



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Análisis comparativo del comportamiento sísmico de un
sistema “MDL” de 5 niveles, aplicando las normas E.030 y
NSR-10, Lima 2019**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTORES:

D'ugard Soriano, Carlos Jeanpierre (ORCID: 0000-0003-1308-6205)

Gómez León, Renato Alfredo (ORCID: 0000-0001-6459-2488)

ASESOR:

Mg. Tacza Zevallos, John Nelinho (ORCID: 0000-0002-1763-9375)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2020

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mi madre Judith Susana Soriano Ávila y a mi padre Carlos Enrique D'ugard Rivera, por nunca dejarme desistir a mis sueños, por su amor, tolerancia, comprensión y ser los mejores padres del mundo, estaré eternamente agradecidos con ustedes, a mis abuelos Faustino Soriano y Aurora Ávila por nunca dejar de creer en mí, a mi tío y segundo padre José Soriano Ávila por cuidarme, creer en mí y enseñarme el valor del trabajo duro y a toda mi familia en general que estuvo a mi lado en este camino, muchas gracias de corazón.

Carlos Jeanpierre D'ugard Soriano

Dedico esta tesis a mis padres por la formación en el trayecto de mi vida y el apoyo incondicional que siempre me brindaron, a mis abuelos y a mi hermano que me motivan y me hacen más fuerte cada día, a mis tíos por ser mis ejemplos a seguir como profesionales, y a toda mi familia en general que me brindó su apoyo para poder cumplir mis objetivos.

Renato Alfredo Gómez León

Agradecimiento

Agradecemos a Dios, por darnos la bendición de la vida y permitirnos llegar hasta este punto tan crucial de nuestra formación profesional.

Así mismo, agradecemos infinitamente a todas las personas que nos brindaron su apoyo incondicional para lograr nuestros objetivos propuestos.

Agradezco a mi compañero de Tesis y ahora hermano Renato Gómez, por su esfuerzo y dedicación a nuestro trabajo de investigación.

Carlos Jeanpierre D'ugard Soriano

Agradezco a mi compañero de Tesis y ahora hermano Jeanpierre D'ugard, por su esfuerzo y dedicación a nuestro trabajo de investigación.

Renato Gómez León

A nuestros asesores Germán Casussol Iberico y John Tacza Zevallos, por su tiempo, dedicación y confianza a nuestro tema de investigación.

Por último, a la escuela profesional de Ingeniería civil de la Universidad Cesar Vallejo, por siempre velar en proporcionarnos educación de calidad, lo cual conlleva a poder realizar nuestra investigación.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Página del Jurado	iv
Declaratoria de Autenticidad	vi
Índice de contenidos	viii
Índice de tablas	ix
Índice de gráficos y figuras	xii
Índice de abreviaturas	xvi
Resumen	xviii
Abstract	xix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	8
III. METODOLOGÍA	57
3.1. Tipo y diseño de investigación	58
3.1.1 Tipo de investigación.	58
3.1.2 Diseño de la investigación	58
3.2 Variables, Operacionalización	60
3.3 Población y muestra.	61
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	62
3.4.1. Técnicas de recolección de datos	62
3.4.2. Instrumentos	62
3.5. Procedimientos	67
3.6. Métodos de análisis de datos	70
3.7. Aspectos Éticos	70
IV. RESULTADOS	71
V. DISCUSIONES	164
VI. CONCLUSIONES	169
VII. RECOMENDACIONES	171
REFERENCIAS	173
ANEXOS	181

Índice de tablas

Tabla 1. Operacionalización de Variables	60
Tabla 2. Interpretación de resultados.....	64
Tabla 3. Coeficiente de Validez de Contenido	64
Tabla 4. Resultados y Conclusiones.....	65
Tabla 5. Interpretación de la Confiabilidad.....	66
Tabla 6. Alfa de Cronbach.....	67
Tabla 7. Parámetros Sísmicos - MDL.....	79
Tabla 8. Peso estimado de la edificación.....	79
Tabla 9. Longitudes Totales de muros X – Y.....	80
Tabla 10. Longitudes Totales de muros en X - Y.....	81
Tabla 11. Zona Sísmica de Lurín.....	92
Tabla 12. Factor de zona de Lurín.....	92
Tabla 13. Factor de Suelo del Terreno.....	93
Tabla 14. Periodos “Tp” y “TL” del Terreno.....	93
Tabla 15. Edificaciones Comunes - C.....	94
Tabla 16. Sistema Estructural - MDL.....	95
Tabla 17. Metrado de los muros tipo Placa.....	96
Tabla 18. Metrado de losa maciza.....	96
Tabla 19. Metrado de vigas Dintel.....	97
Tabla 20. Metrado de carga viva.....	97
Tabla 21. Peso Sísmico de la edificación.....	98
Tabla 22. Peso Sísmico de la edificación – Etabs 18.....	98
Tabla 23. Parámetros de diseño preliminar.....	99
Tabla 24. Aceleraciones Espectrales – E.030.....	100
Tabla 25. Rigidez de entrepiso Dirección “x”	102
Tabla 26. Verificación de Irregularidad por Piso Blando.....	103
Tabla 27. Fuerzas Cortantes de los elementos tipo placa.....	104
Tabla 28. Verificación de Irregularidad por Piso Débil.....	105
Tabla 29. Masa por Piso	105
Tabla 30. Interpretación de irregularidad Geométrica Vertical.....	106

Tabla 31. Desplazamiento relativo de entrepiso.....	107
Tabla 32. Irregularidad por esquina Entrante en X.....	108
Tabla 33. Irregularidad por esquina Entrante en Y	108
Tabla 34. Irregularidad por discontinuidad de diafragma.....	109
Tabla 35. Parámetros de diseño Final – E.030.....	110
Tabla 36. Distribución de fuerzas sísmicas – E.030.....	114
Tabla 37. Reajuste de fuerzas cortantes – E.030.....	115
Tabla 38. Verificación de fuerzas cortantes – E.030.....	117
Tabla 39. Modos de Vibración.....	117
Tabla 40. Desplazamientos dinámicos en dirección “X” – E.030.....	118
Tabla 41. Desplazamientos dinámicos en dirección “Y” – E.030.....	119
Tabla 42. Derivas en dirección “X” – E.030.....	119
Tabla 43. Derivas en dirección “Y” – E.030.....	120
Tabla 44. Fuerzas Cortantes Dinámicas en dirección “X” – E.030.....	121
Tabla 45. Fuerzas Cortantes Dinámicas en dirección “Y” – E.030.....	121
Tabla 46. Coeficientes de aceleración y velocidad pico efectiva	126
Tabla 47. Clasificación de los perfiles de Suelo.....	126
Tabla 48. Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos “F _a ”	127
Tabla 49. Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios “F _v ”	127
Tabla 50. Valor del coeficiente de Importancia “I”	128
Tabla 51. Valor de los parámetros C _t y α, para diferentes sistemas estructurales.	128
Tabla 52. Valor de los parámetros C _t y α	129
Tabla 53. Meseta del espectro de respuesta.....	131
Tabla 54. Zona intermedia del espectro de Respuesta.....	133
Tabla 55. Zona final del espectro de Respuesta.....	135
Tabla 56. Coeficiente básico de disipación de energía básico “R ₀ ”	137
Tabla 57. Derivas en los extremos	137
Tabla 58. Verificación de Irregularidad Torsional.....	138
Tabla 59. Derivas en los extremos.....	138

Tabla 60. Verificación de Irregularidad Torsional Extrema.....	139
Tabla 61. Verificación de Irregularidades del Diafragma.....	140
Tabla 62. Irregularidad por desplazamiento.....	140
Tabla 63. Irregularidad en rigidez.....	141
Tabla 64. Verificación de Irregularidad en Rigidez.....	141
Tabla 65. Irregularidad por distribución de Masa.....	142
Tabla 66. Irregularidades Geométricas y por Desplazamientos.....	143
Tabla 67. Resumen de Irregularidades en Altura.....	143
Tabla 68. Fuerza Horizontal Equivalente.....	146
Tabla 69. Reajuste de fuerzas cortantes – E.030.....	153
Tabla 70. Desplazamientos dinámicos en dirección “X” – NSR-10.....	155
Tabla 71. Desplazamientos dinámicos en dirección “Y” – NSR-10.....	155
Tabla 72. Derivas en dirección “X” – NSR-10.....	156
Tabla 73. Derivas en dirección “Y” – NSR-10.....	157
Tabla 74. Fuerzas Cortantes Dinámicas en dirección “X” – NSR-10.....	157
Tabla 75. Fuerzas Cortantes Dinámicas en dirección “Y” – NSR-10.....	158
Tabla 76. Cuadro comparativo de desplazamientos en X e Y.....	159
Tabla 77. Cuadro comparativo de derivas en X e Y.....	160
Tabla 78. Cuadro comparativo de fuerzas cortantes en X e Y.....	161
Tabla 79. Cuadro comparativo de Resultados – D1.....	165
Tabla 80. Diferencia de desplazamientos en X - Y – D2.....	166
Tabla 81. Diferencia de derivas en X - Y – D3.....	167
Tabla 82. Diferencia de fuerzas cortantes en X - Y– D4.....	168

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Subducción de placas tectónicas.....	14
Figura 2. Teoría del rebote elástico.....	15
Figura 3. Magnitud de momento Sísmico.....	16
Figura 4. Fuerzas de inercia generadas por los movimientos sísmicos.....	18
Figura 5. Sistema de un grado de libertad.....	20
Figura 6. Tipos de falla en muros.....	22
Figura 7. Principios de sismo resistencia NSR-10.....	34
Figura 8. Zonas sísmicas en Perú.....	35
Figura 9. Factores de Zona.....	35
Figura 10. Zonas de amenaza sísmica en Colombia.....	36
Figura 11. Movimientos sísmicos de diseño.....	37
Figura 12. Clasificación de los perfiles de Suelo en Perú.....	38
Figura 13. Clasificación de los perfiles de suelo en Colombia.....	39
Figura 14. Factor del Suelo “S”.....	40
Figura 15. Periodos “ T_p ” y “ T_L ”.....	40
Figura 16. Valores del coeficiente F_a , para la zona de periodos cortos del espectro.....	41
Figura 17. Valores del coeficiente F_v , para la zona de periodos cortos del espectro.....	41
Figura 18. Categoría de las edificaciones y Factor “U”.....	42
Figura 19. Valores del coeficiente de importancia.....	44
Figura 20. Coeficiente de Reducción “ R_o ”.....	46
Figura 21. Formas irregulares en altura.....	46
Figura 22. Irregularidades estructurales en altura.....	47
Figura 23. Irregularidad en altura.....	47
Figura 24. Formas irregulares en Planta.....	48
Figura 25. Irregularidades estructurales en planta.....	48
Figura 26. Irregularidad en Planta.....	49
Figura 27. Sistema “MDL”.....	50
Figura 28. Refuerzo MDL tradicional con malla electrosoldada.....	52
Figura 29. Armadura de la platea.....	53

Figura 30. Platea de Cimentación.....	53
Figura 31. Inst. Eléctricas en MDL.....	54
Figura 32. Conexión Eléctrica.....	54
Figura 33. Inst. de Agua en MDL.....	54
Figura 34. Inst. Sanitarias en MDL.....	54
Figura 35. Encofrado de MDL.....	55
Figura 36. Losa de concreto.....	55
Figura 37. Vaciado de concreto en Losa.....	56
Figura 38. Vaciado de concreto con Maquinaria.....	56
Figura 39. Estructura construida en base al Sistema de “MDL”	56
Figura 40. Ubicación Geográfica del Proyecto	72
Figura 41. Planta - 1°Piso	73
Figura 42. Planta - 2°, 3°, 4° y 5° Piso	74
Figura 43. Planta - 2°, 3°, 4° y 5° Piso	75
Figura 44. Distribución de muros X - Y	77
Figura 45. Primer paño desfavorable	82
Figura 46. Segundo paño desfavorable	82
Figura 47. Tercer paño desfavorable	83
Figura 48. Asignación de propiedades del concreto – ETABS v.18	84
Figura 49. Asignación de propiedades del acero – ETABS v.....	85
Figura 50. Secciones de muros tipo Placa – ETABS v.18	86
Figura 51. Secciones de losa maciza – ETABS v.18	86
Figura 52. Secciones de vigas – ETABS v.18	87
Figura 53. Definir diafragmas – ETABS v.18	87
Figura 54. Asignar diafragma rígido – ETABS v.18	88
Figura 55. Masas participativas en el Peso Sísmico – ETABS v.18.....	89
Figura 56. Cargas Participantes – ETABS v.18	89
Figura 57. Vista en planta del 1°,2°,3°,4° y 5° piso – ETABS v.18	90
Figura 58. Modelo matemático en 3D – ETABS v.18	91
Figura 59. Espectro de Respuesta Preliminar – E.030	101
Figura 60. Espectro de Respuesta Final – E.030	110
Figura 61. Definición de Patrón de carga Sísmico sin ajustar en X-X.....	111
Figura 62. Definición de Patrón de carga Sísmico ajustado en X-X.....	111

Figura 63. Definición de Patrón de carga Sísmico sin ajustar en Y-Y.....	112
Figura 64. Definición de Patrón de carga Sísmico ajustado en Y-Y.....	112
Figura 65. Espectro de Respuesta Final Perú - ETABS.....	113
Figura 66. Fuerza cortante producto sismo estático y sismo dinámico x-x obtenido en el software ETABS 18.....	114
Figura 67. Fuerza cortante producto sismo estático y sismo dinámico y-y obtenido en el software ETABS 18.....	115
Figura 68. Corrección de los factores de escala de aceleración en dirección “x” – Etabs 18.....	115
Figura 69. Corrección de los factores de escala de aceleración en dirección “y” – Etabs 18.....	116
Figura 70. Fuerza cortante producto sismo estático y sismo dinámico corregido x-x obtenido en el software ETABS 18.....	116
Figura 71. Fuerza cortante producto sismo estático y sismo dinámico corregido y-y obtenido en el software ETABS 18.....	116
Figura 72. Gráfico de Desplazamientos en X – E.030.....	118
Figura 73. Gráfico de Desplazamientos en Y – E.030.....	119
Figura 74. Gráfico de Derivas en X – E.030.....	120
Figura 75. Gráfico de Derivas en Y – E.030.....	121
Figura 76. Gráfico de Fuerzas Cortantes en X – E.030.....	121
Figura 77. Gráfico de Fuerzas Cortantes en Y – E.030.....	122
Figura 78. Zonas de amenaza sísmica – NSR-10.....	123
Figura 79. Mapa de Peligro Sísmico del Perú	124
Figura 80. Mapa de peligro Sísmico de Sudamérica	125
Figura 81. Espectro elástico de aceleraciones	129
Figura 82. Meseta de Espectro de Respuesta NSR-10	131
Figura 83. Zona Intermedia del Espectro de Respuesta - NSR-10.....	134
Figura 84. Zona final del Espectro de Respuesta - NSR-10	135
Figura 85. Espectro de Respuesta NSR-10	136
Figura 86. Irregularidad de Diafragma.....	139
Figura 87. Fuerzas Horizontales Equivalentes en ETABS v.18 – NSR-10.....	146
Figura 88. Espectro elástico de aceleraciones	147
Figura 89. Espectro elástico de aceleraciones – Software Etabs 18.....	147

Figura 90. Masa participativa en el Peso Sísmico – Software Etabs 18.....	148
Figura 91. Asignación espectro de respuesta – Software Etabs 18.....	148
Figura 92. Cargas participantes – Software Etabs 18.....	149
Figura 93. Patrón de carga sísmica “X” – Software Etabs 18.....	149
Figura 94. Patrón de carga sísmica “Y” – Software Etabs 18.....	149
Figura 95. Asignación Caso de Modos – Software Etabs 18.....	150
Figura 96. Caso de carga sismo dinámica dirección “x” – Software Etabs 18.....	151
Figura 97. Caso de carga sismo dinámica dirección “y” – Software Etabs 18.....	152
Figura 98. Fuerza cortante producto sismo estático y sismo dinámico x-x obtenido en el software ETABS 18.....	152
Figura 99. Fuerza cortante producto sismo estático y sismo dinámico y-y obtenido en el software ETABS 18.....	153
Figura 100. Corrección de los factores de escala de aceleración en dirección “x” – Etabs 18.....	153
Figura 101. Corrección de los factores de escala de aceleración en dirección “y” – Etabs 18.....	154
Figura 102. Fuerza cortante producto sismo estático y sismo dinámico corregido x-x obtenido en el software ETABS 18.....	154
Figura 103. Fuerza cortante producto sismo estático y sismo dinámico corregido y-y obtenido en el software ETABS 18.....	154
Figura 104. Gráfico de desplazamientos en X – NSR-10.....	155
Figura 105. Gráfico de desplazamientos en Y – NSR-10.....	156
Figura 106. Gráfico de derivas en X – NSR-10.....	156
Figura 107. Gráfico de derivas en Y – NSR-10.....	157
Figura 108. Gráfico de Fuerzas Cortantes en X – NSR-10.....	158
Figura 109. Gráfico de Fuerzas Cortantes en Y – NSR-10.....	158
Figura 110. Comparación de Desplazamientos en X.....	159
Figura 111. Comparación de Desplazamientos en Y.....	160
Figura 112. Comparación de Derivas en X.....	160
Figura 113. Comparación de Derivas en Y.....	161
Figura 114. Comparación de fuerzas cortantes en X.....	162
Figura 115. Comparación de fuerzas cortantes en Y.....	162
Figura 116. Comparación de parámetros sísmicos.....	163

Índice de abreviaturas

[F]: Vector de fuerzas Externas de la estructura.....	26
[U]: Vector de Desplazamiento de la estructura.....	26
[K]: Matriz de rigidez de la estructura.....	26
[T]: Matriz de transformación.....	27
[KE]: Matriz de rigidez lateral.....	30
[M]: Matriz de masa.....	31
f'c: Resistencia a la compresión.....	84
ν : Módulo de poisson.....	84
γ : Peso específico.....	84
Ec: Módulo de elasticidad del concreto.....	84
Fy: Fluencia del acero.....	85
E: Módulo de elasticidad del acero.....	85
Z: Factor de Zona.....	92
S: Factor del Suelo.....	92
C: Coeficiente de Amplificación Sísmica.....	94
T: Periodo Fundamental.....	94
U: Factor de Uso.....	94
R ₀ : Coeficiente básico de reducción sísmica.....	95
P: Peso sísmico.....	95
V: Cortante basal.....	99
S _a : Espectro de Aceleraciones.....	99
g: Aceleración de la gravedad.....	99
I _a : Irregularidad en altura.....	102
I _p : Irregularidad en planta.....	107
A _a : Coeficiente de aceleración pico efectiva.....	126
A _v : Coeficiente de velocidad pico efectiva.....	126
F _a : Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos.....	127

F _v : Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios.....	128
I: Factor de Importancia.....	128
T _a : Periodo fundamental	128
T _L : Periodo de vibración y límite de la zona intermedia del espectro.....	130
R: Coeficiente de capacidad de disipación de energía.....	136
R ₀ : Coeficiente básico de disipación de energía básico	137
φ _p : Irregularidad en planta.....	140
φ _a : Irregularidad en altura.....	143
φ _r : Ausencia de redundancia.....	143
V _s : Cortante sísmico.....	144
F _x : Fuerza sísmica horizontal.....	145
C _{vx} : Coeficiente Definido.....	145
V _{est} : Cortante estática.....	153
V _{din} : Cortante dinámica.....	153

Resumen

La presente tesis que posee como título: “Análisis comparativo del comportamiento sísmico de un sistema “MDL” de 5 niveles, aplicando las normas E.030 y NSR-10, Lima 2019”, tiene como objetivo identificar en que difieren los comportamientos sísmicos por medio de un análisis comparativo aplicando las normas sismorresistentes E.030(Perú) y NSR-10(Colombia) en una edificación con sistema “MDL” de 5 niveles, ubicada en el distrito de Lurín. Esta investigación es de tipo aplicada, puesto que, se busca resolver el problema planteado a partir de conocimientos teóricos previos, así también, el diseño de la investigación es no experimental y de nivel descriptivo, dado que, no se manipulan las variables experimentalmente, solo se analizan y se representan las características más importantes del fenómeno en estudio.

Para la obtención de los resultados, se hizo uso del software Etabs v.18, que permitió realizar los modelamientos matemáticos y el análisis sísmico teniendo en consideración los parámetros establecidos por cada norma, los resultados finales se obtienen a partir de la comparación de los desplazamientos laterales, distorsiones de entrepiso y las fuerzas cortantes máximas por nivel, los valores obtenidos en estas tres dimensiones aplicando la norma E.030 resultaron ser de mayor magnitud a los valores obtenidos aplicando la norma NSR-10.

En suma, la estructura aplicando la norma NSR-10, presento un mejor comportamiento sísmico en comparación a la estructura aplicando la norma E.030, esto refleja la rigurosidad de la norma E.030 en sus parámetros de diseño, lo cual podría estar llevando a los diseños estructurales por el camino del sobredimensionamiento.

.

Palabras clave: Norma E.030, Norma NSR-10, Parámetros de diseño, análisis estático, cortante Basal.

Abstract

The present thesis, which has the title: "Comparative analysis of the seismic behavior of a 5-level "MDL" system, applying norms E.030 and NSR-10, Lima 2019", aims to identify how seismic behaviors differ due to through a comparative analysis applying seismic resistant standards E.030 (Peru) and NSR-10 (Colombia) in a building with a 5-level "CDM" system, located in the Lurín district. This research is of an applied type, since, it seeks to solve the problem posed from previous theoretical knowledge, as well as, the design of the research is non-experimental and descriptive, since the variables are not manipulated experimentally, only The most important characteristics of the phenomenon under study are analyzed and represented.

To obtain the results, the Etabs v.18 software was used, which allowed the mathematical modeling and the seismic analysis to be carried out taking into account the parameters established by each standard, the final results are obtained from the comparison of the displacements lateral, mezzanine distortions and maximum shear forces per level, the values obtained in these three dimensions applying the E.030 standard were found to be of greater magnitude than the values obtained applying the NSR-10 standard.

In sum, the structure applying the NSR-10 standard, presented a better seismic behavior compared to the structure applying the E.030 standard, this reflects the rigor of the E.030 standard in its design parameters, which could be leading to structural designs by way of oversizing.

Keywords: Standard E.030, Standard NSR-10, Design parameters, static analysis, Basal shear.

I. INTRODUCCIÓN

Realidad Problemática

Geográficamente el Perú se localiza en el interior del “Cinturón de Fuego del Pacífico”, en consecuencia, nuestro país se encuentra en continuo movimiento e incesante exposición de soportar sismos de gran magnitud. Estos movimientos son el resultado de la subducción a partir de la convergencia entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana, por otra parte, este proceso de subducción ocasiona en algunas áreas a lo largo del margen peruano una importante acumulación de energía, que al ser liberada produciría terremotos de gran magnitud. Las consecuencias a partir de un gran terremoto en el País podrían ser catastróficas se perderían muchas vidas humanas, afectaría a la sociedad y al desarrollo sostenible de la nación.

En el Perú, el terremoto que ocurrió el 26 de Mayo en la Selva del País, género nuevamente preocupación y el valor de la prevención ante eventos naturales por parte de los especialistas estructurales, pues bien, este último sismo que fue catalogado como moderado a pesar de los 8 grados de magnitud que presentó, ocasionó un considerable daño en las viviendas e infraestructuras de la zona de amazonas, por consiguiente, puso en evidencia la calidad de la norma E.030 para diseñar estructuras que tengan un buen comportamiento ante sollicitaciones sísmicas. La preocupación producto de este último sismo, toma más relevancia, debido a la alerta lanzada por el Instituto Geofísico del Perú sobre un posible sismo de 9 grados en la escala de Richter, que tendría lugar en la Capital del País. Especialistas como José Arispe, exdecano del colegio de arquitectos del Perú e instituciones como el Centro Peruano Japonés de investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (Cismid), consideran que un promedio del 70% a 80% de las viviendas de Lima tendrían daños significativos debido a las condiciones informales de su construcción, sin duda alguna, estos porcentajes podrían ser mayores con lo evidenciado en el último sismo, esto quiere decir, que no solo las estructuras informales sufrirían daños significativos, si no también, algunas de las estructuras formales diseñadas con la Norma Sismorresistente E.030.

En la actualidad, la construcción en el Perú ha alcanzado su mejor momento, se puede observar un aumento significativo de edificios en diversas ciudades del país

siendo la más relevante Lima. Los edificios más demandados en la capital son los de tipo departamentos, esto debido al considerable número de personas que llegan a la ciudad de Lima y no encuentran donde vivir por los altos precios de los terrenos y viviendas, por otro lado, estos edificios en su mayoría son diseñados con el sistema estructural “MDL” (muros de ductilidad limitada), dicho sistema es considerado seguro ante sismos de baja magnitud, puesto que, reduce notablemente los desplazamientos laterales, debido a su alta densidad de muros en ambas direcciones, sin embargo, el Doctor en Ingeniería Civil Genner Villareal Castro señala que este sistema debería contar con algunas consideraciones especiales en caso de sismos severos como los que pueden suceder en el país, así mismo, señala, que nuestras normas E.030 y E0.60 deberían tomar énfasis en estudiar el comportamiento estructural de este tipo de estructuras ante sismos de larga duración para lograr una mayor seguridad en su diseño, además, añade que por seguridad se debería considerar un factor de reducción (R) de 3 y no de 4 como recomienda la norma E.030, para que los análisis sísmicos nos den una mejor confiabilidad estructural. Del mismo modo, muchos especialistas estructurales como Mario E. Rodríguez en su artículo “Una revisión crítica de las normativas de diseño sismorresistente en el Perú: E.030 Sismo y E0.60 concreto armado”, donde señala la falta de rigurosidad en algunos parámetros de diseño fijados en la norma E.030, en consecuencia, menciona que en ocasiones la norma llevaría a algunos diseños por el lado de la inseguridad. Estas críticas constantes a la norma, nos hacen pensar que sucedería con toda la población que ha adquirido estos departamentos con el sistema “MDL”, si se presentara un sismo de gran magnitud y de larga duración, por estos motivos la norma debe estar en constante evaluación y actualización, así mismo, se debe poner a prueba la rigurosidad de la norma comparándola con otras normas internacionales, gracias a esto, se puede identificar las debilidades y fortalezas que presenta la norma sismorresistente de nuestro País.

Por el contrario, tras renovar el Reglamento Sismorresistente colombiano, se ha logrado la satisfacción de sus especialistas estructurales, pues se asegura que seguir rigurosamente las normas del NSR-10 en el diseño de estructuras, garantizará el fin primordial sismorresistente que es salvaguardar vidas humanas.

Así mismo, expertos Colombianos como el Ingeniero Arturo Naranjo Vélez, comentan que la norma NSR-10 tiene lo suficiente para diseñar muros delgados o también conocidos como muros de ductilidad limitada en Perú, que cumplan los requisitos sismorresistentes en cualquier zona sísmica, por otro lado, el ministerio de vivienda Colombiano, confirma la seguridad de diseñar este tipo de muros en zonas de alta sismicidad, bajo la premisa de seguir detalle a detalle lo establecido por la norma de ese País y contar con la supervisión de profesionales capacitados en la rama de Ingeniería Civil.

Finalmente, considerando las buenas críticas de la norma NSR-10, esta norma se convierte en una opción potencial para poder comparar sus parámetros y consideraciones con la norma sismorresistente del país, dicho análisis comparativo podría dejar en evidencia la falta de rigurosidad o criterio de la norma E.030, así mismo, mostrar sus fortalezas frente a otras normas de diseño, por otro lado, este análisis resultaría beneficioso para las futuras actualizaciones del Reglamento Peruano, ya que, como se explicó anteriormente la norma debe estar en constante y permanente evaluación. Por último, no se ha encontrado información sobre algún estudio que compare estas normas sísmicas, por consiguiente, los resultados obtenidos serán de gran valor para la Ingeniería Civil del País.

Formulación del problema

Problema general

- ¿En que difieren los comportamientos sísmicos en un análisis comparativo, aplicando las normas E.030 y NSR-10 en un sistema “MDL” de 5 niveles?

Problemas específicos

- ¿Cuáles son los desplazamientos laterales en un sistema “MDL” de 5 niveles, aplicando las normas E.030 y NSR-10?
- ¿Cuáles son las distorsiones de entrepiso en un sistema “MDL” de 5 niveles, aplicando las normas E.030 y NSR-10?
- ¿Cuáles son las fuerzas cortantes máximas en un sistema “MDL” de 5 niveles, aplicando las normas E.030 y NSR-10?

Justificación del estudio

Justificación Teórica

Los últimos terremotos de gran intensidad que azotaron países como: Haití, Japón, Chile y México, dejaron en evidencia lo insuficiente que eran sus normas sísmicas y esto se vio reflejado en las numerosas construcciones que colapsaron. Debido a lo aprendido por estos sismos, el Perú debe implementar una cultura sismorresistente donde prevalezca el valor de la prevención, esto quiere decir, realizar constantes estudios sobre la vulnerabilidad de edificaciones, reforzamiento estructural y por supuesto, constantes investigaciones para futuras actualizaciones a la norma E.030, de ese modo, diseñar en el futuro estructuras con un mejor comportamiento sísmico. Además, procurar que estos diseños sismorresistentes no tengan un elevado costo, ya que, de esa manera estará al alcance de toda la población. Es por ello, que esta investigación tiene como fin aportar conocimientos con respecto a la realidad, calidad y rigurosidad de la norma sismorresistente E.030, esto nos permitirá conocer debilidades en algunos aspectos de la norma, gracias a ello, podremos revisar, evaluar y realizar investigaciones para mejorar aquellos aspectos que podrían ser clave para lograr los principios de diseño sismorresistente, asegurar la vida de las personas y tratar que la estructura no colapse.

Justificación práctica

La presente investigación se realizó debido a las constantes críticas hacia la norma E.030 con respecto a la falta de rigurosidad en algunos parámetros para el diseño del sistema estructural "MDL", dicho sistema, es comúnmente utilizado para edificaciones multifamiliares y en los últimos años han tenido una gran demanda en muchos departamentos del país. Por tanto, el presente trabajo de investigación tiene como intención, dar a conocer por medio de un análisis comparativo, la realidad de la norma E.030 frente a este sistema estructural, de esta manera, se podrán identificar las inconsistencias en el diseño, proponer mejoras y realizar futuras actualizaciones a la norma. Finalmente, es conveniente llevar a cabo esta investigación, para conocer el comportamiento de estos sistemas, proponer adecuados reforzamientos estructurales y así evitar el colapso de estas estructuras que hoy en día llevan dentro miles de personas.

Justificación Social

La presente investigación servirá de cimiento para posteriores estudios que estén enfocados a mejorar la norma E.030, pues en esta investigación se describirá todas las inconsistencias encontradas en la norma al realizar el análisis comparativo, por otro lado, esta investigación hará énfasis en los parámetros y restricciones conservadoras de la norma respecto a los resultados del comportamiento sísmico, de este modo, se podrán realizar recomendaciones para posteriores ajustes a la norma que logren soluciones más factibles, pues estos parámetros son los que elevan el costo de una edificación sismorresistente, por consiguiente, una estructura con buen comportamiento estructural estará al alcance de la población.

Hipótesis

Hipótesis general

- El análisis comparativo del comportamiento sísmico en un sistema “MDL” de 5 niveles aplicando la norma E.030 y NSR-10, dejará en evidencia la rigurosidad de los parámetros de diseño de la norma E.030.

Hipótesis específicas

- Los desplazamientos obtenidos por el sistema “MDL” de 5 niveles aplicando la norma NSR-10, serán de menor valor en el análisis comparativo.
- Las distorsiones obtenidas por el sistema “MDL” de 5 niveles aplicando la norma NSR-10, presentarán los menores valores en el análisis comparativo.
- Las Fuerzas cortantes máximas obtenidas por el sistema “MDL” de 5 niveles aplicando la norma E.030, serán de mayor magnitud en el análisis comparativo.

Objetivos

Objetivo general

- Identificar en que difieren los comportamientos sísmicos en un análisis comparativo, aplicando las normas E.030 y NSR-10 en un sistema “MDL” de 5 niveles

Objetivos específicos

- Determinar los desplazamientos laterales en un sistema “MDL” de 5 niveles, aplicando las normas E.030 y NSR-10.
- Determinar las distorsiones de entrepiso en un sistema “MDL” de 5 niveles, aplicando las normas E.030 y NSR-10.
- Determinar las fuerzas cortantes en un sistema “MDL” de 5 niveles, aplicando las normas E.030 y NSR-10.

II. MARCO TEÓRICO

Antecedentes internacionales

MÁLAGA CARDOZA, José (2015), en su tesis titulada “ESTUDIO COMPARATIVO DE DISTINTAS NORMAS INTERNACIONALES RESPECTO DE LA APLICACIÓN DE LOS ESPECTROS SÍSMICOS DE RESPUESTA.”, para optar el Máster oficial en Ingeniería de las estructuras, cimentaciones y materiales en la Universidad Politécnica de Madrid. El objetivo principal fue, comparar un grupo de normas sísmicas en función al efecto que tienen en una estructura modelada en el software SAP2000, así mismo, establecer que norma proporciona valores más significativos y determinar que procesos, así como, parámetros, utilizan para obtener los espectros sísmicos; las normas que se escogieron para este trabajo de investigación son: Norma peruana (E.030), Norma de Argelia (RPA 99), Norma de Costa Rica (código sísmico de Costa Rica 2010), Norma de España (NCSE-02). Se concluyó un orden de las normas más desfavorables según el estudio, estando en primer lugar, la norma costarricense, en segundo lugar, la norma de Argelia, en tercer lugar, la norma E.030 y, por último, la NCSE-02. Por otra parte, se concluyó que el espectro sísmico de la norma E.030, tiene un uso general, por otro lado, la aceleración del terreno en la norma costarricense es general al de la norma peruana, pero hay diferencias amplias en el factor de reducción, por tanto, sus diseños son más costosos. Finalmente, se concluye, que la norma argelina tiene los parámetros más complejos en términos de formulación. Así mismo, NORIEGA, María (2016), en su tesis titulada “DEFINICIÓN Y ESTUDIO COMPARATIVO DE ESPECTROS PARA DISEÑO SÍSMICO DE LA NORMA NEC SE DS CON OTRAS NORMAS INTERNACIONALES” para obtener el título de ingeniero civil, Universidad Católica del Ecuador. El objetivo fue la verificación de los espectros de respuesta del NEC-SE-DS y comprobar que sean razonables con la realidad en comparación a otras normas internacionales. Concluyendo que: Las normas E.030, Eurocodigo, NCH433 Y EL ASCE 7-10, presentan espectros de respuesta elástica mayores en comparación a las otras normas. Además, CARRERA, Luis y CONSTANTE, Cristian (2019), en su tesis titulada “ESTUDIO COMPARATIVO DE UNA ESTRUCTURA SISMO-RESISTENTE DE HORMIGÓN ARMADO UTILIZANDO LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC15) Y LA NORMA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN (NCH433 MOD2009)” para

obtener el título de ingeniero civil, Universidad Central de Ecuador. El objetivo de esta investigación fue realizar el diseño sísmico y análisis de un edificio de concreto armado empleando la norma ecuatoriana NEC15 y la norma NCH433 de Chile, para comparar las capacidades dinámicas y características. Concluyendo que: La norma chilena no toma en cuenta las irregularidades que presenta la estructura para determinar la cortante basal, por otra parte, también encontraron que las dos normas utilizan los criterios de diseño en estructuras de concreto armado del ACI 318-2014, específicamente el método LRFD, que tiene como finalidad, garantizar la resistencia de diseño de cada elemento estructural, para que sean menores a las solicitaciones que se producen por las combinaciones de las cargas máximas. Finalmente, para el análisis económico de las edificaciones diseñadas, determino que la norma NCH433 es muy exigente en los criterios de diseño, por ende, la estructura era más rígida y más costosas en comparación a la norma ecuatoriana. De igual manera, GARCÍA, Alexander y CHOEZ, Jhonny (2018), en su tesis titulada “ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS DISEÑOS SÍSMICOS, DE UNA ESTRUCTURA DE PÓRTICOS DÚCTILES RESISTENTES A FLEXIÓN DE HORMIGÓN ARMADO, USANDO LAS ESPECIFICACIONES NEC-2015, ASCE 7-16 DE LA ASOCIACIÓN ESTADOUNIDENSE DE INGENIEROS CIVILES; ACI 318-14 DEL INSTITUTO ESTADOUNIDENSE DEL HORMIGÓN ARMADO”, para obtener el título de ingeniero civil, Universidad Estatal Península de Santa Elena. El objetivo de esta investigación fue realizar el diseño sísmico de una estructura utilizando ambas normas y realizar la comparación enfocado en el desempeño sísmico. Concluyendo que: No se presentó ninguna diferencia entre la utilización de la norma estadounidense y la ecuatoriana en términos de seguridad sísmica, ya que los parámetros de diseño son los mismos, además, agregan que si se encontrara una diferencia sería en definitiva por la mala aplicación de las normas. De igual forma, PEREZ, Eliecer y GARCIA, Manuel (2017), en su tesis titulada “ANÁLISIS COMPARATIVO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE CONCRETO ARMADO USANDO LAS NORMAS SÍSMICAS DE VENEZUELA Y COSTA RICA”, para obtener el título de ingeniero civil, Universidad Católica Andrés Bello. El objetivo de su investigación fue desarrollar un análisis comparativo de una edificación aporticada de 12 niveles utilizando ambas normas en base a las características estructurales que definen como se comporta la edificación.

Concluyendo que: La norma venezolana, específicamente en las aceleraciones producto del espectro, son superiores para cualquier periodo. Por otra parte, en términos de cortante basal y fuerzas laterales obtenidos bajo los criterios de la norma Covenin, resultaron mayores con respecto a la norma costarricense. También, se encontró que la norma costarricense permite obviar los modos torsionales producto de la regularidad en planta del edificio, esto en comparación a la norma venezolana donde si se consideran estos efectos. Finalmente, se encontró que la cuantía de acero obtenido tanto para vigas como columnas fue mayor al aplicar la norma COVENIN 1756 – 2001. Análogamente, PALENCIA, Charles y SANABRIA, Jonathan (2016), en su tesis titulada “DIFERENCIAS ENTRE LAS CUANTÍAS DE ACERO ORIGINADAS DEL DISEÑO DE UN PÓRTICO BAJO LA NORMA VENEZOLANA FNV 1753-2006 Y LA NORMA COLOMBIANA NSR-10” para obtener el título de ingeniero civil, Universidad de Carabobo. El objetivo de su investigación fue la comparación de las normas NSR-10 y FNV, enfocados en las cuantías de acero de cada elemento que compone la estructura. Concluyendo que: La norma NSR-10 impone el uso de una inecuación para el diseño a corte de secciones en función a la flexión, adicional a la que ya está presente en la FNV, por otra parte, para la verificación de resistencia por corte del concreto establece que, si la cortante nominal producida es la mitad en comparación con la cortante por momentos probables, se evite el uso de la resistencia al corte del concreto. Finalmente, recomienda que se debería realizar la comparación de las normas NSR-10 Y FNV, con otras normas sismorresistentes.

Antecedentes nacionales

SILVA, David y DEL AGUILA, Diego (2019), en su tesis titulada “RESPUESTAS SÍSMICAS PARA UN EDIFICIO DE SISTEMA DE MUROS ESTRUCTURALES UBICADO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL, COMPARANDO LA NORMA E030 Y LA NCH 433.OF1996 - AÑO 2019” para obtener el título de ingeniero civil, Universidad Ricardo Palma. El objetivo principal de su investigación fue realizar el análisis Estático y Dinámico de un edificio compuesto por un sistema de muros de concreto armado, empleando las normas E.030 y NCH433. Concluyendo que: La norma E.030 presenta resultados más conservadores al igual que sus parámetros, en comparación a la norma Nch433, lo cual se ve reflejado en estructuras

sobredimensionadas. Por otra parte, MARTÍNEZ, Rutman (2015), en su tesis titulada “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS NORMAS DE DISEÑO SISMO-RESISTENTE EN LOS PAÍSES LATINOAMERICANOS COLINDANTES AL CINTURÓN DE FUEGO” para obtener el título de ingeniero civil, Universidad San Cristóbal de Huamanga. El objetivo principal de su investigación fue establecer las discrepancias y similitudes entre las normas Latinoamericanas, para lo cual se emplearon las normas de cada país aplicadas una estructura de concreto armado. Concluyendo que: Las normas NEC, E.030y NCH433 utilizan espectros inelásticos a excepción de la norma NSR-10 que hace uso de los espectros elásticos. Además, para sistemas estructurales de concreto la norma E.030 es la más conservadora permitiendo derivas mínimas en comparación a las otras normas, quien sigue es la norma colombiana NSR-10 con derivas máximas muy cercanas a la E.030, y por último la NCH433, al estar en función del factor de reducción sísmica, presenta derivas que varían en función al tipo de sistema estructural, periodos de vibración y condiciones del terreno. Además, ALFARO, Víctor (2017), en su tesis titulada “ESTUDIO COMPARATIVO DE LA NORMA PERUANA E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE Y LA NORMA CHILENA NCH433 DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS, Y SU APLICACIÓN A UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO”, para obtener el título de ingeniero civil, Universidad Privada de Tacna. El objetivo de su investigación fue comparar las normas E.030 y NCH433, aplicando sus respectivas metodologías para el diseño sísmico en una edificación de concreto armado, para posteriormente establecer las principales diferencias y concluir que norma ofrece resultados más reales. Concluyendo que: La norma chilena utiliza dos factores que modifican la respuesta sísmica, dependiendo si se emplea un Análisis Estático o Modal Espectral en una edificación a comparación de la E.030, que varía este factor dependiendo del sistema estructural. Por otra parte, la norma peruana establece que las derivas son inelásticas y se tienen límites según el tipo de material. Finalmente, comentan que la norma NCH433 tiene valores menores con respecto a las deformaciones y derivas de entrepiso que la norma E.030. De igual manera, GARCIA, Mario y MOSCOSO, Darwin (2016), en su tesis titulada “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESPUESTA SÍSMICA DE DISTORSIONES DE ENTREPISO - DERIVA Y FUERZAS CORTANTES DE UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO CON SISTEMA DUAL, MEDIANTE LOS ANÁLISIS

SÍSMICO DINÁMICO, APLICADO CON LA NORMA DE DISEÑO SISMORRESISTENTE E.030 DEL 2016 Y LA NORMA CHILENA DE DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS NCh 433.of1996 MODIFICADA EN 2012”, para obtener el título de ingeniero civil, Universidad Andina del Cuzco. El objetivo de su investigación fue realizar la comparación de las respuestas sísmicas mediante el análisis dinámico aplicando la norma E.030 y la norma NCH433, en una edificación de concreto de sistema dual. Concluyendo que: En cuanto a desplazamientos laterales, la norma E.030 presenta resultados mayores a comparación de la norma NCH433. Por otra parte, al determinar las fuerzas cortantes, se encontró que la norma NCH433 presenta mejores resultados que la norma E.030. Finalmente, en cuanto a los parámetros de suelo, cumple un papel fundamental en la realización del espectro de diseño que se emplean en ambas normas, en consecuencia, el tipo de suelo otorgará periodos más largos. De igual forma, RETAMOZO, Fernando y MILACHAY, Willian (2018), en su tesis titulada “DISEÑO SISMICO DE UN EDIFICIO DE 10 PISOS COMPARANDO LA NORMA PERUANA E.030-2016 Y LA NORMA CHILENA NCH 433-2012, MIRAFLORES 2018”, para obtener el título de ingeniero civil, Universidad Cesar Vallejo. El objetivo de esta investigación fue realizar una comparación entre la norma E.030 y la norma NCH433, aplicado a una edificación de tipo dual, teniendo en cuenta las modificaciones y mejoras que presentan para resistir eventos sísmicos rigurosos. Concluyendo que: Los factores de uso varían, según el grado de importancia, donde la normativa peruana presenta valores más elevados. Por otra parte, la norma chilena presenta los menores valores con respecto a las derivas de entrepiso y las deformaciones. Esto indica que la edificación no se encontraría menos sobredimensionada, dúctil y ligera. Finalmente, la NCh 433 de Chile muestra una ventaja con respecto a la E.030, ya que considera el comportamiento real que presenta el edificio para obtener el factor de reducción, por ende, también el espectro de diseño.

Teorías relacionadas

Sismos, causas y características

Los sismos, temblores o terremotos se generan por desplazamientos y deslizamientos de gigantescas porciones de la corteza terrestre conocidas como placas tectónicas, el rozamiento que existe entre las placas produce una gran

acumulación de presión durante un largo tiempo, así pues, cuando se llega al límite de resistencia del material que conforma las placas, comienza una ruptura en las zonas más propensas o en la zona de mayor concentración de esfuerzos, originando que las placas se desplacen bruscamente contra otras y liberando mucha energía.

Respecto a la interacción entre placas, Tavera aporta lo siguiente:

La superficie de roce entre placas no acumula energía de manera uniforme en toda su área de contacto, en realidad, existe una continua liberación en forma de sismos en algunas superficies, por lo tanto, existen otras áreas que pueden permanecer mucho tiempo acumulando energía, estas áreas son denominadas asperezas y son las zonas donde se podría asegurar se presentaran los sismos de gran magnitud. (2014, p.17).

Así mismo, sobre el lugar donde inicia la liberación de energía, Kious Jacquelyne contribuye lo sucesivo: “El punto de ruptura donde se irradian las vibraciones que pasaran a través de la tierra es llamado foco del terremoto y el punto geográfico directamente sobre el foco se llama epicentro del terremoto” (1996, p.60).

Además, la propagación de energía tanto por el interior como en la corteza de la Tierra es en forma de ondas. Se conocen dos tipos de ondas sísmicas, en primer lugar, las ondas internas, estas ondas transmiten compresiones y tensiones a lo largo de su trayectoria y se subdividen en dos: ondas P (primarias) y ondas S (secundarias). En segundo lugar, las ondas superficiales, que están integradas por ondas Rayleigh y ondas Love.

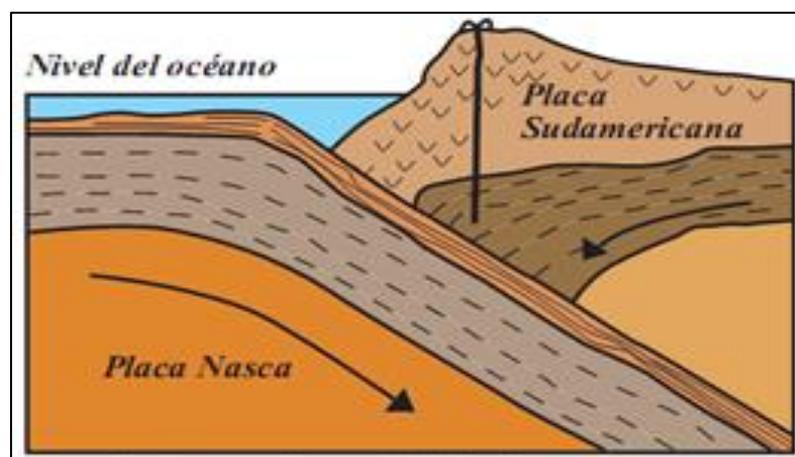


Figura 1. Subducción de placas tectónicas

Sobre las causas que generan los sismos respecto a la teoría del rebote elástico, Zhong-qi Quentin Yue, sostiene al respecto:

La corteza se puede dividir en placas tectónicas grandes y pequeñas, estas placas son impulsadas, empujadas y tiradas a causa del movimiento lento de las corrientes de convección en el material plástico caliente del manto, por consiguiente, estas placas tienen movimientos que alcanzan varios centímetros por año, a medida que las placas se mueven la energía de tensión-deformación puede acumularse y almacenarse en masas de roca, así pues, cuando la tensión excede al material en la superficie de almacenamiento de energía, esta sufre una ruptura que ocasiona un terremoto. Finalmente, cuanto mayor es la magnitud del terremoto, mayor es la longitud de la falla rota, esta ruptura puede ocurrir a lo largo de fallas preexistentes o recién formadas (2013, p.3)

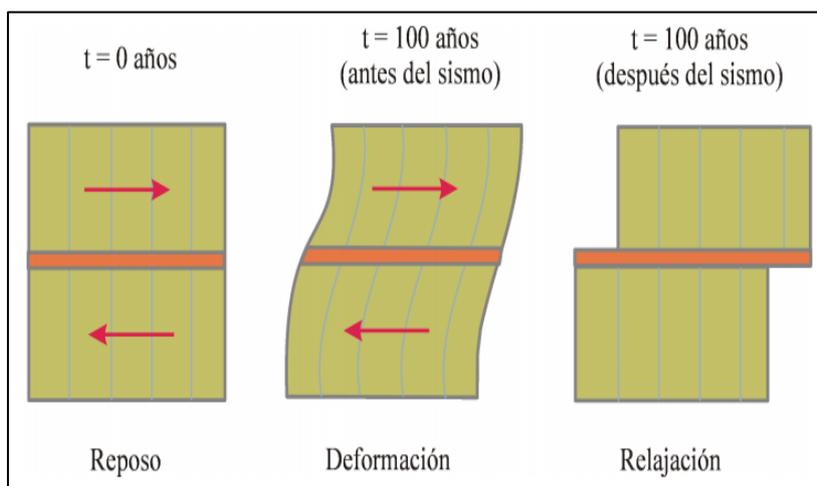


Figura 2. Teoría del rebote elástico

Al momento de estimar o definir qué tan grande fue un sismo, esto suele realizarse por dos parámetros con distintos significados. En primer lugar, la Intensidad del sismo, este es un parámetro cualitativo, puesto que, su función era asignar tamaño a sismos que tuvieron lugar en épocas con falta de instrumentación sismológica. En segundo lugar, la Magnitud del sismo, este es un parámetro cuantitativo puesto que se basa a medidas de instrumentos.

Por otro lado, la revista mexicana “Ciencia” nos aporta que:

Las escalas de magnitud e intensidad se emplean para cuantificar y poder medir los temblores. La más usada en estos días es la magnitud de momento sísmico (M_w),

que se obtiene a partir de la cantidad de proporción al área de ruptura y al deslizamiento que ocurra en la falla. (Espíndola, Víctor y Pérez, Xyoli, 2018, p.12).

MAGNITUD	DESCRIPCIÓN	EFFECTOS DEL SISMO	FRECUENCIA DE OCURRENCIA
Menos de 2.0	Micro	Los microsismos no son perceptibles	Alrededor de 8.000 al día
2,0 -2,9	Menor	Generalmente no son perceptibles.	Alrededor de 1.000 al día.
3,0 - 3,9		Perceptibles a menudo, pero rara vez provocan daños.	49.000 al año.
4.9 - 4,9	Ligero	Objetos se mueven en las habitaciones / Daños poco probables.	6.200 al año.
5,0 - 5,9	Moderado	Daños mayores a edificaciones débiles y mal construidas / Daños leves en edificaciones bien diseñadas.	800 al año.
6,0 - 6,9	Fuerte	Pueden ser destructivos en áreas pobladas, en hasta unos 160km a la redonda.	120 al año.
7,0 - 7,9	Mayor	Puede causar serios daños en extensas zonas.	18 al año.
8,0 - 8,9	Gran	Puede causar graves daños en zonas de varios cientos de Kilómetros.	1-3 al año.
9,0 - 9,9		Devastadores en zonas de varios miles de kilómetros.	1-2 cada 20 años.
10	Épico	Nunca registrado.	En la historia de la humanidad nunca ha sucedido un evento así.

