio capital, el 24 de febrero del 2018. En consecuencia, la seguridad estructural de los edificios o viviendas tiene un valor de gran importancia en el desarrollo nacional del País. Sin embargo, las construcciones en zonas sísmicas o diferentes lugares de la ciudad de Lima se incrementan a diario. Cabe indicar, que en las investigaciones realizadas por muchos científicos aún está lejos de poder resolverse el peligro sísmico. Al respecto, el Instituto Geofísico del Perú explico que, el referido cinturón de fuego donde se encuentra situado el Perú, concentra el 85% de la actividad sísmica a nivel mundial, al mismo tiempo el Instituto Nacional de Defensa Civil en una entrevista al periódico Comercio en el año 2017, añadió que es muy difícil de pronosticar un terremoto de gran intensidad en el País.

Por lo tanto, tras el último terremoto ocurrido en el año 1974 que desbato viviendas y edificaciones en la ciudad de Lima. Desde ese entonces ha existido un gran silencio sísmico, lo cual preocupa mucho a los científicos al no haber una liberación significativa de la energía acumulada en las placas tectónicas. Estas razones, hacen que aumente la probabilidad que en un futuro cercano ocurra un sismo mucho más devastador. Por lo que existe un gran interés en lograr un mejor conocimiento, sobre el detalle sísmico estructural que tienen los muros de ductilidad limitada y su efecto en el desempeño sismorresistente de las edificaciones después de movimientos telúricos. De esta forma, evaluar si el comportamiento es aceptable de las estructuras mayor a 8 pisos y simultáneamente evaluar los niveles de riesgo en el que se encuentra la edificación. Dado que, ha generado un grado de desconfianza a pesar de sus ventajas que presenta su sistema constructivo.

A pesar de ello, gran parte de los inmuebles que se construyen hoy en Lima, el 49% del territorio tiene edificios entre 11 y 20 pisos, ante esta situación se viene empleando en forma masiva este sistema estructural lo cual genera un déficit en la construcción, ya que según la norma sismorresistente E.030 solo se puede construir máximo 8 pisos. Sin embargo, existen edificaciones construidas con varios pisos demás. Al respecto, el ingeniero Villarreal en una entrevista a edificaciones de calidad en el año 2015, señalo que el comportamiento estructural no viene siendo el óptimo de las edificaciones construidas con muros de paredes

delgadas y reforzadas con mallas electrosoldadas, debido que a mayor número de pisos la estructura sufre mayores agrietamientos. Dado que, ante una sobre carga excesiva de peso propio (Cargas muertas), estos muros no trabajan bien a carga axial, puesto que estos inmuebles multifamiliares tienen algunas particularidades específicas que imposibilitan que su diseño y construcción no pudiera estar exactamente inscrito en la norma técnica peruana, a causa de su reciente aparición. Por lo que no existe mucha investigación acerca de este sistema estructural.

Por otra parte, este sistema constructivo de muros de ductilidad limitada constituye una buena alternativa para los inmuebles multifamiliares desde el aspecto económico. Pero desde el punto de vista sísmico y estructural este sistema ante movimientos sísmicos presenta una gran concentración de esfuerzos en las bordes de confinamiento. Debido que, la fuerza sísmica trasfiere las cargas laterales a los elementos. Es por ello que, ante la ausencia de elementos estructurales (columnas y vigas), los muros de ductilidad limitada tienden a fisurarse, a causa de que su espesor impide usar estribos y por ende se usan como refuerzo mallas electrosoldadas.

Si bien es cierto, desde el año 2000 se empezó con la ejecución de numerosos proyectos de inmuebles de muros de espesor delgado entre 8 a 10 cm producido especialmente por la reducción de costos de materiales y mano de obra. Este sistema estructural trajo como consecuencia la construcción de edificios económicos idóneas para cubrir el déficit habitacional en el sector de bajos recursos. Sin embargo, cuando se inició la construcción de condominios con el sistema de ductilidad limitada su diseño no estaba contemplado en el reglamentado de edificaciones. Es así que, cuatro años más tarde, es decir en el año 2004 fue registrado en las Normas Técnicas Peruanas E.030 y E.0.60, quedando con ciertas limitaciones la cantidad de pisos. Teniendo en cuenta que es importante que la edificación presente un buen comportamiento óptimo durante y después de movimientos telúrico.

Por ese motivo, es que existe la necesidad de realizar la evaluación de los factores de detallamiento sísmico en el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos. Dado que, la evaluación por desempeño puede predecir para varios tipos de sismos, los posibles efectos de daños estructurales que pueden ocasionarse dentro de la estructura después de un movimiento telúrico. De esta forma, poder aplicar soluciones tales como nuevas metodologías de diseño que sean útiles para ese tipo de casos, en las edificaciones o condominios con muros dúctiles de espesores delgados.

1.2 Antecedentes

Para la elaboración de los antecedentes, se ha citado a diversos autores, el cual mediante su aporte respaldan a la problemática planteada.

1.2.1 Antecedentes nacionales

Quiroz, C. (2016), Tesis titulada. *Comparación del comportamiento estructural de una vivienda multifamiliar proyectada mediante los sistemas de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada en la ciudad de Cajamarca*. El objetivo fue comparar el comportamiento estructural de una vivienda multifamiliar proyectada mediante los sistemas de MDL y albañilería confinada en la ciudad de Cajamarca. La metodología aplicada fue por las Normas Técnica Peruanas como la E.030, E.070 y E.060, para el análisis compartido correspondiente. Las conclusiones indica que los muros de ductilidad limitada cumplen con un adecuado comportamiento estructural a nivel de superestructura y cimentación ante la amenaza sísmica, ya que cumple con las delimitaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones que rigen estos parámetros de análisis y diseño. En tal sentido, queda a juicio del ingeniero de realizar un adecuado proceso de análisis de la edificación, ya que si se cumplen los parámetros siguientes: asentamientos permisibles, deformaciones en ambas direcciones por nivel, esfuerzos y cortantes permisibles se tendrá una edificación segura estructuralmente. Sin embargo, con respecto a los materiales usados en este modelamiento para el sistema de muros dúctiles, el concreto armado tiene defectos en función al cumplimiento con los requerimientos mínimos de espesor y altura, ya que se tiene que verificar con fuerza axial, flexocompresión, cortante y esbeltez.

El aporte del citado autor indica que, desde el punto de vista estructural y sismorresistente, al construir con sistemas de muros de espesor delgados dúctiles, contempla a tener mínimas deformaciones y tiende a ser más rígido a cargas laterales, hasta el nivel de pisos que manda la Norma E.030, pero al tratarse de mayores niveles aún no se ha determinado los efectos que se producirá en caso de terremotos de larga duración. Es por eso que ante movimientos sísmicos su falla estructural puede ser explosiva, debido a la inexistencia de columnas confinamiento o su excesiva altura y longitud del muro.

Paredes, M. (2016), Tesis titulada. *Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal pushover*. El objetivo fue comparar el nivel de desempeño de una vivienda en la ciudad de Lima ante distintas sollicitaciones sísmicas y ver si cumple con la norma sismorresistente. La metodología aplicada fue por el método de análisis estático no lineal incremental. Las conclusiones indican que el desempeño sismorresistente de un inmueble consignado a vivienda debido a los sismos severos, cumple con los requisitos de la Norma E.030, con relación a su propósito del no colapso, el cual indica que se protege la seguridad los habitantes. Sin embargo, existirán grandes pérdidas económicas de la estructura (edificio). En tal sentido ante eventos sísmicos de mayores intensidades, la estructura sufrirá mayores daños.

El aporte del citado autor indica que el comportamiento no lineal de la estructura es importante, así como el comportamiento lineal en la práctica de un diseño sismorresistente, porque dependiendo del sistema constructivo que se empleó, la estructura del edificio debe comportarse de manera dúctil sin ocasionar daños bajo sismos pequeños o elevados que puedan suceder durante su funcionamiento del edificio. Por lo que, al hacer una evaluación de desempeño sismorresistente ayuda a predecir los posibles efectos o fallas que se puede ocasionar dentro de la estructura durante y después de un movimiento sísmico, puesto que al hacer el análisis respectivo se podrá minimizar o evitar el colapso.

Quiroz, O. (2016), Tesis titulada. *Evaluación de los sistemas de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada con plateas de cimentación en la ciudad de Juliaca*. El objetivo fue comprobar cuál de los dos sistemas presenta un óptimo comportamiento ante movimiento sísmicos en la construcción de una vivienda multifamiliar. La metodología aplicada fue los métodos estáticos como dinámicos, para el análisis tiempo-historia. Las conclusiones indican que, el sistema de muros dúctiles presenta un apropiado y real comportamiento estructural ante movimientos sísmicos, debido a que se logra satisfacer los requisitos de diseño sismorresistente y de la norma E.060 que plantea el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú. Sin embargo, en la actualidad este sistema de muros de espesores delgados aún no ha sido lo suficientemente ensayado para niveles mayores, a pesar de presentar ciertas ventajas por ser un sistema industrializado, este sistema puede presentar mecanismos de falla ante la ausencia de

elementos de refuerzo de confinamiento, debido al ancho que presenta el espesor del muro.

El aporte del citado autor indica que a nivel tiempo y costos, el sistema constructivo de muros de espesores delgados es más rentable. Así como también desde el punto de vista estructural, este sistema cumple con los requisitos de las normas técnicas peruanas para su respectivo diseño. Sin embargo, no garantiza un 100 % de seguridad estructural ante un posible terremoto, dado que los muros de ductilidad limitada dependen del comportamiento resistente y reacción en conjunto que puedan tener sus elementos estructurales, tales como las losas y muros portantes. Más aun al tratarse de altura mayor a 8 pisos, el sistema no trabaja a carga axial, puesto que su tamaño del espesor le impide absorber las sobrecargas que transmite el edificio a los muros durante su periodo de vida. En consecuencia, pueden tender a sufrir grietas o colapsar ante un movimiento telúrico.

Rodríguez, M. (2011). Tesis titulada. *Comportamiento a fuerza cortante de muros de concreto de ductilidad limitada con 8 cm de espesor*. El objetivo fue analizar el estudio de los muros de concreto de 8 cm de espesor con el fin de utilizarlos en edificios hasta 5 pisos y que a su vez tengan el mismo nivel de seguridad estructural que el correspondiente a los edificios con muros de 10 cm. La metodología aplicada fueron ensayos dinámicos con carga lateral cíclica y carga axial. Las conclusiones indican que las mallas electrosoldadas usadas para el análisis disminuyen los efectos de cargas verticales, ya que proporciona una buena respuesta ante sollicitaciones de corte y fricción, asimismo reduce la longitud de la zona fisurada a tracción y flexión en la base del muro. Sin embargo, los resultados obtenidos mostraron que ambos muros tanto el de 8 cm como el de 10 cm, tuvieron una respuesta estructural similar producto de la aplicación de cargas laterales. En consecuencia, el tipo de falla sobresaliente alcanzada en los especímenes ensayados, fue por falla frágil. Asimismo, con el fin de poder optimizar el diseño de los muros de espesor delgado y no tiendan a fallar mayores pisos, deben ensayarse a carga cíclica lateral a niveles de cargas verticales, refuerzo interno y esbeltez.

El aporte del mencionado autor indica que, este sistema debido al espesor de los muros de ductilidad limitada que hace difícil la colocación de un núcleo confinado en los extremos de los muros, no presenta un buen comportamiento óptimo a cargas laterales y cargas axiales, por lo que, si se construye a mayores pisos de lo que indica la norma afectaría el desempeño de la estructura.

Peña, C. (2006), Tesis titulada. *Edificios peruanos con muros de concreto de ductilidad limitada*. El objetivo fue identificar las características principales y el sistema estructural utilizado en los edificios de muros dúctiles peruanos para evaluar el comportamiento sismorresistente ante un posible movimiento telúrico. La metodología fue ensayos dinámicos con carga lateral. Las conclusiones indican que, gran parte de los edificios que se construyen hoy en Lima entre 5 y 7 pisos, por lo general tienden a fallar, generando rajaduras en los muros por más que tengan una buena resistencia a cargas laterales. Sin embargo, ante un posible evento sísmico cercano, ambos edificios, tanto para el de 5 pisos como el de 7 pisos sufrirían un daño moderado, siendo el de 7 pisos con un 15% de mayor daño, debido a que no es factible este sistema a mayores alturas, ya que no trabaja bien a carga axial. Asimismo, también indica que tanto para los inmuebles con muros delgados de 5 como de 7 niveles presentarían un daño irremediable a partir de una intensidad sísmica, ya que este sistema en la actualidad no se ha comprobado para sismos gran intensidad, debido a que no hay un sismo real donde se aprecie los efectos de falla que se ocasionaría en la estructura.

El aporte del citado autor indica que, este sistema ante eventos sísmicos de larga duración, los edificios quedarían con daños irreparables, esto se debe a que no son resistentes a los grandes periodos de vibración que ocasiona los terremotos. En consecuencia, ante la falta de columnas de confinamiento tienden a sufrir agrietamientos o rajaduras, dado que este sistema a mayores pisos no trabaja netamente a cargas axiales.

Quintana, J. (2013), Tesis titulada. *Estudio del comportamiento sismorresistente de muros de ductilidad limitada de ocho centímetros de espesor*. El objetivo conocer mediante pruebas experimentales y teóricas el comportamiento sismorresistente de los muros de ductilidad limitada bajo la consideración que estos tendrán un espesor de 8 cm. La metodología aplicada fue ensayos de carga lateral cíclica y análisis dinámico lineal. Las conclusiones indican que, para este sistema estructural de muros dúctiles las proporciones de sus dimensiones no deben ser mayores los parámetros de la norma E.060 o de lo contrario ser similares a los muros de albañilería confinada, teniendo en cuenta que la longitud de los muros deben ser mayores a 1.20 metros y su altura de 2.40 metros para viviendas multifamiliares, con la finalidad de tener un mejor comportamiento estructural. Sin embargo, de acuerdo a los ensayos realizados el M-1 presenta menos fisuras en el espectro en comparación con los demás, llegando a registrar el M-4 un mayor número de fisuras, en donde se puede inferir que el nivel de fisuración depende

de la cuantía de reforzamiento, de donde a mayor cuantía, mayor es el dominio de la falla por flexocompresión y por ende mayor el número de fisuras diagonales. Cabe hacer notar que el grado de fisuración también depende del espaciamiento de las varillas de las mallas electrosoldadas y el tipo de anclaje de esta en la cimentación.

El aporte del citado autor indica que, este sistema de muros de ductilidad limitada, mientras más acero se coloque mayor es la probabilidad que se ocasione fisuras dentro de la estructura. Por consiguiente, ante movimientos telúricos tiende a ser más explosivo, puesto que las mallas electrosoldadas no presentan una buena fluencia como el acero corrugado $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ de grado 60.

1.2.2 Antecedentes internacionales

Chillagana, J. (2013), Tesis titulada. *Sistemas constructivos de muros de ductilidad limitada aplicados en viviendas de Quito bajo el reglamento del ACI 318S-08 y la Norma Ecuatoriana de la construcción*. El objetivo fue analizar las características del sistema estructural tanto sísmicas como estructurales de los MDL que se construyen en Quito desde el punto de vista de la Norma Ecuatoriana y la Norma Internacional ACI 318-08. La metodología aplicada fue métodos de análisis estáticos, dinámicos y la norma ecuatoriana de construcción. Las conclusiones fueron que el sistema de muros delgados dúctiles analizado tiene una apropiada rigidez lateral a fuerzas de viento, ya que los desplazamientos relativos de entrepiso, resultan pequeños a los máximos valores permitidos por la Norma Técnica Ecuatoriana. Sin embargo, para distribuir convenientemente las cargas de gravedad y de sismo, se deben utilizar losas macizas armadas.

El aporte del citado autor indica que, este sistema estructural mediante la inclusión de losas macizas minimiza las cargas de gravedad del edificio, ya que las distribuye en los dos ejes, así como también en caso de movimientos telúricos permite compatibilizar los desplazamientos. Sin embargo, carecen de confinamiento y si se construye a mayores longitudes de ambientes y altura de pisos, los factores importantes que afectarían el desempeño de la estructura serían la ausencia de columnas y vigas, puesto que estos reducen ante movimientos sísmicos, los posibles efectos que se suelen ocasionar en los bordes de los muros de espesor delgado.

Almeida, F. (2015), Tesis titulada. *Análisis experimental de muros delgados de hormigón armado para viviendas de baja altura*. El objetivo fue analizar el comportamiento sísmico de muros delgados de hormigón armado con malla de refuerzo central única, así como evaluar el tipo de acero y la cuantía de refuerzo. La metodología aplicada fue ensayos de fuerza a cargas laterales. Las conclusiones de los ensayos experimentales, indican que la falla de los especímenes se controló por corte, debido a que cumplen con los parámetros sísmicos. Sin embargo, las primeras fisuras observadas en los modelos en su mayoría fueron rajaduras diagonales. En consecuencia, los ensayos terminaron cuando los especímenes de espesor delgados no eran capaces de soportar más las cargas laterales aplicadas. Es decir, la falla observada fue por falla frágil, debido a que la capacidad de elongación es limitada, el cual implicó la deformación del acero horizontal y vertical en los muros, en efecto al colocar varillas de acero ayuda a disipar la concentración de esfuerzos que se generan, es decir incrementa la ductilidad que se va a tener en el sistema de MDL, debido a que son muros pequeños tipo modular.

El aporte del citado autor indica que, este sistema a menor cantidad de pisos presenta un mejor comportamiento sísmico y mayor rigidez lateral, sin embargo, ante el periodo de vibración de alto grado, los muros de espesor delgado debido a que las mallas electrosoldadas no posee mejor fluidez que el acero corrugado, presentan fallas frágiles. En consecuencia, mediante el uso de refuerzos puede ayudar a ser más dúctil el muro de ductilidad limitada.

Chasi, L. (2016), Tesis titulada. *Análisis comparativo de un sistema aporticado y un sistema de muros de ductilidad limitada y su incidencia en el costo beneficio*. El objetivo fue determinar la incidencia del sistema aporticado y el sistema de muros de ductilidad limitada en el costo beneficio, para el mejoramiento de los tiempos de construcción y costos. La metodología aplicada para el análisis y diseño fue las Normas Ecuatorianas. Las conclusiones indican que el funcionamiento estructural de este sistema presenta un mejor comportamiento que el sistema aporticado puesto que reduce las derivas de entrepiso en más del 50%, lo que dará mayor seguridad en el caso de un sismo severo, pero a la vez puede fallar por carga axial, si se excede el número de pisos y no se coloca núcleos de confinamiento, en cuanto a sismos de grandes intensidades de vibración.

El aporte del citado autor indica este sistema de muros dúctiles de espesor delgado, presenta buen comportamiento estructural a sismos severos, es decir de corto periodo, sin embargo, no se sabe aún el comportamiento de los muros a mayores pisos, lo cual genera un problema en la actualidad, dado que gran parte de las construcciones que se realizan, incrementa su altura aun 15% a nivel nacional e internacional.

Sánchez, M. (2010), Tesis titulada. *Diseño sísmico basado en desempeño para una edificación esencial de concreto reforzado*. El objetivo fue evaluar el daño estructural de una edificación esencial, así como comprobar la metodología de diseño actual y la basada en el desempeño mediante la creación de modelos comparativos a través de la simulación de una edificación. La metodología aplicada fue el método de análisis estático no lineal (técnica de pushover). Las conclusiones indican que el diseño por desempeño resultó ser preciso para la evaluación de las edificaciones en distintas simulaciones de sismos, puesto que la curva de capacidad proporciona información puntual de la rigidez inicial, a la primera fluencia y posteriores, para cada nivel de desempeño y demanda sísmica. No obstante, permite predecir con certeza el comportamiento del edificio para cada demanda, así como también permite estimar la concentración de esfuerzos en la edificación y confrontarlos con los daños que se presenta.

El aporte del citado autor indica que, mediante la evaluación por desempeño, previene a la estructura de posibles colapsos, en condiciones de movimientos sísmicos, así como también evalúa los posibles daños a ocasionarse durante y después del fenómeno destructor.

Pérez, J. (2013), Tesis titulada. *Diseño sismorresistente por desempeño y sus efectos en el comportamiento estructural*. El objetivo fue estudiar y comparar el método sismorresistente por desempeño y el método basado en fuerzas. La metodología aplicada fue método de análisis estático no lineal (técnica de pushover). Las conclusiones fueron que el método de diseño sismorresistente basado en fuerzas, presenta restricciones debido a que solo se considera sismos de baja probabilidad de ocurrencia, mientras que la evaluación sismorresistente por desempeño evalúa para todo tipo de movimientos telúricos, como los sismos frecuentes, ocasionales y los de gran magnitud como el sismo muy raro. En consecuencia, se debe realizar el diseño sismorresistente a cualquier tipo de estructura, ya que de esta forma se podrá evaluar el estado en que se encontrará la edificación después de un sismo.

El aporte del citado autor indica que, para evaluar el estado de una edificación dependiendo del sistema constructivo que presente, es importante realizar una evaluación por desempeño para todo el tipo de sismos de ocurrencia, esto ayudara a predecir exactamente el comportamiento de la estructura.

Cueva, R. (2013), Tesis titulada. *Diseño por desempeño de edificaciones en hormigón armado con muros de corte mediante los códigos FEMA*. El objetivo fue analizar el comportamiento en la estructura tridimensional de 12 pisos, mediante los periodos y modos de vibración para cada distribución de muros cortantes en el análisis estático lineal. La metodología aplicada fue método de análisis estático no lineal (técnica de pushover). Las conclusiones indican que, para un edificio de 12 pisos se obtiene un nivel de seguridad de vida aceptable, lo cual señala que la edificación se conserva en buen funcionamiento, pero a la vez deben repararse los elementos estructurales fallados. En consecuencia, el análisis por desempeño, analiza los efectos que se sufre la estructura durante y después de un sismo, de esta manera evitar el colapso de la edificación.

El aporte del citado autor indica que, es importante realizar una evaluación por desempeño a la estructura, ya que esto ayudara a predecir exactamente el comportamiento sismorresistente de la estructura, según el sistema constructivo a modelar y ver en qué condiciones se encuentra la edificación.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Muros de ductilidad limitada

1.3.1.1 Sistema estructural

Los muros de espesor delgados dúctiles se definen por tener un sistema estructural donde la resistencia a movimientos sísmicos y las cargas de gravedad en las dos direcciones está dada por muros de espesor delgados de concreto con mallas electrosoldadas, en el cual no pueden desarrollar desplazamientos inelásticos. Asimismo, cuenta con ausencia de elementos de confinamiento (Quintana, 2013, p.37).



Figura 1. Edificación con muros dúctiles.

1.3.1.2 Secciones típicas

Existen diferentes formas de secciones transversales en los muros dúctiles, de acuerdo a su función estructural tales como:

- ❖ Sección rectangular
- ❖ Sección con elementos de borde

Al respecto Roca, menciona lo siguiente:

Habitualmente los muros estructurales pueden presentarse de varias formas de acuerdo a su sección transversal, tales como secciones rectangulares o como elementos de borde. En tal sentido, para el caso de muros rectangulares, proporcionan estabilidad ante el pandeo lateral y permiten un confinamiento efectivo del concreto comprimido con el acero. Sin embargo, para el caso de elementos de borde proporcionan capacidad de deformación al muro. (2015, p.3).

En la siguiente Figura 2, se muestra los diferentes tipos de muros estructurales de acuerdo a su sección.

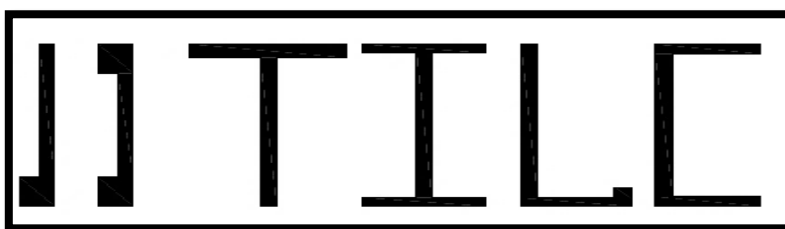


Figura 2. Secciones típicas de muros delgados

Por otro lado, respecto a los parámetros de altura particularmente en edificaciones de este sistema con ductilidad limitada, la sección transversal de los muros de espesores delgados cambia con respecto a la altura. En consecuencia, en la mayoría de los casos los muros suelen clasificarse según las aberturas ubicadas en el alma o ala de la sección (Roca, 2015, p.3).

En la siguiente Figura 3, se muestra los varios de tipos de muro de acuerdo a su elevación.

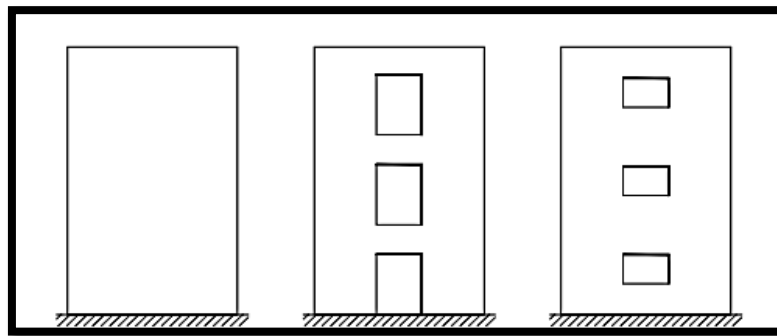


Figura 3. Tipos de muros según su forma en elevación.

1.3.1.3 Comportamiento Estructural

Pueden ser bajo la acción de las fuerzas laterales (viento o sismos) o producto del pandeo de los muros en los edificios.

❖ Fuerzas laterales

Para el análisis de fuerzas, Neuenhofer sostiene:

El comportamiento estructural de muros de concreto armado está estrechamente relacionado con su altura y longitud (h_w/l_w), así como de otros parámetros como la cuantía de acero y la secuencia de aplicación de cargas. Los muros con relación de aspecto menor que 1.0 presentarán un comportamiento dominado por cortante, mientras que para relaciones mayores que 2.0 el comportamiento será dominado por flexión. (2006, p. 1847).

Por otra parte, Roca señala lo siguiente:

Es preferible que el comportamiento estructural de los muros de ductilidad limitada sea gobernado por flexión, dado que este tipo de falla es considerado dúctil, puesto que permite la fluencia del acero antes de que ocurra el aplastamiento del concreto y evita en lo posible que el cortante controle el comportamiento. (2015, p.4).

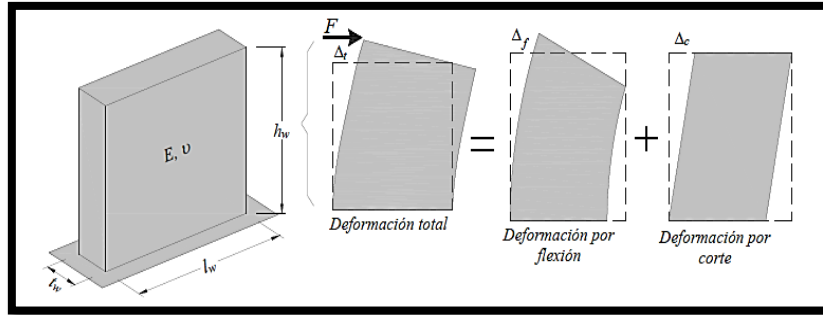


Figura 4. Deformaciones bajo fuerzas laterales.

De la Figura 4, se observa que la deformación total muro, se puede expresar mediante la fórmula:

$$\Delta_{total} = \Delta_{flexion} + \Delta_{corte} \quad (mm) \quad (1.1)$$

En tal sentido, del análisis estructural se obtiene que la deformación total también puede ser expresada mediante la siguiente expresión:

$$\Delta_{total} = \frac{F h_w^3}{3EI} + \alpha \frac{F h_w}{GA} \quad (mm) \quad (1.2)$$

Donde:

F: Fuerza adyacente. (Kg)

Hw: Altura total del muro. (m)

I: Momento de inercia. (m^3)

A: Área de corte del muro. (m^2)

α : Coeficiente de forma de las tracciones diagonales de la sección transversal.

E: Modulo de elasticidad del material del concreto (kg/cm^2)

G: Modulo de corte (kg/cm^2)

De tal forma, al reemplazar, $I = 1/12 t_w l_w$, $A = t_w l_w$, $\alpha = 1.2$ (para secciones rectangulares), y $G = E/[2(1 + \mu)]$ con un $\mu = 0.25$ en la ecuación (1.1), se obtiene la fórmula:

$$\Delta_{total} = \Delta_{flexion} + \Delta_{corte} = \frac{F}{E t_w} \left[4 \left(\frac{h_w}{l_w} \right)^3 + 3 \left(\frac{h_w}{l_w} \right)^3 \right] \quad (1.3)$$

Donde:

l_w : Longitud del muro. (cm)

t_w : Espesor del muro. (cm)

μ : Coeficiente de poisson

Asimismo, si el valor de “F” fuese igual a 1(carga unitaria), al remplazar en las ecuaciones anteriores (1.2) y (1.3), se obtendrá la siguiente formula.

$$\frac{\Delta_{flexion}}{\Delta_{total}} = \frac{4\left(\frac{hw}{lw}\right)^2}{4\left(\frac{hw}{lw}\right)^2 + 3} \quad \frac{\Delta_{corte}}{\Delta_{total}} = \frac{3}{4\left(\frac{hw}{lw}\right)^2 + 3} \quad (1.4)$$

Por lo tanto, a partir de las ecuaciones (1.4), se obtiene las curvas que se presentan en la Figura 5, el cual representan la variación de la contribución relativa a la deformación tangencial (cortante) y de flexión para cualquier valor de la relación de aspecto (hw/lw) para un muro en voladizo. Asimismo, cabe destacar que para una relación de aspecto igual a 1, ambas deformaciones a flexión y tangencial contribuyen a la deformación total en proporciones aproximadamente similares. Sin embargo, si los valores de la relación de aspecto son superiores a 2, la deformación a flexión gobierna el comportamiento del muro.

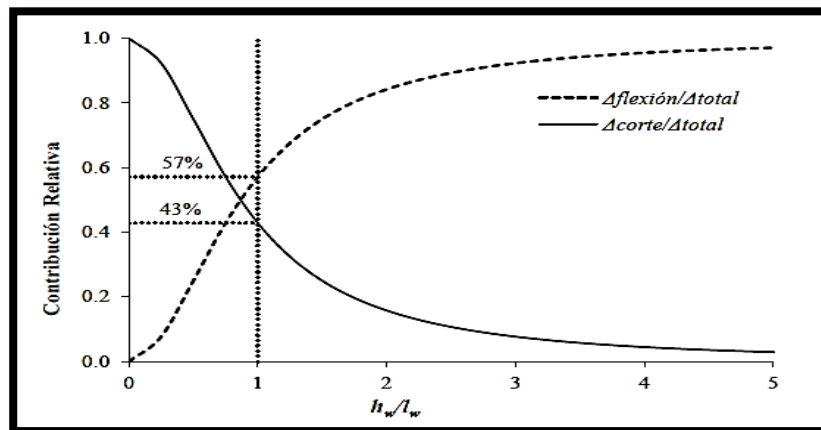


Figura 5. Contribución relativa de la deformación a flexión y cortante de un muro.

❖ Pandeo de muros

Según Paulay y Priestley, señala lo siguiente:

Es la deformación a tracción del acero en el extremo del muro, el cual genera fisuras al concreto. En consecuencia, dependiendo de su grado de magnitud, el riesgo de pandeo aumenta debido a la fluencia del acero. Sin embargo, al tratarse de un sistema de muros dúctiles, no trabajan a carga axial. Por ende, tienden a fallar dado que existe mayor sobrecarga en la estructura y sus elementos de refuerzo de malla electrosoldada presentan baja fluencia del acero. (1993, p.385).

Al respecto, Rodríguez et al. (1999), “Propuso un modelo de predicción de pandeo de barras sometidas a cargas cíclicas reversibles. En este modelo la deformación está asociada al pandeo ε_p^* ” (p.605). No obstante, la Figura 6, muestra los dos últimos semiciclos de carga correspondientes al inicio del pandeo de la barra. Inicialmente en estos semiciclos, la barra alcanza en tracción la deformación máxima ε_{st} , antes de empezar el semiciclo de descarga, para el cual ocurre el pandeo para la deformación ε_{sc} .

Rodríguez et al. (1999), expresa ε_p^* como:

$$\varepsilon_p^* = \varepsilon_0 + \varepsilon_{sc} \quad (1.5)$$

Donde:

ε_p^* : Deformación asociada al pandeo. (mm)

ε_0 : Deformación en el semiciclo de descarga asociado a cargas. (mm)

ε_{sc} : Deformación en el semiciclo de descarga antes que ocurra el pandeo de las barras. (mm).

ε_{st} : Deformación máxima en tracción de la barra longitudinal.

Asimismo, estudios recientes han mostrado que es conveniente para fines de diseño, que en la definición ε_p^* , se emplee ε_{st} en lugar del parámetro ε_0 . Si se procede de esta manera se obtiene:

$$\varepsilon_p^* = \varepsilon_{st} + \varepsilon_{sc} \quad (1.6)$$

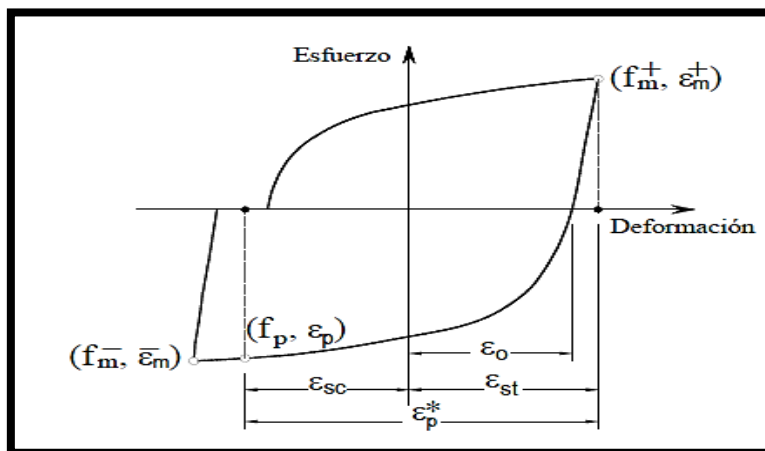


Figura 6. Pandeo de barras de refuerzo sometida a cargas cíclicas.

Por otra parte, el modelo de pandeo de una barra de refuerzo fue propuesto por Rodríguez, tal como se ilustra en la Figura 7:

La barra descarga en tracción en el punto A llega con esfuerzo de compresión al punto B (la deformación aquí puede ser también en tracción), donde la barra tiene agrietamientos locales en la vecindad de las corrugaciones, y al ir al punto C la barra se fractura en tracción definiendo el pandeo de ésta. (1999, p.606).

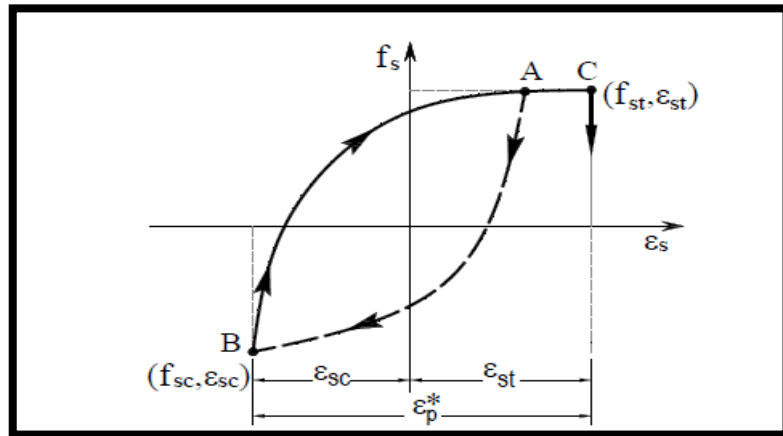


Figura 7. Modelo de pandeo de una barra de refuerzo.

Por consiguiente, Roca, clasifica los efectos de pandeo según las formas típicas de muros como se aprecia en la Figura 8:

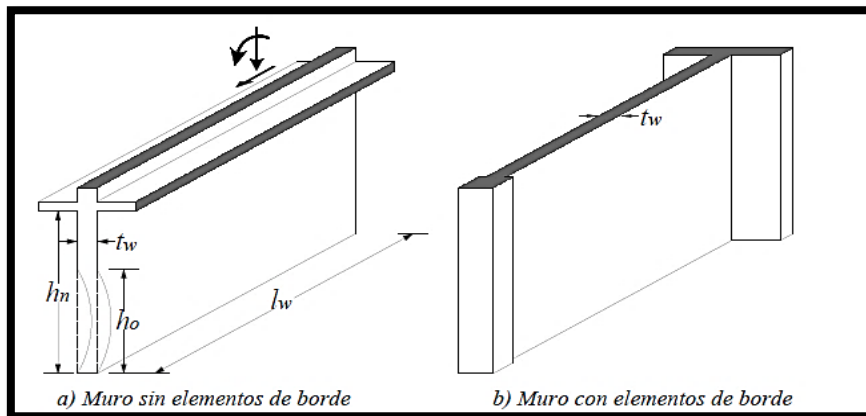


Figura 8. Efecto de pandeo en configuraciones típicas de muros.

1.3.1.4 Tipos de Falla

Según Roca (2013), señala que “las fallas describen el mecanismo físico de deterioro de una estructura, debido principalmente a efectos de sobrecarga o fuerzas de viento, asentamientos y baja resistencia del concreto” (p.9).

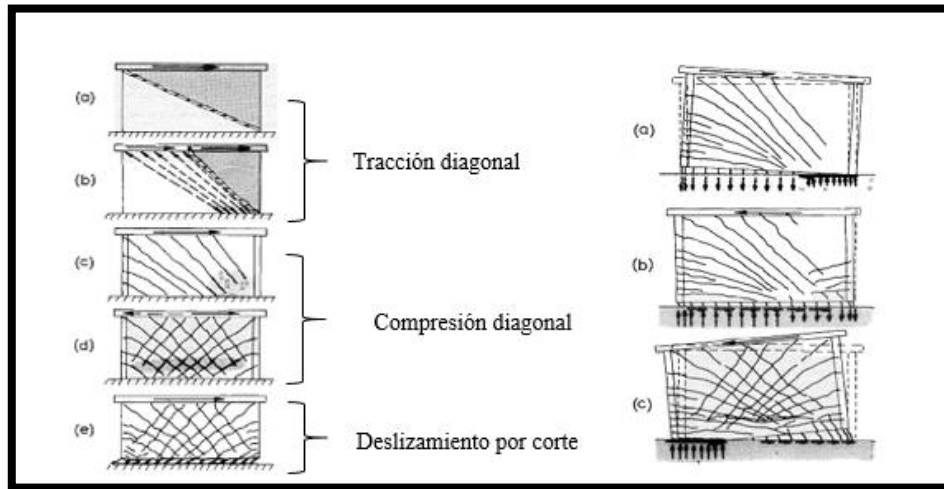


Figura 9. Tipos de Falla.

Sin embargo, Salonikios et al. (1999), Wallace y Thomsen, (1995), Orakcal et al. (2004), señalan que “el comportamiento real de la estructura está relacionado con las diversas propiedades físicas que presentan el concreto y el elemento de refuerzo, así como también la relación de parámetros como el tipo de sección transversal que presentan los muros” (p.3).

No obstante, en los inmuebles de mayor y baja altura, en los pisos menores de los edificios medianos a altos, se usan los muros mostrados en la Figura 10, los cuales son caracterizados por su relación de esbeltez (bajos y altos) cuyo comportamiento estructural es diferente. En dichos muros, las fuerzas laterales son introducidas por medio de una serie de cargas puntuales a través de las losas que actúan como diafragmas. Las losas de piso también dan estabilidad a los muros contra el pandeo lateral.

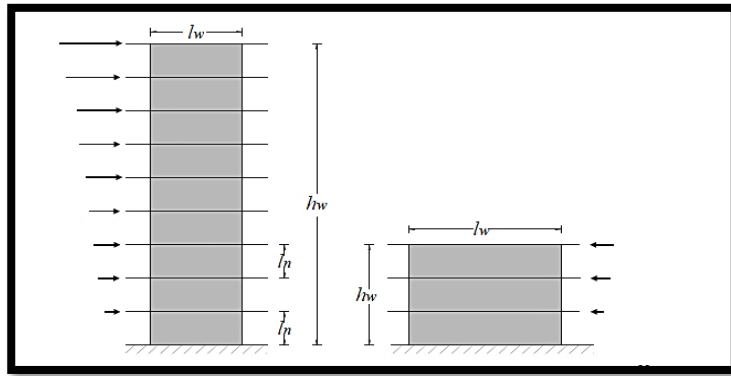


Figura 10. Esbeltez de muros según H_w/l_w .

Por otra parte, Roca sostiene:

La fluencia del refuerzo a flexión en las zonas de rótulas plásticas, normalmente se produce en la base del muro (Figura 11-a) y que en general se debe evitar los modos de falla de aquellos que resulten de la tracción diagonal (Figura 11-b) o compresión diagonal, debido a que son causados tanto por el cortante como la inestabilidad de secciones de muros delgados o del refuerzo de compresión principal, así como también el deslizamiento por cortante a lo largo de las juntas de construcción (Figura 11-c) y corte o falla por adherencia a lo largo del empalme o anclajes. Es por ello que, en todos los casos el modo de falla queda definido por el tipo de comportamiento dominante. (2015, p.10).

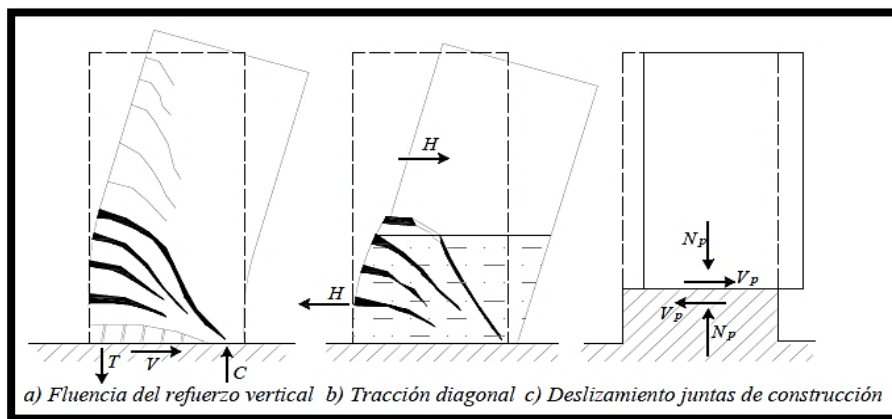


Figura 11. Modos de falla en muros en muros dúctiles.

1.3.1.5 Confinamiento de los muros

a) Refuerzo longitudinal

Según Quintana (2013), señala “se ubica en los extremos del muro y tiene como función estructural tomar la tracción o compresión debido a la flexibilidad” (55).

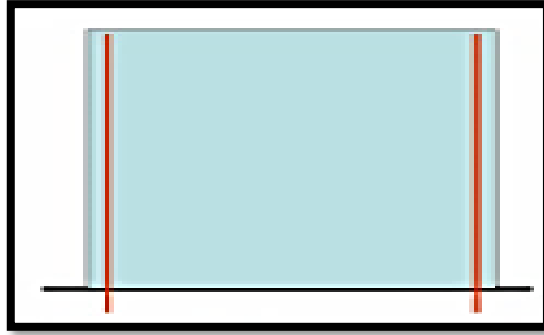


Figura 12. Refuerzo longitudinal.

b) Refuerzo horizontal

Según Quintana (2013), señala “toma el corte del alma del muro de ductilidad limitada” (p.55).

