

# **Maestría en Ingeniería Civil**

**Análisis de la conveniencia del uso del concreto liviano como material estructural mediante la comparación de cuantías de materiales de construcción de edificaciones de muros portantes ubicadas en la ciudad de Bogotá.**

**Karina Mabel Colmenares Rodríguez**

**Bogotá, D.C., 01 de Agosto del 2016**



**Análisis de la conveniencia del uso del concreto liviano como material estructural mediante la comparación de cuantías de materiales de construcción de edificaciones de muros portantes ubicadas en la ciudad de Bogotá.**

**Tesis para optar al título de magíster en Ingeniería Civil, con énfasis en Ingeniería estructural**

**M.Sc.,P.E Carlos Palomino Arias**  
**Director**

**Bogotá, D.C., 01 de Agosto del 2016**



La tesis de maestría titulada "Análisis de la conveniencia del uso del concreto liviano como material estructural mediante la comparación de cuantías de materiales de construcción de edificaciones de muros portantes ubicadas en la ciudad de Bogotá", presentada por Karina Mabel Colmenares Rodríguez, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil.

**Nota de Aceptación**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
**DIRECTOR:** *Carlos P. ...*

*[Signature]*  
\_\_\_\_\_  
Presidente del Jurado

*[Signature]*  
\_\_\_\_\_  
Jurado

\_\_\_\_\_  
Jurado

Bogotá D.C., 27 de Julio de 2016

A Dios, por brindarme sabiduría, fortaleza y paciencia en el recorrido de este camino, por su apoyo incondicional y por permitirme la oportunidad de compartir este trabajo.

A la persona que estuvo presente durante todo este camino, por su apoyo incondicional, compañía y motivación, desde el momento que inicié mis estudios de posgrado hasta el día que escribo la última hoja de este documento.

A mi familia y seres queridos, por la compañía, palabras de aliento en los momentos difíciles y por enseñarme además de muchos valores, la habilidad de ser constante y perseverante.

Gracias

## **Agradecimientos**

Mis más sinceros agradecimientos a las entidades y personas que hicieron parte del desarrollo de la presente Tesis de Maestría, sin ellos no hubiese sido posible la culminación de la misma, ya que con sus aportes se encontraron alternativas de solución a las diferentes dificultades que se presentaron en el desarrollo de este trabajo.

Al director de proyecto de grado Ingeniero Carlos Palomino Arias, por su paciencia y apoyo brindado en la elaboración de este trabajo, el cual reúne el conocimiento y las enseñanzas aprendidas por él y por los demás maestros de Posgrado de la Escuela Colombiana de Ingeniería.

A P&P PROYECTOS S.A.S y a todos sus directivos por el conocimiento brindado, motivación y apoyo incondicional durante los años de experiencia laboral y por sus múltiples herramientas de ayuda, de igual forma a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito porque fue allí donde el sueño empezó a hacer se realidad.

A ALFONSO URIBE Y CIA S.A por su apoyo y confianza al recomendarme con base en su conocimiento y experiencia los diversos tipos de cimentación a utilizar, por su tiempo, dedicación y paciencia.

A mi familia y seres queridos porque han sido, son y serán siempre mi aliciente de seguir adelante todos los días. Gracias por el apoyo emocional que me brindaron para finalizar con éxito este trabajo.

## Contenido

	<b>pág.</b>
Introducción	1
1. Objetivos	3
1.1 Objetivo general	3
1.2 Objetivos específicos	3
2. Marco Teórico	4
2. 1 Definición	4
2.2 Antecedentes históricos	4
2.3 Producción del concreto liviano en Colombia	6
2.4 Materiales	10
2.4.1 Agregado liviano	10
2.4.1.1 Composición química	10
2.4.1.2 Propiedades físicas	11
2.4.1.3 Ensayos sobre agregados.	12
2.4.1.4 Rechazo	13
2.4.1.5 Certificación	13
2.4.1.6 Cemento.	13
2.4.1.7 Composición del cemento	13
2.4.1.8 Propiedades del cemento	15
2.4.1.9 Ensayos de cemento	15
2.4.1.10 Cementos para concretos livianos.	15
2.4.2 Agregados finos	16
2.4.3 Agua	16
2.4.3.1 Importancias del agua como ingrediente en la elaboración de concretos.	16

2.4.3.2 las impurezas en el agua.	17
2.4.4 Aditivos.	17
2.5 Requisitos de la Norma Técnica Colombiana, NTC 4045 (ASTM C330), para concreto liviano estructural	18
3. Metodología	20
3.1 Parámetros de Diseño	21
3.2 Características Geométricas	22
3.3 Avalúo de Cargas	25
3.3.1 Carga Muerta	25
3.3.2 Carga Viva.	27
3.4 Caracterización Sísmica	27
3.5 Análisis sísmico y cálculo de derivas	31
3.6 Normatividad y metodología en cuanto al diseño de muros de concreto reforzado	33
3.6.1 Refuerzo	34
3.6.2 Resistencia al cortante	35
3.6.3 Diseño a flexión y carga axial	35
3.6.4 Elementos de Borde	37
3.6.5 Chequeos adicionales	38
3.7 Metodología para la obtención de las plantas tipo definitivas de las estructuras	39
3.8 Diseño Placas de Entrepiso	51
3.9 Diseño de Cimentaciones	54
4. Resultados	68
4.1 Tablas resumen de resultados	68
4.2 Resultados en las placas de entrepiso	72
4.3 Resultados obtenidos para las estructuras de 6 pisos	75
4.4 Resultados obtenidos para las estructuras de 14 pisos	77
4.5 Resultados obtenidos para las estructuras de 20 pisos	81
4.6 Gráficas comparativas de los resultados obtenidos de cuantías entre las estructuras analizadas	86

4.7 Volúmenes de concreto obtenidos en las edificaciones de 6 pisos	88
4.8 Pesos de refuerzo obtenidos en las edificaciones de 6 pisos	89
4.9 Volúmenes de concreto obtenidos en las edificaciones de 14 pisos	90
4.10 Pesos de refuerzo obtenidos en las edificaciones de 14 pisos	91
4.11 Volúmenes de concreto obtenidos en las edificaciones de 20 pisos	92
4.12 Pesos de refuerzo obtenidos en las edificaciones de 20 pisos	93
4.13 Porcentajes de volumen de concreto de los diferentes elementos con respecto a toda la edificación	94
4.14 Comparativo de los resultados obtenidos de los porcentajes de concreto de los elementos entre las estructuras analizadas	98
4.15 Porcentajes de peso del refuerzo de los diferentes elementos con respecto a toda la edificación	99
4.16 Comparativo de los resultados obtenidos de los porcentajes del refuerzo de los elementos entre las estructuras analizadas	103
5. Conclusiones y Recomendaciones	104
5.1 Conclusiones	104
5.2 Recomendaciones	107
Referencias Bibliográficas	108
Anexos	110



## Lista de Figuras

	<b>pág.</b>
Figura 1. Propiedades del concreto en estado fresco para las mezclas ensayadas	8
Figura 2. Resultados resistencia a la compresión	9
Figura 3. Resultados ensayos de tracción indirecta	9
Figura 4. Composición típica del Cemento Ordinario de Portland	14
Figura 5. Alzado típico de una estructura analizada	23
Figura 6. Planta tipo estructura analizada	24
Figura 7. Corte típico de placa	25
Figura 8. Distribución de elementos No estructurales en el modelo	26
Figura 9. Espectro Elástico de Diseño – Lacustre 200 – Microzonificación sísmica de Bogotá.	30
Figura 10. Espectro Elástico de Diseño – Piedemonte B – Microzonificación sísmica Bogotá.	30
Figura 11. Hipótesis para la resistencia a flexión de muros rectangulares	37
Figura 12. Planta piso tipo edificios de seis pisos para Lacustre 200 y Piedemonte B	40
Figura 13. Planta piso tipo edificio de catorce pisos – Lacustre 200 CN	42
Figura 14. Planta piso tipo edificio de catorce pisos – Lacustre 200 CL	43
Figura 15. Planta piso tipo edificio de catorce pisos –Piedemonte B – CN	44
Figura 16. Planta piso tipo edificio de catorce pisos –Piedemonte B – CL	45
Figura 17. Planta piso tipo edificio de veinte pisos – Lacustre 200 CN	47
Figura 18. Planta piso tipo edificio de veinte pisos – Lacustre 200 CL	48
Figura 19. Planta piso tipo edificio de veinte pisos – Piedemonte B-CN	49
Figura 20. Planta piso tipo edificio de veinte pisos – Piedemonte B-CL	50
Figura 21. Detalle típico traslapos de mallas	53
Figura 22. Tipo de cimentación: placa – pilotes. Edificio de 6 pisos – Lacustre 200 CN y CL.	57
Figura 23. Tipo de cimentación: cimiento corrido. Edificio de seis pisos –Piedemonte B-CN.	58
Figura 24. Tipo de cimentación: cimiento corrido. Edificio de seis pisos –Piedemonte B-CL.	59