Figura 3. Magnitud de momento Sísmico (M_w)

Efectos sísmicos en las estructuras

Acción del sismo en estructuras

Las ondas sísmicas recorren el suelo desde el foco o hipocentro hasta la fundación de las estructuras, durante este recorrido, dichas ondas pueden sufrir efectos de atenuación o resonancia, esto dependerá del material que atraviesan en el subsuelo, pues se conoce que el movimiento se manifiesta de distinta manera dependiendo de las características dinámicas del terreno, y esto genera efectos de sitio.

Un sismo no produce daños a las estructuras por impacto como lo podría realizar un equipo de demolición, principalmente los daños se deben a la fuerza de inercia que se generan a partir de la vibración de la masa de las estructuras. Esta vibración

se produce en diversas direcciones, siendo algunas más peligrosas que otras, al respecto, C.V.R Murty aporta lo siguiente:

Los sismos provocan sacudidas en el suelo en las seis direcciones, la agitación horizontal a lo largo de las direcciones X e Y, sigue siendo de mayor preocupación, pues estos componentes generan los daños más significativos en las estructuras, por otro lado, debido a que los factores de seguridad que se emplean en el diseño de estructuras son para resistir las cargas producidas por la gravedad, la mayoría de las estructuras tienden a ser adecuadas contra las sacudidas verticales. (2002, p.2)

Por ende, los diseños estructurales se deben realizar teniendo consideración a las fuerzas laterales impuestas por el sismo, es por ello, que Ruiz y Sarria (2002), nos comentan que: Las normas de diseño sismorresistente, consideran de manera general en los diseños sísmicos, que las estructuras puedan soportar las demandas que la componente sísmica horizontal generaran sobre ellas. (p.42).

Por otro lado, cuando se superpone a una estructura a movimiento horizontal del terreno, la subestructura tiende a seguir el movimiento del terreno, mientras que la superestructura se resiste a seguir el movimiento de la subestructura, generándose así, las fuerzas inerciales. Estas fuerzas inerciales que interactúan con la estructura dependen de su altura y de su masa, así mismo, dependen de la aceleración del sismo. Podemos asociar a estas fuerzas laterales a la segunda ley de Newton ($F=m.a$), es decir, que las fuerzas inerciales aplicadas a las estructuras son idénticas a la masa de dicha estructura multiplicada por la aceleración del sismo.

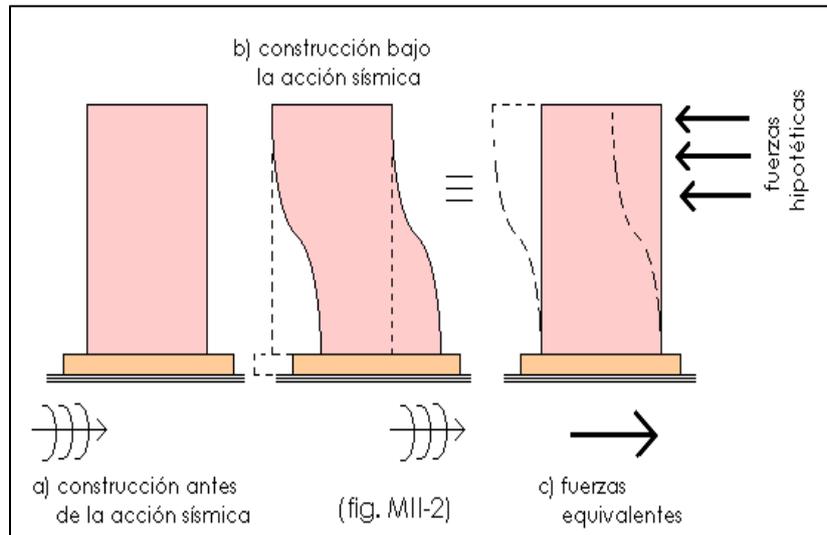


Figura 4. Fuerzas de inercia generadas por los movimientos sísmicos

Las propiedades estructurales que debe suministrarse a una estructura deben ser tales que controlen su respuesta a fuerzas laterales. (Martinez,2013, p.79). Efectivamente, las fuerzas inerciales o horizontales causan un desplazamiento de la estructura, cuando esta fuerza cesa el edificio regresa a su posición original por las propiedades elásticas de dichos materiales. Si el régimen elástico de algún material de la estructura sobrepasa sus límites dúctiles, este puede deformarse sin tender a recuperar su forma o simplemente responder a una falla frágil.

Algunos efectos comunes de los sismos en estructuras son:

- **Desplazamientos**

“El desplazamiento de piso es igual a la relación entre el desplazamiento total de la estructura con respecto al suelo y existen límites máximos permitidos prescritos en diversos códigos. (Singh, 2018, p.2).

- **Distorsión de entrepiso**

La deriva entre niveles es la diferencia entre los desplazamientos de techo y piso de cualquier piso dado a medida que el edificio

se balancea durante el terremoto, entre la altura del piso.
(Singh,2018, p.2).

Finalmente, existen malas prácticas comunes en los procesos que se realizan para idealizar la estructura, estas pueden contribuir en mayorar los efectos del sismo, sobre estas malas prácticas, el Ingeniero Blanco, nos comenta que : Los daños importantes en estructuras, pueden ser la consecuencia de estudios de suelos errados, la pésima calidad de los materiales, un diseño arquitectónico y estructural inadecuado, por último, deficiencia en los sistemas constructivos así como en la supervisión de obras. (2012, p.82).

Respuesta sísmica de las estructuras

La respuesta de las estructuras a las consecuencias de los sismos es de carácter dinámico, por lo que dependerá de los rasgos elásticos de los elementos estructurales, frecuencias propias de vibración y el amortiguamiento de la estructura. Es decir, las características de respuesta de la estructura para poder resistir un sismo dependen de su resistencia y ductilidad, esta última, trata de resistir la aceleración del movimiento del suelo producto del sismo [...] (Zheng,2019, p.4).

Para entender de una mejor manera la respuesta de las estructuras, Bazán y Meli, explican que:

Se puede idealizar a la estructura compuesta por un grado de libertad con su mismo periodo fundamental. Este sistema será sometido a la acción de la aceleración del terreno producida por el sismo, como consecuencia obtendremos gráficos que contendrán los puntos de respuesta elástica máxima del sistema, a esto se le conoce como "Los espectros de respuesta de la estructura". Las ordenadas del espectro de respuesta corresponden a los desplazamientos, aceleraciones o velocidades de la masa, por otra parte, las abscisas se definen como frecuencias o períodos (2004, p.32).

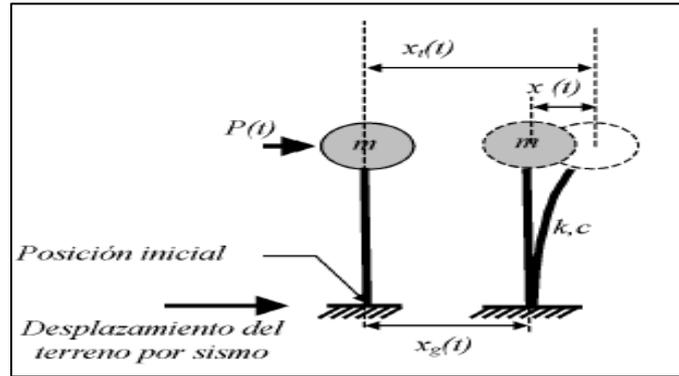


Figura 5. Sistema de un grado de libertad

Las respuestas en estructuras, pueden tener un estimado analizando los espectros de respuesta de estos sistemas idealizados, para esto se toma en cuenta que cada modo de vibración natural tiene el comportamiento de un oscilador simple con frecuencia propia. Uniendo las respuestas en cada modo, se obtiene un valor muy aproximado de la respuesta global estructural. Este procedimiento se denomina análisis modal espectral y es uno de los más conocidos para evaluar la respuesta sísmica estructural.

Un diseño no óptimo de estructuras desarrollado sin tener en cuenta las fuerzas de inercia además de los efectos de sitio, pueden desencadenar un mal comportamiento sísmico. La IAEE (International Association for Earthquake Engineering) sostiene que: “[..] la condición del sitio afecta significativamente el daño del edificio[.]” (2004, p.5). Así mismo, se pueden presentar diferentes fallas por no tener en consideración el suelo que soporta la estructura, respecto a esto, Moehle Jack (2015), señala que: “Las fallas del suelo están asociadas a ruptura de superficie, deslizamientos de tierra y licuefacción del suelo” (p.43).

Además, existe un problema fundamental conocido como resonancia, este fenómeno es perjudicial para las estructuras, en cuanto a lo anteriormente dicho, FEMA 454 (2006), señala lo siguiente:

Si no se tienen en cuenta los efectos de sitio, no se podrá conocer una acertada frecuencia de las ondas de aceleración del sismo, y si esta logra coincidir con la

frecuencia natural de la estructura, podría desencadenar el fenómeno de resonancia produciendo así, probablemente, el derrumbe del edificio. Por otro lado, se debe evaluar constantemente las estructuras después de un terremoto, debido que, las estructuras comienzan a agrietarse generando que su periodo se acerque al periodo del suelo en futuros eventos telúricos (p.9).

Ocasionalmente, las estructuras de pocos pisos tienen una frecuencia natural alta, por lo que son más susceptibles a eventos telúricos que se hayan originado cerca, pues estos son los que se relacionan con ondas sísmicas de alta frecuencia; caso contrario sucede con los edificios altos, ya que, estos presentan frecuencias naturales bajas, convirtiéndose en los más vulnerables a sismos que se hayan generado lejos cuyas ondas sísmicas son de baja frecuencia.

Finalmente, las irregularidades en la planta y en la elevación, la carencia de rigidez en las secciones de concreto armado y la falta de ductilidad de las estructuras, también pueden contribuir en su respuesta ante un sismo. Estas características se pueden regular desde que las estructuras están en proyecto, realizando un adecuado diseño sísmico, por ello, Bonett nos comenta que: [...] Se ha comprobado, que un sistema estructural que ha sido mal concebido desde sus inicios no logra una adecuada respuesta ante sismos, por tanto, se recomienda necesario realizar un seguimiento riguroso en las etapas de análisis, diseño, detallado y construcción. (2003, p.171).

- **Comportamiento sísmico**

“El comportamiento sísmico es la forma como responde toda estructura en términos de desplazamientos y deformaciones, ante la aplicación de fuerzas externas [...]” (Crainic, 2019, p.15). Estas fuerzas externas pueden ser producto de los movimientos del sismo, explosiones, etc.

Bolaños refuerza lo anterior diciendo que:

El desempeño que muestra una edificación determina su comportamiento, por otro lado, se considera un desempeño satisfactorio si la estructura en estudio sometida a un movimiento sísmico de distintas intensidades recibe menores resultados a los que establecen las normas (2015, p. 53).

Fallas en Muros

Fallas en muros de concreto armado

Los muros portantes fallan de múltiples formas, además presentan diversas respuestas sísmicas los muros de concreto armado. Por ejemplo, en el estudio realizado a 43 muestras de muros de corte por Tang y Su, deja en evidencia que: “Los modos de falla comprenden a falla por flexión, aplastamiento de la banda o elementos delimitadores, pandeo del refuerzo longitudinal y grietas de tensión diagonales de 45 grados” (2014, p.111).

Así mismo, Tang T.O y R.K.L. Su (2014, p.111), nos mencionan las fallas típicas que se pueden observar en muros de concreto armado:

- a) Falla de corte deslizante,
- b) Falla de flexión,
- c) Falla de tensión diagonal,
- d) Falla de compresión diagonal,
- e) Falla de bisagra deslizante o deslizamiento en la base

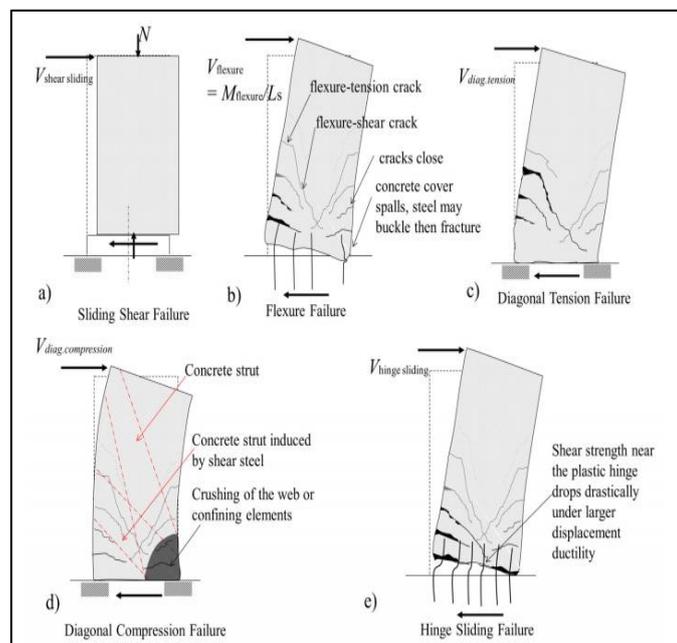


Figura 6. Tipos de falla en muros

Para definir la Falla por flexión, San Bartolomé, Quiun y Silva, comentan que

Este tipo de falla se produce cuando la capacidad de resistencia a la fuerza cortante (producida por el refuerzo horizontal y el concreto) supera a la de flexión (ocasionada por el refuerzo vertical y la carga axial). Esta falla se determina por el balanceo del muro en función a sus extremos, transmitiéndose gran parte de la carga vertical [...], por el extremo en compresión, lo que puede originar la trituración del concreto con el seguido pandeo del refuerzo vertical, [...]. (2010, p. 38).

Además, Escolano y Benavent (2012), aportan lo siguiente: “[...] Está claro que un modo de falla por flexión es preferible a la falla de corte frágil, sin embargo, incluso las paredes controladas por flexión pueden tener una capacidad de deriva limitada (p.1).

Para definir la Falla por corte, San Bartolomé, Quiun y Silva, comentan que:

La falla por corte se origina en los muros de concreto armado cuando la capacidad resistente a fuerza cortante es menor a la de flexión. Esta falla se manifiesta con la presencia de grietas diagonales [...], semejante a una falla por flexión, los talones del muro pueden triturarse con y en consecuencia el pandeo del refuerzo vertical, esto si el extremo carece de estribos de confinamiento. (2011, p. 4).

Para definir la Falla por corte – cizallaje o Deslizamiento, San Bartolomé, Quiun y Silva, comentan que:

En general, este tipo de fallas es una variación de la falla por flexión, generada al conectarse las dos grietas formadas por flexión por ambos extremos del muro [...]. Esta falla se produce por lo general en las juntas de construcción del muro [...]; se empeora cuando se produce segregación del concreto, cuando las juntas son lisas o cuando los traslapes del refuerzo vertical son armados en la misma sección transversal [...]. También, cuando se diseña al refuerzo vertical por flexión, sin considerar que en paralelo actúa la fuerza cortante, admitiendo sus valores máximos cuando se produce el sismo [...]. (2011, pág. 5).

Para definir la Falla por tensión diagonal, Pérez y Manzano, comentan que, “Esto se muestra cuando un muro interactúa con las solicitaciones de flexión generando que una parte de la sección transversal del muro se tense, [...] [en

consecuencia], tiene una repercusión en la carga lateral que produce el agrietamiento por tensión diagonal”. (2013, pág. 3).

Para precisar sobre la Falla de compresión, el Ingeniero estructural Susumo Kono, nos define que: “La falla por compresión de flexión ocurre cuando la deformación por compresión del concreto en la región límite excede la deformación límite de compresión” (2019, pág. 5). Además, comenta que este tipo de falla se dio de manera frecuente en diversos muros en el terremoto de Chile en el año 2010.

Por otro lado, Takahashi (2013), aporta que: Para evitar fallas de compresión por flexión en muros fajo fuerzas sísmicas, se requiere que la zona de compresión sea reforzada bajo el requisito del elemento límite especial de confinamiento (p.15). Además, Adebar, añade que: “los muros de hormigón generalmente no tienen ataduras laterales y, por lo tanto, el concreto puede fallar muy repentinamente con deformaciones de compresión de alrededor de 0.0015” (2012, p.2).

Paras muchos edificios de concreto de altura media y alta en regiones sísmicas, las cargas sísmicas son resistidas por muros de concreto reforzado que responden principalmente en flexión. Bajo carga lateral, las paredes de flexión pueden sufrir daños por compresión al concreto y barras de refuerzo, así como la ruptura de tracción del refuerzo, teniendo perdida de la resistencia lateral como resultado de uno o más de estos mecanismos de daño. (Lowes, 2019, p.4)

Criterios de Estructuración

Simetría en Estructuras

Para lograr entender mejor el comportamiento sísmico de una estructura, esta debe ser lo más simple y simétrica posible, con respecto a la simetría en estructuras, el ingeniero Blanco (1994) aclara que: La estructura debe ser completamente simétrica, esta característica desencadenara una cercanía o similitud entre los centros de rigidez y de masa, por consiguiente, se evitarán efectos torsionales que podrían generar el colapso de la estructura (p.6).

Resistencia

“En la ingeniería, la resistencia que presenta un elemento cualquiera se define como la capacidad para soportar solicitaciones aplicadas sin llegar al estado de rotura, produciendo deformaciones temporales o permanentes”. (Ottazzi, 2004).

Las estructuras están conformadas por elementos estructurales como las columnas, vigas, losas y placas. Así también, las estructuras son diseñadas para resistir el peso propio y las fuerzas de inercia producto del sismo cuando este ocurra. Por consiguiente, Blanco nos dice que: “para garantizar que una estructura sea estable, así como cada uno de sus elementos estructurales, dicha estructura deberá aportar una adecuada resistencia sísmica en todas las direcciones (p.7).

Ductilidad

“La ductilidad está definida como la propiedad de una estructura para soportar deformaciones una vez alcanzado su límite elástico, es decir, la capacidad de deformarse dentro de rango inelástico sin colapsar”. (Ottazzi, 2004).

Así mismo, el estudio de la ductilidad de una estructura nos permite un profundo estudio por capacidad última, de esta manera se puede diseñar de una manera más optimas las estructuras, en cuanto a los diseños sísmicos por ductilidad, Gioncu (2000) nos comenta que: En el diseño resistente frente a los sismos, el término ductilidad es utilizado para determinar el comportamiento sísmico en estructuras, de acuerdo a la cantidad de energía sísmica que se puede reducir a través de deformaciones plásticas (2000, p.3).

Finalmente, se conoce que el concreto armado es un material con muy buena ductilidad, como consecuencia, es el material que se usa con más frecuencia en la construcción de estructuras sismorresistentes, para comprender las propiedades dúctiles de este material, Wendel y Keller comentan que:

La ductilidad es una de las propiedades más importantes dentro del comportamiento de una estructura de concreto armado ante sismos de gran magnitud y poco frecuentes. El comportamiento dúctil de un elemento de concreto armado se logra esencialmente por la ductilidad del acero de refuerzo, permitiendo lograr grandes deformaciones

después de superar el límite de elasticidad. Contradictorio a lo que sucede con el concreto, el cual es un material frágil y presenta poca resistencia a la tracción. (2013, p.4).

Continuidad de la estructura

El Ingeniero Blanco (1994) señala que: “La estructura tiene que presentar continuidad en planta y elevación, esta debe estar compuesta por elementos que no varíen bruscamente su rigidez, para contrarrestar concentraciones de esfuerzos (p.9). Frecuentemente, se ve falta de criterio con la continuidad de los elementos estructurales en edificaciones que presentan estacionamiento en niveles inferiores.

Rigidez

Para que una estructura sea lo suficientemente rígida, debe estar constituida por elementos estructurales que aporten rigidez, si en el diseño se quiere aumentar la rigidez se puede incrementar la sección de los elementos estructurales o cambiarlos por elementos que aporten mucha más rigidez. Por otro lado, es clave tener una definición concisa sobre rigidez, por tanto, Ottazzi describe que: “La rigidez está definida como la propiedad de un material para resistir la deformación, esta propiedad se cuantifica a través del módulo de Elasticidad” (2004, p.104).

ANÁLISIS DINAMICO MODAL ESPECTRAL

El análisis sísmico modal espectral se fundamenta en el cálculo del análisis matricial; el cual, empleando el método de superposición de desplazamientos, permitiendo obtener los desplazamientos y fuerzas en los nudos de la estructura a través de la siguiente fórmula:

$$[F] = [K] * [U]$$

F: Vector de fuerzas Externas de la estructura

U: Vector de Desplazamiento de la estructura

K: Matriz de rigidez de la estructura

Por otra parte, se basa en el análisis tridimensional, el cual, a través de la matriz de rigidez, permite conocer los esfuerzos de tracción, compresión, corte, momento flector y torsión de cada elemento que compone el sistema. La matriz de rigidez posee la siguiente estructura.

$$[K] = \begin{bmatrix} \frac{AE}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{AE}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EIx}{L^2} & 0 & 0 & 0 & -\frac{6EIx}{L^2} & 0 & -\frac{12EIx}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EIx}{L^2} \\ 0 & 0 & \frac{12EIy}{L^2} & 0 & -\frac{6EIy}{L^2} & 0 & 0 & 0 & -\frac{12EIy}{L^2} & 0 & -\frac{6EIy}{L^2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{GJ}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{GJ}{L} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{6EIy}{L^2} & 0 & \frac{4EIy}{L} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EIy}{L^2} & 0 & \frac{2EIy}{L} & 0 \\ 0 & \frac{6EIx}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{4EIx}{L} & 0 & -\frac{6EIx}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{2EIx}{L} \\ -\frac{AE}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{AE}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EIx}{L^2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{12EIx}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EIx}{L^2} \\ 0 & 0 & -\frac{12EIy}{L^2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{12EIy}{L^2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{GJ}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{GJ}{L} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{6EIy}{L^2} & 0 & \frac{2EIx}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{4EIy}{L} & 0 \\ 0 & \frac{6EIx}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{2EIx}{L} & 0 & -\frac{6EIx}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{4EIx}{L} \end{bmatrix}$$

Es importante indicar que dicha matriz la encontramos en coordenadas locales, en consecuencia, para poder ser hallada con los demás elementos de la estructura es necesario efectuar la compatibilidad geométrica de la misma, es decir, cambiar la matriz a coordenadas globales, método que se realiza con el uso de la Matriz de transformación [T], donde “x”, “y” y “z” las posiciones de los elementos con respecto al origen de ejes global.

$$[T] = \begin{bmatrix} [T^*] & 0 & 0 & 0 \\ 0 & [T^*] & 0 & 0 \\ 0 & 0 & [T^*] & 0 \\ 0 & 0 & 0 & [T^*] \end{bmatrix}_{12 \times 12}$$

$$[T^*] = \begin{bmatrix} \frac{\cos \theta_x}{\sqrt{(\cos \theta_x)^2 + (\cos \theta_z)^2}} & \frac{\cos \theta_y}{\sqrt{(\cos \theta_x)^2 + (\cos \theta_z)^2}} & \frac{\cos \theta_z}{\sqrt{(\cos \theta_x)^2 + (\cos \theta_z)^2}} \\ -\frac{\cos \theta_x \cdot \cos \theta_y}{\sqrt{(\cos \theta_x)^2 + (\cos \theta_z)^2}} & 0 & -\frac{\cos \theta_y \cdot \cos \theta_z}{\sqrt{(\cos \theta_x)^2 + (\cos \theta_z)^2}} \\ -\frac{\cos \theta_z}{\sqrt{(\cos \theta_x)^2 + (\cos \theta_z)^2}} & 0 & -\frac{\cos \theta_x}{\sqrt{(\cos \theta_x)^2 + (\cos \theta_z)^2}} \end{bmatrix}$$

$$\cos \theta_x = \frac{x_2 - x_1}{L}$$

$$\cos \theta_y = \frac{y_2 - y_1}{L}$$

$$\cos \theta_z = \frac{z_2 - z_1}{L}$$

$$L = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

Luego de obtener la matriz de rigidez del elemento en coordenadas locales [ke] y su matriz de transformación [T], se procede con el cálculo de la matriz de rigidez global del mismo [k']:

$$[k'] = [T]^T \cdot [k^e] \cdot [T]$$

Luego que las matrices de los elementos del sistema, se expresan en coordenadas globales, se procede con el ensamble de la Matriz de rigidez de la estructura en las coord. globales [K].

Seguidamente, se realiza la condensación estática o método de reducción matricial, la cual se basa en reducir las dimensiones de la matriz de rigidez [K] para que solamente incluya los grados de libertad importantes de la estructura; es decir, si la matriz de rigidez posee grados de libertad donde no se presentan esfuerzos o son muy pequeños, se podrá acortar la matriz particionándola de manera vertical y/u horizontal conforme se encuentren dichos grados de libertad.

Cabe recalcar que esta reducción también se emplea en la matriz de fuerzas y desplazamientos de la estructura, fraccionando las fuerzas nulas y los desplazamientos producidos por las mismas como se muestra a continuación:

$$\begin{bmatrix} P_c \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_0 & K_1 \\ k_2 & K_3 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} U_c \\ U_o \end{bmatrix}$$

Operando y reemplazando los valores obtenidos se separa la Matriz de la estructura reducida [Kc], la cual, dado que en la condensación estática se tomó en cuenta únicamente los valores que proporcionan rigidez lateral en función a las direcciones de análisis, es igual a la matriz de rigidez lateral [KL]:

$$[K_c] = [KL] = \left[[K_0] - [K_1] \cdot [K_3]^{-1} \cdot [K_2] \right]$$

Hasta el momento, tenemos calculado la matriz de rigidez lateral en coordenadas globales; sin embargo, debido a que, para la finalidad del cálculo, las traslaciones "Dx", "Dy" y el giro torsional (σ) se encuentran en el centro de masa, se debe definir la matriz de rigidez en un plano paralelo al plano X-Y.

Para ello, se empleará la matriz de compatibilidad [A], la cual relaciona las coordenadas del centro de masa del diafragma rígido con las coordenadas globales de la estructura. Esta matriz está compuesta de la siguiente forma:

$$A^{(i)} = \begin{bmatrix} \cos \alpha & & \sin \alpha & & r_1 & & \\ & \cos \alpha & & \sin \alpha & & r_2 & \\ & & \dots & & & & \\ & & & \cos \alpha & & \sin \alpha & \\ & & & & \dots & & \\ & & & & & & r_n \end{bmatrix}$$

Donde el ángulo "α" es la orientación del elemento o los conjuntos de elementos resistentes con respecto al eje x, y "r" es la distancia del elemento o conjunto de elementos resistentes hacia el centro de masa.

Finalmente se obtiene la Matriz de rigidez lateral en coordenadas de piso [KE]:

$$[KE] = \sum_{i=1}^n [A^{(i)}]^T \cdot [KL^{(i)}] \cdot [A^{(i)}]$$

Luego, se calcula la Matriz de masa de inercia [M], esta depende de la masa de cada nivel (m) y el momento de inercia de la masa de cada entrepiso (J).

$$M_{(i)} = \begin{bmatrix} m_{(i)} & & \\ & m_{(i)} & \\ & & J_{(i)} \end{bmatrix}$$

Esta se halla mediante la siguiente expresión, donde a y b son las dimensiones del diafragma rígido de entrepiso.

$$J_i = \frac{m_i}{12} * (a^2 + b^2)$$

Finalmente, al operar la matriz de rigidez [KE] y la matriz de masa [M] se obtienen los valores propios (λ) y los modos de vibración (ϕ) según la siguiente ecuación:

$$([KE] - \lambda \cdot [M]) \cdot \phi = 0$$

Luego de ello, se continua con satisfacer las condiciones de ortogonalidad de los modos de vibración a través de las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} [\phi]^T \cdot [M] \cdot [\phi] &= [I] \begin{cases} \{\phi\}_i \cdot [M] \cdot \{\phi\}_i = 0, \text{ para } i \neq j \\ \{\phi\}_i \cdot [M] \cdot \{\phi\}_i = 1, \text{ para } i = j \end{cases} \\ ([\phi]^T \cdot [K] \cdot [\phi] = [\Omega]) &\begin{cases} \{\phi\}_i \cdot [M] \cdot \{\phi\}_i = 0, \text{ para } i \neq j \\ \{\phi\}_i \cdot [M] \cdot \{\phi\}_i = \lambda, \text{ para } i = j \end{cases} \end{aligned}$$

Donde $[\phi]$ es la matriz modal del sistema y $[\Omega]$ es la matriz diagonal que contiene los valores propios (λ_i).

Luego, para conocer los modos de vibración reales del sistema, se realiza la normalización de tales modos utilizando la siguiente expresión:

$$\{\phi\}_i^T \cdot [M] \cdot \{\phi\}_i = 1$$

Seguidamente, los factores de participación modal (γ_i) se obtienen a través de la siguiente ecuación:

$$\gamma_i = \frac{(\phi^i)^T \cdot M \cdot 1}{(\phi^i)^T \cdot M \cdot (\phi^i)}$$

Las fuerzas laterales se calculan en función del espectro de pseudo-aceleración, del factor de participación modal y de los modos de vibración, con la siguiente formula:

$$P^{(i)} = \gamma_i * S_{di} * M * \mu * \phi^{(i)}$$

Finalmente, como lo expresa la Norma E.030, para el cálculo de la respuesta máxima elástica esperada (r) respecto al efecto conjunto de los diferentes modos de vibración empleados, se emplea el criterio de combinación cuadrática completa (CQC) que se muestra a continuación:

$$r = 0.25 * \sum_{i=1}^m |r_i| + 0.75 * \sqrt{\sum_{i=1}^m r_i^2}$$

El método modal espectral en síntesis se emplea para hallar los desplazamientos y las fuerzas de las estructuras, se fundamenta en que el suelo transmite vibración a los elementos. Este método simula a la estructura como un péndulo invertido. Cada péndulo representa un modo de vibración por lo tanto poseen una frecuencia natural, condicionada por la rigidez. El proceso para desarrollar

el análisis representa una gran dificultad al a hora de ejecutar, razón por la cual se recurre a los espectros de diseño. Los resultados obtenidos del método son los valores máximos de desplazamientos y aceleraciones en cada modo de vibración, usando los espectros que en general son establecidos por los requisitos de las normas de diseño sismo resistente de cada país. (Rodríguez, 2016).

Norma de diseño sismorresistente E.030 del 2018 y la norma colombiana de diseño sísmico NSR-10 modificada en el 2012

Filosofía y principios de Diseño sismorresistente – Norma E.030.

Se tomó en cuenta las características más importantes para el análisis comparativo entre las dos Normas, los cuales son la Filosofía y los Principios de Diseño Sismorresistente.

La filosofía del Diseño Sismorresistente de la Norma E.030 consistente en:

- ✓ Prevenir la pérdida de vidas humanas.
- ✓ Garantizar la continuidad de los servicios básicos
- ✓ Minimizar los daños en las estructuras.

La E.030 considera que brindar seguridad completa frente a todos los sismos no es técnica ni económicamente posible para gran parte de las estructuras.

Filosofía y principios de Diseño sismorresistente – NSR-10

El reglamento de construcciones sismo resistente, NSR-10 colombiano, tiene por objeto:

1. Reducir el riesgo al mínimo para evitar la pérdida de vidas humanas, y defender el patrimonio del Estado y de los ciudadanos.

2. Las edificaciones diseñadas con el reglamento deben ser capaces de resistir las solicitaciones que le impone su uso, temblores de poca intensidad sin daño, temblores moderados con posibles daños en elementos no estructurales y un temblor fuerte con daños severos, pero sin colapso.
3. Además de la defensa de la vida humana, con lo prescrito en el Reglamento, se admite la protección en alguna medida el patrimonio.
4. Los movimientos sísmicos de diseño que están definidos en el Reglamento, se relacionan a los movimientos que serían ocasionados por un sismo fuerte, por tanto, si ocurriera un sismo con características similares, es de esperarse que las estructuras diseñadas presenten daños estructurales y no estructurales reparables.
5. Para edificaciones indispensables diseñadas con lo prescrito en el Reglamento, se espera que el daño producido por movimientos sísmicos similares a los de diseño, sean reparables y no afecten la operación, ocupación inmediata y continuidad de la edificación.

Los principios de sismo resistencia contemplados en la Norma NSR-10 son:

PRINCIPIOS	GRUPOS DE USO	PRINCIPIOS	GRUPOS DE USO
1. Forma regular	La geometría de la edificación debe ser sencilla en planta y en elevación, ya que esta forma favorece aún mejor comportamiento de la edificación durante el sismo, evitando que la estructura sufra torsión, y hace que tenga en sus esquinas una mayor resistencia a las fuerzas que se generan allí.	2. Bajo peso	Se debe recurrir a materiales livianos en la construcción, especialmente en las cubiertas, y a que entre más liviana sea la edificación, menor será la fuerza que tendrá que soportar cuando ocurra un terremoto.
3. Mayor rigidez	Es deseable que la estructura se deforme poco cuando se mueve ante la acción de un sismo. De ahí que el cálculo de los elementos estructurales de la edificación deba cumplir con lo establecido en las NSR. Asimismo, en el momento de la construcción se deben seguir estrictamente las especificaciones que hay a establecido el ingeniero o calculista	4. Buena estabilidad	Las edificaciones deben ser firmes y conservar el equilibrio cuando son sometidas a las vibraciones de un terremoto. Cuando una cimentación es deficiente las estructuras se pueden volcar o deslizar.
5. Suelo firme y buena cimentación	La cimentación debe ser apta para transmitir con seguridad el peso de la edificación al suelo. La capacidad del suelo debe ser dura y resistente. Los suelos blandos, amplifican las ondas sísmicas y facilitan asentamientos nocivos en la cimentación que pueden afectar la estructura y facilitar el daño en caso de sismo.	6. Estructura apropiada	Para que una edificación soporte un terremoto, su estructura debe ser sólida, simétrica, uniforme, continua o bien conectada. Cambios bruscos en sus dimensiones, su rigidez, falta de continuidad, una configuración estructural desordenada o voladizos excesivos, facilitan la concentración de fuerzas nocivas, torsiones y deformaciones que pueden causar graves daños o el colapso de una edificación.
7. Materiales aptos, de buena calidad	Los materiales deben ser de buena calidad, para garantizar una adecuada resistencia y capacidad de la estructura para absorber y disipar la energía que el sismo le otorga a la edificación cuando se sacude.	8. Calidad en la construcción	Se deben cumplir los requisitos de calidad y resistencia de los materiales y acatar las especificaciones de diseño y construcción.

Figura 7. Principios de sismo resistencia NSR-10

2.2.7. Zonificación Sísmica

Las zonas donde se encuentren ubicadas las estructuras son fundamentales en el proceso de cálculo de la cortante basal. La Norma E.030 divide el territorio nacional en cuatro zonas sísmicas, cada una de estas zonas cuenta con un factor Z el cual se grafica en la Figura 8, dicho factor representa la aceleración horizontal del suelo como fracción de la gravedad.



Figura 8. Zonas sísmicas en Perú.

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1

Figura 9. Factores de zona

Para Colombia, de acuerdo a Norma vigente NSR-10, las zonas de amenaza sísmica están dividida en tres dentro de todo su territorio, dependiendo de las regiones ubicadas en estas zonas se lograrán obtener los parámetros A_a y A_v que rigen el Movimiento Sísmico de Diseño. Las zonas de amenaza sísmica son las siguientes que se muestran a continuación:

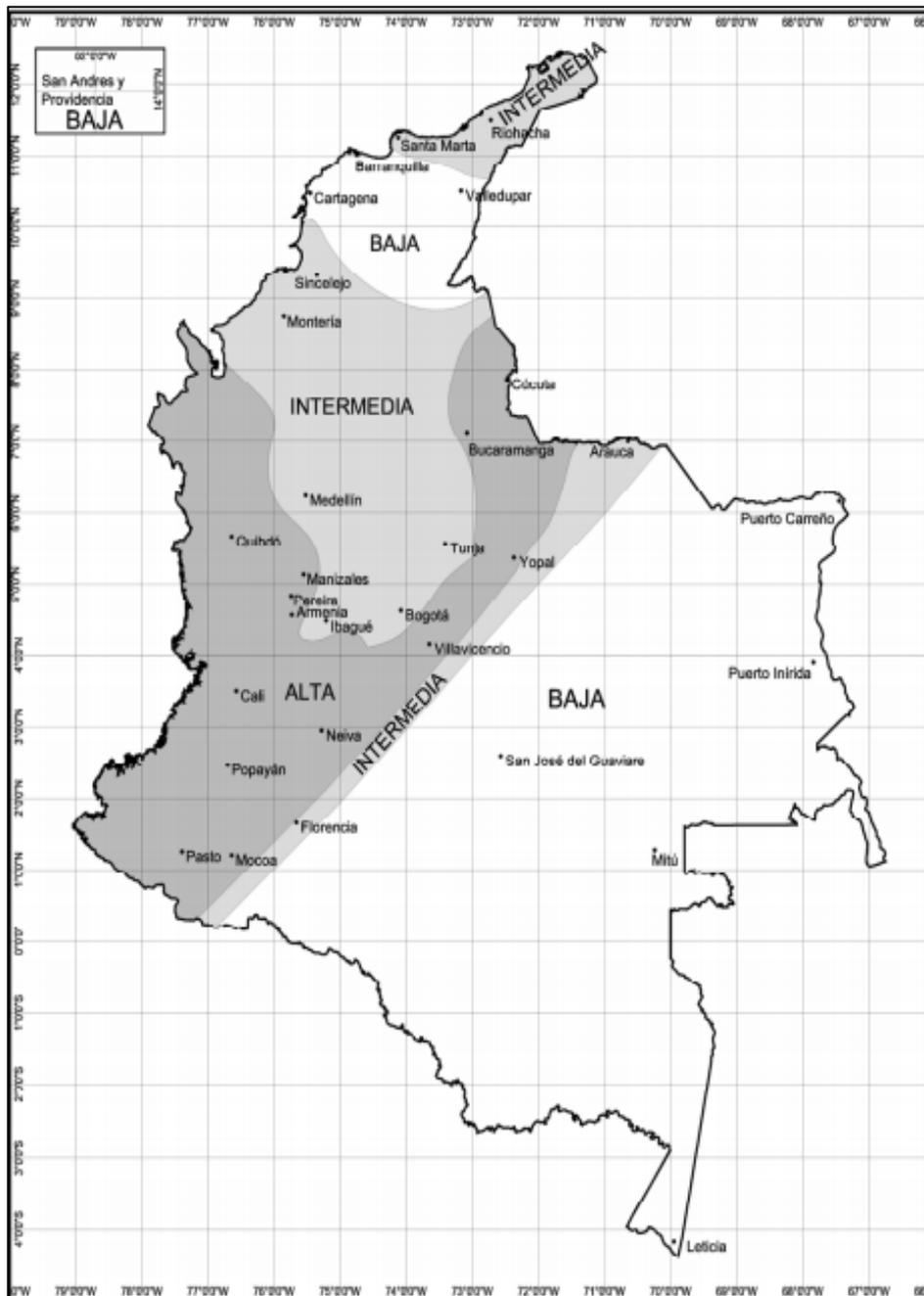


Figura 10. Zonas de amenaza sísmica en Colombia.

Se puede observar que en Colombia las zonas de amenaza sísmica se pueden clasificar en: baja, intermedia y alta. Para cada una de estas zonas les corresponden determinadas regiones en el País, así mismo, a cada región se le asignan los valores de sus coeficientes de aceleración.

Mayor valor entre Aa y Aw	Region N°	Amenaza Sismica
0.50	10	Alta
0.45	9	Alta
0.40	8	Alta
0.35	7	Alta
0.30	6	Alta
0.25	5	Alta
0.20	4	Intermedia
0.15	3	Intermedia
0.10	2	Baja
0.05	1	Baja

Figura 11. Movimientos sísmicos de diseño

Perfiles de Suelo

A continuación, se presentarán los 4 tipos de perfiles de suelo según la Norma E.030.

- **Suelo Tipo S0: Roca Dura:**

El tipo S₀ corresponde a las rocas buenas con una velocidad de extensión de ondas Vs mayor de 1500 m/s.

- **Suelo Tipo S1: Roca o suelos muy Rígidos:**

El tipo S₁ corresponde a las rocas con distintos grados de rotura, de macizos homogéneos y de suelos suficientemente rígidos con velocidades de extensión de onda de corte Vs entre 500 m/s y 1500 m/s.

- **Suelo Tipo S2: Suelos Intermedios:**

El tipo S₂ corresponde a los suelos moderadamente rígidos, con velocidades de extensión de onda de corte Vs entre 180 m/s y 500 m/s.

- **Suelo Tipo S3: Suelos Blandos:**

El tipo S₃ corresponde a los suelos flexibles con velocidades de alcance de onda de corte Vs, menor o igual a 180 m/s.

- **Suelo Tipo S4: Condiciones Excepcionales:**

El tipo S₄ corresponde a los suelos extraordinariamente flexibles y los lugares donde el estado geológico y/o topográfico son particularmente adversos, en los cuales se necesita efectuar un estudio específico para el sitio. Solo será esencial considerar un perfil tipo S₄ cuando el Estudio de Mecánica de Suelos así lo determine.

Para los efectos de la Norma E.030, las clasificaciones de los perfiles de suelo se realizarán teniendo en cuenta la velocidad promedio con la que se propagan las ondas de corte (V_s), el promedio ponderado de los N_{60} , y el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada (S_u), en la siguiente tabla se muestra la clasificación de los perfiles mediante estos parámetros tomados en cuenta.

CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	V_s	N_{60}	S_u
S ₀	> 1500 m/s		
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	>50	> 100 kPa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S ₃	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S ₄	Clasificación basada en el EMS		

Figura 12. Clasificación de los perfiles de Suelo en Perú

Para la Norma NSR-10, se cuenta con seis tipos de perfiles de suelo, cuya clasificación y descripción se observa en la siguiente tabla:

Tipo de Perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s $> V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante,	760 m/s $> V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios.	$N \geq 50$, o $S_u \geq 100$ kPa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s $> V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15$, o 100 kPa $> S_u \geq 50$ kPa
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante,	180 m/s $> V_s$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3m de arcillas blandas	$IP > 20$, $w \geq$ 40% 50 kPa $> S_u$
F	<p>Los perfiles de suelo tipo F requieren evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:</p> <p>F1 - Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o debilmente cementados, etc.</p> <p>F2 - Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas.</p> <p>F3- Arcillas de muy alta plasticidad.</p> <p>F4- Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda</p>	

Figura 13. Clasificación de los perfiles de suelo en Colombia

Parámetros de Sitio

La norma E030 peruana (2016), clasifica los factores del suelo “S” en función al tipo de zona sísmica, así mismo, se puede obtener los valores de los periodos T_p y T_L con estos factores ya estimados. Se muestran los factores del suelo y los periodos en las siguientes figuras:

Zona	Suelo	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄		0.8	1	1.05	1.1
Z ₃		0.8	1	1.15	1.2
Z ₂		0.8	1	1.2	1.4
Z ₁		0.8	1	1.6	2

Figura 14. Factor del Suelo “S”

Periodos	Perfil del suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _p (s)	0.3	0.4	0.6	1
T _L (s)	3	2.5	2	1.6

Figura 15. Periodos “Tp” y “TL”

Factor de amplificación sísmica

Para la Norma E.030 peruana existe el coeficiente de Amplificación Sísmica (C), este se define a razón de las particularidades de sitio e indica el coeficiente para la amplificación de la respuesta estructural de la aceleración producida en el suelo. Se define el factor (C) de acuerdo a la siguiente expresión.

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

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

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

En cambio, para la Norma Colombiana NSR-10 sus factores de amplificación sísmica son los coeficientes **F_a** y **F_v**, estos amplifican las ordenadas del espectro en roca.

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	Se debe realizar una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación				

Figura 16. Valores del coeficiente F_a , para la zona de periodos cortos del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_v \leq 0.1$	$A_v = 0.2$	$A_v = 0.3$	$A_v = 0.4$	$A_v \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	Se debe realizar una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda				

Figura 17. Valores del coeficiente F_v , para la zona de periodos intermedios del espectro

Importancia de la edificación

De acuerdo al uso e importancia de las edificaciones serán clasificadas. La Norma Técnica E030 señala las siguientes categorías y valores:

Categoría	Descripción	Factor U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos o privados) del segundo y tercer nivel.	Ver nota 1
	A2: Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1, puertos, aeropuertos, estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policías, instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua	1.5
B Edificaciones Importantes	Cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, museos bibliotecas.	1.3
C Edificaciones Comunes	Viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes.	1.0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales depósitos, casetas y otras similares	Ver nota 2

Figura 18. Categoría de las edificaciones y Factor “U”

Para la Norma Colombiana NSR-10 se tienen los siguientes coeficientes de importancia a partir de la clasificación en los siguientes grupos:

- **GRUPO IV – EDIFICACIONES INDISPENSABLES** – Son aquellos edificios de atención a la comunidad que deben estar trabajando durante y después de un evento sísmico, y cuya operación no puede ser llevada rápidamente a un lugar alterno. Este grupo debe añadir:
 - (a) Todos los edificios que componen hospitales, clínicas y centros de salud que cuenten con servicios de cirugía, salas de cuidados intensivos, salas de neonatos y/o atención de emergencias.

(b) Todas las edificaciones que integren aeropuertos, estaciones, ferroviarias y de sistemas masivos de transporte, centrales telefónicas, de telecomunicación y de radiodifusión.

(c) Edificios señalados como refugios, aeronavegación, hangares.

(d) Edificios de centrales de operación y control de líneas vitales de energía eléctrica, agua, combustibles, información y traslado de personas y productos.

(e) Edificios que presenten agentes explosivos, tóxicos y perjudiciales para el público.

• **GRUPO III – EDIFICACIONES DE ATENCIÓN A LA COMUNIDAD**

(a) Estación de bomberos, policía, defensa civil, cuarteles de fuerzas armadas

(b) Garajes de vehículos de emergencia

(c) Equipos y estructuras de centros de asistencia de emergencias

(d) Guarderías, escuelas, colegios y universidades

• **GRUPO II – ESTRUCTURAS DE OCUPACIÓN ESPECIAL**

(a) Edificios donde se pueden juntar más de 200 personas en mismo lugar

(b) Graderías al aire libre donde pueden estar más de 2000 personas al mismo tiempo.

(c) Centros comerciales y almacenes con más de 500m² por piso

(d) Edificios compuesto hospitales, clínicas y centros de salud

(e) Edificios donde laboren o vivan más de 3000 personas

(f) Edificios gubernamentales

• **GRUPO I – ESTRUCTURAS DE OCUPACIÓN NORMAL**

(a) Todos los edificios cubiertos por los efectos de este reglamento, pero que no se ha incluido en los Grupos II, III, IV.

Los valores del Coeficiente de Importancia según la clasificación en grupos de la norma NSR-10, vienen dados por los siguientes valores:

Grupo de uso	Coefficiente de Importancia
IV	1.5
III	1.25
II	1.1
I	1.0

Figura 19. Valores del coeficiente de importancia

SISTEMAS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO (NORMA COLOMBIANA NSR-10)

Un **Sistema de muros de carga**, consiste en muros que resisten las cargas verticales de la estructura y pórticos con diagonales que resisten las fuerzas horizontales.

Un **Sistema combinado**, consiste en pórticos que resisten cargas verticales, pero no resisten momentos y donde las fuerzas en dirección horizontal son soportadas por muros estructurales.

Un **Sistema de pórtico**, consiste en un sistema establecido por un pórtico espacial resistente a momentos, que a su vez resisten todas las cargas en dirección vertical y horizontal.

Un **Sistema dual**, consiste en un sistema donde se puede observar pórticos resistentes a momentos combinados con muros estructurales.

Diafragma (Gómez Salvador, 2007, p.97)

Un diafragma consiste en sistemas horizontales que transfieren las fuerzas laterales a los elementos verticales como pueden ser placas o columnas. La magnitud de los cortantes de cada piso se reparte por medio de los diafragmas rígidos, estos pueden ser losas de concreto o losas metálicas con concreto.

En la Norma E.030 se hace mención de los diafragmas, dice lo siguiente:

"Para edificios en los que se pueda suponer que los modelos de piso funcionan como diafragmas rígidos, se podrá emplear un modelo con masas concentradas y tres grados de libertad por diafragma, horizontal y una rotación. En tal caso, las deformaciones de los elementos deberán conjugarse mediante la condición de diafragma rígido y la repartición en planta de las fuerzas horizontales deberá realizarse en función a las rigideces de los elementos resistentes"

La Norma Colombiana NSR-10 aporta sobre diafragmas:

"El diafragma puede suponerse rígido en su propio plano cuando se dispone su rigidez y su resistencia de tal manera que éste actúe como una unidad y sus propiedades de masa y rigidez se puedan concentrar en el centro de masas y en el centro de rigidez respectivamente"

Factor de Modificación de Respuesta, (R)

En todas las normas sismorresistente se tiene en consideración y se aplica un factor R al espectro de respuesta elástico. Este factor es dependiente de acuerdo a los tipos de sistemas estructurales. Los valores que están dado para este factor R reflejan las particularidades de absorción y dispersión de energía del tipo de sistema estructural, material empleado y experiencia sobre el comportamiento sísmico, este factor puede llevar a sobreestimar o minimizar considerablemente las cargas sísmicas de diseño.

En la Norma Técnica E030 (2016) el factor R es denominado como coeficiente para la reducción de las fuerzas sísmicas (R), dicho factor es consecuencia del coeficiente básico de reducción (R_0), el factor de irregularidad en altura (I_a) y el factor de irregularidad de planta (I_p).

A continuación, se visualiza la tabla los valores de R_0 , de acuerdo a los sistemas estructurales:

Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción R_o
Concreto Armado	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
(*) Estos coeficientes se aplicarán únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura	

Figura 20. Coeficiente de Reducción “ R_o ”

Irregularidades en Altura

Estas Irregularidades se presentan cuando existe entrepiso blando debido a una diferencia considerable de rigidez entre pisos consecutivos.

En la siguiente figura se muestran las irregularidades en altura:

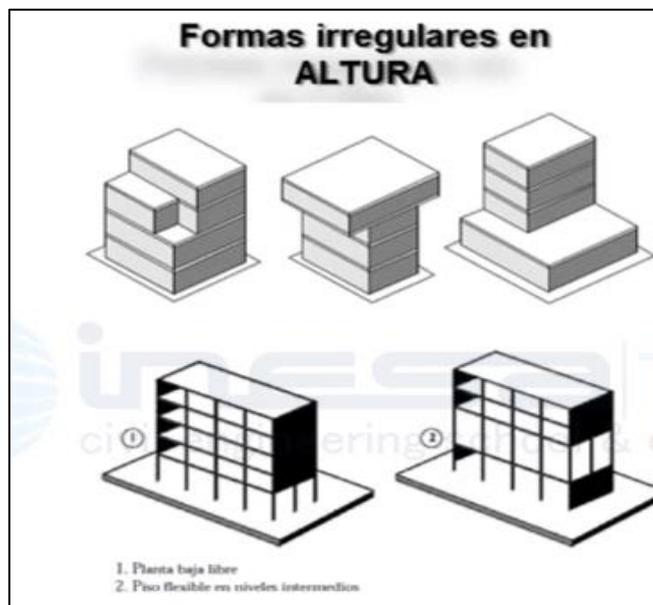


Figura 21 Formas irregulares en altura.