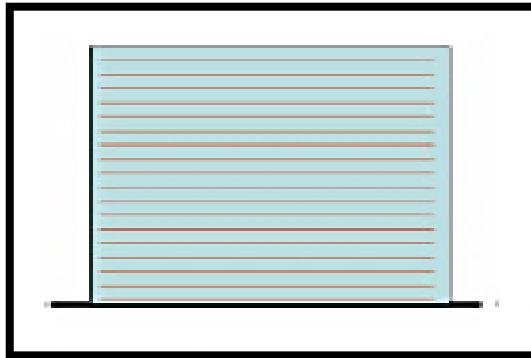


Figura 13. Refuerzo Horizontal.

c) Refuerzo vertical

Según Quinta (2013), señala “alcanza tomar la carga axial y deslizamientos por corte en el alma” (p.55).

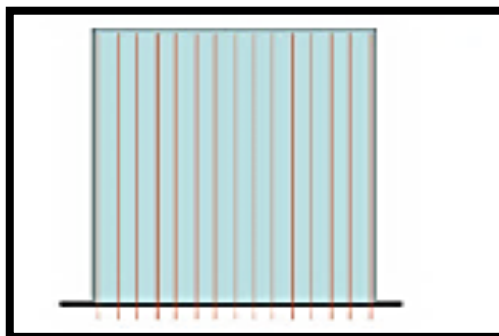


Figura 14. Refuerzo vertical.

En tal sentido, Gálvez, afirma lo siguiente:

En muros de ductilidad limitada sujetos a demandas significativas de flexión y sobrecargas excesivas, el acero longitudinal debe fluir y el concreto debe de estar confinado, a fin de dar ductilidad a los muros portantes de espesores delgados con el objetivo de disipar la energía sísmica ante un posible movimiento telúrico. (2010, p.12).



Figura 15. Mallas electrosoldadas.

d) Criterios de confinamiento

❖ Por resistencia

Según el ACI 318-08, para muros que no son continuos desde la base, en el cual presenten aberturas y secciones críticas por flexión y carga axial, incluyendo sismo y sean superiores a $0.20 f'c$ del concreto a los 28 días, se debe de confinar, de tal forma poder reducir los esfuerzos (ACI, 2008, p.368).

❖ Por deslizamiento

Según el ACI 318-08 (2008), señala “para muros que discontinuos desde la base, en el cual presentan aberturas y sección crítica a flexión y carga axial, se debe aplicar el criterio de confinamiento por Wallace” (p.367).

$$C \geq \frac{l_w}{600 \left(\frac{\delta_\mu}{h_w} \right)}, \quad \frac{\delta_\mu}{h_w} > 0.07 \quad (1.7)$$

Sin embargo, según la NTP E.060 (2014, p.167), sugiere los siguientes criterios de confinamiento.

1. La varilla de refuerzo para los muros debe ser dúctil, de Grado 60 con $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.
2. Debe presentar las especificaciones ASTM A615 Y ASTM 706.

3. Se puede emplear mallas electrosoldadas como refuerzo, hasta un nivel de 3 pisos para una edificación con el sistema de muros de ductilidad limitada.
4. Para el caso mayores pisos, se debe usar mallas electrosoldadas solo en los pisos superiores, que cumplan las normas ASTM y que tenga como máximo $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

$$C < \frac{l_m}{600 \left(\frac{\Delta_m}{h_m} \right)}, \quad \frac{\Delta_m}{h_m} \geq 0.005 \quad (1.8)$$

Donde:

C : Distancia de confinamiento (cm)

l_m : Longitud del muro (m)

Δ_m : Desplazamiento lateral (mm)

h_m : Altura del muro (m)

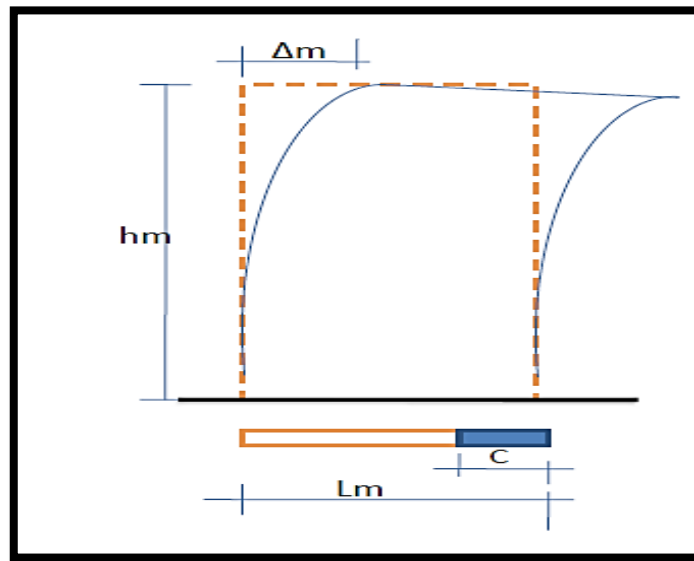


Figura 16. Confinamiento del muro con refuerzo de acero.

1.3.1.6 Cargas actuantes

a) Cargas verticales:

Según Chasi (2016), señala “son aquellas como el peso propio de la estructura llamadas carga muerta, el cual dependiendo del uso de la edificación y distribución de cargas de losas a muros y de estos hacia la cimentación, debe transmitirlas hacia el terreno” (p.13).

b) Cargas laterales de sismo y viento:

Según Chasi (2016), señala “las cargas de sismo depende de su uso, tipo de terreno y sistema estructural. Sin embargo, las cargas de viento, depende de la ubicación geográfica del proyecto” (p.14).

c) Cargas de gravedad:

Según Chasi (2016), señala “son aquellas que actúan en dos direcciones, con sistema de losas macizas bidireccionales y muros de espesores reducidos entre 8 a 10 cm” (p.15).



Figura 17. Vista de sección de muro típico.

1.3.1.7 Mecanismos de Falla

Se puede dar mediante la aplicación de fuerzas laterales a los muros o fuerzas axiales.

a) Fuerzas laterales

Según Roca, con respecto a las fuerzas laterales señala:

Ante fuerzas laterales reversibles, el riesgo de inestabilidad o pandeo del refuerzo aumenta considerablemente, mientras que el aplastamiento del concreto característico en este tipo de falla es posible que ocurra cuando las deformaciones a compresión del concreto alcanzan su valor máximo. Los resultados han mostrado que la respuesta inelástica de muros esbeltos ($h_w/l_w \geq 2$), está controlado por las deformaciones de flexión debido a la formación de una rótula plástica en la base del muro. Sin embargo, para lograr una ductilidad adecuada en muros esbeltos, un papel esencial que cumple el confinamiento del acero que se coloca en los bordes de los muros es controlar el aplastamiento del concreto y el pandeo del refuerzo longitudinal. Es por ello, que la resistencia al corte es proporcionada por el refuerzo vertical y horizontal distribuido en

ambas caras del muro, así como refuerzo inclinado a veces es necesario para la protección contra el deslizamiento por corte. (2015, p.23).

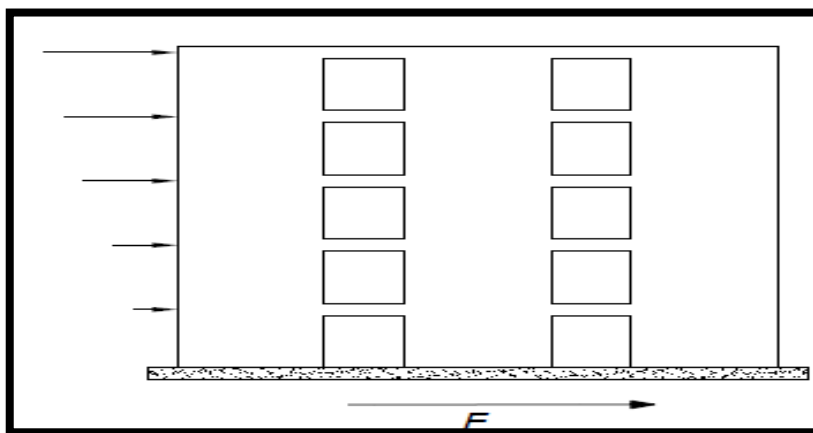


Figura 18. Fuerzas laterales semejantes a la acción sísmica.

b) Fuerza Axial

Se sustenta en los siguientes autores, quienes estudiaron el comportamiento a fuerza axial de los muros de concreto armado.

❖ Zhang y Wang, estudiaron:

Los mecanismos de falla y la ductilidad de muros rectangulares sujetos a una carga axial alta. El cual fueron escalados, construidos y ensayados cuatro muros esbeltos para fallar bajo una acción combinada de carga axial y carga cíclica lateral reversible. Las muestras fueron diseñadas considerando que la capacidad de carga lateral fuese controlada por flexión, el cual concluyeron que falla prematura no deseable fue por corte durante el experimento produciendo aberturas en los extremos del muro. (2000, p.28).

❖ Ibrahim y Adebar, investigaron:

La influencia de la fisuración en la rigidez efectiva de un muro esbelto de ductilidad limitada. En el cual concluyeron que el modo de falla del muro se debe al pandeo de las barras en los extremos. Los resultados del ensayo sirvieron para contrastar el modelo trilineal a cortante y definir el comportamiento de muros en términos de su diagrama momento-curvatura. (2004, p.25).

❖ Riva y Franchi, ensayaron:

Una muestra de dieciocho muros de concreto armado, para comparar el comportamiento de diferentes diseños y detallados, ya sea con barras de refuerzo, mallas electrosoldadas, el cual concluyeron que las barras de refuerzo presentan un mejor comportamiento que las mallas electrosoldadas, debido a que tiene un mejor grado de fluencia en el rango elástico. (2001, p.16).

En la Figura 19, se aprecia el ensayo a tracción entre el acero convencional y la malla electrosoldada.

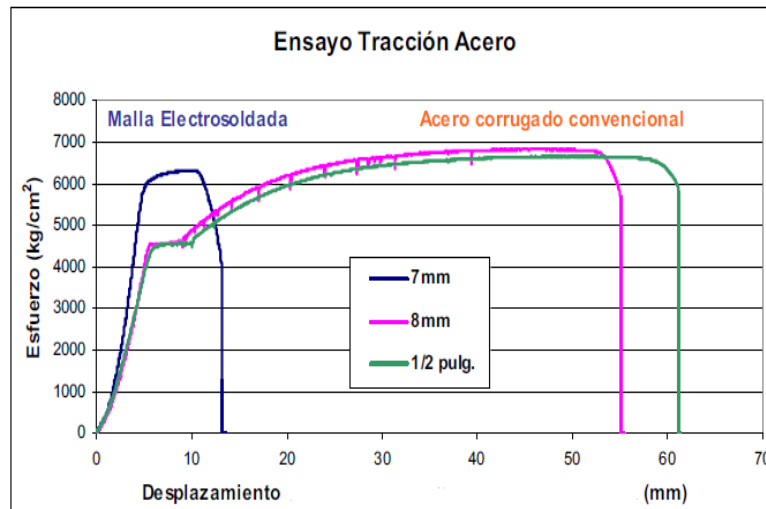


Figura 19. Diagrama esfuerzo – deformación del acero.

Se observa en la Figura 19, que el acero convencional de 4200 kg/cm^2 tiene alto grado de fluencia, mientras que la malla electrosoldada presenta baja fluencia. El cual este ensayo de tracción muestra que la elongación del refuerzo convencional es 4.5 veces mayor que de las mallas electrosoldadas.

1.3.2 Desempeño Sismorresistente

1.3.2.1 Niveles de peligro sísmico

Según Pastor (2007), señala “es la probabilidad de que ocurra de un movimiento sísmico dentro de un periodo de tiempo específico y sobre un área de terreno establecida, con una intensidad determinada” (p.3).

Tabla 1. Niveles de peligro sísmico

Peligro sísmico	Periodo de retorno (Tr)	Probabilidad de excedencia en 50 años
Sismo Frecuente	43 años	69%
Sismo Ocasional	75 años	50%
Sismo Raro	475 años	10%
Sismo muy Raro	1000 años	5%

Fuente: Elaboración Propia.

1.3.2.2 Niveles de desempeño sismorresistente

Se define como el grado de daño (Nivel de desempeño) que sufre un sistema estructural posterior a un evento sísmico. No obstante, el SEAOC Comité Visión 2000, considera los siguientes niveles de desempeño sismorresistente.

- a) **Operacional u ocupacional:** No presenta daños estructurales, la estructura se comporta perfectamente elástica.
- b) **Funcional:** Presenta pequeños daños estructurales, la estructura es prácticamente elástico.
- c) **Resguardo de vida:** Existe daños estructurales de gran importancia, la estructura es completamente inelástica y presenta pérdida de resistencia y rigidez. Sin embargo, la estructura puede ser reparable.
- d) **Cerca al Colapso:** Existe gran daño estructural, la estructura es altamente inelástica y presenta pérdida casi total de resistencia y rigidez. No obstante, no resulta practico reparar la estructura (Peligro de colapsar).

1.3.2.3 Niveles de desempeño estructural

Fue propuesto por el SEAOC Comité visión 2000, el cual considera los siguientes calificadores de acuerdo al estado de daño que sufre la estructura en relación al nivel de desempeño esperado.

a) **Totalmente Operacional.**

Según Sánchez (2010), afirma “nivel de desempeño donde no ocurre ningún tipo de daño. La estructura permanece totalmente segura para sus habitantes y no requiere reparaciones” (p.23).

b) **Operacional.**

Según Sánchez (2010), señala “Ocurren daños moderados, pero es limitado y la estructura debería permanecer disponible para los ocupantes después del evento sísmico. Por lo general, requieren algunas reparaciones menores” (p.23).

c) **Seguridad.**

Según Sánchez (2010), afirma “presenta degradación de la rigidez lateral y capacidad resistente con un margen de seguridad frente al colapso, es posible proceder a su rehabilitación si y solo si sea factible y se justifique desde el punto de vista económico” (p.24).

d) Pre colapso.

Según Sánchez (2010), señala “el edificio es totalmente inseguro para sus habitantes y las posibles reparaciones puede resultar no factible económicamente. En consecuencia, la rigidez lateral y la capacidad resistente compromete la estabilidad de la estructura, aproximándose al colapso.” (p.24).

e) Colapso.

Perdida parcial de la rigidez lateral y capacidad resistente del edificio, estructura inestable, daños irreparables y colapso total de la estructura.

Tabla 2. Niveles de desempeño y su estado de daño estructural.

Estado de daño	Nivel de desempeño	Descripción de los daños
Despreciable	Totalmente operacional	Daño estructural y no estructural despreciable o nulo. Los sistemas de evacuación y todas las instalaciones continúan prestando servicios.
Leve	Operacional	Agrietamientos en elementos estructurales. Daño entre leve y moderado en contenidos y elementos arquitectónicos. Los sistemas de seguridad y evacuación funcionan con normalidad.
Moderado	Seguridad	Daños moderados en algunos elementos. Pérdida de resistencia y rigidez del sistema resistente de cargas laterales. El sistema permanece funcional. Algunos elementos no estructurales y contenidos pueden dañarse. Puede ser necesario cerrar el edificio temporalmente.
Severo	Pre Colapso	Daños severos en elementos estructurales. Fallo de elementos secundarios, no estructurales y contenidos. Puede llegar a ser necesario demoler el edificio.
Completo	Colapso	Pérdida parcial del soporte. Colapso total. No es posible la reparación.

Fuente: Elaboración Propia.

1.3.2.4 Objetivo del desempeño estructural

El SEAOC comité visión 2000, establece los objetivos en la siguiente Figura 20. En donde en las filas corresponde a los niveles de peligro sísmico (sismos) y las columnas los niveles de desempeño esperado, con la finalidad de encontrar el comportamiento del edificio.

		Operacional	Frecuencial	Resguardo de vida	Cerca al colapso
Niveles de peligro sísmico	Sismo Frecuente (69% / 50%)				
	Sismo Ocasional (50% / 50%)				
	Sismo Raro (10% / 50%)				
	Sismo Muy Raro (5% / 50%)				
Comportamiento Aceptable					
Comportamiento Mínimo Aceptable					
Comportamiento Inaceptable					

Figura 20. Matriz de desempeño esperado.

1.3.2.5 Demanda sísmica

Según Pastor (2007), clasifica “la demanda sísmica según los niveles de peligro sísmico mediante una aceleración de gravedad asignando 0.20g para sismos frecuentes, 0.25g para sismos ocasionales, 0.40g para sismos raros y 0.50g para sismos muy raros” (p.3).

No obstante, según el ATC-40 ubica la demanda sísmica según el sismo de diseño, el cual pueden ser representadas de la siguiente manera:

- a) **Sismo de Servicio (SS):** Se asocia al sismo ocasional y frecuencial. Donde la estructura dependiendo del desempeño esperado puede presentar un comportamiento aceptable, inaceptable o mínimo aceptable.
- b) **Sismo de Diseño (SD):** Se asocia con el sismo raro. Donde la estructura dependiendo del desempeño esperado puede presentar un comportamiento aceptable, inaceptable o mínimo aceptable.
- c) **Sismo Máximo (SM):** Se asocia a los sismos muy raros y representa a los con poca frecuencia. Donde la estructura dependiendo del desempeño esperado puede presentar un comportamiento aceptable o mínimo aceptable.

1.3.2.6 Curva de Capacidad

Según Pastor (2007), afirma “es la representación gráfica de los niveles de desempeño sismorresistente, mediante la curva Fuerza vs. Desplazamiento lateral de la edificación, el cual se obtiene mediante el análisis estático no lineal pushover” (p.5).

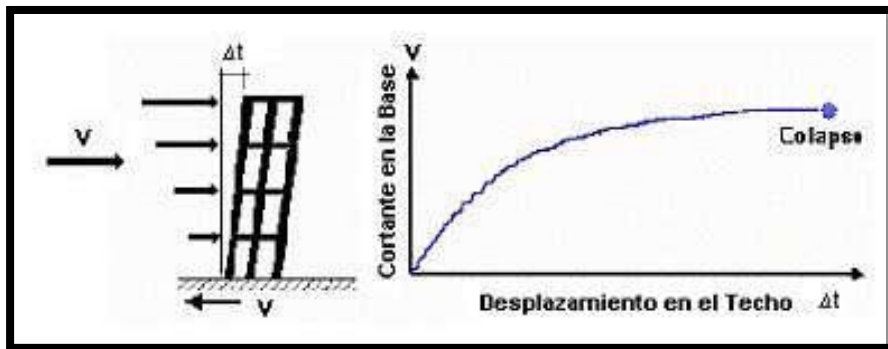


Figura 21. Diagrama Fuerza – desplazamiento de la curva de capacidad.

❖ Sectorización de Curva de capacidad

Es la representación gráfica de los niveles de desempeño sismorresistente de acuerdo al porcentaje de desplazamiento inelástico que toman en la curva de capacidad.

- Ocupacional:** Ocupa el 100% de Δ_p .
- Funcional:** Ocupa el 30% de Δ_p .
- Resguardo de Vida:** Ocupa el 30% de Δ_p .
- Cerca al colapso:** Ocupa el 20% de Δ_p .
- Colapso:** Ocupa el 20% de Δ_p .

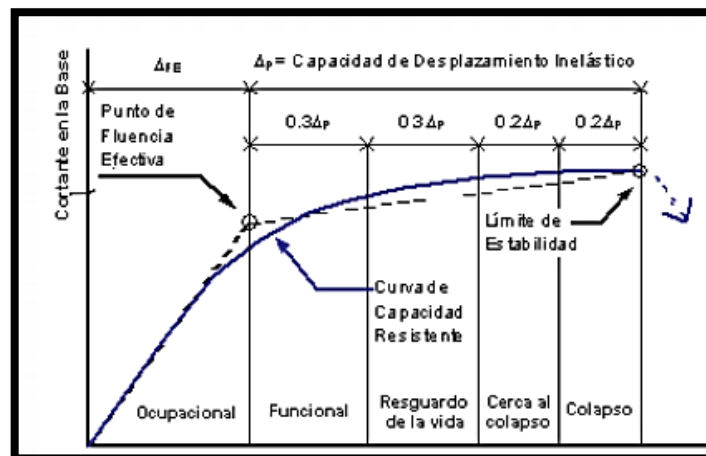


Figura 22. Sectorización de la Curva de Capacidad.

1.3.2.7 Punto de desempeño

Esta dado por un punto de coordenadas desplazamiento de la estructura vs cortante basal, el cual describe el nivel de desempeño sismorresistente que presenta la estructura. Al mismo tiempo, este punto puede ser encontrado mediante el método del espectro de capacidad.

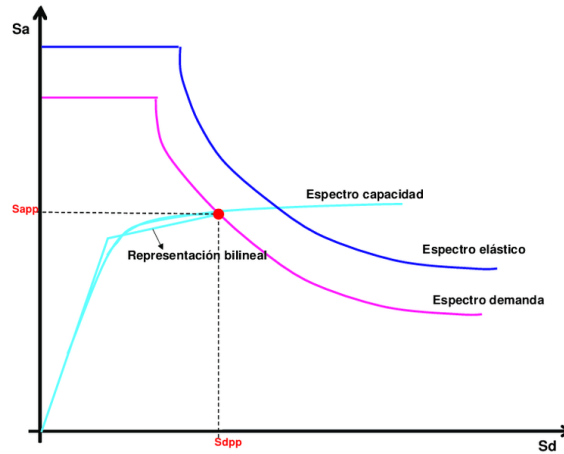


Figura 23. Punto de desempeño (Sa, Sd).

1.3.2.8 Método del espectro de capacidad

Para encontrar el nivel de desempeño de una estructura existente, se realizará mediante los siguientes pasos:

- Cálculo de la curva de capacidad mediante un análisis estático no lineal pushover.
- Estimación de las características dinámicas de la estructura (período de vibración natural T_i , coeficiente de amplitud de modo en el nivel i ϕ_{i1} , factor de participación modal PF_R y coeficiente modal de masa α_1).

$$PF_1 = \frac{\sum_{i=1}^N (W_i \phi_{i1}) / g}{\sum_{i=1}^N (W_i \phi_{i1}^2) / g} \quad (1.9)$$

$$\alpha_1 = \frac{[\sum_{i=1}^N (W_i \phi_{i1}) / g]^2}{[\sum_{i=1}^N \frac{W_i}{g}] [\sum_{i=1}^N \frac{(W_i \phi_{i1}^2)}{g}]} \quad (1.10)$$

Donde:

W_i : masa concentrada por piso. (Kg)

N: número de pisos.

g : Gravedad (9.81 m/s^2).

- c) Determinación del espectro de capacidad para ello se hará uso de los factores encontrados en el paso anterior. No obstante, las aceleraciones S_{ai} y los desplazamientos espectrales S_{di} se obtendrán mediante las fórmulas (1.11) y (1.12) respectivamente.

$$S_{ai} = \frac{V_i}{\alpha_1 * W * g} \quad (1.11)$$

$$S_{di} = \frac{\Delta_{techo}}{PF_1 * g} \quad (1.12)$$

Donde:

W: masa total de la estructura. (Tn)

Vi: cortante (Tn.cm)

Δ_i : Desplazamiento en el nivel superior de la estructura. (cm)

g: Gravedad (9.81 m/s²).

- d) Suposición de un punto de desempeño (d_{pi} , a_{pi}), como se muestra en la Figura 24, se puede definir a través de la aproximación de desplazamientos iguales. Es decir, simular que el desplazamiento espectral inelástico es igual elástico.

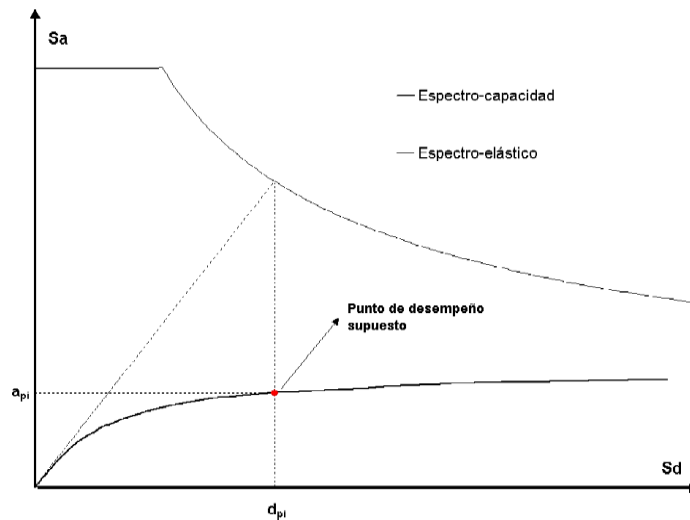


Figura 24. Punto de desempeño de prueba del MEC a partir de la aproximación de desplazamientos iguales.

- e) Representación bilineal del espectro de capacidad.
- f) Cálculo del espectro de demanda reducido y se superpone gráficamente con el espectro de capacidad en su forma bilineal.
- g) Determinación del punto de intersección entre EC y ED (d_p, a_p), tal como se observa en la Figura 25.

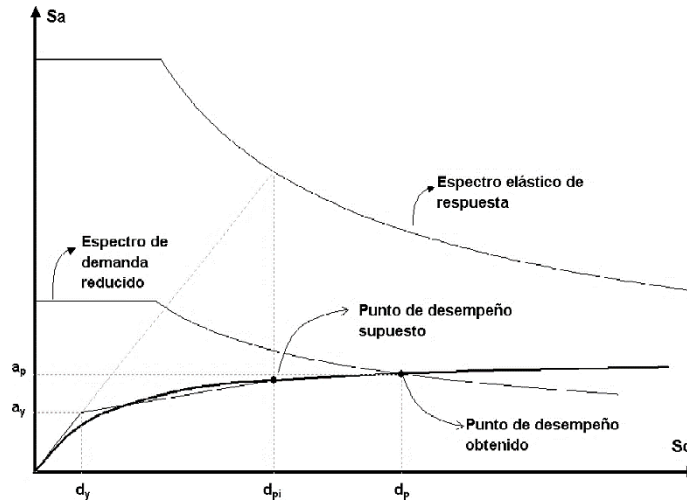


Figura 25. Punto de desempeño obtenido a partir del valor supuesto – MEC.

- h) Se evalúa el desplazamiento d_p , correspondiente al punto de intersección entre el espectro de capacidad y demanda reducido, el cual varía entre $\pm 5\%$ del desplazamiento d_{pi} , supuesto entre $(0.95d_{pi} \leq d_p \leq 1.05d_{pi})$, si no cumple el punto de desempeño (d_{pi}, a_{pi}) se toma como valor (d_p, a_p), si no vuelve a cumplir regresar al punto f).

1.4 Formulación del problema general

1.4.1 Problema general

- ❖ ¿De qué forma los factores de detallamiento sísmico afectan el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018?

1.4.2 Problemas específicos

- ❖ ¿De qué manera el factor ausencia refuerzo de confinamiento afecta el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018?
- ❖ ¿De qué manera el factor refuerzo de malla afecta el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018?
- ❖ ¿De qué forma la esbeltez y longitud del muro afecta el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018?

1.5 Justificación de estudio

1.5.1 Justificación teórica

La tesis propuso, factores de detallamiento sísmico en el desempeño de muros de ductilidad con altura mayor a 8 pisos. Ya que, habitualmente es un sistema que se está construyendo constantemente en el país, debido a que genera un menor costo y ahorro de tiempo en el proceso constructivo. Sin embargo, el trabajo de investigación se enfoca desde el punto estructural y sismorresistente, puesto que este sistema de muros de ductilidad limitada para edificaciones mayor a 8 pisos aún no se avaluado cómo se comporta la estructura ante un posible movimiento telúrico. Es por ello que, Peña (2006), resalta “En este sistema estructural, los muros no trabajan a carga axial, es decir ante una sobre carga excesiva, genera agrietamientos en la estructura. En consecuencia, no presenta un buen comportamiento optimo a sismos de larga duración”. En tal sentido, al no presentar elementos estructurales, carece de un déficit en la construcción. Por lo tanto, el trabajo de investigación, evaluara a través del método del espectro capacidad, de qué manera el detallamiento sísmico afecta en el desempeño de los muros del inmueble multifamiliar.

1.5.2 Justificación practica

Los resultados que se obtienen en el trabajo de investigación, se pondrán en consideración de todos los futuros Ingenieros Civiles y Ministerio de vivienda, ellos serán los responsables junto al ingeniero civil de tomar las decisiones pertinentes de evaluar y analizar los edificios con muros de ductilidad limitada con altura mayor 8 pisos, de tal forma que duren un largo periodo de vida y sobre todo tengan un buen comportamiento sismorresistente ante eventos sísmicos, implementando metodologías de diseño que no afecten el desempeño del edificio. En tal sentido, el aporte de la tesis será si los factores de detallamiento sísmico afectan o no el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, como lo limita la norma E.030.

1.5.3 Justificación económica

Dado que, el mercado de edificios multifamiliares ha sido muy popular durante los últimos años, debido a la gran necesidad de construir y vender departamentos que no generen costos elevados, el trabajo de investigación; a través de la evaluación del detallamiento estructural por desempeño minimizara a nivel económico perdida de bienes y exceso de costos de reparación a futuros movimientos telúricos.

1.5.4 Justificación social.

Dado que, en la mayoría de las ciudades de América Latina, existe una necesidad indispensable de edificios. El trabajo de investigación involucra a todas las naciones que carecen de capacidad para construir el número necesario de inmuebles, de tal forma que cumplan las normativas de los países desarrollados. Ante esta situación la función del ingeniero civil es predecir la seguridad de los habitantes ante cualquier evento sísmico que se produzca y lo más importante para ello es realizar un buen diseño estructural del sistema de MDL, así como utilizar una buena técnica de construcción y por ende evaluar el desempeño sismorresistente para así eliminar el riesgo de que la estructura colapse o sufra fallas de alto grado y causen incomodidad a los habitantes.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis general

- ❖ Los factores de detallamiento sísmico afectan el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018.

1.6.2 Hipótesis específicas

- ❖ El factor ausencia de refuerzo de confinamiento afecta el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018.
- ❖ El factor refuerzo de malla afecta el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018.
- ❖ La esbeltez y longitud del muro afecta el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

- ❖ Determinar de qué forma los factores de detallamiento sísmico afectan el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018.

1.7.2 Objetivos específicos

- ❖ Evaluar de qué manera el factor ausencia de refuerzo de confinamiento afecta el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018.
- ❖ Evaluar de qué manera el factor refuerzo de malla afecta el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018.
- ❖ Evaluar de qué forma la esbeltez y longitud del muro afecta el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018.

II. MÉTODO

2.1 Método

2.1.1 Método Hipotético deductivo

El método que tuvo el trabajo de investigación, fue el método hipotético – deductivo, ya que a través la observación del fenómeno estudiado y en base a una realidad problemática, se formuló el problema y se sometió mediante la inducción/deducción a una prueba de hipótesis.

Según Valderrama (2007) señala “es un procedimiento de inducción /deducción que a partir de la observación de casos particulares se plantea un problema general y se formula la hipótesis para luego intentar validar o verificar mediante el razonamiento deductivo del investigador” (p.154).

2.1.2 Tipo de investigación

La tesis tuvo un tipo de investigación aplicada, debido que se interesó en resolver problemas de naturaleza práctica y responder a la hipótesis planteada. En consecuencia, dependió de descubrimientos y aportes teóricos.

La investigación aplicada está enfocada al estudio de un fenómeno o problema general, puesto que busca llegar a resultados inmediatos mediante la experimentación. Se preocupa más en resolver el problema que en la formulación de teorías, es decir su fin último es el descubrimiento de casusas (Hernández, Fernández y Batista 2014, p.4).

2.1.3 Enfoque de la investigación

La tesis tuvo una investigación por naturaleza de enfoque cuantitativa continua, debido que es secuencial, demostrativo y paso por paso intenta descubrir resultados numéricos. Asimismo, no muestra números fijos de datos numéricos o valores.

Según, Valderrama (2007), señala “la investigación cuantitativa es secuencial y demostrativa, puesto que tiene como propósito cuantificar el problema a través de valores numéricos. En consecuencia, plantea hipótesis que pueden ser veraces o no aceptadas” (p.109).

2.1.4 Nivel de investigación

La tesis se ubicó en el nivel explicativo. Puesto que, estuvo dirigida a responder a la influencia de los incidentes físicos y su interés se centró en explicar la causa – efecto (el por qué ocurre un fenómeno físico).

Es explicativa porque tiene relación causal; cuya finalidad no solo radica en describir el problema, sino encontrar la causa entre la variable independiente y dependiente. No obstante, busca responder el por qué ocurre uno, dos o más fenómenos en base al problema planteado (Valderrama, 2007, p.33).

2.2 Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue cuasi experimental, porque a través del software ETABS 2016 (Análisis Tridimensional Extendido de Edificaciones) se obtuvo resultados analíticos, esto quiere decir que cuando no es factible emplear experimentos puros, también se manipula la variable independiente para ver los efectos físicos que se producen en la variable dependiente. Es consecuencia, es una simulación.

Al respecto, Valderrama sostiene lo siguiente:

La investigación cuasi experimental se utiliza cuando no es factible emplear el diseño experimental verdadero. Sin embargo, también se manipula la variable independiente para evaluar de qué forma o por qué razón sucede algo en particular con respecto al fenómeno a evaluar. El objetivo de la manipulación de variables es ver los cambios en la variable dependiente de forma estricta por el investigador. (2007, p.57).

Simbología:

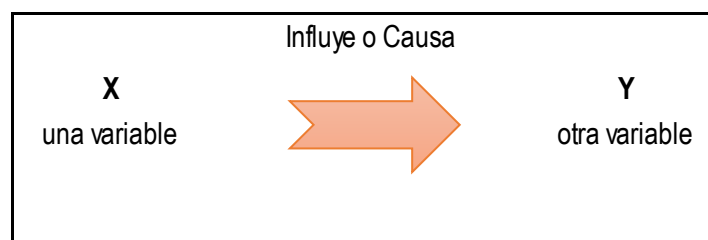


Figura 26. Simbología del diseño Explicativo.

2.3 Variables y Operacionalización

2.3.1 Variables

2.3.1.1 Muros de ductilidad limitada

Para definir la variable independiente. Quiroz (2016, p.13), sostiene “es un sistema estructural con ausencia de columnas, vigas y presencia de muros de espesores delgados con mallas electrosoldadas”.

2.3.1.2 Desempeño

Para definir la variable dependiente Pastor (2007, p.13), sostiene “el desempeño se define como la selección de criterios de diseño, proporcionalidad, detallado de una estructura y componentes no estructurales para asegurar y controlar la calidad de la construcción para cada nivel de sismo”.

2.3.2 Operacionalización de variables

A continuación, se adjunta la Tabla 3, en el que se muestra la operacionalización de las variables tanto la independiente como la dependiente. De esta forma, poder definir las variables y la escala de medición.

Tabla 3. Operacionalización de las variables.

TIPO	VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENCIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
VARIABLE INDEPENDIENTE	MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA	“Es un sistema estructural con ausencia de columnas, vigas y presencia de muros de espesores delgados con mallas electrosoldadas”. (Quiroz, 2016, p.13).	Son muros delgados de pequeño espesor, el cual varían entre 8 a 10 cm generalmente con dificultad en el desempeño sismorresistente desde el punto de vista estructural, ya que no presenta comportamiento óptimo a movimientos sísmicos de larga duración.	PROPIEDADES ESTRUCTURALES	Refuerzo de confinamiento	CUANTIA
					Refuerzo de malla	
					Esbeltez y longitud de muro (Hw/Lw)	PROPORCION
VARIABLE DEPENDIENTE	DESEMPEÑO	“El desempeño se define como la selección de criterios de diseño, proporcionalidad, detallado de una estructura y componentes no estructurales para asegurar y controlar la calidad de la construcción para cada nivel de sismo” (Pastor, 2003, p.13).	Es el comportamiento que tiene una edificación, es decir el nivel de seguridad y estado de daño, que se encuentra una estructura después de un sismo.	EVALUACION SISMORRESISTENTE	Niveles de desempeño	PUNTO DE DESEMPEÑO

Fuente: Elaboración propia.

2.4 Población y muestra

2.4.1 Población

El universo poblacional estuvo conformado por todas las edificaciones construidas con el sistema de muros de ductilidad limitada en la ciudad de Lima, de las cuales las más importantes fueron:

- ❖ Edificio Conjunto Residencial Garezón (7 pisos).
- ❖ Edificio Paseo Vistamar (15 pisos).
- ❖ Edificio Residencial los Parques del Agustino (5 pisos).
- ❖ Edificio Conjunto Residencial Alameda Real (5 y 8 pisos).
- ❖ Edificio la Ribera de Santa Clara (9 pisos).
- ❖ Edificio Conjunto Residencial Próceres II (5pisos).
- ❖ Edificio Conjunto Residencial Alameda Colonial (9 pisos)

Según Valderrama (2007), señala “la población es totalidad de aquellos sujetos, países, ciudades, cosas etc., que están involucrados de un modo u otro por el objetivo de nuestro estudio” (p. 143).

2.4.2 Muestra

La muestra estuvo conformada por el edificio denominado “Conjunto residencial alameda colonial”, puesto que cuenta con una torre de 9 pisos construida con el sistema de muros de ductilidad limitada. Se eligió ese edificio debido a la accesibilidad de información y requerimiento de planos así como su ubicación (Callao), en una zona de mayor riesgo a movimientos sísmicos y debido que el distrito donde se aplico el trabajo de investigación cuenta con un suelo de arenas eólicas, según el Plan Metropolitano de Desarrollo Urbano de Lima y Callao.

En consecuencia, Valderrama (2007), afirma “la muestra es una porción o subgrupo de la población, puesto que es una muestra representativa del objeto a estudiar” (p. 164).

2.4.3 Muestreo

La técnica o método del muestreo que se aplicó, fue no probabilística por conveniencia. Porque se seleccionó directa e intencionadamente la edificación de acuerdo al juicio representativo y a la accesibilidad de información del tesista, para la unidad de análisis del trabajo de investigación.

La técnica del muestreo no probabilístico intencional o por conveniencia, es aquella donde las personas u objetos son seleccionadas de acuerdo al criterio y accesibilidad para el investigador. Asimismo, los elementos seleccionados no dependen de la probabilidad sino de causas relacionadas con las características del investigador (Valderrama, 2007, p.170).

2.5 Procedimiento, Instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.5.1 Procedimiento

Para el desarrollo del trabajo de investigación, se realizó los siguientes pasos:

- a) Modelamiento estructural del Inmueble Conjunto Residencial Alameda Colonial, torre 9 pisos.
- b) Análisis lineal estático
- c) Análisis lineal dinámico a través de un espectro de diseño.
- d) Análisis no lineal estático pushover.
- e) Representación gráfica en Microsoft Excel de la curva de capacidad obtenida mediante el análisis no lineal pushover.
- f) Conversión del espectro de diseño a un espectro de demanda reducido.
- g) Conversión de la curva de capacidad a un espectro de capacidad.
- h) Intersección de gráficas del espectro de demanda vs espectro de capacidad.
- i) Estimación de un punto de desempeño por el método espectro capacidad.
- j) Evaluación del desempeño (Curva de capacidad, Niveles de desempeño).
- k) Interpretación del punto de desempeño.
- l) Conclusiones y recomendaciones.

2.5.2 Instrumentos de recolección de datos

Para el trabajo de investigación, el instrumento de medición que llevo a cabo la recopilación de información de los resultados de la investigación fue el siguiente:

❖ Ficha Técnica

Se utilizo para la recolección de datos de los resultados arrojados por la herramienta Etabs 2016, de acuerdo a los indicadores planteados como se muestra en los Anexos. Por otra parte, esta herramienta ETABS 2016 sirve para el modelamiento, análisis y diseño de edificaciones tales como el análisis tiempo historia, análisis pushover, analisis lineal dinamico, diseño de edificaciones entre otros puntos que tiene la herramienta. Al mismo tiempo, se puede importar modelos desde AutoCAD y exportar resultados a diferentes programas tales como Microsoft Word, Microsoft Excel, etc. En conclusión, cumple con los requisitos de licencia a corto plazo.

Al respecto, Valderrama (2007), señala “es en principio de cualquier recurso de que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer resultados” (p.195).

2.5.3 Confiabilidad

Los resultados del trabajo de investigación son confiables, ya que al usar el software Etabs 2016 16.2.0 funciona bien al 100% y no restringe algunas herramientas para el diseñador, debido que cuenta con la licencia #*1MLYPS8PJXLPLR2. Asimismo los resultados son validos, puesto que la empresa CSI (Computers & Structures, Inc) creadora del softaware cuenta con la certificacion ISO-9001, el cual demuestra su compromiso con la calidad para el diseño, desarrollo y distribución de software en todos los paises. Ya que, la implementacion del sistema de gestion de calidad ISO-9001 mejora la satisfacción del cliente, garantiza coherencia y mejora los procesos internos. Al respecto Leigh (2008), señalo “El logro de la norma ISO-9001 refleja nuestros esfuerzos continuos para lograr la calidad y confiabilidad superiores del producto para nuestros clientes en todo el mundo” (p. 56).

Asimismo el presidente de CSI Ashraf (2008), señalo “ Nuestros productos de software han sido durante mucho tiempo las herramientas elegidas por miles de ingenieros en todo el munto. Esta certificacion valida su confianza en nosotros” (p. 58).

Para ello Valderrama (2007), señala “es el nivel, en el cual un instrumento genera resultados veraces y coherentes al mismo sujeto u objeto de investigación, es decir los resultados obtenidos si se vuelven aplicar sobre la misma muestra, resultan similares” (p. 193).

2.5.4 Validez

La herramienta que se utilizó en el trabajo de investigación es válida, porque generó resultados veraces y confiables. Debido que, el Software Etabs 2016 es un sistema completamente integrado y se emplea en diferentes usos de la rama de ingeniería. Asimismo, el instrumento de medición (Ficha técnica) es válida, ya que se obtuvo una validez al 71%, según la calificación por juicios de expertos que conocen el tema.

Según, Valderrama (2007), indica “se refiere al grado de calificación o resultado obtenido mediante la aplicación del instrumento” (p.193).

2.6 Método de análisis

Se aplicó a través de la estadística descriptiva:

La interpretación de los resultados se representó mediante tablas comparativas y gráficos estadísticos, de acuerdo a los indicadores de la variable independiente y a las dimensiones.

2.7 Aspectos éticos

Se tuvo en cuenta la validez y confiabilidad de los resultados, así como la revisión del trabajo de investigación mediante el programa turnitin, para evaluar que no existiera ningún tipo de plagio y que la tesis fuera de autoría propia.

III. RESULTADOS

3.1 Desarrollo de aplicación

3.1.1 Ubicación

La edificación multifamiliar propuesta para la siguiente investigación es un conjunto residencial denominado “Alameda Colonial”, el cual se encuentra ubicado en la Av. Oscar R. Benavides 5015, Callao.