Figura 25. Tipo de cimentación: pilotes. Edificio de catorce pisos – Lacustre 200 CN	60
Figura 26. Tipo de cimentación: pilotes. Edificio de catorce pisos – Lacustre 200 CL	61
Figura 27. Tipo de cimentación: cajones. Edificio de catorce pisos –Piedemonte B-CN	62
Figura 28. Tipo de cimentación: cajones. Edificio de catorce pisos –Piedemonte B-CL	63
Figura 29. Tipo de cimentación: pilotes. Edificio de veinte pisos –Lacustre 200 CN.	64
Figura 30. Tipo de cimentación: pilotes. Edificio de veinte pisos –Lacustre 200 CL	65
Figura 31. Tipo de cimentación: cajones. Edificio de veinte pisos –Piedemonte B-CN	66
Figura 32. Tipo de cimentación: cajones. Edificio de veinte pisos –Piedemonte B-CL	67
Figura 33. Edificaciones de 6, 14 y 20 pisos - Cuantía de concreto de las placas $m^3/m^2$	73
Figura 34. Edificaciones de 6, 14 y 20 pisos de altura - Cuantía de acero de las placas $kg/m^2$	73
Figura 35. Edificaciones de 6, 14 y 20 pisos de altura - Cuantía de acero de las placas $kg/m^3$	73
Figura 36. Comparación Gráfica de las cuantías de concreto $m^3/m^2$ de las placas en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura	74
Figura 37. Comparación Gráfica de las cuantías de acero $kg/m^2$ de las placas en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura	74
Figura 38. Comparación Gráfica de las cuantías de acero $kg/m^3$ de las placas en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura	74
Figura 39. Edificación de 6 pisos de altura - Cuantía de concreto de los muros $m^3/m^2$	75
Figura 40. Edificación de 6 pisos de altura - Cuantía de acero de los muros $kg/m^2$	75
Figura 41. Edificación de 6 pisos de altura - Cuantía de acero de los muros $kg/m^3$	75
Figura 42. Edificación de 6 pisos de altura - Cuantía de concreto de la cimentación $m^3/m^2$	76
Figura 43. Edificación de 6 pisos de altura - Cuantía de acero de la cimentación $kg/m^2$	76
Figura 44. Edificación de 6 pisos de altura - Cuantía de acero de la cimentación $kg/m^3$	76
Figura 45. Porcentaje de participación de la resistencia a la compresión del concreto de los muros de la edificación de 14 pisos de altura en Lacustre 200 con concreto normal	77
Figura 46. Porcentaje de participación de la resistencia a la compresión del concreto de los muros de la edificación de 14 pisos de altura en Lacustre 200 con concreto liviano	77
Figura 47. Porcentaje de participación de la resistencia a la compresión del concreto de los muros de la edificación de 14 pisos de altura en Piedemonte B con concreto normal	78
Figura 48. Porcentaje de participación de la resistencia a la compresión del concreto de los muros de la edificación de 14 pisos de altura en Piedemonte B con concreto liviano	78

Figura 49. Edificación de 14 pisos de altura – Cuantía total de concreto de los muros $m^3/m^2$	79
Figura 50. Cuantías de los muros $m^3/m^2$ teniendo en cuenta el suministro del concreto en las edificaciones de 14 pisos	79
Figura 51. Edificación de 14 pisos de altura - Cuantía de acero de los muros $kg/m^2$	79
Figura 52. Edificación de 14 pisos de altura - Cuantía de acero de los muros $kg/m^3$	80
Figura 53. Edificación de 14 pisos de altura - Cuantía de concreto de la cimentación $m^3/m^2$	80
Figura 54. Edificación de 14 pisos de altura - Cuantía de acero de la cimentación $kg/m^2$	80
Figura 55. Edificación de 14 pisos de altura - Cuantía de acero de la cimentación $kg/m^3$	81
Figura 56. Porcentaje de participación de la resistencia a la compresión del concreto de los muros de la edificación de 20 pisos de altura en Lacustre 200 con concreto normal	81
Figura 57. Porcentaje de participación de la resistencia a la compresión del concreto de los muros de la edificación de 20 pisos de altura en Lacustre 200 con concreto liviano	82
Figura 58. Porcentaje de participación de la resistencia a la compresión del concreto de los muros de la edificación de 20 pisos de altura en Piedemonte B con concreto normal	82
Figura 59. Porcentaje de participación de la resistencia a la compresión del concreto de los muros de la edificación de 20 pisos de altura en Piedemonte B con concreto liviano	83
Figura 60. Edificación de 20 pisos de altura – Cuantía total de concreto de los muros $m^3/m^2$	83
Figura 61. Grafica de las cuantías de los muros $m^3/m^2$ teniendo en cuenta el suministro del concreto en las edificaciones de 20 pisos	83
Figura 62. Edificación de 20 pisos de altura –Cuantía de acero de los muros $kg/m^2$	84
Figura 63. Edificación de 20 pisos de altura – Cuantía de concreto de los muros $kg/m^3$	84
Figura 64. Edificación de 20 pisos de altura - Cuantía de concreto de la cimentación $m^3/m^2$	84
Figura 65. Edificación de 20 pisos de altura - Cuantía de acero de la cimentación $kg/m^2$	85
Figura 66. Edificación de 20 pisos de altura - Cuantía de acero de la cimentación $kg/m^3$	85
Figura 67. Comparación Gráfica de las cuantías de concreto $m^3/m^2$ de los muros en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura	86
Figura 68. Comparación Gráfica de las cuantías de acero $kg/m^2$ de los muros en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura	86
Figura 69. Comparación Gráfica de las cuantías de acero $kg/m^3$ de los muros en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura	86

Figura 70. Comparación Gráfica de las cuantías de concreto $m^3/m^2$ de las cimentaciones en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura	87
Figura 71. Comparación Gráfica de las cuantías de acero $kg/m^2$ de las cimentaciones en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura	87
Figura 72. Comparación Gráfica de las cuantías de acero $kg/m^3$ de las cimentaciones en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura	87
Figura 73. Volumen total de concreto $m^3$ de los muros en los edificios de 6 pisos de altura	88
Figura 74. Volumen total de concreto $m^3$ de las placas en los edificios de 6 pisos de altura	88
Figura 75. Volumen total de concreto $m^3$ de la cimentación en los edificios de 6 pisos	88
Figura 76. Peso total de acero $kg$ de los muros en los edificios de 6 pisos de altura	89
Figura 77. Peso total de acero $kg$ de las placas en los edificios de 6 pisos de altura	89
Figura 78. Peso total de acero $kg$ de la cimentación en los edificios de 6 pisos de altura	89
Figura 79. Volumen total de concreto $m^3$ de los muros en los edificios de 14 pisos de altura	90
Figura 80. Volumen total de concreto $m^3$ de las placas en los edificios de 14 pisos de altura	90
Figura 81. Volumen total de concreto $m^3$ de la cimentación en los edificios de 14 pisos	90
Figura 82. Peso total de acero $kg$ de los muros en los edificios de 14 pisos de altura	91
Figura 83. Peso total de acero $kg$ de las placas en los edificios de 14 pisos de altura	91
Figura 84. Peso total de acero $kg$ de la cimentación en los edificios de 14 pisos de altura	91
Figura 85. Volumen total de concreto $m^3$ de los muros en los edificios de 20 pisos de altura	92
Figura 86. Volumen total de concreto $m^3$ de las placas en los edificios de 20 pisos de altura	92
Figura 87. Volumen total de concreto $m^3$ de la cimentación en los edificios de 20 pisos	92
Figura 88. Peso total de acero $kg$ de los muros en los edificios de 20 pisos de altura	93
Figura 89. Peso total de acero $kg$ de las placas en los edificios de 20 pisos de altura	93
Figura 90. Peso total de acero $kg$ de la cimentación en los edificios de 20 pisos de altura	93
Figura 91. Porcentaje de volumen de concreto de los muros en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Lacustre 200 – Concreto normal con respecto al volumen total de la edificación.	94
Figura 92. Porcentaje de volumen de concreto de los muros en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Lacustre 200 – Concreto liviano con respecto al volumen total de la edificación	94
Figura 93. Porcentaje de volumen de concreto de los muros en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Piedemonte B – Concreto normal con respecto al volumen total de la edificación	94