La Norma E.030, da a conocer los factores de irregularidad en altura aplicables para el Perú. Estos datos se muestran en la siguiente tabla:

Irregularidades Estructurales en Altura	Factor de Irregularidad I_a
Irregularidad de Rigidez - Piso Blando	0.75
Irregularidad de Resistencia - Piso Debil	
Irregularidad Extrema de Rigidez	0.5
Irregularidad Extrema de Resistencia	
Irregularidad de Masa o Peso	0.9
Irregularidad Geometrica Vertical	0.9
Discontinuidad en los sistemas Resistentes	0.8
Discontinuidad extrema de los sistemas Resistentes	0.6

Figura 22. Irregularidades estructurales en Altura

Con respecto a la Irregularidades en Altura, la Norma Colombiana NSR-10 señala que una edificación se categoriza como irregular en altura cuando ocurre los siguientes casos:

Descripción de la Irregularidad en altura	ϕ_a
Piso flexible (Irregularidad en rígidez)	0.9
Piso flexible (Irregularidad extrema en rígidez)	0.8
Irregularidad en la distribución de masas	0.9
Irregularidad geométrica	0.9
Desplazamientos dentro del plano de acción	0.8
Piso débil - Discontinuidad en la resistencia	0.9
Piso débile - Discontinuidad extrema en la resistencia	0.8

Figura 23. Irregularidad en altura

Irregularidades en Planta

Estas irregularidades en planta se presentan cuando la esbeltez en planta tiene una relación igual o mayor de 5 a 1 por lado, así mismo, cuando se tiene presencia de formas geométricas en L, H, T y cuando existe discontinuidad en los diafragmas rígidos.

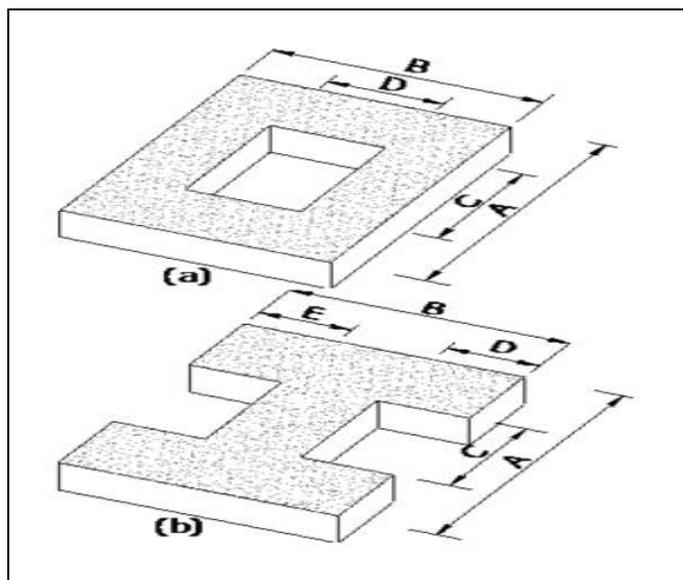


Figura 24. Formas irregulares en Planta

En la Norma Peruana E030 (2016) se especifican los factores de irregularidad en planta aplicables para el Perú.

Irregularidades Estructurales en Planta	Factor de Irregularidad I_p
Irregularidad Torsional	0.75
Irregularidad Torsional Extrema	0.6
Esquinas Entrantes	0.9
Discontinuidad del Diafragma	0.85
Sistemas no Paralelos	0.9

Figura 25. Irregularidades estructurales en planta

Por otro lado, en la Norma Colombiana NSR-10 (2010) se especifican los factores de irregularidad en planta aplicables a los siguientes casos:

Descripción de la Irregularidad en Planta	ϕ_p
Irregularidad torsional	0.9
Irregularidad torsional extrema	0.8
Retrocesos excesivos en las esquinas	0.9
Discontinuidades en el diafragma	0.9
Desplazamientos en el plano de acción de elementos	0.8
Sistemas no paralelos	0.9

Figura 26. Irregularidad en planta

Norma técnica de concreto armado (norma E.060)

La Norma ubica cada uno de los parámetros y requerimientos mínimos para realizar los análisis, diseños, materiales, construcciones, controles de calidad y las supervisiones de la estructura que está compuesta de concreto armado, pre esforzado y simple. (SENCICO, 2009, p.13).

Norma técnica sísmica (norma E.030)

Esta Norma está encargada de establecer los parámetros mínimos para que las edificaciones diseñadas tengan un adecuado comportamiento sísmico; aparte de lo que establece esta Norma, se tendrá que tener las medidas de prevención contra los desastres que puedan producirse como consecuencia del movimiento sísmico: tsunamis, fuego, fuga de materiales peligrosos, deslizamiento masivo de tierras u otros (M. Sc Córdova, 2013, p. 5).

Sistema Estructural “Muros de ductilidad Limitada”

Definición del sistema MDL

Sobre la definición de los muros de ductilidad limitada, San Bartolomé, Ángel y Muñoz, Alejandro, aportan que:

“Son estructuras de altura mediana, estructurados en todas las direcciones con placas de concreto con un espesor mínimo de 10cm, estas son reforzadas con una malla electrosoldada en su eje y acero corrugado convencional en sus extremos” (2003, p.3).

Por otro lado, la Norma E.060 – Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones, define que:

“Son estructuras de baja altura caracterizados por presentar una gran cantidad de muros de concreto armado, estos muros son los encargados de resistir las acciones sísmicas y las cargas de gravedad. Por otro lado, en este sistema los muros cuentan con espesores reducidos, no se cuenta con extremos confinados y su refuerzo vertical es de una sola hilera, por lo que, estos muros estructurales no desarrollan desplazamientos inelásticos importantes”. (2009, p.165).



Figura 27. Sistema “MDL

Ventajas y Desventajas del sistema de Muros de Ductilidad Limitada

Con respecto a las ventajas de este sistema estructural el Doctor Genner Villareal Castro, comenta lo siguiente:

Este sistema, presenta muchas ventajas desde un enfoque económico, debido a que este sistema puede reducir hasta un 50% el proceso constructivo, así mismo, los costos son reducidos, por consiguiente, es muy preferido en el mercado nacional sobre todo en los niveles socioeconómicos. (2015).

Por otra parte, Vargas y Terrazos, comentan que:

Son muchas las ventajas de este sistema constructivo con respecto a la construcción, lo arquitectónico y lo social. En primer lugar, la construcción, este sistema tiene la ventaja de tener un rápido proceso constructivo si se lo compara a los sistemas tradicionales de albañilería y albañilería armada, esto se debe al ser un sistema de carácter industrial en donde los muros se construyen sobre encofrados metálicos que se repetirán en los pisos posteriores. En segundo lugar, lo arquitectónico, estos sistemas permiten diseñar espacios amplios y típicos, así mismo, con un eficiente proceso constructivo es posible la ausencia de tarrajeo que represente un ahorro económico. Finalmente, en lo social, este sistema tendrá un costo final menor en comparación con otros sistemas tradicionales, siendo factible para las familias de sectores económicos C y D. (2016, p.5).

Con respecto a las desventajas de este sistema estructural el Doctor Genner Villareal, comenta lo siguiente:

“Dentro del punto de vista sismorresistente, este sistema no presenta comportamientos óptimos en sismos de larga duración, un mal diseño o uso de este sistema lo hace altamente vulnerable” (2015)

Además, Vargas y Terrazos comentan que:

Algunas de las desventajas de este sistema estructural, se pueden observar desde los primeros pisos vaciados de concreto, la congestión de aceros y tuberías en muros de pequeño espesor generan cangrejeras y segregación del concreto. Por otro lado, es

común la formación de grietas, lo que crea desconfianza entre los posibles futuros propietarios, así mismo, los pequeños muros de carga, no son estructuras con adecuado aislamiento térmico y acústico. Por último, al ser un sistema con secciones típicas queda prácticamente imposible realizar alguna modificación o ampliación de ambientes sin dañar un elemento estructural o sin antes tener un adecuado estudio estructura. (2016, p.5).

Elementos estructurales en el sistema MDL

Este sistema estructural presenta la ausencia de vigas y columnas, es decir sus principales elementos estructurales son los muros portantes en ambas direcciones, las losas de entrepiso, y la cimentación de la estructura.

- Refuerzo en muros de ductilidad Limitada

Oviedo comenta que:

Es indispensable el uso de acero para reforzar toda la longitud de los muros, para que este material este dentro del rango inelástico. Para disipar las concentraciones de energía se colocarán a los extremos de los muros los elementos de borde. El acero de refuerzo se reparte en la vertical y horizontal, estos deben de resistir la fuerza cortante, momento flector, fuera axial y desplazamientos. (2016).

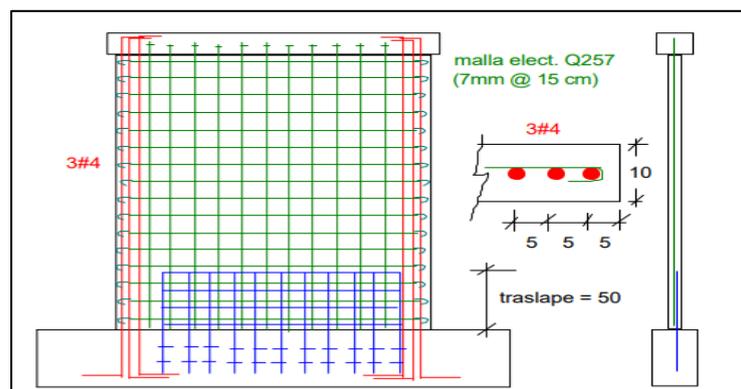


Figura 28. Refuerzo MDL tradicional con malla electrosoldada

Proceso constructivo de un Sistema “MDL”

- Cimentación

Para la cimentación se hace uso de una platea, en esta estructura se tiene que tener un control riguroso de los trazos y niveles, ya que esto influye en los acabados que tendrá el piso, este elemento a diferencia de los cimientos corridos, permite tener una mejor programación de los trabajos que se van a realizar, así como también utilizar una menor cantidad de partidas, factibilidad de trabajo como el armado del acero (Mallas electrosoldadas) y reducidas cantidades material de relleno y falso piso.



Figura 29. Armadura de la Platea



Figura 30. Platea de Cimentación

- Instalaciones eléctricas y sanitarias

Una vez que se han colocado los refuerzos y las mallas en los pisos, se procede a las instalaciones respectivas, para las instalaciones eléctricas, las cajas son sujetadas mediante unas varillas soldadas al acero, esto para evitar que se desplacen al momento de verter el concreto. Por otra parte, los MDL nos proporciona una reducción en el recorrido de las tuberías empotradas, esto a través del uso de tuberías flexibles.



Figura 31. Inst. Eléctricas en MDL



Figura 32. Conexión Eléctrica

Para las instalaciones sanitarias, se emplea tuberías semiflexibles compuestas de polipropileno, el cual nos permite colocar las llaves principales, cocina, baño y las salidas en los muros, antes del vaciado. Además, la colocación de las tuberías de agua fría y caliente, se colocan directamente en el muro a diferencia de los tubos convencionales que van en la losa y se suelen dañar durante el vaciado.



Figura 33. Inst. de Agua en MDL



Figura 34. Inst. Sanitarias en MDL

En ambos casos, para poder ejecutar el recorrido de las tuberías, antes del vaciado de concreto, debe pasar por un riguroso control de calidad, además esto también nos permite reducir el personal y mejorar los tiempos de ejecución de los acabados. En el caso del desagüe, debido a que los inodoros tienen una

descarga vertical, condiciona el uso de losas con espesores mayores a 20 cm y una modulación especial durante el encofrado para que las tuberías de salida de 4", puedan pasar. En casos específicos se puede colocar una salida lateral con el cual se puede emplear un espesor 10 cm en la losa. Para esto se realiza un agujero en el muro y se conecta al inodoro, el cual va enchapado posteriormente.

- Encofrado

Los MDL son estudiados con rigurosidad de tal forma que la distribución y modulaciones del encofrado permiten que el trabajo repetitivo sea más rápido y sencillo en todos los sectores (metrados de encofrados), así como el desarrollo de piezas que faciliten el rendimiento del encofrado.

Para los encofrados se utilizan paneles de (madera o metal), dependiendo del presupuesto. Las planchas de aluminio son las más utilizadas, éstas presentan un grupo de refuerzos en la sección transversales, colocados cada 30 cm, esto garantiza que los paneles ofrezcan un mejor comportamiento a la deformación. Así mismo, permiten un transporte más sencillo.

El encofrado de losas y muros debe ser de composición monolítica, ya que permite realizar el desencofrado de los elementos al siguiente día, excepto las planchas centrales, las cuales se encargan de verificar las deformaciones del concreto cuando alcance su máxima resistencia.



Figura 35. Encofrado de MDL



Figura 36. Losa de concreto

- Concreto

El concreto empleado para los MDL, son de $f'c = 175$ o 210 kg/cm^2 , compuesto de piedras de $1/2$ como máximo. En las plateas, se utiliza un slump de $4''$, mientras que para las losas y muros se utiliza un slump de $8''$, esto para tener una mejor trabajabilidad y reducir las cangrejeras. Para verter el concreto se utiliza un sistema convencional de bombeo, además para alturas mayores a 12 m , se emplean el uso de brazos telescópicos – telehandler.



Figura 37. Vaciado de concreto en Losa



Figura 38. Vaciado de concreto con Maquinaria

El sistema de bombeo es más rápido ($0.8\text{m}^3/\text{min}$) y los muros se llenan 2 capas mientras que, mientras que en los brazos telescópicos el llenado requiere más tiempo ($0.4\text{m}^3/\text{min}$), en consecuencia, condiciona a que el slump sea no menor a $8''$ con lo cual se garantiza que la mezcla se acomode mejor y disminuye en proporción las burbujas que se forman en los muros.

Con respecto al acabado, se requiere un control riguroso con la nivelación, específicamente para el semipulido de las losas, esto para dejar la losa lista para la instalación de piso vinílico.



Figura 39. Estructura construida en base al Sistema de "MDL"

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación.

Esta investigación es del tipo **aplicada**, debido que busca resolver y dar solución al problema planteado apoyándose de conocimientos teóricos previos, por lo tanto, se busca modificar la realidad problemática en beneficio de la población afectada.

Sobre la investigación aplicada, Carrasco Días, nos menciona que: “Se diferencia por contar con propósitos prácticos inmediatos bien explicados, es decir, se investiga para, modificar, transformar o realizar cambios en un definido área de la realidad.” (2016, p. 43).

Enfoque

El enfoque para esta investigación es de índole cuantitativo, puesto que las variables en estudio se pueden medir, así mismo, se utilizará la recolección de datos numéricos, esto facilitará la realización del análisis y la comparación de resultados, por consiguiente, se podrán contestar las preguntas de investigación.

Para Sampieri (2014), “El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar las hipótesis, así mismo, mide las variables o conceptos contenidos en la hipótesis” (p.5).

3.1.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es **No experimental**, ya que no se manipulará experimentalmente las variables, solo se enfocará a analizarlas y describirlas en un momento dado.

Sobre el diseño **No experimental**, Carrasco (2016), aporta que: “Son aquellos donde sus variables independientes, no presentan manipulación intencional y no tienen un grupo de evaluadora, aun menos experimental. Analizan y estudian los fenómenos y sucesos en la realidad luego de que ocurra.” (p. 71).

Así mismo, la investigación será un estudio **transversal**, dado que, se analizará, describirá y recolectará datos del fenómeno en un solo momento determinado del tiempo (Borja, 2012, p.14).

Nivel de investigación.

La investigación es de **nivel descriptiva**, ya que detalla los parámetros y características de las normas sismorresistentes, así mismo, busca detallar el comportamiento sísmico de un sistema de muros de ductilidad limitada.

Para Sampieri (2014), “Busca representar características y propiedades importantes de cualquier fenómeno que se quiere estudiar. Describe inclinación de un grupo o población” (p.92).

3.2 Variables, Operacionalización

Tabla 1. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable 1: Norma E.030 Norma NSR-10	<p>Esta Norma establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas tengan un comportamiento sísmico acorde con los principios sismorresistentes (E.030,2016, p.4).</p> <hr/> <p>Normas técnicas colombianas que se encargan de reglamentar las condiciones con las que deben contar las construcciones con el fin que la respuesta estructural a un sismo sea favorable. (Melgarejo, 2018, p.4).</p>	<p>Las normativas sismorresistentes E.030 y NSR-10, proporcionarán los criterios fundamentales y las restricciones para el adecuado diseño del sistema de ductilidad limitada, los cuales serán clave fundamental para analizar de manera más real sus comportamientos estructurales.</p>	<p>Principios de sismo resistencia</p> <p>Parámetros de Diseño</p> <p>Cargas</p> <p>Análisis Sísmico</p>	<p>Factor de zona</p> <p>Perfil de suelo</p> <p>Periodos</p> <p>Espectro de diseño</p> <p>Irregularidad en planta</p> <p>Irregularidad en altura</p> <p>Peso sísmico</p> <p>Predimensionamiento</p>
Variable 2: Comportamiento Sísmico	<p>“El comportamiento sísmico es la forma como responde toda una estructura en términos de desplazamientos y deformaciones, ante la aplicación de fuerzas externas [...]” (Crainic, 2019, p.15).</p>	<p>El comportamiento sísmico del sistema de muros de ductilidad limitada se medirá obteniendo sus desplazamientos, distorsiones y fuerzas cortantes máximas con la norma E.030 y NSR-10, por otro lado, se utilizará el software ETBAS 18 para poder determinar estos parámetros.</p>	<p>Desplazamientos</p> <p>Distorsiones</p> <p>Fuerzas cortantes</p>	<p>m</p> <p>Adimensional</p> <p>ton</p>

Fuente: Elaboración propia

3.3 Población y muestra.

Población

“La población o población objetivo, está definido por grupo finito o infinito de elementos con rasgos similares para los cuales las conclusiones del estudio serán amplias” (Fidias, 2012, p.81). Por lo tanto, la población de esta investigación estará conformado por todos los edificios multifamiliares de 5 pisos con sistema de muros de ductilidad limitada en el Departamento de Lima.

Muestra

La muestra es un pequeño grupo representativo y finito que se coge de la población accesible. (Fidias, 2012, p.83).

La muestra estará definida por un edificio multifamiliar de 5 pisos con sistema de muros de ductilidad limitada en Lurín- Lima.

Muestreo

La técnica estadística utilizada para obtención de la muestra fue “El muestreo no probabilístico”, ya que, como define Sampieri: “Las muestras no probabilísticas, conllevan a un procedimiento de selección definido por las propiedades de la propia investigación, y no está orientada hacia un criterio estadístico. (2012, p.83).

Por otro lado, existen diversas técnicas de muestreo no Probabilístico, por ejemplo, Otzen y Menterola nos definen la técnica del “muestreo no Probabilístico por conveniencia: “Permite seleccionar aquellos casos fundamentando la conveniente accesibilidad y proximidad para el investigador” (2017, p.230). Así pues, esta investigación obtiene la muestra haciendo uso del “**muestreo no Probabilístico por conveniencia**”, esto a causa, que la muestra fue elegida por la oportunidad de accesibilidad a sus planos arquitectónicos y memoria descriptiva.

Unidad de análisis

La unidad de estudio está definida por el edificio tipo A1 (Tipo 1) de 5 pisos compuesta por un sistema de muros de ductilidad limitada, con ubicación en “Habilitación urbana La Estancia de Lurín – Parcela B78-A1 Distrito de Lurín, Provincia y Departamento de Lima. Esto debido a la facilidad de obtención de los planos arquitectónicos y memoria descriptiva de esta edificación.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

Ñaupas, Mejía y Villagómez (2014) nos definen que: “estas técnicas e instrumentos de recolección son los procedimientos y herramientas que nos facilitara recoger los valores e informaciones necesarias para poder probar nuestra hipótesis de investigación [...]” (p.201).

Para esta investigación se empleó la técnica de la **observación**, se inspeccionaron los planos arquitectónicos, las normas de diseño sismorresistente de Perú y Colombia, así también, se observaron y analizaron los resultados que nos proporcionaron las fichas técnicas elaboradas en Excel, para poder determinar todos los parámetros de dichas normas, por otro lado, se inspeccionarán los resultados del modelamiento y análisis estructural realizado con el software ETABS 2018 v1.

3.4.2. Instrumentos

“Son todos los formatos utilizados para recopilar toda la información [...]” (Borja, p.33, 2016). Los instrumentos de esta investigación están regidos responsablemente a las indicaciones de las normas E.030 y NSR-10.

3.4.2.1. Instrumentos metodológicos

3.4.2.1.1 Ficha Técnica

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

Se definen como los documentos que posibilitan el poder observar determinados fenómenos. Así mismo, es un instrumento de investigación que recolecta información de archivos o documentos escritos o virtuales. Para esta investigación los formatos utilizados están regulados y ceñidos a las normas E.030 y NSR-10, no se manipulo algún parámetro o dato de alguna forma distinta a los procedimientos de análisis que establecen dichas normas.

3.4.2.2. Instrumentos de Ingeniería

3.4.2.2.1. Guías Normativas

- **Reglamento nacional de edificaciones (RNE), Diseño sismorresistente E.030.**

Herramienta de investigación, que nos permitirá obtener todo lo necesario para realizar el análisis sísmico de la estructura en estudio.

- **Norma Colombiana de diseño sísmico de edificios (NSR-10)**

Herramienta de investigación, que nos permitirá obtener todo lo necesario para realizar el análisis sísmico de la estructura en estudio.

Validez

La validez informa el grado en el que el instrumento utilizado para la investigación refleja un dominio específico del contenido con el cual se está midiendo. (Hernández, 2014).

La validación del instrumento se obtuvo a partir del juicio de 5 expertos Ingenieros civiles colegiados y la previa aprobación del asesor, por otro lado, el método que se utilizó para estimar el grado de validez fue el “Coeficiente de Validez de Contenido” propuesto por Rafael Hernández Nieto en el 2002.

MODELO MATEMATICO PARA LA OBTENCIÓN DEL CVC

$$CVC = \frac{\sum Cvc}{N} = \sum \left[\left[\frac{\sum Sxi/J}{Vmx} \right] - Pe \right] \cdot (1/N)$$

- **N** = número total de ítems del instrumento de recolección de datos
- **Sxi** = Suma de los puntajes asignados por cada especialista en los ítems
- **Vmx**= Valor máximo de la escala utilizada por los jueces
- **Pe** = probabilidad del error por cada ítem (probabilidad de concordancia aleatoria entre jueces)
- **J** = Cantidad de Jueces atribuyendo puntajes a cada ítem

Interpretación de resultados

Tabla 2. Interpretación de resultados

Rangos	Magnitud
Menor que .60	Validez y concordancia inaceptables
$.60 \leq x \leq .70$	Validez y concordancia deficientes.
$.71 < x \leq .80$	Validez y concordancia aceptables.
$.80 < x \leq .90$	Validez y concordancia buenas.
Mayor que .90	Validez y concordancia excelentes.

Fuente: Elaboración Propia

Luego de la participación de los 5 Ingenieros Civiles Colegiados, se obtuvieron los siguientes resultados y conclusiones.

Tabla 3. Coeficiente de Validez de Contenido

Item	JUECES					SX1	MX	CVCi	Pei	CVctc
	1	2	3	4	5					
Cuestionario	22	25	25	23	18	113	4.52	0.90	0.0003	0.90
										0.904

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4. Resultados y Conclusiones

Coefficiente de Validez de Contenido	Interpretación
0.904	Validez y concordancia excelentes

Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, habiendo utilizado para esta investigación las normas Sismorresistentes de Perú y Colombia empleando a pie de letra cada parámetro establecido, así como los procedimientos, consideraciones y combinaciones de carga, se refuerza la validez de la investigación, puesto que, estas normas sismorresistentes son catalogadas confiables y validadas por su correspondiente país de creación.

Finalmente, los softwares que se utilizaron para la obtención de datos en esta investigación (Etabs v18 y Excel 2016) proporcionaron una validez a los resultados, ya que, son sistemas de reconocidas empresas internacionales certificadas y dedicadas a la creación de programas para el uso de la Ingeniería.

- Validez de criterio

La validez de criterio de un instrumento de medición se establece al comparar sus resultados con los criterios externos que pretende medir lo mismo. (Sampieri, 2014, p. 202).

La validez de esta investigación se reforzará con la validez de criterio concurrente, ya que esta, permitirá evaluar que tan fiables son nuestros instrumentos de recolección de datos al compararlos con instrumentos validados, confiables y coherentes cuyos propósitos son iguales o sumamente similares.

Confiabilidad

La confiabilidad es la intensidad en la cual se puede conocer si el instrumento utilizado en la investigación produce resultados consistentes y coherentes. (Hernández, 2014, p.200).

Se determinó la confiabilidad de los instrumentos a partir del índice de consistencia (alfa de Cronbach). Así pues, Milton Quero Virla (2010) describe que: “Con el α de Cronbach se puede evaluar la confiabilidad o consistencia interna de un instrumento compuesto por una escala Likert” (p.250).

Para la aplicación del α de Cronbach se utilizó la siguiente fórmula:

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$$

K: El número de ítems

$\sum S_i^2$: Sumatoria de las Varianzas de los Ítems

S_T^2 : La varianza de la suma de los Ítems

α : Coeficiente de Alfa de Cronbach

Para la interpretación de la confiabilidad se utilizó las siguientes tablas:

Tabla 5. Interpretación de la Confiabilidad

Coeficiente de Alfa de Cronbach	Interpretación
$0 \leq x < 0.2$	Muy baja confiabilidad
$0.2 \leq x < 0.4$	Baja confiabilidad
$0.4 \leq x < 0.6$	Moderada confiabilidad
$0.6 \leq x < 0.8$	Buena confiabilidad
$0.8 \leq x \leq 1$	Alta confiabilidad

Fuente: Propia

Para obtener el alfa de Cronbach, utilizamos unas hojas de Excel que nos facilitaron la obtención de los datos recogidos por el cuestionario. Así mismo para

corroborar los datos, hicimos uso de la herramienta computacional de estadísticas “SSPS”.

Tabla 6. Alfa de Cronbach

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,979	5

Fuente: SPSS

Los Instrumentos en esta investigación obtuvieron un excelente grado de confiabilidad, el cual fue determinado por el índice de consistencia (alfa de Cronbach), obteniendo el valor de 0.98, esto quiere decir, que nuestros instrumentos son altamente confiables

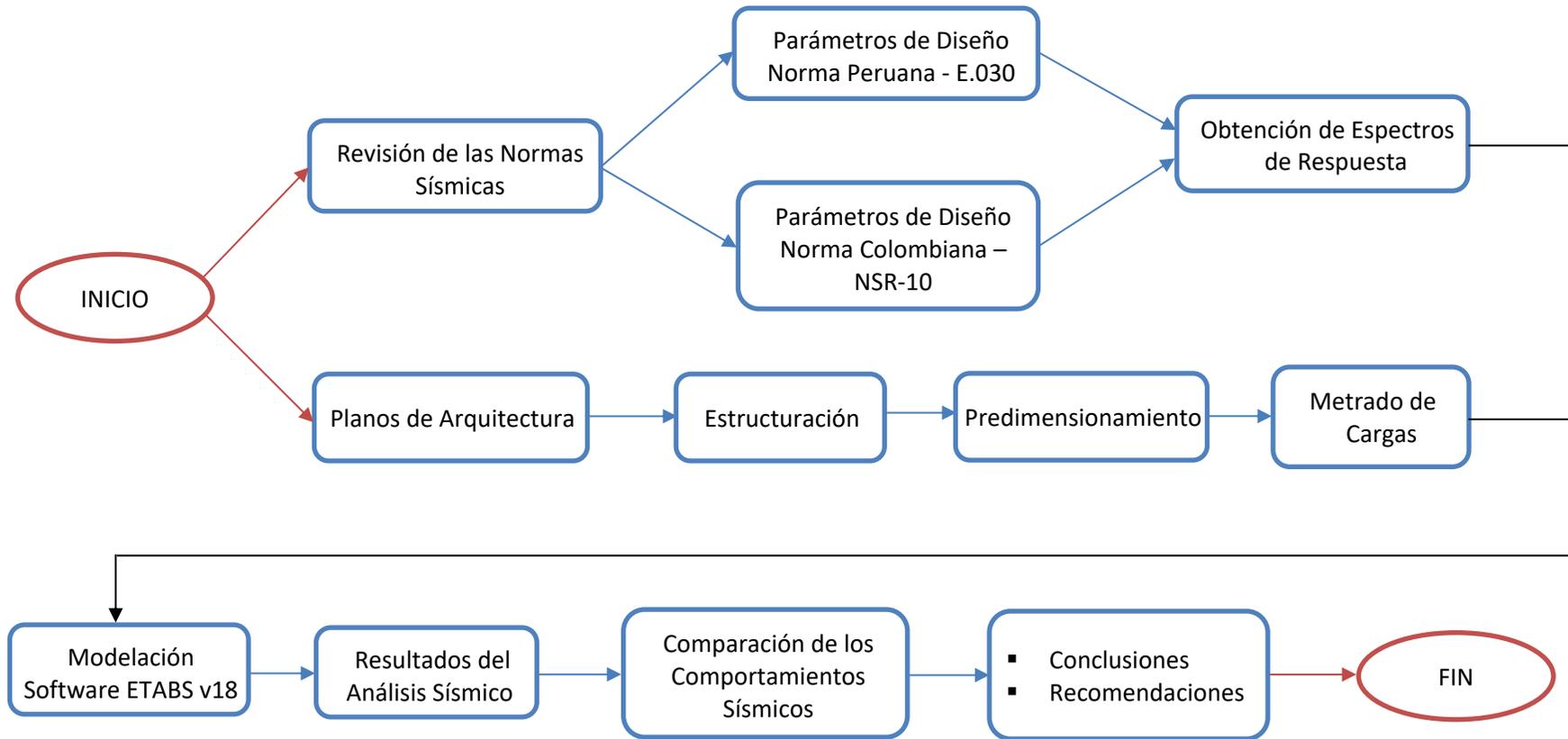
3.5. Procedimientos

Para la realización de esta tesis. En primer lugar, se realizó la búsqueda y la investigación para poder identificar las versiones más actuales de los reglamentos sismorresistentes Perú y Colombia, así mismo, se hicieron las coordinaciones del caso para conseguir los planos arquitectónicos de la edificación de muros de ductilidad limitada que tiene como ubicación: Mz A lote 01 de la Urbanización La Estancia de Lurín-XVII Etapa, Distrito de Lurín, Provincia y Departamento de Lima. En segundo lugar, se procedió a utilizar la técnica de la observación para poder recopilar los parámetros de diseño que cada norma establece según su respectivo país, por otro lado, se utilizaron los criterios de estructuración del Ingeniero Blanco para poder estructurar a partir del plano de arquitectura de la edificación en estudio. En tercer lugar, a partir del uso de fichas técnicas se logró obtener los espectros de respuesta de cada norma sismorresistente, así mismo, gracias a estas fichas se realizó el predimensionamiento de los muros estructurales en ambas direcciones y su posterior verificación. En cuarto lugar, se realizó un adecuado cálculo del peso sísmico de la estructura, para el caso de la norma E.030 se le agrego un porcentaje de su carga viva, posteriormente, teniendo como datos la estructuración, los espectros de respuesta y el peso de la estructura, se procedió con la modelación del edificio con el

software Etabs v18 con cada norma respectivamente. En quinto lugar, se utilizaron fichas y la técnica de la observación, para poder recopilar resultados como desplazamientos, distorsiones, momentos máximos y fuerzas máximas. Finalmente, se procedió a realizar la comparación de los comportamientos sísmicos del modelamiento aplicando la norma peruana E.030 y el modelamiento con la norma colombiana Nsr-10, para poder observar que norma era más conservadora respecto al análisis, por último, se contestaron las preguntas de la investigación y se realizaron tanto las conclusiones como las recomendaciones.

Para mejor entendimiento de lo explicado anteriormente, se concretó un flujograma que se presenta a continuación:

FLUJOGRAMA DE PROCEDIMIENTO



3.6. Métodos de análisis de datos

Para la obtención de datos utilizamos el método de la Observación, dicho método fue aplicado en los parámetros de diseño de los Reglamentos sismorresistentes y en los planos arquitectónicos de la estructura, estos datos fueron recolectados y posteriormente manipulados gracias a una ficha técnica realizada en una plantilla de cálculo diseñada en el programa Excel 2016. Estas hojas de cálculo nos facilitaron la obtención de la fuerza cortante basal, así como, los espectros de respuesta, manipulando de una manera rápida y sencilla los datos de las Normas E030 y NSR-10, así mismo, nos facilitó el procedimiento para cálculos de pre diseño como la realización y verificación del predimensionamiento de muros y un posterior metrado de cargas de la estructura. Por otro lado, se utilizó un software innovador, revolucionario y por décadas usado para el análisis estructural conocido como ETABS V18, este software se utilizó para realizar el modelado de la estructura y el posterior análisis sísmico, así mismo, el conjunto inigualable de herramientas que proporciona este software nos posibilitó exportar sus resultados al programa Excel 2016, facilitándonos el análisis y chequeo de las derivas, desplazamientos, fuerzas cortantes, etc. Por otra parte, se utilizaron herramientas computacionales como AutoCAD 2018 utilizado para el desarrollo y detallado de los planos estructurales; así mismo, Google Earth y Microsoft Word.

3.7. Aspectos Éticos

La presente investigación fue elaborada siguiendo los lineamientos de la norma ISO 690 Y 690-2 de la Universidad Cesar Vallejo, las cuales nos permiten realizar citas y referencias adecuadas para evitar el plagio y garantizar la autenticidad, además se emplearon artículos científicos, tesis, revistas y normas relacionadas al tema de investigación, obtenidas de fuentes confiables como repositorios de universidades, tanto nacionales e internacionales. Por otra parte, la información necesaria para la realización de la investigación fue recopilada de las normas de diseño sismorresistente de Perú (E.030) y Colombia (NSR-10), dichos documentos cuentan con el respaldo y validez de sus respectivos países. Finalmente, para la validez y confiabilidad, la investigación fue subida a la plataforma de Turnitin para conocer el grado de fiabilidad y autoría propia.

IV. RESULTADOS

PLANOS DE ARQUITECTURA

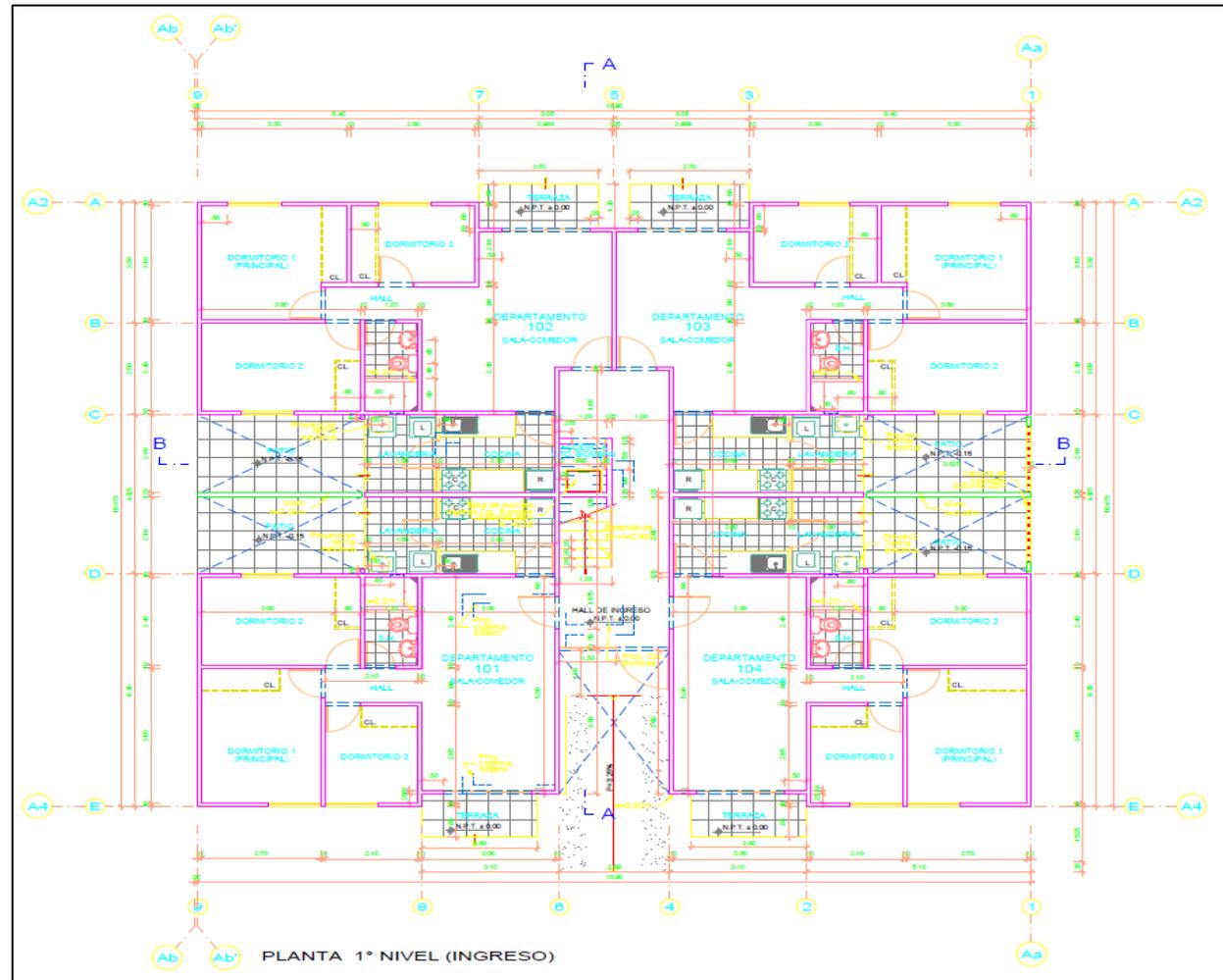


Figura 41. Planta - 1°Piso

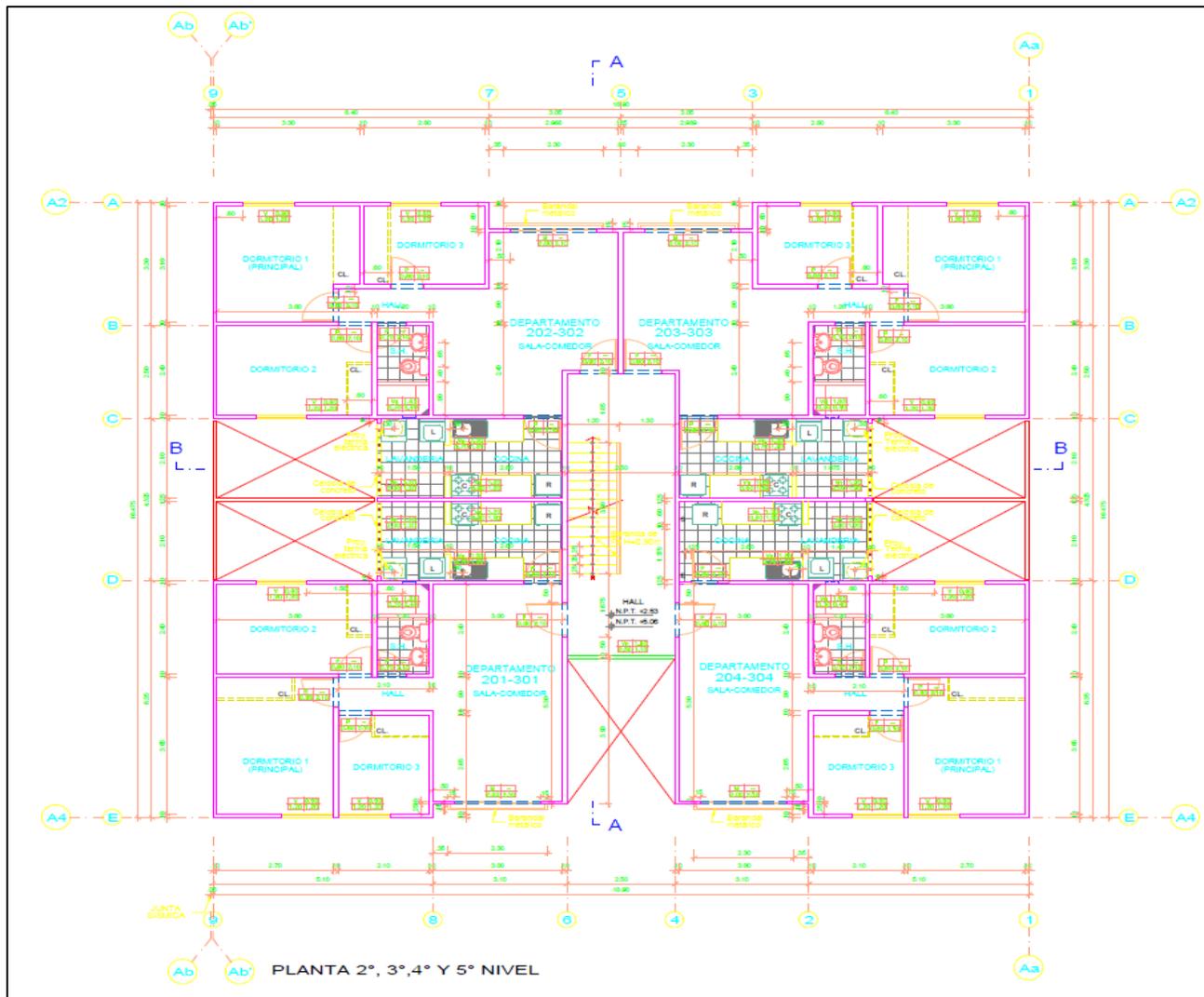


Figura 42. Planta - 2°, 3°, 4° y 5° Piso

ELEVACIÓN FRONTAL

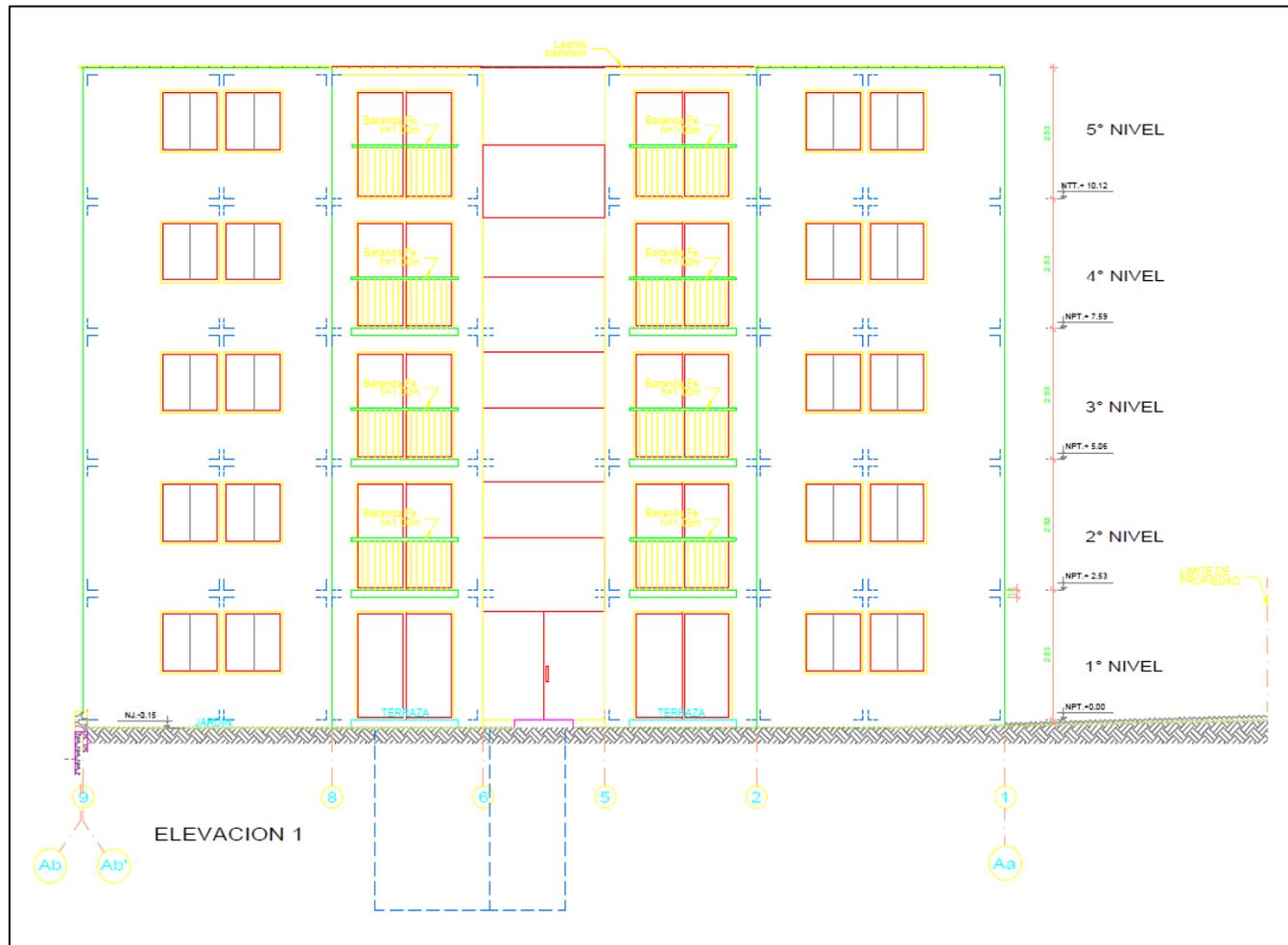


Figura 43. Elevación de la estructura

4.2 CRITERIOS DE ESTRUCTURACIÓN

Para realizar la estructuración a partir de la arquitectura, se tomó en cuenta las recomendaciones dadas por el Ingeniero Peruano “Antonio Blanco” en su libro “Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado”, así mismo, se tomó en cuenta las recomendaciones por el Ingeniero Colombiano “Rodrigo Portacio” en su tesis: “Problemas de estructuración sísmica y configuración estructural en las edificaciones del centro histórico de la ciudad de Sincelejo”

Ambos autores, coinciden en el hecho de que una estructura sencilla, simple y simétrica, tendrá un mejor comportamiento sísmico, la estructura en estudio presenta sencillez en altura debido a que no cambia la elevación en ningún piso de la edificación, caso contrario, sucede con la configuración en planta, debido a la forma de la arquitectura esta sería una planta compleja según el autor “Rodrigo Portacio”.

Por otro lado, se tuvo cuidado para mantener una adecuada Simetría, ya que, este es una de las recomendaciones principales de ambos autores, ellos detallan que velar por la adecuada Simetría de la estructura, aportara para que esta no presente efectos torsionales.

Así mismo, se tuvo consideración en la Resistencia y Ductilidad, todos los elementos estructurales para esta edificación presentaran adecuada Resistencia y Ductilidad, con esto se prepara a la estructura para poder resistir dentro de una etapa plástica sin llegar a la falla.

Por otro lado, se tomó en consideración la norma E.070, donde se detalla, que los muros en la edificación deberían tener una longitud igual o mayor a 1.20m para ser considerados portantes, sin embargo, en el presente proyecto, también se consideró muros de menor longitud en la estructuración, dichos muros fueron considerados por ser parte fundamental en el diseño de los muros de ductilidad limitada, ya que, se aprovechan para poder confinar los muros.

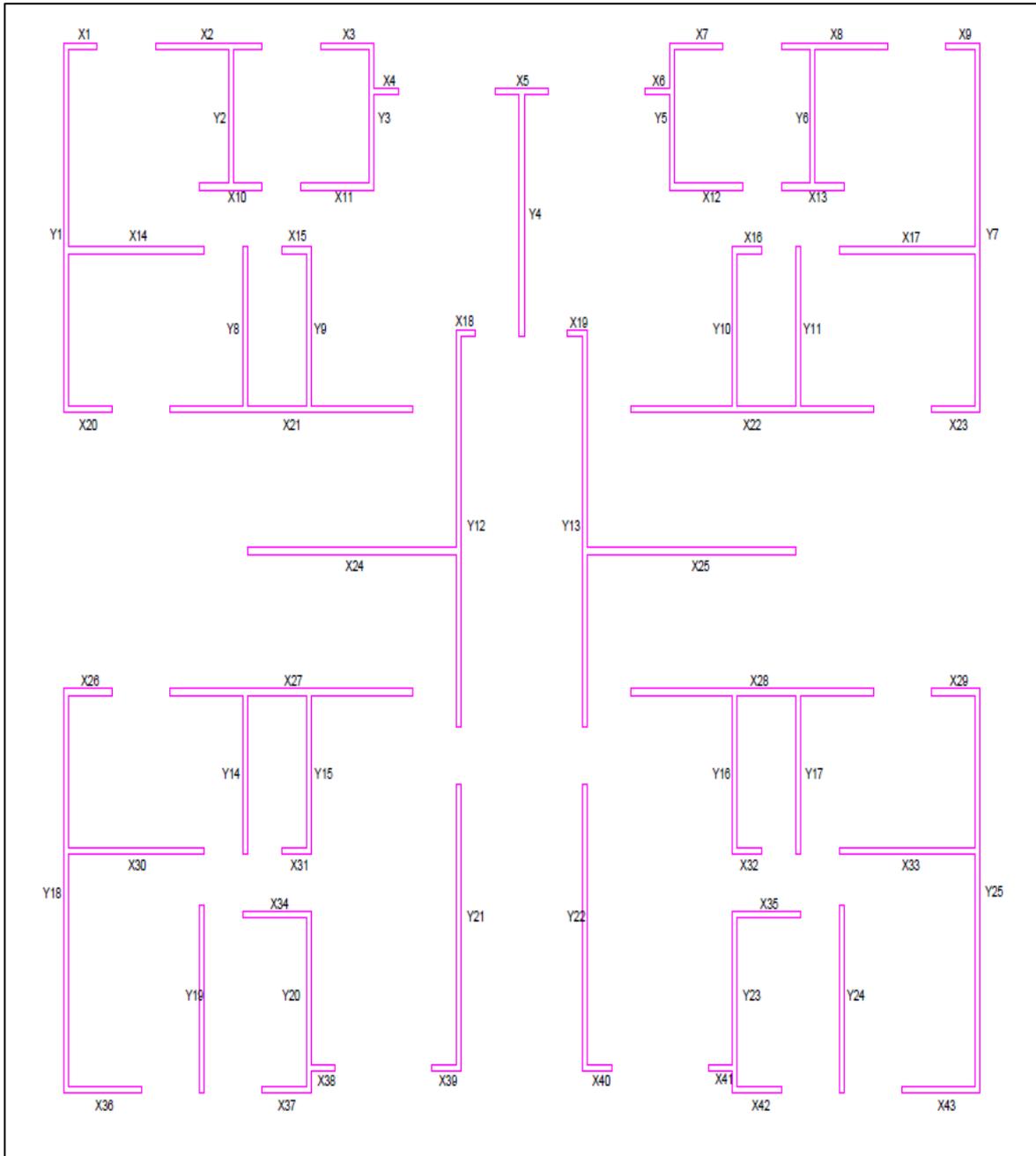


Figura 44. Distribución de muros X - Y

4.3 PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

El pre dimensionamiento del sistema se realizó teniendo en cuenta los criterios de estructuración establecidos con anterioridad.