3.1.2 Descripción del proyecto

3.1.2.1 Arquitectónico

El plano arquitectónico de este conjunto residencial, cuenta con la construcción de 24 inmuebles de vivienda multifamiliar entre torres de 05 y 09 pisos en un terreno de 417.71 m² de área por cada edificio, con área techada desde 65 m² aproximadamente, distribuidos en los edificios multifamiliares. A su vez la torre 9 cuenta con 8 departamentos por piso.

En cuanto a la distribución de los departamentos de la torre 9 cuenta con: ingreso, cuatro salas comedor por piso, ocho baños por piso, cocina, lavandería y jardines.

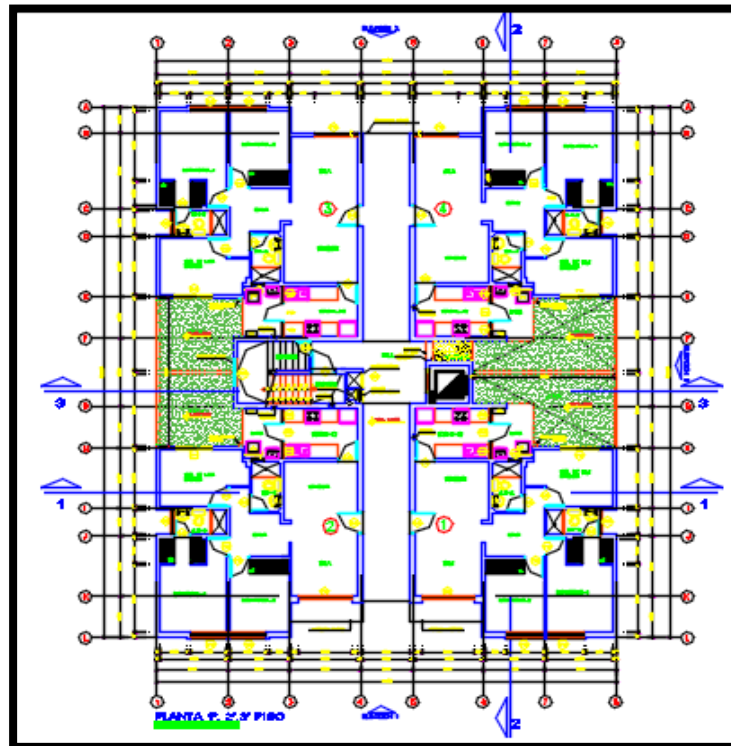


Figura 27. Planta del Proyecto “Edificio residencial alameda colonial”.

3.1.2.2 Estructural

a) Materiales

La estructura principal resistente a fuerzas laterales del edificio multifamiliar es exclusivamente de concreto armado, cuya resistencia a la compresión a los 28 días ($f'c$) es de 210 kg/cm², con un módulo de elasticidad de 217370 kg/cm² con barras de acero de confinamiento (f_y) de 4200kg/cm² y mallas electrosoldadas de 5000 kg/cm².

Tabla 4. Características mecánicas de los materiales.

Resistencia a la compresión	$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Peso específico	$\gamma_c = 2400 \text{ kg/m}^3$
Módulo de elasticidad	$Ec = 217370.65 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de corte	$Gc = 90571.10 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de Poisson	0.2
Acero de Refuerzo	$Fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Malla electrosoldada	$Fy = 5000 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de elasticidad del acero	$Es = 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

Fuente: Elaboración propia

Para el módulo de elasticidad del concreto Ec , se calculo usando la siguiente expresión, cuyas unidades en kg/cm² se muestran a continuación.

$$Ec = 15000\sqrt{f'c} \left(\frac{kg}{cm^2} \right) \quad (1.13)$$

Para el módulo de corte Gc , se determino por el programa ETABS y mediante un cálculo manualmente como se expresa en la siguiente expresión.

$$Gc = \frac{Ec}{2(1 + \mu)} \left(\frac{kg}{cm^2} \right) \quad (1.14)$$

b) Estructuración

El planteamiento estructural del inmueble multifamiliar se basa en un sistema de muros de ductilidad limitada de concreto armado con espesores variables de 7, 10, 12.5, 15 y 20 cm de grosor y con losas macizas de 20 cm como techo para los 9 niveles. Asimismo, cuenta con una cimentación superficial (platea de cimentación) de 50 cm de espesor, el cual interactúa con el terreno.

Por otro lado, se previó para el análisis sísmico que el primer nivel tenga 2.75 metros de altura y para los demás niveles de 2.60 metros.

Tabla 5. *Detalle estructural de elementos de Concreto Armado.*

Descripción	Recubrimiento
Muros de ductilidad limitada	3 cm
Losa maciza	2.5 cm
Losa de cimentación	2.0 cm

Fuente: Elaboración propia.

c) Cargas

Para el análisis del desarrollo del proyecto de edificación multifamiliar, se basó en el Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma de cargas) E.020. Es por ello que, para el uso de inmuebles con presencia de departamentos por piso, la carga viva sera de 200 kg/cm² y en cuanto a la carga muerta solo se tomó los acabados más tabiquería (Parapetos), el cual tuvo un valor de 310 kg/cm², tal como se observa en la Tabla 6:

Tabla 6. *Cargas mínimas permisibles por piso.*

Nº PISOS	CARGA VIVA (kg/m ²)	CARGA VIVA DE TECHO (kg/m ²)	CARGA MUERTA (kg/m ²)
			Acabados + Tabiquería
Piso 9		100	100
Piso 8	200		310
Piso 7	200		310
Piso 6	200		310
Piso 5	200		310
Piso 4	200		310
Piso 3	200		310
Piso 2	200		310
Piso 1	200		310

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, se consideró como carga muerta el valor de 310 kg/cm², puesto que la norma de cargas E.020 señala que, para el uso de tabiquería con espesores de 0.15, con ladrillos pandereta, la carga equivalente será $W = 14(\text{peso lad}) \times 15$ (factor equivalencia) $\times 2.4(\text{altura}) = 504 \text{ kg/m}$. Por lo tanto, la carga equivalente se muestra en la siguiente Tabla 7:

Tabla 7. Cargas equivalentes por kg/m² según la norma E.020.

Peso del tabique (kg/m)	Carga equivalente (kg/m ²)
74 a menos	30
75 a 149	60
150 a 249	90
250 a 399	150
400 a 549	210
550 a 699	270
700 a 849	330
650 a 1000	390

Fuente: Norma técnica E.0.20.

3.1.3 Tipo de suelo

El terreno superficial del Callao donde se encuentra ubicado el edificio multifamiliar presenta un suelo de grava arenosa con una capacidad portante de suelo entre variable 1 a 1.5 kg/cm². Por tanto, para la evaluación del peligro sísmico a nivel de superficie del terreno se tendrá un perfil de suelo S2.

3.1.4 Procedimiento de análisis

Para el desarrollo de los indicadores del trabajo de investigación (refuerzo de confinamiento, refuerzo de malla, esbeltez y longitud del muro), se llevó a cabo de la siguiente manera:

- ❖ **Modelamiento:** Se realizó el modelamiento estructural del inmueble multifamiliar de acuerdo a lo indicado en el plano arquitectónico y se le asignó las características mecánicas de sus materiales.
- ❖ **Análisis lineal estático:** Se realizó el análisis lineal estático para calcular los desplazamientos y las fuerzas de reacción en la base bajo el efecto de cargas aplicadas y por ende verificar si las derivas de entrepiso cumplen con la normativa sismorresistente E.030.
- ❖ **Análisis lineal dinámico:** Se realizó el análisis lineal dinámico mediante la incorporación de un espectro de aceleraciones de diseño y se aplicó para sismos en ambas direcciones con la finalidad de encontrar cortante basal dinámica, los

desplazamientos que aparecen en la parte superior de la estructura ante la aplicación de fuerzas bajo el efecto de aceleraciones espectrales y por último verificar los resultados arrojados con la normativa peruana E.030.

- ❖ **Análisis no lineal estático:** Se realizó el análisis no lineal pushover (incremental), con la finalidad de encontrar la representación gráfica de la curva de capacidad (Cortante en la base vs desplazamientos en el nivel más alto del edificio), de acuerdo a los siguientes parámetros a evaluar:

a) Refuerzo de confinamiento (M1)

Para llevar cabo el análisis no lineal del indicador mencionado, con la finalidad encontrar la curva de capacidad que tiene la estructura con presencia de núcleos de confinamiento de los muros en sus extremos del muro de ductilidad limitada. Se realizó el modelamiento (M1) del edificio multifamiliar y consideró como resistencia a la fluencia del acero de confinamiento (f_y) de 4200 kg/cm² para los extremos de los muros de ductilidad y para el resto de longitud de refuerzos horizontales y verticales, la malla electrosoldada con una resistencia (f_y) de 5000 kg/cm².

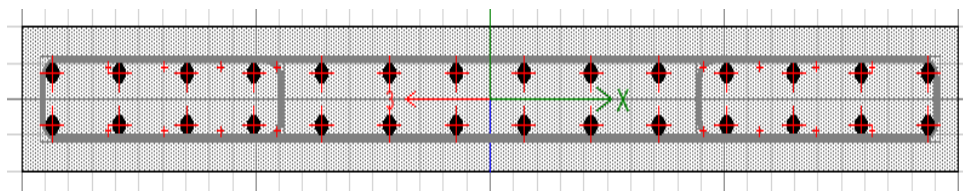


Figura 28. Detalle de confinamiento de muros en los extremos.

b) Refuerzo de malla (M2)

Para el siguiente análisis no lineal de la estructura. Se realizó el modelamiento (M2) y consideró que todos los muros de ductilidad limitada de espesores variables no presenten refuerzos de confinamientos en los extremos y se propuso que todas las secciones de los muros sea de malla electrosoldada Q-503 con una distribución horizontalmente y verticalmente cada 10 cm de diámetro 8 mm equivalente a 3/8". Por lo tanto, la resistencia a la fluencia del acero será (f_y) de 5000 kg/cm².

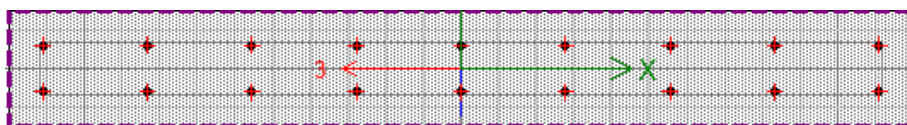


Figura 29. Detalle de refuerzo de malla.

A continuación, se muestra la asignación del refuerzo de malla a los muros en elevación:

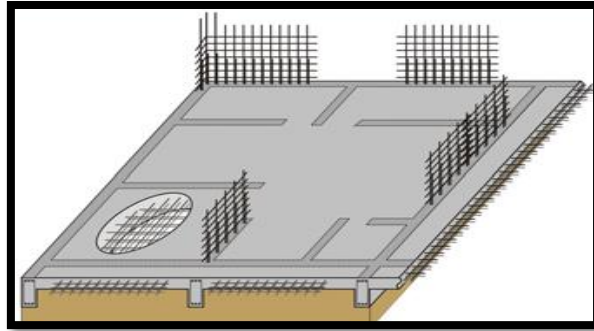


Figura 30. Vista en elevación del refuerzo de malla.

c) Esbeltez y longitud del muro

Para el análisis no lineal de la estructura del indicador “Esbeltez y longitud del muro”, se tomó como muestra el modelamiento (M2), para la obtención de la curva de capacidad. Sin embargo, para la evaluación de la esbeltez se seleccionó dos muros: uno largo y el otro corto de 4.20 y 1.30 metros respectivamente. Con el objetivo de encontrar el punto de desempeño de la edificación tanto para muros largos y cortos a través de las curvas de capacidad obtenidas y posteriormente, determinar el daño que presenta los muros de ductilidad limitada.

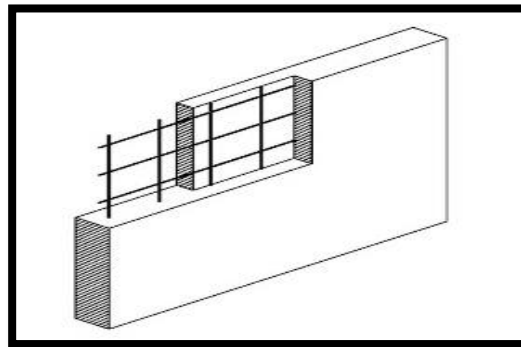


Figura 31. Vista estructural de muros esbeltos.

- ❖ **Curva de capacidad:** De acuerdo a los resultados obtenidos (Cortante basal vs desplazamientos en la parte superior de la estructura), se realizó la representación gráfica en Microsoft Excel de la curva de capacidad obtenida mediante el análisis no lineal pushover.

- ❖ **Espectro de demanda y capacidad:** Se procedió a realizar la conversión del espectro de diseño a un espectro de demanda reducido y la curva de capacidad a un espectro de capacidad.
- ❖ **Punto de desempeño:** Se efectuó la intersección de graficas del espectro de demanda vs espectro de capacidad y se realizó la estimación del punto de desempeño por el método del espectro de capacidad.

3.1.5 Desarrollo de modelamiento estructural

- Definición de los ejes x, y del plano arquitectónico con sus respectivas medidas.

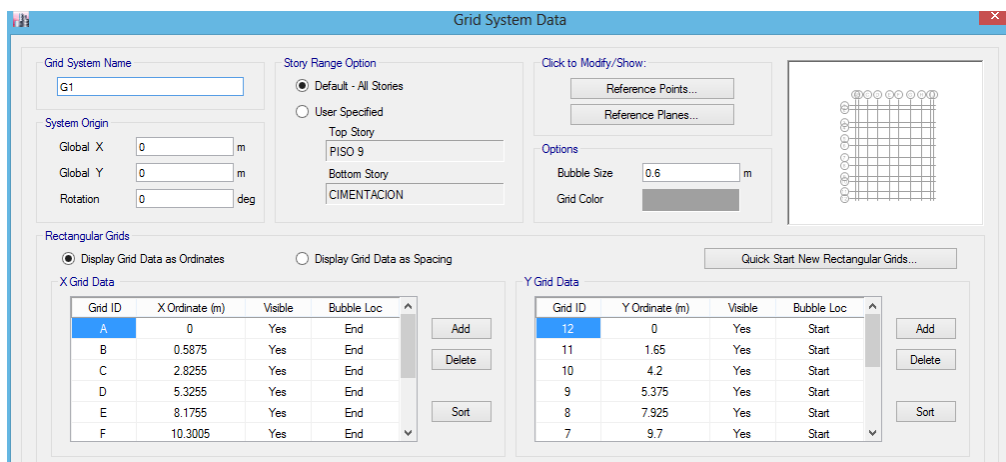


Figura 32. Ejes en planta del modelamiento en ETABS 2016.

- Definición de alturas por piso.

Story	Height m	Elevation m	Master Story	Similar To	Splice Story	Splice Height m	Story Color
PISO 9	2.6	23.5	No	None	No	0	
PISO 8	2.6	20.9	No	None	No	0	
PISO 7	2.6	18.3	No	None	No	0	
PISO 6	2.6	15.7	No	None	No	0	
PISO 5	2.6	13.1	No	None	No	0	
PISO 4	2.6	10.5	No	None	No	0	
PISO 3	2.6	7.9	No	None	No	0	
PISO 2	2.6	5.3	No	None	No	0	
PISO 1	2.7	2.7	No	None	No	0	
CIMENTACION		0					

Figura 33. Altura de entresijos por cada nivel en ETABS 2016.

c) Asignación de las propiedades de los materiales.

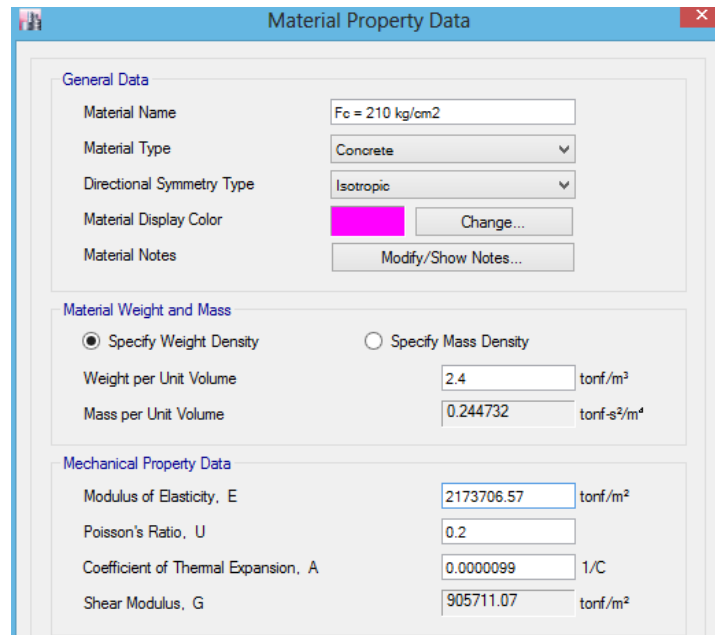


Figura 34. Propiedades mecánicas de los materiales.

d) Creación de las secciones transversales de los muros dúctiles y losa maciza.

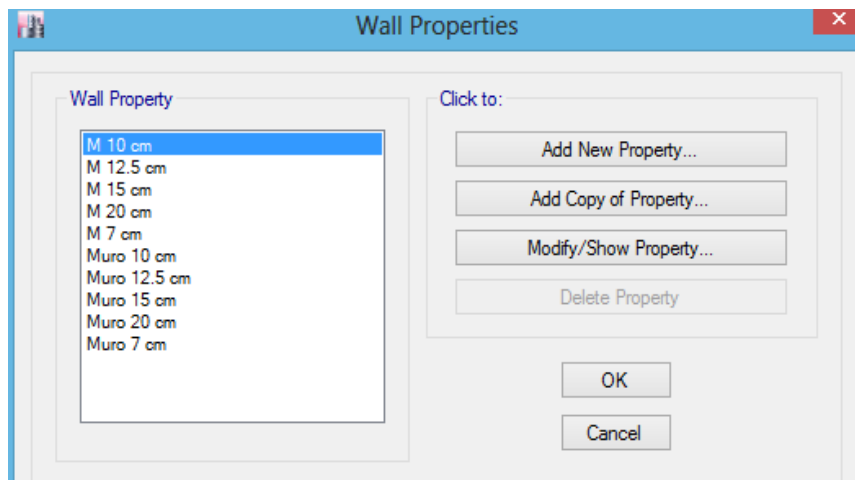


Figura 35. Secciones de muros dúctiles del inmueble multifamiliar.

e) Vista en planta

En la siguiente Figura 36 se aprecia el detalle de los espesores y longitudes de los muros de ductilidad limitada

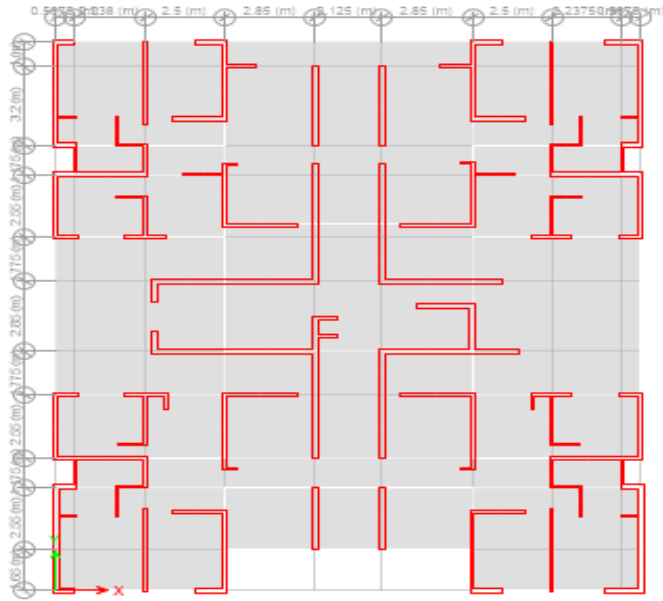


Figura 36. Vista en planta del modelamiento del edificio en ETABS 2016.

f) Vista 3D

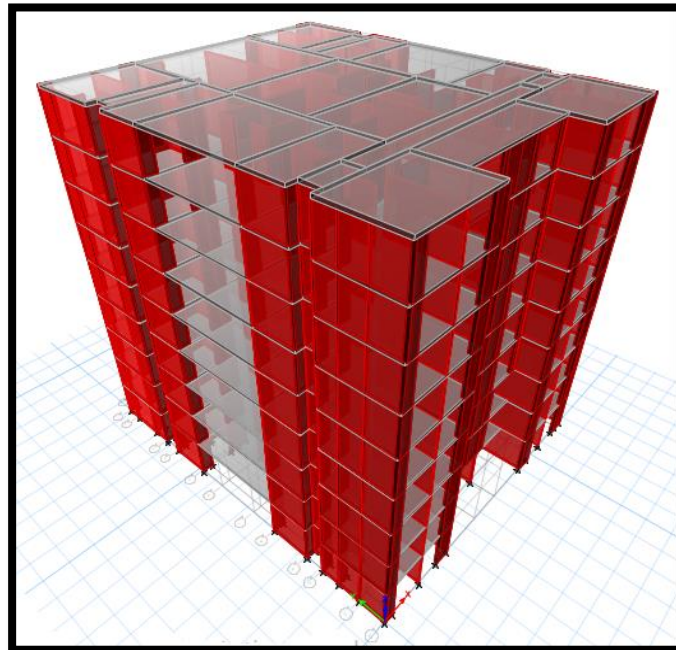


Figura 37. Vista en 3D del modelamiento del edificio en ETABS 2016.

3.1.6 Desarrollo del análisis lineal estático

El objetivo de este análisis en ETABS 2016, es obtener los desplazamientos máximos y derivas de entrepiso de la edificación multifamiliar mencionada anteriormente, para luego comparar los resultados con los que indica la norma sismorresistente E.030, por lo tanto, el límite máximo para el desplazamiento lateral de entrepiso para sistemas de muros de concreto armado con ductilidad limitada será 0.005.

En consecuencia, para el análisis estático lineal se tomó en cuenta todos los parámetros sísmicos de la norma y un factor de reducción de 0.75 para las derivas inelásticas.

a) Parámetros sísmicos

- ❖ **Zonificación:** Según la Norma sismorresistente E.030, señala que, de acuerdo a la zona del edificio (peligro sísmico), se considera el Factor de zona "Z". Por lo tanto, $Z = 0.45$, ya que el inmueble se encuentra ubicado en Lima.

Tabla 8. Factores de zona "Z".

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



Fuente: Norma Sismorresistente E.030.

b) Condiciones geotécnicas

- ❖ **Perfil Tipo S2:** Según el estudio de mecánica de suelos realizados del edificio multifamiliar, se determinó que es un suelo con Grava Arenosa. Por lo tanto, según la Norma E.030, señala que para ese perfil de suelo Tipo S_2 , se ubican en suelos intermedios.

c) Parámetros sitio

- ❖ **Factor ampliación del suelo (S):** De acuerdo al perfil del suelo encontrado y el Factor zona del proyecto mediante la Norma E.030, se encuentra el factor ampliación de suelo mediante la Tabla 9. Por lo tanto, $S = 1.05$.

Tabla 9. Factor de suelo “S”.

FACTOR DE SUELO “S”				
ZONA \ SUELO	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: Norma Sismorresistente E.030.

- ❖ **Periodos T_p, T_L** : De acuerdo al perfil del suelo Tipo S₂ (Suelos intermedios), se encuentra en la Tabla 10 los periodos T_p, T_L . Por lo tanto $T_p = 0.6$ y $T_L = 2.0$

Tabla 10. Periodos de vibración T_p y T_L .

PERÍODOS “T _p ” Y “T _L ”				
	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: Norma Sismorresistente E.030.

d) Categoría de la Edificación y Factor Uso (U)

Según la Norma sismorresistente E.030 de acuerdo a la Tabla 11, la edificación será de categoría “C”, y el factor uso “U” será 1,0, ya que es una vivienda multifamiliar.

Tabla 11. Categorías de la edificación y factor uso.

CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR “U”		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0

Fuente: Norma Sismorresistente E.030.

e) **Coefficiente básico de Reducción de Fuerzas (R_0)**

Según la Tabla 12, para edificaciones de Concreto Armado (Muros de ductilidad limitada), $R_0 = 4$.

Tabla 12. Factores reducción para sistemas estructurales.

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción R_0 (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada.	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

Fuente: Norma Sismorresistente E.030.

f) **Factores de irregularidad**

Según la Tabla 13 y de acuerdo a la categoría de la edificación y el factor zona para un sistema Regular continuo $I_a = 1.00$ y $I_p = 1.00$. Por lo tanto, no existen irregularidades extremas.

Tabla 13. Regularidades de acuerdo a la categoría de edificación.

CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

Fuente: Norma Sismorresistente E.030.

g) Coeficiente de reducción de las Fuerzas (R)

$$R = R_0 * I_a * I_p \quad (3.1)$$

Por lo tanto, $R = 4 * 1 * 1 = 4$

Donde:

I_a : Irregularidad en altura.

I_p : Irregularidad en planta..

R_0 : Coeficiente de reducción de fuerzas.

h) Periodo Fundamental de Vibración (T)

Según la norma sismorresistente E.030, $C_t = 60$, para edificaciones con muros de ductilidad limitada por lo tanto el periodo natural será:

$$T (s) = \frac{Ht}{C_t} \quad (3.2)$$

Por lo tanto,

$$T (s) = \frac{23.50}{60} = 0.392$$

Donde:

Ht: Altura total del edificio

Ct: Coeficiente para muros de ductilidad limitada

i) Factor de amplificación sísmica

Según la norma E.030 deberá cumplirse la siguiente ecuación:

$$\frac{C}{R} \geq 0.125 \quad (3.3)$$

Por lo tanto,

$$\frac{C}{R} = \frac{2.5}{4} = 0.625 \geq 0.125 \text{ Cumple}$$

Donde:

C: Factor de amplificación sísmica

R: Coeficiente de reducción de fuerzas

Definición de los parámetros

$$T < T_p \dots\dots\dots C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \dots\dots\dots C = 2.5 \left(\frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \dots\dots\dots C = 2.5 \left(\frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

j) Combinación de cargas

Se tomó en cuenta las siguientes combinaciones de cargas según el ACI 318-14 para el análisis estático, considerando el uso de sismos estáticos en diferentes sentidos (X, Y).

Tabla 14. *Combinaciones de cargas según el ACI 318-14.*

Combinacion de carga	Carga primaria
$U = 1.4 D$	D
$U = 1.2 D + 1.6 L + 0.5 (L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$	L
$U = 1.2 D + 1.6 (L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) + (1.0 L \text{ ó } 0.5 W)$	L ó S ó R
$U = 1.2 D + 1.0W + 1.0 L + 0.5 (L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$	W
$U = 1.2 D + 1.0E + 1.0 L + 0.2S$	E
$U = 0.9D + 1.0W$	W
$U = 0.9D + 1.0E$	E

Fuente: ACI 318-14.

k) Distribución de cargas uniformes

Se le aplicó como carga muerta, los acabados de los pisos terminados por cada nivel más la tabiquería usada para la división de muros, teniendo en cuenta que no se considera el propio peso de la estructura, puesto que lo calcula el programa. Por lo tanto, se tendrá un valor de 310 kg/m² por cada piso.

Para la carga viva se consideró de 200 kg/m², puesto que la estructura tiene como uso para departamentos inmobiliarios. Asimismo, para la carga viva de techo se consideró 100 kg/m² solo para el ultimo nivel.

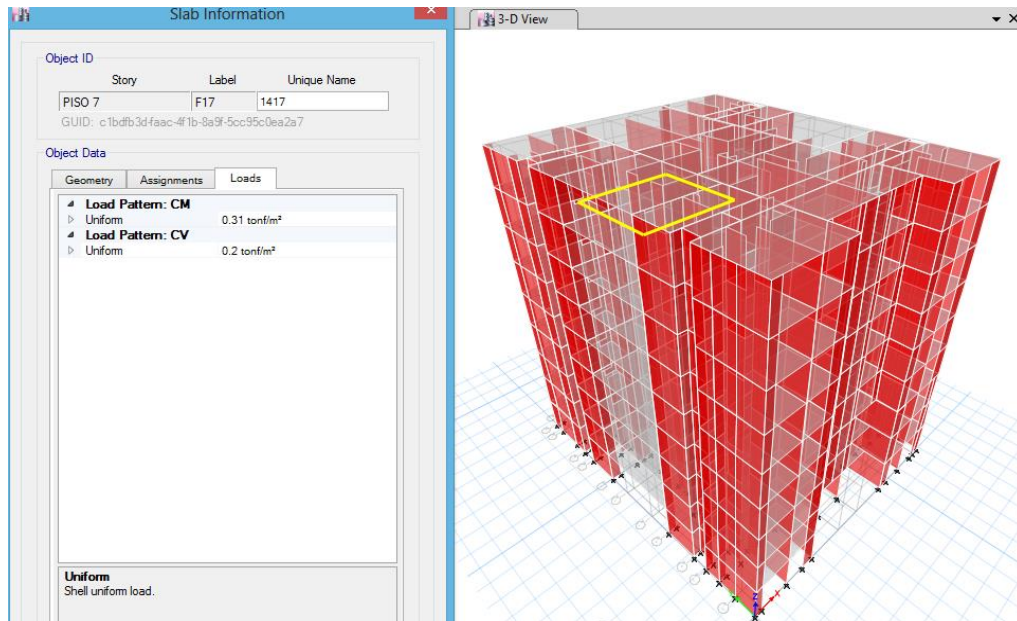


Figura 38. Detalle de distribución de carga viva y carga muerta por piso.

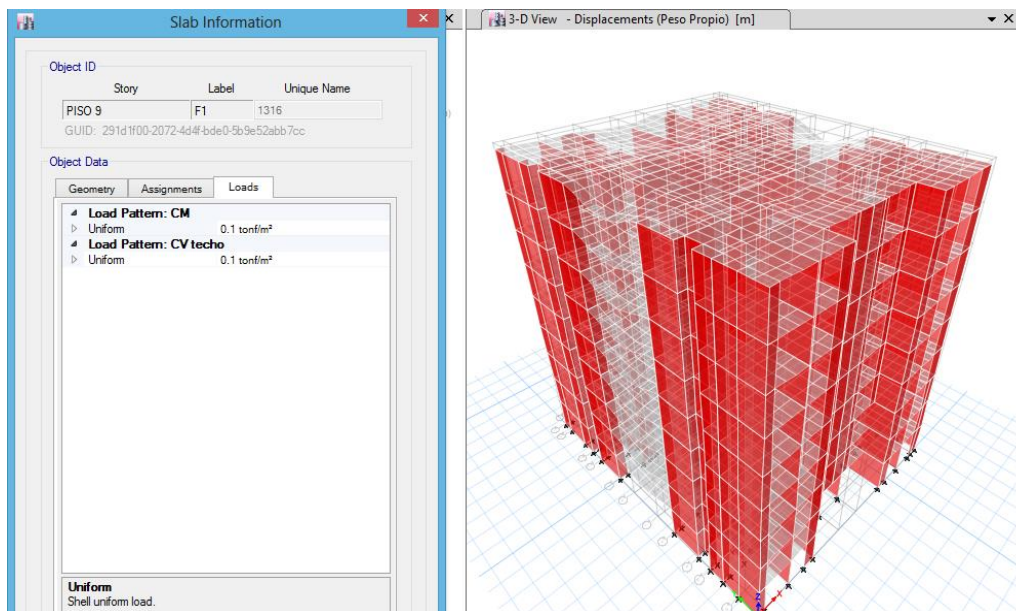


Figura 39. Detalle de distribución de carga viva de techo y carga muerta en el último piso.

Asimismo, para el cálculo del peso sísmico efectivo la carga viva para edificaciones de categoría "C" se considerará solo el 25% según la norma E.030.

$$Peso = (Peso\ propio + 0.25\ CV + CM + 0.25\ CVtecho) \quad (3.5)$$

Tabla 15. Periodos modales de vibración según el ETABS 2016.

Case	Modo	Periodo (seg)
Modal	1	0.283
Modal	2	0.275
Modal	3	0.211
Modal	4	0.08
Modal	5	0.072
Modal	6	0.056
Modal	7	0.039
Modal	8	0.035
Modal	9	0.028
Modal	10	0.025
Modal	11	0.023
Modal	12	0.019

Fuente: Elaboración propia.

n) Distribución de masas por piso

Tabla 16. Distribución de masas por nivel según el ETABS 2016.

N° pisos	Peso (Tn)
Nivel 9	27.59
Nivel 8	35.82
Nivel 7	35.82
Nivel 6	35.82
Nivel 5	35.82
Nivel 4	35.82
Nivel 3	36.41
Nivel 2	37.00
Nivel 1	37.81
Peso Total	317.91

Fuente: Elaboración propia.

o) Cortante basal estático

Se expresa mediante la siguiente formula, para ello se consideró los siguientes parámetros de la norma.

$$Vt = \frac{ZUCS}{R} * Pt \quad (3.6)$$

Por lo tanto,

$$V_t = \frac{ZUCS}{R} * P_t = 0.2953 * 317.91 = 93.88 \text{ Tn}$$

p) Distribución de la cortante basal por cada nivel

$$V_i = \frac{H_i * P_i}{\sum H_i * P_i} * V_t \quad (3.7)$$

A continuación, se muestra los siguientes resultados calculados.

Z =	0.45
U =	1.00
S =	1.05
T _p =	0.60
T _L =	2.00
R =	4.00

Tabla 17. Cortante basal estático por piso.

Nº PISOS	Hi (m)	Pi (Tn)	Hi*Pi (Tn-m)	Fi (ton)
Nivel 9	23.50	27.59	648.31	15.04
Nivel 8	20.90	35.82	748.67	17.37
Nivel 7	18.30	35.82	655.53	15.21
Nivel 6	15.70	35.82	562.40	13.05
Nivel 5	13.10	35.82	469.26	10.89
Nivel 4	10.50	35.82	376.16	8.73
Nivel 3	7.90	36.41	287.66	6.67
Nivel 2	5.30	37.00	196.08	4.55
Nivel 1	2.70	37.81	102.07	2.37
SUMA		317.91	4046.15	93.88

Fuente: Elaboración propia.

q) Desplazamientos máximos

- ❖ Para sismos estáticos en dirección X-X

	Story	Elevation m	Location	X-Dir m	Y-Dir m
	PISO 9	23.5	Top	0.013066	0.001894
	PISO 8	20.9	Top	0.011745	0.001666
	PISO 7	18.3	Top	0.010259	0.001421
	PISO 6	15.7	Top	0.008618	0.001162
	PISO 5	13.1	Top	0.006865	0.000896
	PISO 4	10.5	Top	0.005068	0.000634
	PISO 3	7.9	Top	0.003344	0.000394
	PISO 2	5.3	Top	0.001868	0.000215
	PISO 1	2.7	Top	0.000665	7.4E-05
▶	CIMENTACION	0	Top	0	0

Figura 42. Desplazamientos máximos en la dirección “x” según el análisis lineal estático.

A continuación, se muestra los desplazamientos máximos de los muros de ductilidad limitada en el eje 12 del plano arquitectónico del inmueble.

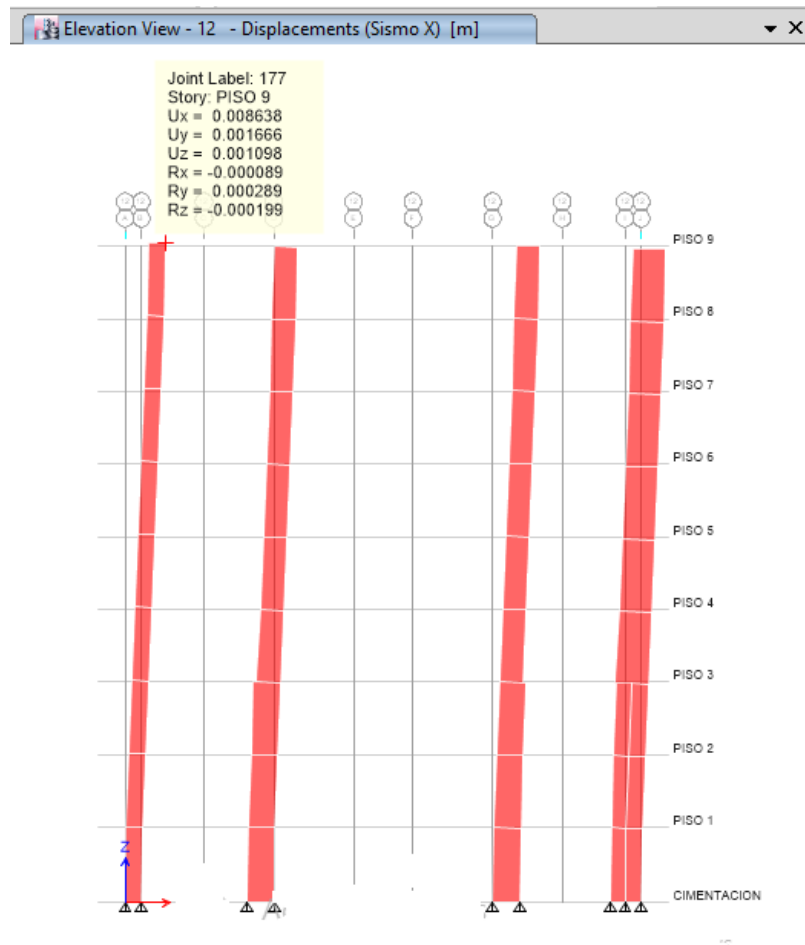


Figura 43. Desplazamientos máximos en el eje “12” según el análisis lineal estático.

- ❖ Para sismos estáticos en dirección Y-Y

	Story	Elevation m	Location	X-Dir m	Y-Dir m
▶	PISO 9	23.5	Top	0.001468	0.007347
	PISO 8	20.9	Top	0.001291	0.006552
	PISO 7	18.3	Top	0.001104	0.005688
	PISO 6	15.7	Top	0.000909	0.004764
	PISO 5	13.1	Top	0.000711	0.003802
	PISO 4	10.5	Top	0.000517	0.002833
	PISO 3	7.9	Top	0.000337	0.001907
	PISO 2	5.3	Top	0.000186	0.001068
	PISO 1	2.7	Top	6.7E-05	0.000378
	CIMENTACION	0	Top	0	0

Figura 44. Desplazamientos máximos en la dirección “y” según el análisis lineal estático.

A continuación, se muestra los desplazamientos máximos de los muros de ductilidad limitada en el eje “J” del plano arquitectónico del inmueble.

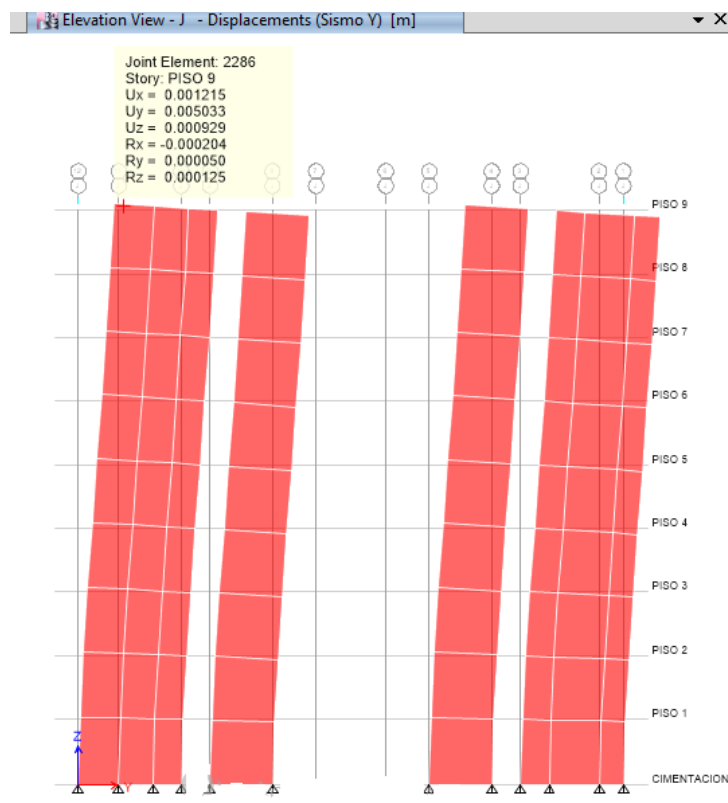


Figura 45. Desplazamientos máximos en el eje “J” según el análisis lineal estático.

r) **Derivas inelásticas de entrepiso**

Deriva elástica

$$\Delta e = \frac{\Delta_i - \Delta_{i-1}}{h_i - h_{i-1}} \quad (3.8)$$

Deriva inelástica

$$\Delta = 0.75 * R * \Delta_e \quad (3.9)$$

Tabla 18. Derivas de entrepiso en la dirección “x” según el análisis lineal estático.

Piso	Altura (m)	Desplazamientos (mm)	Derivas Δ elásticas	Derivas Δ inelásticas	Derivas Δ inelásticas (%)	Derivas Δ Limite (%)
9	23.50	13.066	0.000508	0.001524	0.1524	0.5
8	20.90	11.745	0.000572	0.001715	0.1715	0.5
7	18.30	10.259	0.000631	0.001893	0.1893	0.5
6	15.70	8.618	0.000674	0.002023	0.2023	0.5
5	13.10	6.865	0.000691	0.002073	0.2073	0.5
4	10.50	5.068	0.000663	0.001989	0.1989	0.5
3	7.90	3.344	0.000568	0.001703	0.1703	0.5
2	5.30	1.868	0.000463	0.001388	0.1388	0.5
1	2.70	0.665	0.000246	0.000739	0.0739	0.5
0	0	0			0	0

Fuente: Elaboración propia.

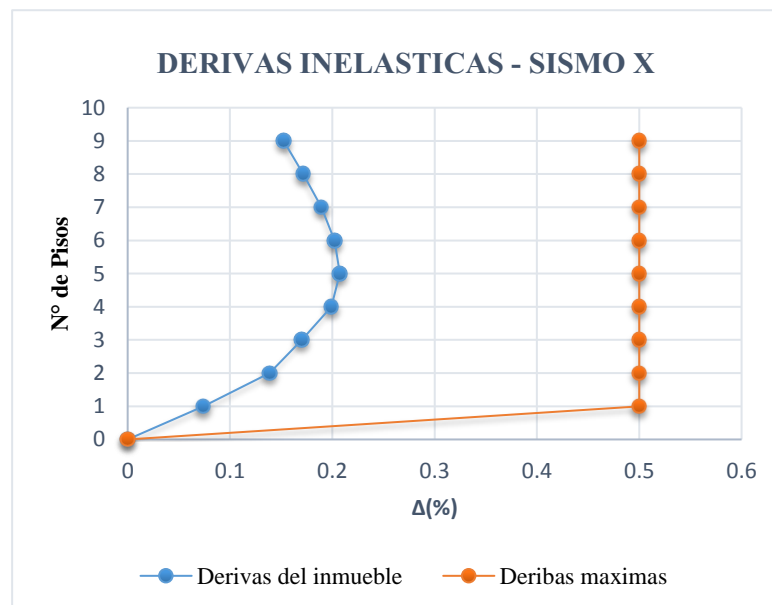


Figura 46. Representación gráfica de las derivas en la dirección “x” según el análisis lineal estático.

Tabla 19. Derivas de entrepiso en la dirección “y” según el análisis lineal estático.