Figura 94. Porcentaje de volumen de concreto de los muros en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Piedemonte B – Concreto liviano con respecto al volumen total de la edificación	95
Figura 95. Porcentaje de volumen de concreto de las placas en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Lacustre 200 – Concreto Normal con respecto al volumen total de la edificación	95
Figura 96. Porcentaje de volumen de concreto de las placas en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Lacustre 200 – Concreto Liviano con respecto al volumen total de la edificación	95
Figura 97. Porcentaje de volumen de concreto de las placas en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Piedemonte B – Concreto Normal con respecto al volumen total de la edificación	96
Figura 98. Porcentaje de volumen de concreto de las placas en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Piedemonte B – Concreto Liviano con respecto al volumen total de la edificación	96
Figura 99. Porcentaje de volumen de concreto de la cimentación en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Lacustre 200 – Concreto Normal con respecto al volumen total de la edificación	96
Figura 100. Porcentaje de volumen de concreto de la cimentación en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Lacustre 200 – Concreto Liviano con respecto al volumen total de la edificación	97
Figura 101. Porcentaje de volumen de concreto de la cimentación en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Piedemonte B – Concreto Normal con respecto al volumen total de la edificación	97
Figura 102. Porcentaje de volumen de concreto de la cimentación en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Piedemonte B – Concreto Liviano con respecto al volumen total de la edificación	97
Figura 103. Distribución del porcentaje % del volumen de concreto de los elementos con respecto a toda la edificación en Lacustre 200 con Concreto Normal y Liviano para las edificaciones de 6, 14 y 20 pisos de altura	98
Figura 104. Distribución del porcentaje % del volumen de concreto de los elementos estructurales con respecto a toda la edificación en Piedemonte B con Concreto Normal y Liviano para las edificaciones de 6, 14 y 20 pisos de altura	98
Figura 105. Porcentaje del peso total de acero de los muros en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Lacustre 200 – Concreto normal con respecto al peso total de la edificación	99
Figura 106. Porcentaje de peso total de acero de los muros en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Lacustre 200 – Concreto liviano con respecto al peso total de la edificación	99

Figura 107. Porcentaje de peso total de acero de los muros en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Piedemonte B – Concreto normal con respecto al peso total de la edificación	99
Figura 108. Porcentaje de peso total de acero de los muros en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Piedemonte B – Concreto liviano con respecto al peso total de la edificación.	100
Figura 109. Porcentaje de peso total de acero de las placas en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Lacustre 200 – Concreto normal con respecto al peso total de la edificación.	100
Figura 110. Porcentaje de peso total de acero de las placas en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Lacustre 200 – Concreto liviano con respecto al peso total de la edificación	100
Figura 111. Porcentaje de peso de acero de las placas en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Piedemonte B – Concreto normal con respecto al peso total de la edificación.	101
Figura 112. Porcentaje de peso de acero de las placas en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Piedemonte B – Concreto liviano con respecto al peso total de la edificación	101
Figura 113. Porcentaje de peso de acero de la cimentación en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Lacustre 200 – Concreto normal con respecto al peso total de la edificación	101
Figura 114. Porcentaje de peso de acero de la cimentación en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Lacustre 200 – Concreto liviano con respecto al peso total de la edificación	102
Figura 115. Porcentaje de peso de acero de la cimentación en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Piedemonte B – Concreto normal con respecto al peso total de la edificación.	102
Figura 116. Porcentaje de peso de acero de la cimentación en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Piedemonte B – Concreto liviano con respecto al peso total de la edificación.	102
Figura 117. Distribución del porcentaje % del peso de acero de los elementos estructurales con respecto a toda la edificación en Lacustre 200 con Concreto Normal y Liviano para edificaciones de 6, 14 y 20 pisos	103
Figura 118. Distribución del porcentaje % del peso de acero de los elementos estructurales con respecto a toda la edificación en Piedemonte B con Concreto Normal y Liviano para edificaciones de 6, 14 y 20 pisos	103

## Lista de Tablas

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Obras relacionadas con el temprano uso del concreto liviano.	5
Tabla 2. Cantidad de plantas de fabricación de agregados livianos en el mundo	6
Tabla 3. Requisitos de granulometría de agregados livianos para concreto estructural	11
Tabla 4. Requisitos de la masa unitaria de agregados livianos para concreto estructural	12
Tabla 5. Masa de la muestra para el ensayo de tamizado para agregados livianos finos.	12
Tabla 6. Componentes químicos del Cemento Portland.	14
Tabla 7. Requisitos de resistencia a compresión y resistencia a la tensión de agrietamiento.	19
Tabla 8. Identificación de estructuras analizadas	20
Tabla 9. Parámetros de diseño utilizados en el análisis.	21
Tabla 10. Valores mínimos alternativos de carga muerta de elementos no estructurales	25
Tabla 11. Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas	27
Tabla 12. Coeficiente y curva de diseño	28
Tabla 13. Valores de Aa y Av	29
Tabla 14. Valores del coeficiente de importancia	29
Tabla 15. Irregularidades en Planta	33
Tabla 16. Alturas o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección a menos que se calculen las deflexiones	51
Tabla 17. Tabla de pesos estructuras y esfuerzos sobre el terreno.	55
Tabla 18. Resumen recomendaciones de cimentación.	55
Tabla 19. Resumen de periodos y aceleraciones espectrales de las diferentes edificaciones.	68
Tabla 20. Resumen de los pesos de las diferentes edificaciones.	69
Tabla 21. Resumen de las cuantías de las placas de entepiso.	69
Tabla 22. Resumen de las cuantías de los muros estructurales	70
Tabla 23. Relación entre el precio de los concretos dependiendo la resistencia a la compresión, con respecto al concreto de 21 MPa.	70

Tabla 24. Resumen de las cuantías de los muros estructurales teniendo en cuenta el suministro del concreto.	71
Tabla 25. Resumen de las cuantías de las cimentaciones.	71
Tabla 26. Resumen de los volúmenes de concreto y peso del refuerzo.	72



## Lista de Anexos

	<b>pág.</b>
Anexo A. Análisis sísmicos	110
Anexo B. Recomendaciones Alfonso Uribe S y Cia S.A – Estudio de Suelos	228

## **Resumen**

Con el fin de obtener diseños estructurales más económicos y que cumplan con su función de manera segura y sostenible, se estudió la posibilidad de utilizar el concreto liviano como material estructural. Se compararon las diferencias que se encontraban entre utilizar concreto normal y el concreto liviano. El estudio se realizó en estructuras de muros portantes en la ciudad de Bogotá, con variación en el número de pisos de las diferentes edificaciones y del tipo de suelo (arcilloso y rocoso). Para lo anterior se analizaron diferentes tipos de cimentaciones.

Para cada estructura se calcularon las cuantías de volumen de concreto y de acero correspondientes a cada elemento estructural, se compararon entre si y se realizó un análisis que permitió obtener las conclusiones que se expresan en el Capítulo 5 del presente documento.

**Palabras Clave:** Concreto liviano estructural, estructuras de muros portantes, cuantías de volumen de Concreto, cuantías de acero, ahorro.

## **Abstract**

In order to obtain more economic structural designs and fulfill their function in a safe and sustainable manner, I studied the possibility of using lightweight concrete as a structural material. The differences were between using normal concrete and lightweight concrete were compared. The study was conducted in structures load-bearing walls in the city of Bogotá, with variation in the number of floors of the various buildings and the type of soil (clayey and rocky). For the above different types of foundations were analyzed.

For each structure the amounts of volume of concrete and of steel for each structural element were calculated, they were compared with each other and an analysis that yielded the conclusions expressed in Chapter 5 of this document was performed.

**Keywords:** Structural lightweight concrete structures of load-bearing walls, sums volume of concrete, steel ratios, savings.

## **Introducción**

Las grandes empresas productoras de concreto en Colombia, tienen como objetivo a mediano plazo impulsar la utilización y demanda del concreto liviano, al igual que se está demandando en otros lugares del mundo. Por medio de investigaciones nacionales, como la realizada por la Universidad Nacional de Colombia mediante la Tesis de grado del Ingeniero Diego Martínez: (Concreto liviano estructural con arcilla expandida térmicamente extraída de canteras localizadas en el sur de la sabana de Bogotá), y la investigación realizada en Medellín, (Desarrollo y caracterización de mezclas de concreto realizadas con agregados ligeros) por parte de CONCRETO S.A., la Universidad de Medellín, el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETCC) y el Ingeniero Carlos Palomino mediante el servicio de asesoría, se ha concluido que si es posible obtener en Colombia concretos livianos estructurales producidos con materias primas nacionales que cumplen con los requisitos expuestos en el Título C del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, para ser considerados como un material estructural.