4.3.1 PREDIMENSIONAMIENTO DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA

Los muros de ductilidad limitada son los elementos que resisten las fuerzas de corte generadas por el sismo, en consecuencia, se debe verificar la densidad de los mismos en ambas direcciones para corroborar si cumplirán óptimamente en reducir los desplazamientos laterales. Para verificar la densidad de los muros en ambas direcciones podemos utilizar la siguiente expresión:

$$L = \frac{V}{0.85 \times 0.53 \times \sqrt{f'c} \times b \times 0.8}$$

Para el cálculo de fuerza cortante basal se tomaron en cuenta los parámetros y requisitos de la norma E.030, estos fueron elegidos por medio de las características del proyecto, para poder dar solución a la siguiente expresión:

$$V = \frac{Z * U * C * S}{R} * P$$

Dónde:

V: Cortante en la base

Z: F. de Zona

U: F. de Uso

C: F. de Amplificación Sísmica

S: F. de Suelo

R: F. de Reducción

P: Peso de la Edificación

Tabla 7. Parámetros Sísmicos - MDL

FACTOR	NOMENCLATURA	CLASIFICACIÓN, CATEGORÍA, TIPO	VALOR
ZONA	Z	4	0.45
USO	U	Categoría - C	1.00
AMPLIFICACIÓN SÍSMICA	C	T cal. < Tp	2.50
SUELO	S	S2	1.05
COEFICIENTE DE REDUCCIÓN	R0	Muros de Ductilidad Limitada	4

Fuente: Norma E.030

Para calcular el peso de la edificación, seguimos a Vásquez y Mejía (2018), quienes señalan: “Para la estimación del peso de la estructura se puede considerar una ratio de 1.0 t/m² para todos los entrepisos” (p.41). Posteriormente, se verificará este predimensionamiento con el peso obtenido por el software ETABS v18.

Tabla 8. Peso estimado de la edificación

Piso	Área (m2)	Ratio (t/m2)	Peso (t)
Piso 1	244.98	1.0	244.98
Piso 2	244.98	1.0	244.98
Piso 3	244.98	1.0	244.98
Piso 4	244.98	1.0	244.98
Piso 5	250.98	0.7	175.86
Peso estimado de la edificación (T)			1155.78

Fuente: Vasquez y Mejía

La cortante basal estática de la edificación a nivel de pre dimensionamiento de muros de ductilidad limitada es:

$$V_{basal} = \frac{0.45 \times 1.0 \times 2.5 \times 1.05}{4} \times 1155.78 \text{ ton}$$

$$V_{basal} = 341.316 \text{ ton}$$

Procedemos a realizar la verificación de los muros en ambas direcciones:

$$L = \frac{V}{0.85 \times 0.53 \times \sqrt{f'c} \times b \times 0.8}$$

$$L = \frac{341.316 \times 1000}{0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 10 \times 0.8 \times 100}$$

$$L = 65.35 \text{ m}$$

Las longitudes totales de los muros en ambas direcciones (X y Y), son las siguientes:

Tabla 9. Longitudes Totales de muros X - Y

ELEMENTO	N° de Veces	Longitud (m)	Longitud Total (m)
Muros en X			
X1	2	0.6	1.2
X2	2	2.2	4.4
X3	2	1	2
X4	10	0.5	5
X5	1	1.1	1.1
X6	4	1.3	5.2
X7	2	1.4	2.8
X8	4	2.8	11.2
X10	6	0.9	5.4
X11	4	5	20
X12	2	0.3	0.58
X13	2	4.3	8.6
X19	2	1.5	3
Muros en Y			
Y1	2	5.8	11.6
Y2	2	2.1	4.2
Y3	2	2.3	4.6
Y4	1	3.8	3.8
Y5	8	2.5	20
Y6	2	6.05	12.1
Y7	2	6.22	12.43
Y8	2	2.95	5.9
Y9	2	2.85	5.7
Y10	2	4.5	9

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10. Longitudes Totales de muros en X y Y

Longitud total en X-X (m)	70.48
Longitud total en Y-Y (m)	89.94

Fuente: Elaboración Propia

$$65.35\text{m} \leq 70.48\text{m} \leq 89.94\text{m} \longrightarrow \text{Cumple}$$

Como podemos observar las longitudes totales en ambas direcciones son mayores a la longitud mínima de muros que debería existir en cada dirección, por tanto, se verifica exitosamente el predimensionamiento de los muros de ductilidad limitada.

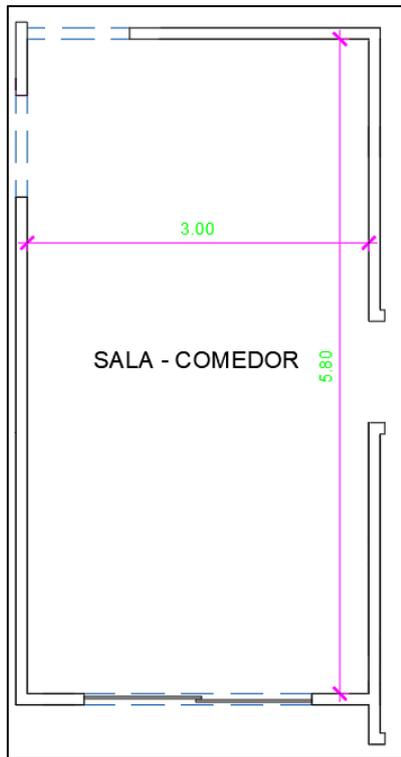
4.3.2 PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSA MACIZA

- **LOSAS BIDIRECCIONALES**

Para la realización del predimensionamiento de este tipo de losas, se siguieron los pasos indicados por el Ing. Antonio Blanco, donde se indica que el cálculo del espesor se obtiene calculando la relación entre el perímetro del paño más desfavorable y la cantidad de 180.

Se tomaron los siguientes paños porque presentan los perímetros de medida más desfavorables:

- SALA COMEDOR I

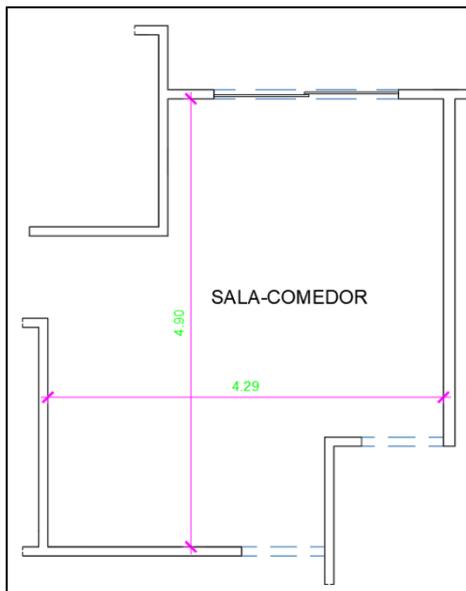


$$h \geq \frac{\text{Perímetro}}{180}$$

$$h \geq \frac{17.6}{180} = 0.097 \text{ m}$$

Figura 45. Primer paño desfavorable

- SALA COMEDOR II



$$h \geq \frac{\text{Perímetro}}{180}$$

$$h \geq \frac{18.37}{180} = 0.102 \text{ m}$$

Figura 46. Segundo paño desfavorable

- HALL DE INGRESO



$$h \geq \frac{\text{Perímetro}}{180}$$

$$h \geq \frac{20}{180} = \mathbf{0.111\ m}$$

Figura 47. Tercer paño desfavorable

Luego de verificar los 3 paños desfavorables encontramos que el espesor mínimo debe ser **0.11 m**, sin embargo, se utilizara el espesor de **0.13 m** en la losa maciza.

4.3.3 PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS DINTEL

Las vigas de la estructura en estudio, tendrán el funcionamiento de viga dintel, estas vigas según la arquitectura del proyecto, están consideradas sobre todas las puertas y ventanas, así mismo, son los elementos que asumen la transmisión de cargas de los alfeizar o peso de las losas macizas a los muros de ductilidad limitada.

Las vigas tendrán una base de 10 cm para no interponerse con la arquitectura del proyecto, así mismo, tendrán el peralte suficiente para poder llegar hasta la parte inferior de la losa maciza, que según la arquitectura es 30 cm para todas las vigas dintel. Finalmente, las dimensiones de la viga serán:

$$h = 0.30\ \text{m}$$

$$b = 0.10\ \text{m}$$

4.4 MODELAMIENTO DE LA ESTRUCTURA CON EL SOFTWARE ETABS 2018

4.4.1 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

- **CONCRETO**

Resistencia a compresión: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de elasticidad: $E_c = 15000\sqrt{f'c} = 217370.65 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de poisson: $u = 0.15$

Peso específico del concreto: $\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3$

The image shows a screenshot of the 'Material Properties' dialog box in ETABS software, specifically for concrete. The dialog is organized into several sections:

- General Data:** Material Name is 'Concreto fe=210 kg/cm2', Material Type is 'Concrete', Directional Symmetry Type is 'Isotropic', and there are buttons for 'Change...' (Material Display Color) and 'Modify/Show Notes...'.
 - Material Name: Concreto fe=210 kg/cm2
 - Material Type: Concrete
 - Directional Symmetry Type: Isotropic
 - Material Display Color: [Color swatch] Change...
 - Material Notes: Modify/Show Notes...
- Material Weight and Mass:** Radio buttons for 'Specify Weight Density' (selected) and 'Specify Mass Density'.
 - Weight per Unit Volume: 2.4 tonf/m³
 - Mass per Unit Volume: 0.244732 tonf-s²/m⁴
- Mechanical Property Data:**
 - Modulus of Elasticity, E: 2173706.5 tonf/m²
 - Poisson's Ratio, U: 0.15
 - Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C
 - Shear Modulus, G: 945089.78 tonf/m²
- Design Property Data:** Button for 'Modify/Show Material Property Design Data...'
- Advanced Material Property Data:** Buttons for 'Nonlinear Material Data...', 'Material Damping Properties...', and 'Time Dependent Properties...'

At the bottom of the dialog are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Figura 48. Asignación de propiedades del concreto – ETABS v.18

- **ACERO**

Esfuerzo de fluencia: $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de elasticidad: $E = 2000000 \text{ kg/cm}^2$

General Data

Material Name: Acero Fy= 4200 kg/cm2

Material Type: Rebar

Directional Symmetry Type: Uniaxial

Material Display Color: Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 7.85 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0.800477 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2000000 tonf/m²

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties...

Time Dependent Properties...

OK Cancel

Figura 49. Asignación de propiedades del acero – ETABS v.18

4.4.2 ELEMENTOS ESTRUCTURALES

La estructura en evaluación presenta un sistema “MDL”, dicho sistema es conocido por estar compuesto únicamente por los siguientes elementos estructurales: placas de concreto de reducidos espesores, losa maciza o aligerada y la cimentación que por lo general es una platea. Sin embargo, es común, la utilización de vigas chatas para los bordes en aberturas del diafragma y vigas dintel en las zonas de las ventanas y puertas.

Por otro lado, se define en el software ETABS v.18 cada uno de los elementos estructurales que integran el sistema “MDL” en estudio.

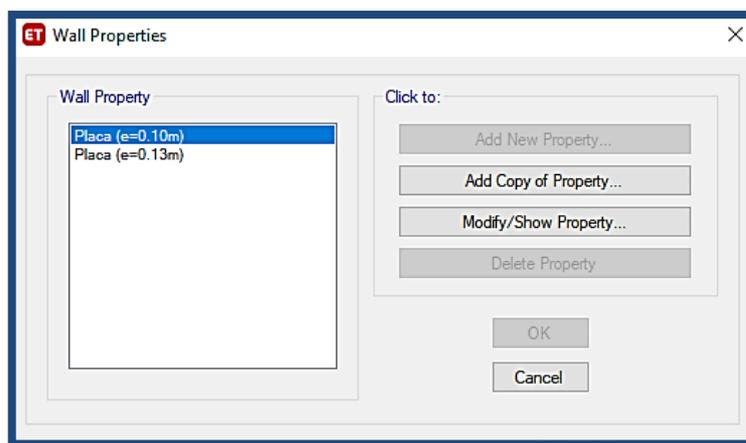


Figura 50. Secciones de muros tipo Placa – ETABS v.18

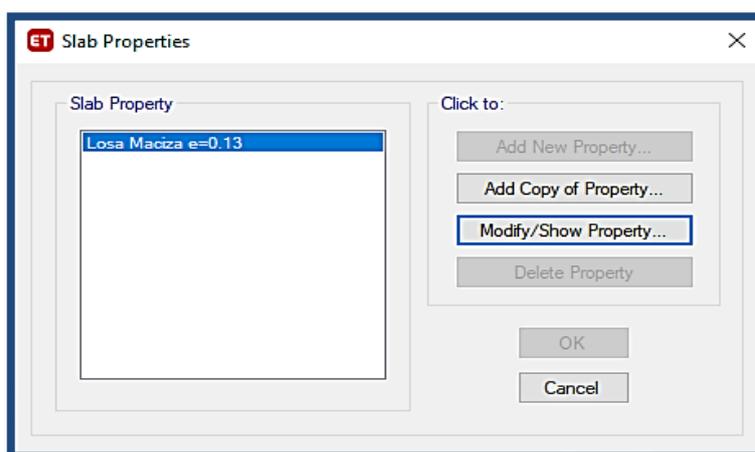


Figura 51. Secciones de losa maciza – ETABS v.18

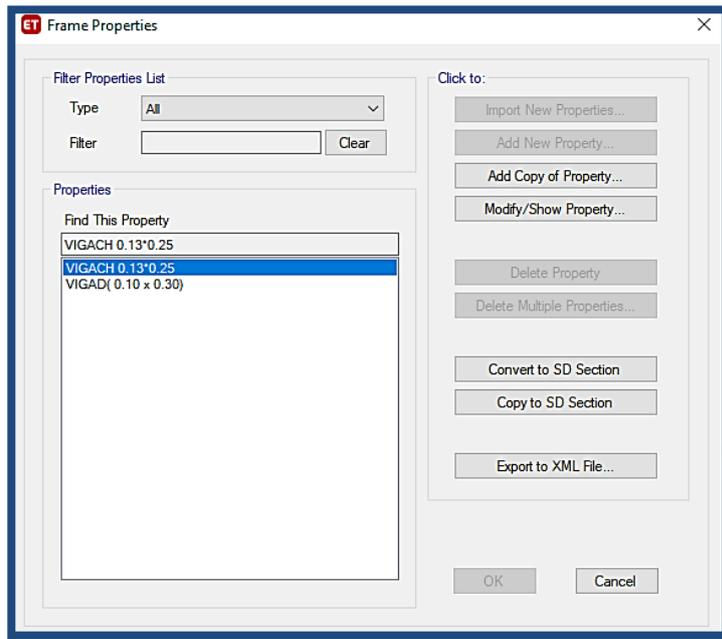


Figura 52. Secciones de vigas – ETABS v.18

4.4.3 DIAFRAGMA RIGIDO

Se definen los diafragmas en el software ETABS 18, estos se definen para cada nivel de la estructura, siendo “D1”, el diafragma para la losa del primer piso y de esa manera sucesivamente.

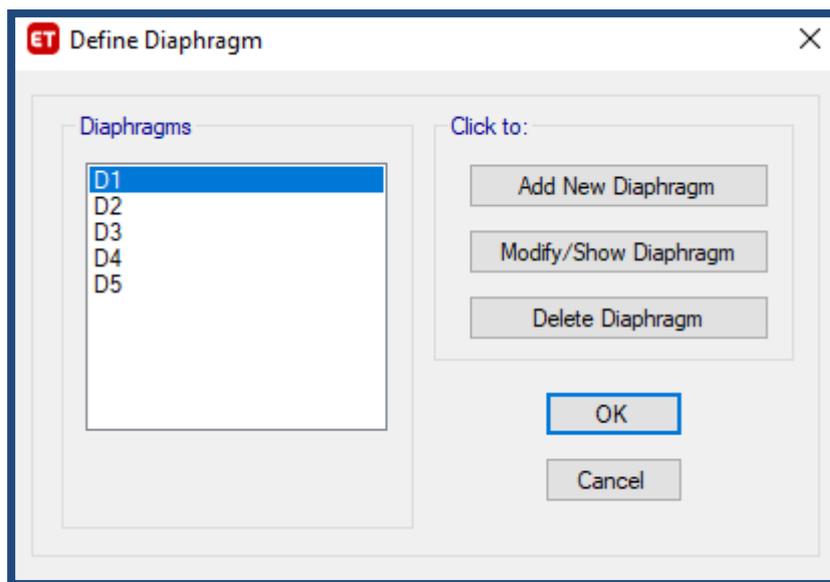


Figura 53. Definir diafragmas – ETABS v.18

Así mismo, como se tiene una losa maciza en dos direcciones, cada uno de estos diafragmas fue asignado en el software ETABS v.18 como “diafragma rígido”.

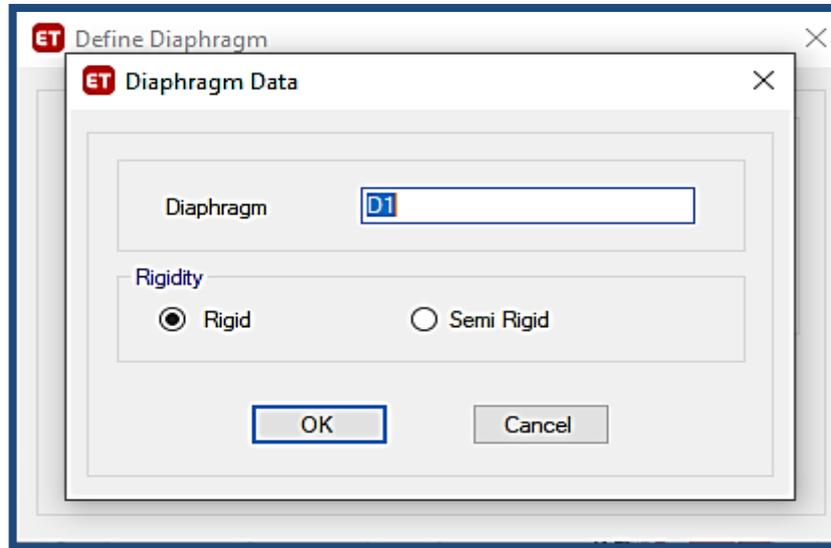


Figura 54. Asignar diafragma rígido – ETABS v.18

4.4.4 MASA PARTICIPANTE

Para la estimación del Peso definitivo que se necesitara para los Análisis Sísmicos, la norma E.030 señala que, para edificaciones de categoría “C” , como lo es en este caso la estructura en estudio, se tomará el 100% de la carga muerta, esto quiere decir, el 100% del peso propio de la estructura y el 100% de la carga muerta producto de los acabados, así también, la norma señala que se tomará el 25% de la carga viva de la estructura, esto quiere decir, el 25% de la carga viva por piso y el 25% de la carga viva en el último nivel.

Lo exigido por la norma E.030, se plasmó en el software ETABS 18, como se muestra a continuación:

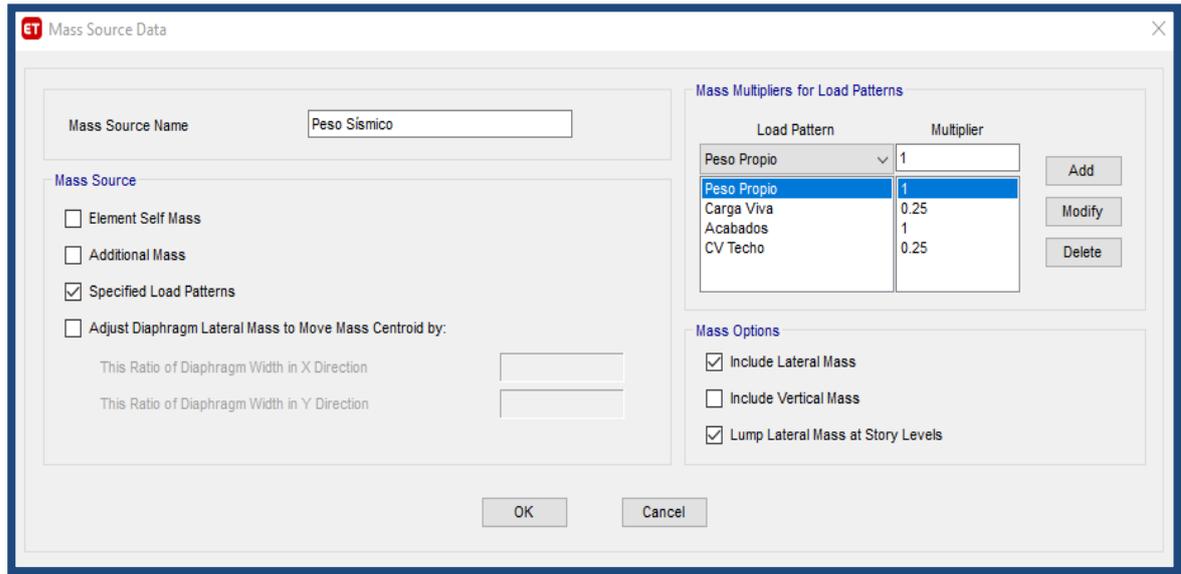


Figura 55. Masas participativas en el Peso Sísmico – ETABS v.18

4.4.5 CARGAS PARTICIPANTES

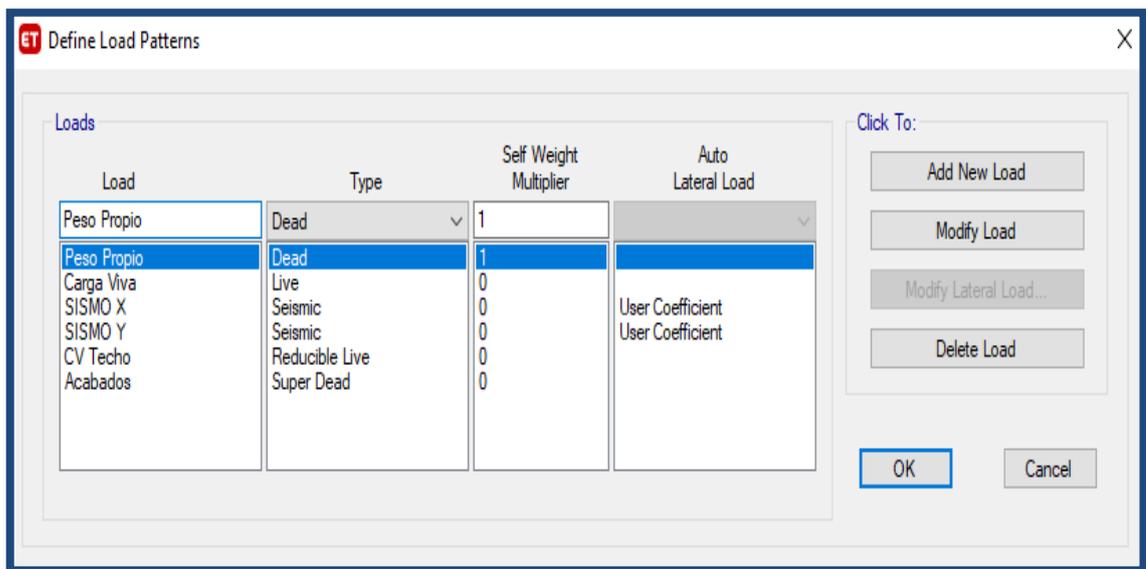


Figura 56. Cargas Participantes – ETABS v.18

4.4.6 VISUALIZACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO

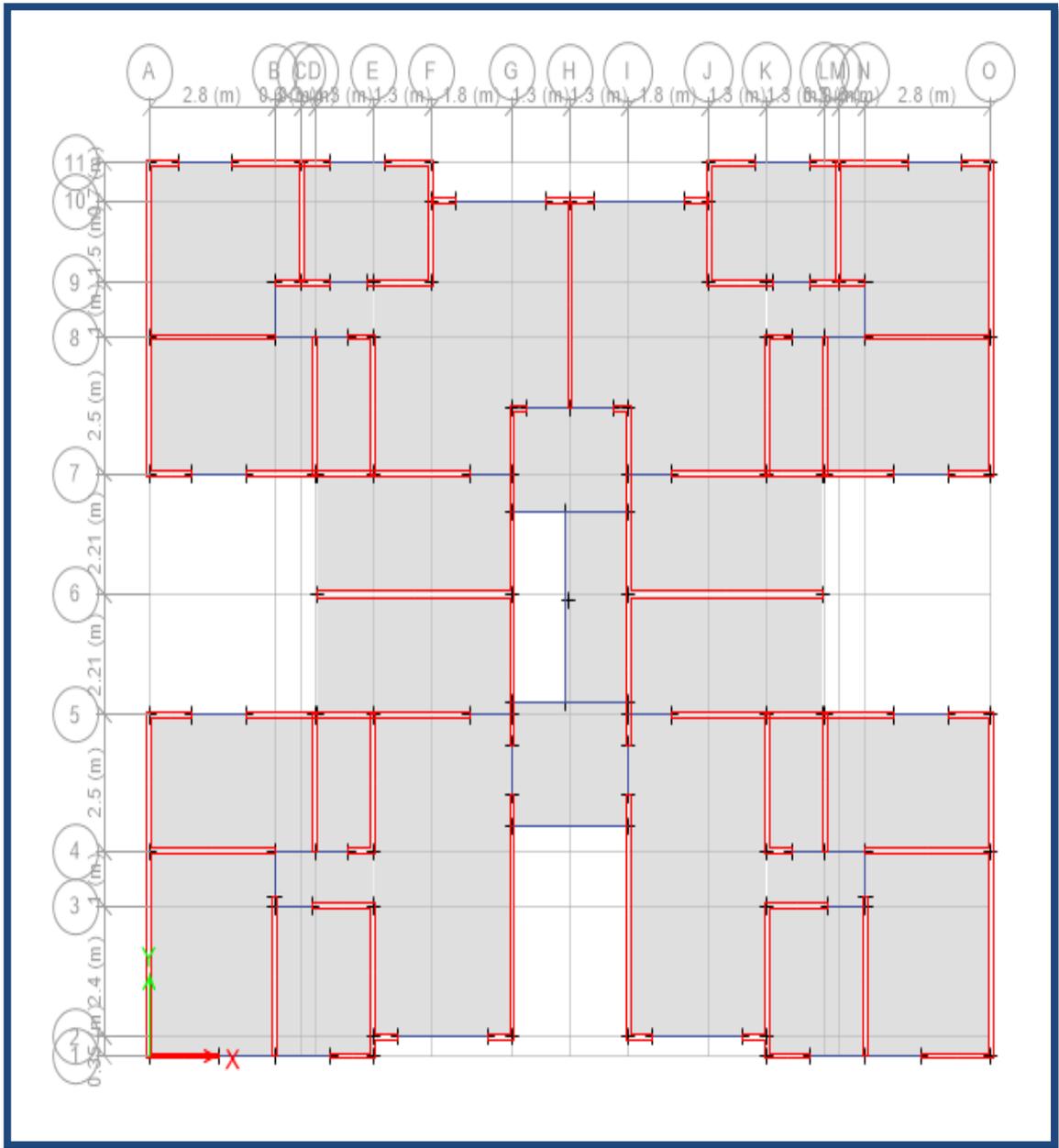


Figura 57. Vista en planta del 1°,2°,3°,4° y 5° piso – ETABS v.18

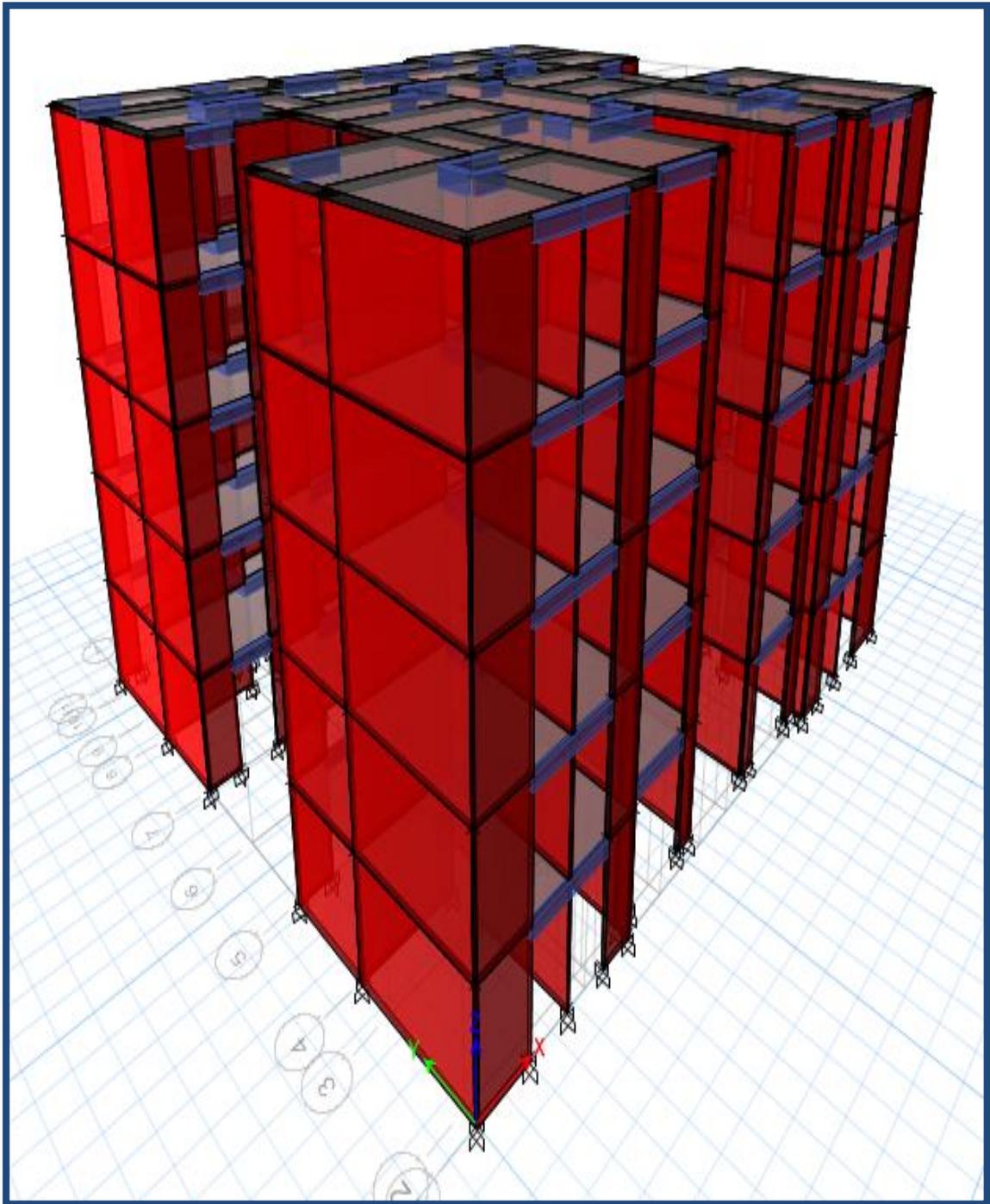


Figura 58. Modelo matemático en 3D – ETABS v.18

4.5 ANÁLISIS SISMICO – NTP E.030

4.5.1 PARÁMETROS SÍSMICOS

- FACTOR DE ZONA (Z)

La edificación se encuentra ubicado en el distrito de Lurín, provincia de Lima.

Tabla 11. Zona Sísmica de Lurín

REGIÓN	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA
LIMA	LIMA	LURÍN	4

Fuente: Norma E.030

Tabla 12. Factor de zona de Lurín

ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1

Fuente: Norma E.030

De modo que, a Lurín le corresponde un valor de **Z = 0.45**

- FACTOR DE SUELO (S)

La norma E.030, define cinco perfiles de suelo, las que se clasifican según la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte, propiedades mecánicas y el periodo fundamental de vibración. De acuerdo al mapa de microzonificación sísmica del distrito de Lurín, elaborado por CISMID, la estructura en estudio se encuentra ubicada la zona II de dicho mapa, por lo tanto, CISMID (2013) refiere: “Esta zona incluye, depósitos de arenas de compacidad media densa a densa, de espesores mayores a 2.50 m, se encontró grava y no se

localizó presencia de nivel freático” (p.17). Además, se hace referencia a sus buenas características geotécnicas favorables para la cimentación de edificaciones, por otro lado, este estudio de microzonificación concuerda con el EMS elaborado por la empresa responsable de proyectar la estructura en estudio. Finalmente, se tiene un suelo intermedio al que le corresponde un valor de S_2 .

Tabla 13. Factor de Suelo del Terreno

F. de Suelo F. de Zona	S_0	S_1	S_2	S_3
Z ₄	0.8	1	1.05	1.1
Z ₃	0.8	1	1.15	1.2
Z ₂	0.8	1	1.2	1.4
Z ₁	0.8	1	1.6	2

Fuente: Norma E.030

De modo que, le corresponde un valor de $S_2 = 1.05$

Tabla 14. Periodos “ T_p ” y “ T_L ” del Terreno

Periodos	Perfil del 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 E.030

De modo que, le corresponde un valor de $T_p = 0.6$ y $T_L = 2.0$

- FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SISMICA

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Dónde:

T: Periodo fundamental de la Estructura

hn: Altura total de la edificación

Ct: Factor en función del tipo de estructura

Remplazamos los datos:

$$T = \frac{12.65}{60} = 0.21$$

De modo que, le corresponde un valor de:

$$T = 0.21$$

$$T_P = 0.60$$

$$T_L = 2.0$$

El factor de amplificación sísmica estará en función a las siguientes condiciones:

$$T < T_p \dots\dots\dots C = 2.5 \text{ ----- Cumple}$$

$$T_p < T < T_L \dots\dots\dots C = 2.5 \left(\frac{T_p}{T}\right) \text{ ----- No cumple}$$

$$T > T_L \dots\dots\dots C = 2.5 \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right) \text{ ----- No cumple}$$

De modo que, le corresponde un valor de **C = 2.5**.

- FACTOR DE USO (U)

Tabla 15. Edificaciones Comunes - C

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
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 E.030

La edificación en estudio es una vivienda multifamiliar, esta se encuentra en la categoría de Edificaciones Comunes, por lo tanto, presenta un factor **U = 1.0**.

- FACTOR DE REDUCCIÓN (R)

Dado que no se evidencia irregularidad considerable a nivel de pre dimensionamiento, el coeficiente de reducción sísmica “R” conservará el valor de su coeficiente de reducción básico para el análisis previo, posteriormente, se verificará las irregularidades.

Tabla 16. Sistema Estructural - MDL

SISTEMA ESTRUCTURAL	R₀
Muros de ductilidad limitada	4

Fuente: Norma E.030

- PESO SÍSMICO DE LA EDIFICACIÓN (P)

Tomando en cuenta que la edificación es de uso multifamiliar, esto quiere decir que para la norma E.030 es de categoría “C”, su peso sísmico se calculara tomando en cuenta el 100% de la carga muerta y adicionando el 25 % de la carga viva. Por otro lado, las cargas a considerar se encuentran consolidadas en la norma peruana E.020.

El cálculo del peso sísmico se realizó a través de los siguientes formatos, y fue verificado a partir del software ETABS 18:

Tabla 17. Metrado de los muros tipo Placa

CARGA MUERTA								
ELEMENTO	N°de Veces	Número de pisos	Longitud (m)	Espesor (m)	Área (m²)	Altura (m)	Peso Específico (Ton /m3)	Peso (Ton)
Muros en X								
X1	2	5	0.6	0.1	0.06	2.53	2.4	3.64
X2	2	5	2.2	0.1	0.22	2.53	2.4	13.36
X3	2	5	1	0.1	0.1	2.53	2.4	6.07
X4	10	5	0.5	0.1	0.05	2.53	2.4	15.18
X5	1	5	1.1	0.1	0.11	2.53	2.4	3.34
X6	4	5	1.3	0.1	0.13	2.53	2.4	15.79
X7	2	5	1.4	0.1	0.14	2.53	2.4	8.50
X8	4	5	2.8	0.1	0.28	2.53	2.4	34.00
X10	6	5	0.9	0.1	0.09	2.53	2.4	16.39
X11	4	5	5	0.1	0.5	2.53	2.4	60.72
X12	2	5	0.3	0.1	0.029	2.53	2.4	1.76
X13	2	5	4.3	0.13	0.559	2.53	2.4	33.94
X19	2	5	1.5	0.1	0.15	2.53	2.4	9.11
Σ								221.81
Muros en Y								
Y1	2	5	5.8	0.1	0.58	2.53	2.4	35.22
Y2	2	5	2.1	0.1	0.21	2.53	2.4	12.75
Y3	2	5	2.3	0.1	0.23	2.53	2.4	13.97
Y4	1	5	3.8	0.13	0.49	2.53	2.4	15.00
Y5	8	5	2.5	0.1	0.25	2.53	2.4	60.72
Y6	2	5	6.05	0.1	0.61	2.53	2.4	36.74
Y7	2	5	6.22	0.1	0.62	2.53	2.4	37.74
Y8	2	5	2.95	0.1	0.30	2.53	2.4	17.91
Y9	2	5	2.85	0.1	0.29	2.53	2.4	17.31
Y10	2	5	4.5	0.1	0.45	2.53	2.4	27.32
Σ								274.67
Σ								496.48

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Metrado de losa maciza

CARGA MUERTA						
ELEMENTO	N°de Veces	Número de pisos	Espesor (m)	Área (m²)	Peso Específico (Ton /m3)	Peso (Ton)
Losa maciza						
Losa maciza	1	4	0.13	244.98	2.40	305.74
	1	1	0.13	250.98	2.4	78.31
Acabados	1	4		244.98	0.1	97.99
Σ						482.03

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Medrado de vigas Dintel

CARGA MUERTA								
ELEMENTO	N°de Veces	Número de pisos	Longitud (m)	Espesor (m)	Área (m ²)	Altura (m)	Peso Específico (Ton /m3)	Peso (Ton)
Vigas Dintel: DEPARTAMENTO 1								
V-1	2	5	1.2	0.1	0.12	0.3	2.4	0.864
V-2	2	5	1.2	0.1	0.12	0.3	2.4	0.864
V-3	2	5	1.2	0.1	0.12	0.3	2.4	0.864
V-4	2	5	2	0.1	0.2	0.3	2.4	1.44
P1	2	5	1	0.1	0.1	0.3	2.4	0.72
P2	2	5	0.9	0.1	0.09	0.3	2.4	0.648
P3	2	5	0.8	0.1	0.08	0.3	2.4	0.576
P4	2	5	0.75	0.1	0.075	0.3	2.4	0.54
P5	2	5	0.95	0.1	0.095	0.3	2.4	0.684
P6	2	5	0.96	0.1	0.096	0.3	2.4	0.6912
Vigas Dintel: DEPARTAMENTO 2								
v-1	2	5	1.2	0.1	0.12	0.3	2.4	0.864
V-2	2	5	1.25	0.1	0.125	0.3	2.4	0.9
V-3	2	5	1.25	0.1	0.125	0.3	2.4	0.9
V-4	2	5	2	0.1	0.2	0.3	2.4	1.44
P1	2	5	0.9	0.1	0.09	0.3	2.4	0.648
P2	2	5	0.75	0.1	0.075	0.3	2.4	0.54
P3	2	5	0.85	0.1	0.085	0.3	2.4	0.612
P4	2	5	0.85	0.1	0.085	0.3	2.4	0.612
P5	2	5	0.9	0.1	0.09	0.3	2.4	0.648
P6	2	5	0.95	0.1	0.095	0.3	2.4	0.684
VENTANA	1	5	2.6	0.1	0.26	0.3	2.4	0.936
								16.68

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Medrado de carga viva

CARGA VIVA					
Descripción	Número de pisos	S/C (Ton/m2)	Área (m2)	% Carga Viva	Peso (Ton)
Piso típico	4	0.2	244.98	0.25	49.00
Último piso	1	0.1	250.98	0.25	6.27
					55.27

Fuente: Elaboración propia

El peso sísmico de la estructura es el 100% de la carga muerta adicionando el 25% de la carga viva, por lo tanto, el peso sísmico se presenta a continuación:

Tabla 21. Peso Sísmico de la edificación

Peso de placas	496.48 Ton
Peso de losa maciza	482.03 Ton
Peso de vigas Dintel	16.68 Ton
25% de CV	55.27 Ton
Peso Sísmico	1050.46 Ton

Fuente: Elaboración propia

El Peso Sísmico obtenido a través de los anteriores formatos, fueron verificados con el Peso Sísmico obtenido con el software ETABS 18, donde se obtuvo el valor de 1051.65 Ton, finalmente se utilizará el peso obtenido con el software, para manejar datos más precisos.

Tabla 22. Peso Sísmico de la edificación – Etabs v.18

Pisos	Masa (Ton.s ² /m)	g (s ² /m)	Peso (Ton)
Piso 5	14.31076	9.8067	140.34
Piso 4	23.23189	9.8067	227.83
Piso 3	23.23189	9.8067	227.83
Piso 2	23.23189	9.8067	227.83
Piso 1	23.23189	9.8067	227.83
			1051.65

Fuente: Elaboración propia

Para un análisis preliminar estático, es posible considerar a la estructura regular, ya que, en lo posterior, estos datos, pueden ser ajustados y de esta manera precisar el factor de reducción de la estructura.

Tabla 23. Parámetros de diseño preliminar

Parámetros de Diseño		Valor
Factor de Zona	Z	0.45
Factor de Amplificación Sísmica	U	2.50
Factor de Uso	C	1.00
Factor de Suelo	S	1.05
Factor básico de Reducción	R	4.00
Coeficiente Basal		0.2953
Peso de la Edificación (Tn)		1051.65
Cortante Basal (Tn)	V	310.565

Fuente: Elaboración Propia

4.5.2 ANÁLISIS DINÁMICO PREVIO

Se puede realizar un análisis dinámico preliminar, utilizando los parámetros que se presentaron anteriormente, que serán utilizados para calcular la Aceleración Espectral de la manera que se detalla en la Norma E.030.

$$S_a = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} \times g$$

Dónde:

Z= F. de zona

U= F. de uso de la edificación

C= F. de amplificación sísmica.

S= F. de suelo de fundación.

R= F. de reducción sísmica.

g= Aceleración de la gravedad.

La fórmula propuesta para la aceleración espectral, se puede calcular para determinados periodos de vibración, de esta manera se puede obtener el espectro de respuesta de la estructura.

Tabla 24. Aceleraciones Espectrales – E.030

Periodos (T)	C	S _a
0	2.50	0.2953
0.02	2.50	0.2953
0.04	2.50	0.2953
0.06	2.50	0.2953
0.08	2.50	0.2953
0.1	2.50	0.2953
0.12	2.50	0.2953
0.14	2.50	0.2953
0.16	2.50	0.2953
0.18	2.50	0.2953
0.2	2.50	0.2953
0.25	2.50	0.2953
0.3	2.50	0.2953
0.35	2.50	0.2953
0.4	2.50	0.2953
0.45	2.50	0.2953
0.5	2.50	0.2953
0.55	2.50	0.2953
0.6	2.50	0.2953
0.65	2.31	0.2726
0.7	2.14	0.2531
0.75	2.00	0.2363
0.8	1.88	0.2215
0.85	1.76	0.2085
0.9	1.67	0.1969
0.95	1.58	0.1865
1	1.50	0.1772
1.1	1.36	0.1611
1.2	1.25	0.1477
1.3	1.15	0.1363
1.4	1.07	0.1266
1.5	1.00	0.1181
1.6	0.94	0.1107
1.7	0.88	0.1042
1.8	0.83	0.0984
1.9	0.79	0.0933
2	0.75	0.0886
2.1	0.68	0.0804
2.2	0.62	0.0732
2.3	0.57	0.0670

2.4	0.52	0.0615
2.5	0.48	0.0567
2.75	0.40	0.0469
3	0.33	0.0394
3.25	0.28	0.0336
3.5	0.24	0.0289
3.75	0.21	0.0252
4	0.19	0.0221
4.25	0.17	0.0196
4.5	0.15	0.0175
4.75	0.13	0.0157
5	0.12	0.0142
5.5	0.10	0.0117
6	0.08	0.0098
6.5	0.07	0.0084
7	0.06	0.0072
7.5	0.05	0.0063
8	0.05	0.0055
8.5	0.04	0.0049
9	0.04	0.0044
9.5	0.03	0.0039
10	0.03	0.0035

Fuente: Elaboración Propia

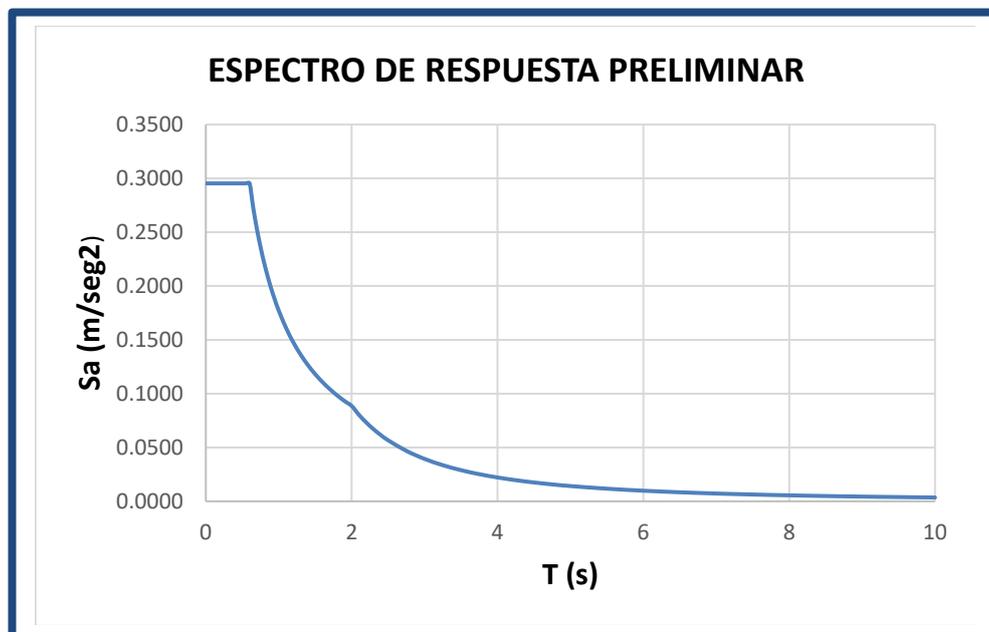


Figura 59. Espectro de Respuesta Preliminar – E.030

4.5.3 REGULARIDAD ESTRUCTURAL

Según la norma E.030, la regularidad estructural depende de los factores de irregularidad en altura (Ia) e irregularidad en planta (Ip). Para la estructura en estudio se verificarán ambas irregularidades con el fin de tener la seguridad de asumir los valores más reales para el análisis.

4.5.3.1 IRREGULARIDADES EN ALTURA

Estas irregularidades se precisan a partir de las consideraciones presentadas en la Norma E.030.

- IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ – PISO BLANDO

Para la norma E.030, esta irregularidad se presenta cuando, en alguna de las direcciones de análisis, la rigidez de un entrepiso es menor al 70% de la rigidez del entrepiso inmediato superior, o es menor al 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes.

Para la verificación de esta irregularidad, se procede a calcular la Rigidez lateral de Entrepiso en la dirección “x”.

Tabla 25. Rigidez de entrepiso Dirección “x”

Pisos	V(x) (ton)	Desplazamiento (m)	Desplazamiento Relativo (m)	Rigidez (Ton/m)
Piso 5	87.67	0.00343	0.00077	114455.61
Piso 4	183.17	0.00266	0.00083	221749.52
Piso 3	248.55	0.00183	0.00081	307609.41
Piso 2	290.93	0.00103	0.00068	430367.75
Piso 1	310.59	0.00035	0.00035	887403.71

Fuente: Elaboración Propia

Luego, se verifica la irregularidad a partir de las consideraciones de la norma E.030.

Tabla 26. Verificación de Irregularidad por Piso Blando

Pisos	0.70 $K_{(n+1)}$	$K_{(n)}$	$\bar{x} K_{(n+1; n+2, n+3)}$	Verificación
Piso 5	80118.9295	114455.6136	-	-
Piso 4	155224.661	221749.5157	-	No Cumple
Piso 3	215326.584	307609.4059	-	No Cumple
Piso 2	301257.426	430367.7515	171683.876	No Cumple
Piso 1	-	887403.7143	255927.113	No Cumple

Fuente: Elaboración Propia

- IRREGULARIDAD DE RESISTENCIA – PISO DÉBIL

Existe esta irregularidad cuando un piso tiene una resistencia inferior al 80% de su piso inmediato inferior.

En primer lugar, se calculó la resistencia a fuerzas cortantes de los elementos tipo placa en ambas direcciones (V_{n-x-y}).

Tabla 27. Fuerzas Cortantes de los elementos tipo placa

ELEMENTO	N° de Veces	Número de pisos	d (cm)	Bw (cm)	Vn(ton)
Muros en X			$V_n = (0.53 \times \sqrt{f'c}) \times b_w \times d$		
X1	2	1	48	10	7.37
X2	2	1	176	10	27.04
X3	2	1	80	10	12.29
X4	10	1	40	10	30.72
X5	1	1	88	10	6.76
X6	4	1	104	10	31.95
X7	2	1	112	10	17.20
X8	4	1	224	10	68.82
X10	6	1	72	10	33.18
X11	4	1	400	10	122.89
X12	2	1	23	10	3.53
X13	2	1	344	13	68.69
X19	2	1	120	10	18.43
					448.88
Muros en Y			$V_n = (0.53 \times \sqrt{f'c}) \times b_w \times d$		
Y1	2	1	464	10	71.27
Y2	2	1	168	10	25.81
Y3	2	1	184	10	28.26
Y4	1	1	304	13	30.35
Y5	8	1	200	10	122.89
Y6	2	1	484	10	74.35
Y7	2	1	497	10	76.34
Y8	2	1	236	10	36.25
Y9	2	1	228	10	35.02
Y10	2	1	360	10	55.30
					555.85

Fuente: Elaboración Propia

La resistencia a fuerza cortante de los elementos tipo placa en el primer nivel es:

$$V_n = 448.88 \text{ Ton} + 555.85 \text{ Ton}$$

$$V_n = 1004.73 \text{ Ton}$$

La estructura en estudio, mantiene todos los elementos estructurales sin modificación desde la primera planta hasta el último nivel, en consecuencia, la resistencia a la fuerza cortante por piso será del mismo valor, por otro lado, se realiza la verificación en la siguiente tabla:

Tabla 28. Verificación de Irregularidad por Piso Débil

Pisos	Vn (Ton)	0.80 Vn(i+1)	Verificación
Piso 5	1004.72	803.78	-
Piso 4	1004.72	803.78	No cumple
Piso 3	1004.72	803.78	No cumple
Piso 2	1004.72	803.78	No cumple
Piso 1	1004.72	-	No cumple

Fuente: Elaboración Propia

Se puede apreciar, que la estructura no cumple con las condiciones necesarias para considerarla irregular por piso débil.

- IRREGULARIDAD DE MASA O PESO

Se presenta esta irregularidad cuando el peso de un nivel excede considerablemente el peso de un nivel superior o inferior, para la norma E.030 no se puede exceder 1.5 veces el peso de un nivel adyacente.

Para verificar esta irregularidad se obtuvieron las masas por piso directamente con el software ETABS 18, donde, se puede apreciar que las masas están equilibradas, esto debido, a que los elementos estructurales en los pisos son típicos, así también, la sobrecarga en cada piso es típica, por ello, no se presenta la condición de la norma E.030 para catalogarla como Irregular por masa.