Piso	Altura (m)	Desplazamientos (mm)	Derivas Δ elásticas	Derivas Δ inelásticas	Derivas Δ inelásticas (%)	Derivas Δ Limite (%)
9	23.50	7.347	0.000306	0.000917	0.0917	0.5
8	20.90	6.552	0.000332	0.000997	0.0997	0.5
7	18.30	5.688	0.000355	0.001066	0.1066	0.5
6	15.70	4.764	0.000370	0.001110	0.1110	0.5
5	13.10	3.802	0.000373	0.001118	0.1118	0.5
4	10.50	2.833	0.000356	0.001068	0.1068	0.5
3	7.90	1.907	0.000323	0.000968	0.0968	0.5
2	5.30	1.068	0.000265	0.000796	0.0796	0.5
1	2.70	0.378	0.000140	0.000420	0.0420	0.5
0	0	0			0	0

Fuente: Elaboración propia.

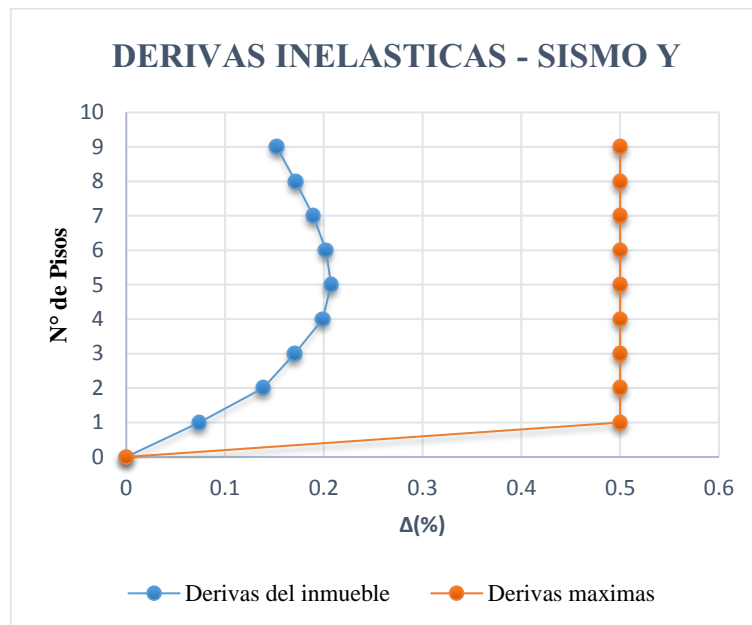


Figura 47. Representación gráfica de las derivas en la dirección “y” según el análisis lineal estático.

3.1.7 Desarrollo del análisis lineal dinámico

Siguiendo el artículo N°18 de la norma E.030, para análisis dinámico se empleó el espectro de diseño, el cual corresponde a una demanda sísmica como sismo de diseño.

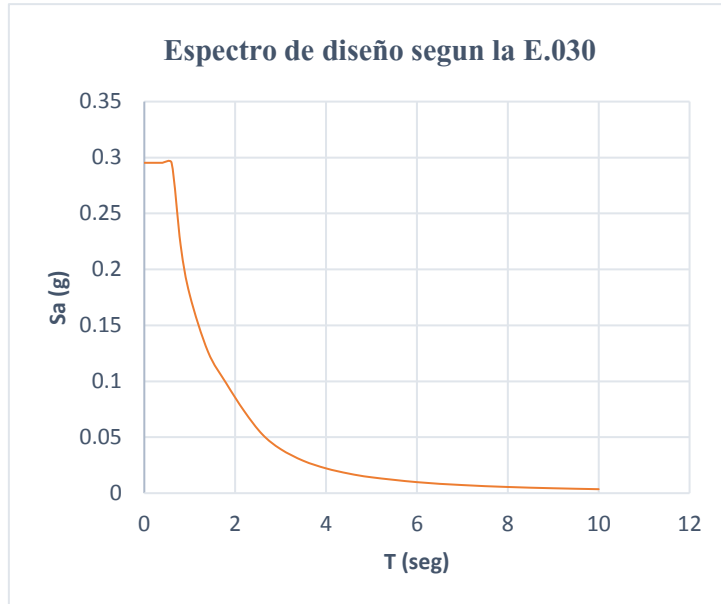


Figura 48. Espectro de diseño según la norma E.030.

A continuación, en la Tabla 20 se muestra los periodos de vibración hasta 10 segundos.

Tabla 20. Rango de periodos de vibración.

	T (seg)	C	ZUCS/R
T < Tp	0	2.50	0.2953125
	0.2	2.50	0.2953125
	0.4	2.50	0.2953125
	0.6	2.50	0.2953125
Tp < T < TL	0.8	1.875	0.221484375
	1	1.50	0.1771875
	1.4	1.071428571	0.1265625
	1.8	0.833333333	0.0984375
T > TL	2.2	0.6198347107	0.073217975
	2.6	0.4437869822	0.052422337
	3	0.333333333	0.039375
	3.5	0.2448979592	0.028928571
	4	0.1875	0.022148438
	4.5	0.1481481481	0.0175
	5	0.12	0.014175
	6	0.083333333	0.00984375
	7	0.0612244898	0.007232143
	8	0.046875	0.005537109
	9	0.03703703704	0.004375
	10	0.030	0.00354375

Fuente: Elaboración propia.

a) Aceleración espectral (Sax, Say)

El espectro pseudo de aceleraciones se calculo mediante la siguiente formula.

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} * g \left(\frac{m}{s^2} \right) \tag{3.10}$$

No obstante, para una aceleración de 9.81 m/s^2 y un $T_p = 0.6$ segundos, considerando además que $C \leq 2.5$, se grafica la aceleración espectral dependiendo del sentido del movimiento sísmico y su respectivo periodo de vibración, se obtiene la siguiente grafica de aceleración.

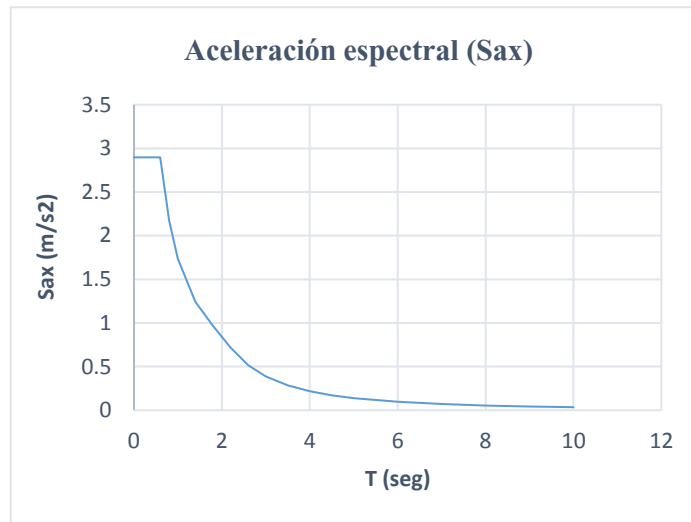


Figura 49. Aceleración espectral en la dirección “x”.

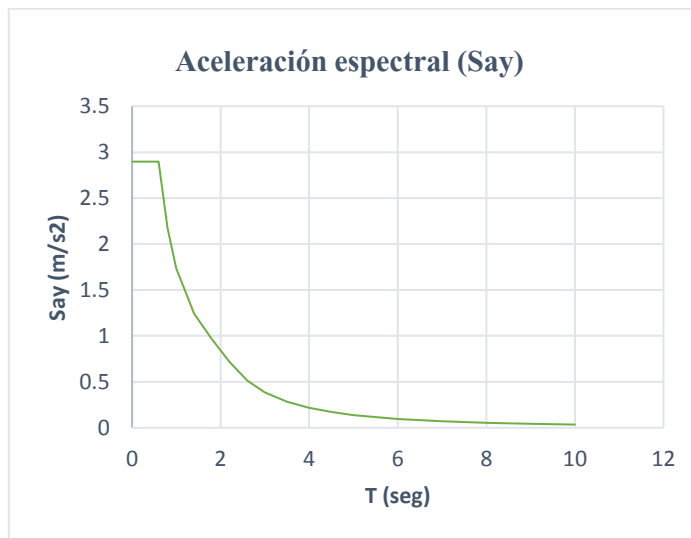
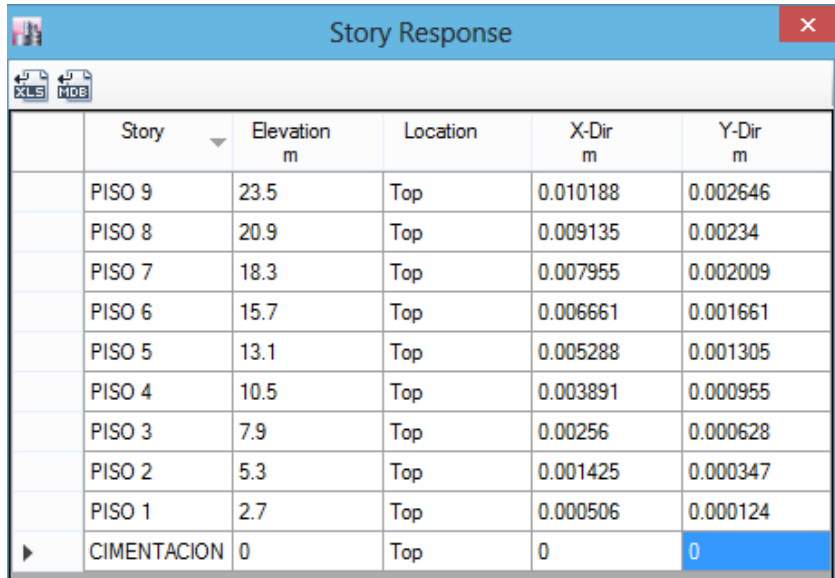


Figura 50. Aceleración espectral en la dirección “y”.

b) Desplazamientos máximos

- ❖ Para sismos dinámico EQ-XX en la dirección “x”



Story	Elevation m	Location	X-Dir m	Y-Dir m
PISO 9	23.5	Top	0.010188	0.002646
PISO 8	20.9	Top	0.009135	0.00234
PISO 7	18.3	Top	0.007955	0.002009
PISO 6	15.7	Top	0.006661	0.001661
PISO 5	13.1	Top	0.005288	0.001305
PISO 4	10.5	Top	0.003891	0.000955
PISO 3	7.9	Top	0.00256	0.000628
PISO 2	5.3	Top	0.001425	0.000347
PISO 1	2.7	Top	0.000506	0.000124
CIMENTACION	0	Top	0	0

Figura 51. Desplazamientos máximos en la dirección “x” según el análisis lineal dinámico.

A continuación, se muestra los desplazamientos máximos de los muros de ductilidad limitada en el eje “1” del plano arquitectónico del inmueble.

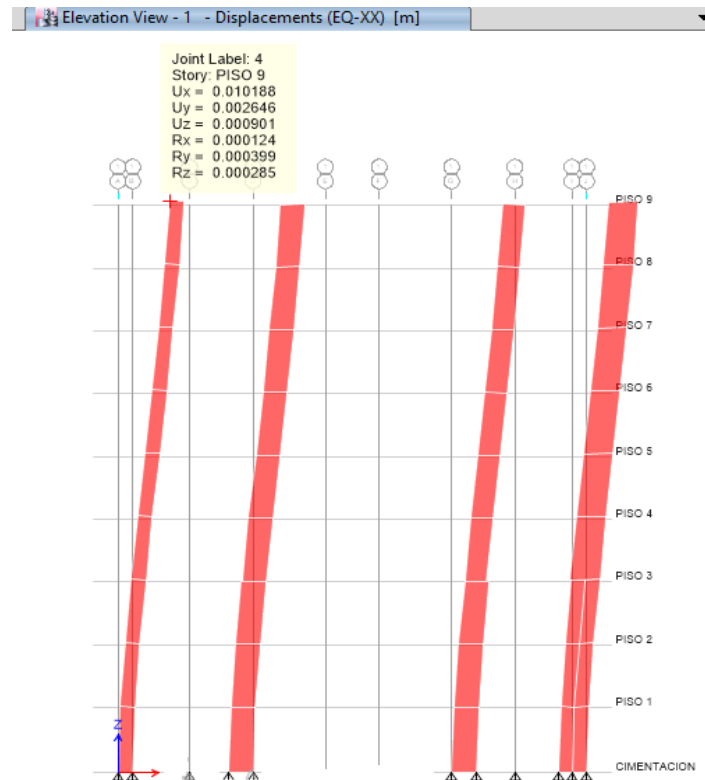


Figura 52. Desplazamientos máximos en el eje “1” según el análisis lineal dinámico.

- ❖ Para sismos dinámico EQ-YY en la dirección “y”

	Story	Elevation m	Location	X-Dir m	Y-Dir m
▶	PISO 9	23.5	Top	0.001636	0.005801
	PISO 8	20.9	Top	0.001445	0.005164
	PISO 7	18.3	Top	0.001242	0.004472
	PISO 6	15.7	Top	0.001028	0.003734
	PISO 5	13.1	Top	0.000811	0.00297
	PISO 4	10.5	Top	0.000596	0.002206
	PISO 3	7.9	Top	0.000396	0.00148
	PISO 2	5.3	Top	0.00022	0.000826
	PISO 1	2.7	Top	8E-05	0.000291
	CIMENTACION	0	Top	0	0

Figura 53. Desplazamientos máximos en la dirección “y” según el análisis lineal dinámico.

A continuación, se muestra los desplazamientos máximos de los muros de ductilidad limitada en el eje “J” del plano arquitectónico del inmueble.

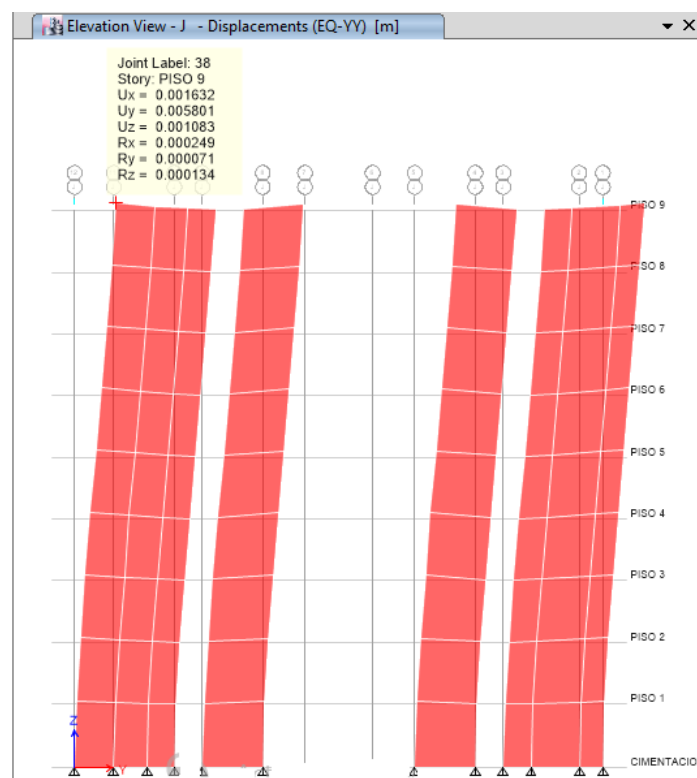


Figura 54. Desplazamientos máximos en el eje “J” según el análisis lineal dinámico.

c) **Cortante basal dinámica**

Story	Load Case/Combo	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
PISO 1	EQ-XX Max	Bottom	1.413E-06	682.373	14.7538	8715.2571	243.6043	11130.211
PISO 1	EQ-YY Max	Bottom	4.461E-06	14.7538	690.79	7039.5411	11252.7923	242.1735

Figura 55. Cortante dinámica máxima en la base del edificio.

En conclusión, se puede apreciar que la cortante dinámica en la dirección “x” es mayor que la cortante en el eje “y” ante la aplicación del sismo EQ-XX. Asimismo, para el sismo EQ-YY la cortante en el eje “y” es mayor que en el eje “x”.

Tabla 21. Cortante dinámica en la base en ambas direcciones.

EQ-XX	EQ-YY
Vx = 682.37 Tn	Vx = 14.75 Tn
Vy = 14.75 Tn	Vy = 690.79 Tn

Elaboración: Fuente propia.

d) **Distribución de las fuerzas sísmicas**

❖ Cortantes dinámicas para sismos EQ-XX en la dirección “x”.

Tabla 22. Cortante basal dinámica por piso para sismos en la dirección “x”.

N° Pisos	Altura (m)	Vx (Tn)	Vy (Tn)
PISO 9	23.5	126.72	2.70
PISO 8	20.9	260.97	5.61
PISO 7	18.3	371.41	8.07
PISO 6	15.7	462.90	10.12
PISO 5	13.1	537.33	11.76
PISO 4	10.5	596.13	13.04
PISO 3	7.9	639.99	13.94
PISO 2	5.3	669.21	14.49
PISO 1	2.7	682.37	14.75
CIMENTACION	0	0	0

Elaboración: Fuente propia.

❖ Cortantes dinámicas para sismos EQ-YY en la dirección “y”

Tabla 23. Cortante basal dinámica por piso para sismos en la dirección “y”.

N° Pisos	Altura (m)	Vx (Tn)	Vy (Tn)
PISO 9	23.5	2.64	129.04
PISO 8	20.9	5.54	265.67
PISO 7	18.3	7.99	376.86
PISO 6	15.7	10.02	468.21
PISO 5	13.1	11.67	542.37
PISO 4	10.5	12.91	601.53
PISO 3	7.9	13.84	646.67
PISO 2	5.3	14.45	676.95
PISO 1	2.7	14.75	690.79
CIMENTACION	0	0	0

Elaboración: Fuente propia.

e) Derivas de entrepiso

Tabla 24. Derivas de entrepiso en la dirección “x” según el análisis lineal dinámico.

Piso	Altura (m)	Desplazamientos (mm)	Derivas Δ elásticas	Derivas Δ inelásticas	Derivas Δ inelásticas (%)	Derivas Δ Limite (%)
9	23.50	10.188	0.00040	0.00122	0.12150	0.5
8	20.90	9.135	0.00045	0.00136	0.13615	0.5
7	18.30	7.955	0.00050	0.00149	0.14931	0.5
6	15.70	6.661	0.00053	0.00158	0.15842	0.5
5	13.10	5.288	0.00054	0.00161	0.16119	0.5
4	10.50	3.891	0.00051	0.00154	0.15358	0.5
3	7.90	2.560	0.00044	0.00131	0.13096	0.5
2	5.30	1.425	0.00035	0.00106	0.10604	0.5
1	2.70	0.506	0.00019	0.00056	0.05622	0.5
0	0	0			0	0

Elaboración: Fuente propia.

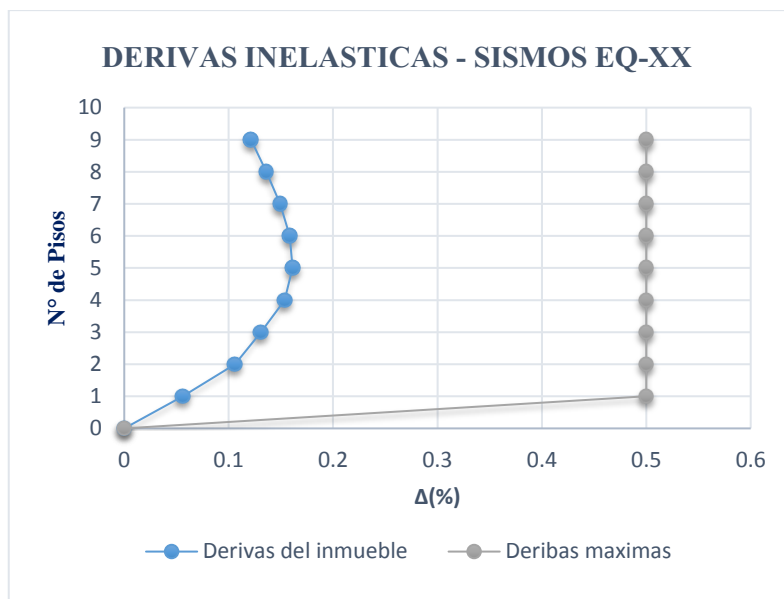


Figura 56. Representación gráfica de las derivas en la dirección “x” según el análisis lineal dinámico.

Tabla 25. Derivas de entrepiso en la dirección “y” según el análisis lineal dinámico.

Piso	Altura (m)	Desplazamientos (mm)	Derivas Δ elásticas	Derivas Δ inelásticas	Derivas Δ inelásticas (%)	Derivas Δ Limite (%)
9	23.50	5.801	0.00025	0.00074	0.07350	0.5
8	20.90	5.164	0.00027	0.00080	0.07985	0.5
7	18.30	4.472	0.00028	0.00085	0.08515	0.5
6	15.70	3.734	0.00029	0.00088	0.08815	0.5
5	13.10	2.970	0.00029	0.00088	0.08815	0.5
4	10.50	2.206	0.00028	0.00084	0.08377	0.5
3	7.90	1.480	0.00025	0.00075	0.07546	0.5
2	5.30	0.826	0.00021	0.00062	0.06173	0.5
1	2.70	0.291	0.00011	0.00032	0.03233	0.5
0	0	0			0	0

Elaboración: Fuente propia.

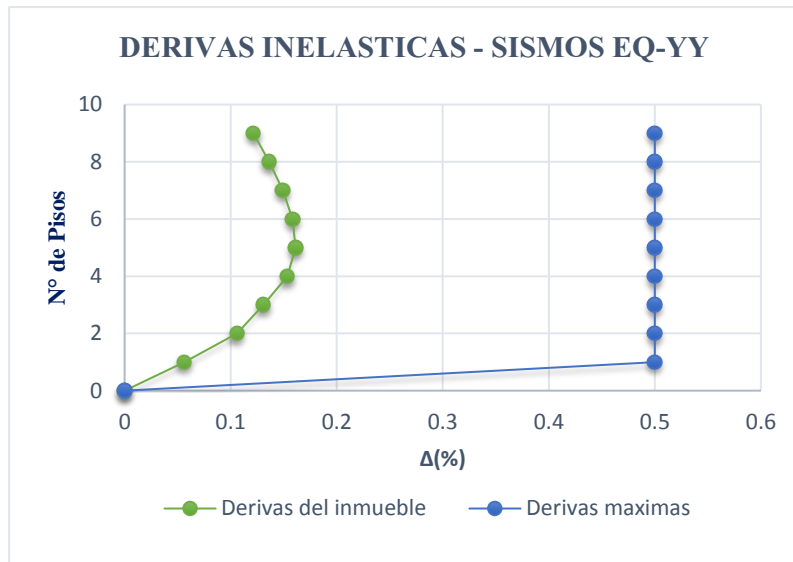


Figura 57. Representación gráfica de las derivas en la dirección “y” según el análisis lineal dinámico.

3.1.8 Desarrollo del análisis estático no lineal Pushover

Consiste en llevar la estructura diseñada al colapso. Por lo tanto, en este tipo de análisis se incorporó directamente las características no lineales de la relación fuerza-deformación de los materiales y ver su respuesta inelástica. Asimismo, se representó gráficamente a través de la curva de capacidad el proceso analítico, para evaluar cómo actúa el edificio multifamiliar Real alameda colonial de acuerdo a los indicadores mencionados, de este modo verificar su diseño y estimar el máximo desplazamiento que tenga la estructura. Por lo tanto, este análisis estático no lineal ayudo a demostrar cómo trabaja realmente la estructura por medio de los modos de falla y simulando el colapso progresivo.

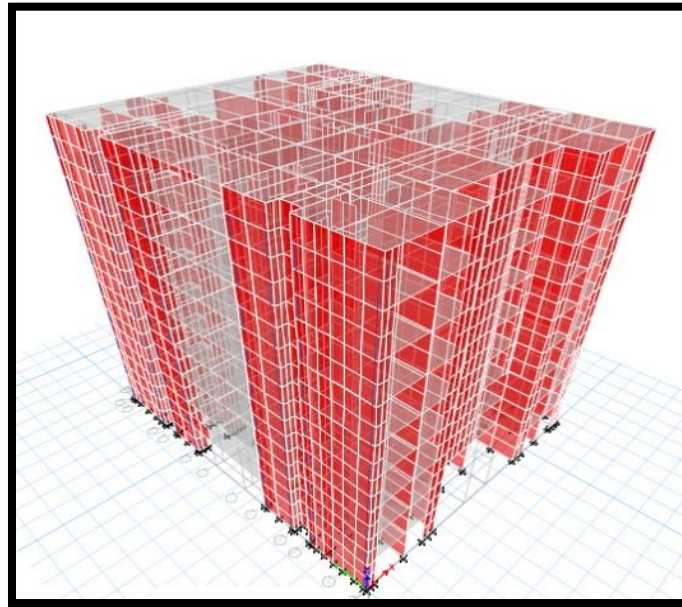


Figura 58. Modelamiento estructural del inmueble multifamiliar.

a) Análisis no lineal (M1) - Refuerzo de confinamiento

- ❖ Características no lineales de los materiales

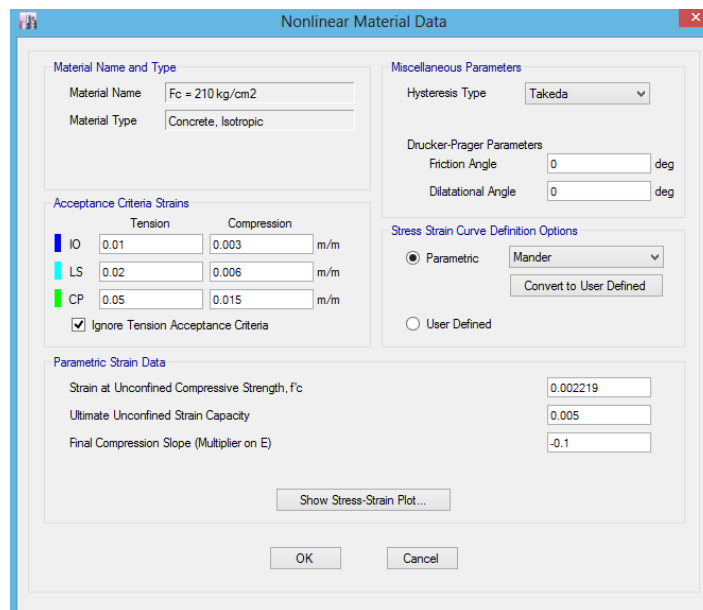


Figura 59. Definición del material no lineal.

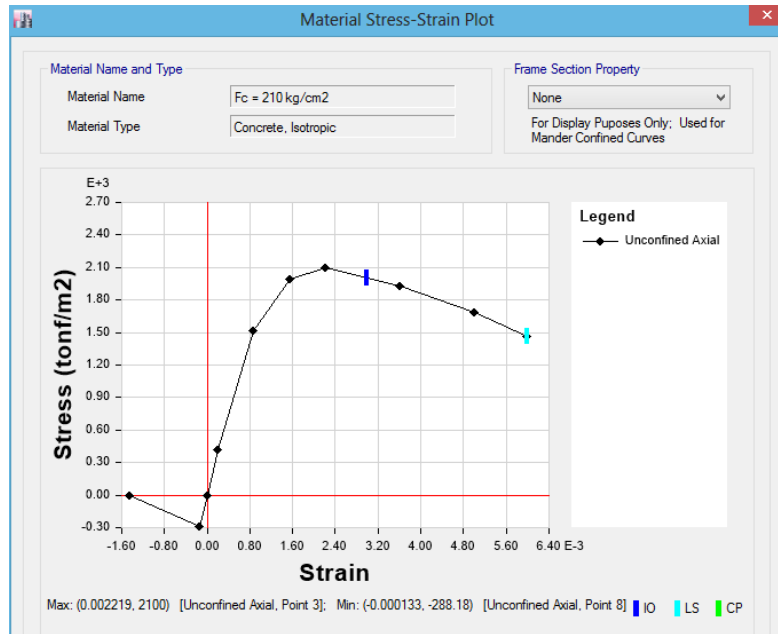


Figura 60. Esfuerzo-deformación del concreto en su forma no lineal.

- ❖ Asignación del refuerzo de confinamiento a los muros de ductilidad limitada.

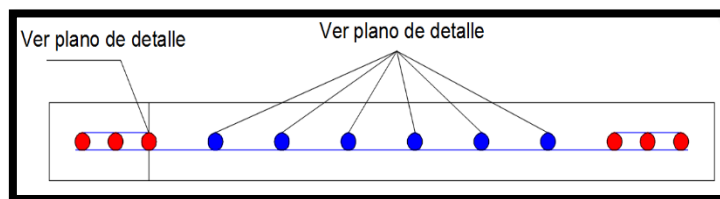


Figura 61. Distribución del acero de refuerzo.

- ❖ Definición de los casos de cargas no lineales

Load Cases

Load Cases

Load Case Name	Load Case Type
Sismo Y	Linear Static
EQ-XX	Response Spectrum
EQ-YY	Response Spectrum
GRAVITACIONAL	Nonlinear Static
PUSHOVER X	Nonlinear Static
ESPECTRAL	Nonlinear Static
PRIMER MODO	Nonlinear Static
PATRON LATERAL DE ALTURAS	Nonlinear Static
PUSHOVER Y	Nonlinear Static

Figura 62. Cargas no lineales.

❖ Distribución de cargas uniformes

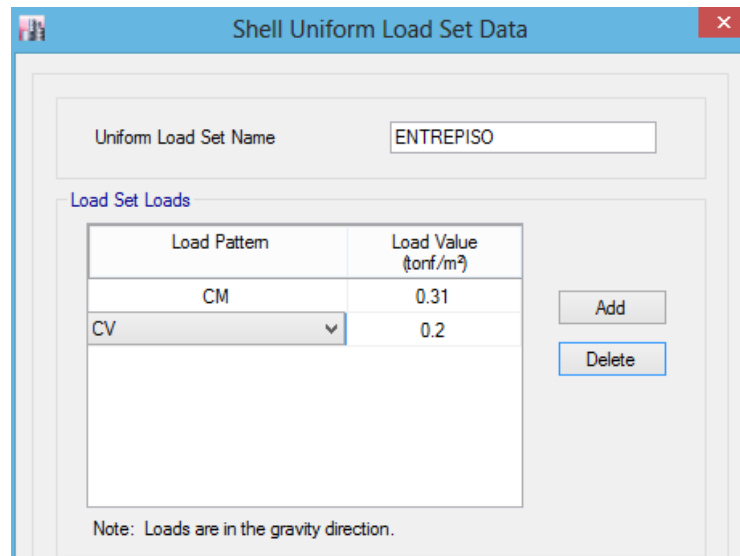


Figura 63. Distribución uniforme de cargas del inmueble.

Una vez realizado todo el proceso de modelamiento del edificio y asignado las características no lineales de los materiales y asignado la distribución de cargas sísmicas no lineales (Patrones de carga), se lleva a cabo el proceso de ejecución del análisis no lineal de la edificación multifamiliar.

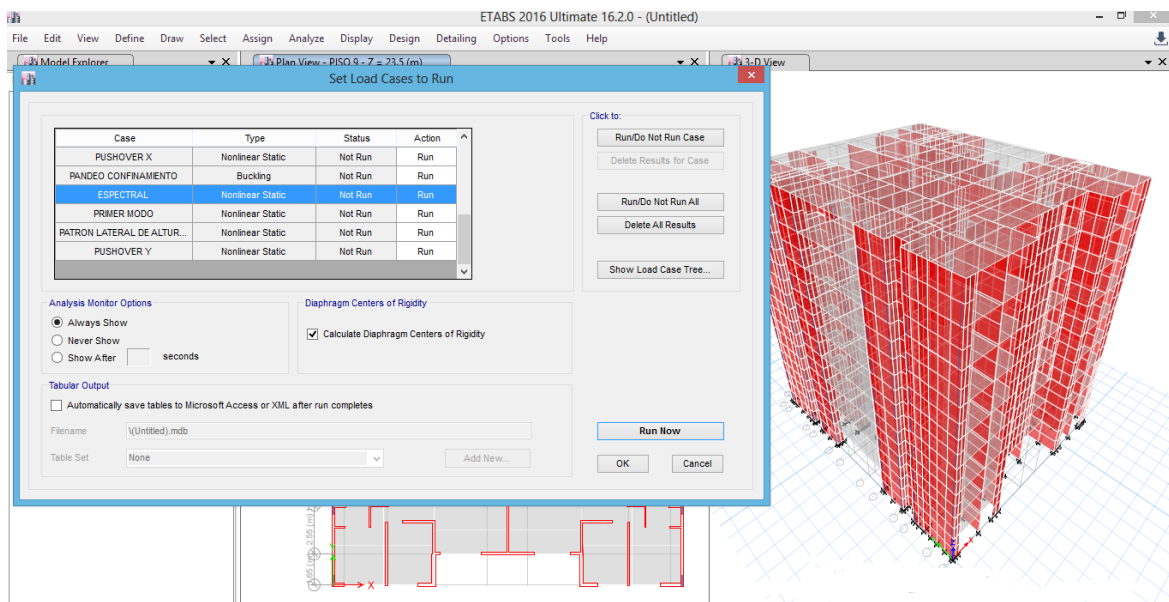


Figura 64. Selección de las cargas no lineales para su ejecución con el uso de núcleos de confinamiento en los extremos de los muros de ductilidad limitada.

A continuación, se muestra la asignación de rotulas plásticas del edificio multifamiliar denominado “Real alameda Colonial”, con el uso de refuerzo de confinamiento con acero convencionales. Asimismo, se muestra sus respectivos niveles de desempeño.

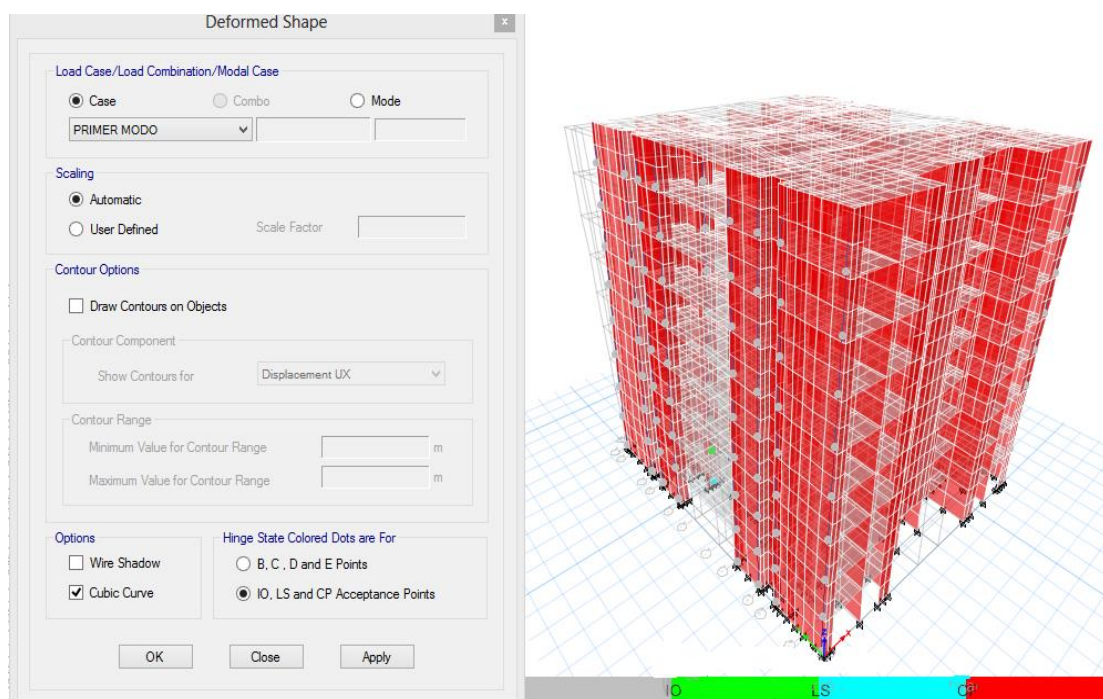


Figura 65. Visualización de las rotulas plásticas del edificio multifamiliar con el uso de refuerzos de confinamiento.

Donde:

Plomo: Operacional.

Verde: Ocupación inmediata.

Celeste: Seguridad de Vida

Rojo: Colapso

b) Análisis no lineal (M2) - Refuerzo de malla

Se realizó los mismos pasos del anterior análisis no lineal, pero se le cambió a los muros de ductilidad limitada con refuerzos de núcleos de confinamiento en los extremos de los muros, por las mallas electrosoldadas en toda la longitud de los muros del edificio multifamiliar, pero sin elementos de confinamiento de acuerdo a las características mencionadas anteriormente.

- ❖ Asignación de los refuerzos de malla electrosoldada a los muros (Transversales y longitudinales).

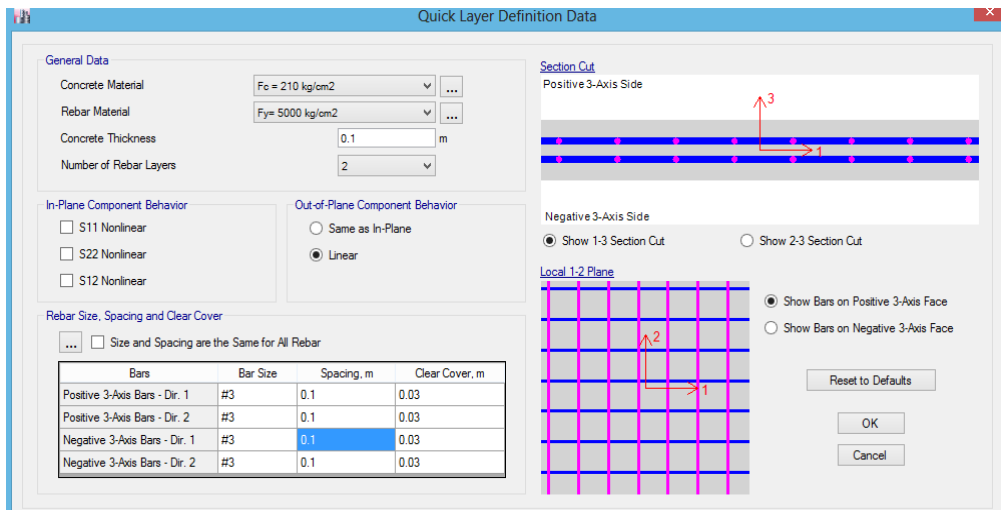


Figura 66. Distribución del acero de la malla electrosoldada.

A continuación, se muestra la asignación de rotulas plásticas del edificio multifamiliar denominado “Real alameda Colonial”, con el uso de refuerzo de confinamiento con acero convencional. Asimismo, se muestra sus respectivos niveles de desempeño.

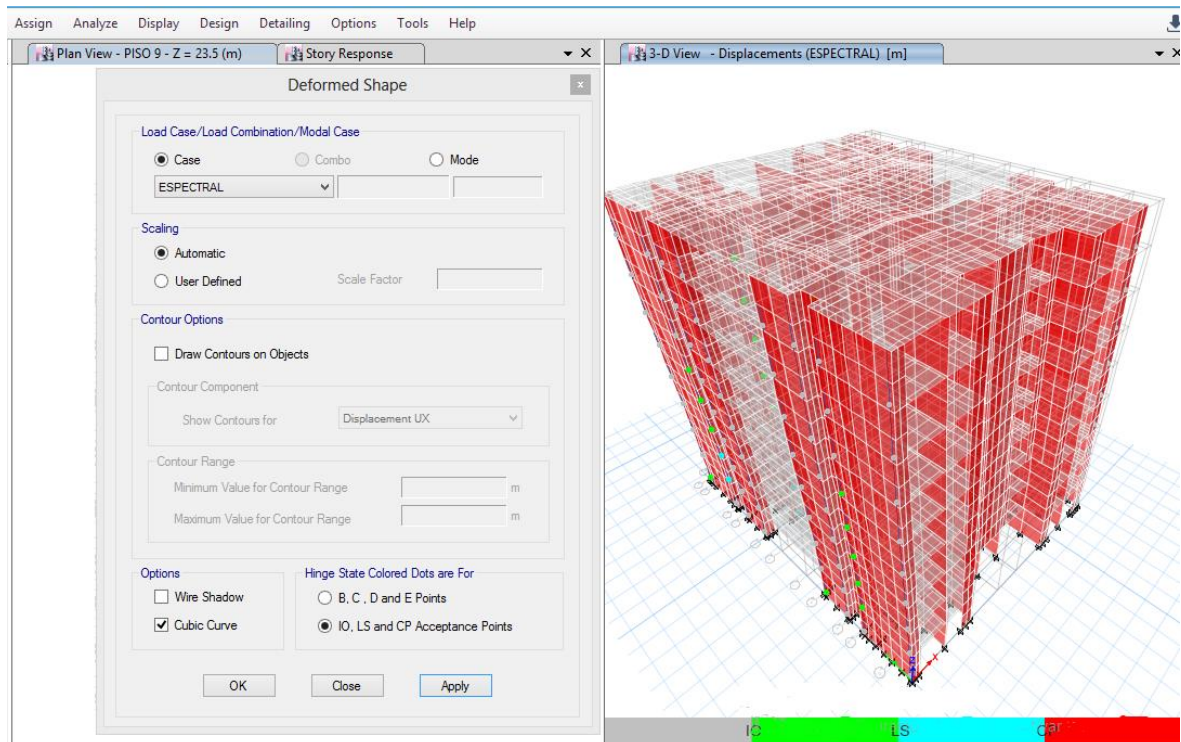


Figura 67. Visualización de las rotulas plásticas del edificio multifamiliar con el uso de las mallas electrosoldadas.

c) Análisis no lineal (M2) - Esbeltez y longitud del muro

Se tomo en cuenta todo el procedimiento de análisis no lineal del Refuerzo de malla, pero se realizó la evaluación solo dos muros de ductilidad limitada (el más largo y el más corto), de acuerdo a lo indicado anteriormente.