La idea del presente trabajo de grado surgió de la conjetura de que el uso del concreto de peso normal o convencional debería hacer necesariamente las estructuras más pesadas; lo cual se debería reflejar en el costo final de la construcción; es por lo anterior que con la realización de este proyecto se busca concluir acerca del beneficio o no del uso del Concreto Liviano como material estructural en edificaciones de muros portantes, de alturas típicas y ubicadas en suelos blandos y rocosos en la ciudad de Bogotá.

Cabe resaltar, que se deja como variables que no afectan el estudio del problema, que para el constructor la consecución del concreto liviano, oportunidad de entrega del mismo, precio de venta y uso en obra, no va a afectar económicamente el proyecto, porque lo que se plantea para éste estudio, el análisis estructuralmente hablando y cómo pueden verse modificados los valores de cuantías de acero y concreto.

La metodología aplicada al desarrollo de esta propuesta, es la que se encuentra prescrita en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. NSR-10, debido a que el diseño de

edificaciones en el territorio de la Republica de Colombia debe someterse a los criterios y requisitos mínimos que se establecen en dicho reglamento. En el Capítulo 3 se explica paso a paso la metodología utilizada; en el Capítulo 4 se muestran tablas y graficas de los resultados obtenidos y en el Capítulo 5 las conclusiones encontradas.

Por otra parte, la importancia y relevancia de la realización de este proyecto radica en obtener diseños estructurales más económicos al remplazar el concreto de peso normal por el concreto liviano, como concreto estructural; preservando el propósito de la ingeniería estructural: “Diseñar y construir estructuras que cumplan con su función de manera segura, económica, bella y sostenible”.

En tal sentido, al demostrar técnicamente, como en Colombia las empresas constructoras pueden lograr ahorros significativos en sus construcciones, disminuyendo las cuantías de acero y concreto, no solamente los beneficia a ellos; ya que estos ahorros, pueden ser trasladados a los usuarios finales de los inmuebles en los precios de los mismos.

De igual manera, se recalca la importancia de la realización del presente estudio en esta época, ya que los terrenos edificables en las grandes ciudades de Colombia cada día son más escasos y debido a la demanda de los mismos y los precios, hacen que estos grandes proyectos se desarrollen en áreas de construcción bastantes grandes y que la altura de los mismos sea la mayor posible, para así cubrir el costo del terreno y los demás costos de construcción.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo general**

Concluir a cerca de la conveniencia del uso o no del concreto liviano contra el concreto convencional comparando cuantías de materiales de construcción entre estructuras de muros portantes y de alturas típicas, ubicadas en dos tipos de suelos diferentes de la ciudad de Bogotá.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Recopilar información de investigaciones que se han desarrollado con anterioridad acerca del concreto liviano como material estructural.
- Identificar las diferencias tanto para el análisis y diseño de estructuras de muros portantes al ser utilizado el concreto liviano a cambio del concreto convencional como material estructural.
- Identificar las diferencias de los desplazamientos horizontales obtenidos de las estructuras analizadas para las fuerzas de gravedad en combinación con los movimientos sísmicos de diseño.
- Cuantificar las diferencias entre los pesos de las estructuras diseñadas con los diferentes tipos de concreto.
- Investigar sobre los adecuados tipos de cimentación a utilizar dependiendo de cada estructura.
- Diseñar los elementos estructurales resistentes y no resistentes al sismo, tales como: cimentación, muros y placas para las diferentes estructuras analizadas.
- Cuantificar las diferencias encontradas de las cantidades de materiales de construcción.
- Analizar los resultados obtenidos para poder concluir la conveniencia o no del uso del concreto liviano.

## **2. Marco Teórico**

### **2.1 Definición**

De acuerdo con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10 (2010), el concreto liviano se define como: “Concreto con agregado liviano que tiene una densidad de equilibrio, tal como la define NTC 4022 (ASTM C567), entre 1440 y 1840 kg/m<sup>3</sup>. El concreto liviano cubierto por el Título C del Reglamento NSR-10 corresponde a un concreto cuyos componentes cumplen de manera estricta lo requerido en el Título C – Concreto Estructural”. (p.C-28).

### **2.2 Antecedentes históricos**

A continuación, se muestra un breve resumen de los antecedentes históricos del Concreto Liviano.

De acuerdo con Chandra & Berntsson, (2002), el concreto liviano, se utilizó incluso antes de la era cristiana; por lo que es posible encontrar un buen número de referencias en relación con el uso de este material, el cual, en aquel entonces, se produjo con la utilización de agregados volcánicos naturales como la piedra pómez y escoria. Dentro de las referencias nombradas anteriormente, se encuentran:

**Tabla 1. Obras relacionadas con el temprano uso del concreto liviano.**

<b>Obra</b>	<b>Época</b>	<b>Responsables</b>
<b>Construcciones en Babilonia</b>	3 <sup>er</sup> milenio a. C.	Sumerios <sup>1</sup>
<b>Puente del Gard - Francia</b>	14 d. C.	Imperio Romano
<b>Coliseo Romano</b>	Entre los años 70 – 82 d. C.	Imperio Romano
<b>Panteón de Agripa</b>	Entre los años 118 – 128 d. C.	Imperio Romano
<b>Pirámides en México</b>	Entre los años 624 – 987 d. C.	Periodo Maya
<b>Catedral de Santa Sofía Estambul - Turquía</b>	Año 400 d. C.	Isidore of Miletus & Anthemius of Tralles

*Nota:* Elaborada por la autora con datos obtenidos de (Chandra , S & Berntsson,L., 2002)

Con el aumento de la demanda del concreto liviano y debido a las ventajas, específicamente, su baja densidad y propiedades de aislamiento térmico, acompañado de la falta de disponibilidad de los recursos naturales, la tecnología para producir agregados livianos artificiales, ha generado un constante desarrollo.

Estos esfuerzos datan de 1918, cuando Stephen J. Hayde patentó el agregado liviano "Haydite", el primero realizado por la expansión de esquisto, que entró en la producción en los EE.UU. Agregados artificiales de este tipo han sido universalmente aceptados, produciendo satisfactoriamente concreto liviano.

Hoy en día, los agregados ligeros se producen en una gama muy amplia de densidades variando desde 50 kg/m<sup>3</sup> de perlita expandida hasta 1000 kg/m<sup>3</sup> de Clinker. Con estos agregados y reductores de agua de alto rango, es posible producir concretos livianos hasta 80 MPa de resistencia a la compresión.

En la tabla 2, se puede apreciar un estimado de la cantidad de plantas, las cuales se dedican a la fabricación de agregados livianos en todo el mundo.

---

<sup>1</sup> Procedentes de Sumeria: Es considerada como la primera y más antigua civilización del mundo.



**Tabla 2. Cantidad de plantas de fabricación de agregados livianos en el mundo**

			Total
Former Soviet Union	Russia	>53	>71
	Ukraine	16	
	Others	>2	
Europe	Clay, shale, slate	32	37
	fly ash	5	
Africa		>2	
America	North	25	
	South	2	
Asia	Japan	>2	
	Others	>4	
Australia		?	35
Total			143

Nota Datos obtenidos de (Chandra , S & Berntsson,L., 2002,p.17) .

En concordancia con lo anterior, el primer edificio de pórticos construido con concreto liviano en Gran Bretaña fue un edificio de oficinas de tres pisos en Bentford, cerca de Londres, en 1958. Desde entonces, muchas estructuras han sido fabricadas con este tipo de material en todo el mundo.

Por lo anterior, el uso de concreto liviano va en aumento y la investigación y desarrollo está en marcha a nivel mundial, en Noruega por ejemplo, la baja resistencia de los agregados ha sido equilibrada con el uso de cemento de alta resistencia con el fin de mejorar la misma a la compresión del concreto, lo cual ha llevado a desarrollar concretos livianos de alto desempeño, que hacen mucho más interesante este material estructural, sin embargo, con este tipo de cemento se disminuyen las propiedades de aislamiento y resistencia al fuego, en comparación con el concreto liviano normal pero que pueden ser mejoradas mediante la modificación de la estructura de poros del concreto por medio de aditivos.