Tabla 29. Masa por Piso

Pisos	Masa (Ton-s ² /m)
Piso 5	14.31
Piso 4	23.23
Piso 3	23.23
Piso 2	23.23
Piso 1	23.23

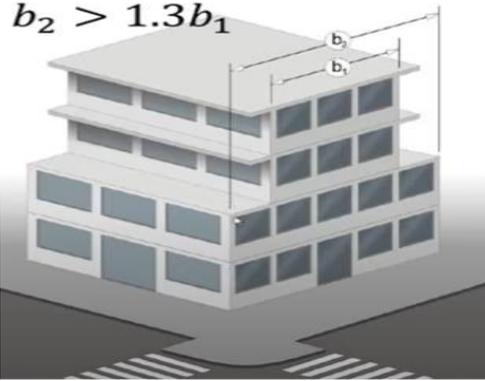
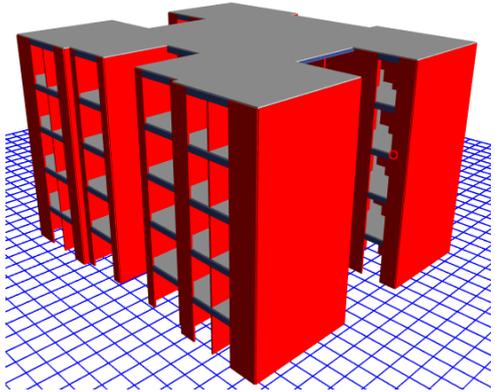
Fuente: ETABS v.18

- IRREGULARIDAD GEOMÉTRICA VERTICAL

Esta irregularidad se presenta cuando existen cambios en la geometría vertical de la edificación, específicamente, cuando, la dimensión en planta de un nivel es mayor a 1.3 veces la dimensión de un piso adyacente.

Para un mayor entendimiento de presenta una imagen donde se detalla esta irregularidad.

Tabla 30. Interpretación de irregularidad Geométrica Vertical

CONDICIÓN E.030	MODELO 3-D PRESENTE TRABAJO
	
Como se puede observar, la estructura en estudio no presenta un cambio en su geometría vertical, por esta razón, la estructura no presenta irregularidad.	

Fuente: Elaboración Propia

- DISCONTINUIDAD EN LOS SISTEMAS RESISTENTES

La norma E.030, califica como irregular a una estructura, cuando cualquiera de sus elementos estructurales que resista más del 10% de la fuerza cortante tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación o un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento.

La estructura en estudio, presenta continuidad en todos los elementos resistentes a la fuerza cortante desde el primer nivel hasta el quinto nivel, por tanto, no se consideró irregular por discontinuidad en los sistemas Resistentes.

4.5.3.2 IRREGULARIDADES EN PLANTA

Las irregularidades en planta se determinan a partir de los valores presentados en la tabla N°9 de la norma E.030.

- IRREGULARIDAD TORSIONAL

Esta pauta es válida para edificaciones con diafragmas rígidos y solo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso excede en 50% al desplazamiento permisible indicado en la norma.

Tabla 31. *Desplazamiento relativo de entrepiso*

Piso	Derivas		Deriva Max	50% Deriva Max	Estado en X	Estado en Y
	X	Y				
Piso 5	0.000721	0.000291	0.005	0.0025	No cumple	No cumple
Piso 4	0.00077	0.000305	0.005	0.0025	No cumple	No cumple
Piso 3	0.000745	0.000292	0.005	0.0025	No cumple	No cumple
Piso 2	0.000617	0.000239	0.005	0.0025	No cumple	No cumple
Piso 1	0.000317	0.00013	0.005	0.0025	No cumple	No cumple

Fuente: Elaboración Propia

Gracias a esta ficha elaborada en Excel se determinó que no existe irregularidad torsional, ya que, las derivas máximas no exceden el 50% de la deriva máxima admisible en la norma E.030.

- IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA

Este criterio es aplicable si cumple lo requerido en la “irregularidad torsional” presentada anteriormente, debido a los resultados anteriores podemos afirmar

que no existe Irregularidad Torsional Extrema, ya que, las derivas máximas no exceden el 50% de la deriva máxima admisible en la norma E.030.

- IRREGULARIDAD POR ESQUINA ENTRANTE

Se considera una estructura con este tipo de irregularidad cuando en una dirección, cualquiera de las dos, se presentan esquinas entrantes con longitudes mayores que el 20% de la correspondiente dimensión total en planta.

Tabla 32. Irregularidad por esquina Entrante en X

Piso	Dimensión X(m)	Dimensión Entrante X (m)	20% Dim.	Estado
Piso 5	18.9	3.8	3.78	Cumple
Piso 4	18.9	3.8	3.78	Cumple
Piso 3	18.9	3.8	3.78	Cumple
Piso 2	18.9	3.8	3.78	Cumple
Piso 1	18.9	3.8	3.78	Cumple

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33. Irregularidad por esquina Entrante en Y

Piso	Dimensión Y(m)	Dimensión Entrante Y (m)	20% Dim.	Estado
Piso 5	16.38	3.9	3.276	Cumple
Piso 4	16.38	3.9	3.276	Cumple
Piso 3	16.38	3.9	3.276	Cumple
Piso 2	16.38	3.9	3.276	Cumple
Piso 1	16.38	3.9	3.276	Cumple

Fuente: Elaboración Propia

Se verifica que existe esta irregularidad.

- IRREGULARIDAD POR DISCONTINUIDAD DE DIAFRAGMA

Las estructuras se pueden calificar como irregulares por diafragma cuando las aberturas en planta superan el 50% del área bruta total del diafragma.

Tabla 34. Irregularidad por discontinuidad de diafragma

Piso	Área de Diafragma	Área aberturas	%Porcentaje Máximo de Área Bruta	% de Área Bruta	Estado
Piso 5	272.9	0	50	0	No cumple
Piso 4	252.96	4.024	50	1.591	No cumple
Piso 3	252.96	4.024	50	1.591	No cumple
Piso 2	252.96	4.024	50	1.591	No cumple
Piso 1	252.96	4.024	50	1.591	No cumple

Fuente: Elaboración Propia

La estructura no presenta este tipo de irregularidad por discontinuidad de Diafragma, debido a que, las aberturas que presenta debido a las escaleras no superan el 50% del área total del diafragma.

Con la verificación de las irregularidades se puede realizar una nueva recopilación de información para obtener los parámetros para el Análisis Estático Final.

4.5.4 ANÁLISIS ESTÁTICO FINAL

Habiendo reconocido las Irregularidades de la estructura en estudio, se puede ajustar el factor de Reducción para obtener una cortante basal más ajustada.

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

Dónde:

R_0 = Coeficiente Básico de Reducción

I_a = Irregularidad en Altura

I_p = Irregularidad en Planta

Obteniendo el factor de Reducción, se obtiene un nuevo coeficiente basal como se muestra a continuación:

Tabla 35. Parámetros de diseño Final – E.030

Factores		Valor
Factor de zona	Z	0.45
Factor de Suelo	S	1.05
Factor de Uso	U	1
Factor de Amplificación Sísmica	C	2.5
Irregularidad en Altura	I_a	1.0
Irregularidad en Planta	I_p	0.9
Factor Básico de Reducción	R_o	4
Factor de Reducción Sísmica	R	3.6
Coeficiente Basal		0.328125
Peso de la edificación		1051.65
Cortante Basal (T_n)	V	345.073

Fuente: Elaboración Propia

Con los datos del análisis estático final, se puede calcular el Espectro de Respuesta Final, desarrollando la aceleración espectral con el nuevo Factor de Reducción.



Figura 60. Espectro de Respuesta Final – E.030

4.5.5. ANÁLISIS ESTÁTICO Y DINÁMICO FINAL EN EL PROGRAMA ETABS

Luego de obtener los datos finales de coeficiente basal y Espectro de respuesta, se puede proceder a ajustar esos parámetros en el programa para poder obtener los resultados finales.

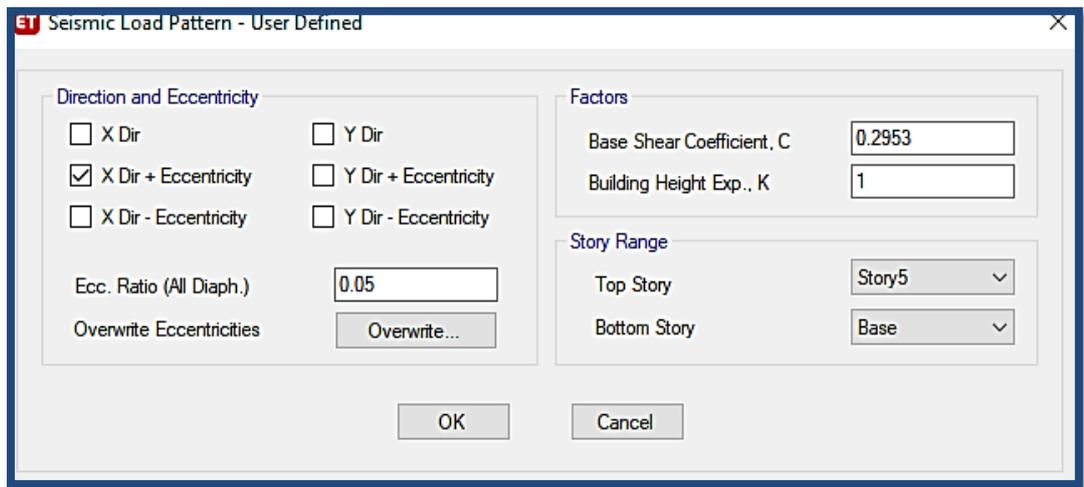


Figura 61. Definición de Patrón de carga Sísmico sin ajustar en X-X

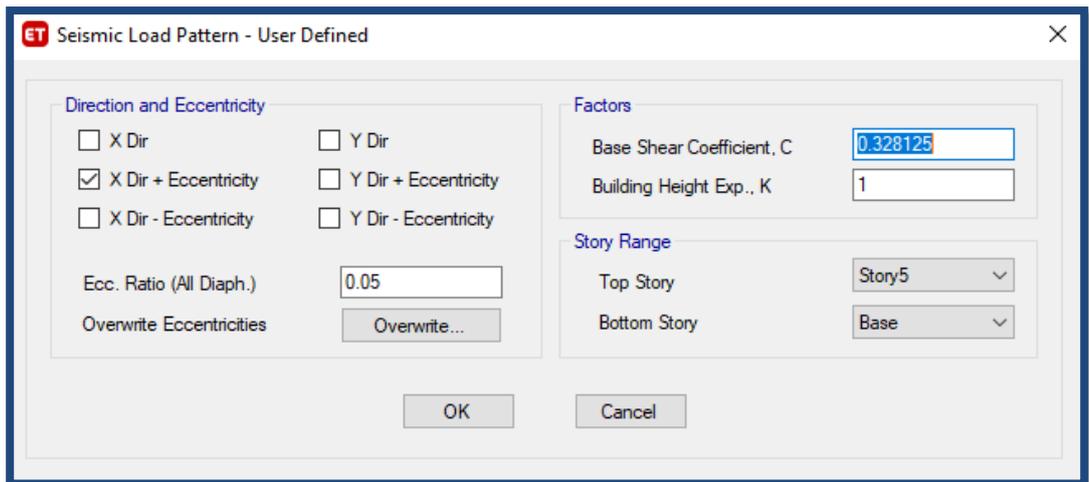


Figura 62. Definición de Patrón de carga Sísmico ajustado en X-X

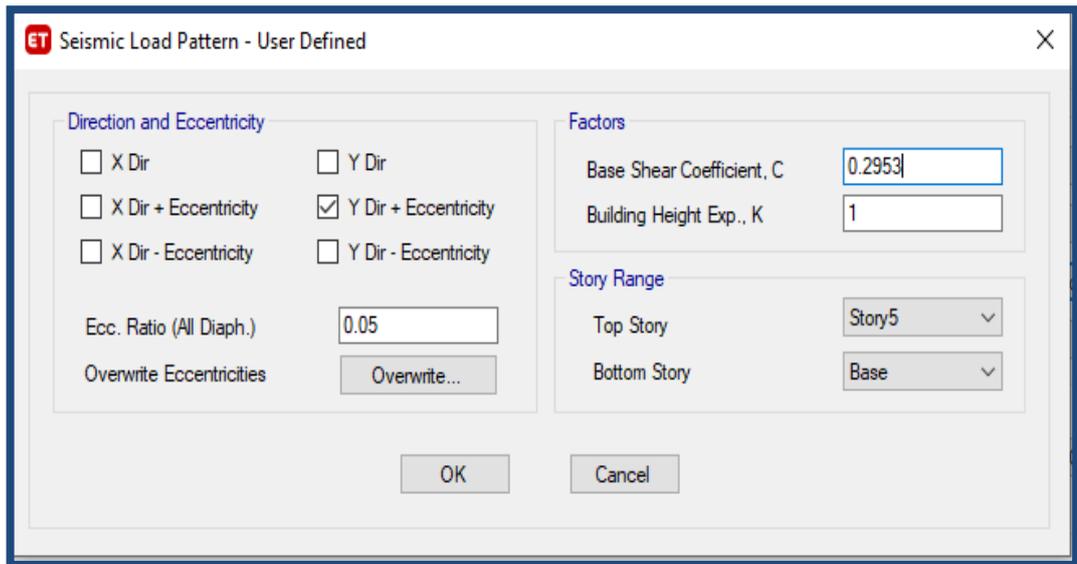


Figura 63. Definición de Patrón de carga Sísmico sin ajustar en Y-Y

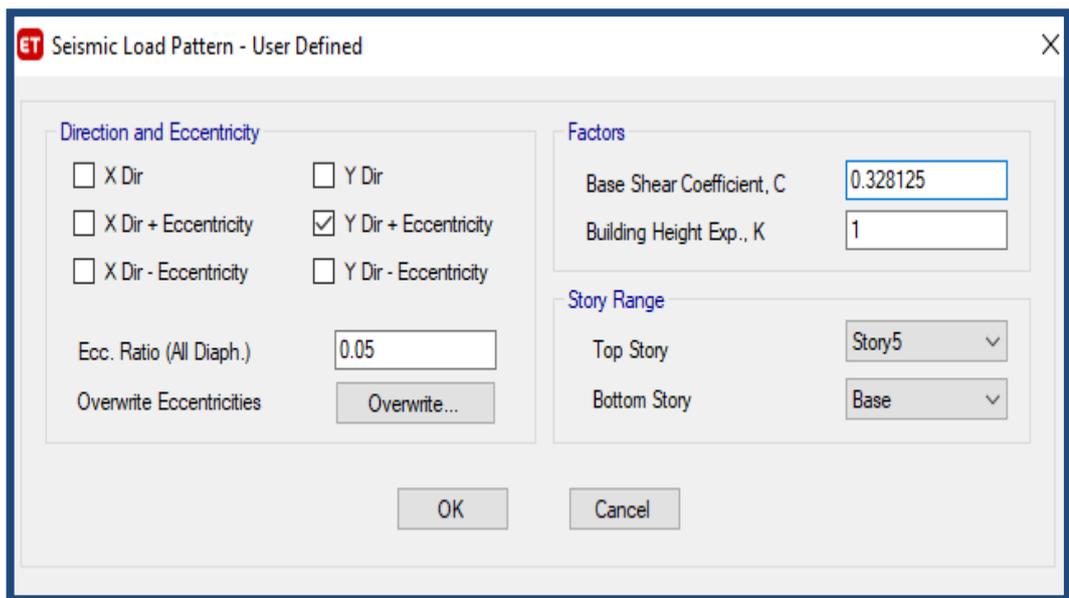


Figura 64. Definición de Patrón de carga Sísmico ajustado en Y-Y

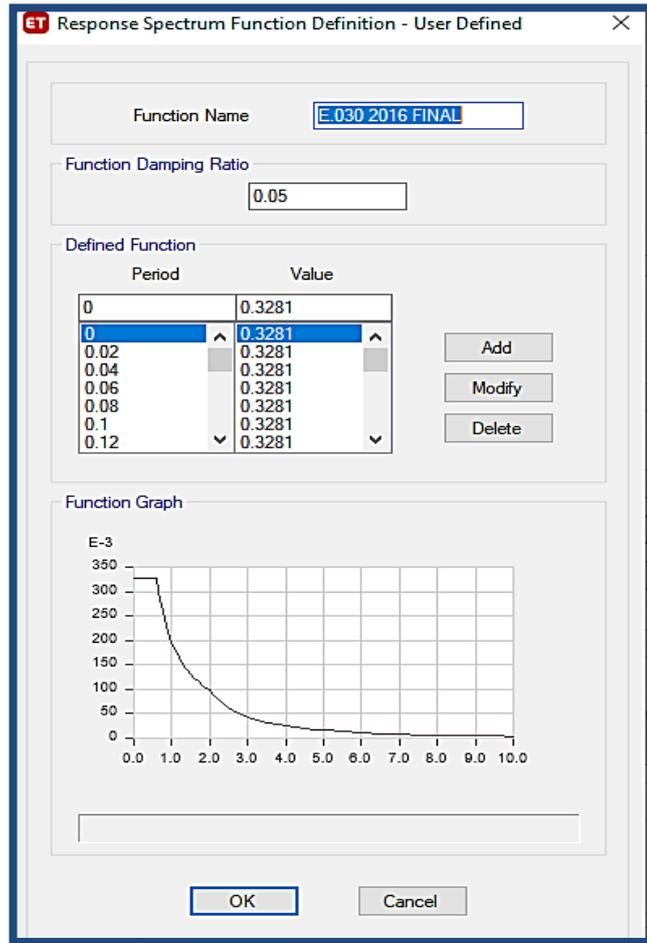


Figura 65. Espectro de Respuesta Final Perú – ETABS

4.5.4.4 DISTRIBUCIÓN DE LA FUERZA SÍSMICA ESTÁTICA

Las fuerzas sísmicas horizontales en cada nivel, se calculan con la siguiente expresión:

$$F_i = \alpha_i * V$$

Dónde:

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

Pero:

a) Para T menor o igual a 0.5 segundos: $k = 1.0$

k	1.0
---	-----

Tabla 36. Distribución de fuerzas sísmicas – E.030

N° DE PISOS	ALTURA (h) m	PESO (Ton)	$P \cdot h^k$	α_i	F_i
PISO5	12.65	140.34	1775.32	0.235	81.256
PISO4	10.12	227.83	2305.62	0.306	105.527
PISO3	7.59	227.83	1729.22	0.229	79.146
PISO2	5.06	227.83	1152.81	0.153	52.764
PISO1	2.53	227.83	576.41	0.076	26.382
TOTAL		1051.65	7539.38		

Fuente: Elaboración Propia

4.5.6 AJUSTES DE LAS FUERZAS SÍSMICAS ESTÁTICOS Y DINÁMICAS

Una vez asignado los valores para el análisis estático y Dinámico en el software ETABS 18, se pueden obtener los valores finales de las fuerzas cortantes. Para la norma E.030, las fuerzas dinámicas del primer entrepiso no pueden ser menores al 90% de las fuerzas estáticas en el mismo nivel, esto debe cumplir para estructuras irregulares, por otro lado, se presenta las fuerzas obtenidas en el análisis.

Story	Output Case	Case Type	Location	VX tonf
Story1	SISMO X	LinStatic	Bottom	345.0722
Story1	SDINAMICO X	LinRespSpec	Bottom	257.7521

Figura 66. Fuerza cortante producto sismo estático y sismo dinámico x-x obtenido en el software ETABS 18

Story	Output Case	Case Type	Location	VY tonf
Story1	SISMO Y	LinStatic	Bottom	345.0722
Story1	SDINAMICO Y	LinRespSpec	Bottom	263.6186

Figura 67. Fuerza cortante producto sismo estático y sismo dinámico y-y obtenido en el software ETABS 18

Se puede identificar la fuerza cortante dinámica, no supera al 90% de la fuerza cortante estática en el primer entrepiso, por consecuencia, se realiza un reajusto de los factores de aceleración dinámica.

Tabla 37. Reajuste de fuerzas cortantes – E.030

Dirección de las fuerzas	Vdin (Ton)	Vest (Ton)	0.90 Vest (Ton)	Verificación (Vdin ≥ 0.90 Vest)	FC 0.9(Vest/Vdin)
X	257.752	345.072	310.565	No cumple	1.210
Y	263.619	345.072	310.565	No cumple	1.180

Fuente: Elaboración Propia

Con el valor de factor de corrección de la fuerza dinámica se modifica los factores de escala de aceleración, esto incrementara a las fuerzas dinámicas para que puedan cumplir la condición de la norma E.030.

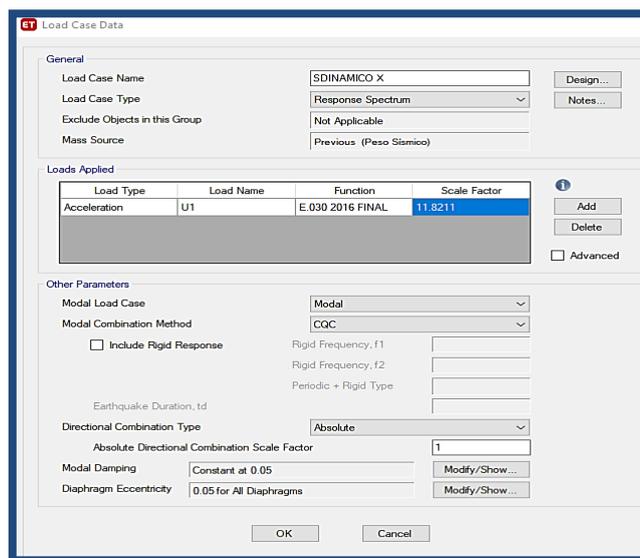


Figura 68. Corrección de los factores de escala de aceleración en dirección “x” – Etabs 18

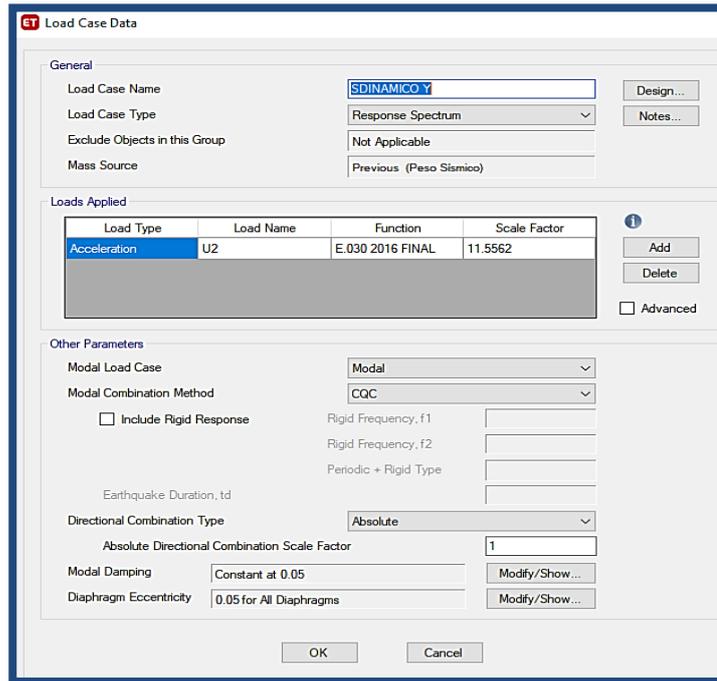


Figura 69. Corrección de los factores de escala de aceleración en dirección “y” – Etabs 18

Luego de ajustar los factores de escala, las nuevas fuerzas cortantes se muestran a continuación:

Story	Output Case	Case Type	Location	VX tonf
Story1	SISMO X	LinStatic	Bottom	345.0722
Story1	SDINAMICO X	LinRespSpec	Bottom	310.5913

Figura 70. Fuerza cortante producto sismo estático y sismo dinámico corregido x-x obtenido en el software ETABS 18

Story	Output Case	Case Type	Location	VY tonf
Story1	SISMO Y	LinStatic	Bottom	345.0722
Story1	SDINAMICO Y	LinRespSpec	Bottom	310.5427

Figura 71. Fuerza cortante producto sismo estático y sismo dinámico corregido y-y obtenido en el software ETABS 18

Se verifica nuevamente que las fuerzas dinámicas cumplan con los requisitos de la norma E.030.

Tabla 38. Verificación de fuerzas cortantes – E.030

Dirección de las fuerzas	Vdin (Ton)	Vest (Ton)	0.90 Vest (Ton)	Verificación (Vdin ≥ 0.90 Vest)
X	310.59	345.071	310.56	Cumple
Y	310.54	345.069	310.56	Cumple

Fuente: Elaboración Propia

4.5.7 MODOS DE VIBRACIÓN

La norma E.030, nos menciona que el número mínimo de modos que se deben analizar son tres, así mismo, se debe observar la suma de masa participativa para identificar en qué modo la masa participativa es del 90% de la masa total, ya que, ese modo sería el tope suficiente para analizar la estructura.

Tabla 39. Modos de Vibración

Masa Participativa			
Modos	Periodo	SumUX	SumUY
1	0.146	0.716	0.0000011
2	0.121	0.734	0.00000943
3	0.112	0.734	0.7351
4	0.037	0.9189	0.7351
5	0.031	0.9206	0.7351
6	0.029	0.9206	0.9316
7	0.018	0.9726	0.9316
8	0.016	0.9734	0.9316
9	0.015	0.9734	0.9803
10	0.012	0.9925	0.9803
11	0.011	0.9935	0.9803
12	0.01	0.9935	0.9963
13	0.01	0.9992	0.9963
14	0.009	1	0.9963
15	0.008	1	1

Fuente: Elaboración Propia

4.5.8 RESULTADOS DEL PROCESAMIENTO DE DATOS

- DESPLAZAMIENTOS DINÁMICOS

Tabla 40. Desplazamientos dinámicos en dirección “X” – E.030

NIVEL	DESPLAZAMIENTO (m)	DESPLAZAMIENTO * 0.85R (m)
PISO5	0.003426	0.01048
PISO4	0.002660	0.00814
PISO3	0.001834	0.00561
PISO2	0.001026	0.00314
PISO1	0.000350	0.00107

Fuente: Elaboración Propia

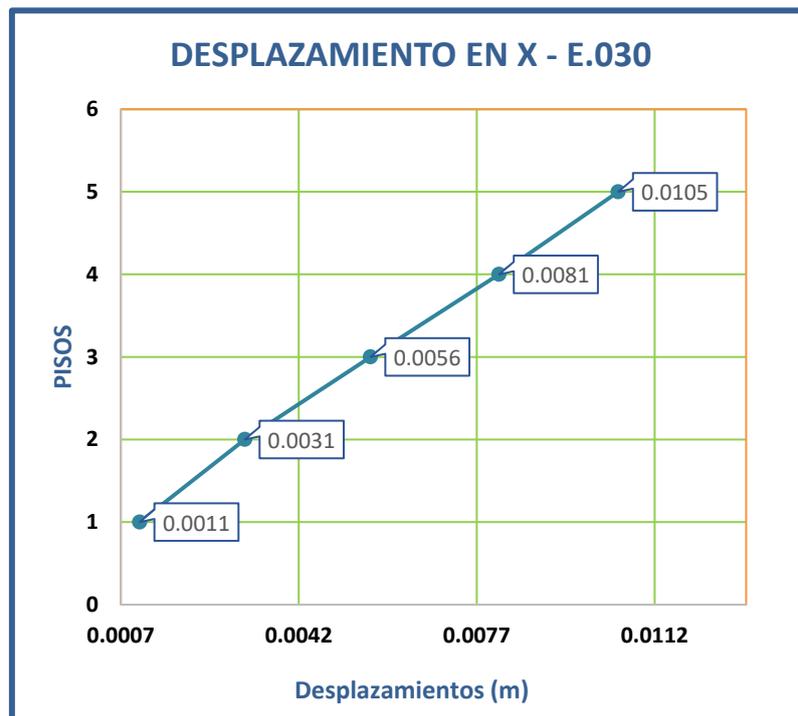


Figura 72. Gráfico de Desplazamientos en X – E.030

Tabla 41. Desplazamientos dinámicos en dirección “Y” – E.030

NIVEL	DESPLAZAMIENTO (m)	DESPLAZAMIENTO * 0.85R (m)
PISO5	0.001757	0.00538
PISO4	0.001363	0.00417
PISO3	0.000942	0.00288
PISO2	0.000531	0.00162
PISO1	0.000189	0.00058

Fuente: Elaboración Propia

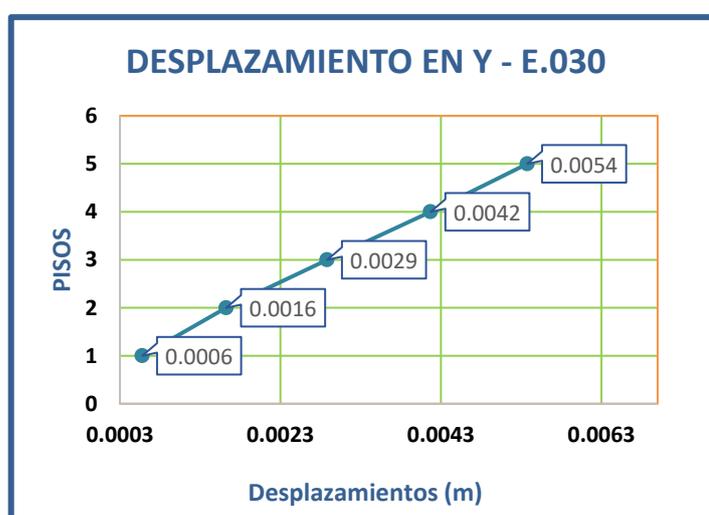


Figura 73. Gráfico de Desplazamientos en Y – E.030

- DERIVAS

Tabla 42. Derivas en dirección “X” – E.030

NIVEL	DERIVA ELÁSTICA	DERIVA * 0.85R	DERIVA LÍMITE E.030	VERIFICACIÓN
PISO5	0.000304	0.000930	0.005	OK
PISO4	0.000328	0.001004	0.005	OK
PISO3	0.000321	0.000982	0.005	OK
PISO2	0.000267	0.000817	0.005	OK
PISO1	0.000138	0.000422	0.005	OK

Fuente: Elaboración Propia

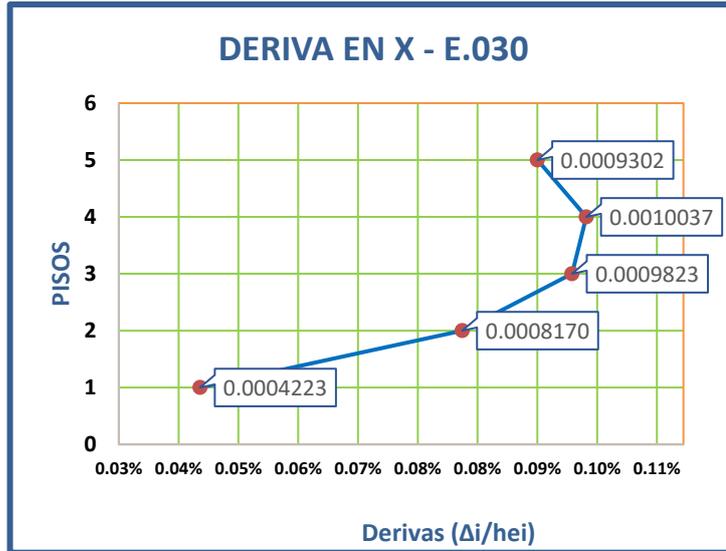


Figura 74. Gráfico de Derivas en X – E.030

Tabla 43. Derivas en dirección “Y” – E.030

NIVEL	DERIVA ELÁSTICA	DERIVA * 0.85R	DERIVA LÍMITE E.030	VERIFICACIÓN
PISO5	0.000156	0.000477	0.005	OK
PISO4	0.000167	0.000511	0.005	OK
PISO3	0.000163	0.000499	0.005	OK
PISO2	0.000136	0.000416	0.005	OK
PISO1	0.000075	0.000229	0.005	OK

Fuente: Elaboración Propia

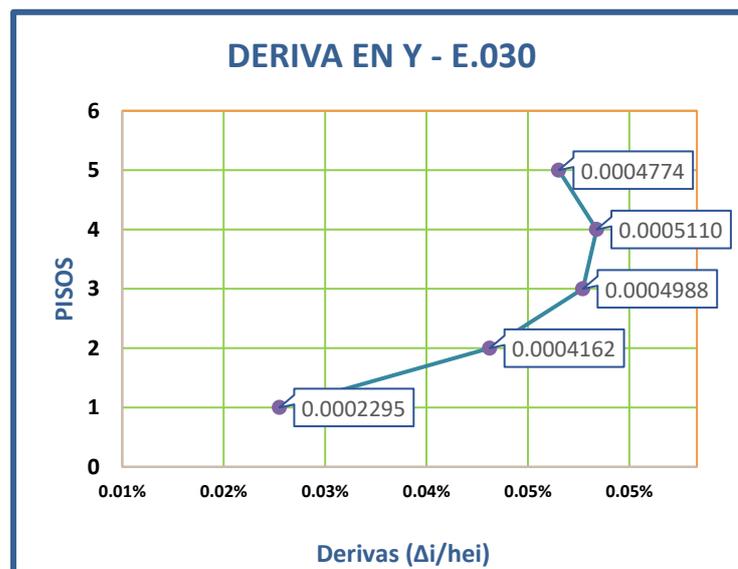


Figura 75. Gráfico de Derivas en Y – E.030

- FUERZAS CORTANTES DINAMICAS

Tabla 44. Fuerzas Cortantes Dinámicas en dirección “X” – E.030

NIVEL	VX (tonf)
PISO5	87.67
PISO4	183.16
PISO3	248.55
PISO2	290.93
PISO1	310.59

Fuente: Elaboración Propia

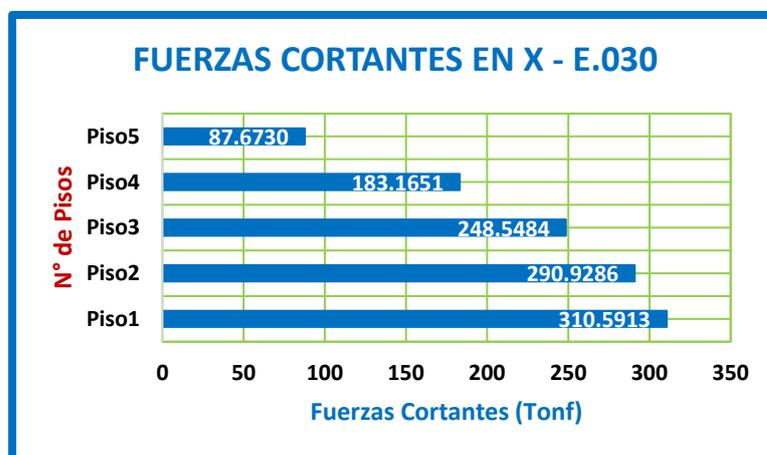


Figura 76. Gráfico de Fuerzas Cortantes en Y – E.030

Tabla 45. Fuerzas Cortantes Dinámicas en dirección “Y” – E.030

NIVEL	VY (tonf)
PISO5	87.33
PISO4	182.67
PISO3	247.46
PISO2	289.82
PISO1	310.54

Fuente: Elaboración Propia

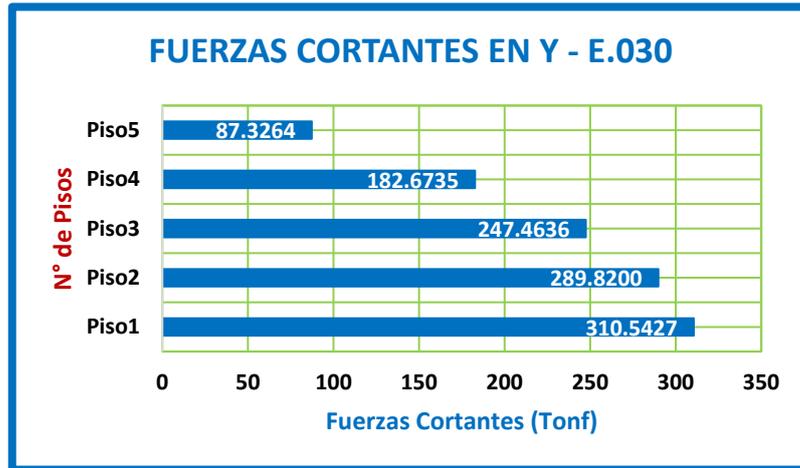


Figura 77. Gráfico de Fuerzas Cortantes en Y – E.030

4.5 ANÁLISIS SISMICO – NSR-10

4.5.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

Para el desarrollo de la Norma NSR-10, se buscó un lugar que presente características de suelo similares al terreno de la estructura en estudio. En este caso se eligió la ciudad de Buenaventura.

4.5.1.1 ZONA DE AMENAZA SÍSMICA ($A_a - A_v$)

El país de Colombia se divide en tres zonas de amenaza sísmica, dentro de estas zonas existen Regiones, para los cuales el reglamento NSR-10 dependiendo de la zona donde se ubiquen, les asigna unos coeficientes de aceleración y velocidad pico efectiva ($A_a - A_v$). Por otro lado, la estructura en estudio se ubica en Lurín, este Distrito pertenece a la zona costera del territorio peruano, en la figura 78 se puede observar las curvas de aceleraciones en la zona costera en el mapa de peligro sísmico de Perú, dichas curvas recorren todo el Continente, así pues, se puede observar en la figura que las curvas de Isoaceleraciones para la zona costera de Perú recorre de la misma manera la zonas costeras de Colombia que corresponden a la zona Alta de amenaza Sísmica.

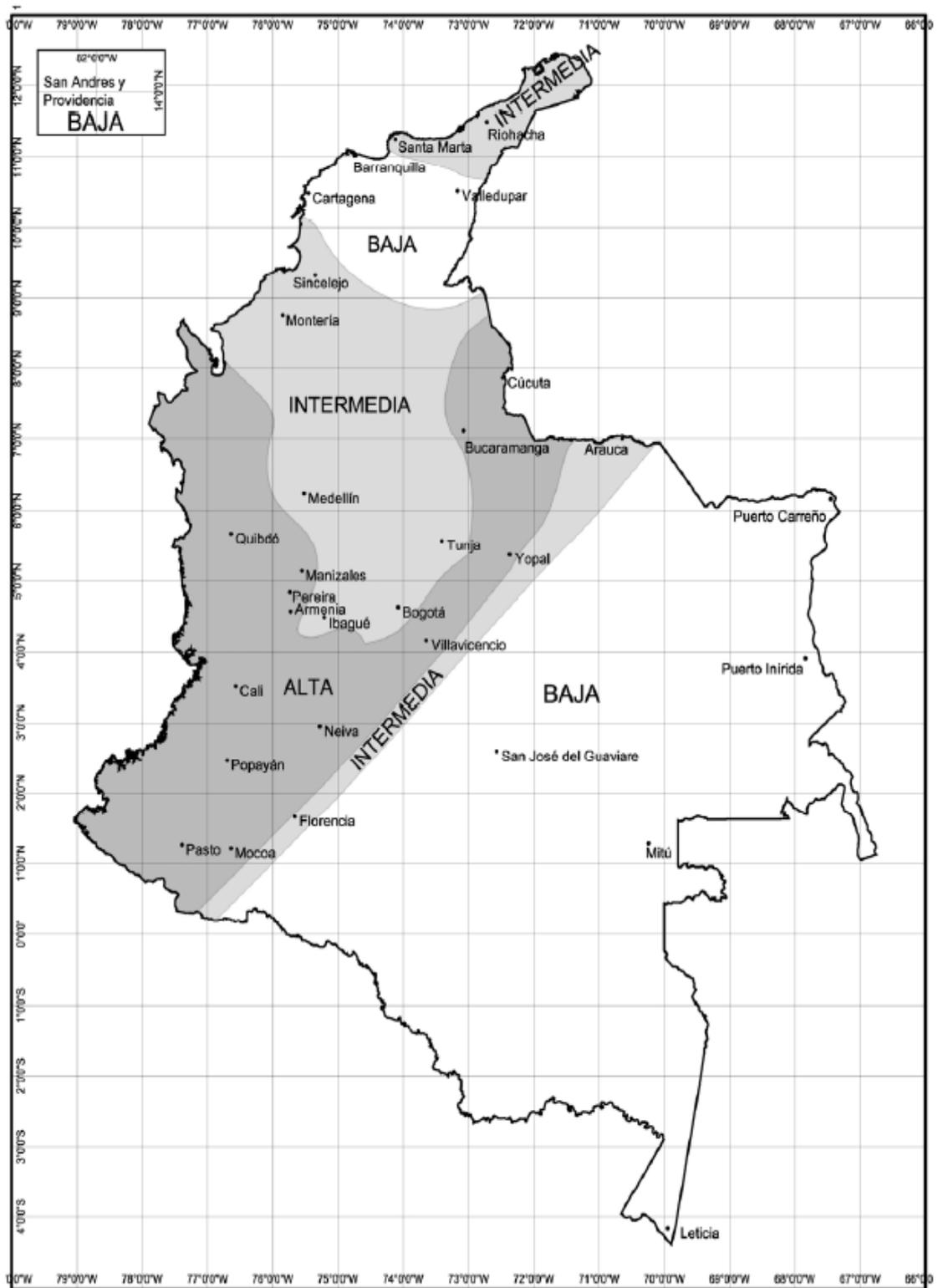


Figura 78. Zonas de amenaza sísmica – NSR-10

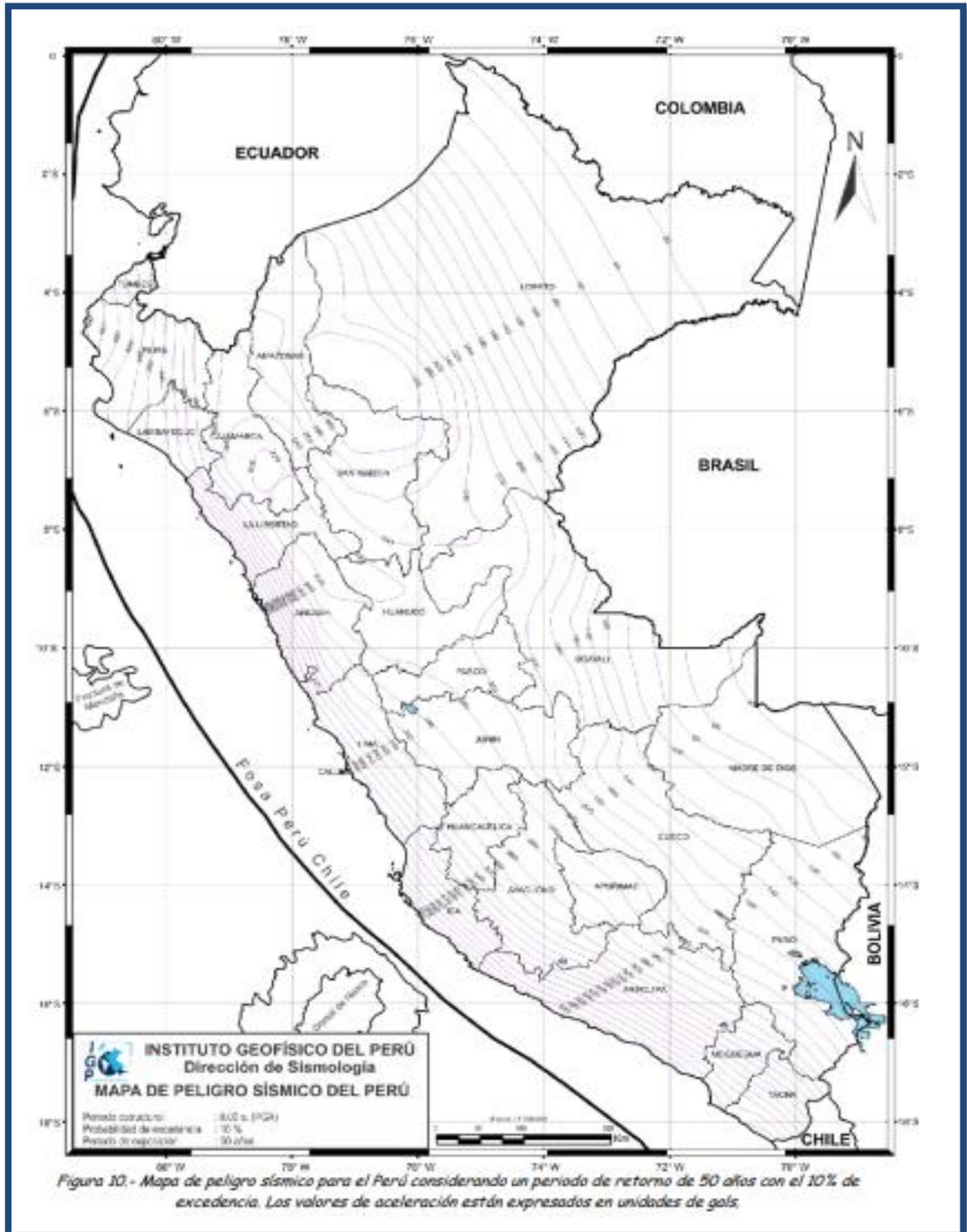


Figura 79. Mapa de Peligro Sísmico del Perú



Figura 80. Mapa de peligro Sísmico de Sudamérica

Tabla 46. Coeficientes de aceleración y velocidad pico efectiva

Ciudad	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica
Buenaventura	0.40	0.35	Alta

Fuente: Norma NSR-10

4.5.1.2 PERFIL DE SUELO

Para este estudio, se localiza el perfil de suelo que presente mayor similitud al perfil de suelo seleccionado con la norma E.030, se ubica el tipo de suelo en la siguiente tabla:

Tabla 47. Clasificación de los perfiles de Suelo

Tipo de Perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{v}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez	1500 m/s > $\bar{v}_s \geq 1500$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s > $\bar{v}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\rho \geq 50$, o $\rho_u \geq 100$ kPa (≈ 1 kgf/cm ²)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s > $\bar{v}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \rho \geq 50$, o 100 kPa (≈ 1 kgf/cm ²) > $\rho_u \geq 50$ kPa (≈ 0.5 kgf/cm ²)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	180 m/s > \bar{v}_s
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	IP > 20 W $\geq 40\%$ 50 KPa (≈ 0.50 kgf/cm ²) > ρ_u
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F1 — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F2 — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F3 — Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con Índice de Plasticidad IP > 75) F4 — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36 m)	

Fuente: Norma NSR-10

El tipo del Perfil del suelo es del tipo **D**.

Tabla 48. Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos “ F_a ”

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	Veáse nota	Veáse nota	Veáse nota	Veáse nota	Veáse nota

Fuente: Norma NSR-10

El coeficiente $F_a = 1.1$

Tabla 49. Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios “ F_v ”

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_v \leq 0.1$	$A_v = 0.2$	$A_v = 0.3$	$A_v = 0.4$	$A_v \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	Veáse nota	Veáse nota	Veáse nota	Veáse nota	Veáse nota

Fuente: Norma NSR-10

Interpolando los valores obtenemos un coeficiente $F_v = 1.7$

4.5.1.3 COEFICIENTE DE IMPORTANCIA

La edificación al ser destinada para vivienda multifamiliar se encuentra en el Grupo I de Estructuras de Ocupación Normal, por lo tanto:

Tabla 50. Valor del coeficiente de Importancia “I”

Grupo de Uso	Coficiente de Importancia, I
I	1.00

Fuente: Norma NSR-10

4.5.1.4 PERIODO FUNDAMENTAL

Para realizar el análisis sísmico, primero se calcula el periodo fundamental (T_a) mediante la siguiente formula:

$$T_a = C_t * h^\alpha$$

En dónde:

T_a: Periodo fundamental.

C_t: Coficiente utilizado para calcular el periodo de la estructura.

h: Altura total de la edificación

α: Exponente para ser utilizado en el cálculo del periodo fundamental.

Tabla 51. Valor de los parámetros C_t y α , para diferentes sistemas estructurales.

Sistema estructural de resistencia sísmica	C_t	α
Pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.047	0.9
Pórticos resistentes a momentos de acero estructural que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.072	0.8
Pórticos arriostrados de acero estructural con diagonales excéntricas restringidas a pandeo.	0.073	0.75
Todos los otros sistemas estructurales basados en muros de rigidez similar o mayor a la de muros de concreto o mampostería.	0.049	0.75
Alternativamente, para estructuras que tengan muros estructurales de concreto reforzado o mampostería estructural, pueden emplearse los siguientes parámetros C_t y α , donde C_w se calcula utilizando la ecuación A.4.2-4.	$\frac{0.0062}{\sqrt{C_w}}$	1.00

Fuente: Norma NSR-10

El sistema estructural utilizado son muros de ductilidad limitada (muros de rigidez), por lo tanto, los coeficientes serán:

Tabla 52. Valor de los parámetros C_t y α

C_t	α
0.049	0.75

Fuente: Norma NSR-10

Luego se calcula el valor de T_a (Periodo fundamental):

$$T_a = 0.049 * 12.65^{0.75}$$

T_a
0.329

4.5.1.5 ESPECTRO DE DISEÑO

La norma NSR-10 presenta la manera adecuada para obtener el espectro de respuesta a partir de algunas limitaciones y aceleraciones espectrales que se pueden apreciar en la siguiente figura.

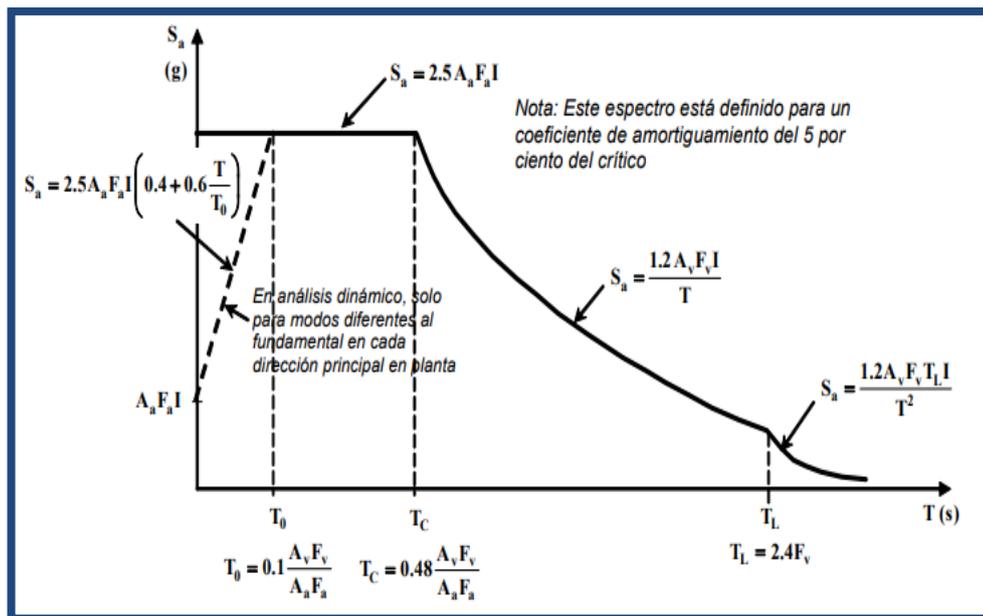


Figura 81. Espectro elástico de aceleraciones

Para poder obtener el espectro de respuesta, es necesario identificar algunos periodos que a su vez son limitaciones para las aceleraciones espectrales, estas limitaciones vienen dadas por las siguientes formulas.:

$$* T_0 = 0.1 * \frac{A_V * F_V}{A_a * F_a} \longrightarrow T_0 = 0.1 * \frac{0.35 * 1.7}{0.4 * 1.1} \longrightarrow T_0 = 0.1352$$

$$* T_C = 0.48 * \frac{A_V * F_V}{A_a * F_a} \longrightarrow T_C = 0.48 * \frac{0.35 * 1.7}{0.4 * 1.1} \longrightarrow T_C = 0.6491$$

$$* T_L = 2.4 * F_V \longrightarrow T_L = 2.4 * 1.7 \longrightarrow T_L = 4.08$$

Posteriormente, se obtiene la meseta del espectro de respuesta para periodos desde $T = 0s$ hasta $T_c = 0.6491s$, utilizando la siguiente expresión:

$$S_a = 2.5 * A_a * F_a * I$$

S_a: Aceleración espectral

A_a: Coeficiente de aceleración pico efectiva

F_a: Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos

I: Factor de Importancia.