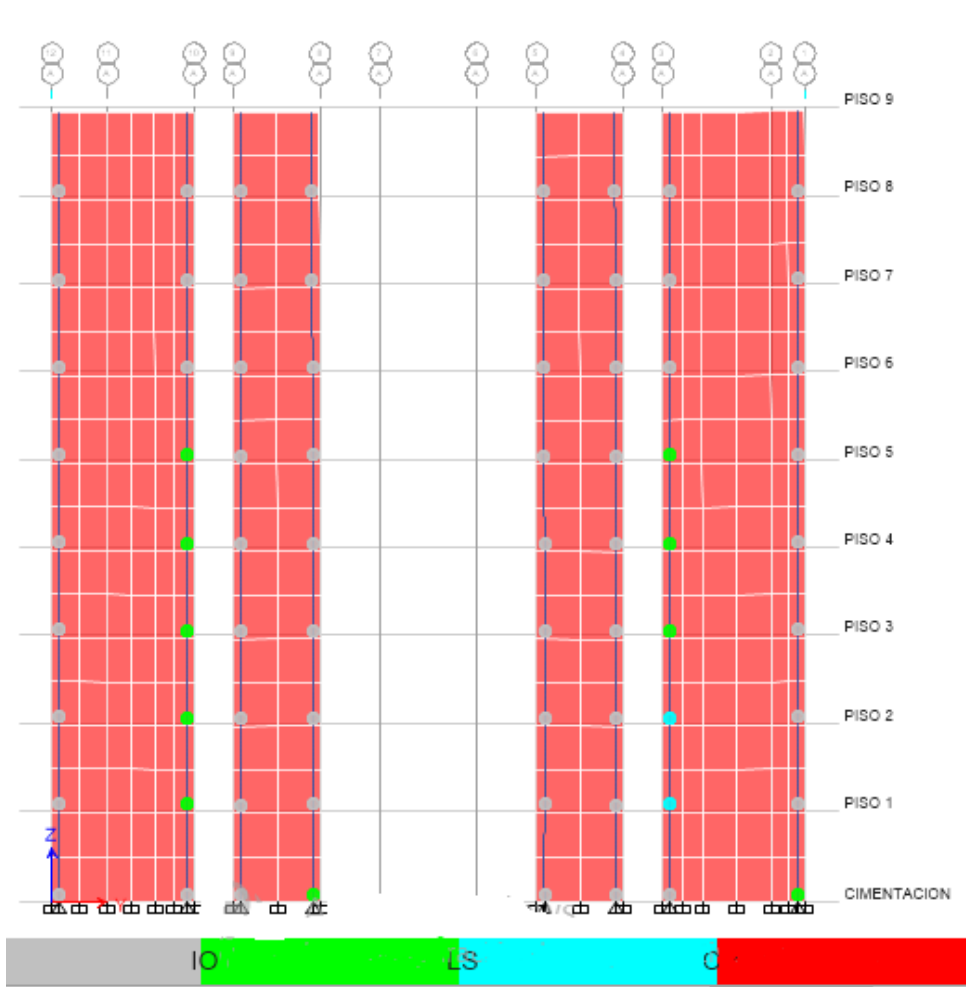


Figura 68. Visualización de las rotulas plásticas del edificio multifamiliar para muros con relación $H_w/l_w > 2$ y $H_w/l_w < 1$.

3.1.9 Desarrollo de las curvas de capacidad

❖ Refuerzo de confinamiento

De acuerdo al análisis pushover, se observa que la curva de capacidad presenta una linealidad en el comportamiento hasta que se obtiene una cortante en la base de 292.24 toneladas y un desplazamiento lateral de 1.57 cm en el 2do nivel. No obstante, de este punto en adelante se muestra un gran aumento en desplazamiento lateral de la estructura y de la cortante basal, esto se debe a que la estructura pierde rigidez en la zona plástica de sus elementos. En consecuencia, la estructura alcanza su última capacidad cuando al aplicar una cortante de 759.86 toneladas genera un desplazamiento de 13.26 cm y colapsa.

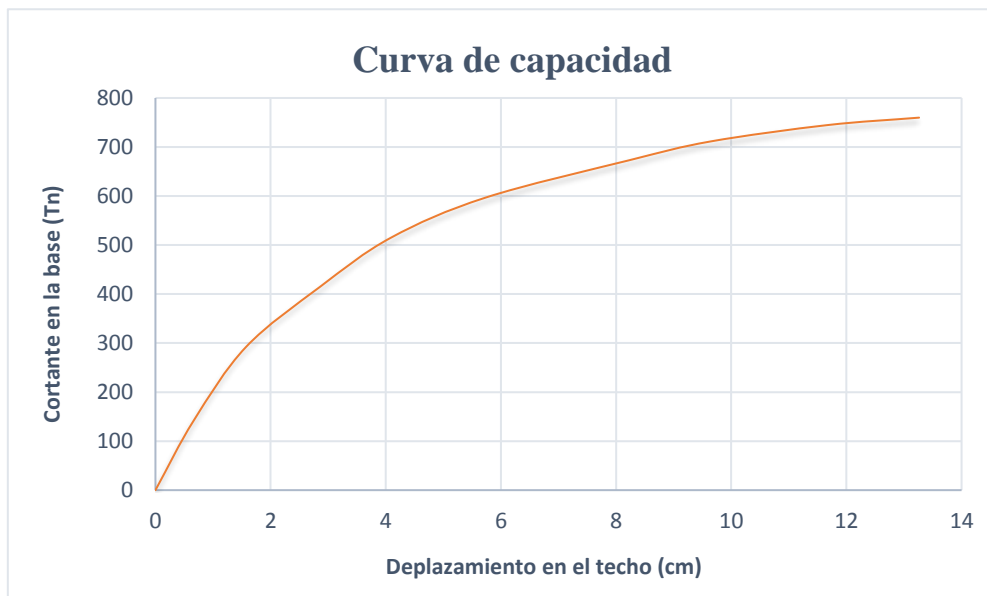


Figura 69. Curva de capacidad de refuerzo de confinamiento.

❖ Refuerzo de Malla

De acuerdo al análisis pushover, se observa que la curva de capacidad presenta una linealidad en el comportamiento elástico hasta que se obtiene una cortante en la base de 287.07 toneladas y un desplazamiento lateral de 1.57 cm en el 2do nivel. En consecuencia, la estructura alcanza su capacidad última cuando se obtiene un desplazamiento de 12.31 cm y un cortante de 750.61 toneladas.

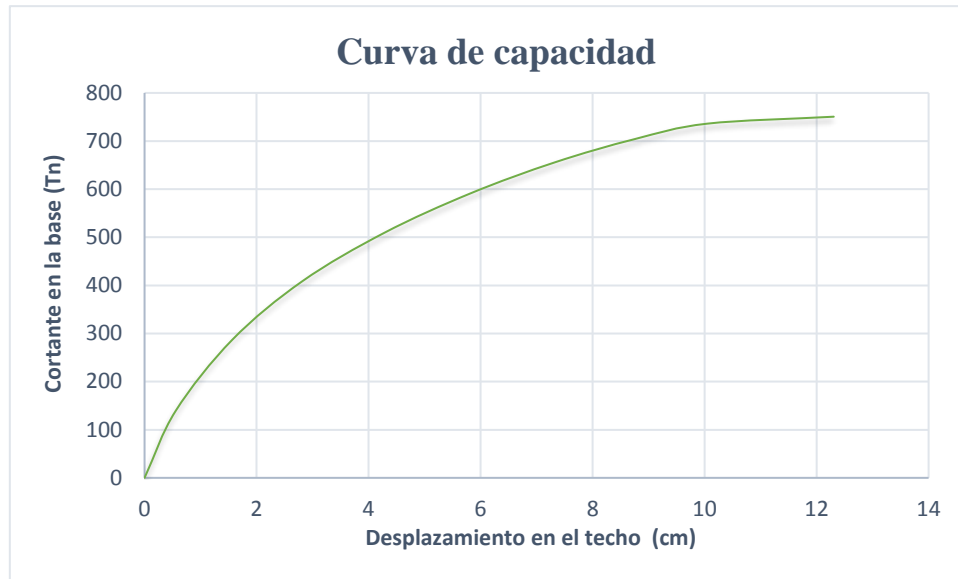


Figura 70. Curva de capacidad de refuerzo de malla.

❖ **Esbeltez y longitud del muro ($H_w/l_w < 1.0$)**

De acuerdo al análisis pushover, se observa que la curva de capacidad presenta una linealidad en el comportamiento hasta que se obtiene una cortante en la base de 323.15 toneladas y un desplazamiento lateral de 1.52 cm en el 2do nivel. No obstante, la estructura alcanza su última capacidad cuando al aplicar una cortante de 825.90 toneladas genera un desplazamiento de 13.59 cm y colapsa. Por lo tanto, se puede afirmar que, la longitud del muro de ductilidad limitada tiene un desempeño mejor sísmicamente puesto soporta la tracción y corte.

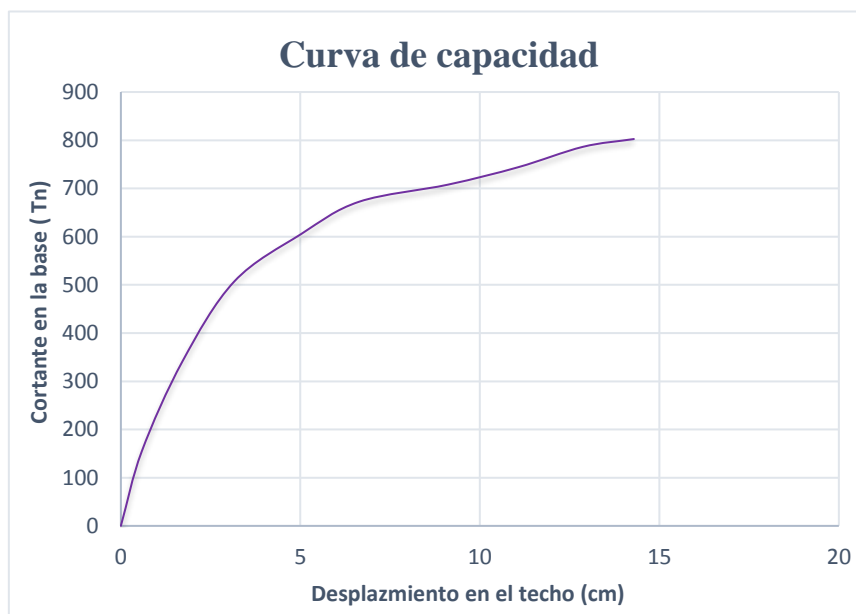


Figura 71. Curva de capacidad de esbeltez y longitud del muro $H_w/l_w < 1$.

❖ **Esbeltz y longitud del muro ($H_w/l_w > 2.0$)**

De acuerdo al análisis pushover, se observa que la curva de capacidad presenta una linealidad en el comportamiento hasta que se obtiene una cortante en la base de 341.49 toneladas y un desplazamiento lateral de 1.72 cm en el último nivel. No obstante, la estructura alcanza su última capacidad cuando al aplicar una cortante de 802.48 toneladas genera un desplazamiento de 14.29 cm y colapsa. Asimismo, se resalta que tiene un mejor desempeño por flexión.

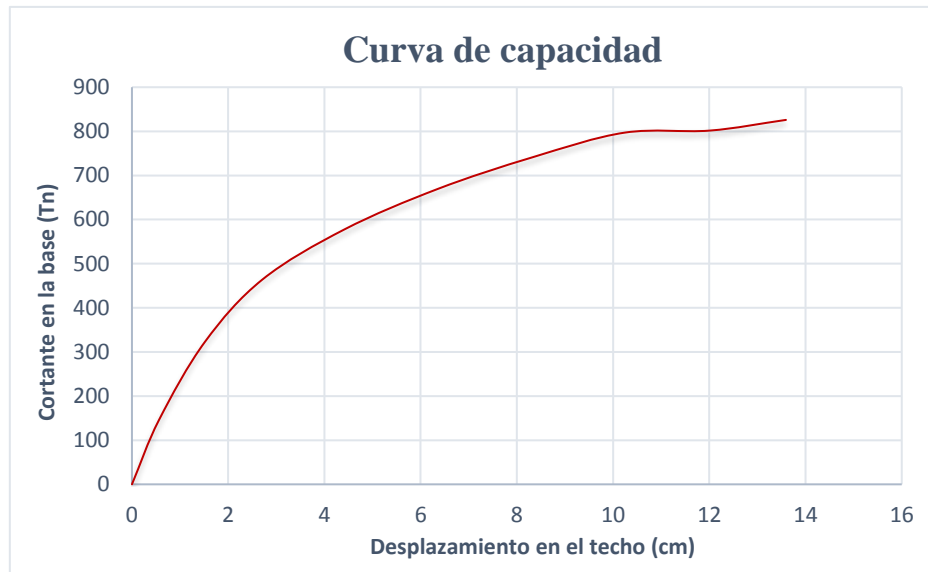


Figura 72. Curva de capacidad de esbeltz y longitud del muro $H_w/l_w > 2$.

3.1.10 Desarrollo del espectro demanda y espectro de capacidad

3.1.10.1 Obtención del espectro de demanda

El espectro sísmico de la norma sismorresistente peruana E.030, está dada por la aceleración vs periodo natural de la estructura. Por tanto, se debe hacer la conversión a un formato S_a vs S_d (aceleración espectral y desplazamiento espectral).

A continuación, se llevará a cabo la conversión del espectro sísmico a los niveles de daño que puede presentar una estructura dependiendo el tipo de sismo (Frecuencial, ocasional, raro y muy raro).

Tabla 26. Niveles de demanda sísmica.

Sismo	Nivel de demanda
Frecuente	0.20g
Ocasional	0.25g
Raro	0.40g
Muy raro	0.50g

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27. Aceleraciones espectrales de acuerdo a los niveles demanda sísmica.

Espectro sísmico de aceleraciones							
Norma sismorresistente E.030				Frecuente	Ocasional	Raro	Muy raro
T (seg)	C	ZUCS	Sa(g)	Sa1(g)	Sa2(g)	Sa3(g)	Sa4 (g)
0.00	2.500	0.2953	0.2953	0.0591	0.0738	0.1181	0.1477
0.20	2.500	0.2953	0.2953	0.0591	0.0738	0.1181	0.1477
0.40	2.500	0.2953	0.2953	0.0591	0.0738	0.1181	0.1477
0.50	2.500	0.2953	0.2953	0.0591	0.0738	0.1181	0.1477
0.60	2.500	0.2953	0.2953	0.0591	0.0738	0.1181	0.1477
0.65	2.308	0.2726	0.2726	0.0545	0.0681	0.1090	0.1363
0.70	2.143	0.2531	0.2531	0.0506	0.0633	0.1013	0.1266
0.75	2.000	0.2363	0.2363	0.0473	0.0591	0.0945	0.1181
0.80	1.875	0.2215	0.2215	0.0443	0.0554	0.0886	0.1107
0.85	1.765	0.2085	0.2085	0.0417	0.0521	0.0834	0.1042
0.90	1.667	0.1969	0.1969	0.0394	0.0492	0.0788	0.0984
0.95	1.579	0.1865	0.1865	0.0373	0.0466	0.0746	0.0933
1.00	1.500	0.1772	0.1772	0.0354	0.0443	0.0709	0.0886
1.10	1.364	0.1611	0.1611	0.0322	0.0403	0.0644	0.0805
1.20	1.250	0.1477	0.1477	0.0295	0.0369	0.0591	0.0738
1.30	1.154	0.1363	0.1363	0.0273	0.0341	0.0545	0.0681
1.40	1.071	0.1266	0.1266	0.0253	0.0316	0.0506	0.0633
1.50	1.000	0.1181	0.1181	0.0236	0.0295	0.0473	0.0591
1.60	0.938	0.1107	0.1107	0.0221	0.0277	0.0443	0.0554
1.70	0.882	0.1042	0.1042	0.0208	0.0261	0.0417	0.0521
1.80	0.833	0.0984	0.0984	0.0197	0.0246	0.0394	0.0492

1.90	0.789	0.0933	0.0933	0.0187	0.0233	0.0373	0.0466
2.00	0.750	0.0886	0.0886	0.0177	0.0221	0.0354	0.0443
2.20	0.620	0.0732	0.0732	0.0146	0.0183	0.0293	0.0366
2.40	0.521	0.0615	0.0615	0.0123	0.0154	0.0246	0.0308
2.60	0.444	0.0524	0.0524	0.0105	0.0131	0.0210	0.0262
2.80	0.383	0.0452	0.0452	0.0090	0.0113	0.0181	0.0226
3.00	0.333	0.0394	0.0394	0.0079	0.0098	0.0158	0.0197
4.00	0.188	0.0221	0.0221	0.0044	0.0055	0.0089	0.0111
5.00	0.120	0.0142	0.0142	0.0028	0.0035	0.0057	0.0071
6.00	0.083	0.0098	0.0098	0.0020	0.0025	0.0039	0.0049
7.00	0.061	0.0072	0.0072	0.0014	0.0018	0.0029	0.0036
8.00	0.047	0.0055	0.0055	0.0011	0.0014	0.0022	0.0028
9.00	0.037	0.0044	0.0044	0.0009	0.0011	0.0018	0.0022
10.00	0.030	0.0035	0.0035	0.0007	0.0009	0.0014	0.0018

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, para el cálculo del espectro de demanda S_{de} (desplazamientos inelásticos) será mediante la siguiente fórmula.

$$S_{de} = \frac{S_{ae}}{(2\pi/T)^2} \quad (3.11)$$

A continuación, en la siguiente Tabla 28, se muestra los resultados obtenidos mediante la fórmula 3.11

Tabla 28. Desplazamientos espectrales de acuerdo a la demanda sísmica.

Espectro de demanda sísmica (desplazamiento espectral)							
Norma sismorresistente E.030				Frecuente	Ocasional	Raro	Muy raro
T (seg)	C	ZUCS	S _{de} (cm)	S _{d1} (cm)	S _{d2} (cm)	S _{d3} (cm)	S _{d4} (cm)
0.00	2.500	0.2953	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.20	2.500	0.2953	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.40	2.500	0.2953	1.1741	0.2348	0.2935	0.4696	0.5871
0.50	2.500	0.2953	1.8346	0.3669	0.4586	0.7338	0.9173
0.60	2.500	0.2953	2.6418	0.5284	0.6604	1.0567	1.3209

0.65	2.308	0.2726	2.8619	0.5724	0.7155	1.1448	1.4310
0.70	2.143	0.2531	3.0821	0.6164	0.7705	1.2328	1.5410
0.75	2.000	0.2363	3.3022	0.6604	0.8256	1.3209	1.6511
0.80	1.875	0.2215	3.5223	0.7045	0.8806	1.4089	1.7612
0.85	1.765	0.2085	3.7425	0.7485	0.9356	1.4970	1.8712
0.90	1.667	0.1969	3.9626	0.7925	0.9907	1.5851	1.9813
0.95	1.579	0.1865	4.1828	0.8366	1.0457	1.6731	2.0914
1.00	1.500	0.1772	4.4029	0.8806	1.1007	1.7612	2.2015
1.10	1.364	0.1611	4.8432	0.9686	1.2108	1.9373	2.4216
1.20	1.250	0.1477	5.2835	1.0567	1.3209	2.1134	2.6418
1.30	1.154	0.1363	5.7238	1.1448	1.4310	2.2895	2.8619
1.40	1.071	0.1266	6.1641	1.2328	1.5410	2.4656	3.0821
1.50	1.000	0.1181	6.6044	1.3209	1.6511	2.6418	3.3022
1.60	0.938	0.1107	7.0447	1.4089	1.7612	2.8179	3.5223
1.70	0.882	0.1042	7.4850	1.4970	1.8712	2.9940	3.7425
1.80	0.833	0.0984	7.9253	1.5851	1.9813	3.1701	3.9626
1.90	0.789	0.0933	8.3656	1.6731	2.0914	3.3462	4.1828
2.00	0.750	0.0886	8.8059	1.7612	2.2015	3.5223	4.4029
2.20	0.620	0.0732	8.8059	1.7612	2.2015	3.5223	4.4029
2.40	0.521	0.0615	8.8059	1.7612	2.2015	3.5223	4.4029
2.60	0.444	0.0524	8.8059	1.7612	2.2015	3.5223	4.4029
2.80	0.383	0.0452	8.8059	1.7612	2.2015	3.5223	4.4029
3.00	0.333	0.0394	8.8059	1.7612	2.2015	3.5223	4.4029
4.00	0.188	0.0221	8.8059	1.7612	2.2015	3.5223	4.4029
5.00	0.120	0.0142	8.8059	1.7612	2.2015	3.5223	4.4029
6.00	0.083	0.0098	8.8059	1.7612	2.2015	3.5223	4.4029
7.00	0.061	0.0072	8.8059	1.7612	2.2015	3.5223	4.4029
8.00	0.047	0.0055	8.8059	1.7612	2.2015	3.5223	4.4029
9.00	0.037	0.0044	8.8059	1.7612	2.2015	3.5223	4.4029
10.00	0.030	0.0035	8.8059	1.7612	2.2015	3.5223	4.4029

Fuente: Elaboración propia.

Por consiguiente, se obtiene las siguientes graficas de espectro de demanda según el nivel de daño estructural.

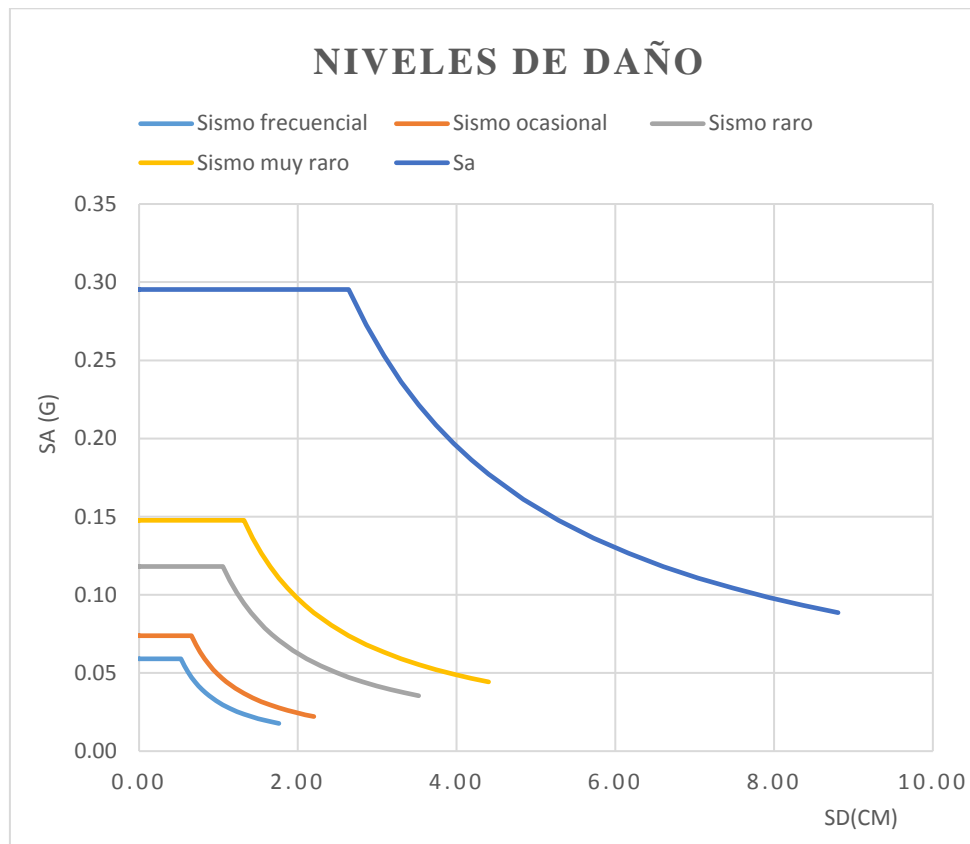


Figura 73. Niveles de daño según la demanda sísmica.

3.1.10.2 Obtención del espectro de capacidad

Se utilizo las siguientes fórmulas 1.9, 1.10, 1.11, 1.12 para el cálculo del espectro de capacidad.

❖ Refuerzo de confinamiento

En la siguiente Tabla 29 se muestra el cálculo de los valores PF_R y α_1 , el cual se obtuvo los siguientes valores:

$$PF_R = 20.11$$

$$\alpha_1 = 0.762$$

Tabla 29. Valores PF_R y αI para la conversión de la curva de capacidad de refuerzo de confinamiento.

PISOS	P(Tn)	W (Kg)	Amplitud modal \emptyset (cm)	$W*\emptyset$ (kg.cm)	$W*\emptyset/g$	$W*(\emptyset^2)$	$W*(\emptyset^2)/g$	W/g
Nivel 9	27.59	27587.71	0.08035	2216.53	2.26	178.09	0.1815	28.12
Nivel 8	35.82	35821.58	0.06249	2238.35	2.28	139.87	0.1426	36.52
Nivel 7	35.82	35821.58	0.05318	1905.13	1.94	101.32	0.1033	36.52
Nivel 6	35.82	35821.58	0.04276	1531.77	1.56	65.50	0.0668	36.52
Nivel 5	35.82	35821.58	0.03589	1285.74	1.31	46.15	0.0470	36.52
Nivel 4	35.82	35824.66	0.03049	1092.11	1.11	33.29	0.0339	36.52
Nivel 3	36.41	36412.09	0.02473	900.54	0.92	22.27	0.0227	37.12
Nivel 2	37.00	36996.45	0.01772	655.54	0.67	11.62	0.0118	37.71
Nivel 1	37.81	37805.50	0.00605	228.53	0.23	1.38	0.0014	38.54
SUMA	317.91	317912.73			12.29		0.61	324.07

Elaboración: Fuente propia.

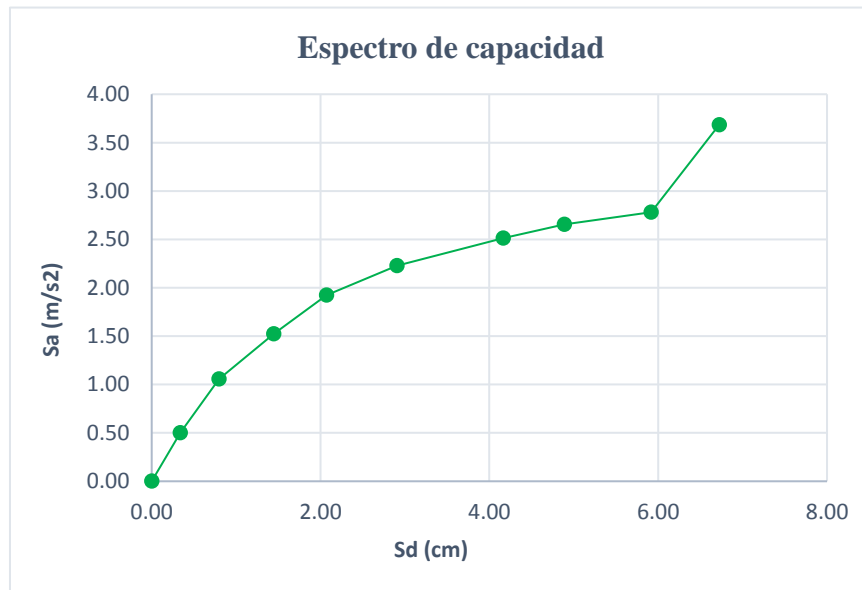


Figura 74. Espectro de capacidad de la curva refuerzo de confinamiento.

Tabla 30. Valores S_{ai} y S_{di} para el espectro de capacidad de refuerzo de confinamiento.

Pisos	S_{ai} (m/s ²)	S_{di} (cm)	V_i (Tn)	Δ_i (cm)	α_1	W(Tn)
Nivel 9	3.68	6.72	759.87	13.262	0.762	27.59
Nivel 8	2.78	5.92	744.65	11.669	0.762	35.82
Nivel 7	2.66	4.89	711.34	9.642	0.762	35.82
Nivel 6	2.51	4.17	672.68	8.218	0.762	35.82
Nivel 5	2.23	2.90	596.61	5.729	0.762	35.82
Nivel 4	1.92	2.07	515.03	4.09	0.762	35.82
Nivel 3	1.52	1.45	414.55	2.856	0.762	36.41
Nivel 2	1.06	0.80	292.24	1.574	0.762	37.00
Nivel 1	0.50	0.34	141.94	0.665	0.762	37.81
	0	0	0	0	0.762	0

Elaboración: Fuente propia.

❖ Refuerzo de malla

En la siguiente Tabla 31 se muestra el cálculo de los valores PF_R y α_1 , el cual se obtuvo los siguientes valores:

$$PF_R = 17.103$$

$$\alpha_1 = 0.844$$

Tabla 31. Valores PF_R y α_1 para la conversión de la curva de capacidad de refuerzo de malla.

PISOS	P(Tn)	W (Kg)	Amplitud modal Δ (cm)	$W*\Delta$ (kg.cm)	$W*\Delta/g$	$W*(\Delta^2)$	$W*(\Delta^2)/g$	W/g
Nivel 9	27.59	27587.71	0.07948	2192.53	2.23	174.25	0.1776	28.12
Nivel 8	35.82	35821.58	0.07252	2597.64	2.65	188.37	0.1920	36.52
Nivel 7	35.82	35821.58	0.06739	2414.16	2.46	162.70	0.1659	36.52
Nivel 6	35.82	35821.58	0.05928	2123.65	2.16	125.90	0.1283	36.52
Nivel 5	35.82	35821.58	0.05316	1904.24	1.94	101.23	0.1032	36.52
Nivel 4	35.82	35824.66	0.04767	1707.58	1.74	81.39	0.0830	36.52
Nivel 3	36.41	36412.09	0.03792	1380.60	1.41	52.35	0.0534	37.12
Nivel 2	37.00	36996.45	0.02768	1024.17	1.04	28.35	0.0289	37.71
Nivel 1	37.81	37805.50	0.00936	353.75	0.36	3.31	0.0034	38.54
SUMA	317.91	317912.73			16.00		0.94	324.07

Fuente: Elaboración propia.

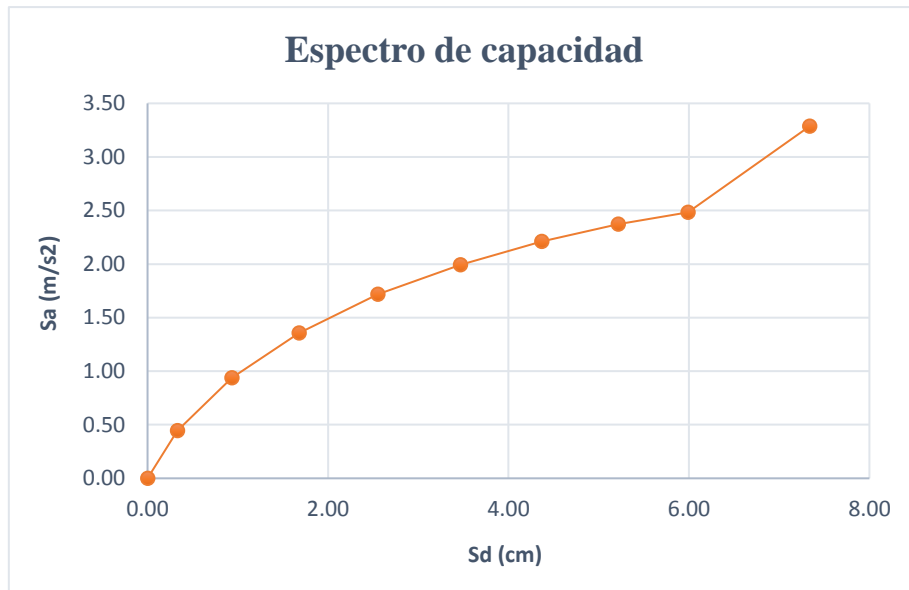


Figura 75. Espectro de capacidad de la curva refuerzo de malla.

Tabla 32. Valores Sai y Sdi para el espectro de capacidad de refuerzo de malla.

Pisos	Sai (m/s²)	Sdi (cm)	Vi (Tn)	Δi (cm)	α1	W(Tn)
Nivel 9	3.29	7.34	750.610	12.307	0.844	27.5877
Nivel 8	2.48	5.99	736.130	10.049	0.844	35.8216
Nivel 7	2.37	5.22	703.990	8.751	0.844	35.8216
Nivel 6	2.21	4.37	655.740	7.327	0.844	35.8216
Nivel 5	1.99	3.47	591.060	5.817	0.844	35.8216
Nivel 4	1.72	2.55	509.190	4.280	0.844	35.8247
Nivel 3	1.36	1.68	408.550	2.816	0.844	36.4121
Nivel 2	0.94	0.93	287.070	1.568	0.844	36.9965
Nivel 1	0.45	0.33	139.390	0.557	0.844	37.8055
	0	0	0	0	0.844	0

Fuente: Elaboración propia.

❖ Esbeltez y longitud del muro H_w/l_w

En la siguiente Tabla 33 se muestra el cálculo de los valores PF_R y α_1 , el cual se obtuvo los siguientes valores:

$$PF_R = 18.934$$

$$\alpha_1 = 0.795$$

Tabla 33. Valores PF_R y α_1 para la conversión de las curvas de capacidad de esbeltez y longitud del muro.

PISOS	P(Tn)	W (Kg)	Amplitud modal \emptyset (cm)	$W*\emptyset$ (kg.cm)	$W*\emptyset/g$	$W*(\emptyset^2)$	$W*(\emptyset^2)/g$	W/g
Nivel 9	27.59	27587.71	0.07820	2157.22	2.20	168.68	0.1720	28.12
Nivel 8	35.82	35821.58	0.06972	2497.34	2.55	174.10	0.1775	36.52
Nivel 7	35.82	35821.58	0.05949	2131.13	2.17	126.79	0.1292	36.52
Nivel 6	35.82	35821.58	0.04869	1744.26	1.78	84.93	0.0866	36.52
Nivel 5	35.82	35821.58	0.04159	1489.72	1.52	61.95	0.0632	36.52
Nivel 4	35.82	35824.66	0.03452	1236.49	1.26	42.68	0.0435	36.52
Nivel 3	36.41	36412.09	0.02892	1052.93	1.07	30.45	0.0310	37.12
Nivel 2	37.00	36996.45	0.01784	659.98	0.67	11.77	0.0120	37.71
Nivel 1	37.81	37805.50	0.01016	384.22	0.39	3.90	0.0040	38.54
SUMA	317.91	317912.73			13.61		0.72	324.07

Fuente: Elaboración propia.

Para muros $H_w/l_w > 2$

Tabla 34. Valores S_{ai} y S_{di} para el espectro de capacidad de esbeltez y longitud de muros $H_w/l_w > 2.00$.

Pisos	S_{ai} (m/s ²)	S_{di} (cm)	V_i (Tn)	Δ_i (cm)	α_1	W (Tn)
Nivel 9	3.73	7.69	802.48	14.291	0.795	27.58771
Nivel 8	2.81	6.93	786.24	12.869	0.795	35.82158
Nivel 7	2.66	5.96	744.06	11.071	0.795	35.82158
Nivel 6	2.53	4.91	707.89	9.115	0.795	35.82158
Nivel 5	2.41	3.57	672.43	6.638	0.795	35.82158
Nivel 4	2.17	2.70	605.46	5.023	0.795	35.82466
Nivel 3	1.79	1.70	506.91	3.158	0.795	36.41209
Nivel 2	1.18	0.92	341.49	1.717	0.795	36.99645
Nivel 1	0.53	0.31	154.96	0.584	0.795	37.8055
	0.00	0.00	0	0	0.795	0

Fuente: Elaboración propia.

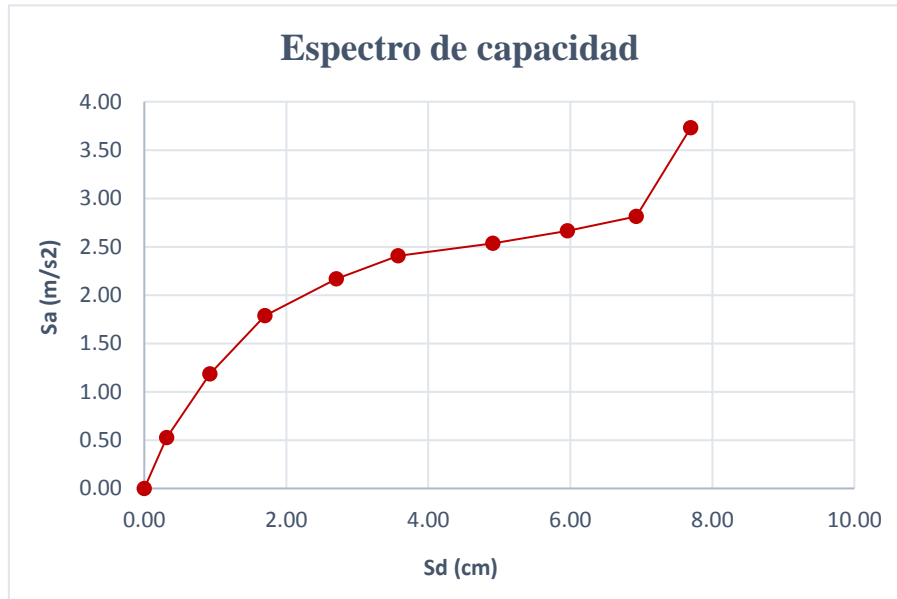


Figura 76. Espectro de capacidad de la curva esbeltez y longitud de muros $H_w/l_w > 2.00$.

Para muros $H_w/l_w < 1.00$

Tabla 35. Valores S_{ai} y S_{di} para el espectro de capacidad de esbeltez y longitud de muros $H_w/l_w < 1.00$

Pisos	S_{ai} (m/s ²)	S_{di} (cm)	V_i (Tn)	Δ_i (cm)	α_1	W (Tn)
Nivel 9	3.84	7.32	825.9	13.594	0.795	27.58771
Nivel 8	2.87	6.46	801.71	12.008	0.795	35.82158
Nivel 7	2.85	5.51	797.08	10.242	0.795	35.82158
Nivel 6	2.65	4.49	741.47	8.333	0.795	35.82158
Nivel 5	2.40	3.42	669.38	6.355	0.795	35.82158
Nivel 4	2.07	2.38	577.8	4.418	0.795	35.82466
Nivel 3	1.63	1.46	464.21	2.713	0.795	36.41209
Nivel 2	1.12	0.82	323.15	1.519	0.795	36.99645
Nivel 1	0.50	0.30	146.25	0.564	0.795	37.8055
	0	0	0	0	0.795	0

Fuente: Elaboración propia.

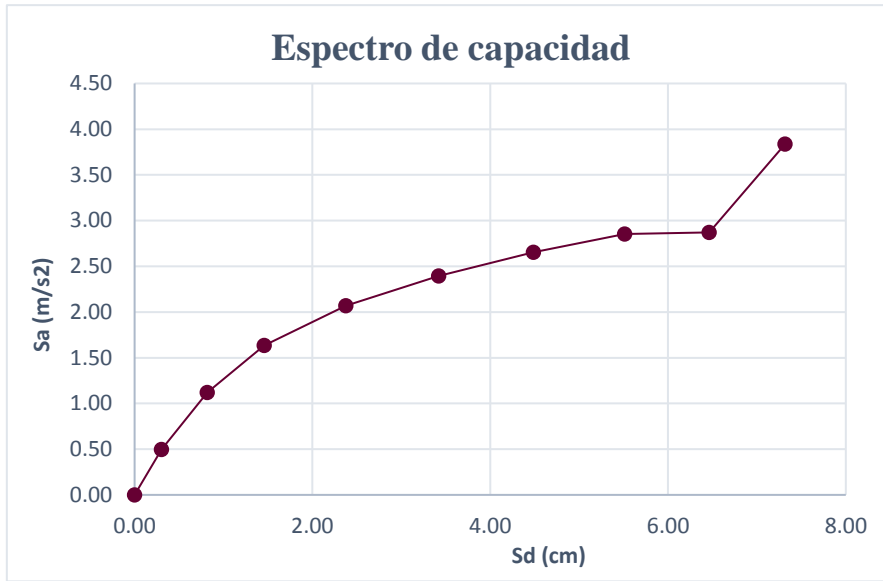


Figura 77. Espectro de capacidad de la curva esbeltez y longitud de muros $H_w/l_w < 1.00$.

3.1.10.3 Intersección entre el espectro de demanda vs el espectro de capacidad

❖ Refuerzo de confinamiento

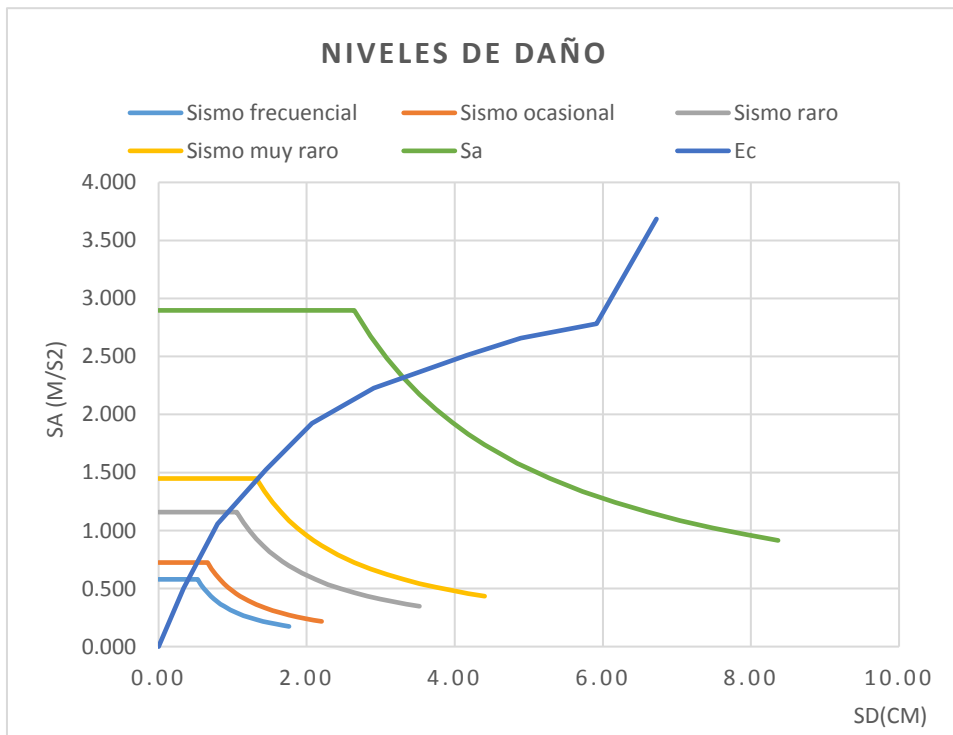


Figura 78. Niveles de daño para refuerzo de confinamiento.

❖ Refuerzo de malla

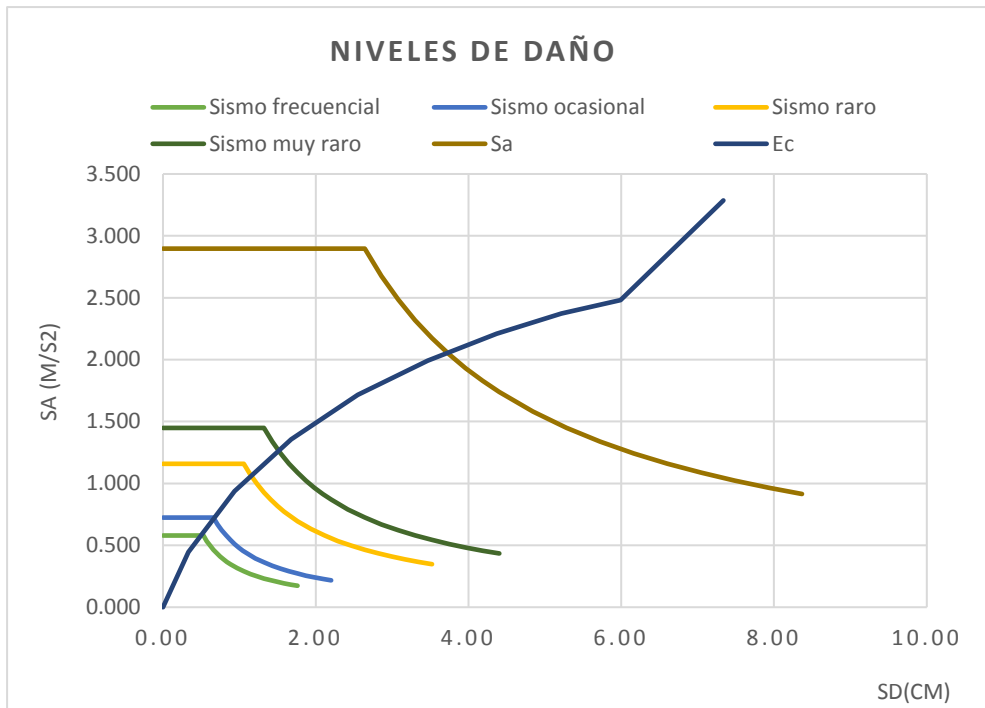


Figura 79. Niveles de daño para refuerzo de malla.