### **2.3 Producción del concreto liviano en Colombia**

Se han realizado algunos estudios por parte de universidades y de las grandes empresas productoras de concreto, a continuación se muestran algunos:

✓ Tesis de grado del ingeniero Diego Roberto Martínez Pineda: “Concreto liviano estructural con arcilla expandida térmicamente extraída de canteras localizadas en el sur de la Sabana de Bogotá”. Investigación desarrollada en la Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá-, en el año 2010.

✓ Proyecto ejecutado por la Corporación Ruta N Medellín, Concreto S.A, La Universidad de Medellín, el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETCC) y Carlos Palomino mediante el servicio de asesoría nacional referente a: “Desarrollo y caracterización de mezclas de concreto realizadas con agregados ligeros”. Investigación desarrollada en Medellín-, en el año 2015.

De las dos investigaciones anteriores se obtuvieron resultados satisfactorios; en cuanto a la primera se generó un concreto liviano y estructural de acuerdo a como lo clasifica el Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10); para lo cual se argumenta en el hecho de que el concreto producido, presentó masas unitarias de equilibrio, alrededor de  $1950 \text{ kg/m}^3$ , valor que es bastante inferior a la masa unitaria de los concretos de peso normal, lográndose una disminución en peso entre un 15 y 20% con respecto a este último; adicionalmente, este valor es bastante aceptado entre la comunidad de ingenieros, como un límite máximo de un concreto liviano estructural.

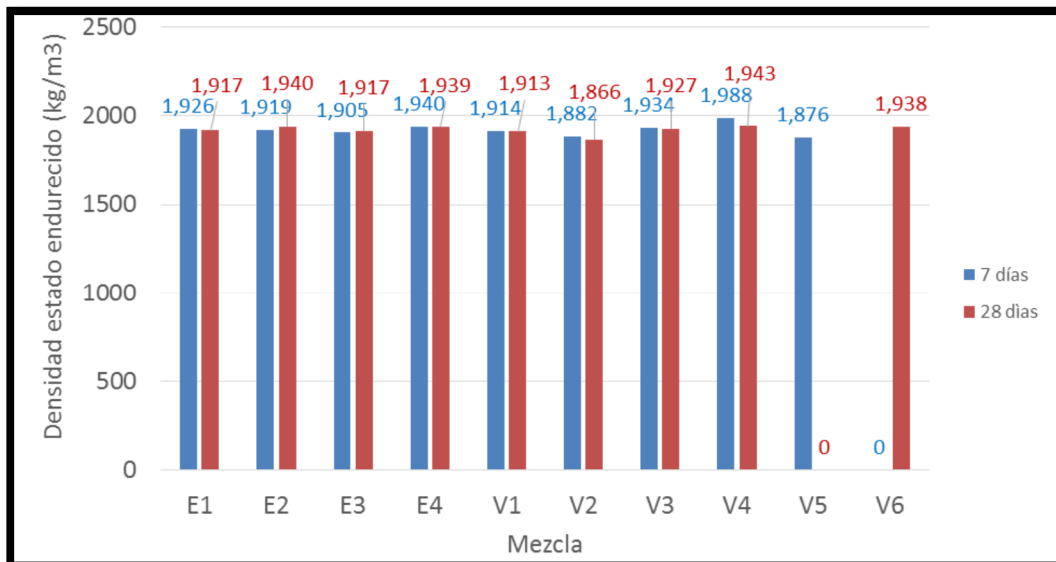
Por otra parte, se encontraron en los concretos estudiados, resistencias a la compresión a los 28 días de 29 y 37 MPa para relaciones a/mc de 0.77 y 0.72, respectivamente; las cuales son muy superiores a la mínima requerida por la normativa ACI 213R-03 (17.5 MPa) para clasificarlo como concreto estructural. Así mismo, estas resistencias alcanzadas superan el mínimo valor de resistencia a la compresión (21 MPa) especificado por la NSR-10, para ser utilizado en sistemas sismo-resistentes.

Respecto al Módulo de Elasticidad, se encontró que el concreto producido presentó valores experimentales menores a los predichos por las formulaciones teóricas de la ACI 318 y de la NSR-10. En general, la formula teórica que más se aproxima al valor experimental del módulo de elasticidad corresponde a aquella que involucra a la masa unitaria seca y a la resistencia a la compresión para su determinación. (Martinez Pineda,D. , 2010)

En cuanto a la segunda investigación, se utilizó un concreto con las siguientes características:

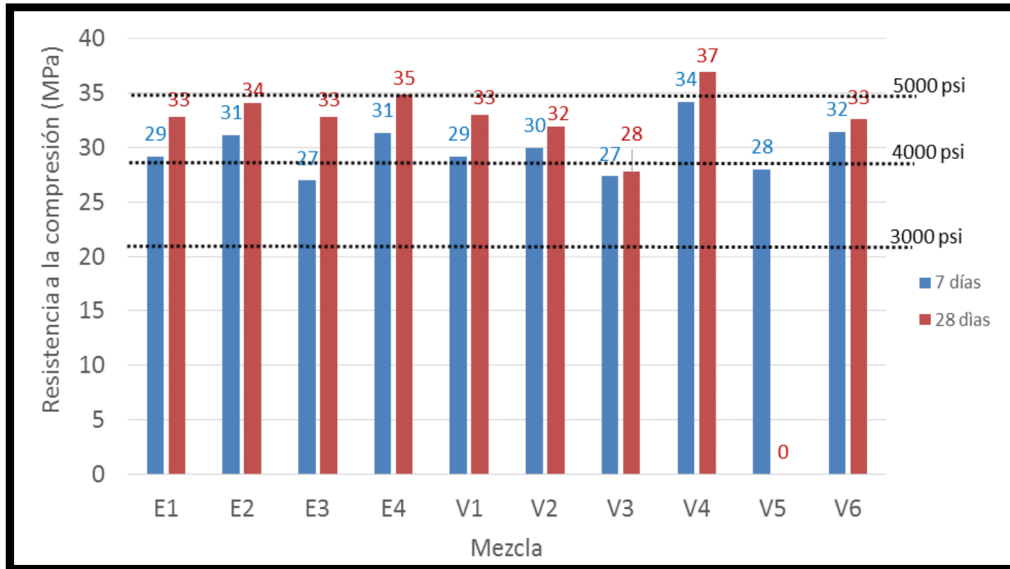
- ✓ Relación Agua/Cemento de 0.40 ó 0.45
- ✓ 100% de Sustitución del agregado grueso por agregado liviano de arcilla expandida (arcilla expandida de Corona).
- ✓ Arena de origen pétreo (Arena lavada de Industrial Concreto).
- ✓ Contenido de cemento de 400 ó 500 kg/m<sup>3</sup> (Cemento Argos tipo III).
- ✓ Dosis inicial de aditivo de 0.5 ó 0.8% sobre el peso del cemento (Aditivo plastificante Plastol HRDF). (Palomino,C., 2015)

Como resultado, se obtuvo que el valor promedio de densidad a 7 días fuera 1922 kg/m<sup>3</sup> y a los 28 días fue de 1920 kg/m<sup>3</sup>. Ver resultados obtenidos en la Figura 1.



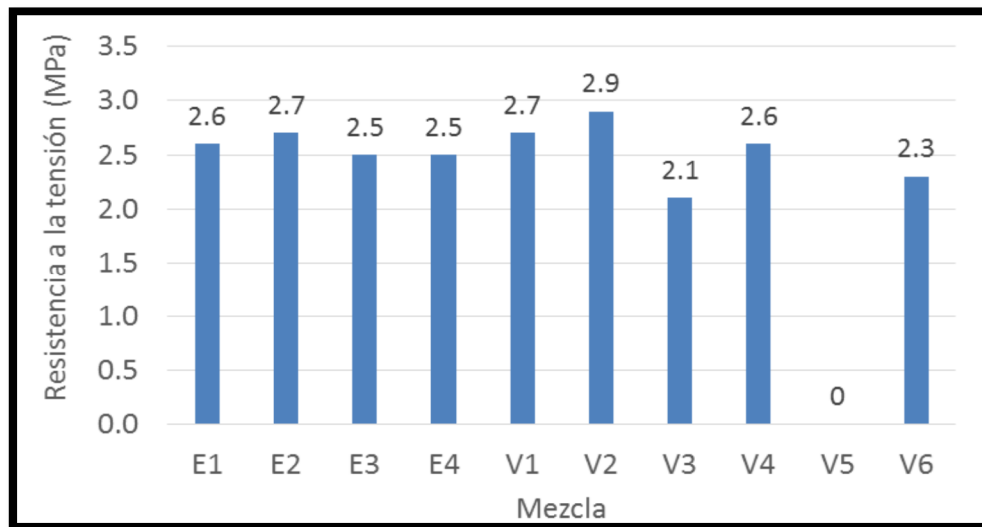
**Figura 1. Propiedades del concreto en estado fresco para las mezclas ensayadas.** Datos obtenidos de (Palomino,C. , 2015,p. 8).