Realizamos los cálculos necesarios y procedemos a tabular la información identificando el periodo fundamental y los periodos que son límites para esta zona del espectro de respuesta.

$$S_a = 2.5 * 0.4 * 1.1 * 1$$

$$S_a = 1.1$$

Tabla 53. Meseta del espectro de respuesta

T	Sa
0	1.1
0.02	1.1
0.04	1.1
0.06	1.1
0.08	1.1
0.1	1.1
0.12	1.1
T_0 → 0.1352	1.1
0.14	1.1
0.16	1.1
0.18	1.1
0.2	1.1
0.25	1.1
0.3	1.1
T_a → 0.329	1.1
0.35	1.1
0.4	1.1
0.45	1.1
0.5	1.1
0.55	1.1
0.6	1.1
T_c → 0.6491	1.1

Periodo Fundamental

Fuente: Elaboración propia

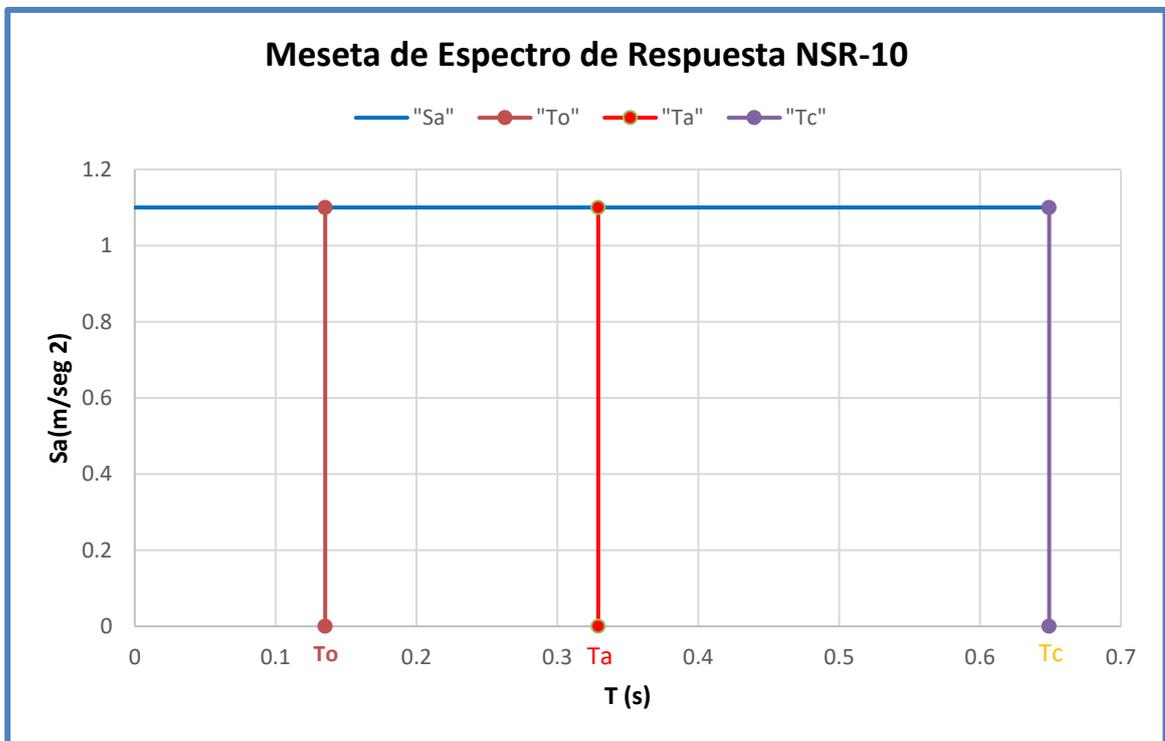


Figura 82. Meseta de Espectro de Respuesta NSR-10

Luego, se obtiene el valor de la aceleración espectral en la zona intermedia del espectro de respuesta, teniendo como consideración la restricción de los periodos.

$$S_a = \frac{1.2 * A_v * F_v * I}{T}$$

Dónde:

S_a: Aceleración espectral.

A_v: Coeficiente de velocidad pico efectiva

F_v: Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios.

I: Factor de Importancia.

T: Periodo

Los valores para el periodo en este enunciado se verán restringidos como se muestra a continuación:

$$T_c < T \leq T_L$$

$$0.6491s < T \leq 2.4F_v$$

$$0.6491s < T \leq 2.4(1.7)$$

$$0.6491s < T \leq 4.08s$$

Finalmente se realiza la tabulación de los periodos y la aceleración espectral dentro del rango mostrado.

Tabla 54. Zona intermedia del espectro de Respuesta

T	S _a	
0.65	1.098	
0.7	1.020	
0.75	0.952	
0.8	0.893	
0.85	0.840	
0.9	0.793	
0.95	0.752	
1	0.714	
1.1	0.649	
1.2	0.595	
1.3	0.549	
1.4	0.510	
1.5	0.476	
1.6	0.446	
1.7	0.420	
1.8	0.397	
1.9	0.376	
2	0.357	
2.1	0.340	
2.2	0.325	
2.3	0.310	
2.4	0.298	
2.5	0.286	
2.75	0.260	
3	0.238	
3.25	0.220	
3.5	0.204	
3.75	0.190	
4	0.179	
TL	4.08	0.175

Fuente: Elaboración propia

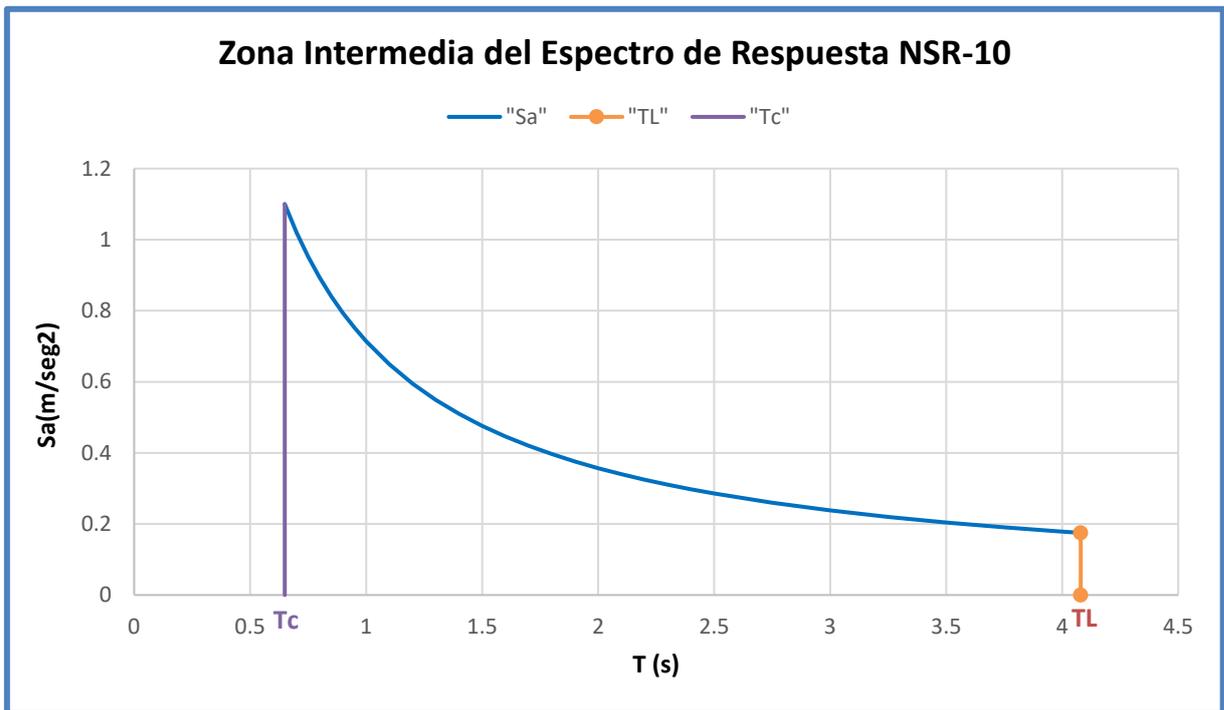


Figura 83. Zona Intermedia del Espectro de Respuesta - NSR-10

Para terminar, se obtiene la parte final del espectro de respuesta a partir de la siguiente expresión:

$$S_a = \frac{1.2 * A_v * F_v * T_L * I}{T^2}$$

Dónde:

Sa: Aceleración espectral.

Av: Coeficiente de velocidad pico efectiva

Fv: Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios.

TL: Periodo de vibración y límite de la zona intermedia del espectro

I: Factor de Importancia.

T: Periodos mayores a TL

Se procede a tabular los periodos y las aceleraciones espectrales teniendo como consideración la siguiente condición:

$$T_L < T$$

Tabla 55. Zona final del espectro de Respuesta

T	S _a
4.25	0.161
4.5	0.144
4.75	0.129
5	0.117
5.5	0.096
6	0.081
6.5	0.069
7	0.059
7.5	0.052
8	0.046
8.5	0.040
9	0.036
9.5	0.032
10	0.029

Fuente: Elaboración propia

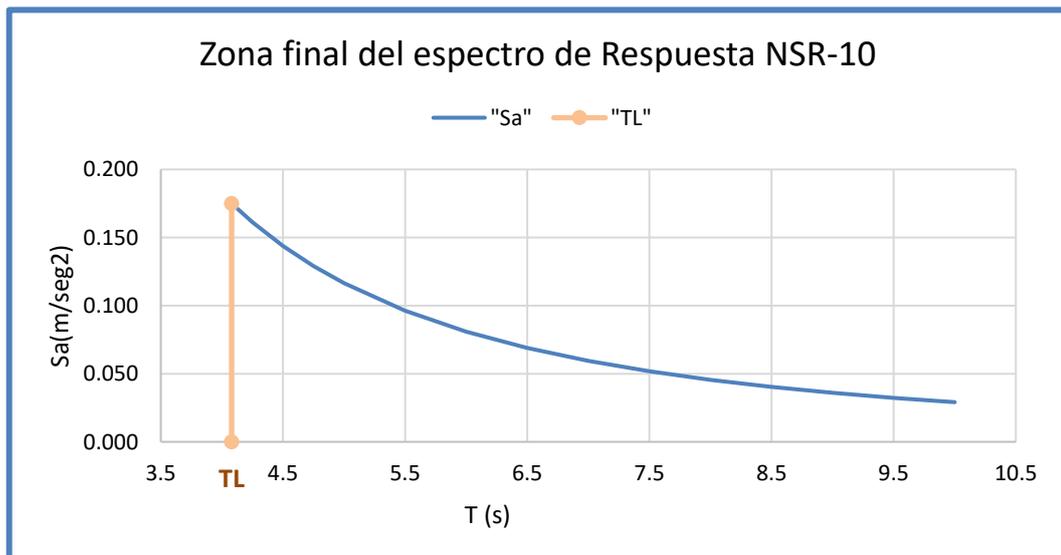


Figura 84. Zona final del Espectro de Respuesta - NSR-10

Finalmente, al enlazar las tres zonas anteriormente identificadas se logra obtener el espectro de respuesta para la norma NSR-10.

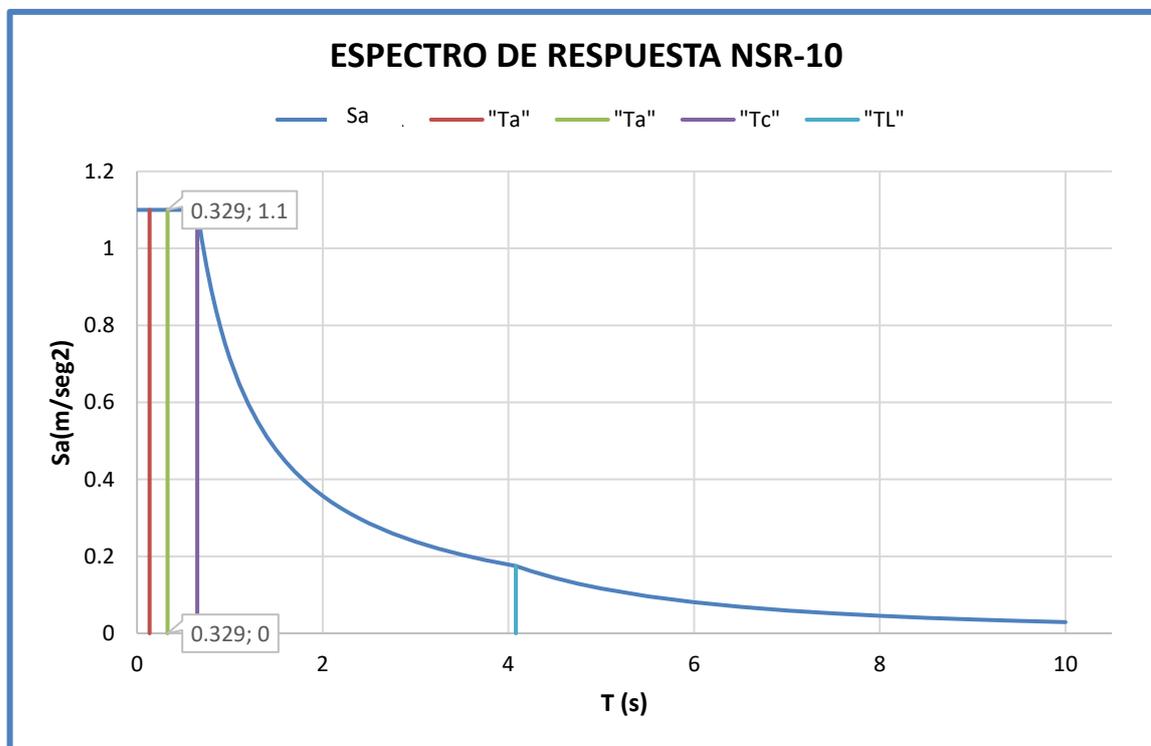


Figura 85. Espectro de Respuesta NSR-10

4.5.2 FUERZAS SÍSMICAS HORIZONTALES EQUIVALENTES

4.5.2.1 COEFICIENTE DE CAPACIDAD DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA

Se obtendrá el coeficiente a través de la siguiente fórmula:

$$R = \phi_a * \phi_p * \phi_r * R_0$$

Dónde:

R: Coeficiente de capacidad de disipación de energía.

ϕ_a : Irregularidades en altura.

ϕ_p : Irregularidades en planta.

ϕ_r : Ausencia de redundancia.

R_0 : Coeficiente que se obtiene según el sistema estructural.

4.5.2.1.1 COEFICIENTE DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA BÁSICO (R_0)

Este coeficiente básico de disipación de energía viene dado según el sistema estructural de la edificación.

Tabla 56. *Coeficiente básico de disipación de energía básico " R_0 "*

A. SISTEMA DE MUROS DE CARGA	Valor
Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales)	R_0
a. Muros de concreto con capacidad especial de disipación de energía (DES)	5.0

Fuente: Norma NSR-10

La estructura tiene un sistema de muros de concreto con capacidad especial de disipación de energía (DES), por lo tanto, su coeficiente R_0 , es igual a 5.

4.5.2.1.2 IRREGULARIDADES EN PLANTA

- IRREGULARIDAD TORSIONAL

Para verificar si la estructura presenta irregularidad torsional, se requiere analizar las derivas en un mismo eje de referencia siguiendo la condición que se muestra dentro de la tabla 58:

Para poder realizar la verificación se obtuvieron las derivas con el programa computacional Etabs 18.

Tabla 57. *Derivas en los extremos*

PISO	DERIVAS	
	$\Delta 1:$	$\Delta 2:$
5	0.000361	0.000279
4	0.000701	0.000546
3	0.000845	0.000644
2	0.00087	0.000649
1	0.000811	0.000588

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 58. Verificación de Irregularidad Torsional

$1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right) \geq \Delta_1 > 1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$				
PISO	a ≥	Δ1	> b	Verificación
5	0.00045	0.000361	0.000384	NO CUMPLE
4	0.00087	0.000701	0.0007482	NO CUMPLE
3	0.00104	0.000845	0.0008934	NO CUMPLE
2	0.00106	0.00087	0.0009114	NO CUMPLE
1	0.00098	0.000811	0.0008394	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

- IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA

Se verifica rápidamente la Irregularidad Torsional Extrema, siguiendo lo indicado por la Norma NSR-10.

Tabla 59. Derivas en los extremos

PISO	DERIVAS	
	Δ1:	Δ2:
5	0.000361	0.000279
4	0.000701	0.000546
3	0.000845	0.000644
2	0.00087	0.000649
1	0.000811	0.000588

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 60. Verificación de Irregularidad Torsional Extrema

$\Delta_1 > 1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$			
PISO	Δ_1	>a	Verificación
5	0.000361	0.000448	NO CUMPLE
4	0.000701	0.0008729	NO CUMPLE
3	0.000845	0.0010423	NO CUMPLE
2	0.00087	0.0010633	NO CUMPLE
1	0.000811	0.0009793	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

Se verifica que la estructura no presenta ningún tipo de irregularidad Torsional.

- IRREGULARIDAD DEL DIAFRAGMA

Para la norma NSR-10, esta irregularidad se puede verificar cuando el diafragma presenta grandes aberturas, retrocesos o huecos en áreas mayores al 50% del área Bruta del diafragma. Por otro lado, la norma nos presenta dos casos de gráficos para poder identificar de manera rápida las irregularidades en el Diafragma.

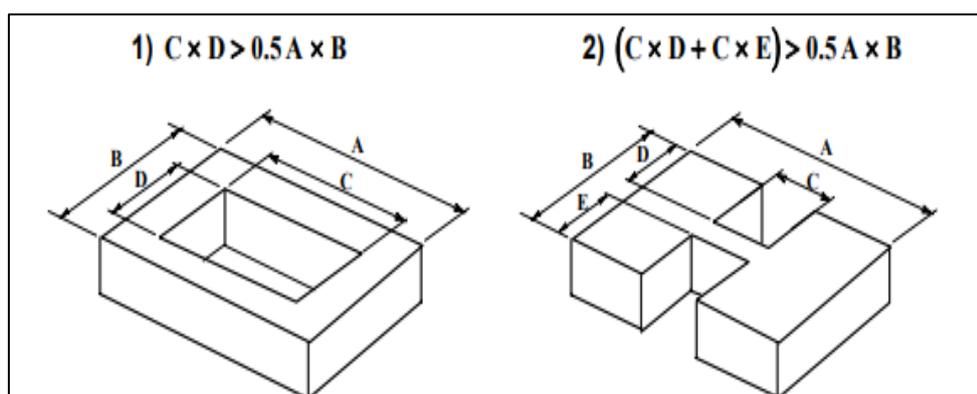


Figura 86. Irregularidad de Diafragma

Tabla 61. Verificación de Irregularidades del Diafragma

CASO 1:		CASO 2:		C * D	0.5 A*B	Verificación
A=	16.48	A=	16.48	4.2	156.148	NO CUMPLE
B=	18.95	B=	18.95			
C=	3.5	C=	4.33	(C*D+C*E)	0.5A * B	Verificación
D=	1.2	D=	8.2	71.012	156.148	NO CUMPLE
		E=	8.2			

Fuente: Elaboración Propia

- IRREGULARIDAD POR DESPLAZAMIENTO DE LOS PLANOS DE ACCIÓN Y SISTEMAS NO PARALELOS

Según la norma NSR-10, este tipo de irregularidades se da a lugar cuando se presenta una discontinuidad en la trayectoria de fuerzas inducidas por efectos sísmicos, se pueden presentar en volados. Por otro lado, los sistemas no Paralelos, se presenta cuando los muros perimetrales de la estructura no son simétricos ni paralelos, en el proyecto, no se presentan volados y los muros perimetrales son completamente simétricos y paralelos en sus ejes ortogonales, por tanto, se descarta este tipo de irregularidades en planta.

En suma, para la norma NSR-10, la estructura en estudio es completamente regular en planta.

Tabla 62. Irregularidad por desplazamiento

Irregularidad en Planta	ϕ_p
NO PRESENTA IRREGULARIDAD	1

Fuente: Elaboración Propia

4.5.2.1.3 IRREGULARIDADES EN ALTURA

- IRREGULARIDAD POR PISO FLEXIBLE (IRREGULARIDAD EN RIGIDEZ)

Se puede verificar esta irregularidad en la estructura, si la rigidez de un piso se encuentra entre el 60 y 70 por ciento de la rigidez del piso superior a este, la norma NSR-10, nos proporciona lo anteriormente dicho en forma de enunciado para mejor entendimiento:

$$0.60 \text{ Rigidez } K_{(n+1)} \leq \text{Rigidez} < 0.70 \text{ Rigidez } K_{(n+1)}$$

Tabla 63. Irregularidad en rigidez

Pisos	Vx (Ton)	Desplazamiento relativo (m)	Rigidez entrepiso Ton/m
Piso 5	222.6308	0.002052	108503.531
Piso 4	471.071	0.002201	214016.1737
Piso 3	640.0102	0.002138	299370.9568
Piso 2	752.5935	0.001774	424347.7697
Piso 1	800.9978	0.000913	877008.0913

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 64. Verificación de Irregularidad en Rigidez

Pisos	0.60 K(n+1)	K _(n)	0.70 K(n+1)	Verificación
Piso 5	65102.1186	214016.174	75952.4717	No cumple
Piso 4	128409.704	299370.957	149811.3216	No cumple
Piso 3	179622.574	424347.77	209559.6698	No cumple
Piso 2	254608.662	877008.091	297043.4388	No cumple

Fuente: Elaboración Propia

Se verifica que no existe Irregularidad por piso flexible.

- IRREGULARIDAD POR DISTRIBUCIÓN DE MASA

Esta irregularidad se puede verificar en la estructura cuando no existe una igualdad o aproximación entre las masas de los pisos de la estructura, la norma NSR-10, señala que una estructura es irregular si uno de sus pisos sobrepasa en 1.5 la masa de su piso contiguo.

Tabla 65. Irregularidad por distribución de Masa

Pisos	masa (Ton.s ² /m)
Piso 5	13.69642
Piso 4	22.02463
Piso 3	22.02463
Piso 2	22.02463
Piso 1	22.02463

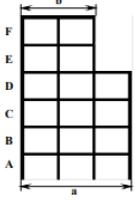
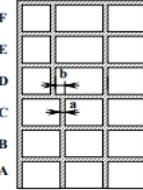
Fuente: Elaboración Propia

Las masas son similares en todos los pisos a excepción del último piso, por tanto, se llega a la conclusión de que no existe irregularidad por distribución de masa.

- IRREGULARIDAD GEOMÉTRICA E IRREGULARIDAD POR DESPLAZAMIENTO DENTRO DEL PLANO DE ACCIÓN

Estas irregularidades se pueden identificar con una simple inspección de las diferentes vistas de elevación de la estructura, así mismo, la inspección de la continuidad de los elementos estructurales denominados “placas”. La norma Nsr-10, nos proporciona gráficos para poder identificar de manera rápida si existe esta irregularidad.

Tabla 66. Irregularidades Geométricas y por Desplazamientos

	<p>Irregularidad Geométrica</p> <p>No existe presencia de irregularidad Geométrica en la estructura, ya que, su elevación no sufre cambios en ningún eje.</p>
	<p>Irregularidad por Desplazamientos dentro del plano de Acción</p> <p>Esta irregularidad queda descartada de la estructura, debido a que no se encuentra discontinuidad en los elementos resistentes.</p>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 67. Resumen de Irregularidades en Altura

Irregularidad en Altura	ϕ_a
NO PRESENTA IRREGULARIDAD	1

Fuente: Elaboración Propia

4.5.2.1.4 AUSENCIA DE REDUNDANCIA EN EL SISTEMA ESTRUCTURAL DE RESISTENCIA SÍSMICA

La norma Nsr-10 indica que para sistemas estructurales con capacidad de disipación de energía modera (DMO) y especial (DES), se le debe asignar un factor de Redundancia de 1, ya que, estos sistemas normalmente, cuenta con muros de rigidez en ambas direcciones.

Finalmente operamos los valores:

$$R = \phi_a * \phi_p * \phi_r * R$$

$$R = 1 * 1 * 1 * 5$$

Coeficiente de capacidad de disipación de energía

$$R = 5$$

El coeficiente de capacidad de disipación de energía tiene un valor de $R=5$, sin embargo, siguiendo las recomendaciones del Ingeniero civil Colombiano Felipe Marín, quien señala: “Para el sistema estructural de muros delgados, se tomará $R= 4.00$, siendo conservador con respecto a la NSR-10” (2018, p.90).

4.5.2.2 CORTANTE SÍSMICO EN LA BASE

Para calcular el cortante sísmico en la base se utilizará la siguiente formula:

$$V_S = S_a * g * M$$

Dónde:

V_s: Cortante sísmico en la base

S_a: Espectro de aceleración

g: Aceleración de la gravedad

M: Masa total de la edificación

Con el Periodo “ T_a ” que se obtuvo anteriormente, se puede localizar la aceleración espectral para ese periodo dentro del espectro de respuesta de la norma NSR-10.

$$T_a = 0.33 \text{ s}$$

$$S_a = 1.1$$

$$M * g = M * 9.806 \text{ m/s}^2 = W \text{ (ton)}$$

Por lo tanto:

$$V_S = 1.1 * 994.58$$

$$V_S = 1094.013 \text{ Ton}$$

4.5.2.3 FUERZA SÍSMICA HORIZONTAL

Posteriormente, se realiza el cálculo de las fuerzas sísmicas horizontales para cada nivel de la edificación, para esto se requiere:

$$F_x = C_{vx} V_s$$

Dónde:

F_x: Fuerza sísmica horizontal

C_{vx}: Coeficiente Definido

V_s: Cortante sísmico en la base

“**C_{vx}**” se obtiene con la siguiente formula:

$$C_{vx} = \frac{m_x \times h_x^k}{\sum_{i=1}^n (m_i \times h_i^k)}$$

Dónde:

m_x, m_i: Parte de **M**, que se encuentran en el nivel i o x respectivamente.

h_x, h_i: Altura medida desde la base del nivel i o x respectivamente.

k: Exponente relacionado con el periodo fundamental.

El factor “**k**” depende directamente del periodo fundamental de la estructura, por tanto, para encontrar su valor existen algunas consideraciones:

- Para **T ≤ 0.5s** k = 1.0
- Cuando, **0.5s < T < 2.5s**..... k= 0.75 + 0.5T
- Para **T > 2.5s** k= 2.0

Para el caso en estudio, el periodo fundamental es **T = 0.33s < 0.5s**, por lo tanto, el factor “**k**” es de **1**.

Se realizó una hoja de cálculo en Excel para poder realizar las operaciones correspondientes de manera sencilla y así obtener las Fuerzas Horizontales equivalentes.

Tabla 68. Fuerza Horizontal Equivalente

Piso	m	w(kN)	h(m)	w*h	Cvx	FHE (TON)
5	13.65514	133.90	12.65	1693.86	0.237	259.63
4	21.94207	215.16	10.12	2177.46	0.305	333.75
3	21.94207	215.16	7.59	1633.09	0.229	250.32
2	21.94207	215.16	5.06	1088.73	0.153	166.88
1	21.94207	215.16	2.53	544.36	0.076	83.44
	Σ	994.56		7137.51	1	1094.01

Fuente: Elaboración Propia

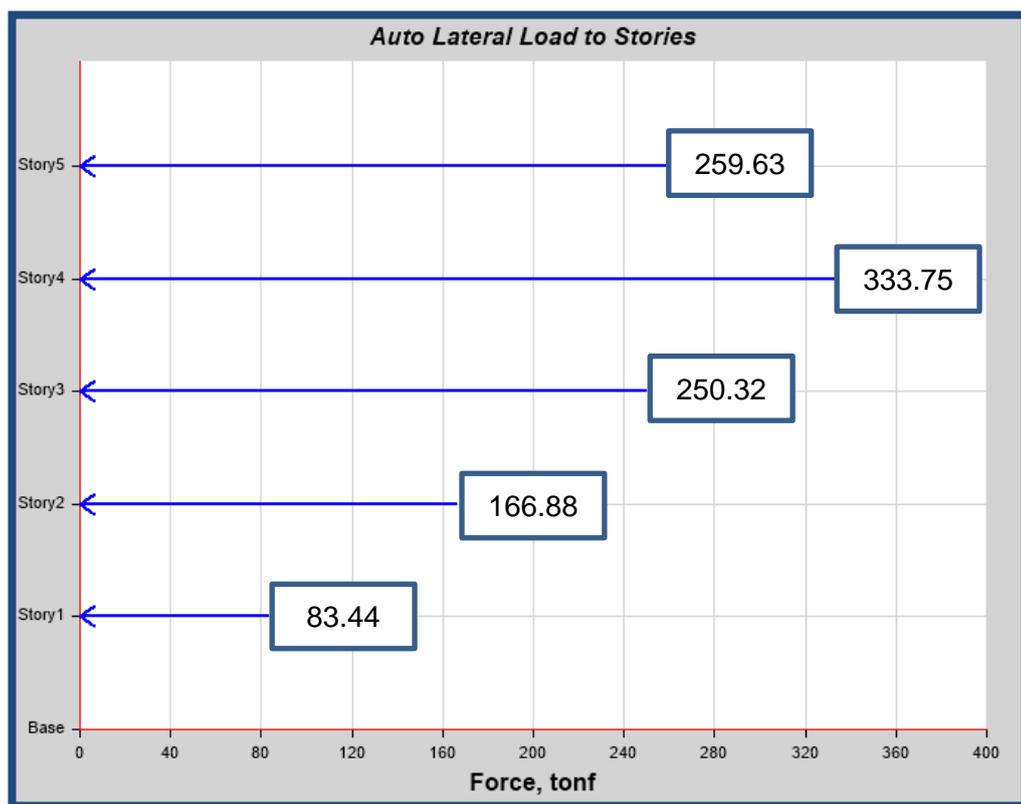


Figura 87. Fuerzas Horizontales Equivalentes en ETABS v.18 – NSR-10

4.5.3 MÉTODO DE ANALISIS DINAMICO

Para realizar el método del análisis dinámico según la norma NSR-10, será necesario el espectro de diseño que calculamos anteriormente, el cual se verificara con el espectro que muestra el Software Etabs para Colombia cuando se insertan sus parámetros de diseño.

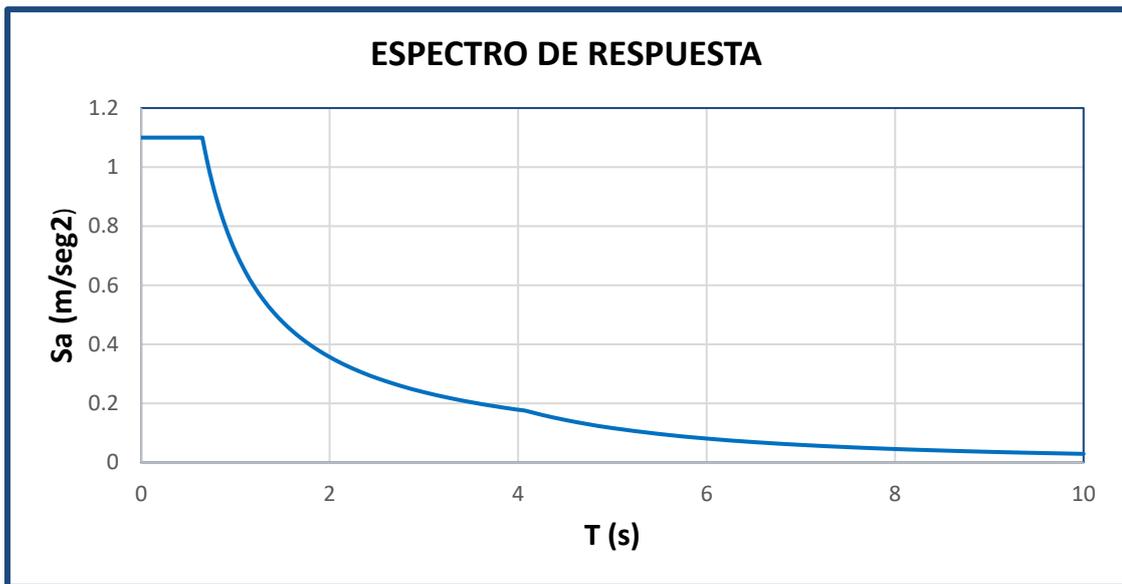


Figura 88. Espectro elástico de aceleraciones

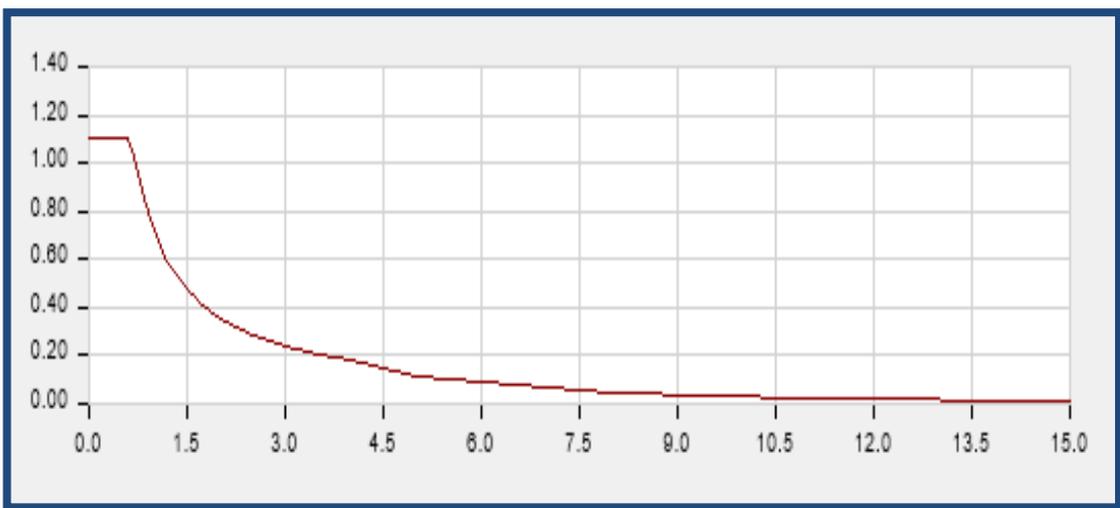


Figura 89. Espectro elástico de aceleraciones – Software Etabs 18

4.5.3.1 MASA PARTICIPANTE

Para la estimación del Peso sísmico definitivo que se necesitara para los Análisis Sísmicos, la norma NSR-10, considera únicamente el 100% del peso muerto, a excepción de depósitos o bodegas, donde si se toma en cuenta un 25% extra de la carga viva.

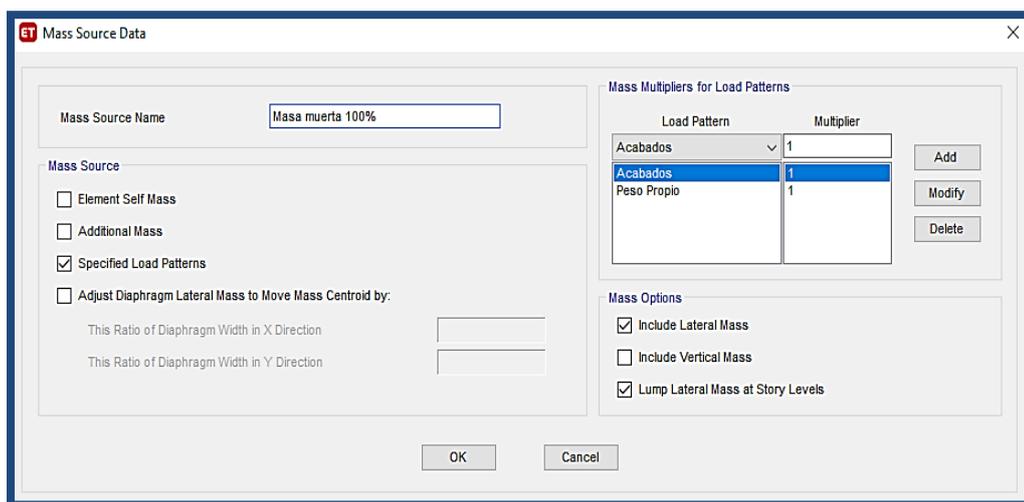


Figura 90. Masa participativa en el Peso Sísmico – Software Etabs 18

4.5.3.2 ASIGNACIÓN DEL ESPECTRO DE RESPUESTA EN EL SOFTWARE ETABS

Se asigna el espectro de respuesta calculado anteriormente al software Etabs.

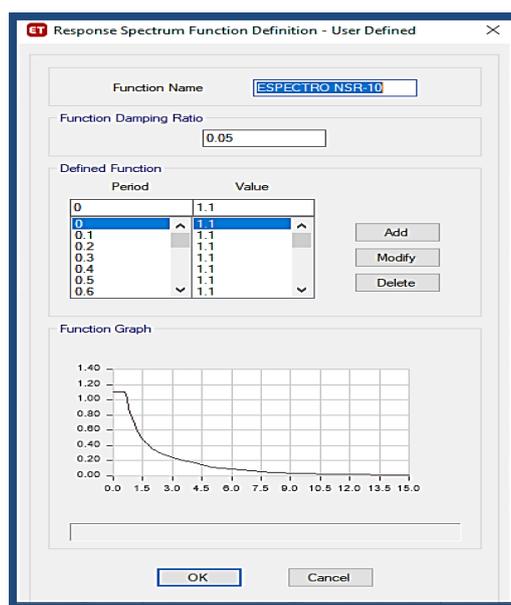


Figura 91. Asignación espectro de respuesta – Software Etabs 18

4.5.3.3 CARGAS PARTICIPANTES

Se muestran las cargas que participaron en el análisis Sísmico para norma NSR-10, donde se tiene en consideración las cargas por defecto, añadiendo a los acabados y los sismos estáticos en ambas direcciones.

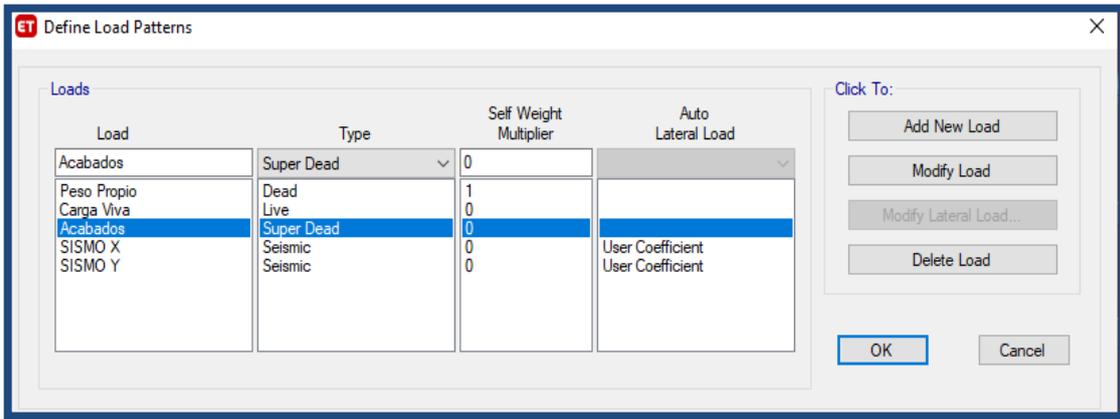


Figura 92. Cargas participantes – Software Etabs 18

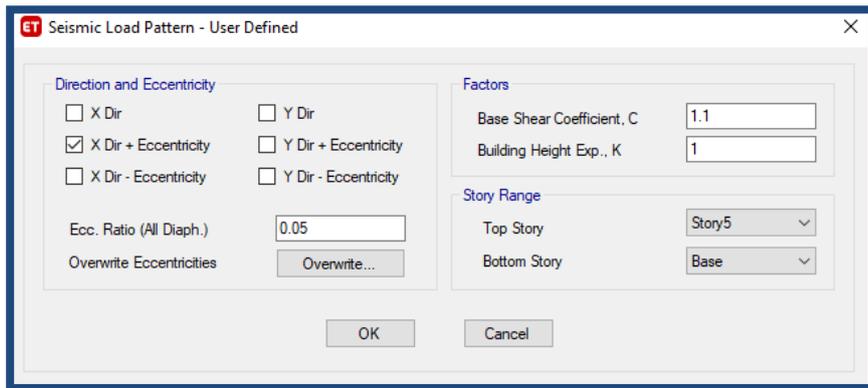


Figura 93. Patrón de carga sísmica “X” – Software Etabs 18

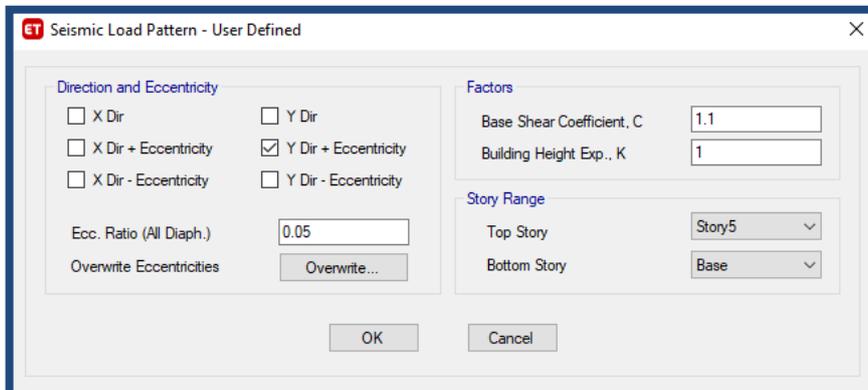


Figura 94. Patrón de carga sísmica “Y” – Software Etabs 18

4.5.3.4 DEFINICIÓN DE CASO MODAL

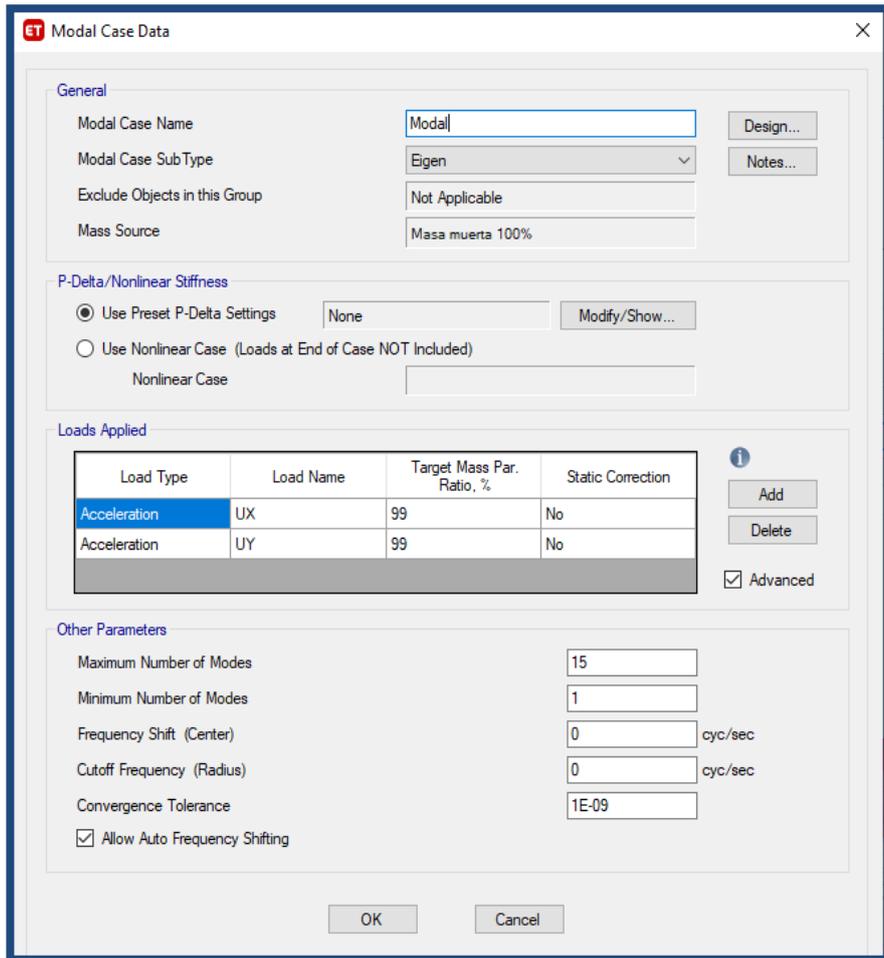


Figura 95. Asignación Caso de Modos – Software Etabs 18

4.5.3.5 AJUSTES DE LAS FUERZAS SÍSMICAS ESTÁTICOS Y DINÁMICAS

La norma NSR-10, en su capítulo A.5.4.5, señala que para estructuras catalogadas “regulares”, las fuerzas cortantes dinámicas en la base deben ser por lo menos el ochenta por ciento del cortante sísmico calculado en la base con el método de FHE.

$$V_{sdin} \geq 0.8 V_s$$

Si no se cumple esta condición, la norma Nsr-10 propone un factor de modificación para ajustar los resultados, dicho factor se puede obtener con la siguiente expresión:

$$0.80 \frac{Vs}{Vdin}$$

Por lo tanto, se verifican las fuerzas cortantes dinámicas y estáticas para los primeros casos de “Asignación de Criterios de Combinación” que se muestran a continuación:

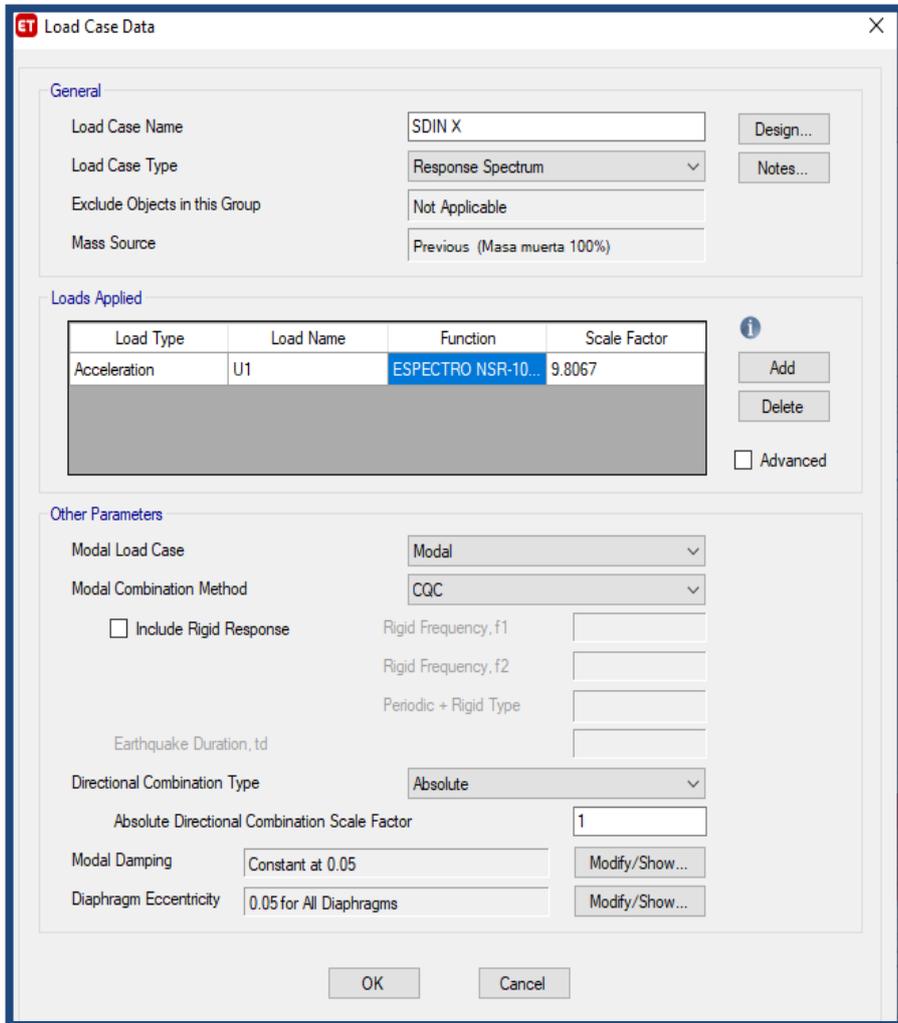


Figura 96. Caso de carga sismó dinámica dirección “x” – Software Etabs 18

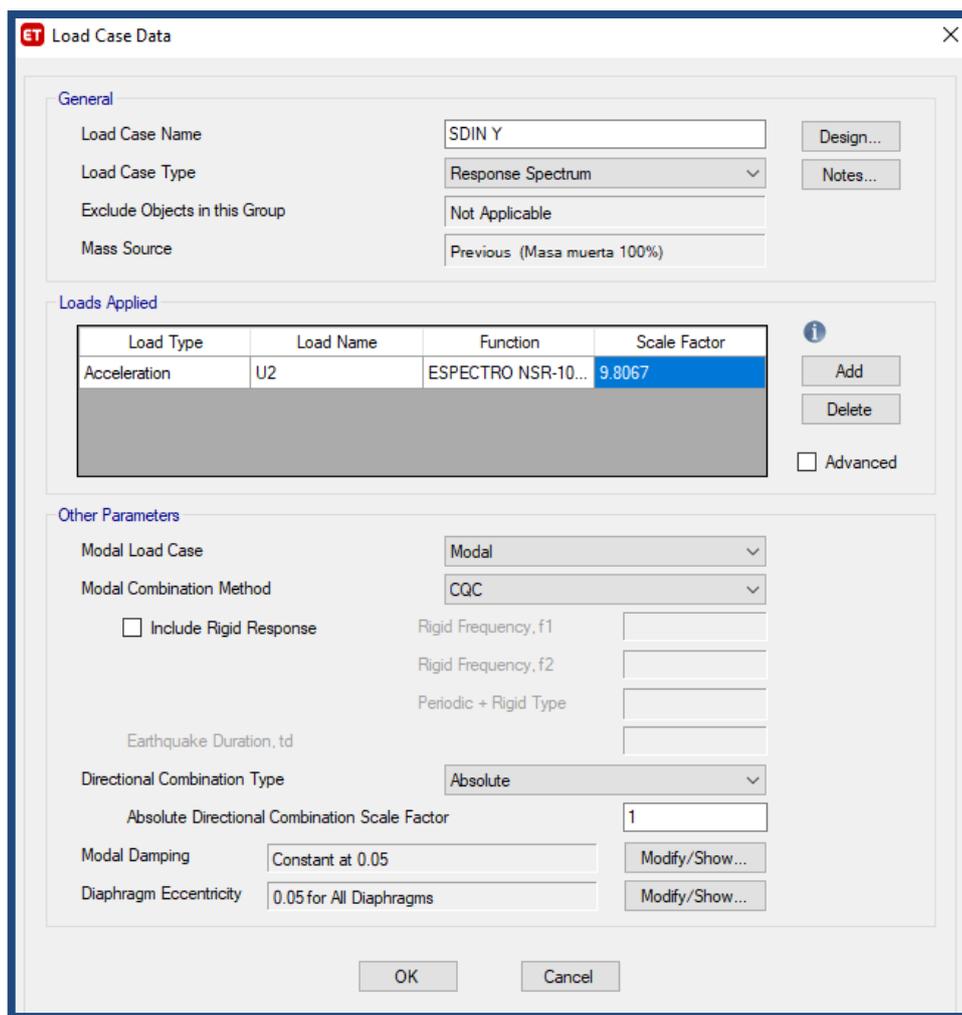


Figura 97. Caso de carga sismo dinámica dirección “y” – Software Etabs 18

4.5.3.6 CORTANTES DINÁMICAS Y ESTATICAS EN LA BASE

Se obtienen las fuerzas cortantes dinámicas y estáticas en la base con el software Etabs 18, para realizar su posterior verificación.