❖ Esbeltez y longitud de para muros $H_w/l_w > 2.00$

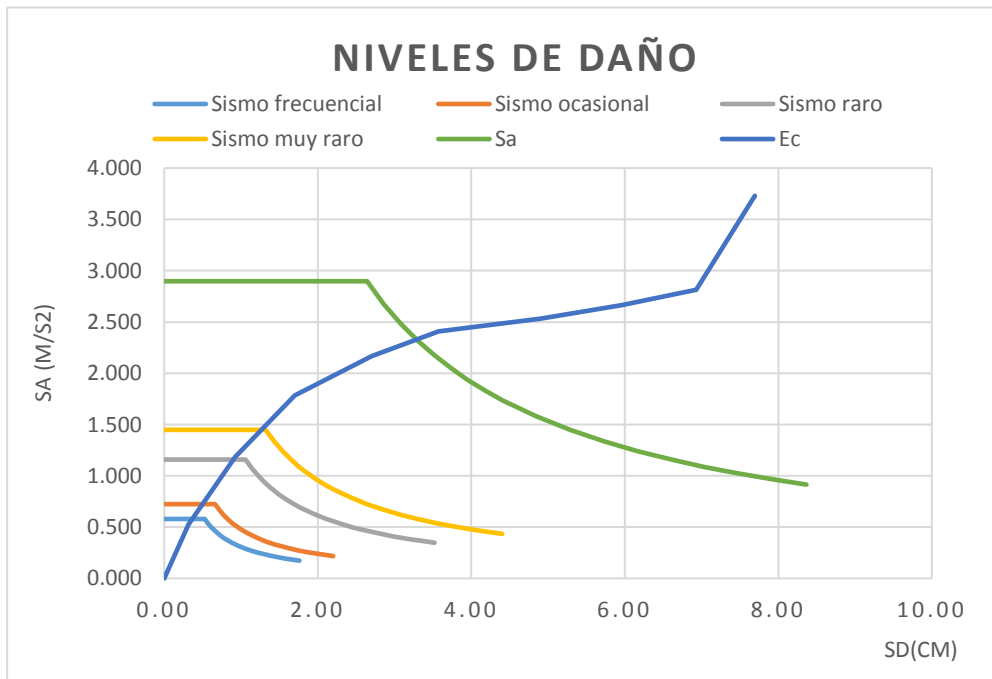


Figura 80. Niveles de daño para esbeltez y longitud de muros $H_w/l_w > 2.00$.

❖ Esbeltez y longitud de para muros $H_w/l_w < 1.00$

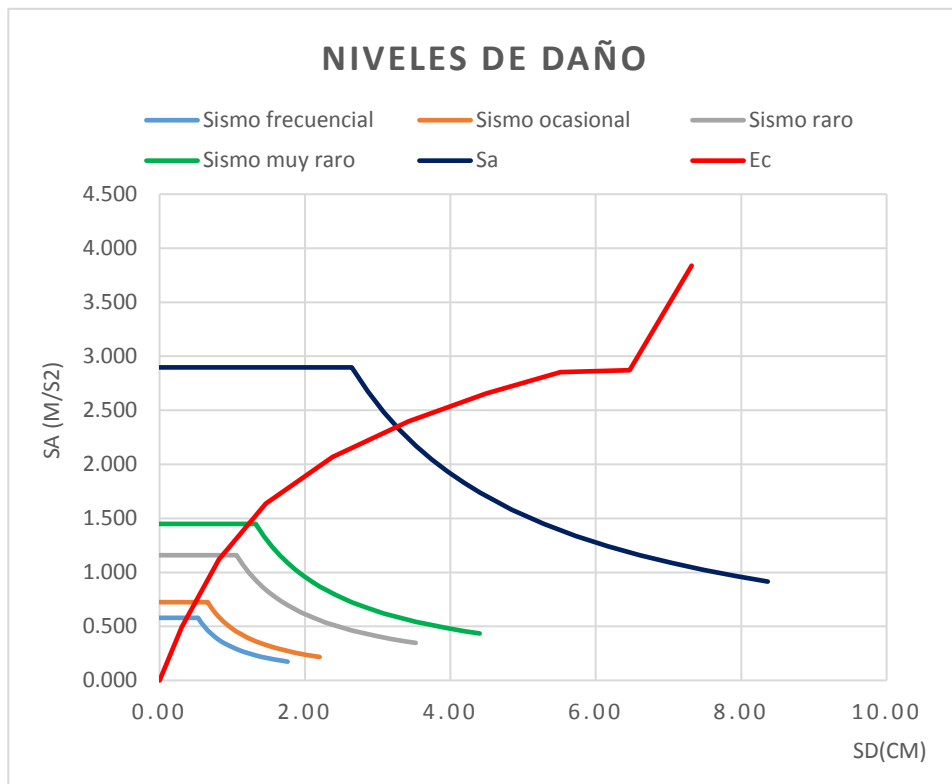


Figura 81. Niveles de daño para esbeltez y longitud de muros $H_w/l_w < 1.00$.

3.1.11 Desarrollo del punto de desempeño.

3.1.11.1 Superposición de un punto de desempeño y representación bilineal del espectro de capacidad.

❖ Refuerzo de confinamiento

Para encontrar el punto de desempeño que tiene la estructura con los detalles estructurales asignados, se tomó como punto de inicio (dpi, api), de acuerdo al método señalado anteriormente simulando el punto (2, 1.866), como se observa en la siguiente Figura 82:

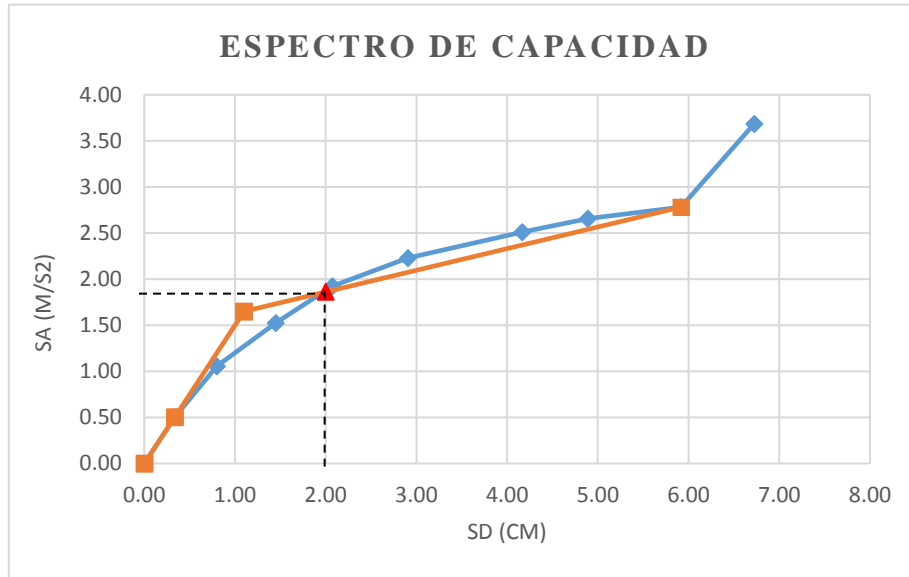


Figura 82. Punto de desempeño de prueba de refuerzo de confinamiento.

❖ Refuerzo de malla

Punto de inicio (dpi, api), es de (2.253, 1.557), como se observa en la Figura 83.

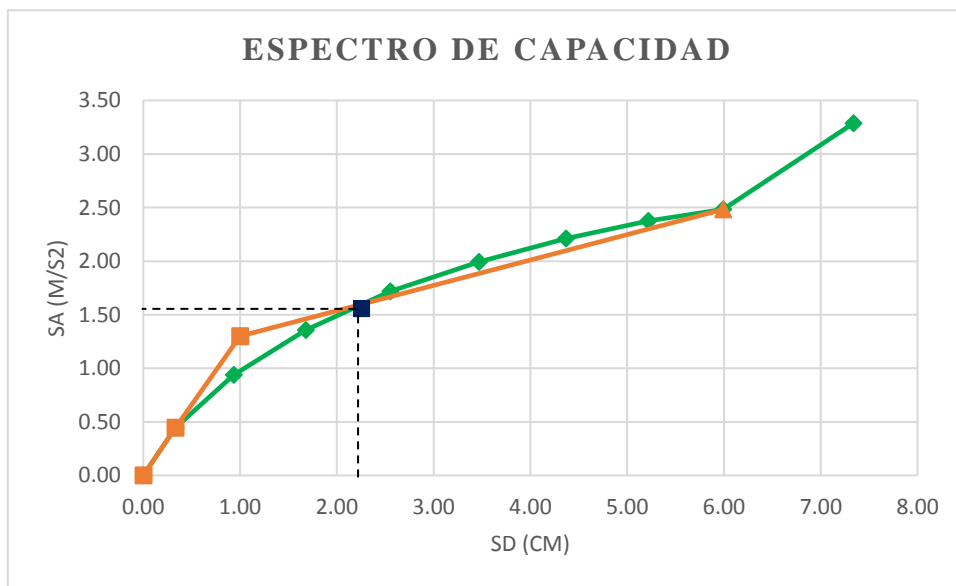


Figura 83. Punto de desempeño de prueba de refuerzo de malla.

❖ Esbeltez y longitud del muro $H_w/l_w > 2.0$

Punto de inicio (dpi, api), es de (1.565, 1.638), como se observa en la Figura 84.

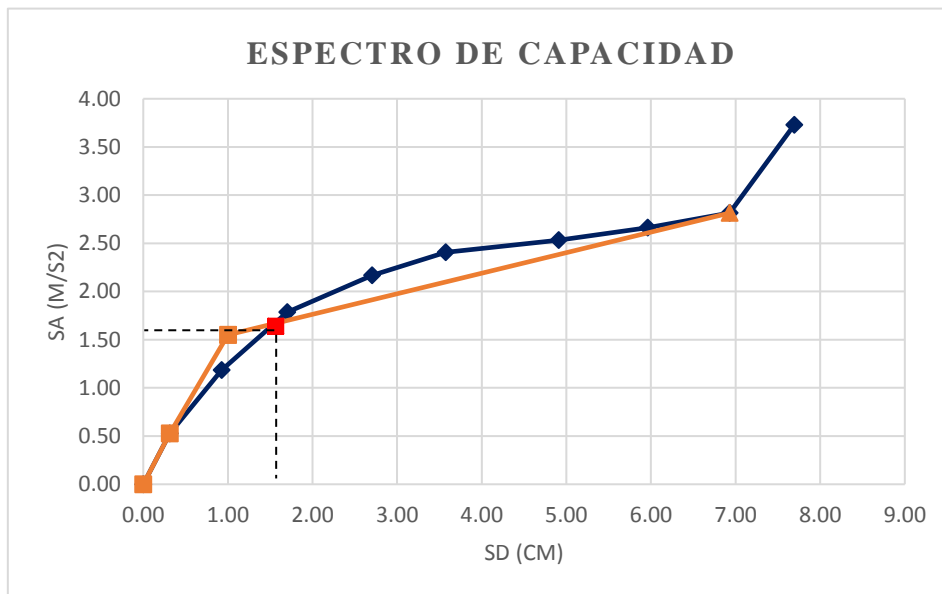


Figura 84. Punto de desempeño de prueba de muros $H_w/l_w > 2.0$.

❖ Esbeltez y longitud del muro $H_w/l_w < 1.0$

Punto de inicio (dpi, api), es de (4.0, 2.5), como se observa en la Figura 85.

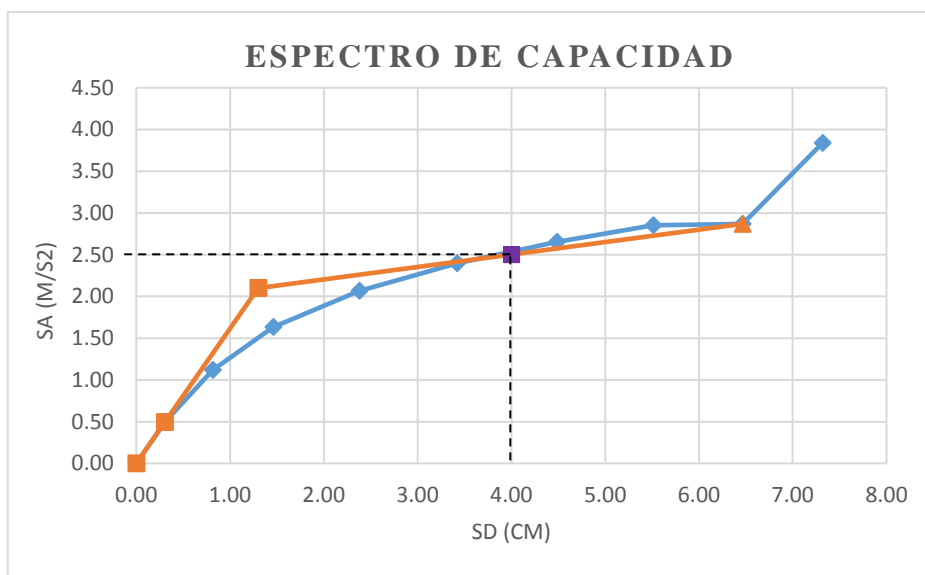


Figura 85. Punto de desempeño de prueba de muros $H_w/l_w < 1.0$.

3.1.11.2 Intersección del punto de desempeño de prueba (dpi, api)

Se determino el punto de intersección entre el espectro de capacidad y espectro de demanda, para verificar el valor del punto de prueba de desempeño tomado inicialmente.

❖ Refuerzo de confinamiento

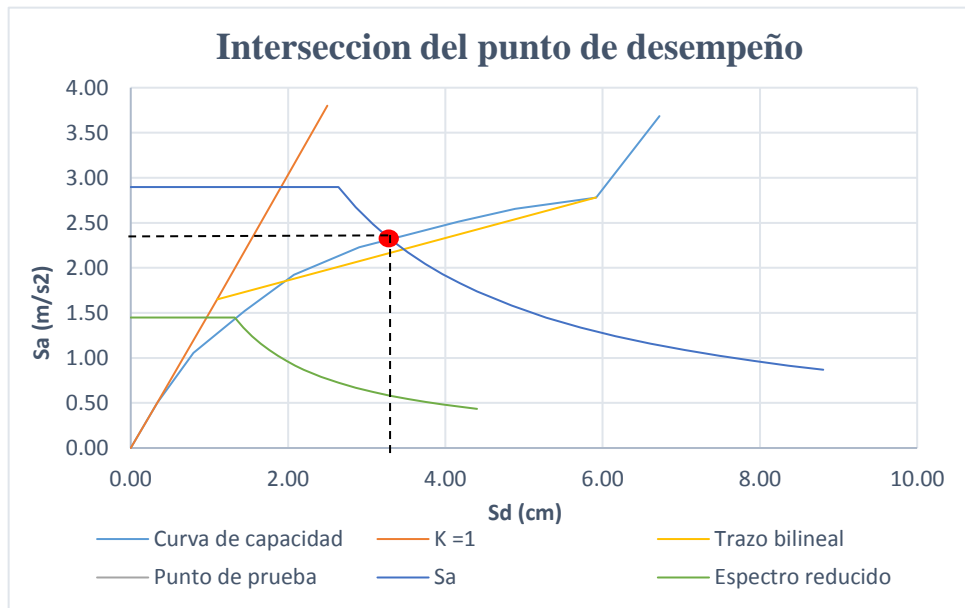


Figura 86. Punto de desempeño obtenido para refuerzo de confinamiento.

❖ Refuerzo de malla

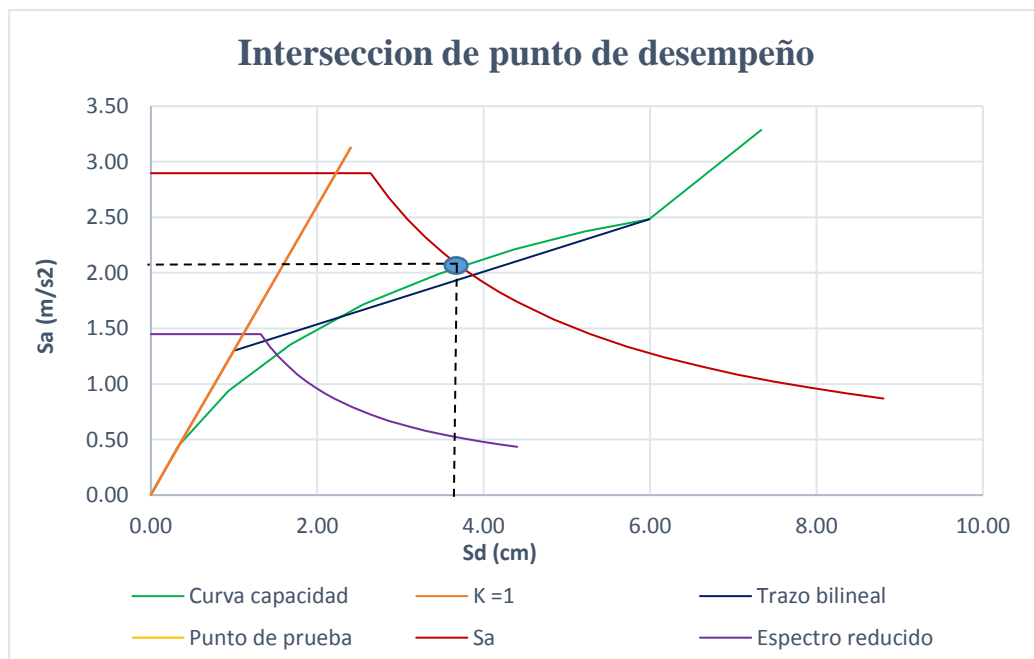


Figura 87. Punto de desempeño obtenido para refuerzo de malla.

❖ Esbeltez y longitud del muro $H_w/l_w > 2.0$

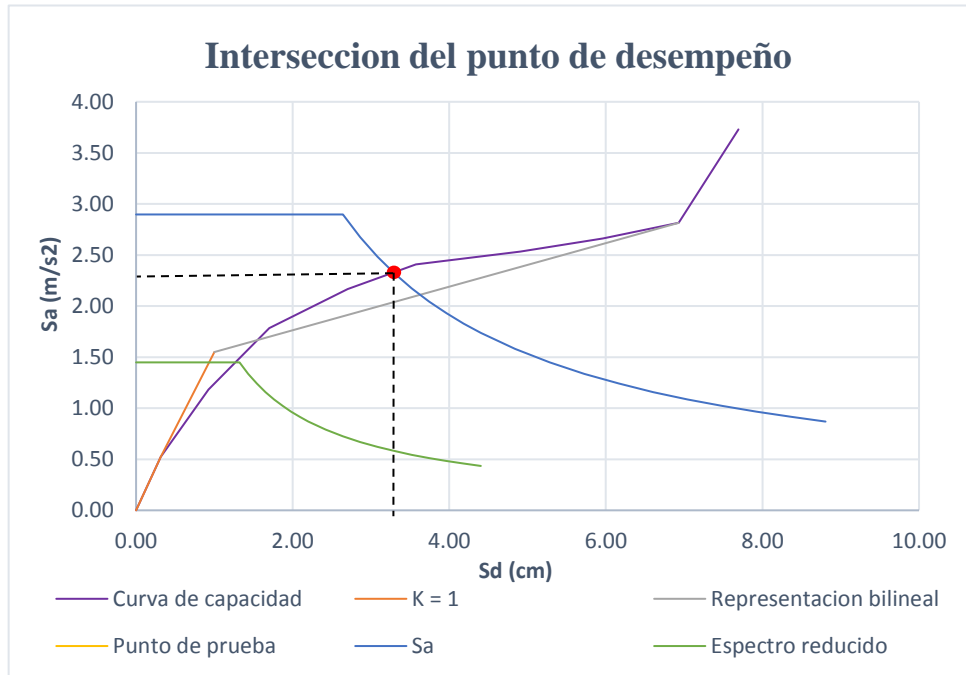


Figura 88. Punto de desempeño obtenido para muros $H_w/l_w > 2.0$.

❖ Esbeltez y longitud del muro $H_w/l_w < 1.0$

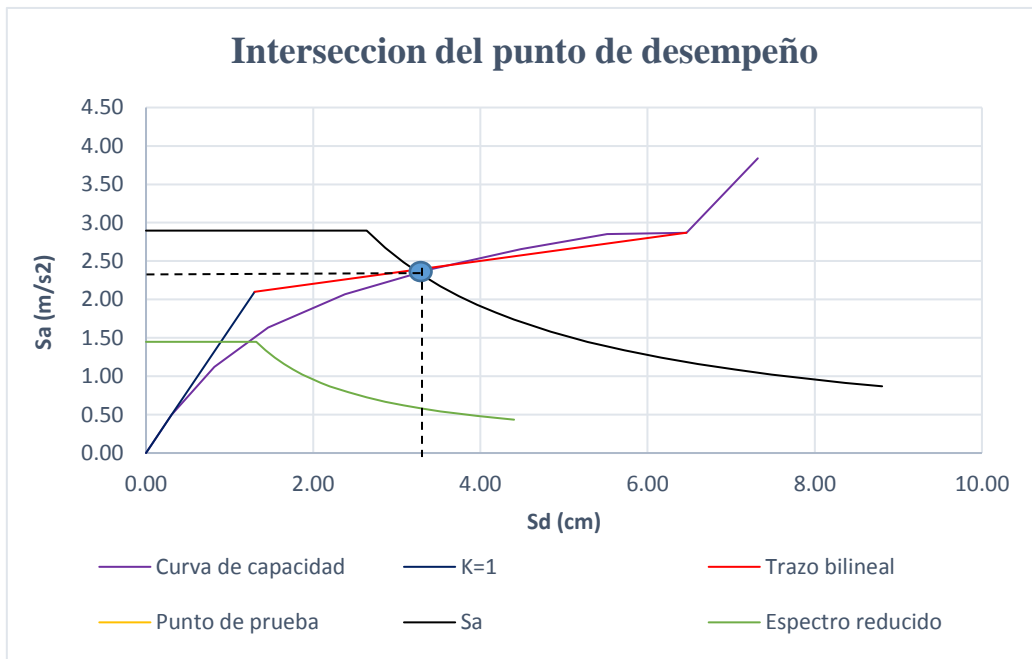


Figura 89. Punto de desempeño obtenido para muros $H_w/l_w < 1.0$.

3.2 Análisis e interpretación de resultados

Después de haber realizado el modelamiento de la estructura, análisis lineal y análisis no lineal estático pushover con la finalidad de encontrar la curva de capacidad que tiene la estructura con fines al colapso. Así como también los niveles de desempeño sismorresistente y determinar en qué rango de niveles de daño se encuentra la estructura ante posibles movimientos telúricos, se procedió a realizar la interpretación del punto de desempeño.

❖ Refuerzo de confinamiento

De acuerdo al procedimiento realizado, se obtuvo que el punto de desempeño de prueba (d_{pi} , a_{pi}) con coordenadas (2, 1.866) asumido inicialmente, no cumple la siguiente condición ($0.95d_{pi} \leq d_p \leq 1.05d_{pi}$). Por lo tanto, el punto (d_p , a_p) con coordenadas (3.302, 2.318), encontrado mediante la intersección del espectro de demanda y espectro de capacidad en su representación bilineal, será el punto de desempeño que presente la estructura con acero de refuerzo de confinamiento en los extremos de los muros de ductilidad limitada después y durante un evento sísmico. No obstante, Según la Tabla 36, se obtuvo los siguientes niveles de daño estructural y niveles de desempeño sismorresistente.

Tabla 36. Niveles de desempeño del indicador Refuerzo de confinamiento.

Desempeño	Sismo de diseño
Nivel de desempeño sismorresistente	Funcional
Nivel de daño estructural	Leve

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al desplazamiento inelástico máximo realizado por la estructura en los diferentes niveles de piso, para sismos de diseño con uso de refuerzo de confinamiento en los extremos de los muros de ductilidad limitada, se ubicó el punto de desempeño de acuerdo a la Figura 22 y se obtuvo un valor de cortante máxima de 450 toneladas, cuando la estructura alcanza un desplazamiento máximo de 3.302 cm (comportamiento real). Por lo tanto, se obtiene que el nivel de desempeño sismorresistente es funcional, el cual significa que la estructura presenta pequeños daños estructurales en los muros de ductilidad limitada y se comporta linealmente elástico, con un daño estructural leve.

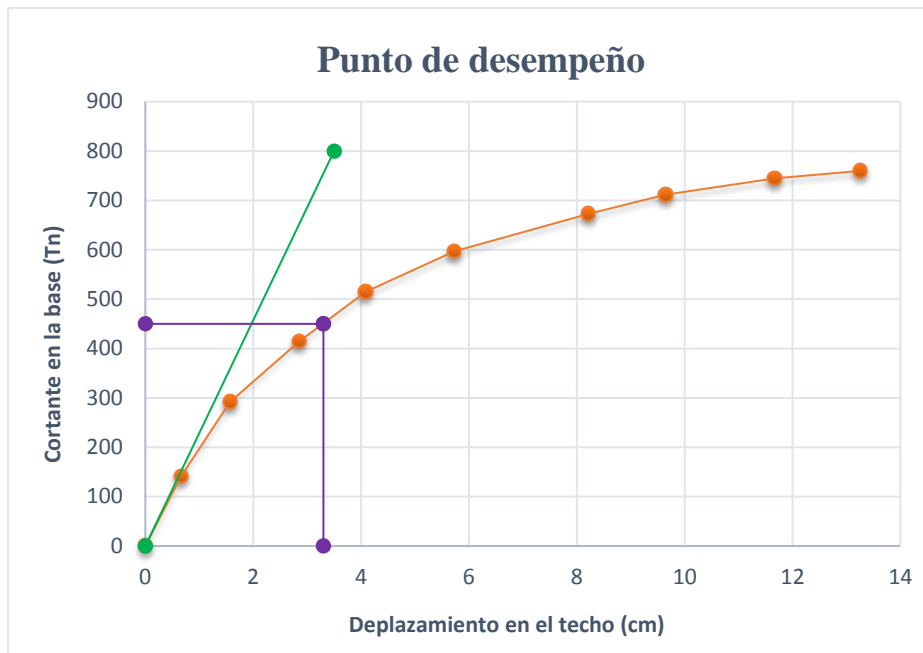


Figura 90. Comportamiento real del edificio con refuerzo de confinamiento.

❖ Refuerzo de Malla

De acuerdo al procedimiento realizado, se obtuvo que el punto de desempeño de prueba (d_{pi} , a_{pi}) con coordenadas (2.253, 1.557) asumido inicialmente, no cumple la siguiente condición ($0.95d_{pi} \leq d_p \leq 1.05d_{pi}$). Por lo tanto, el punto (d_p , a_p) con coordenadas (3.742, 2.045), encontrado mediante la intersección del espectro de demanda y espectro de capacidad en su representación bilineal, será el punto de desempeño que presente la estructura con el uso de malla electrosoldada Q503 de 8 mm @ 0.10 con $f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$ en los muros dúctiles, después y durante un evento sísmico. No obstante, Según la Tabla 37, se obtuvo los siguientes niveles de daño estructural y niveles de desempeño sismorresistente.

Tabla 37. Niveles de desempeño del indicador Refuerzo de malla.

Desempeño	Sismo de diseño
Nivel de desempeño sismorresistente	Resguardo de vida
Nivel de daño estructural	Moderado

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al desplazamiento inelástico máximo realizado por la estructura en los diferentes niveles de piso, para sismos de diseño con uso de refuerzo de malla electrosoldada en los muros de ductilidad limitada, se ubicó el punto de desempeño de acuerdo a la Figura 22 y se obtuvo un valor de cortante máxima de 475.50 toneladas cuando la estructura alcanza un desplazamiento máximo de 3.742 cm, lo cual se interpreta que el punto de desempeño ocupa el 30 % del desplazamiento lateral. Por lo tanto, se obtiene un nivel de desempeño sismorresistente resguardo de vida, el cual significa que existe daños estructurales de gran importancia, la estructura es completamente inelástica y presenta pérdida de resistencia y rigidez. Sin embargo, la estructura puede ser reparable. No obstante, presenta un nivel de daño estructural moderado.

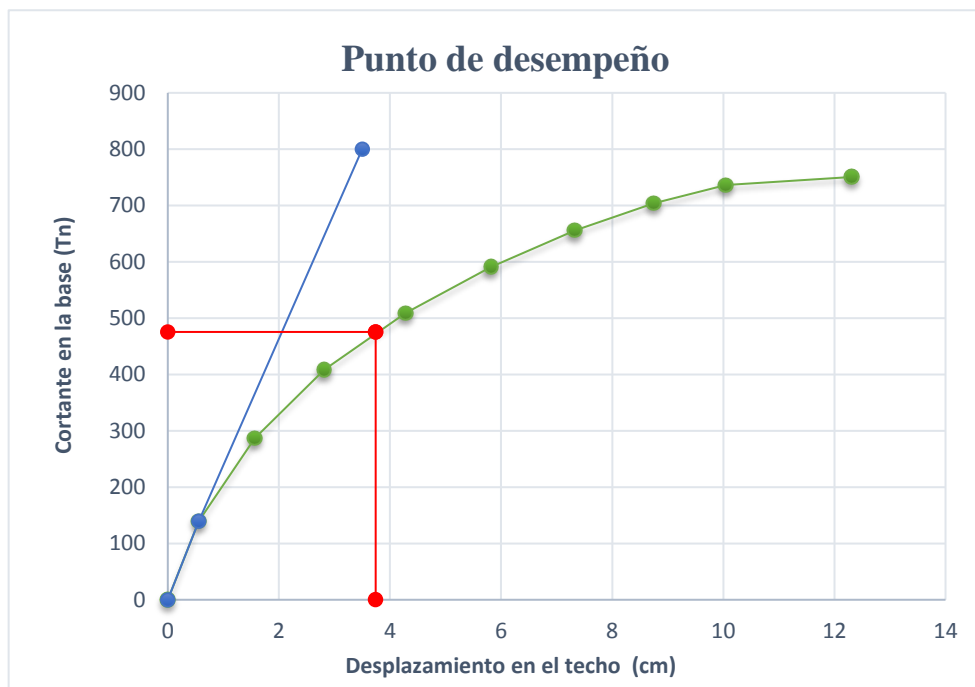


Figura 91. Comportamiento real del edificio con refuerzo de malla.

❖ **Esbeltez y longitud del muro $H_w/l_w > 2.0$**

De acuerdo al procedimiento realizado, se obtuvo que el punto de desempeño de prueba (d_{pi} , a_{pi}) con coordenadas (1.565, 1.638) asumido inicialmente, no cumple la siguiente condición ($0.95d_{pi} \leq d_p \leq 1.05d_{pi}$). Por lo tanto, el punto (d_p , a_p) con coordenadas (3.302, 2.318), encontrado mediante la intersección del espectro de demanda y espectro de capacidad en su representación bilineal, será el punto de desempeño que presente la estructura para muros de 4.20 metros de longitud con espesor de 12.5 cm, después y durante un evento sísmico. No obstante, Según la Tabla 38, se obtuvo los siguientes niveles de daño estructural y niveles de desempeño sismorresistente.

Tabla 38. Niveles de desempeño del indicador Esbeltez y longitud del muro con $H_w/l_w > 2.0$.

Desempeño	Sismo de diseño
Nivel de desempeño sismorresistente	Funcional
Nivel de daño estructural	Leve

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al desplazamiento inelástico máximo realizado por la estructura en los diferentes niveles de piso, para sismos de diseño con el uso muros de 4.20 metros de longitud con espesor de 12.5 cm, se ubicó el punto de desempeño de acuerdo a la Figura 22, y se obtuvo un valor de cortante máxima de 508.40 toneladas cuando la estructura alcanza un desplazamiento máximo de 3.302 cm. Por ende, se obtiene un nivel de desempeño sismorresistente funcional, el cual significa que la estructura presenta pequeños daños estructurales en los muros de ductilidad limitada y se comporta linealmente elástico, con un daño estructural leve. No obstante, presenta un mejor comportamiento sísmicamente a comparación de otros elementos estructurales puesto que soporta tracción y flexión.

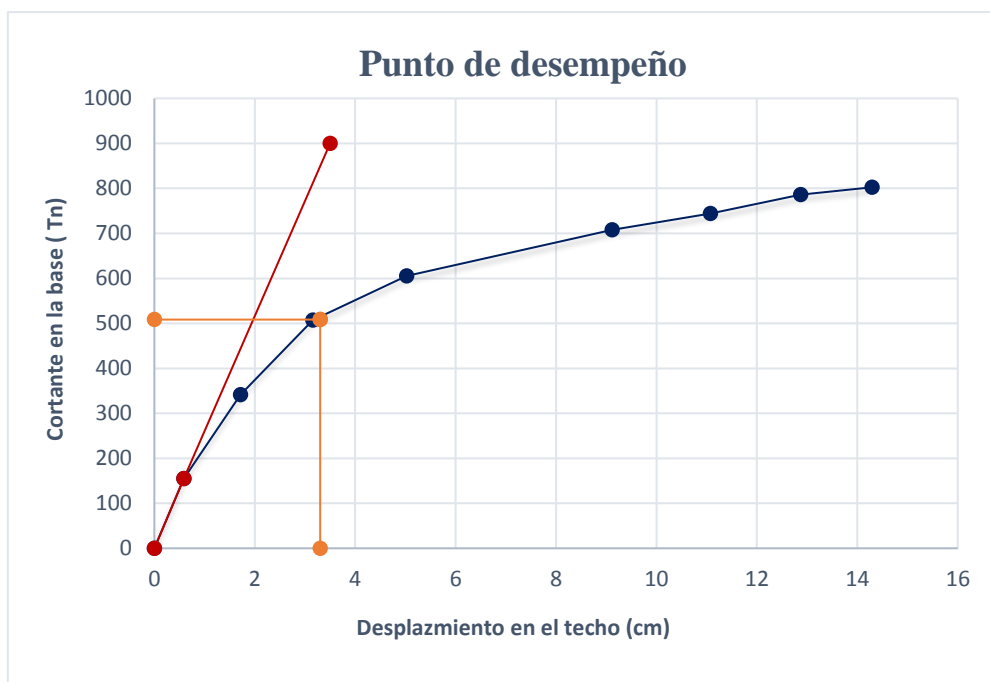


Figura 92. Comportamiento real del edificio para esbeltez y longitud del muro $H_w/l_w > 2$.

❖ **Esbeltez y longitud del muro $H_w/l_w < 1.0$**

De acuerdo al procedimiento realizado, se obtuvo que el punto de desempeño de prueba (d_{pi} , a_{pi}) con coordenadas (4.00, 2.50), asumido inicialmente no cumple la siguiente condición ($0.95d_{pi} \leq d_p \leq 1.05d_{pi}$). Por lo tanto, el punto (d_p , a_p) con coordenadas (3.294, 2.323), encontrado mediante la intersección del espectro de demanda y espectro de capacidad en su representación bilineal, será el punto de desempeño que presente la estructura para muros de 1.30 metros de longitud con espesor de 15 cm, después y durante un evento sísmico. No obstante, Según la Tabla 39, se obtuvo los siguientes niveles de daño estructural y niveles de desempeño sismorresistente.

Tabla 39. Niveles de desempeño del indicador Esbeltez y longitud del muro con $H_w/l_w < 1.0$.

Desempeño	Sismo de diseño
Nivel de desempeño sismorresistente	Funcional
Nivel de daño estructural	Leve

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al desplazamiento inelástico máximo realizado por la estructura en los diferentes niveles de piso, para sismos raros con el uso muros de 1.30 metros de longitud con espesor de 15 cm, se ubicó el punto de desempeño de acuerdo a la Figura 22, y se obtuvo un valor de cortante máxima de 500 toneladas cuando la estructura alcanza un desplazamiento máximo de 3.294 cm. Por ende, se obtiene un nivel de desempeño sismorresistente funcional, el cual significa que la estructura presenta pequeños daños estructurales en los muros de ductilidad limitada y se comporta linealmente elástico, con un daño estructural leve. Sin embargo, presenta un mejor comportamiento sísmicamente a comparación de otros elementos estructurales por corte.

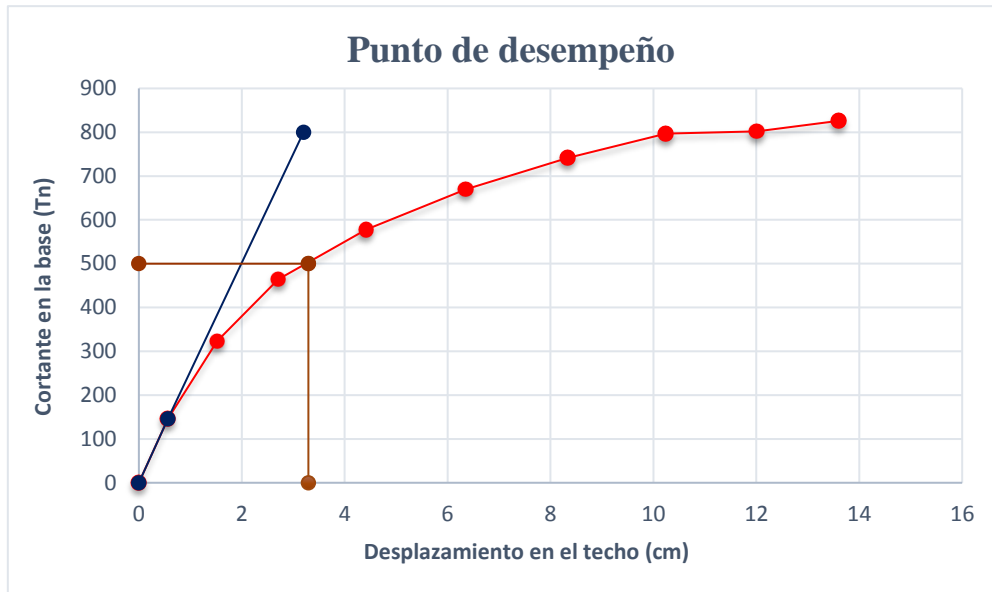


Figura 93. Comportamiento real del edificio para esbeltez y longitud del muro $H_w/l_w < 1.0$.

A continuación, en la siguiente Tabla 40, se muestra los resultados obtenidos

Tabla 40. Resumen de resultados obtenidos

Indicadores	Punto de desempeño (cm, Tn)		% de incremento de fuerza	Nivel de desempeño sismorresistente	Nivel de daño estructural	Nivel de daño en %
	Desplazamiento	Cortante				
Refuerzo de confinamiento	3.302	450.00	5.67%	Funcional	Leve	13.33%
Refuerzo de malla	3.742	475.50		Resguardo de vida	Moderado	
Esbeltez y longitud ($H_w/l_w < 1$)	3.294	500.00	1.68%	Funcional	Leve	0.24%
Esbeltez y longitud ($H_w/l_w > 2$)	3.302	508.40		Funcional	Moderado	

Elaboración: Fuente Propia.

3.3 Contrastación de Hipótesis

3.3.1 Hipótesis general

Se lleva a cabo la prueba de causa – efecto a través del Chi cuadrado entre Muros de ductilidad limitada y Desempeño.

a) Formulación de la hipótesis nula y alternativa

Hipótesis Nula (H_0)

$H_0: X \rightarrow Y = 0$: Los factores de detallamiento sísmico no afectan el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018.

Hipótesis Alternativa (H1)

H1: $X \rightarrow Y \neq 0$: Los factores de detallamiento sísmico afectan el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018.

b) **Nivel de confianza:** $Z = 95\% = 1.96$

c) **Margen de error:** Al 5% (0.05)

d) Regla de decisión

$p \geq \alpha$ = acepta H_0
 $p < \alpha$ = rechaza H_0

e) Prueba de hipótesis general

Tabla 41. *Análisis causa – efecto, chi cuadrado entre muros de ductilidad limitada y desempeño de muros con altura mayor a 8 pisos, 2018.*

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	20,000 ^a	3	,000
Razón de verosimilitud	22,493	3	,000
Asociación lineal por lineal	1,267	1	,260
N de casos válidos	20		

a. 8 casillas (100.0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 1.25.

Fuente: SPSS.

f) Decisión estadística

Según el resultado del coeficiente de causa – efecto de Chi cuadrado, P es menor que α (0.05), donde se evidencia que el nivel de significancia ($\text{sig} = 0.00$). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1). Y se llega a la conclusión que, los factores de detallamiento sísmico afectan el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018.

En consecuencia, se puede afirmar que tanto el detallamiento estructural como el desempeño de los muros de ductilidad limitada mayor a 8 niveles guardan relación. Debido a que, a mayor cuantía de refuerzo de confinamiento en los extremos de los muros, la estructura sufre menores daños estructurales después de eventos sísmicos. Sin embargo, al uniformizar el acero con mallas electrosoldadas sin elementos de refuerzo en los extremos, los muros tienden a sufrir mayores longitudes de grietas, esto se debe a que, el refuerzo de confinamiento ayuda a ser más dúctil y permite un mejor confinamiento entre el acero y el concreto de los muros. Es por ello que presenta un mejor desempeño sismorresistente. Por lo tanto, el comportamiento real de la estructura y los niveles de daño, va depender de como trabajen los muros y la distribución de aceros.

3.3.2 Hipótesis específicas

Hipótesis específica N°1

a) Formulación de la hipótesis nula y alternativa

Hipótesis Nula (H₀)

H₀: X → Y = 0: El factor ausencia de refuerzo de confinamiento no afecta el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018.

Hipótesis Alternativa (H₁)

H₁: X → Y ≠ 0: El factor ausencia de refuerzo de confinamiento afecta el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018.

b) Nivel de confianza: Z = 95% = 1.96

c) Margen de error: Al 5% (0.05)

d) Regla de decisión

$p \geq \alpha$	=	acepta H ₀
$p < \alpha$	=	rechaza H ₀

e) Prueba de hipótesis general

Tabla 42. *Análisis causa – efecto, chi cuadrado entre Refuerzo de confinamiento y desempeño de muros con altura mayor a 8 pisos, 2018.*

Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	20,000 ^a	3	,0026
Razón de verosimilitud	21,353	3	,0013
Asociación lineal por lineal	1,245	1	,240
N de casos válidos	20		

a. 8 casillas (100.0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 1.25.

Fuente: SPSS.

f) Decisión estadística

Según el resultado del coeficiente de causa – efecto de Chi cuadrado, P es menor que α : 0.05, donde se evidencia que el nivel de significancia ($\text{sig} = 0.026$). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1). Y se llega a la conclusión que, el factor ausencia de refuerzo de confinamiento afecta el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018.

Hipótesis específica N°2

a) Formulación de la hipótesis nula y alternativa

Hipótesis Nula (H_0)

H_0 : $X \rightarrow Y = 0$: El factor refuerzo de malla no afecta el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018.