De igual manera, se obtuvo en cuanto a la resistencia a la compresión a 7 días, un promedio entre el 85 y el 90% de la resistencia a los 28 días. A los 28 días todas las mezclas cumplieron con la especificación para un concreto de 21 MPa; por lo que fue posible además conseguir resistencias a la compresión del concreto de 28 MPa y 35 MPa, como se aprecia en la figura 2 (Palomino,C., 2015).



**Figura 2. Resultados resistencia a la compresión.** Datos obtenidos de (Palomino,C. , 2015,p. 9).

En cuanto a la resistencia a la tensión, el valor promedio obtenido fue de 2.5 MPa, (ver figura 3) El porcentaje promedio de la resistencia a la tensión representó el 7.8% de la resistencia a la compresión. Se obtuvo que el factor de modificación  $\lambda$  de acuerdo con C.8.6.1 del Reglamento con valor de 0.79 para concretos fabricados con 100% de agregados gruesos ligeros. (Palomino,C., 2015).



**Figura 3. Resultados ensayos de tracción indirecta.** Datos obtenidos de (Palomino,C. , 2015,p. 11).

A partir de los datos experimentales obtenidos se propuso una constante de 1400 para el módulo de elasticidad fabricado con 100% de agregados gruesos ligeros; la cual aparentemente resulta ser relativamente baja respecto a lo recomendado en el reglamento NSR-10. (Palomino,C., 2015).

## 2.4 Materiales

**2.4.1 Agregado liviano.** De acuerdo con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR – 10 (2010), el agregado liviano (lightweight aggregate) se define como: “agregado que cumple con los requisitos de la NTC 4045 (ASTM C330) y con una densidad cuando esta suelto y seco de 1120 kg/m<sup>3</sup> o menos, determinado según la ASTM C29”.(p.C-25).

A continuación se muestran los requerimientos que deben cumplir los agregados livianos destinados a ser utilizados en concreto estructural, en el cual la principal consideración es reducir la densidad manteniendo la resistencia a la compresión del concreto según la NTC 4045 (ASTM C330); cabe resaltar que la norma cubre dos tipos generales de agregados livianos:

✓ Agregados preparados por expansión, paletización, o sintetización (tratamiento térmico) de productos tales como escorias de alto horno, arcilla, diatomita, cenizas volantes, esquistos, o pizarras, y

✓ Agregados preparados mediante el procesamiento de materiales naturales, tales como piedra pómez, escoria. (NTC- 4045, 1997)

Los agregados deben estar compuestos predominantemente de material celular liviano e inorgánico granular.

**2.4.1.1 Composición química.** Los agregados livianos no deben contener cantidades excesivas de sustancias perjudiciales, determinadas por los siguientes límites:

✓ **Materia orgánica (NTC 127)** – Los agregados livianos que, sujetos a ensayo de materia orgánica, produzcan un color más oscuro que el estándar, deben ser rechazados, a menos que se demuestre que la coloración es debido a pequeñas cantidades de otros materiales no dañinos para el concreto. (NTC 127, 2000)

✓ **Manchas (NTC 184)** – Un agregado que produce una mancha fuerte o muy fuerte, debe ser rechazado cuando se encuentra por análisis químico que la mancha depositada contiene un

contenido de hierro, expresado como Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> igual o mayor a 1.5 mg/200 g de muestra. (NTC 184, 2001)

✓ **Pérdida por ignición (NTC 184)** – La pérdida por ignición de los agregados livianos no debe exceder el 5 %. (NTC 184, 2001).

**2.4.1.2 Propiedades físicas.** Los agregados livianos bajo ensayo deben cumplir con los siguientes requisitos:

✓ **Terrones de arcilla.** La cantidad total de terrones de arcilla no debe exceder el 2% por peso seco.

✓ **Granulometría.** La granulometría debe cumplir con los requisitos mostrados en la Tabla 3.

✓ **Uniformidad de granulometría.** Para asegurar una uniformidad razonable en la granulometría de cargamentos sucesivos de agregado liviano, el módulo de finura debe ser determinado en muestras tomadas de los cargamentos a los intervalos estipulados por el comprador. Si el módulo de finura del agregado en cualquier cargamento difiere en más del 7 % del de la muestra sometida a los ensayos de aceptación, el agregado en el cargamento debe ser rechazado, a menos que el proveedor demuestre que este agregado producirá concreto de las características requeridas.

✓ **Masa unitaria.** La masa unitaria de los agregados livianos debe cumplir los requisitos presentados en la Tabla 4.

✓ **Uniformidad de la masa unitaria.** La masa unitaria de los cargamentos de agregado liviano muestreados y ensayados, no deben diferir en más de 10 % de la muestra sometida a los ensayos de aceptación.

**Tabla 3. Requisitos de granulometría de agregados livianos para concreto estructural**

Designación de tamaño	Porcentajes (por masa) de tamices con orificios cuadrados								
	(1 pulg) 25 mm	(3/4 pulg) 19 mm	(1/2 pulg) 12.5 mm	(3/8 pulg) 9.5 mm	No. 4 4.75 mm	No. 8 2.36 mm	No. 16 1.18 mm	No. 50 300 µm	No. 100 150 µm
<b>Agregado fino:</b> 4.75 mm a 0				100	85-100		40-80	10-35	5-25
<b>Agregado grueso:</b> 25 mm a 4.75 mm	95-100		25-60		0-10				
19 mm a 4.75 mm	100	90-100		10-50	0-15				
12.5 mm a 4.75 mm		100	90-100	40-80	0-20	0-10			
9.5 mm a 2.36 mm									
<b>Agregado combinado fino y grueso:</b> 12.5 mm a 0		100	95-100		50-80			5-20	2-15
9.5 mm a 0			100	90-100	65-90	35-65		10-25	5-15

*Nota.* Elaborada por la autora con base en datos de (NTC- 4045, 1997)

**Tabla 4. Requisitos de la masa unitaria de agregados livianos para concreto estructural**

Designación de tamaño	Masa a granel, seco, max (kg/m <sup>3</sup> )
Agregado fino	1120
Agregado grueso	880
Agregados finos y combinados	1040

*Nota.* Elaborada por la autora con base en datos de (NTC- 4045, 1997)

**2.4.1.3 Ensayos sobre agregados.** Se requiere de una muestra representativa para cada ensayo de impurezas orgánica, manchas, pérdida por ignición, granulometría, masa unitaria y terrones de arcilla.

✓ **Granulometría (Norma ASTM C 136).** Se siguen los procedimientos de la norma ASTM C 136, excepto que la masa de la muestra de ensayo para agregados finos debe estar de acuerdo con la Tabla 5. La muestra de ensayo para agregados gruesos debe estar compuesta de 2830 cm<sup>3</sup> (0.1 ft<sup>3</sup>) o más del material utilizado para la determinación de la masa unitaria. Si el agregado se tamiza mecánicamente, debe ser máximo durante 5 minutos. (ASTM C136, 1993)

**Tabla 5. Masa de la muestra para el ensayo de tamizado para agregados livianos finos.**

Intervalo de la masa nominal del agregado		Masa de la muestra de ensayo, g
lb/pie <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	
5-15	80-240	50
15-25	240-400	100
25-35	400-560	150
35-45	560-720	200
45-55	720-880	250
55-65	880-1040	300
65-70	1040-1120	350

*Nota.* Elaborada por la autora con base en datos de (NTC- 4045, 1997)

✓ **Masa unitaria a granel (NTC 92)** – El agregado debe ser ensayado en condición de seco al horno, utilizando un procedimiento de paleo. (NTC 92, 1995).

✓ **Terrones de arcilla y partículas desmenuzables en agregados** – deben ensayarse de acuerdo con la Norma ASTM C 142. (ASTM C142, 1997).

**2.4.1.4 Rechazo.** El material que no cumpla con los requisitos de la norma NTC 4045 (ASTM C330) debe ser rechazado y la razón debe ser informada al productor o proveedor prontamente y por escrito.