Story	Output Case	Case Type	Location	VX tonf
Story1	SISMO X	LinStatic	Bottom	1094.0864
Story1	SDIN X	LinRespSpec	Bottom	816.6935

Figura 98. Fuerza cortante producto sismo estático y sismo dinámico x-x obtenido en el software ETABS 18.

Story	Output Case	Case Type	Location	VY tonf
Story1	SISMO Y	LinStatic	Bottom	1094.0864
Story1	SDIN Y	LinRespSpec	Bottom	835.53

Figura 99. Fuerza cortante producto sismo estático y sismo dinámico y-y obtenido en el software ETABS 18.

Tabla 69. Reajuste de fuerzas cortantes – E.030

Dirección de las fuerzas	Vdin (Ton)	Vest (Ton)	0.80 Vest (Ton)	Verificación (Vdin ≥ 0.80 Vest)	FC 0.8(Vest/Vdin)
X	816.6921	1094.0864	875.269	No cumple	1.08
Y	853.5258	1094.0864	875.269	No cumple	1.05

Fuente: Elaboración Propia

El cortante dinámico no cumple la condición de la norma NSR-10, por lo tanto, se procede a realizar la multiplicación del factor de reajuste en el programa ETABS como se muestra a continuación.

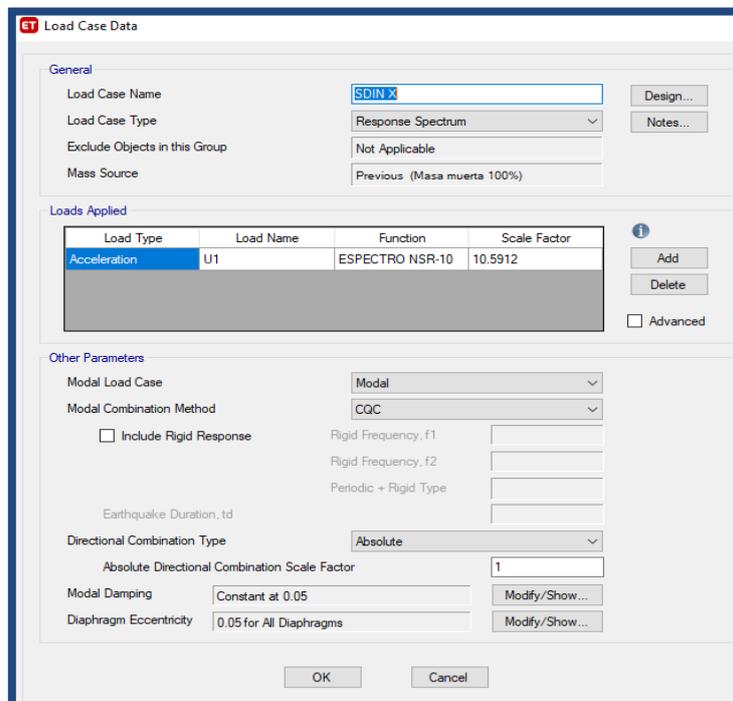


Figura 100. Corrección de los factores de escala de aceleración en dirección “x” – Etabs 18.

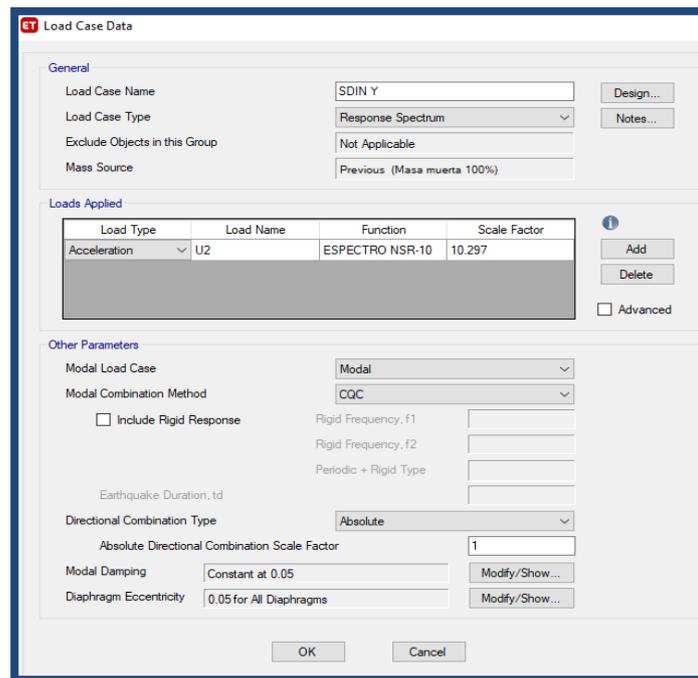


Figura 101. Corrección de los factores de escala de aceleración en dirección “y” – Etabs 18

Luego de ajustar los factores de escala, las nuevas fuerzas cortantes cumplen las condiciones de la norma NSR-10 y se muestran a continuación.

Story	Output Case	Case Type	Location	VX tonf
Story1	SISMO X	LinStatic	Bottom	1094.0864
Story1	SDIN X	LinRespSpec	Bottom	882.032

Figura 102. Fuerza cortante producto sismo estático y sismo dinámico corregido x-x obtenido en el software ETABS 18.

Story	Output Case	Case Type	Location	VY tonf
Story1	SISMO Y	LinStatic	Bottom	1094.0864
Story1	SDIN Y	LinRespSpec	Bottom	877.3065

Figura 103. Fuerza cortante producto sismo estático y sismo dinámico corregido y-y obtenido en el software ETABS 18.

4.5.4 RESULTADOS DEL PROCESAMIENTO DE DATOS

- DESPLAZAMIENTOS DINÁMICOS

Tabla 70. Desplazamientos dinámicos en dirección “X” – NSR-10

NIVEL	DESPLAZAMIENTO (m)	DESPLAZAMIENTO * 0.70 (m)
PISO5	0.009753	0.00683
PISO4	0.007571	0.00530
PISO3	0.005218	0.00365
PISO2	0.002918	0.00204
PISO1	0.000996	0.00070

Fuente: Elaboración Propia

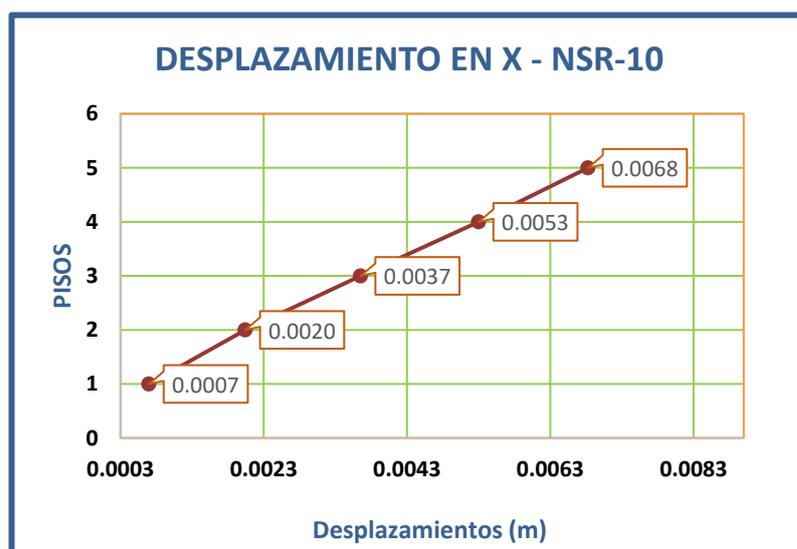


Figura 104. Gráfico de desplazamientos en X – NSR-10

Tabla 71. Desplazamientos dinámicos en dirección “Y” – NSR-10

NIVEL	DESPLAZAMIENTO (m)	DESPLAZAMIENTO * 0.70 (m)
PISO5	0.004971	0.00348
PISO4	0.003856	0.00270
PISO3	0.002665	0.00186
PISO2	0.001503	0.00105
PISO1	0.000534	0.00037

Fuente: Elaboración Propia

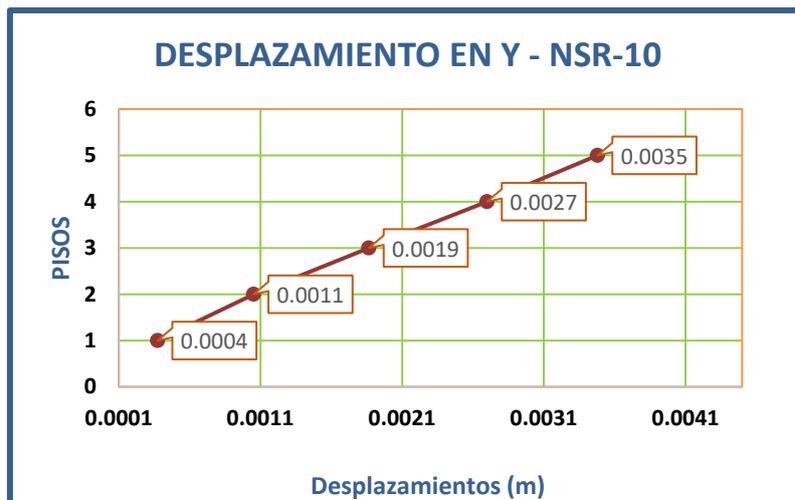


Figura 105. Gráfico de desplazamientos en Y – NSR-10

- DERIVAS

Tabla 72. Derivas en dirección “X” – NSR-10

NIVEL	DERIVA ELÁSTICA	DERIVA * 0.70	DERIVA LÍMITE NSR-10	VERIFICACIÓN
PISO5	0.000867	0.00061	0.005	OK
PISO4	0.000935	0.00065	0.005	OK
PISO3	0.000912	0.00064	0.005	OK
PISO2	0.000761	0.00053	0.005	OK
PISO1	0.000394	0.00028	0.005	OK

Fuente: Elaboración Propia

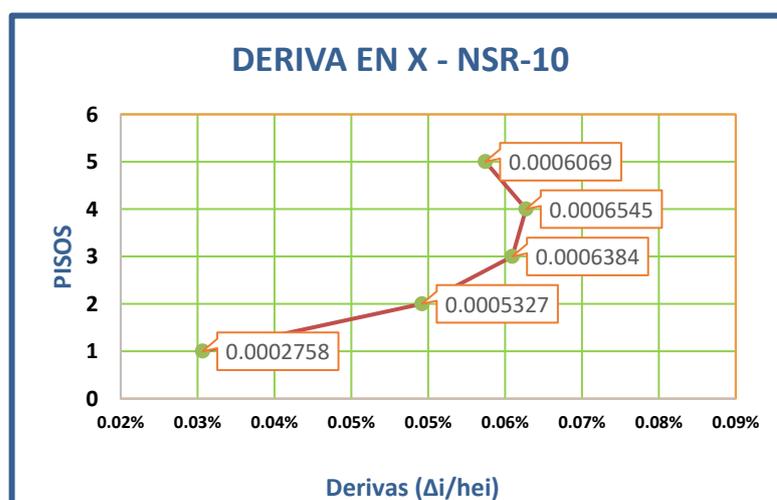


Figura 106. Gráfico de derivas en X – NSR-10

Tabla 73. Derivas en dirección “Y” – NSR-10

NIVEL	DERIVA ELÁSTICA	DERIVA * 0.70	DERIVA LÍMITE NSR-10	VERIFICACIÓN
PISO5	0.000443	0.00031	0.005	OK
PISO4	0.000474	0.00033	0.005	OK
PISO3	0.000461	0.00032	0.005	OK
PISO2	0.000384	0.00027	0.005	OK
PISO1	0.000211	0.00015	0.005	OK

Fuente: Elaboración Propia

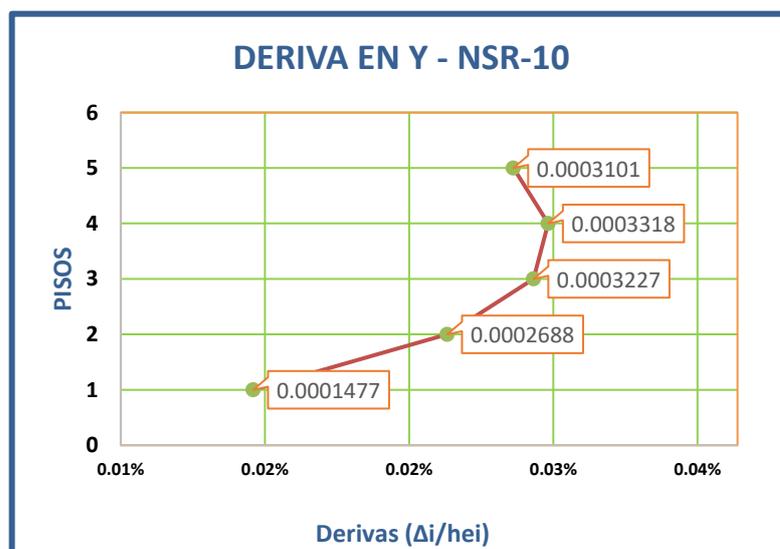


Figura 107. Gráfico de derivas en Y – NSR-10

- FUERZAS CORTANTES DINAMICAS

Tabla 74. Fuerzas Cortantes Dinámicas en dirección “X” – NSR-10

NIVEL	VX (tonf)
PISO5	62.692
PISO4	130.280
PISO3	176.572
PISO2	206.583
PISO1	220.508

Fuente: Elaboración Propia

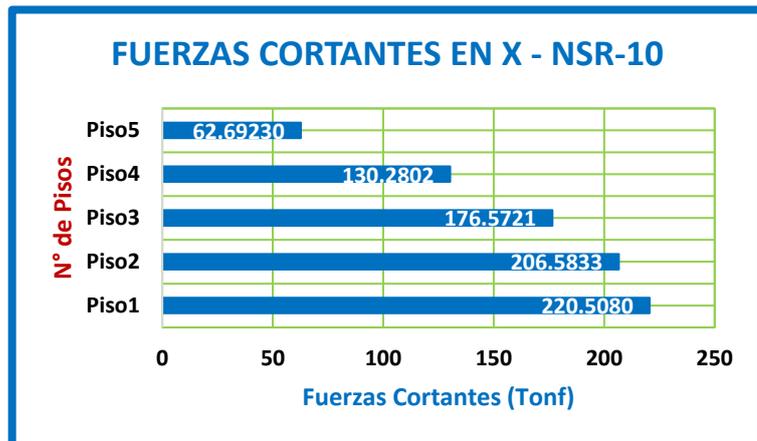


Figura 108. Gráfico de Fuerzas Cortantes en X – NSR-10

Tabla 75. Fuerzas Cortantes Dinámicas en dirección “Y” – NSR-10

NIVEL	VY (tonf)
PISO5	62.123
PISO4	129.256
PISO3	174.891
PISO2	204.729
PISO1	219.327

Fuente: Elaboración Propia

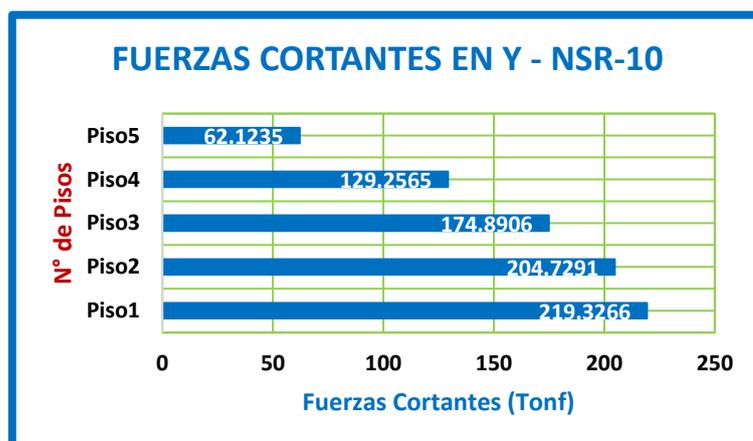


Figura 109. Gráfico de Fuerzas Cortantes en Y – NSR-10

4.6 COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Luego de realizar el análisis sísmico en la edificación empleando las normas E.030 y NSR-10, se compararon los resultados a través de los siguientes cuadros:

Tabla 76. Cuadro comparativo de desplazamientos en X e Y

Piso	Dirección X		Diferencia de Δ en X (m)	Dirección Y		Diferencia de Δ en Y (m)
	E.030	NSR-10		E.030	NSR-10	
	$\Delta*0.85R$ (m)	$\Delta*0.70$ (m)		$\Delta*0.85R$ (m)	$\Delta*0.70$ (m)	
Piso5	0.01048	0.00682	0.00366	0.00538	0.00348	0.00190
Piso4	0.00814	0.00530	0.00283	0.00417	0.00270	0.00147
Piso3	0.00561	0.00365	0.00195	0.00288	0.00186	0.00102
Piso2	0.00314	0.00204	0.00110	0.00162	0.00105	0.00057
Piso1	0.00107	0.00070	0.00037	0.00058	0.00037	0.00020

Fuente: Elaboración Propia

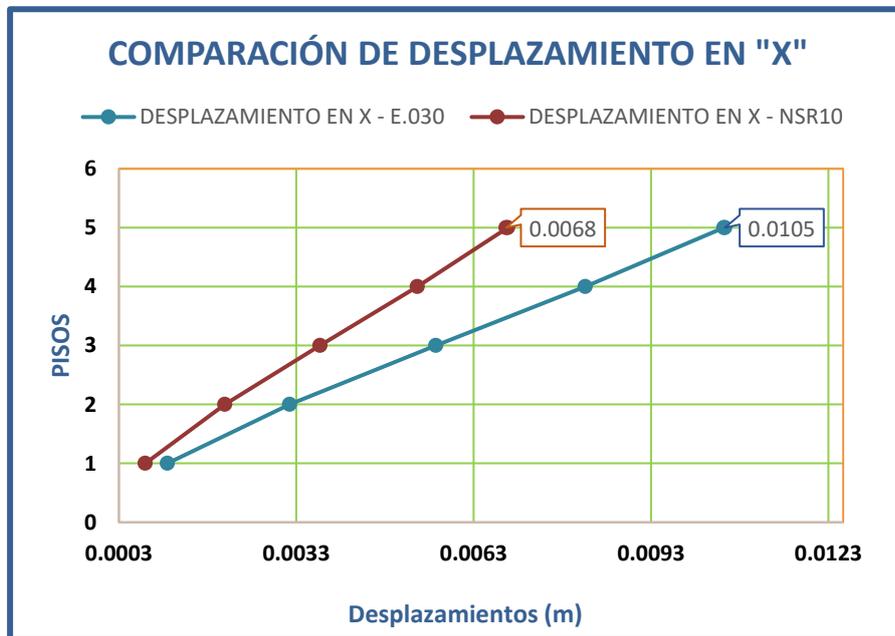


Figura 110. Comparación de Desplazamientos en X

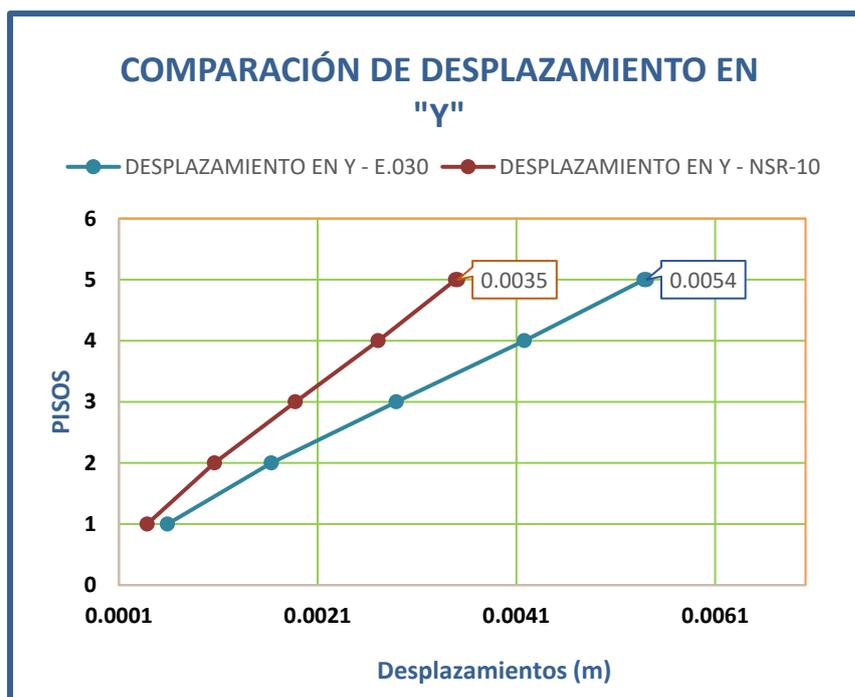


Figura 111. Comparación de Desplazamientos en Y

Tabla 77. Cuadro comparativo de derivas en X e Y

Piso	Dirección X		Diferencia de Derivas en X	Dirección Y		Diferencia de Derivas en Y
	E.030	NSR-10		E.030	NSR-10	
	De*0.85R	De*0.70		De*0.85R	De*0.70	
Piso5	0.00093	0.00061	0.00032	0.00048	0.00031	0.00017
Piso4	0.00100	0.00065	0.00035	0.00051	0.00033	0.00018
Piso3	0.00098	0.00064	0.00034	0.00050	0.00032	0.00017
Piso2	0.00082	0.00053	0.00028	0.00042	0.00027	0.00015
Piso1	0.00042	0.00027	0.00015	0.00023	0.00015	0.00008

Fuente: Elaboración Propia

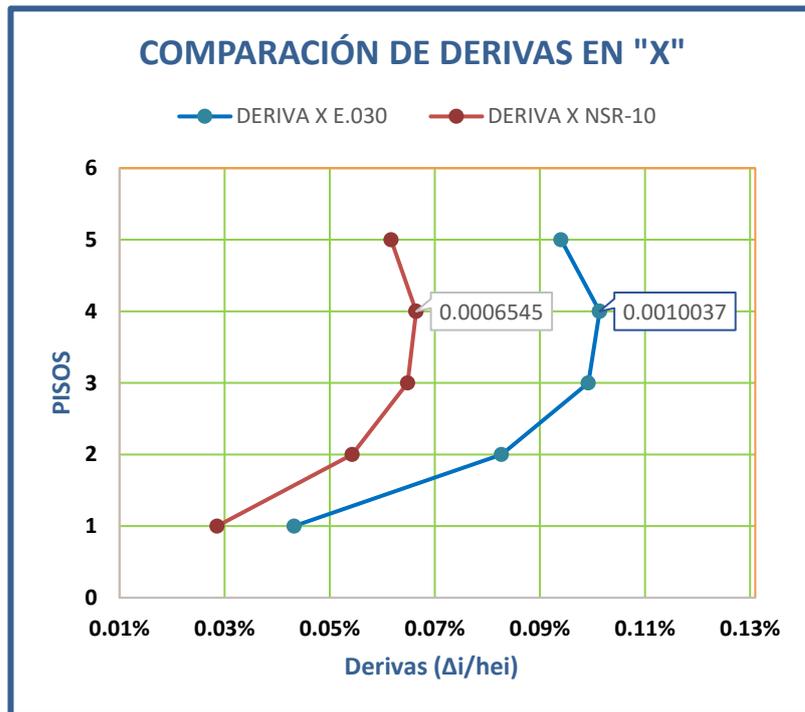


Figura 112. Comparación de Derivas en X

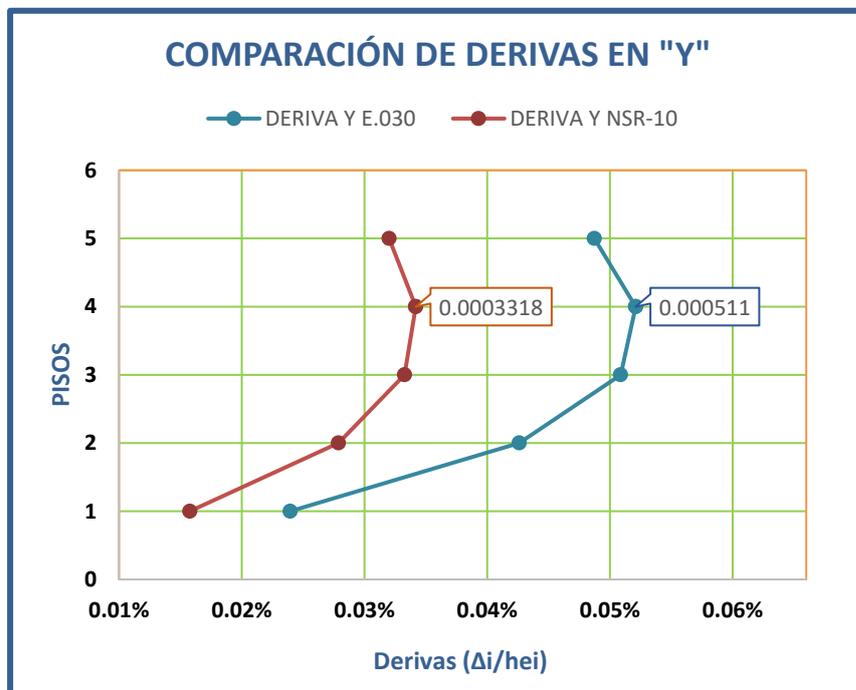


Figura 113. Comparación de Derivas en Y

Tabla 78. Cuadro comparativo de fuerzas cortantes en X e Y

Piso	Dirección VX		Diferencia en VX	Dirección VY		Diferencia en VY
	NTP E.030 (tonf)	NSR-10 (tonf)		NTP E.030 (tonf)	NSR-10 (tonf)	
Piso5	87.67	62.69	24.98	87.326	62.123	25.20
Piso4	183.16	130.28	52.88	182.673	129.256	53.42
Piso3	248.55	176.57	71.98	247.464	174.891	72.57
Piso2	290.93	206.58	84.35	289.820	204.729	85.09
Piso1	310.59	220.51	90.08	310.543	219.327	91.22

Fuente: Elaboración Propia

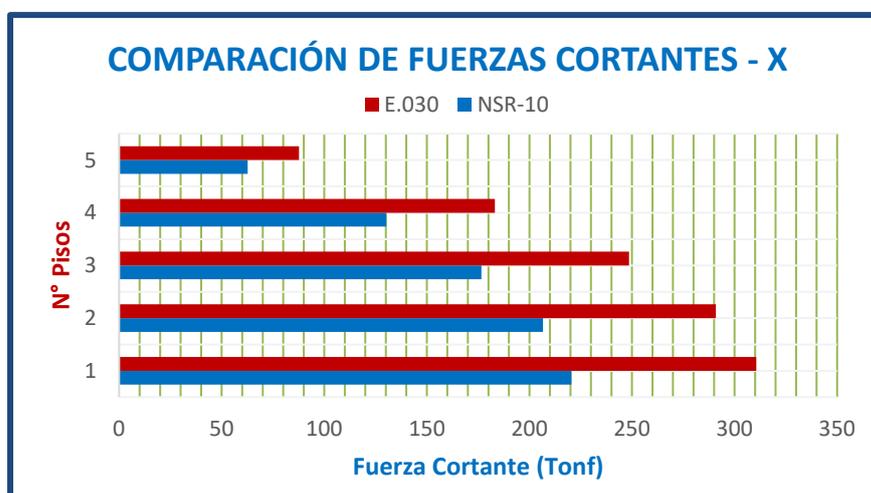


Figura 114. Comparación de fuerzas cortantes en X

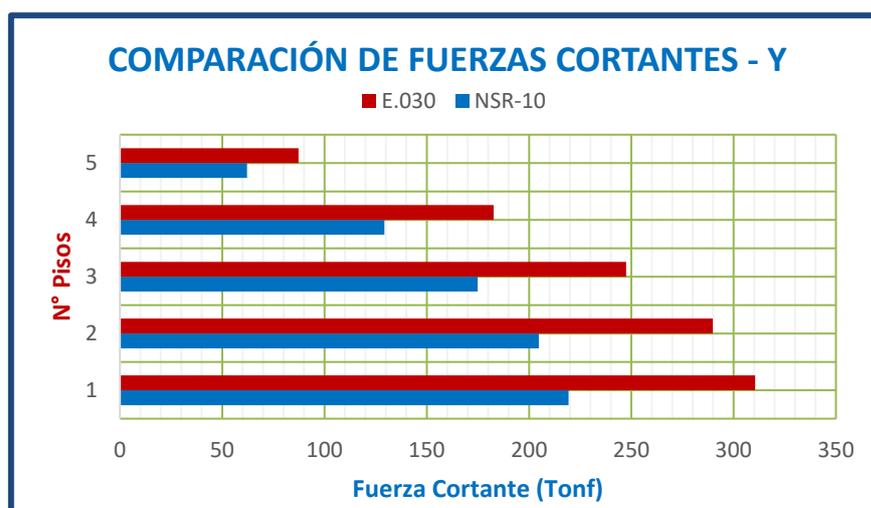


Figura 115. Comparación de fuerzas cortantes en Y

4.6 COMPARACIÓN DE PARÁMETROS SÍSMICOS

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS SÍSMICOS						
FACTOR	NORMA E.030			NSR-10		
	Símbolo	Categoría tipo, etc.	Valor	Símbolo	Categoría tipo, etc.	Valor
Zona	Z	4	0.45	Aa	Coef. Aceleración	0.40
				Av	Coef. Velocidad	0.35
Uso	U	Categoría C	1.0	I	Estr. de Ocupación Normal	1.0
Amplificación Sísmica	C	T _{calc.} < T _p	2.50	D	Fa: Ampl. Aceleración Periodos Cortos	
Suelo	S	S ₂	1.05		Fv: Ampl. Aceleración Periodos intermedios	
		T _p	0.6			
		T _a	2.0			
Coeficiente básico de reducción	R ₀	Muros de Ductilidad Limitada	4.0	R ₀	Muros de Concreto (DES)	5.0
Irregularidades	I _a , I _p	I. en Altura	1.0	∅ _a	I. en Altura	1.0
		I. en Planta	0.9	∅ _p	I. en Planta	1.0
				∅ _r	Ausencia de Redundancia	1.0
Coeficiente de Reducción	R	Reducción	3.6	R	Reducción	5.0

Figura 116. Comparación de Parámetros Sísmicos

V. DISCUSIONES

DISCUSIÓN 1

Según el objetivo general: **“Identificar en que difieren los comportamientos sísmicos en un análisis comparativo aplicando las normas E.030 y NSR-10 en un sistema “MDL” de 5 niveles”**. Los resultados en la **Tabla 79**, muestran los resultados de desplazamientos máximos, distorsiones máximas y fuerzas cortantes máxima identificados aplicando las normas E.030 y NSR-10. Con estos resultados se puede afirmar que: El sistema “MDL” de 5 niveles aplicando la norma NSR-10 obtuvo un mejor comportamiento sísmico.

Tabla 79. Cuadro comparativo de Resultados – D1

	D'UGARD – GOMEZ (2019)			
	E.030		NSR-10	
	X	Y	X	Y
Desplazamientos Máximas (m)	0.009764	0.005007	0.006827	0.003479
Derivas Máximas	0.000934	0.000475	0.000654	0.000331
F. Cortantes Máximas (Tonf)	310.59	310.54	220.51	219.33

Fuente: Elaboración Propia

DISCUSIÓN 2:

Según el objetivo específico: **“Determinar los desplazamientos laterales en un sistema “MDL” de 5 niveles aplicando las normas E.030 y NSR-10”**. Los resultados en la **Tabla 80** de la presente investigación, donde se muestra en cuanto exceden los desplazamientos máximos obtenidos con la norma E.030 a los obtenidos con la norma NSR-10, para ambas estructuras el desplazamiento más grande ocurre en el quinto nivel; para la estructura analizada aplicando la norma E.030 , se obtiene un desplazamiento de 0.009 m en la dirección “x” y 0.005 m en la dirección “y”, así mismo, para la estructura analizada aplicando la norma NSR-10, se obtiene un desplazamiento de 0.0068 m en la dirección “x” y 0.0035 m en la dirección “y”, por tanto, se muestra que lo mayores desplazamientos fueron obtenido por la norma E.030, caso semejante sucedió luego de evaluar los resultados encontrados en la

tesis cuyo nombre es: **RESPUESTAS SÍSMICAS PARA UN EDIFICIO DE SISTEMA DE MUROS ESTRUCTURALES UBICADO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL, COMPARANDO LA NORMA E030 Y LA NCh 433.OF1996 – AÑO 2019**. Donde, en los resultados que obtuvieron en desplazamientos, se puede apreciar que los desplazamientos laterales máximos se obtuvieron con la norma E.030, para ambas estructuras el desplazamiento más grande ocurre en la azotea, donde para la estructura con la norma E.030 se tiene 18.9 cm en la dirección “x” y 6.04 cm en la dirección “y”, así mismo, para la estructura con la norma NCh 433. Of1996, se tiene un desplazamiento de 9.53 cm en la dirección “x” y 5.42 en la dirección “y”.

Tabla 80. Diferencia de desplazamientos en X-Y – D2

Autores	D’UGARD - GOMEZ (2019)		GARCÍA - ROJAS (2019)	
Piso	Diferencia de Δ en X (cm)	Diferencia de Δ en Y (cm)	Diferencia de Δ en X (cm)	Diferencia de Δ en Y (cm)
5	0.2937	0.152775	4.28	0.28
4	0.22813	0.118535	3.23	0.22
3	0.15743	0.08192	2.24	0.16
2	0.08815	0.046125	1.33	0.11
1	0.03003	0.016485	0.59	0.07

Fuente: Elaboración Propia

DISCUSIÓN 3:

Según el objetivo específico: **Determinar las distorsiones de entrepiso en un sistema “MDL” de 5 niveles aplicando las normas E.030 y NSR-10**. La **Tabla 81**, muestra en cuanto exceden las distorsiones máximas encontradas con la norma E.030 a las distorsiones encontradas con la norma NSR-10, puesto que, las mayores distorsiones de entrepiso se obtienen con la norma E.030, donde se obtuvo una distorsión máxima en la dirección “x” de 0.00093 y en la dirección “y” de 0.00048 , mientras que, aplicando la norma NSR-10 se obtuvo una distorsión de 0.00064 en la dirección “x” y 0.00033 en la dirección “y”, caso similar sucedió luego de evaluar los resultados de derivas encontradas en la tesis: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LA NORMA PERUANA E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE Y LA NORMA CHILENA**

NCH 433 DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS, Y SUS APLICACIÓN A UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO. Donde sus resultados señalan que la deriva máxima de entrepiso es obtenida por la norma E.030, obteniendo una deriva máxima de 0.000299 en la dirección “x”, mientras la norma NCh 433 obtiene una deriva de 0.000251 en la dirección “x”, así mismo, la norma E.030 alcanzo una deriva máxima de 0.001014 en la dirección “y”, mientras que, la Norma Chilena logró una deriva de 0.000731 en la dirección “y”.

Tabla 81. Diferencia de derivas en X-Y – D3

Autores		Autores	
D'UGARD - GOMEZ (2019)		ALFARO RIOS (2017)	
Diferencia de Derivas en X	Diferencia de Derivas en Y	Diferencia de Derivas en X	Diferencia de Derivas en Y
0.000280	0.0001441	0.000048	0.000283

Fuente: Elaboración Propia

DISCUSIÓN 4:

Según el objetivo específico **“Determinar las fuerzas cortantes en un sistema MDL de 5 niveles aplicando las normas E.030 y NSR-10“**, se pueden observar las fuerzas cortantes máximas en la **Tabla 82**, donde se muestra que la mayor fuerza cortante fue de 310.59 ton en “x” y 310.54 ton en “y” para la norma E.030, mientras que, para la norma NSR-10, la mayor fuerza cortante fue de 220.50 Ton en “x” y 219.33 ton en “y”, por tanto, las fuerzas cortantes máximas de mayor magnitud fueron alcanzadas por la norma E.030, estos valores son similares con las fuerzas cortantes de la tesis titulada: **“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA NORMA PERUANA E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE Y LA NORMA CHILENA NCH 433 DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS, Y SUS APLICACIÓN A UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO.** Donde los resultados señalan que las fuerzas cortantes máximas en la dirección “x”, fueron obtenidas por la norma Nch433, obteniendo una fuerza máxima de 275.94 Ton, mientras que la norma E.030 obtuvo una fuerza máxima de 236.15 Ton, caso contrario, en la dirección “y”, donde las fuerzas cortantes máximas obtenidas

aplicando la norma E.030, que obtuvo una fuerza máxima de 234.62 Ton, mientras que, la norma Nch433 obtuvo una fuerza máxima de 211.66 Ton.

Tabla 82. Diferencia de fuerzas cortantes en X-Y – D4

	D'UGARD – GOMEZ (2019)				GARCIA (2016)			
	E.030		NSR-10		E.030		NCH433	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
F. Cortantes Máximas	310.59	310.54	220.50	219.33	236.15	234.62	275.94	211.66

Fuente: Elaboración Propia

VI. CONCLUSIONES

▪ **CONCLUSIÓN 1**

Se concluyó que la estructura con sistema “MDL” aplicando la norma E.030, no logro un mejor comportamiento sísmico comparado con la estructura con sistema “MDL” aplicando la norma NSR-10; esto quiere decir, que la norma E.030 presenta valores más rigurosos dentro de sus parámetros de diseño.

▪ **CONCLUSIÓN 2**

Se concluyó luego de la comparación de los resultados obtenido de los desplazamientos laterales, que la norma peruana E.030 presenta los mayores valores en comparación a la norma NSR-10, en suma, se puede concluir que la norma NSR-10 obtuvo un mejor comportamiento sísmico debido a la rigurosidad que presenta la Norma E.030 en sus parámetros de diseño.

▪ **CONCLUSIÓN 3**

Se concluyó luego de la comparación de los resultados obtenido de las distorsiones de entrepiso, que las estructuras aplicando ambas normas se encuentran dentro del límite de deriva admisible que cada una tiene como restricción, así mismo, que la norma peruana E.030 presenta los mayores valores en comparación a la norma NSR-10, en suma, se puede concluir que la norma NSR-10 obtuvo un mejor comportamiento sísmico debido a los parámetros más rigurosos que presenta la Norma E.030 en sus parámetros de diseño.

▪ **CONCLUSIÓN 4**

Se concluyó luego de la comparación de los resultados obtenido de las fuerzas cortantes máximas, que la norma peruana E.030 presenta los mayores valores en comparación a la norma NSR-10, en suma, se puede concluir que la norma E.030 presenta los mayores valores debido a la rigurosidad para identificar las irregularidades tanto en planta como en altura, estas irregularidades afectan directamente al factor que castiga a la aceleración espectral, por lo tanto, aumentan las fuerzas cortantes máximas.

VII. RECOMENDACIONES

- Para el diseño sismorresistente de un sistema "MDL", aplicar la norma E.030 tiene los parámetros necesarios para mantener un adecuado comportamiento sísmico, sin embargo, se recomienda tener en consideración un análisis con la norma NSR-10, ya que, esta norma cumple con todos los requisitos de la norma E.030 y presenta valores menos rigurosos en los parámetros de diseño, en consecuencia, en el diseño de la estructura se evitaría el sobredimensionamiento.
- Se recomienda para futuras investigaciones, con la finalidad de estudiar el comportamiento sísmico de una manera más realista, realizar el diseño de una placa "MDL" de $e = 0.10$ m, aplicando la norma E.030 y NSR-10, haciendo uso de una mesa vibradora, de esta manera se podrá reconocer si es apropiado la gran rigurosidad de la norma E.030 o si esta sobredimensionando los elementos estructurales.
- Se recomienda realizar futuras investigaciones, con la finalidad de estudiar un reajuste a la deriva máxima para sistemas de muros de ductilidad limitada, ya que, por su gran densidad de muros, las derivas obtenidas en estos sistemas terminan cumpliendo de manera muy alejada a la restricción de la norma E.030.
- Se recomienda identificar las irregularidades tanto en planta como en altura, haciendo uso de la norma NSR-10, ya que, presenta mayor aceptación al momento de identificar las irregularidades, lo cual repercute directamente en el factor de reducción que castiga al espectro de diseño, obteniendo así fuerzas cortantes de menor magnitud.
- Se recomienda para posteriores investigaciones de comparaciones de reglamentos sismorresistentes contar con los mapas de isoaceleraciones de las zonas de estudio, esto permitirá obtener factores de zonificación más exactos.

REFERENCIAS

- ALFARO, Víctor. Estudio comparativo de la norma peruana e.030 diseño sismorresistente y la norma chilena nch433 diseño sísmico de edificios, y su aplicación a un edificio de concreto armado. Tesis (Ingeniería Civil). Tacna: Universidad Privada de Tacna. 2017.

- BARTOLOME, Ángel, QUIUN, Daniel y SILVA, Wilson. Comentarios relativos al tipo de falla en los muros de concreto de edificios chilenos en el sismo del 27 de febrero de 2010 [en línea]. Chile: Investigación y Desarrollo, 2011 [fecha de consulta: 17 de abril de 2020].
Disponible en:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-30112011000200004

- BAZÁN, Enrique y MELI, Roberto. Diseño sísmico de edificios [en línea]. México: Editorial Limusa, 2014 [fecha de consulta: 13 de abril de 2020].
Disponible en:
https://books.google.com.pe/books/about/Diseno_Sismico_De_Edificios.html?id=9MDeAAAACAAJ&source=kp_book_description&redir_esc=y
ISBN: 9789681853495

- CARRASCO, Sergio. Metodología de la investigación científica. Libro 2ª edición (Ingeniería civil). Lima: Universidad Nacional Mayor San Marcos, 2016.
Disponible en: <http://especializada.unsaac.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?bibli>

- CARRERA, Luis y CONSTANTE, Cristian. Estudio comparativo de una estructura sismo-resistente de hormigón armado utilizando la Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC15) y la Norma Chilena de la construcción (NCh433 mod2009). Tesis (Ingeniería Civil). QUITO: Universidad Central del Ecuador. 2019

- CARRILLO, Julián y ALCOCER, Sergio. Comportamiento a cortante de muros de concreto para vivienda [en línea]. México: Revista de Ingeniería Sísmica, 2011 [fecha de consulta: 17 de abril de 2020].
 Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/322607766_COMPORTAMIENTO_A_CORTANTE_DE_MUROS_DE_CONCRETO_PARA_VIVIENDA
- CISMID. Informe de microzonificación sísmica del distrito de Lurín [en línea]. Perú: SIGRID, 2013 [fecha de consulta: 21 de junio de 2020].
 Disponible en: <http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigriv3/documento/2108>
- CHENA Fangjie, CHUN-QING Lib, Et al.)2019 pág. 8) en su artículo Effect of design parameters on microstructure of steel-concrete interface in reinforced concrete. (En línea). Australia, ScienceDirect, 2019. (9 de octubre del 2019)
 Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2019.01.005>
 ISSN: 0008-8846
- COLUNGA, (2017) pág.5, en su artículo Simplified design method for base-isolated bearing-wall masonry structures, (En línea). México, D.F. Revista de Ingeniería Estructural, 2016, (10 de octubre del 2019).
 Disponible en <https://ia601606.us.archive.org/24/items/Articulo>
 ISSN: 6183-5734.
- CUTIPA, Susan. Análisis comparativo de la respuesta sísmica de un edificio de concreto armado aplicando las normas de diseño sismorresistente de Perú, Chile, Estados Unidos y Japón. Tesis (Ingeniería Civil). Puno: Universidad Nacional del Altiplano. 2018.
- C.V.R.Murty. Earthquake Tip 5: what are the Seismic Effects on Structures [en línea]. Kanpur: Indian Institute of Technology Kanpur, 2002 [fecha de consulta: 28 de abril de 2020].
 Disponible en: <http://www.bmtpc.org/topics.aspx?mid=525>

- Diseño Sismo Resistente, Norma E.030. (2016). Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima: Empresa Peruana de Servicios Editoriales - Editora Peru S.A.
- FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. Designing for Earthquakes: A Manual for Architects [en línea]. Estados Unidos: Books Express Publishing, 2004 [fecha de consulta: 15 de abril de 2020].
Disponible en:
<https://books.google.com.pe/books?id=6wFeswEACAAJ&dq=Designing+for+Earthquakes&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjKley50sPpAhX2IrkGHWNrD60Q6AEILzAB>
- GIONCU. Framed structures. Ductility and seismic response: General Report. [en línea]. Estados Unidos: Journal of Constructional Steel Research and Building Materials, 2000 [fecha de consulta: 17 de abril de 2020].
Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/223032572_Framed_structures_Ductility_and_seismic_response_General_Report
- HAKAN Yalciner, ATILA Kumbasaroglu y AHMET İhsan. Torsional behavior of reinforced concrete beams with corroded reinforcement. (En Línea). Turkia. institution of structural engineers. 2019, Revisado (11 de octubre del 2019).
Disponible en <https://sci-hub.tw/https://doi.org/10.1016/j.istruc.2019.05.013>
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET. Los peligros geológicos en el Perú [en línea]. Perú[s.l.]: INGEMMET, 2015 [fecha de consulta: 17 de abril de 2020].
Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/1245>
- INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR EARTHQUAKE ENGINEERING. Seismic design of reinforced concrete buildings [en línea]. India: National information center of earthquake engineering, 2004 [fecha de consulta: 10 de abril de 2020].
Disponible en:

<https://www.yumpu.com/en/document/read/27714000/front-cover-national-information-centre-of-earthquake-engineering>

- JUI-LIN, Peng y CHUNG-MING Ho, Et al. (2019. Pág. 282) en su artículo. Study on collapse of steel-reinforced concrete structure caused by self-weight during construction (En línea). China. Department of Civil and Construction Engineering. 2019 (10 de octubre del 2019)
Disponible en <https://sci-hub.tw/https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2019.02.002>
ISSN: 0143-974X

- KIOUS, Jacquelyne and TILLING, Robert. This Dynamic earth: the story of plate tectonics [online]. Washington, D.C : Geological Survey, 1996 [fecha de consulta: 20 de Abril de 2020].
Disponible en:
<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015037798082&view=1up&seq=1&size=125>
ISBN: 0160482208

- MÁLAGA, José y MOSQUERA, Juan. Estudio comparativo de distintas normas internacionales respecto de la aplicación de los espectros sísmicos de respuesta. Tesis (Magister de Ingeniería de las Estructuras, Cimentaciones y Materiales). España: Universidad Politécnica de Madrid, 2015.
Disponible en <http://oa.upm.es/38391/>

- MARIN, Andrés. Evaluación del desempeño estructural de una edificación de muros de concreto mediante métodos simplificados. Tesis (Maestría en Ingeniería Civil). Medellín: Universidad EAFIT, 2018.
Disponible en https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/13326/AndresFelipe_Marin_Ospina_2018.Tesis.pdf?sequence=2

- MARTÍNEZ, Rutman. Análisis comparativo de las normas de diseño sismo-resistente en los países latinoamericanos colindantes al cinturón de fuego. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Ayacucho: Universidad San Cristóbal de Huamanga, 2015.

Disponible en <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/1950>
- MESTANZA, Jhordy. Estudio comparativo del comportamiento sísmico de estructuras de concreto armado, Lima 2019. Tesis (Ingeniería Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo. 2019.
- MILHERIRO J., RODRIGUEZ H. y ARÈDE A. (2016) pág. 5, en su Artículo, Evaluation of the Contribution of Masonry Infill Panels on the Seismic Behaviour of Two Existing Reinforced Concrete Buildings. KSCE Journal of Civil Engineering, (en línea). México. Revista internacional de ingeniería estructural, 2016, Revisado (10 octubre del 2019).

Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s12205-015-0112-y>
- MOEHLE, Jack. Seismic design of reinforced concrete buildings [en línea]. Estados Unidos: McGraw Hill Professional, 2014 [fecha de consulta: 20 de abril de 2020].

Disponible en:
https://books.google.com.pe/books?id=HE88BAAAQBAJ&q=Seismic+design+of+reinforced+concrete+buildings&dq=Seismic+design+of+reinforced+concrete+buildings&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjf5d_YysPpAhXkHrkGHcx1BTAQ6AEIJzAA
ISBN: 9780071839457
- NORIEGA, María. Definición y estudio comparativo de espectros para diseño sísmico de la norma Nec se Ds con otras normas internacionales. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2016.

Disponible en <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/12493>

- OTTAZI, Gianfranco. Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado. Tesis (Magíster en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Católica del Perú, 2004.
 Disponible en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/1055>

- PALENCIA, Charles y SANABRIA, Jonathan. Diferencias entre las cuantías de acero originadas del diseño de un pórtico bajo la norma venezolana FNV 1753-2006 y la norma colombiana NSR-10. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Venezuela: Universidad de Carabobo, 2016.
 Disponible en <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/handle/123456789/4932>

- PÉREZ, Juan y MANZANO, Antonio. Efecto del momento flexionante en la fuerza cortante que produce el agrietamiento por tensión diagonal en muros de mampostería confinada [en línea]. México: Revista de Ingeniería Sísmica, 2013 [fecha de consulta: 17 de abril de 2020].
 Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/267927640_Efecto_del_momento_flexionante_en_la_fuerza_cortante_que_produce_el_agrietamiento_por_tension_diagonal_en_muros_de_mamposteria_confinada

- PIMIENTO, Juan, SALAS Andrés y Ruiz Daniel (2014 pag. 291) Seismic performance of frames with passive energy dissipation steel slit plates, [En línea]. Colombia. *Revista de Ingeniería y Construcción*. 2014. Revisado (10 octubre del 2019) Disponible en <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732014000300005> 130
 ISSN: 0718-5073

- Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente. (2010). Ministerio de Ambiente, vivienda y Desarrollo Territorial. Colombia: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

- RETAMOZO, Fernando y MILACHAY, Willian. Diseño sísmico de un edificio de 10 pisos comparando la norma peruana E.030-2016 y la norma chilena NCH 433-2012, Miraflores 2018. Tesis (Ingeniería Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo. 2018.