Hipótesis Alternativa (H_1)

H_1 : $X \rightarrow Y \neq 0$: El factor refuerzo de malla afecta el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018.

b) **Nivel de confianza:** $Z = 95\% = 1.96$

c) **Margen de error:** Al 5% (0.05)

d) Regla de decisión

$$\begin{aligned} p \geq \alpha &= \text{acepta } H_0 \\ p < \alpha &= \text{rechaza } H_0 \end{aligned}$$

e) Prueba de hipótesis general

Tabla 43. *Análisis causa – efecto, chi cuadrado entre Refuerzo de Malla y desempeño de muros con altura mayor a 8 pisos, 2018.*

Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	20,000 ^a	3	,0032
Razón de verosimilitud	19,456	3	,0019
Asociación lineal por lineal	1,265	1	,260
N de casos válidos	20		

a. 8 casillas (100.0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 1.25.

Fuente: SPSS.

f) Decisión estadística

Según el resultado del coeficiente de causa – efecto de Chi cuadrado, P es menor que α : 0.05, donde se evidencia que el nivel de significancia ($\text{sig} = 0.032$). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1). Y se llega a la conclusión que, el factor refuerzo de malla afecta el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018.

Hipótesis específica N°3

a) Formulación de la hipótesis nula y alternativa

Hipótesis Nula (H_0)

$H_0: X \rightarrow Y = 0$: La esbeltez y longitud del muro no afecta el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018.

Hipótesis Alternativa (H_1)

$H_1: X \rightarrow Y \neq 0$: La esbeltez y longitud del muro afecta el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018.

b) **Nivel de confianza:** $Z = 95\% = 1.96$

c) **Margen de error:** Al 5% (0.05)

d) **Regla de decisión**

$p \geq \alpha$ = acepta H_0

$p < \alpha$ = rechaza H_0

e) **Prueba de hipótesis general**

Tabla 44. *Análisis causa – efecto, chi cuadrado entre Esbeltez y longitud de muros y desempeño de muros con altura mayor a 8 pisos, 2018.*

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	20,000 ^a	3	,0038
Razón de verosimilitud	22,392	3	,0014
Asociación lineal por lineal	1,245	1	,245
N de casos válidos	20		

a. 8 casillas (100.0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 1.25.

Fuente: SPSS.

f) **Decisión estadística**

Según el resultado del coeficiente de causa – efecto de Chi cuadrado, P es menor que α : 0.05, donde se evidencia que el nivel de significancia (sig = 0.032). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1). Y se llega a la conclusión que, la esbeltez y longitud del muro afecta el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018.

IV. DISCUSIÓN

4.1 Discusión del objetivo general

Según Peña, C. (2006), en su estudio de investigación. *Edificios peruanos con muros de concreto de ductilidad limitada*, llego a la conclusión que, gran parte de los edificios que se construyen hoy en Lima entre 5 y 7 pisos, por lo general tienden a fallar, generando rajaduras en los muros por más que tengan una buena resistencia a cargas laterales. Sin embargo, ante un posible evento sísmico cercano, ambos edificios, tanto para el de 5 pisos como el de 7 pisos sufrirían un daño moderado, siendo el de 7 pisos con un 15% de mayor daño con respecto a los sismos frecuentes, debido a que no es factible este sistema a mayores alturas, ya que no trabajan bien a carga axial.

Estos resultados del trabajo de investigación, son similares con respecto al antecedente mencionado. Puesto que, con el uso de refuerzo de confinamiento con acero convencional en los extremos de los muros de ductilidad limitada, el inmueble multifamiliar de 9 pisos sufrirá daños leves, con un 13.33% de menor daño en comparación con los edificios de 7 pisos con el uso de mallas electrosoldadas. Esta variación de 1.67%, se debe a que se trabajó con sismos de diseño de mayor grado de intensidad y poco frecuenciales. No obstante, para el caso de la esbeltez de los muros, los niveles de daño son similares. Sin embargo, los muros largos presentan un 0.24% de mayor de daño estructural en comparación con los muros cortos.

4.2 Discusión de los objetivos específicos

4.2.1 Refuerzo de confinamiento

Según Quintana, J. (2013), en su trabajo de investigación. *Estudio del comportamiento sismorresistente de muros de ductilidad limitada de ocho centímetros de espesor*, llego a la conclusión que, el nivel de fisuración de los muros depende de la cuantía de reforzamiento y espaciamiento de las varillas de las mallas electrosoldadas, así como el anclaje de la cimentación, de donde a mayor cuantía, mayor es el dominio de la falla por flexocompresión y por ende mayor el número de fisuras. Por lo tanto, se debe cumplir los parámetros de la norma E.060, teniendo en cuenta que la longitud de los muros debe ser mayor a 1.20 metros y la altura de 2.40 metros en el caso de edificaciones multifamiliares, con la finalidad de tener un mejor comportamiento estructural del edificio.

Estos resultados del trabajo de investigación son similares con respecto al antecedente mencionado. Ya que, ante la ausencia de elementos de refuerzo de confinamiento con acero convencional en los extremos de los muros de ductilidad limitada, el edificio multifamiliar de 9 pisos, sufre un 13.33% de mayor presencia de agrietamientos después de eventos sísmicos. Lo cual hace que el inmueble multifamiliar tenga un comportamiento mínimo aceptable, puesto que, a mayor número de pisos, se obtiene niveles de desempeño próximos al colapso. Sin embargo, con el uso de elementos de confinamientos, presenta un comportamiento aceptable y menor es el dominio de falla por flexocompresión.

4.2.2 Refuerzo de malla

Según Rodríguez, M. (2011), en su estudio de investigación. *Comportamiento a fuerza cortante de muros de concreto de ductilidad limitada con 8 cm de espesor*, llegó a la conclusión que, tanto los muros de 8 cm como el de 10 cm de espesor, tienen una respuesta estructural similar a fuerza cortante producto de la aplicación de cargas laterales. Es por ello que, el tipo de falla sobresaliente alcanzada en los especímenes ensayados, fue por falla frágil, debido a que las mallas electrosoldadas usadas para el análisis disminuyen los efectos de cargas verticales y proporcionan una buena respuesta ante sollicitaciones de corte y fricción. Asimismo, reduce la longitud de la zona fisurada a tracción y flexión.

Estos resultados del trabajo de investigación difieren un poco con respecto al antecedente mencionado. Puesto que, con el uso de refuerzo de malla electrosoldada, el inmueble multifamiliar de 9 pisos, sufre un incremento de 5.66% de la fuerza cortante antes de alcanzar su colapso, en comparación con los edificios de 5 pisos. Este incremento se debe que, a mayor número de pisos, las mallas electrosoldadas pierden su ductilidad y su grado de fluencia, ocasionando que la estructura pierda rigidez en los muros de ductilidad limitada. Por ende, existe la presencia de longitudes mayores de agrietamientos.

4.2.3 Esbeltez y longitud del muro

Según Quintana, J. (2013), en su trabajo de investigación. *Estudio del comportamiento sismorresistente de muros de ductilidad limitada de ocho centímetros de espesor*, llego a la conclusión que, para este sistema estructural de muros dúctiles, se debe cumplir los parámetros de la norma E.060, teniendo en cuenta que la longitud de los muros debe ser mayor a 1.20 metros y la altura de 2.40 metros en el caso de edificaciones multifamiliares, para tener un mejor comportamiento estructural. Por lo tanto, el grado de fisuración del muro dependerá del tipo de esbeltez del edificio.

Estos resultados del trabajo de investigación difieren un poco, con respecto al antecedente mencionado. Dado que, los muros de 4.20 metros de longitud con relación $\frac{hw}{lw} > 2$, presentan mayores desplazamientos con respecto a los muros de 1.30 metros de longitud con relación $\frac{hw}{lw} < 1$. Esto se debe, al incremento de 1.68% de la fuerza cortante del edificio multifamiliar de 9 pisos. Es por ello que, el nivel de fisuración aumenta en un 0.24% de mayor de daño. Puesto que, a mayor número de pisos la proporción de sus dimensiones no tienen un comportamiento optimo en comparación con los edificios de 5 pisos.

v. CONCLUSIONES

- ❖ De acuerdo a la evaluación por desempeño realizado, se determinó que, el nivel de daño estructural que sufre el inmueble multifamiliar de 9 pisos, con el uso de refuerzo de confinamiento con acero convencional en los extremos de los muros de ductilidad limitada, es menor al 13.33% con respecto al uso de las mallas electrosoldadas. Puesto que, le da mayor ductilidad a los muros. Por ende, se obtiene niveles de desempeño mínimos aceptables tanto para los muros con $\frac{hw}{lw} > 2$ como para los muros con $\frac{hw}{lw} < 1$. Debido a que, los factores de detallamiento sísmico afectan el desempeño de los muros.

- ❖ Luego de haber realizado la evaluación del análisis no lineal por desempeño, con la incorporación de elementos de refuerzo de confinamiento con acero convencional en los extremos de los muros. Se evaluó que el edificio de 9 pisos, presenta un mejor comportamiento sismorresistente, con un 13.33% de menor daño con respecto al uso de mallas electrosoldadas, debido a que el refuerzo de confinamiento es más dúctil y ayuda a disminuir los esfuerzos en los bordes de los muros. Finalmente, se determinó que el factor ausencia de refuerzo de confinamiento si afecta negativamente el desempeño de los muros de ductilidad limitada, como se muestra en las Figuras 86 y 90.

- ❖ Luego de haber realizado la evaluación del análisis sísmico no lineal, con el uso de las mallas electrosoldadas Q503 de 8 mm. Se evaluó que, el inmueble multifamiliar de 9 pisos, sufre un incremento de 44 mm de desplazamiento, debido al aumento de la fuerza sísmica en un 5.66%. Es por ello que, se obtiene un comportamiento mínimo aceptable producto de la pérdida de resistencia y rigidez de la estructura. Finalmente, se determinó que el refuerzo de malla si afecta negativamente el desempeño de los muros de ductilidad limitada, como se muestra en las Figuras 87 y 91.

- ❖ Luego de haber ejecutado la evaluación del análisis no lineal por desempeño, Se evaluó que, los muros del inmueble de 9 pisos de 4.20 metros de longitud con relación $\frac{hw}{lw} > 2$, sufren un incremento de 0.24% de mayor daño con respecto a los muros de 1.30 metros de longitud con relación $\frac{hw}{lw} < 1$. Puesto que, a mayor longitud se genera mayores desplazamientos y se tiene un mejor comportamiento a tracción y flexión. Finalmente se determinó que la esbeltez y longitud del muro si afecta el desempeño de los muros con relación $\frac{hw}{lw} > 2$, como se muestra en las Figuras 88 y 92.

Luego de haber ejecutado la evaluación del análisis no lineal por desempeño, Se evaluó que, los muros del inmueble de 9 pisos de 1.30 metros de longitud con relación $\frac{hw}{lw} < 1$, presentan un mejor comportamiento por corte. Puesto que, a menor longitud menores son los desplazamientos en los muros, a pesar de existir un incremento de 1.68% de la fuerza sísmica. Por lo tanto, se determinó que la esbeltez y longitud del muro si afecta el desempeño de los muros con relación $\frac{hw}{lw} < 1$, como se muestra en las Figuras 89 y 93.

VI. RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda usar elementos de refuerzo de confinamiento en los extremos de los muros de ductilidad limitada, que tengan una resistencia a la fluencia (f_y) de 4200 kg/cm², para edificaciones multifamiliares de 9 pisos. Puesto que ayuda a disminuir el daño estructural del edificio en un 13.33% y obtener niveles de desempeño sismorresistentes aceptables, ocasionando que la estructura no se acerque al pre colapso.

- ❖ Se recomienda utilizar el refuerzo de mallas electrosoldadas como refuerzo horizontal y vertical en los muros de ductilidad limitada, solo para edificaciones que presenten hasta 8 niveles, tal como limita la norma. Debido que, a mayor número de pisos pierden su grado de fluencia y su ductilidad es pequeña, el cual existe la posibilidad de rotura del refuerzo. Por lo tanto, forjaría que la estructura presente mayor concentración de esfuerzos en los bordes de los muros producto de la fuerza sísmica y sufran grietas de mayor longitud.

- ❖ Se recomienda hacer uso de espesores variables en los muros y que estos se encuentren bien proporcionados tanto su altura como longitud. Puesto que, genera que la estructura presente rajaduras leves y un desempeño funcional en las edificaciones multifamiliares de 9 pisos con muros de ductilidad limitada que presenten una relación $\frac{hw}{lw} < 1$ y $\frac{hw}{lw} > 2$. Ya que, si se uniformiza el espesor aumenta el riesgo de fallar por tracción, flexión y corte a mayores pisos.

- ❖ Se recomienda implementar nuevas metodologías de diseño para edificaciones de muros de ductilidad limitada, de tal manera que sea factible construir a mayores niveles y presenten un buen comportamiento estructural ante eventos sísmicos. De tal forma que no genere que la estructura mayores desplazamientos y se acerque al colapso producto de la fuerza sísmica.

VII. REFERENCIAS

- ❖ ACI COMMITTEE, AMERICAN CONCRETE INSTITUTE y INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Building code requirements for structural concrete (ACI 318-08) and commentary. EE. UU: 2008. Pp. 367-368.
- ❖ ALMEIDA, Francisco. Análisis experimental de muros delgados de hormigón armado para viviendas de baja altura. Tesis (Título Magister en Ciencias de la Ingeniería). Santiago: Universidad Pontificia católica de Chile, 2015.
 Disponible en: <https://repositorio.uc.cl/bitstream/handle/11534/15718/667685.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ❖ ATC-40, Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings. Applied Technology Council. Redwood City: 1996. Pp. 68-69.
- ❖ CUEVA, Ronald. Diseño por desempeño de edificaciones en hormigón armado con muros de corte mediante los códigos FEMA. Tesis (Título profesional de Ingeniería Civil). Ecuador: Universidad Politécnica del Ejercito, 2013.
 Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6175>
- ❖ CHASI, Lucas. Análisis comparativo de un sistema aporticado y un sistema de muros de ductilidad limitada y su incidencia en el costo beneficio. Tesis (Título profesional de Ingeniería Civil). Ambato: Universidad Politécnica de Ambato, 2016.
 Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/23560>
- ❖ CHILLAGANA, Jairo. Sistemas constructivos de muros de ductilidad limitada aplicados en viviendas de Quito bajo el reglamento del ACI 318S-08 y la Norma Ecuatoriana de la construcción. Tesis (Título profesional de Ingeniería Civil). Quito: Universidad Central de Ecuador, 2013.
 Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2206>
- ❖ GALVEZ, Adolfo. Viviendas de concreto con mallas electrosoldadas [en línea]. 2010.
 Disponible en:
http://www.aciperu.org/eventos/IX_Conv_Nov/15_Adolfo_Galvez_Viviendas_economicas_de_concreto_con_mallas_electrosoldadas.pdf
- ❖ HERNÁNDEZ, Roberto; FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la investigación. 5°. Ed. México: McGraw-Hill, 2010. 4 pp.
 ISBN:9786071502919

- ❖ IBRAHIM, Ahmed y ADEBAR, Perry. Effective flexural stiffness for linear seismic analysis of concrete walls. *Canadian Journal of Civil Engineering*. Vol.31, 2004. Pp. 597-607.
- ❖ NEUENHOFER, A. Lateral stiffness of shear walls with openings. *Journal of Structural Engineering*. Vol. 132, 2006. Pp. 1846-1851.
- ❖ ORAKCAL, Kutay y WALLACE, John. Nonlinear modeling and analysis of slender reinforced concrete walls. *ACI Structural Journal*. Vol. 101, 2004. Pp. 688-698
- ❖ PAREDES, Miguel. Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda aplicando el análisis estático no lineal pushover. Tesis (Título profesional de Ingeniería Civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2016.
 Disponible en:
https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/620673/paredes_ma.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- ❖ PASTOR, Adolfo. Desempeño sísmico de un edificio aporricado peruano de seis pisos. 2007. Tesis Doctoral. Tesis (Título profesional de Ingeniería Civil). Lima: Universidad Pontificia Católica del Perú.
 Disponible en:
http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/974/BORDA_MENZA_LUIS_EDIFICIO_APORTICADO_SEIS_PISOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- ❖ PAULAY, Thomas y PRIESTLEY, Nigel. Stability of ductile structural walls. *Structural Journal*. Vol. 90, 1993. Pp. 385-392.
- ❖ PEÑA, Catalina. Edificios peruanos con muros de concreto de ductilidad limitada. Tesis (Título profesional de Ingeniería Civil). Lima: Universidad Pontificia Católica del Perú, 2006.
 Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/169>
- ❖ PEREZ, José. Diseño sismo resistente por desempeño y sus efectos en el comportamiento estructural. Tesis (Título profesional de Ingeniería Civil). Ambato: Universidad Politécnica de Ambato, 2013.
 Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/6524>

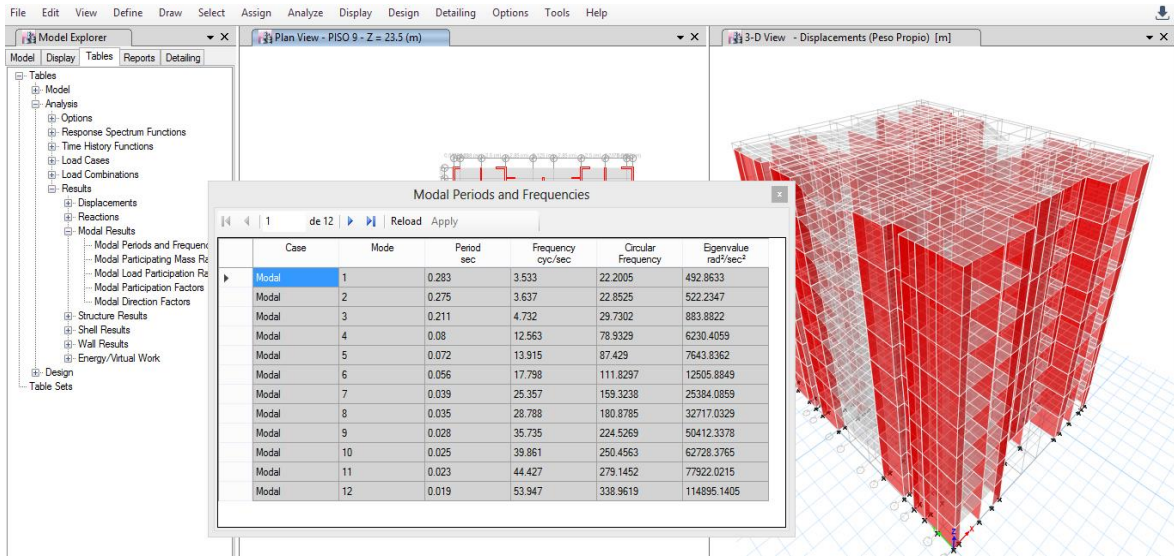
- ❖ QUINTANA, Jimy. Estudio del comportamiento sismorresistente de muros de ductilidad limitada de ocho centímetros de espesor. Tesis (Título profesional de Ingeniería Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2013.
Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3844>
- ❖ QUIROZ, Cesar. Comparación del comportamiento estructural de una vivienda multifamiliar proyectada mediante los sistemas de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada en la ciudad de Cajamarca. Tesis (Título profesional de Ingeniería Civil). Lima: Universidad Privada del Norte, 2016.
Disponible en: <http://hdl.handle.net/11537/10254>
- ❖ QUIROZ, Orlando. Evaluación de los sistemas de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada con plateas de cimentación. Tesis (Título profesional de Ingeniería Civil). Juliaca: Universidad Néstor Cáceres Velásquez, 2016.
Disponible en: <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/713>
- ❖ REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. Concreto armado E.060. 2014. Pp.167.
- ❖ RIVA, Paolo y FRANCHI, Alberto. Behavior of reinforced concrete walls with welded wire mesh subjected to cyclic loading. *Structural Journal*, Vol. 98. 2001. Pp. 324-334.
- ❖ ROCA, Dandy. Resistencia Probable A Flexocompresión De Muros Estructurales De Concreto Armado. Tesis (Título profesional de Ingeniería Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2015.
Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2553>
- ❖ RODRIGUEZ, Mario; BOTERO, Juan y VILLA, Jaime. Cyclic stress-strain behavior of reinforcing steel including effect of buckling. *Journal of Structural Engineering*. Vol. 125, 1999. Pp. 605-612.
- ❖ RODRÍGUEZ, Miguel. Comportamiento a fuerza cortante de muros de concreto de ductilidad limitada con 8 cm de espesor. Tesis (Título profesional de Ingeniería Civil). Lima: Universidad Pontificia Católica del Perú, 2011.
Disponible en: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/783/RODRIGUEZ_NU%20C3%91EZ_MIGUEL_COMPORTEAMIENTO_FUERZA_CORTANTE.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- ❖ SÁNCHEZ, Marco. Diseño sísmico basado en desempeño para una edificación esencial de concreto reforzado. Tesis (Maestro en Ciencias en Ingeniería y Administración en la Construcción. Monterrey: Instituto Tecnológico Y De Estudios Superiores De Monterrey, 2010.
Disponible en:
https://repositorio.itesm.mx/bitstream/handle/11285/570630/DocsTec_11586.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- ❖ VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica. 1°. Ed. Lima: Universidad Nacional de San Marcos, 2007. 1-195 pp.
ISBN:9789972380419
- ❖ ZHANG, Yunfeng y WANG, Zhihao. Seismic behavior of reinforced concrete shear walls subjected to high axial loading. Structural Journal, Vol. 97. 2000. Pp. 739-75

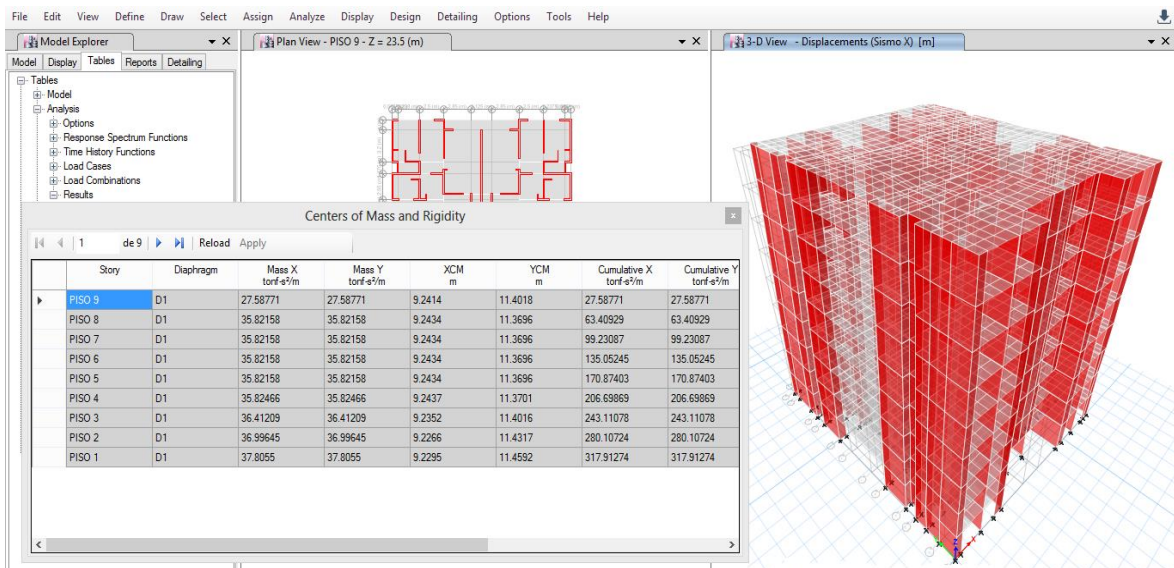
ANEXOS

Anexo N°01 – Análisis lineal estático

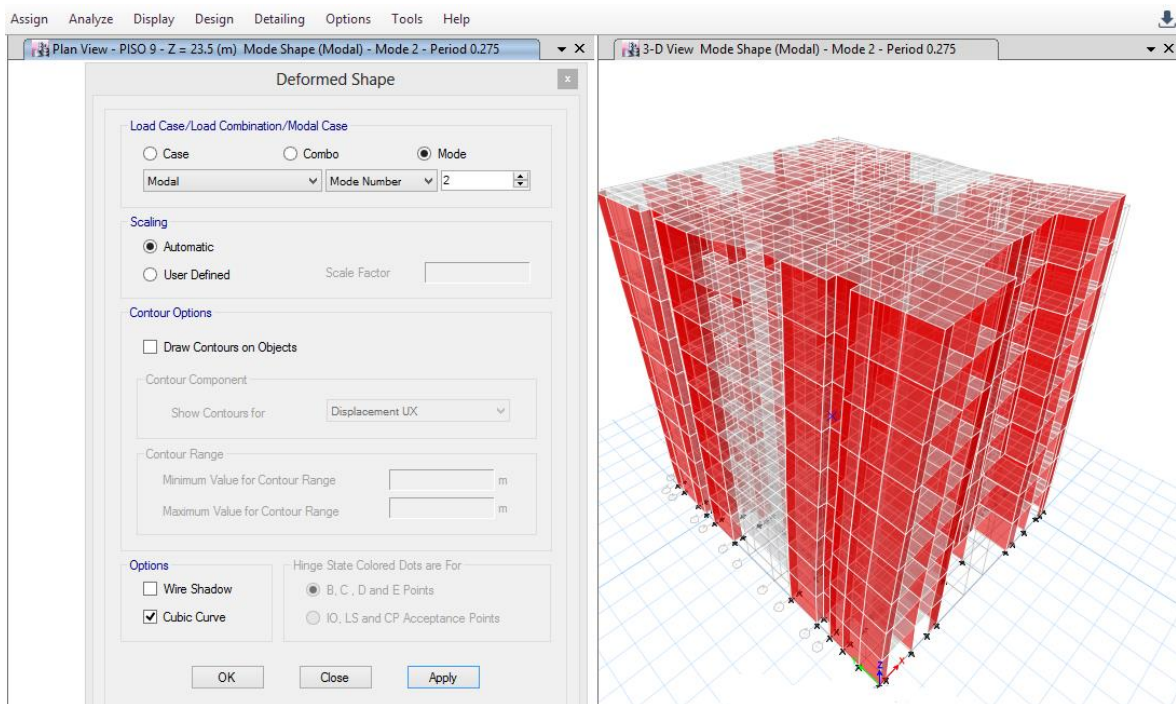
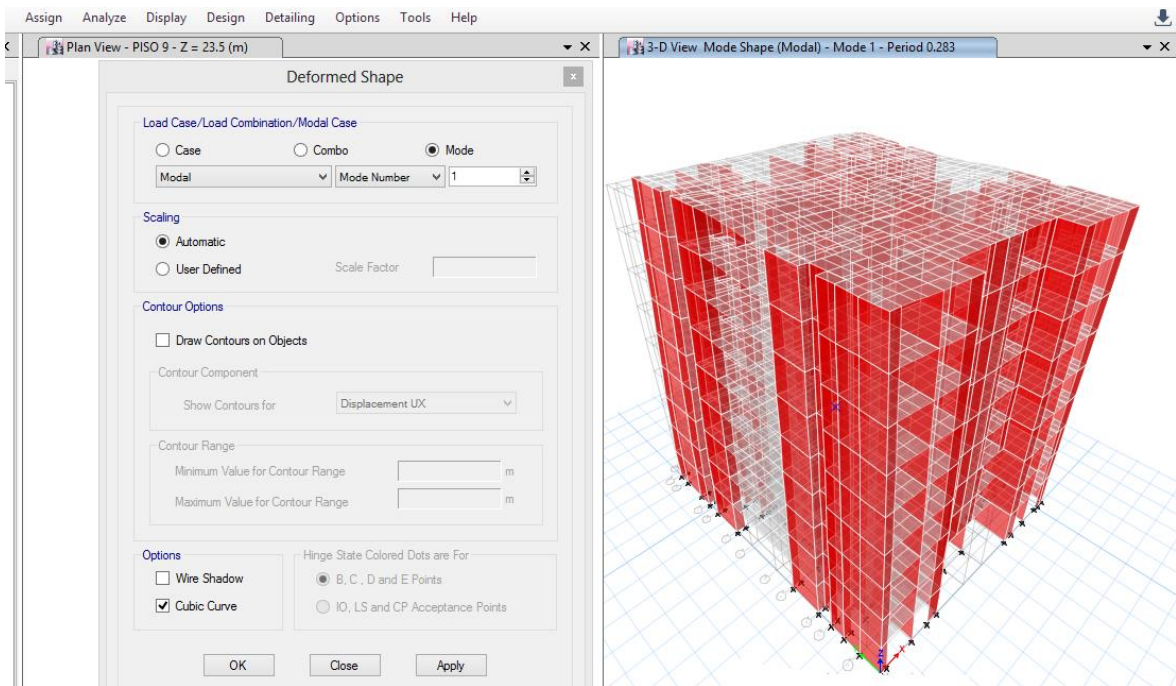
a) Periodos modales de vibración del edificio multifamiliar

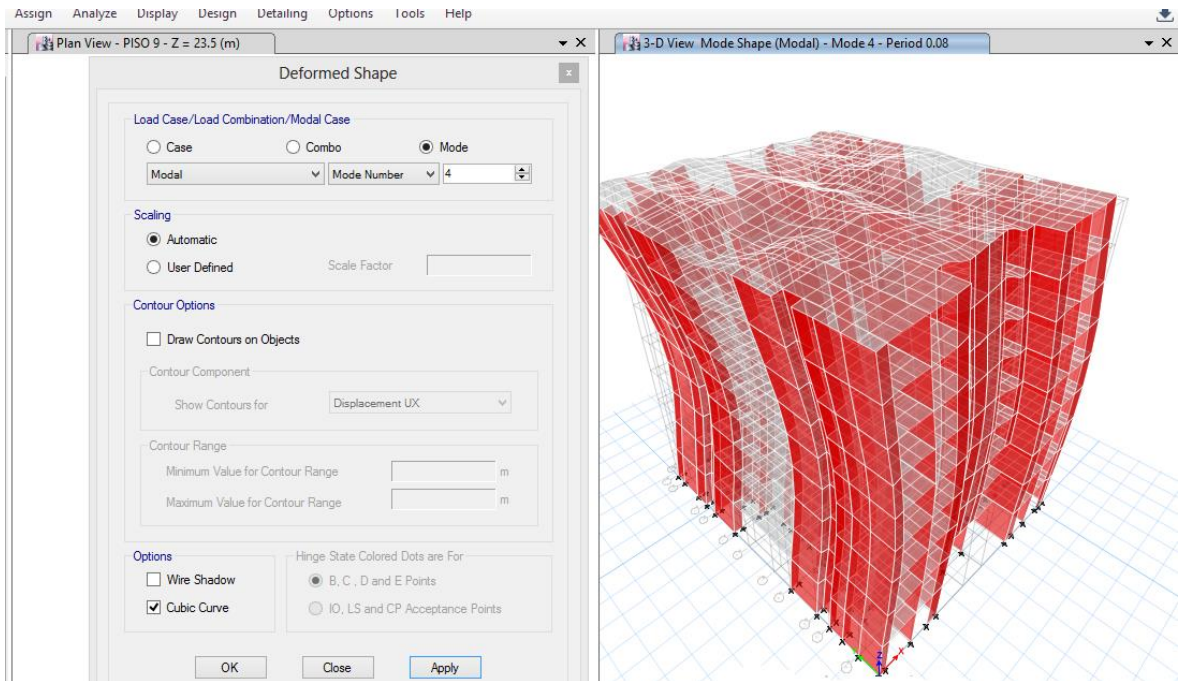
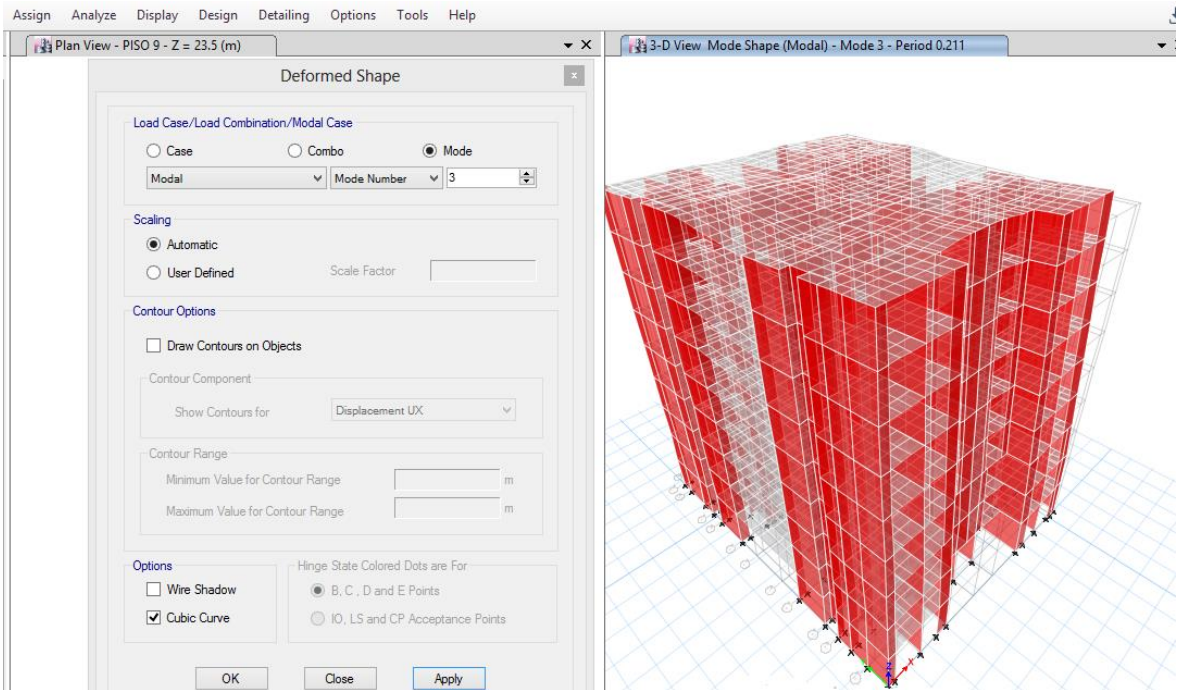


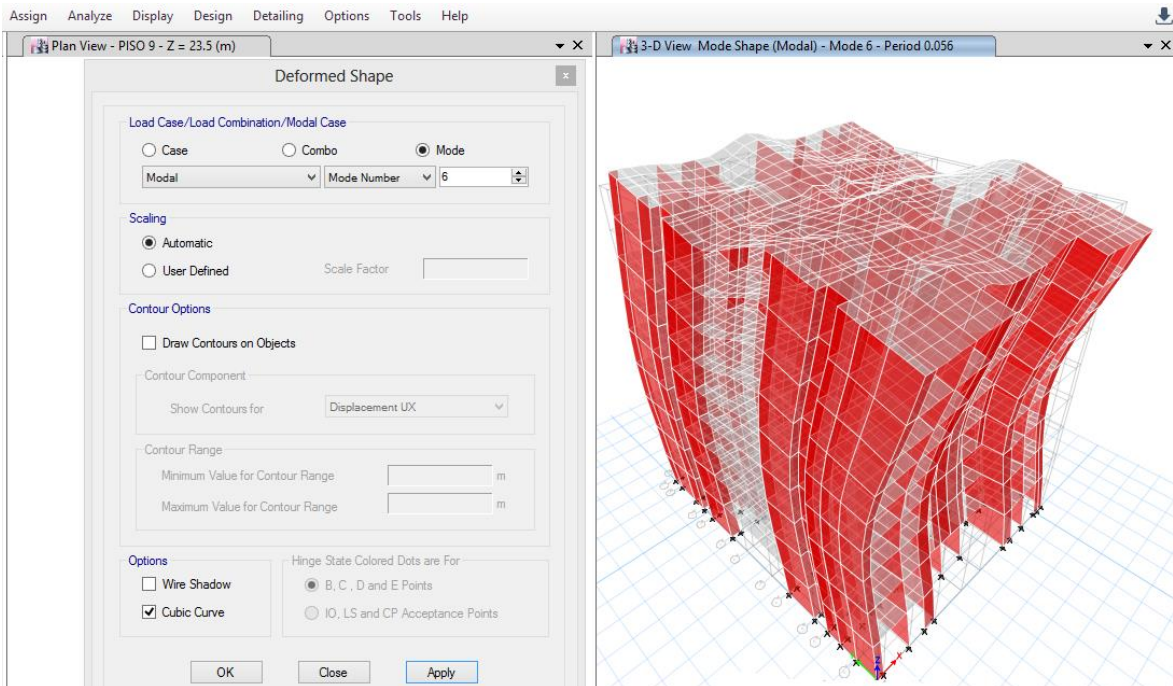
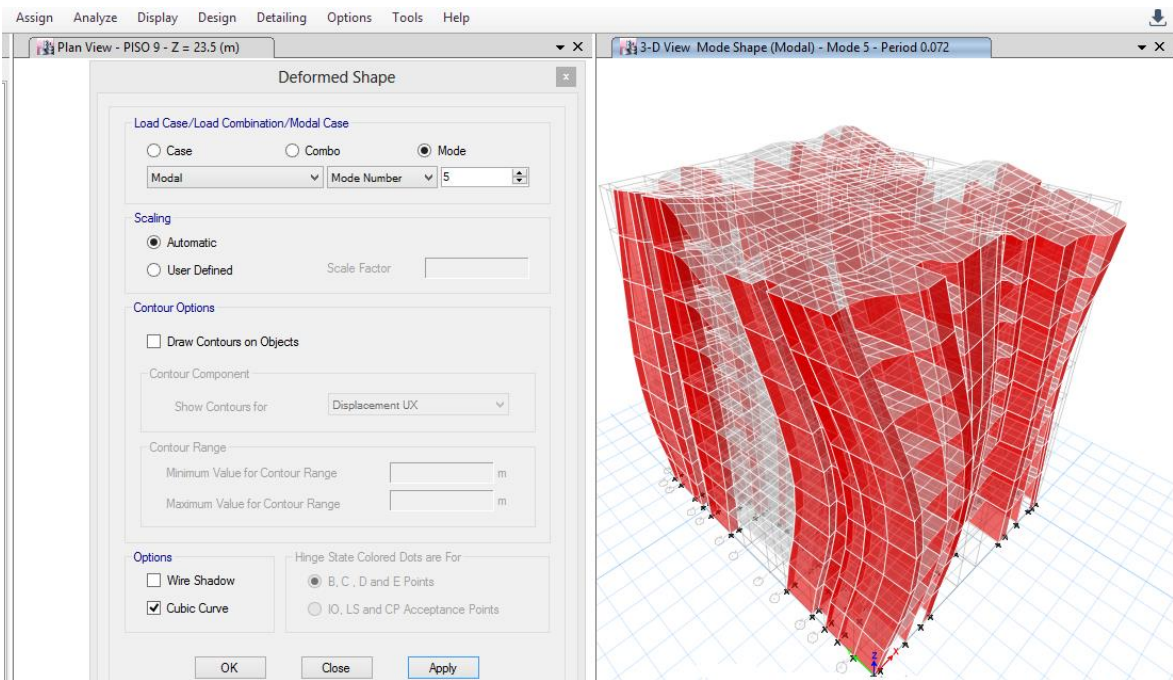
b) Distribución de masas por piso del edificio multifamiliar “Real alameda colonial”



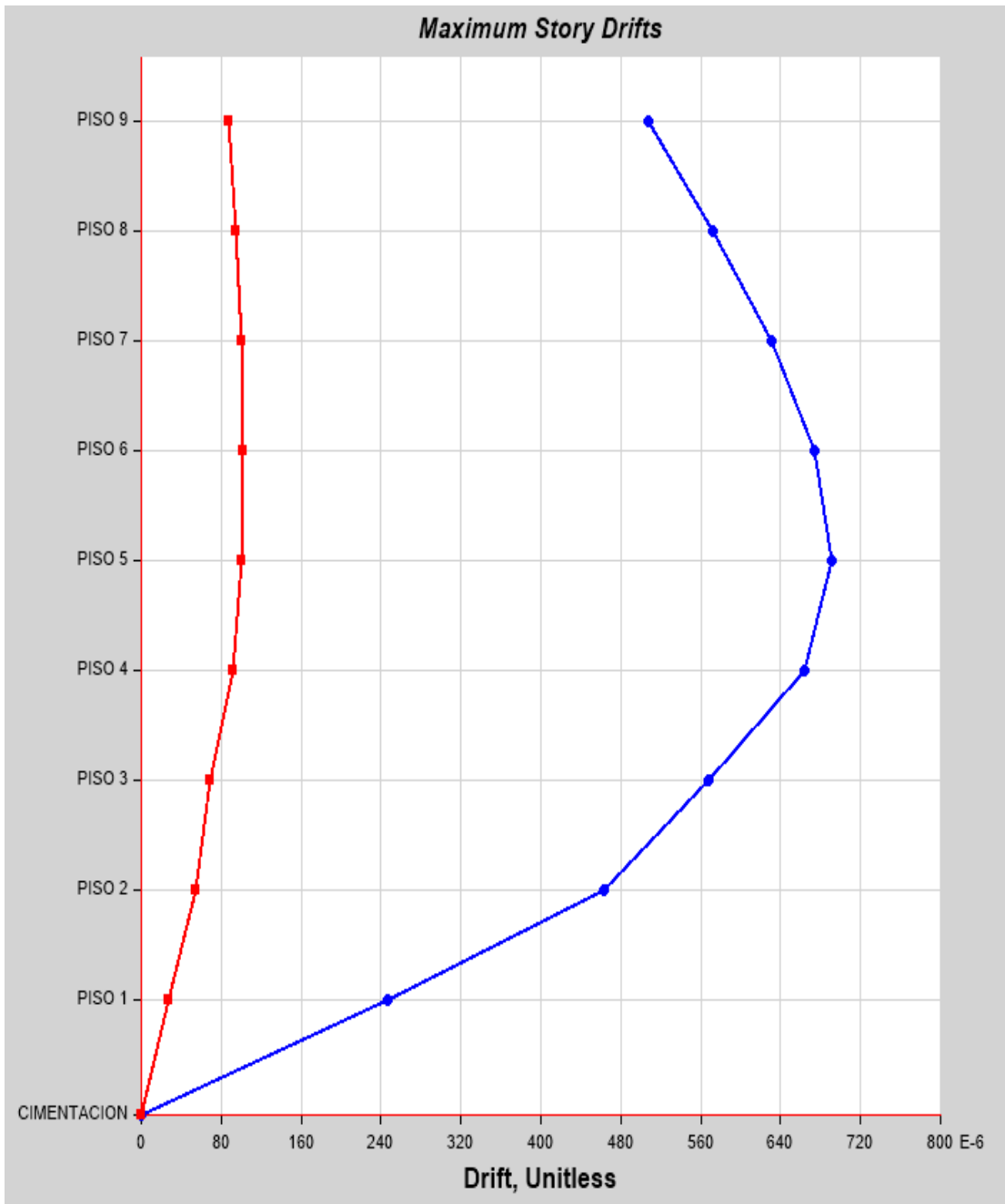
c) Movimientos sísmicos según los periodos de vibración