**2.4.1.5 Certificación.** Cuando esté especificado en la orden de compra o contrato, se debe entregar al comprador un certificado del productor o proveedor indicando que el material fue muestreado y ensayado de acuerdo con la norma NTC 4045 (ASTM C330) y que se ha encontrado que cumple con los requisitos. Cuando esté especificado en la orden de compra o contrato, se debe proveer un informe de los resultados de ensayos.

**2.4.1.6 Cemento.** El cemento, en el sentido general de la palabra, se puede describir como un material con propiedades adhesivas y de cohesión, que lo hacen capaz de unir fragmentos de minerales en uno compacto. Esta definición abarca una gran variedad de materiales del cemento.

Para los fines de construcción, el significado del término de cemento se limita a la unión de materiales utilizados con piedras, arena, ladrillos, bloques de construcción, etc. El cemento juega su principal papel en la mezcla de concreto no contribuyendo al volumen sino siendo principalmente responsable de su resistencia. Entre los diversos materiales del cemento, los cementos de interés en la fabricación de concreto tienen la propiedad de fraguado y endurecimiento bajo agua, en virtud de las reacciones químicas con él y por lo tanto se conoce como cementos hidráulicos.

Pero el tipo más conocido y el más versátil de cemento artificial es el Cemento Ordinario de Portland. Se conoce como el cemento de fraguado normal. (Mohammad, S., 2005)

**2.4.1.7 Composición del cemento.** Los componentes del cemento Portland son principalmente de dos tipos:

- ✓ Componentes minerales
- ✓ Ácido y componentes alcalinos.

Las materias primas utilizadas para la fabricación de cemento consisten principalmente en cal, sílice y óxido de aluminio y de hierro. Estos óxidos interactúan entre sí durante su proceso de fabricación en el horno para formar compuestos más complejos. Las proporciones relativas de estos compuestos son responsables de influir en diversas propiedades del cemento entre estas la velocidad de enfriamiento y la finura de molienda.

A continuación se muestran los componentes químicos del cemento ordinario con su fórmula química y la notación abreviada.

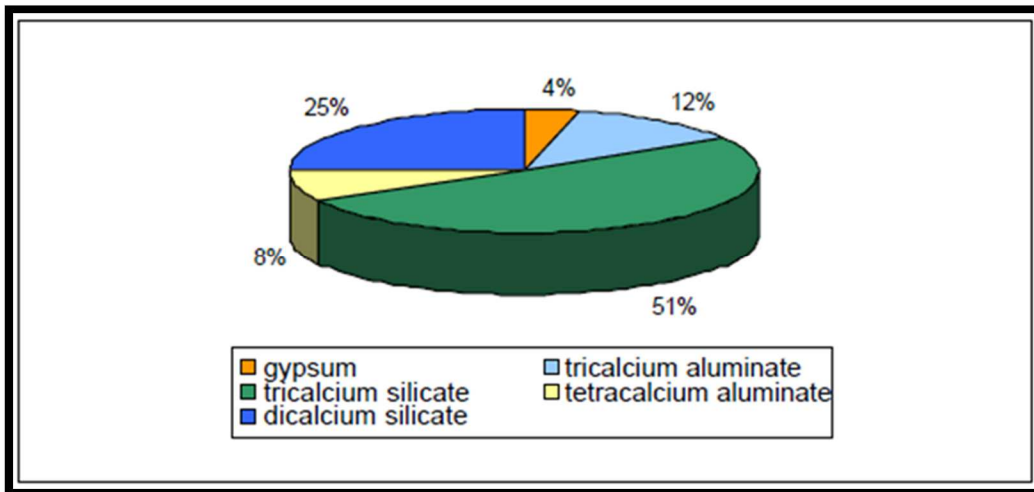


**Tabla 6. Componentes químicos del Cemento Portland.**

Chemical Name	Chemical Formula	Shorthand Notation
Tricalcium Silicate	$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	$\text{C}_3\text{S}$
Dicalcium Silicate	$2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	$\text{C}_2\text{S}$
Tricalcium Aluminate	$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{C}_3\text{A}$
Tetra-calcium Aluminoferrite	$4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{C}_4\text{AF}$
Calcium Sulphate Dihydrate	$\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{CSH}_2$

*Nota.* Datos obtenidos de (Mohmmad,S., 2005, p.17).

También existen compuestos de menor importancia tales como  $\text{MgO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , entre otros, que por lo general ascienden entre el 2% al 8% del peso de cemento. La composición típica del cemento portland se muestra en la figura 4.



**Figura 4. Composición típica del Cemento Portland.** Datos obtenidos de (Mohmmad,S., 2005, p.17).

**2.4.1.8 Propiedades del cemento.** Las propiedades más importantes del cemento son:

- ✓ La hidratación del cemento
- ✓ El ajuste del cemento
- ✓ La finura del cemento
- ✓ Solidez del cemento
- ✓ Resistencia de cemento

**2.4.1.9 Ensayos de cemento.** La resistencia del concreto está prácticamente gobernada por la resistencia del cemento, por lo que se desea la calidad del cemento conforme a la especificación estándar relevante y surge la primera preocupación para el diseño ideal de la mezcla. Por lo general, las siguientes pruebas estándar se llevan a cabo para los cementos Portland:

- ✓ Ensayo sobre las propiedades físicas del cemento:
  - Peso específico o densidad. (NTC – 221).
  - Determinación de la consistencia normal. (NTC – 110).
  - Determinación del tiempo de fraguado (Tiempo inicial y final de fraguado). (NTC - 118).
  
- ✓ Prueba de Resistencia:
  - Determinación de la resistencia a la compresión. (NTC – 220).
  
- ✓ Otras pruebas:
  - Análisis químico. (NTC - 321).
  - Prueba de Finura o superficie específica. (NTC - 33).
  - Expansión en autoclave (NTC - 107).

**2.4.1.10 Cementos para concretos livianos.** Martínez Pineda, D. (2010), argumenta que en el diseño de mezcla de concreto liviano como mínimo se deben conocer las propiedades de densidad, finura y resistencia a la compresión.

En general, para concretos livianos con fines estructurales se recomienda un contenido de cemento como mínimo de 300 kg/m<sup>3</sup> y como máximo de 500 kg/ m<sup>3</sup> para evitar un excesivo desarrollo de calor, que puede conllevar a una posible figuración del hormigón.

Por lo anterior, al aumentar la dosis de cemento crecen las resistencias a la compresión del concreto liviano. El aumento de resistencia es tanto más rápido cuando más alta es la resistencia del grano del agregado y cuanto más cerradas y unidas son las superficies de los granos.

**2.4.2 Agregados finos.** De acuerdo con la norma técnica Colombiana, NTC 4045 (ASTM C330), se puede reemplazar con arena natural parte o la totalidad de los agregados livianos, siempre y cuando el uso de concreto estructural propuesto contemple una combinación similar de materiales. En el informe de ensayo se debe registrar la proporción de todos los ingredientes y las características de la arena natural, como se especifican en la NTC 174. (NTC- 4045, 1997).

Adam Neville, citado por Martínez Pineda, D. (2010), indica que “el uso de agregados finos de peso liviano, así como agregados gruesos livianos, no favorece el comportamiento del concreto en cuanto a la manejabilidad; por tanto es preferible emplear agregados finos de peso normal con agregado grueso de peso liviano” (p.43).

Por lo tanto, el uso de agregados finos de peso normal aumenta el módulo de elasticidad, mejora la resistencia, trabajabilidad, el acabado y generalmente disminuye el agua requerida para un asentamiento dado. Sin embargo, su uso también incrementa el peso unitario del concreto. (Martinez Pineda,D. , 2010).

### **2.4.3 Agua**

**2.4.3.1 Importancias del agua como ingrediente en la elaboración de concretos.** El agua es un ingrediente importante porque:

- ✓ Participa activamente en la reacción con el cemento.
- ✓ Asegura el desempeño del concreto

No existe exigencia alguna en cuanto a la calidad del agua para una mezcla de concreto. (Mohmmad,S., 2005)

**2.4.3.2 las impurezas en el agua.** Las impurezas en el agua afectan a las siguientes cualidades:

- ✓ Ajuste de tiempo
- ✓ Contracción por secado
- ✓ La resistencia a la eflorescencia
- ✓ Durabilidad

• **Sólidos suspendidos.** Se discuten algunos ejemplos de sólidos en suspensión y su efecto en la mezcla de concreto:

- Arcilla suspendida – limo:
  - Aumento en la demanda de agua
  - Aumento en la contracción por secado
  - Causa eflorescencias
- Materia orgánica en suspensión:
  - Demora en fraguado
  - Resistencia reducida
  - Interfiere con la hidratación del cemento
  - Arrastra cantidad excesiva de agua.