- RODRÍGUEZ, Mario y RESTREPO, José (2013 pág. 13) en su revista: Practica y diseño sísmico en México cambios necesarios. [En línea]. México. *Revista de Ingeniería Sísmica*. 2013, Revisado (11 de octubre 2019)
 Disponible en Ing.sísmno.86 México ene./jun. 2013
 ISSN: 0185-092X
- SEBASTIAN, Wendel y KELLER, Thomas. Ductility of civil engineering structures incorporating fibre reinforced polymers (FRPs). [en línea]. Estados Unidos: Construction and Building Materials, 2013 [fecha de consulta: 17 de abril de 2020].
 Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/270919550_Ductility_of_civil_engineering_structures_incorporating_fibre_reinforced_polymers_FRPs
- Seismic resilience. Effect of inter – Storey drift on cladding. 17 de octubre de 2020. Disponible en:
<http://www.seismicresilience.org.nz/topics/buildingenvelope/commercial-buildings/effect-of-inter-storey-drift-on-cladding/>
- SILVA, David y DEL AGUILA, Diego. Respuestas sísmicas para un edificio de sistema de muros estructurales ubicado en el distrito de san miguel, comparando la norma E.030 y la NCH 433.of1996 - año 2019. Tesis (Titulo de Ingeniería Civil). Lima: Universidad Ricardo Palma, 2019.
 Disponible en <http://repositorio.urp.edu.pe/xmlui/handle/URP/2598>
- SINGH, Ravikant. Approaches for analysis of seismic behavior of structures: A review [en línea]. India: IRJET, 2018 [fecha de consulta: 17 de abril de 2020].
 Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/334029928_Approaches_for_analysis_of_seismic_behavior_of_structures_A_review
 ISSN: 23950056
- Some Concepts in Earthquake Behaviour of Buildings por Murty [en línea].

India: Gujarat State Disaster Management Authority, 2012 [fecha de consulta: 14 de abril de 2020].

Disponible en: https://www.iitk.ac.in/nicee/IITK-GSDMA/EBB_001_30May2013.pdf

- TAVERA, Hernando. EVALUACIÓN DEL PELIGRO ASOCIADO A LOS SISMOS Y EFECTOS SECUNDARIOS EN PERÚ [en línea]. Lima: Instituto Geofísico del Perú, 2014 [fecha de consulta: 13 de febrero de 2020].
Disponible en: <http://repositorio.igp.gob.pe/handle/IGP/777>
- XILIN, Lyua, CHUN, Jiangb Et al (2018 pág. 15) Seismic design methodology for self-centering reinforced concrete frames. [En línea]. China. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 2018. Revisado (9 de octubre del 2019).
Disponible en <https://sci-ub.tw/https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2018.07.002>
ISSN: 0267-7261
- YUE, ZHONG-QI. On Incorrectness in Elastic Rebound Theory for Cause of Earthquakes [en línea]. 16-21 June, Beijing: 2013. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10722/190291>
- ZEIN Saleh, MATTHEW Goldston, Et al (2019, pág. 19), en su artículo Flexural design of GFRP bar reinforced concrete beams: An appraisal of code recommendations [en línea]. Australia. *Journal of Building Engineering*, 2019. Revisado (8 de octubre del 2019).
Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100794>
ISSN: 2352-7102
- ZHUJUN Wang, WEILIANG Jina, Et al (2017. Pág. 12) en su artículo Hierarchical life-cycle design of reinforced concrete structures incorporating durability, economic efficiency and green objective. [En línea] China. *ScienceDirect Engineering Structures* 2017. Revisado (10 de octubre del 2019)
Disponible en <https://sci-hub.tw/https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.11.022>
ISSN: 0141-0296

ANEXOS

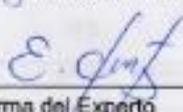
ANEXO N°1 - MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: Análisis comparativo del comportamiento sísmico de un sistema “MDL” de 5 niveles, aplicando las normas E.030 y NSR-10, Lima 2019

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general				
¿En que difieren los comportamientos sísmicos en un análisis comparativo aplicando las normas E.030 y NSR-10 en un sistema “MDL” de 5 niveles?	Identificar en que difieren los comportamientos sísmicos en un análisis comparativo aplicando las normas E.030 y NSR-10 en un sistema “MDL” de 5 niveles	El análisis comparativo del comportamiento sísmico en un sistema “MDL” de 5 niveles aplicando la norma E.030 y NSR-10, dejará en evidencia la rigurosidad de los parámetros de diseño de la norma E.030.	Variable 1 Norma E.030 Norma NSR-10	<ul style="list-style-type: none"> • Principios de sismo resistencia • Parámetros de Diseño • Cargas • Análisis Sísmico 	Factor de zona Perfil de suelo Periodos Espectro de diseño Irregularidad en planta Irregularidad en altura Peso sísmico Predimensionamiento	Método: Científico Tipo de Investigación: Aplicada Enfoque: Cuantitativo Nivel de investigación: Descriptivo Diseño de la investigación: No experimental Población: Todos los edificios multifamiliares de 5 pisos con sistema de muros de ductilidad limitada en Lima. Muestra: Un edificio multifamiliar de 5 pisos con sistema de muros de ductilidad limitada en Lurín – Lima. Muestreo: No probabilístico- Por conveniencia
Problemas Específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas				
A: ¿Cuáles son los desplazamientos laterales en un sistema “MDL” de 5 niveles aplicando las normas E.030 y NSR-10? B: ¿Cuáles son las distorsiones de entrepiso en un sistema “MDL” de 5 niveles aplicando las normas E.030 y NSR-10? C: ¿Cuáles son las fuerzas cortantes máximas en un sistema “MDL” de 5 niveles aplicando las normas E.030 y NSR-10?	A: Determinar los desplazamientos laterales en un sistema “MDL” de 5 niveles aplicando las normas E.030 y NSR-10. B: Determinar las distorsiones de entrepiso en un sistema “MDL” de 5 niveles aplicando las normas E.030 y NSR-10. C: Determinar las fuerzas cortantes en un sistema “MDL” de 5 niveles aplicando las normas E.030 y NSR-10.	A: Los desplazamientos obtenidos por el sistema “MDL” de 5 niveles aplicando la norma NSR-10, serán de menor valor en el análisis comparativo. B: Las distorsiones obtenidas por el sistema “MDL” de 5 niveles aplicando la norma NSR-10, presentarán los menores valores en el análisis comparativo. C: Las Fuerzas cortantes máximas obtenidas por el sistema “MDL” de 5 niveles aplicando la norma E.030, serán de mayor magnitud en el análisis comparativo.	Variable 2 Comportamiento Sísmico	<ul style="list-style-type: none"> • Desplazamiento Lateral • Distorsiones • Fuerzas cortantes 	m Adimensional ton	

ANEXO N°2 – VALIDEZ JUICIO DE EXPERTOS

Experto N°1

	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FACULTA DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL													
"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA "MDL" DE 5 NIVELES, APLICANDO LAS NORMAS E.030 Y NSR-10, Lima 2019"														
Teóricos: <ul style="list-style-type: none">- D'ugard Soriano, Carlos Jeanpiere- Gómez León, Renato Alfredo														
Fecha: <u>26/05/2020</u>														
CUESTIONARIO														
Estimado(a) Ingeniero(a):														
El presente instrumento tiene como propósito conocer su opinión mediante su experiencia profesional en el campo de la Ingeniería Civil para poder establecer la validez de nuestro trabajo de investigación.														
Para poder obtener los mejores resultados se lo pide con respeto, responda los siguientes ítems con seriedad y veracidad. Finalmente, muchas gracias por tomar el tiempo de llenar este breve cuestionario.														
INSTRUCCIONES: <ul style="list-style-type: none">- Marque con una "X" la respuesta que usted crea correcta.														
<table border="1"><thead><tr><th colspan="2">DATOS ESPECIFICOS</th></tr></thead><tbody><tr><td>5</td><td>Muy De acuerdo</td></tr><tr><td>4</td><td>De acuerdo</td></tr><tr><td>3</td><td>Indiferente</td></tr><tr><td>2</td><td>En Desacuerdo</td></tr><tr><td>1</td><td>Muy en Desacuerdo</td></tr></tbody></table>			DATOS ESPECIFICOS		5	Muy De acuerdo	4	De acuerdo	3	Indiferente	2	En Desacuerdo	1	Muy en Desacuerdo
DATOS ESPECIFICOS														
5	Muy De acuerdo													
4	De acuerdo													
3	Indiferente													
2	En Desacuerdo													
1	Muy en Desacuerdo													
Apellidos y Nombres del experto validador: <u>Ayites Castillo, Gabriel Enrique</u>														
Especialidad del validador: <u>Ing. civil</u>														
 Firma del Experto														

"Es un honor para nosotros su participación, muchas gracias por su colaboración Ingenieros Civiles"

VARIABLE 1: Norma E0.30 – Norma NSR-10		Marcar con una "X"				
N°	ITEM	1	2	3	4	5
1	¿Considera usted que la Norma E0.30 contiene los lineamientos necesarios para garantizar diseños estructurales que cumpla con la filosofía y principios de diseño sismorresistente?					X
2	¿Considera usted que la Fuerza cortante Basal y el espectro de diseño que se asumen de acuerdo a la Norma E0.30 y sus especificaciones, proporcionan valores ampliamente seguros y racionales para el diseño sismorresistente?					X
3	¿Considera usted que los coeficientes de reducción (R_s) para distintos sistemas estructurales que se contemplan en la Norma E0.30 son lo suficientemente conservadores?					X
4	¿Considera usted que el periodo fundamental de vibración (T_1) basado en la condición de secciones no agrietadas propuesta por la Norma E0.30 proporcione los valores más reales para un buen diseño sismorresistente?					X
5	¿Considera usted que los límites de distorsión máxima de entrepiso establecidos por la Norma E0.30 son suficientes para minimizar los daños estructurales y posible colapso de la estructura?					X
6	¿Considera usted que se debe poner a prueba la rigurosidad y eficacia de la Norma E.030 en el diseño de estructuras comparándola con otras normas sismorresistentes internacionales como la NSR-10 colombiana?					X
VARIABLE 2: Comportamiento Sísmico		Marcar con una "X"				
N°	ITEM	1	2	3	4	5
7	¿Considera usted que el análisis riguroso de los Desplazamientos laterales y Distorsiones de entrepiso que sufre una estructura es fundamental para poder anticipar el comportamiento sísmico de dicha estructura?					X
8	¿Considera usted que la Fuerza Cortante Basal que se aplica a la estructura debería ser lo más conservadora posible para poder analizar comportamientos sísmicos más reales y racionales?					X
9	¿Considera usted que el análisis dinámico modal espectral es un método eficaz y válido para estimar con precisión los desplazamientos en la estructura?					X
10	¿Considera usted válido e importante el uso de software como Etabs y Robot Structural para llevar a cabo un óptimo análisis de estructuras que nos permita obtener toda la información requerida para analizar el comportamiento sísmico de los modelamientos?					X
11	¿Considera usted segura el sistema de muros de ductilidad limitada que se está utilizando frecuentemente en edificaciones multifamiliares en la Zona 4 del Perú, considerando su comportamiento sísmico cambiante frente a sismos severos y de larga duración?					X
12	¿Considera usted que resultaría eficaz comparar el comportamiento sísmico del sistema "MDL" diseñado de acuerdo a la Norma E0.30 con otras normas sismorresistentes internacionales como la NSR-10 colombiana, para analizar si la Norma E0.30 es lo suficientemente conservadora frente a este tipo de sistema?					X

Apellidos y Nombres del experto validador: ALVITES CASTILLO, Gabriel Enrique

Especialidad del validador: Ing. Civil


Firma del Experto

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Gabriel Enrique Alviates Castillo, identificado con DNI N° 10670292, de profesión Ing. civil

Por medio de este presente, hago constatar que he revisado con fines de Validación y Confiabilidad (El Cuestionario), a los efectos de su aplicación de la tesis titulada: **"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA "MDL" DE 5 NIVELES, APLICANDO LAS NORMAS E.030 Y NSR-10, Lima 2019"** de la Universidad César Vallejo de los siguientes autores:

- D'ugard Soriano, Carlos Jeanpierre
- Gómez León, Renato Alfredo

Luego de hacer las observaciones pertinentes puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DÉFICIENTE				ACEPTABLE				BUENO				MUY BUENO				EXCELENTE			
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Congruencia de ítems																		X		
Amplitud de Conocimiento																		X		
Redacción de ítems																			X	
Precisión y Claridad																			X	
Pertinencia																			X	

INSTRUCCIONES: - Marque con una "x" el puntaje a su criterio por cada rubro.

Congruencia de ítems: El ítem mide adecuadamente la variable.

Amplitud de Conocimiento: El ítem refleja amplitud conocimiento del tema abordado.

Redacción de ítems: Los ítems muestran precisión en el lenguaje.

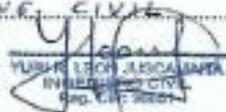
Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

En Lima, el 16 del mes de Mayo del 2020.

E. Alviates
Firma del Experto

Experto N°2

	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FACULTA DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL													
"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA "MDL" DE 5 NIVELES, APLICANDO LAS NORMAS E.030 Y NSR-10, Lima 2019"														
Tesistas: <ul style="list-style-type: none">- D'ugard Soriano, Carlos Joaquiemo- Gómez León, Renato Alfredo														
Fecha: <u>19/05/2020</u>														
<u>QUESTIONARIO</u>														
Estimado(a) Ingeniero(a):														
El presente instrumento tiene como propósito conocer su opinión mediante su experiencia profesional en el campo de la Ingeniería Civil para poder establecer la validez de nuestro trabajo de investigación.														
Para poder obtener los mejores resultados se le pide con respeto, responda los siguientes ítems con seriedad y veracidad. Finalmente, muchas gracias por tomar el tiempo de llenar este breve cuestionario.														
INSTRUCCIONES:														
- Marque con una "X" la respuesta que usted crea correcta.														
<table border="1"><thead><tr><th colspan="2">DATOS ESPECÍFICOS</th></tr></thead><tbody><tr><td>5</td><td>Muy De acuerdo</td></tr><tr><td>4</td><td>De acuerdo</td></tr><tr><td>3</td><td>Indiferente</td></tr><tr><td>2</td><td>En Desacuerdo</td></tr><tr><td>1</td><td>Muy en Desacuerdo</td></tr></tbody></table>			DATOS ESPECÍFICOS		5	Muy De acuerdo	4	De acuerdo	3	Indiferente	2	En Desacuerdo	1	Muy en Desacuerdo
DATOS ESPECÍFICOS														
5	Muy De acuerdo													
4	De acuerdo													
3	Indiferente													
2	En Desacuerdo													
1	Muy en Desacuerdo													
Apellidos y Nombres del experto validador: <u>LEON JUSCAMAITA, Yuri Ruperto</u>														
Especialidad del validador: <u>I.N.E. CIVIL</u>														
 Firma del Experto														

"Es un honor para nosotros su participación, muchas gracias por su colaboración Ingenieros Civiles"						
VARIABLE 1: Norma E0.30 – Norma NSR-10					Marcar con una "X"	
N°	ITEM	1	2	3	4	5
1	¿Considera usted que la Norma E0.30 contiene los lineamientos necesarios para garantizar diseños estructurales que cumpla con la filosofía y principios de diseño sismorresistente?					X
2	¿Considera usted que la Fuerza cortante Basal y el espectro de diseño que se asumen de acuerdo a la Norma E0.30 y sus especificaciones, proporcionan valores ampliamente seguros y racionales para el diseño sismorresistente?					X
3	¿Considera usted que los coeficientes de reducción (R_c) para distintos sistemas estructurales que se contemplan en la Norma E0.30 son lo suficientemente conservadoras?					X
4	¿Considera usted que el periodo fundamental de vibración (T_0) basado en la condición de secciones no agrietadas propuesta por la Norma E0.30 proporciona los valores más reales para un buen diseño sismorresistente?					X
5	¿Considera usted que los límites de distorsión máxima de entrepiso establecidos por la Norma E0.30 son suficientes para minimizar los daños estructurales y posible colapso de la estructura?					X
6	¿Considera usted que se debe poner a prueba la rigurosidad y eficacia de la Norma E.030 en el diseño de estructuras comparándola con otras normas sismorresistentes internacionales como la NSR-10 colombiana?					X
VARIABLE 2: Comportamiento Sísmico					Marcar con una "X"	
N°	ITEM	1	2	3	4	5
7	¿Considera usted que el análisis riguroso de los Desplazamientos laterales y Distorsiones de entrepiso que sufre una estructura es fundamental para poder anticipar el comportamiento sísmico de dicha estructura?					X
8	¿Considera usted que la Fuerza Cortante Basal que se aplica a la estructura debería ser lo más conservadora posible para poder analizar comportamientos sísmicos más reales y racionales?					X
9	¿Considera usted que el análisis dinámico modal espectral es un método eficaz y válido para estimar con precisión los desplazamientos en la estructura?					X
10	¿Considera usted válido e importante el uso de software como Etabs y Robot Structural para llevar a cabo un óptimo análisis de estructuras que nos permita obtener toda la información requerida para analizar el comportamiento sísmico de los modelamientos?					X
11	¿Considera usted seguro el sistema de muros de ductilidad limitada que se está utilizando frecuentemente en edificaciones multifamiliares en la Zona 4 del Perú, considerando su comportamiento sísmico cambiante frente a sismos severos y de larga duración?					X
12	¿Considera usted que resultaría eficaz comparar el comportamiento sísmico del sistema "MDL" diseñado de acuerdo a la Norma E0.30 con otras normas sismorresistentes Internacionales como la NSR-10 colombiana, para analizar si la Norma E0.30 es lo suficientemente conservadora frente a este tipo de sistema?					X

Apellidos y Nombres del experto validador: LEON JUSCAMAITA, Yuri Ruperto

Especialidad del validador: ING. CIVIL


 YURI R. LEON JUSCAMAITA
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 90051

Firma del Experto

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Yuri Ruperto LEÓN JUSCAMAITA, identificado con DNI N° 28271462 de profesión INGENIERO CIVIL

Por medio de este presente, hago constatar que he revisado con fines de Validación y Confiabilidad (El Cuestionario), a los efectos de su aplicación de la tesis titulada: "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA "MDL" DE 5 NIVELES, APLICANDO LAS NORMAS E.030 Y NSR-10, Lima 2019" de la Universidad César Vallejo de los siguientes autores:

- D'ugard Soriano, Carlos Jeanpierre
- Gómez León, Renato Alfredo

Luego de hacer las observaciones pertinentes puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE				ACEPTABLE				BUENO				MUY BUENO				EXCELENTE			
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Congruencia de ítems																			X	
Amplitud de Conocimiento																			X	
Redacción de ítems																				X
Precisión y Claridad																				X
Pertinencia																				X

INSTRUCCIONES: - Marque con una "x" el puntaje a su criterio por cada rubro.

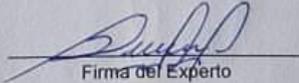
Congruencia de ítems: El ítem mide adecuadamente la variable.
Amplitud de Conocimiento: El ítem refleja amplio conocimiento del tema abordado.
Redacción de ítems: Los ítems muestran precisión en el lenguaje.
Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

En Ayacucho, el 19 del mes de Mayo del 2020.


YURI RUPERTO LEÓN JUSCAMAITA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP 50001

Firma del Experto

Experto N°3

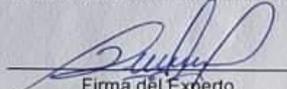
	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FACULTA DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL													
"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA "MDL" DE 5 NIVELES, APLICANDO LAS NORMAS E.030 Y NSR-10, Lima 2019"														
Tesistas: - D'ugard Soriano, Carlos Jeanpierre - Gómez León, Renato Alfredo Fecha: <u>22/05/2020</u>														
<u>CUESTIONARIO</u>														
Estimado(a) Ingeniero(a): El presente instrumento tiene como propósito conocer su opinión mediante su experiencia profesional en el campo de la Ingeniería Civil para poder establecer la validez de nuestro trabajo de investigación. Para poder obtener los mejores resultados se le pide con respeto, responda los siguientes ítems con seriedad y veracidad. Finalmente, muchas gracias por tomar el tiempo de llenar este breve cuestionario.														
INSTRUCCIONES: - Marque con una "X" la respuesta que usted crea correcta.														
<table border="1"><thead><tr><th colspan="2">DATOS ESPECIFICOS</th></tr></thead><tbody><tr><td>5</td><td>Muy De acuerdo</td></tr><tr><td>4</td><td>De acuerdo</td></tr><tr><td>3</td><td>Indiferente</td></tr><tr><td>2</td><td>En Desacuerdo</td></tr><tr><td>1</td><td>Muy en Desacuerdo</td></tr></tbody></table>			DATOS ESPECIFICOS		5	Muy De acuerdo	4	De acuerdo	3	Indiferente	2	En Desacuerdo	1	Muy en Desacuerdo
DATOS ESPECIFICOS														
5	Muy De acuerdo													
4	De acuerdo													
3	Indiferente													
2	En Desacuerdo													
1	Muy en Desacuerdo													
Apellidos y Nombres del experto validador: <u>ZANABRIA RIVERA JHONATHAN PEDRO</u>														
Especialidad del validador: <u>ING. CIVIL</u>														
 Firma del Experto														

"Es un honor para nosotros su participación, muchas gracias por su colaboración Ingenieros Civiles"

VARIABLE 1: Norma E0.30 – Norma NSR-10		Marcar con una "X"				
N°	ITEM	1	2	3	4	5
1	¿Considera usted que la Norma E0.30 contiene los lineamientos necesarios para garantizar diseños estructurales que cumpla con la filosofía y principios de diseño sismorresistente?					X
2	¿Considera usted que la Fuerza cortante Basal y el espectro de diseño que se asumen de acuerdo a la Norma E0.30 y sus especificaciones, proporcionan valores ampliamente seguros y racionales para el diseño sismorresistente?					X
3	¿Considera usted que los coeficientes de reducción (R_0) para distintos sistemas estructurales que se contemplan en la Norma E0.30 son lo suficientemente conservadoras?					X
4	¿Considera usted que el periodo fundamental de vibración (T_0) basado en la condición de secciones no agrietadas propuesta por la Norma E0.30 proporciona los valores más reales para un buen diseño sismorresistente?					X
5	¿Considera usted que los límites de distorsión máxima de entrepiso establecidos por la Norma E0.30 son suficientes para minimizar los daños estructurales y posible colapso de la estructura?				X	
6	¿Considera usted que se debe poner a prueba la rigurosidad y eficacia de la Norma E.030 en el diseño de estructuras comparándola con otras normas sismorresistentes internacionales como la NSR-10 colombiana?				X	
VARIABLE 2: Comportamiento Sísmico		Marcar con una "X"				
N°	ITEM	1	2	3	4	5
7	¿Considera usted que el análisis riguroso de los Desplazamientos laterales y Distorsiones de entrepiso que sufre una estructura es fundamental para poder anticipar el comportamiento sísmico de dicha estructura?					X
8	¿Considera usted que la Fuerza Cortante Basal que se aplica a la estructura debería ser lo más conservadora posible para poder analizar comportamientos sísmicos más reales y racionales?				X	
9	¿Considera usted que el análisis dinámico modal espectral es un método eficaz y valido para estimar con precisión los desplazamientos en la estructura?					X
10	¿Considera usted valido e importante el uso de software como Etabs y Robot Structural para llevar a cabo un óptimo análisis de estructuras que nos permita obtener toda la información requerida para analizar el comportamiento sísmico de los modelamientos?					X
11	¿Considera usted seguro el sistema de muros de ductilidad limitada que se está utilizando frecuentemente en edificaciones multifamiliares en la Zona 4 del Perú, considerando su comportamiento sísmico cambiante frente a sismos severos y de larga duración?					X
12	¿Considera usted que resultaría eficaz comparar el comportamiento sísmico del sistema "MDL" diseñado de acuerdo a la Norma E0.30 con otras normas sismorresistentes Internacionales como la NSR-10 colombiana, para analizar si la Norma E0.30 es lo suficientemente conservadora frente a este tipo de sistema?					X

Apellidos y Nombres del experto validador: ZANABRIA RIVERA, JHONATHAN PEDRO

Especialidad del validador: ING. CIVIL


 Firma del Experto

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, ZANABALA RIVERA, JHONATHAN PEDRO, identificado con DNI N° 45789213, de profesión ING. CIVIL

Por medio de este presente, hago constatar que he revisado con fines de Validación y Confiabilidad (El Cuestionario), a los efectos de su aplicación de la tesis titulada: "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA "MDL" DE 5 NIVELES, APLICANDO LAS NORMAS E.030 Y NSR-10, Lima 2019" de la Universidad César Vallejo de los siguientes autores:

- D'ugard Soriano, Carlos Jeanpierre
- Gómez León, Renato Alfredo

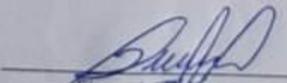
Luego de hacer las observaciones pertinentes puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE				ACEPTABLE				BUENO				MUY BUENO				EXCELENTE			
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Congruencia de ítems																X				
Amplitud de Conocimiento																X				
Redacción de ítems																	X			
Precisión y Claridad																		X		
Pertinencia																			X	

INSTRUCCIONES: - Marque con una "x" el puntaje a su criterio por cada rubro.

Congruencia de ítems: El ítem mide adecuadamente la variable.
Amplitud de Conocimiento: El ítem refleja amplio conocimiento del tema abordado.
Redacción de ítems: Los ítems muestran precisión en el lenguaje.
Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

En 22, el 05 del mes de Mayo del 2020.


 Firma del Experto

Experto N°4

	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FACULTA DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL													
"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA "MDL" DE 5 NIVELES, APLICANDO LAS NORMAS E.030 Y NSR-10, Lima 2019"														
Tesistas: <ul style="list-style-type: none">- D'ugard Soriano, Carlos Jeanpierre- Gómez León, Renato Alfredo Fecha: _____														
<u>QUESTIONARIO</u>														
Estimado(a) Ingeniero(a): <p>El presente instrumento tiene como propósito conocer su opinión mediante su experiencia profesional en el campo de la Ingeniería Civil para poder establecer la validez de nuestro trabajo de investigación.</p> <p>Para poder obtener los mejores resultados se le pide con respeto, responda los siguientes ítems con seriedad y veracidad. Finalmente, muchas gracias por tomar el tiempo de llenar este breve cuestionario.</p> INSTRUCCIONES: <ul style="list-style-type: none">- Marque con una "X" la respuesta que usted crea correcta.														
<table border="1"><thead><tr><th colspan="2">DATOS ESPECIFICOS</th></tr></thead><tbody><tr><td>5</td><td>Muy De acuerdo</td></tr><tr><td>4</td><td>De acuerdo</td></tr><tr><td>3</td><td>Indiferente</td></tr><tr><td>2</td><td>En Desacuerdo</td></tr><tr><td>1</td><td>Muy en Desacuerdo</td></tr></tbody></table>			DATOS ESPECIFICOS		5	Muy De acuerdo	4	De acuerdo	3	Indiferente	2	En Desacuerdo	1	Muy en Desacuerdo
DATOS ESPECIFICOS														
5	Muy De acuerdo													
4	De acuerdo													
3	Indiferente													
2	En Desacuerdo													
1	Muy en Desacuerdo													
Apellidos y Nombres del experto validador: LAGONES DE LA CRUZ PEDRO Especialidad del validador: EDIFICACIONES														
 PEDRO ALFREDO LAGONES DE LA CRUZ INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 60187														
_____ Firma del Experto														

"Es un honor para nosotros su participación, muchas gracias por su colaboración Ingenieros Civiles"						
VARIABLE 1: Norma E0.30 – Norma NSR-10		Marcar con una "X"				
N°	ITEM	1	2	3	4	5
1	¿Considera usted que la Norma E0.30 contiene los lineamientos necesarios para garantizar diseños estructurales que cumpla con la filosofía y principios de diseño sismorresistente?				X	
2	¿Considera usted que la Fuerza cortante Basal y el espectro de diseño que se asumen de acuerdo a la Norma E0.30 y sus especificaciones, proporcionan valores ampliamente seguros y racionales para el diseño sismorresistente?				X	
3	¿Considera usted que los coeficientes de reducción (R_0) para distintos sistemas estructurales que se contemplan en la Norma E0.30 son lo suficientemente conservadoras?				X	
4	¿Considera usted que el periodo fundamental de vibración (T_0) basado en la condición de secciones no agrietadas propuesta por la Norma E0.30 proporciona los valores más reales para un buen diseño sismorresistente?				X	
5	¿Considera usted que los límites de distorsión máxima de entrepiso establecidos por la Norma E0.30 son suficientes para minimizar los daños estructurales y posible colapso de la estructura?				X	
6	¿Considera usted que se debe poner a prueba la rigurosidad y eficacia de la Norma E.030 en el diseño de estructuras comparándola con otras normas sismorresistentes internacionales como la NSR-10 colombiana?				X	
VARIABLE 2: Comportamiento Sísmico		Marcar con una "X"				
N°	ITEM	1	2	3	4	5
7	¿Considera usted que el análisis riguroso de los Desplazamientos laterales y Distorsiones de entrepiso que sufre una estructura es fundamental para poder anticipar el comportamiento sísmico de dicha estructura?					X
8	¿Considera usted que la Fuerza Cortante Basal que se aplica a la estructura debería ser lo más conservadora posible para poder analizar comportamientos sísmicos más reales y racionales?				X	
9	¿Considera usted que el análisis dinámico modal espectral es un método eficaz y valido para estimar con precisión los desplazamientos en la estructura?				X	
10	¿Considera usted valido e importante el uso de software como Etabs y Robot Structural para llevar a cabo un óptimo análisis de estructuras que nos permita obtener toda la información requerida para analizar el comportamiento sísmico de los modelamientos?				X	
11	¿Considera usted seguro el sistema de muros de ductilidad limitada que se está utilizando frecuentemente en edificaciones multifamiliares en la Zona 4 del Perú, considerando su comportamiento sísmico cambiante frente a sismos severos y de larga duración?				X	
12	¿Considera usted que resultaría eficaz comparar el comportamiento sísmico del sistema "MDL" diseñado de acuerdo a la Norma E0.30 con otras normas sismorresistentes Internacionales como la NSR-10 colombiana, para analizar si la Norma E0.30 es lo suficientemente conservadora frente a este tipo de sistema?				X	

Apellidos y Nombres del experto validador: LAGONES DE LA CRUZ PEDRO

Especialidad del validador: EDIFICACIONES



LAGONES DE LA CRUZ
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 40187

Firma del Experto

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, PEDRO LAGONES DE LA CRUZ, identificado con DNI N° 09174780, de profesión INGENIERO CIVIL.

Por medio de este presente, hago constatar que he revisado con fines de Validación y Confiabilidad (El Cuestionario), a los efectos de su aplicación de la tesis titulada: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA “MDL” DE 5 NIVELES, APLICANDO LAS NORMAS E.030 Y NSR-10, Lima 2019”** de la Universidad César Vallejo de los siguientes autores:

- D'ugard Soriano, Carlos Jeanpierre
- Gómez León, Renato Alfredo

Luego de hacer las observaciones pertinentes puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE				ACEPTABLE				BUENO				MUY BUENO				EXCELENTE			
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Congruencia de ítems												X								
Amplitud de Conocimiento														X						
Redacción de ítems													X							
Precisión y Claridad														X						
Pertinencia												X								

INSTRUCCIONES: - Marque con una "x" el puntaje a su criterio por cada rubro.

Congruencia de ítems: El ítem mide adecuadamente la variable.
Amplitud de Conocimiento: El ítem refleja amplio conocimiento del tema abordado.
Redacción de ítems: Los ítems muestran precisión en el lenguaje.
Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

En Lima, el 20 del mes de mayo del 2020.



PEDRO ALFREDO
LAGONES DE LA CRUZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 60187

Firma del Experto

Experto N°5

	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FACULTA DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL													
"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA "MDL" DE 5 NIVELES, APLICANDO LAS NORMAS E.030 Y NSR-10, Lima 2019"														
Tesistas: <ul style="list-style-type: none">- D'ugard Soriano, Carlos Jeanpierre- Gómez León, Renato Alfredo														
Fecha: <u>18 DE MAYO - 2020</u>														
CUESTIONARIO														
Estimado(a) Ingeniero(a): <p>El presente instrumento tiene como propósito conocer su opinión mediante su experiencia profesional en el campo de la Ingeniería Civil para poder establecer la validez de nuestro trabajo de investigación.</p> <p>Para poder obtener los mejores resultados se le pide con respeto, responda los siguientes ítems con seriedad y veracidad. Finalmente, muchas gracias por tomar el tiempo de llenar este breve cuestionario.</p>														
INSTRUCCIONES: <ul style="list-style-type: none">- Marque con una "X" la respuesta que usted crea correcta.														
<table border="1"><thead><tr><th colspan="2">DATOS ESPECIFICOS</th></tr></thead><tbody><tr><td>5</td><td>Muy De acuerdo</td></tr><tr><td>4</td><td>De acuerdo</td></tr><tr><td>3</td><td>Indiferente</td></tr><tr><td>2</td><td>En Desacuerdo</td></tr><tr><td>1</td><td>Muy en Desacuerdo</td></tr></tbody></table>			DATOS ESPECIFICOS		5	Muy De acuerdo	4	De acuerdo	3	Indiferente	2	En Desacuerdo	1	Muy en Desacuerdo
DATOS ESPECIFICOS														
5	Muy De acuerdo													
4	De acuerdo													
3	Indiferente													
2	En Desacuerdo													
1	Muy en Desacuerdo													
Apellidos y Nombres del experto validador: <u>TACZA ZEVALLOS JOHN NELINHO</u>														
Especialidad del validador: <u>ING. CIVIL</u>														
 _____ Firma del Experto														

"Es un honor para nosotros su participación, muchas gracias por su colaboración Ingenieros Civiles"

VARIABLE 1: Norma E0.30 – Norma NSR-10		Marcar con una "X"				
N°	ITEM	1	2	3	4	5
1	¿Considera usted que la Norma E0.30 contiene los lineamientos necesarios para garantizar diseños estructurales que cumpla con la filosofía y principios de diseño sismorresistente?					X
2	¿Considera usted que la Fuerza cortante Basal y el espectro de diseño que se asumen de acuerdo a la Norma E0.30 y sus especificaciones, proporcionan valores ampliamente seguros y racionales para el diseño sismorresistente?					X
3	¿Considera usted que los coeficientes de reducción (R_0) para distintos sistemas estructurales que se contemplan en la Norma E0.30 son lo suficientemente conservadoras?				X	
4	¿Considera usted que el periodo fundamental de vibración (T_0) basado en la condición de secciones no agrietadas propuesta por la Norma E0.30 proporciona los valores más reales para un buen diseño sismorresistente?				X	
5	¿Considera usted que los límites de distorsión máxima de entrepiso establecidos por la Norma E0.30 son suficientes para minimizar los daños estructurales y posible colapso de la estructura?					X
6	¿Considera usted que se debe poner a prueba la rigurosidad y eficacia de la Norma E.030 en el diseño de estructuras comparándola con otras normas sismorresistentes internacionales como la NSR-10 colombiana?				X	
VARIABLE 2: Comportamiento Sísmico		Marcar con una "X"				
N°	ITEM	1	2	3	4	5
7	¿Considera usted que el análisis riguroso de los Desplazamientos laterales y Distorsiones de entrepiso que sufre una estructura es fundamental para poder anticipar el comportamiento sísmico de dicha estructura?					X
8	¿Considera usted que la Fuerza Cortante Basal que se aplica a la estructura debería ser lo más conservadora posible para poder analizar comportamientos sísmicos más reales y racionales?					X
9	¿Considera usted que el análisis dinámico modal espectral es un método eficaz y valido para estimar con precisión los desplazamientos en la estructura?				X	
10	¿Considera usted valido e importante el uso de software como Etabs y Robot Structural para llevar a cabo un óptimo análisis de estructuras que nos permita obtener toda la información requerida para analizar el comportamiento sísmico de los modelamientos?					X
11	¿Considera usted seguro el sistema de muros de ductilidad limitada que se está utilizando frecuentemente en edificaciones multifamiliares en la Zona 4 del Perú, considerando su comportamiento sísmico cambiante frente a sismos severos y de larga duración?					X
12	¿Considera usted que resultaría eficaz comparar el comportamiento sísmico del sistema "MDL" diseñado de acuerdo a la Norma E0.30 con otras normas sismorresistentes Internacionales como la NSR-10 colombiana, para analizar si la Norma E0.30 es lo suficientemente conservadora frente a este tipo de sistema?				X	

Apellidos y Nombres del experto validador: TACZA ZEVALLOS JOHN NELINHO

Especialidad del validador: ING. CIVIL



Firma del Experto

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, TACZA ZEVALLOS JOHN NELINHO, identificado con DNI N° 10054349, de profesión ING. CIVIL.

Por medio de este presente, hago constatar que he revisado con fines de Validación y Confiabilidad (El Cuestionario), a los efectos de su aplicación de la tesis titulada: "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA "MDL" DE 5 NIVELES, APLICANDO LAS NORMAS E.030 Y NSR-10, Lima 2019" de la Universidad César Vallejo de los siguientes autores:

- D'ugard Soriano, Carlos Jeanpierre
- Gómez León, Renato Alfredo

Luego de hacer las observaciones pertinentes puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE				ACEPTABLE				BUENO				MUY BUENO				EXCELENTE			
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Congruencia de Ítems															X					
Amplitud de Conocimiento																X				
Redacción de Ítems																X				
Precisión y Claridad																	X			
Pertinencia																		X		

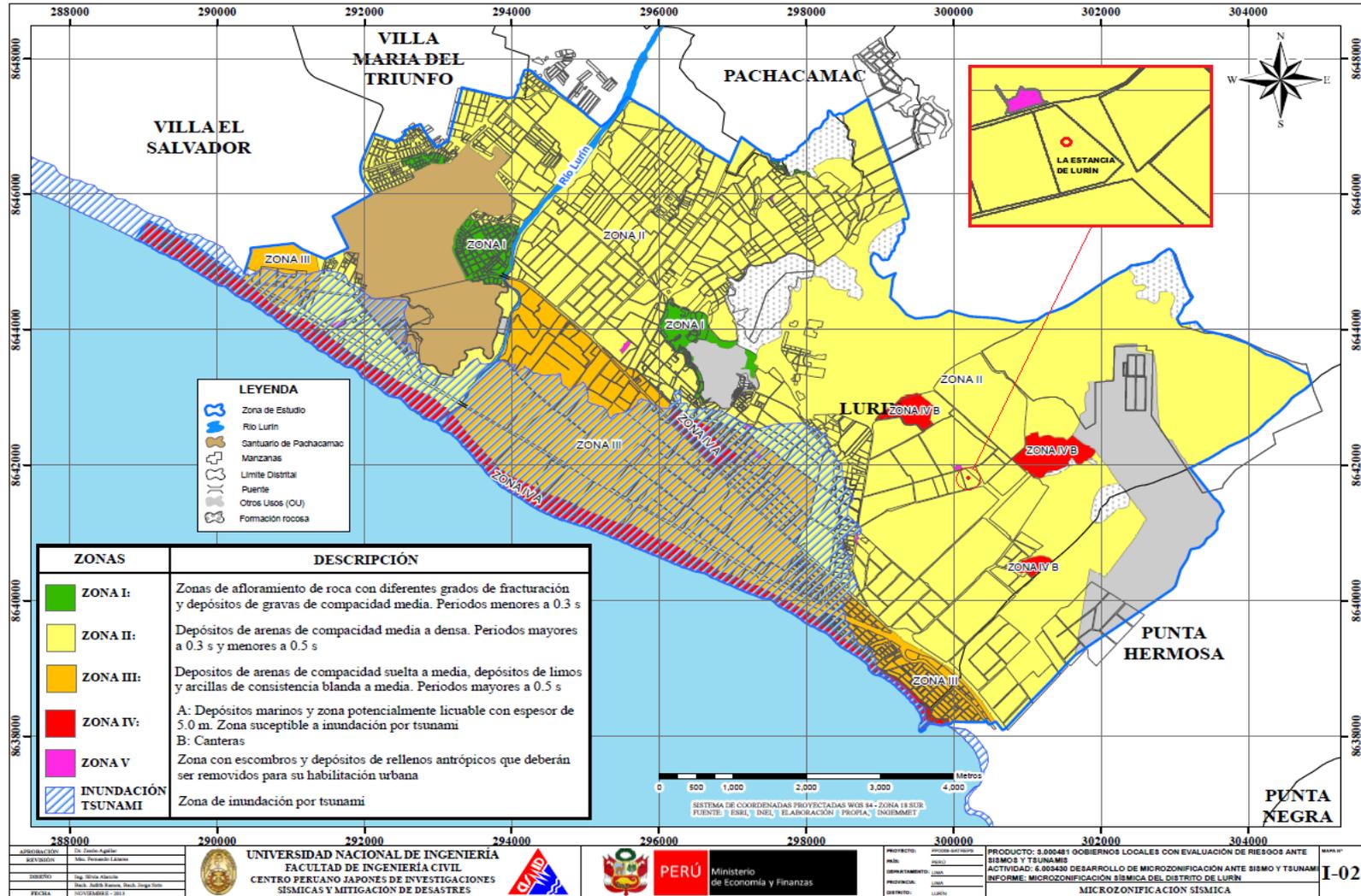
INSTRUCCIONES: - Marque con una "x" el puntaje a su criterio por cada rubro.

Congruencia de Ítems: El ítem mide adecuadamente la variable.
Amplitud de Conocimiento: El ítem refleja amplio conocimiento del tema abordado.
Redacción de Ítems: Los ítems muestran precisión en el lenguaje.
Pertinencia: El ítem corresponde al concepto técnico formulado.
Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

En 18, el 05 del mes de MAYO del 2020.


Firma del Experto

ANEXO N°3 – MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DE LURÍN



APROBACIÓN:	Dr. Zorzo Aguilar
REVISIÓN:	Msc. Fernando Latorre
ELABORÓ:	Ing. Silvia Alarcón
FECHA:	Marzo 2010



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES



PERÚ
Ministerio de Economía y Finanzas

PROYECTO:	GOBIERNO LOCAL DE LURÍN
FECHA:	2010
ELABORADO POR:	ING. SILVIA ALCÓN
REVISADO POR:	ING. FERNANDO LATORRE
APROBADO POR:	DR. ZORZO AGUILAR

PRODUCTO: 3.000481 GOBIERNO LOCAL DE LURÍN CON EVALUACIÓN DE RIESGOS ANTE SISMOS Y TSUNAMIS
ACTIVIDAD: 6.000481 DESARROLLO DE MICROZONIFICACIÓN ANTE SISMO Y TSUNAMI
INFORME: MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL DISTRITO DE LURÍN

MAPA N° **I-02**

ANEXO N°4 – NTP E.030



PERU

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

Vicepresidencia de Construcción y Saneamiento

Dirección General de Políticas y Aplicación en Construcción y Saneamiento

Dirección de Construcción

NORMA TÉCNICA

E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE



ANEXO N°5 – TITULO A - NSR-10



Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial
Dirección del Sistema Habitacional
República de Colombia



COMISION ASESORA PERMANENTE PARA EL REGIMEN
DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES
(Creada por la Ley 400 de 1997)

REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE

NSR-10



TÍTULO A – REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE

Secretaría de la Comisión:



Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica
Carrera 20 N° 84-14 Oficina 502 • Bogotá, D. C., COLOMBIA • Teléfono: 530-0826 • Fax: 530-0827

ANEXO N°6 – NTP E.060



PERÚ

Ministerio de Vivienda
Construcción y Saneamiento



SENCICO
SERVICIO NACIONAL DE CAPACITACIÓN PARA
LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

NORMA E.060
CONCRETO ARMADO

LIMA – PERÚ
2009

PUBLICACIÓN OFICIAL

ANEXO N°7 – NTP E.020

NORMA E.020

CARGAS

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

Artículo 1.- ALCANCE

Las edificaciones y todas sus partes deberán ser capaces de resistir las cargas que se les imponga como consecuencia de su uso previsto. Estas actuarán en las combinaciones prescritas y no deben causar esfuerzos ni deformaciones que excedan los señalados para cada material estructural en su norma de diseño específica.

En ningún caso las cargas empleadas en el diseño serán menores que los valores mínimos establecidos en esta Norma.

Las cargas mínimas establecidas en esta Norma están dadas en condiciones de servicio.

Esta Norma se complementa con la NTE E.030 Diseño Sismorresistente y con las Normas propias de diseño de los diversos materiales estructurales.

Artículo 2.- DEFINICIONES

Carga: Fuerza u otras acciones que resulten del peso de los materiales de construcción, ocupantes y sus pertenencias, efectos del medio ambiente, movimientos diferenciales y cambios dimensionales restringidos.

Carga Muerta.- Es el peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su peso propio, que se propone sean permanentes o con una variación en su magnitud, pequeña en el tiempo.

Carga Viva.- Es el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos móviles soportados por la edificación.

CAPÍTULO 2 CARGA MUERTA

Artículo 3.- MATERIALES

Se considerará el peso real de los materiales que conforman y de los que deberán soportar la edificación calculados en base a los pesos unitarios que aparecen en el Anexo 1, pudiéndose usar pesos unitarios menores cuando se justifique debidamente.

El peso real se podrá determinar por medio de análisis o usando los datos indicados en los diseños y catálogos de los fabricantes.

Artículo 4.- DISPOSITIVOS DE SERVICIO Y EQUIPOS

Se considerará el peso de todos los dispositivos de servicio de la edificación, inclusive las tuberías, ductos y equipos de calefacción y aire acondicionado, instalaciones eléctricas, ascensores, maquinaria para ascensores y otros dispositivos fijos similares. El peso de todo este material se incluirá en la carga muerta.

El peso de los equipos con el que se amueble una zona dada, será considerado como carga viva.

ANEXO N°8 – TITULO B - NSR-10



Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial
Dirección del Sistema Habitacional
República de Colombia



COMISION ASESORA PERMANENTE PARA EL REGIMEN
DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES
(Creada por la Ley 400 de 1997)

REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE

NSR-10

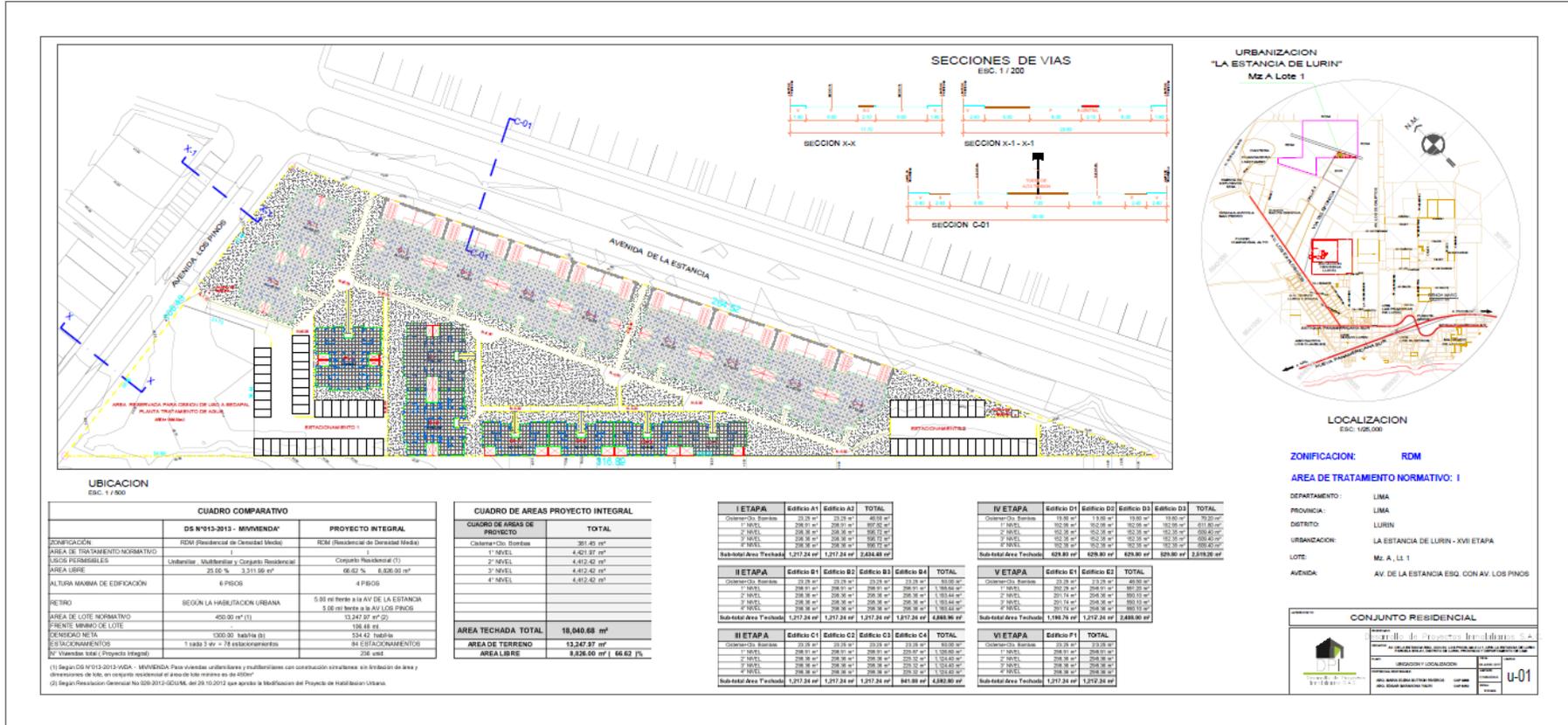


TÍTULO B – CARGAS

Secretaría de la Comisión:

ais Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica
Carrera 20 N° 84-14 Oficina 502 • Bogotá, D. C., COLOMBIA • Teléfono: 530-0826 • Fax: 530-0827

ANEXO N°9 – PLANO DE UBICACIÓN



(1) Según DS N°013-2013-VDA - MANEJO Para viviendas unifamiliares y multifamiliares con construcción mixta: en limitación de área y dimensiones de bloques en conjuntos residenciales de área de bloques de 4000m²
 (2) Según Resolución General No 028-2012-SCJUM, del 28.10.2012 que aprueba la Modificación del Proyecto de Habilitación Urbana.

**ANEXO N°10: CONFIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN
(ALFA DE CRONBACH)**

Ítems	Congruencia de Ítems	Amplitud de Conocimiento	Redacción de Ítems	Precisión y Claridad	Pertinencia
Sujetos	100 puntos	100 puntos	100 puntos	100 puntos	100 puntos
Experto 1	90	90	95	95	95
Experto 2	75	80	80	85	90
Experto 3	60	70	65	70	60
Experto 4	80	80	85	90	95
Experto 5	90	90	95	95	95

Suma de Ítems
465
410
325
430
465

VARP
Varianza de la
Población

124.00	56.00	124.00	86.00	186.00
--------	-------	--------	-------	--------

K (El número de ítems) =

$\sum S_i^2$ (Sumatoria de las Varianzas de los Ítems) =

S_T^2 (La Varianza de la suma de los Ítems) =

α (Coeficiente de Alfa de Cronbach) =

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$$

5.00
576.00
2654.00
0.98

CONFIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN
(ALFA DE CRONBACH - SPSS)

Fiabilidad

Escala: ALL VARIABLES

Resumen de procesamiento de casos			
		N	%
Casos	Válido	5	100,0
	Excluido ^a	0	,0
	Total	5	100,0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,979	5

Estadísticas de total de elemento				
	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
ÍTEM1	340,0000	2050,000	,987	,966
ÍTEM2	337,0000	2457,500	,952	,981
ÍTEM3	335,0000	2050,000	,987	,966
ÍTEM4	332,0000	2232,500	,998	,968
ÍTEM5	332,0000	1882,500	,909	,988