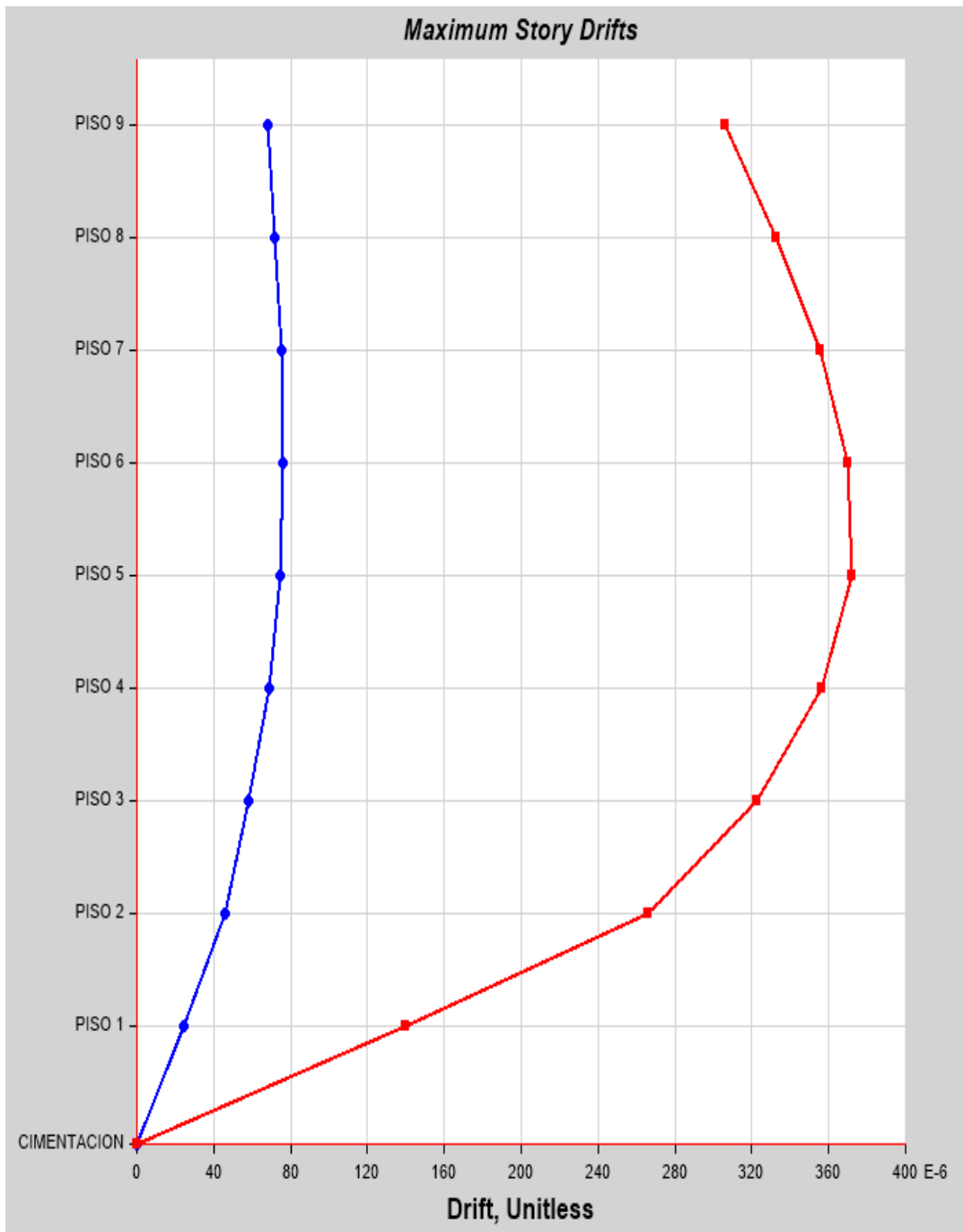




d) Derivas máximas estáticas ante la aplicación de sismos en la dirección “X”

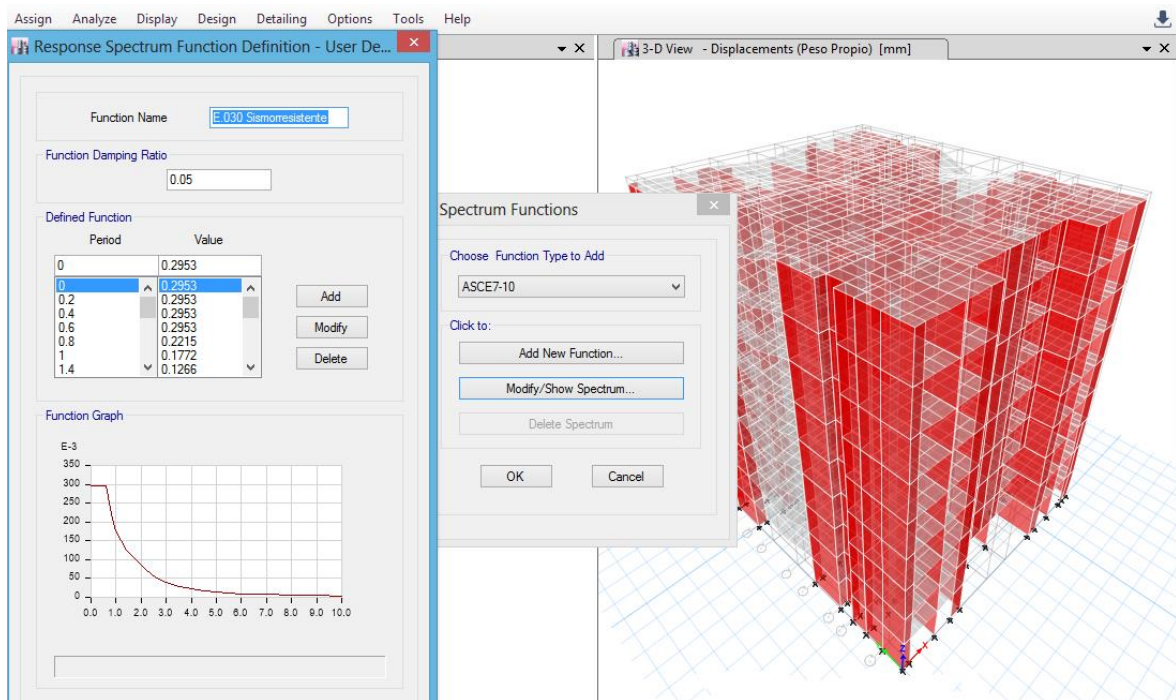


e) Derivas máximas estáticas ante la aplicación de sismos en la dirección “Y”

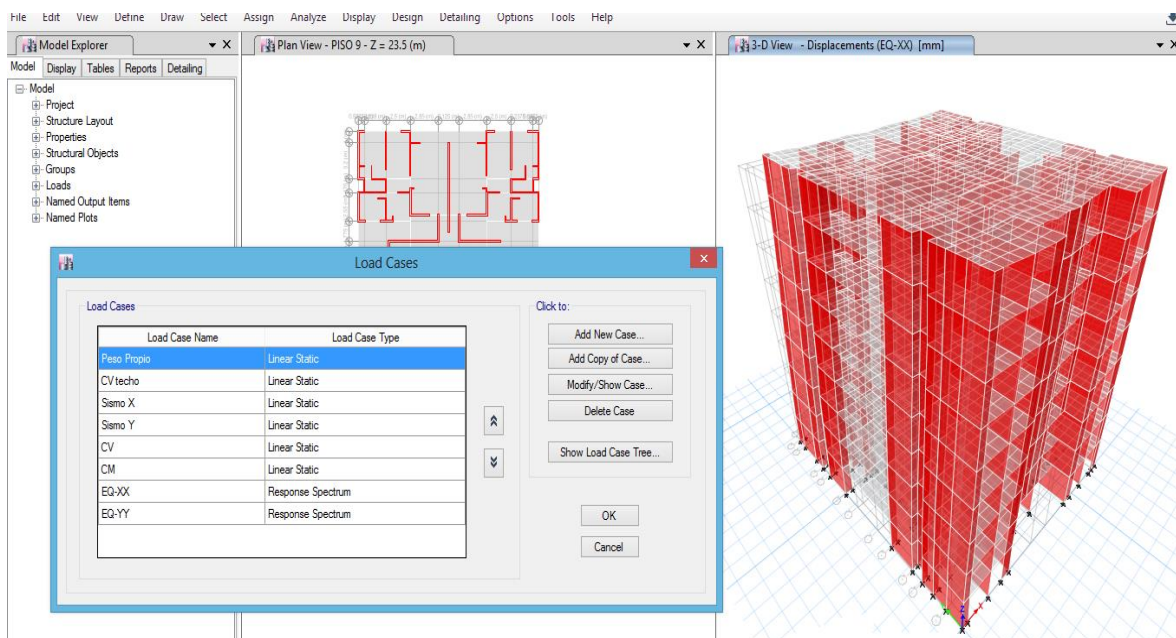


Anexo N°02 – Análisis lineal dinámico

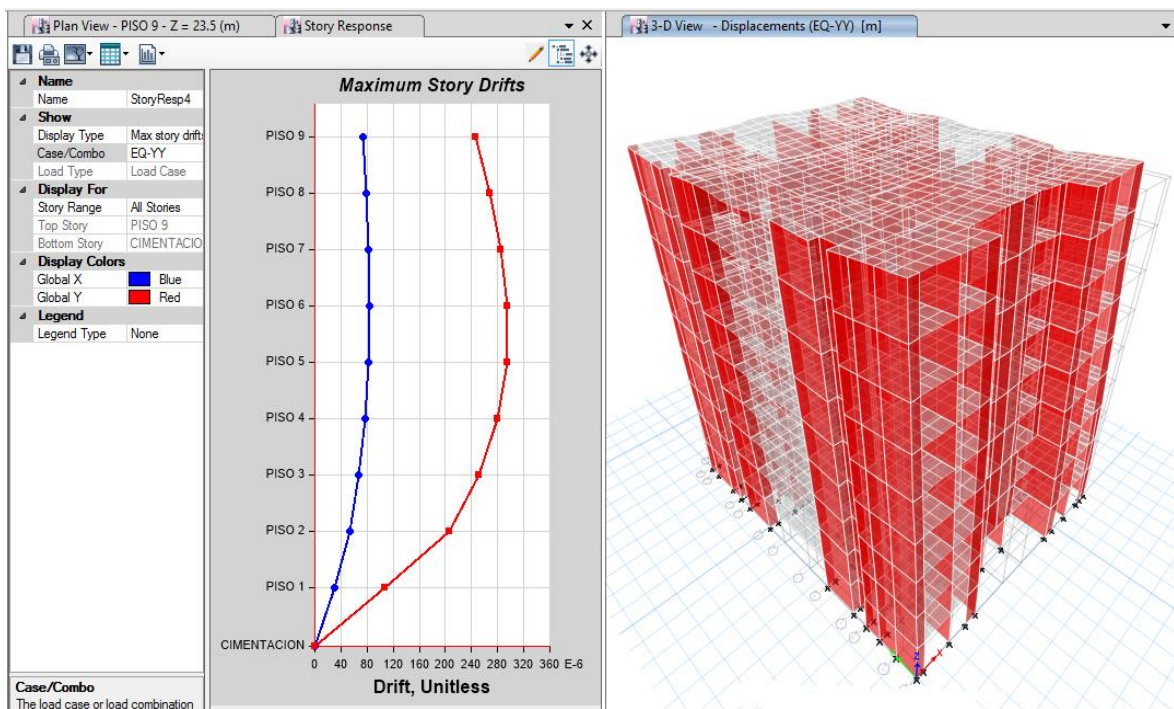
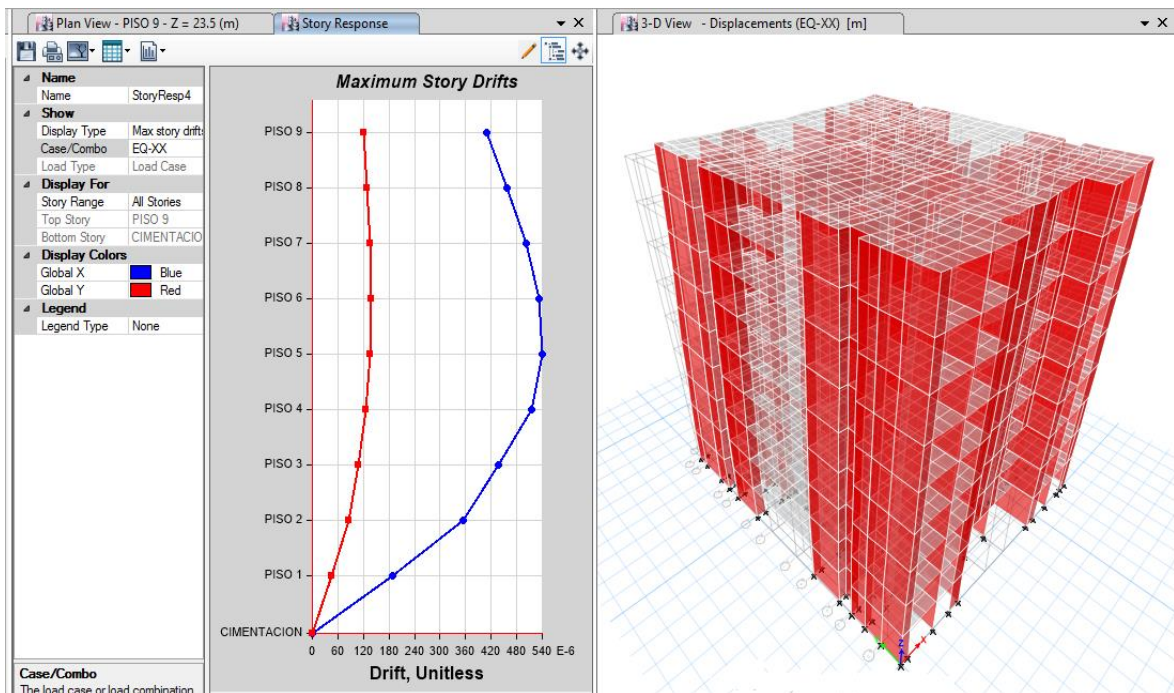
a) Incorporación del espectro de diseño de aceleraciones según la norma E.030



b) Creación de las cargas dinámicas en la dirección x,y bajo aceleraciones espectrales

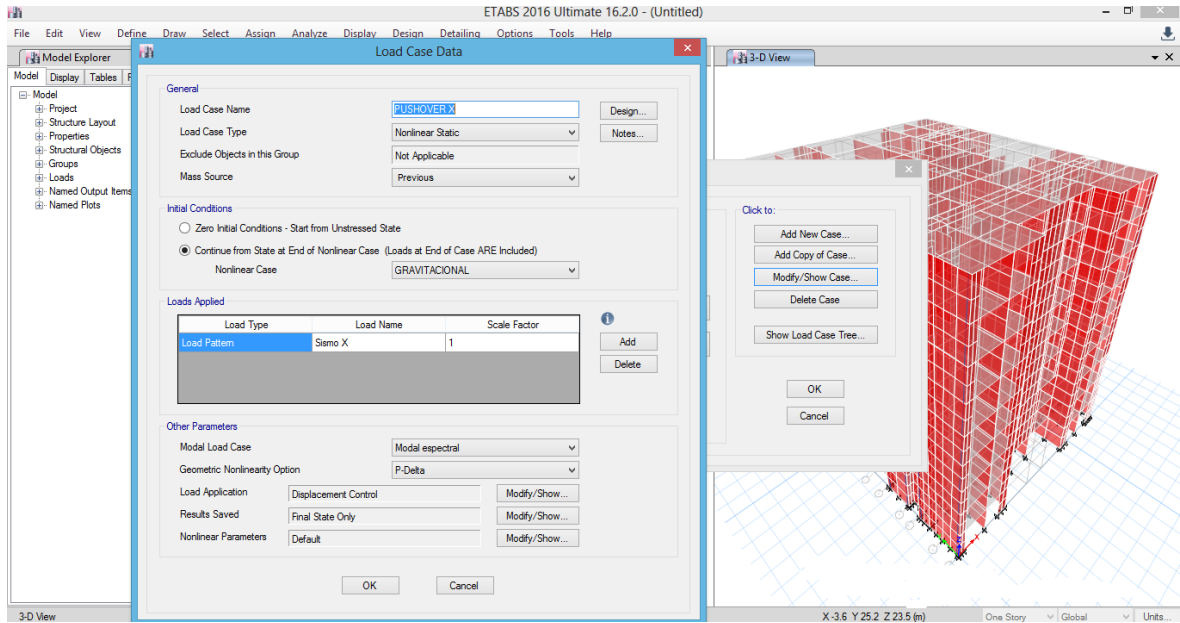


c) Derivas de entrepiso según los sismos EQ-XX y EQ-YY

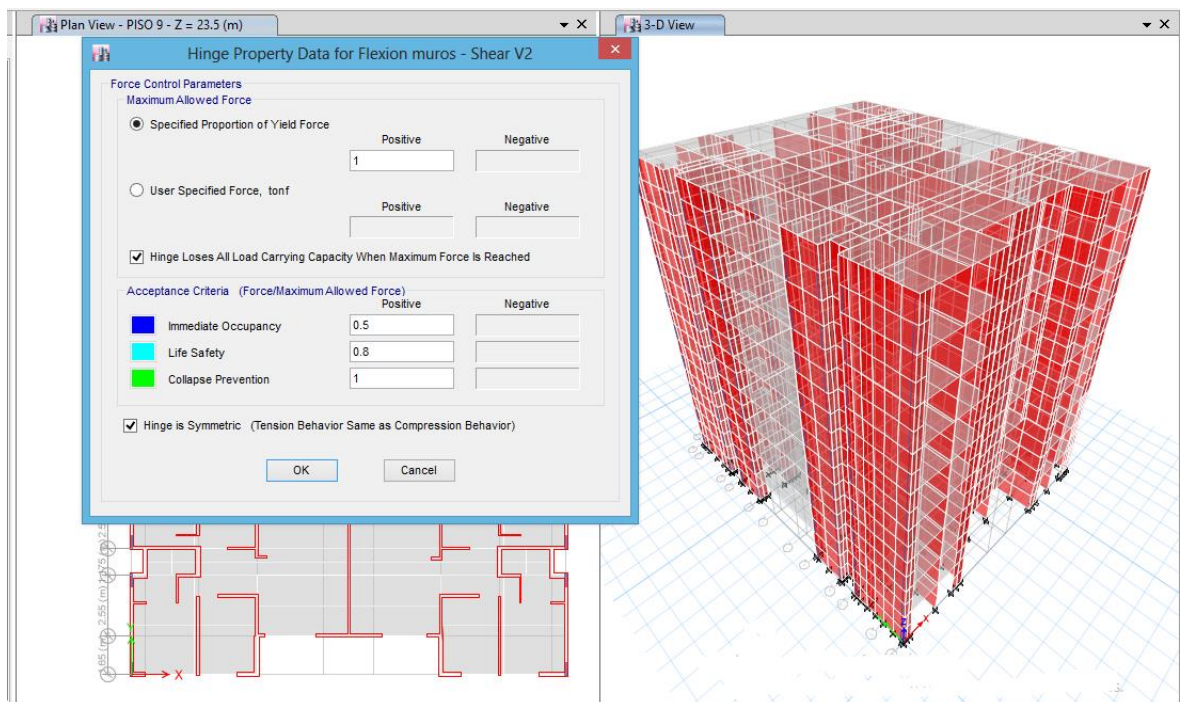


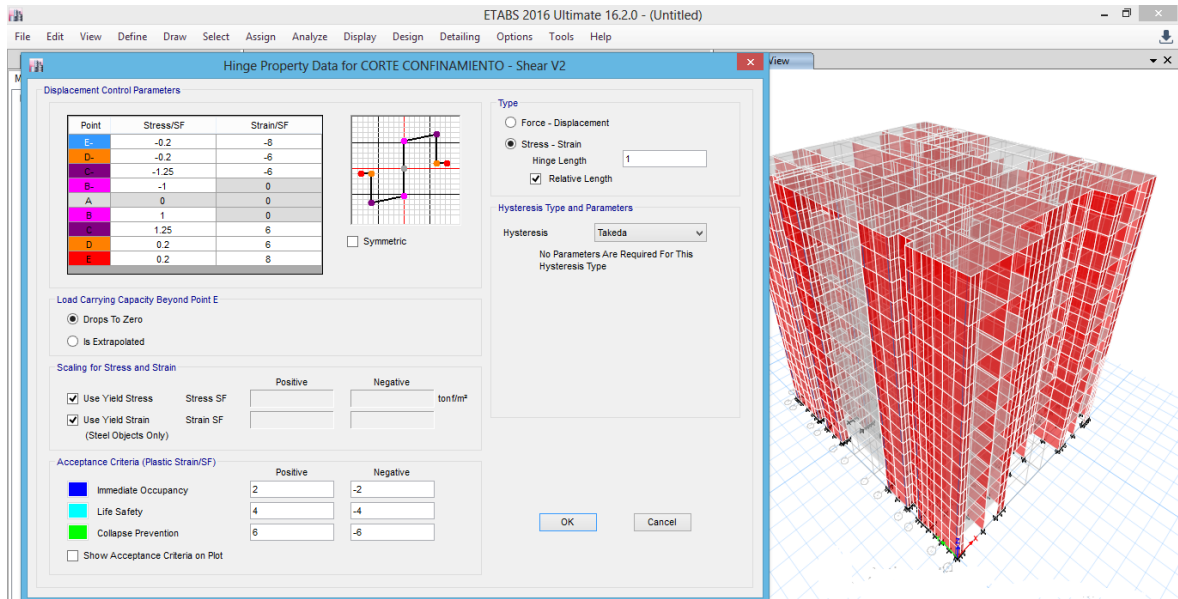
Anexo N°03 – Análisis no lineal estático

a) Definición de los casos de carga no lineales

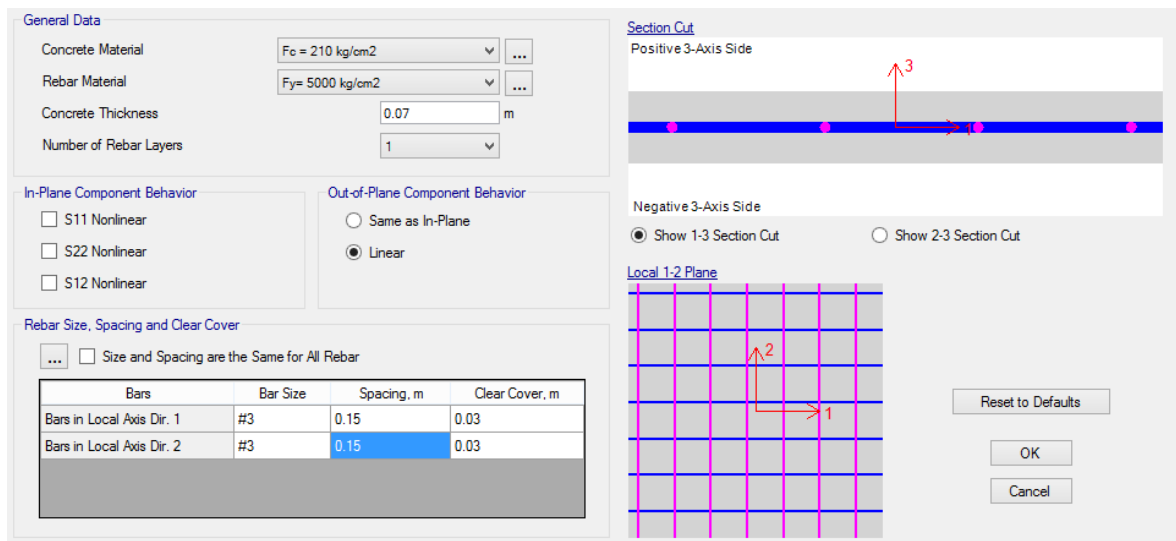


b) Definición de las rotulas plásticas






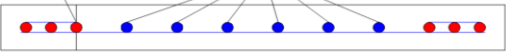

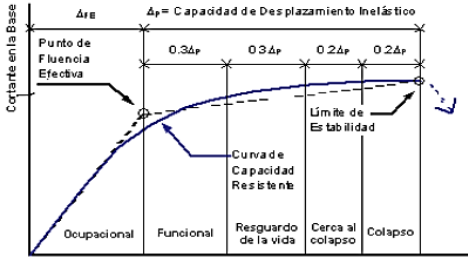
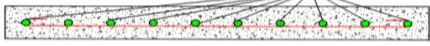
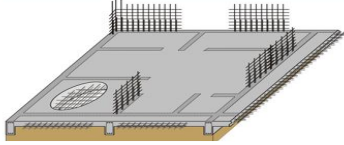
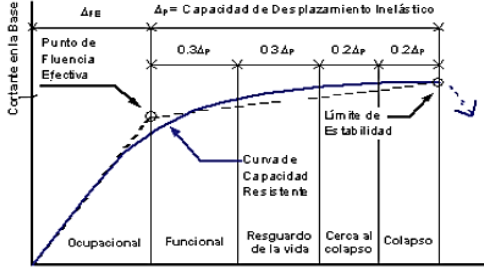
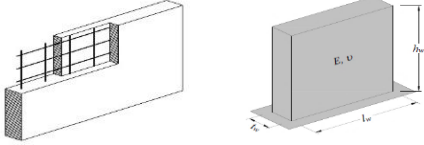
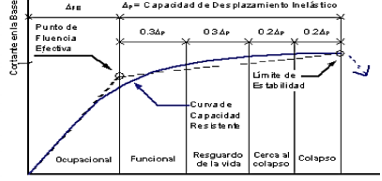
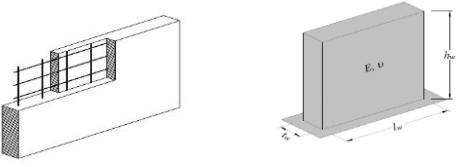
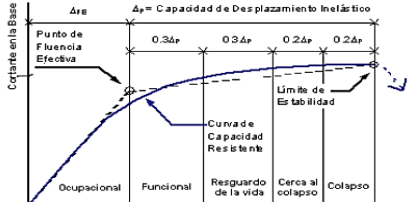
c) Definición de los refuerzos de los materiales de los muros de ductilidad limitada



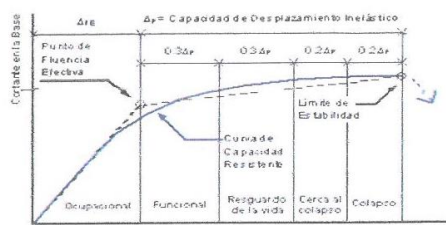
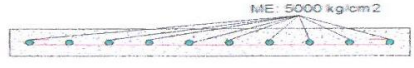
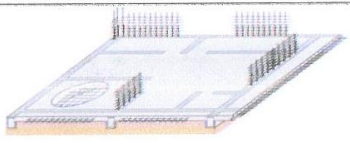
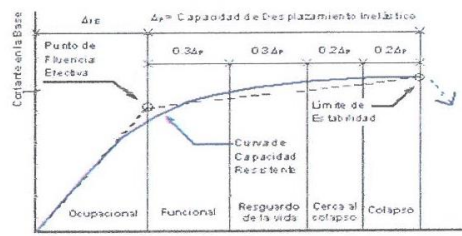
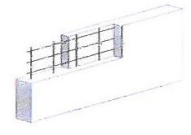
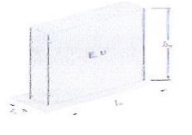
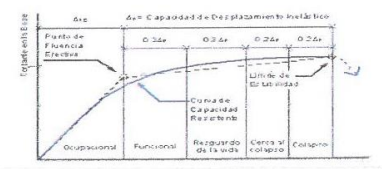
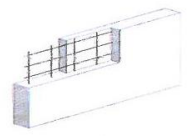
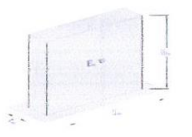
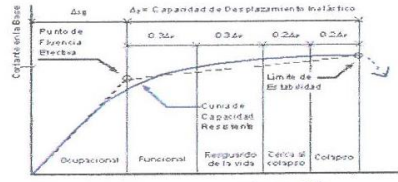






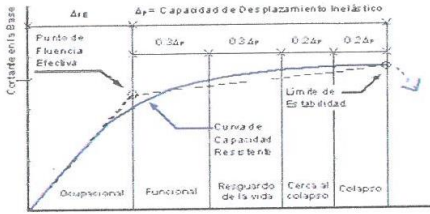
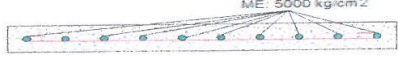
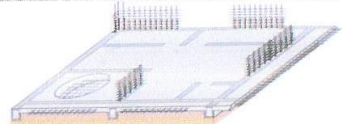
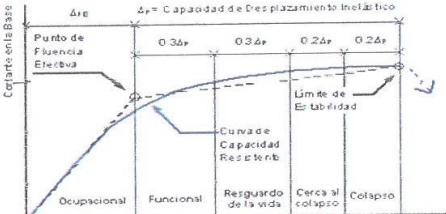

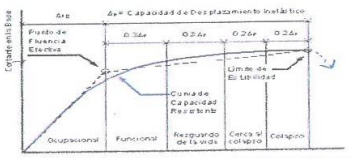
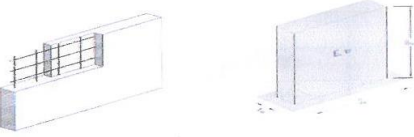
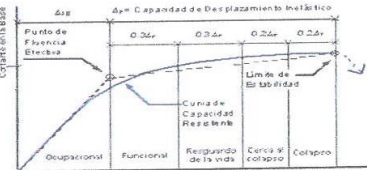

Anexo N°04 – Matriz de consistencia



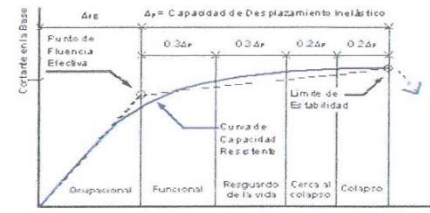
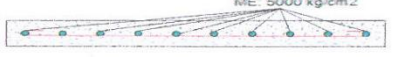
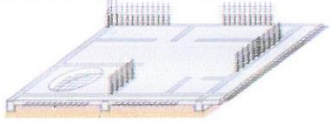
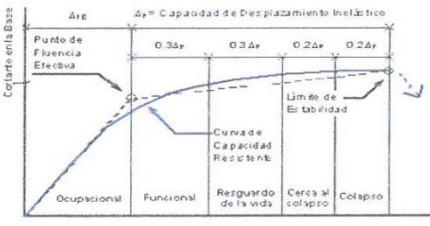

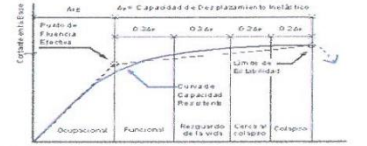
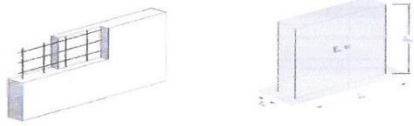
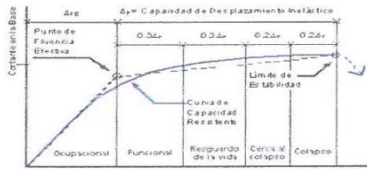
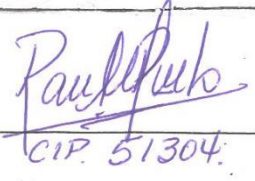
MATRIZ DE CONSISTENCIA						
PROBLEMAS	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENCIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
GENERAL	GENERAL	GENERAL	INDEPENDIENTE			
¿De que forma los factores de detallamiento sísmico afectan el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018?	Determinar de que forma los factores de detallamiento sísmico afectan el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018	Los factores de detallamiento sísmico afectan el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018	DESEMPEÑO	Punto de desempeño		METODO: HIPOTETICO DEDUCTIVO
						INVESTIGACION: APLICADA
ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	DEPENDIENTE	PROPIEDADES ESTRUCTURALES	Refuerzo de confinamiento	ENFOQUE: CUANTITATIVA
¿De qué manera el factor ausencia de refuerzo de confinamiento afecta el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018?	Evaluar de qué manera el factor ausencia de refuerzo de confinamiento afecta el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018.	El factor ausencia de refuerzo de confinamiento afecta el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018.	MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA			NIVEL: EXPLICATIVO
¿De qué manera el factor refuerzo de malla afecta el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018?	Evaluar de qué manera el factor refuerzo de malla afecta el diseño por desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018.	El factor refuerzo de malla afecta el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018.				DISEÑO: CUASI EXPERIMENTAL
¿De qué forma la esbeltez y longitud del muro afecta el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018?	Evaluar de qué forma la esbeltez y longitud del muro afecta el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018.	La esbeltez y longitud del muro afecta el desempeño de los muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018.				Ebeltez y longitud de muro (Hw/lw)

Anexo N°05 – Validez de instrumento de medición

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS							
Tesis	Factores de detallamiento sísmico en el desempeño de muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018						
Proyecto	Edificio Conjunto Residencial Alameda Colonial (Torre 9 pisos)						
Datos estructurales del Proyecto	Platea de cimentación de espesor de 50 cm, losas macizas de 20 cm y muros de ductilidad limitada entre 7 y 15 cm de espesor						
Tesista	Ronaldo Alvaro Garcia Rojas						
1. REFUERZO DE CONFINAMIENTO (EN LOS NUCLEOS EXTREMOS)							
a) $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ en los extremos y la Malla electrosoldada $F_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$		Punto de desempeño	(3.302, 450)				
<p style="text-align: center;">VISTA EN PLANTA</p> <p style="text-align: center;">Ver plano de detalle Ver plano de detalle</p>  <p style="text-align: center;">VISTA EN ELEVACION</p> 							
2. REFUERZO DE MALLA							
a) Para muros con malla electrosoldada Q 503		Punto de desempeño	(3.742, 475.5)				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">$\varnothing H$</td> <td style="width: 35%;">8mm @ 0.10</td> </tr> <tr> <td>$\varnothing V$</td> <td>8mm @ 0.10</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">ME: 5000 kg/cm²</p>  		$\varnothing H$	8mm @ 0.10	$\varnothing V$	8mm @ 0.10		
$\varnothing H$	8mm @ 0.10						
$\varnothing V$	8mm @ 0.10						
3. ESBELTEZ Y LONGITUD DEL MURO							
a) Para muros, e = delgados, L= larga (X o Y)		Punto de desempeño	(3.302, 508.40)				
							
b) Para muros e = delgados, L= corta (X o Y)		Punto de desempeño	(3.294, 500)				
							

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS						
Tesis	Factores de detallamiento sísmico en el desempeño de muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018					
Proyecto	Edificio Conjunto Residencial Alameda Colonial (Torre 9 pisos)					
Datos estructurales del Proyecto	Platea de cimentación de espesor de 50 cm, losas macizas de 20 cm y muros de ductilidad limitada entre 7 y 15 cm de espesor					
Tesista	Ronaldo Aharo Garcia Rojas					
1. REFUERZO DE CONFINAMIENTO (EN LOS NUCLEOS EXTREMOS)						
a) $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ en los extremos y la Malla electrosoldada $F_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$	Punto de desempeño					
<p>VISTA EN PLANTA</p> <p>Ver plano de detalle</p>  <p>VISTA EN ELEVACION</p> 						
2. REFUERZO DE MALLA						
a) Para muros con malla electrosoldada Q 503	<table border="1"> <tr> <td>$\varnothing H$</td> <td>8mm @ 0.10</td> </tr> <tr> <td>$\varnothing V$</td> <td>8mm @ 0.10</td> </tr> </table>	$\varnothing H$	8mm @ 0.10	$\varnothing V$	8mm @ 0.10	Punto de desempeño
$\varnothing H$	8mm @ 0.10					
$\varnothing V$	8mm @ 0.10					
<p>ME: 5000 kg/cm²</p>  						
3. ESBELTEZ Y LONGITUD DEL MURO						
a) Para muros $e =$ delgados, $L =$ larga (X Y)	Punto de desempeño					
 						
b) Para muros $e =$ delgados, $L =$ corta (X Y)	Punto de desempeño					
 						
Apellidos	Padilla Pichén					
Nombres	Santos Ricardo					
Especialidad	ING. CIVIL					
		 SANTOS RICARDO PADILLA PICHÉN INGENIERO CIVIL CIP 51630				

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS						
Tesis	Factores de detallamiento sísmico en el desempeño de muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018					
Proyecto	Edificio Conjunto Residencial Alameda Colonial (Torre 9 pisos)					
Datos estructurales del Proyecto	Plataea de cimentación de espesor de 50 cm, losas macizas de 20 cm y muros de ductilidad limitada entre 7 y 15 cm de espesor					
Tesista	Ronaldo Avaro Garcia Rojas					
1. REFUERZO DE CONFINAMIENTO (EN LOS NUCLEOS EXTREMOS)						
a) $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ en los extremos y la Malla electrosoldada $F_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$	Punto de desempeño					
<p>VISTA EN PLANTA</p> <p>Ver plano de detalle</p>  <p>VISTA EN ELEVACION</p> 						
2. REFUERZO DE MALLA						
a) Para muros con malla electrosoldada Q 503	<table border="1"> <tr> <td>$\varnothing H$</td> <td>8mm @ 0.10</td> </tr> <tr> <td>$\varnothing V$</td> <td>8mm @ 0.10</td> </tr> </table>	$\varnothing H$	8mm @ 0.10	$\varnothing V$	8mm @ 0.10	Punto de desempeño
$\varnothing H$	8mm @ 0.10					
$\varnothing V$	8mm @ 0.10					
<p>ME: 5000 kg/cm²</p>  						
3. ESBELTEZ Y LONGITUD DEL MURO						
a) Para muros $e = \text{delgados}$, $L = \text{larga}$ (X Y)	Punto de desempeño					
						
b) Para muros $e = \text{delgados}$, $L = \text{corta}$ (X Y)	Punto de desempeño					
						
Apellidos	CASTAÑEDA VILCHEZ	 Victor F. Castañeda Vilchez INO. C.V. R. CIP. 103655				
Nombres	VICTOR					
Especialidad	ESTRUCTURAL					

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS		
Tesis	Factores de detallamiento sísmico en el desempeño de muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018	
Proyecto	Edificio Conjunto Residencial Alameda Colonial (Torre 9 pisos)	
Datos estructurales del Proyecto	Plataea de cimentación de espesor de 50 cm, losas macizas de 20 cm y muros de ductilidad limitada entre 7 y 15 cm de espesor	
Tesista	Ronaldo Avaro Garcia Rojas	
1. REFUERZO DE CONFINAMIENTO (EN LOS NUCLEOS EXTREMOS)		
a) $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ en los extremos y la Malla electrosoldada $F_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$	Punto de desempeño	
<p>VISTA EN PLANTA</p> <p>Ver plano de detalle</p>  <p>VISTA EN ELEVACION</p> 		
2. REFUERZO DE MALLA		
a) Para muros con malla electrosoldada Q 503	$\varnothing H$ 8mm @ 0.10 $\varnothing V$ 8mm @ 0.10	Punto de desempeño
 		
3. ESBELTEZ Y LONGITUD DEL MURO		
a) Para muros e = delgados, L= larga (X Y)	Punto de desempeño	
		
b) Para muros e = delgados, L= corta (X Y)	Punto de desempeño	
		
Apellidos	PINTO BARRANTES	
Nombres	RAUL ANTONIO	
Especialidad	ING. CIVIL	
		

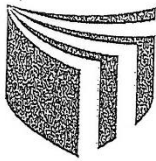
VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE MEDICION			
Rango	Magnitud	Valor	Nombre
0.81 a 1.00	Muy alta	0,82.	RAUL A. PINTO BARRANTES.
0.61 a 0.80	Alta		
0.41 a 0.60	Moderada		
0.21 a 0.40	Baja		
0.01 a 0.20	Muy Baja		

VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE MEDICION			
Rango	Magnitud	Valor	Nombre
0.81 a 1.00	Muy alta		
0.61 a 0.80	Alta	0.61	Padilla Pichen Santos R.
0.41 a 0.60	Moderada		
0.21 a 0.40	Baja		
0.01 a 0.20	Muy Baja		

VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE MEDICION			
Rango	Magnitud	Valor	Nombre
0.81 a 1.00	Muy alta		
0.61 a 0.80	Alta	0.70	VICTOR CASTAÑEDA VILCHEZ
0.41 a 0.60	Moderada		
0.21 a 0.40	Baja		
0.01 a 0.20	Muy Baja		

Validez del instrumento de medición		
Experto	Valor	Magnitud
Victor Castañeda Vilchez	0.7	Alta
Raul Pinto Barrantes	0.82	Muy alta
Santos Padilla Pichen	0.61	Alta
Validez final	0.71	71.00%

Anexo N°06 – Autorización de la version final del trabajo de investigacion



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
La Escuela de Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

GARCIA PEJAS, RONALDO ALVARO

INFORME TÍTULADO:

*FACTORES DE DETALLAMIENTO SÍSMICO EN EL DESEMPEÑO DE
MUROS DE RIGIDEZ LIMITADA CON ALTURA MAYOR A
8 PISOS, 2018*

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Civil

SUSTENTADO EN FECHA:

05/12/2018

NOTA O MENCIÓN :

15 (Quince)


Firma del Coordinador de Investigación de
Ingeniería Civil

Anexo N°07 – Acta de originalidad de la tesis

	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo, **Tello Malpartida Omar Demetrio**,

Docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, sede Lima Norte), revisor(a) de la tesis titulada:

“Factores de detallamiento sísmico en el desempeño de muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018”.

del estudiante **GARCIA ROJAS RONALDO ALVARO**

constato que la investigación tiene un índice de similitud de **14 %** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha... LIMA... 5... DICIEMBRE



.....
Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente:

..... OMAR DEMETRIO TELLO MALPARTIDA

DNI: 08644876

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

Anexo N°08 - Autorización de la publicación de la tesis

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : F08-PP-PR-02.02
		Versión : 09
		Fecha : 23-03-2018
		Página : 1 de 1

Yo **GARCIA ROJAS RONALDO ALVARO**, identificado

con DNI N° 75838694,

Egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

“Factores de detallamiento sísmico en el desempeño de muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos, 2018”;

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



FIRMA


DNI: 75838694.....

FECHA: 05 de DICIEMBRE del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

Anexo N°09 – Pantallazo del turnitin

feedback studio Ronaldo Alvaro Garcia Rojas | PRIMERA ENTREGA ?



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Factores de detallamiento sísmico en el desempeño de muros de ductilidad limitada con altura mayor a 8 pisos. 2018”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

AUTOR
García Rojas, Ronaldo Alvaro

ASESOR
Dr. Ing. Tello Malpartida, Omar Demetrio

LINEA DE INVESTIGACIÓN
Diseño Sísmico y Estructural

Lima - Perú
2018



Página: 1 de 116 Número de palabras: 20584

Text-only Report | High Resolution Activado

🔍 🔍 🔍 🔍 🔍 🔍 🔍 🔍 🔍 🔍

Resumen de coincidencias ✕

14 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

1	Entregado a Universida... <small>Trabajo del estudiante</small>	4 %	>
2	repositorioacademico... <small>Fuente de Internet</small>	1 %	>
3	repositorio.ucv.edu.pe <small>Fuente de Internet</small>	1 %	>
4	tesis.pucp.edu.pe <small>Fuente de Internet</small>	1 %	>
5	www.dspace.uce.edu.ec <small>Fuente de Internet</small>	1 %	>
6	repositorio.unsa.edu.pe <small>Fuente de Internet</small>	<1 %	>