• **Sólidos disueltos.** El peligro depende de la naturaleza de los materiales disueltos. Por ejemplo:

- Bicarbonatos solubles
- Sales inorgánicas solubles de zinc, plomo cobre, etc.
- Agua ácida
- Ácidos orgánicos
- Agua alcalina (NaOH / KOH)

• **El material orgánico disuelto.** Los materiales orgánicos disueltos que son principalmente ácidos tánicos y húmedos (hacen agua coloreada) puede retardar la hidratación de los cementos o arrastrar una cantidad excesiva de aire.

**2.4.4 Aditivos.** Según Adam Neville (2000), citado por Martínez Pineda, D (2010) el agregado liviano tiende a disminuir la manejabilidad, ya que estas mezclas son propensas a la aspereza por lo que la solución corresponde a incluir aire incorporado, el cual reduce la tendencia

a la segregación y exudación; sin embargo, ocasiona una disminución de la resistencia del concreto, dependiendo de la porción de aire incorporado.

El uso de humo sílice, aunque clasificado como material cementante suplementario, regulado por la ASTM C1240, de superplastificantes y de reductores de agua de alto rango en la mezcla, provocan un aumento de la resistencia de la pasta de cemento y puede resultar en resistencias a la compresión muy altas.

Adiciones como el metacaolin, las cenizas volantes y/o el humo de sílice permiten mejorar la compacidad del concreto, así como sus propiedades resistentes. Otras adiciones que se emplean normalmente son: las fibras metálicas, de propileno etc., cuyo empleo está sujeto a las características que se necesiten mejorar del concreto. La información a conocer de estas adiciones corresponde a:

1. Porcentaje en peso de cemento de la adición.

2. Información relacionada con las propiedades del concreto resultante.

(Martinez Pineda,D. , 2010,p.95).

## **2.5 Requisitos de la Norma Técnica Colombiana, NTC 4045 (ASTM C330), para concreto liviano estructural**

Según la NTC 4045 (ASTM C330), los especímenes de concreto que contienen agregado liviano bajo ensayo deben cumplir los siguientes requisitos:

- ✓ Resistencia a la compresión (**NTC 673**)
- ✓ Masa unitaria (**NTC 4022**)
- ✓ Resistencia a la tensión de agrietamiento (**NTC 722**).

La resistencia a la compresión y la masa unitaria deben ser el promedio de tres especímenes y la resistencia a la tensión de agrietamiento debe ser el promedio de 8 especímenes, por lo tanto debe ser posible producir concreto estructural utilizando los agregados livianos bajo ensayo, de manera tal que de la misma “bachada” de concreto, uno o más requisitos de resistencia a la compresión y de resistencia a la tensión de agrietamiento, sean satisfechos sin exceder los valores correspondientes de masa unitaria, se pueden establecer por interpolación.

**Tabla 7. Requisitos de resistencia a compresión y resistencia a la tensión de agrietamiento.**

Promedio peso unitario de secado con aire, a 28 d, max (kg/m <sup>3</sup> )	Promedio resistencia a la tensión de agrietamiento a 28 d	Promedio resistencia a la compresión, a 28 d, min (MPa)
	<b>Agregado liviano</b>	
1760	2.2	28
1680	2.1	21
1600	2.0	17
	<b>Agregado liviano y arena</b>	
1840	2.3	28
1760	2.1	21
1680	2.1	17

Nota: Elaborada por la autora con datos obtenidos de (NTC- 4045, 1997)

En la misma normativa se nombran los siguientes ensayos complementarios:

- ✓ Ensayo de contracción del concreto (ASTM C157).
- ✓ Ensayo de inspección de protuberancias en los materiales (NTC 107).
- ✓ Ensayo de congelamiento y descongelamiento (ASTM C666).

### 3. Metodología

Alineados con el objetivo general del presente estudio, se analizaron diferentes estructuras para uso residencial, ubicadas en la ciudad de Bogotá, cuyo sistema estructural es exclusivamente muros portantes, considerando como variables: el tipo de concreto a utilizar en el diseño; ya sea concreto convencional o concreto liviano, el número de pisos de cada estructura y la zona a la cual se encuentra ubicada dentro de la microzonificación sísmica de Bogotá D.C.

Por tal motivo, se analizaron estructuras con sistema muros portantes, aunque es importante resaltar que el concreto liviano se puede utilizar en otros tipos de estructuras como se puede ver en la siguiente tesis: “Comparación de cuantías de materiales de construcción para estructuras aporticadas y de sistema combinado en concreto convencional vs concreto liviano de acuerdo con lo indicado en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10”. (Bueno,D. , 2015)

Por lo anterior, a continuación se identifican cada una de las estructuras estudiadas:

**Tabla 8. Identificación de estructuras analizadas**

Proyecto	Tipo concreto	Cant. Pisos	Microzonificación
1	Normal	6	Lacustre 200
2	Normal	6	Piedemonte B
3	Normal	14	Lacustre 200
4	Normal	14	Piedemonte B
5	Normal	20	Lacustre 200
6	Normal	20	Piedemonte B
7	Liviano	6	Lacustre 200
8	Liviano	6	Piedemonte B
9	Liviano	14	Lacustre 200
10	Liviano	14	Piedemonte B
11	Liviano	20	Lacustre 200
12	Liviano	20	Piedemonte B

*Nota:* Elaborada por la autora

Con el fin de identificar fácilmente el tipo de concreto al cual se está refiriendo, se optó por nombrarlos así:

CN: Concreto Normal

CL: Concreto Liviano

### 3.1 Parámetros de diseño

Por medio de la siguiente tabla comparativa se identifican los parámetros de diseño utilizados en el presente análisis para cada uno de los materiales estudiados:

**Tabla 9. Parámetros de diseño utilizados en el análisis.**

Material Parametro	Concreto Normal	Concreto Liviano
$W_c$ (kg/m <sup>3</sup> )	2400	1800
$\lambda$	1.00	0.75
E	$4.700 \sqrt{f'c}$ (MPa)	$W_c^{1,5} \times 0,043 \sqrt{f'c}$ (MPa)

*Nota:* Elaborada por la autora

De acuerdo con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR – 10): El concreto de peso normal tiene una densidad entre 2155 y 2555 kg/m<sup>3</sup>, y comúnmente se toma entre 2315 y 2400 kg/m<sup>3</sup>.

Por su parte, el concreto liviano tiene una densidad de equilibrio tal como la define NTC 4022 (ASTM C567), entre 1440 y 1840 kg/m<sup>3</sup>. (Comentario CR2.2)

Para el uso de concreto de peso liviano, debe emplearse el factor de modificación  $\lambda$  como multiplicador de  $\sqrt{f'c}$  en todas las ecuaciones y secciones aplicables del Título C del Reglamento NSR-10, donde:

$\lambda = 0.75$  Para concretos en el cual tanto los agregados finos y gruesos son de peso liviano.

$0.75 \leq \lambda < 0.85$  Para el concreto en el cual, una porción de los agregados finos de peso liviano es reemplazada por agregado fino de peso normal.

$\lambda = 0.85$  Para concreto liviano de arena de peso normal.

$0.85 < \lambda < 1$  Para el concreto que contiene agregado fino de peso normal y una combinación de agregados gruesos de peso normal y de peso liviano.



$\lambda = 1$  Para el concreto de peso normal. (Capitulo C.8.6)

El módulo de Elasticidad,  $E_c$ , para el concreto puede tomarse como:  $w_c^{1.5} 0.043 \sqrt{f'c}$  (en MPa), para valores de  $w_c$  comprendidos entre 1440 y 2560 kg/m<sup>3</sup>.

Para concreto de densidad normal,  $E_c$ , puede tomarse como  $4700 \sqrt{f'c}$  (en MPa). (Capitulo C.8.5) (NSR-10, 2010)

En cuanto al módulo de elasticidad de cada material se puede observar que el de concreto normal es 43.1% más rígido que el del concreto liviano de acuerdo con la siguiente relación en cuanto al concreto de 21 MPa:

$$E_{CN} = 4700\sqrt{21} = 21538 \text{ MPa}$$

$$E_{Cl} = 1800^{1.5} 0.043\sqrt{21} = 15048 \text{ MPa}$$

$$\text{Variación}(E) = \frac{21538}{15048} = 1.431$$

### 3.2 Características geométricas

Se analizaron estructuras con luces entre muros de 2.60 m, altura libre de 2.40 m y espesor de placa maciza de 10 cm, cabe resaltar que los espesores de los muros variaron dependiendo del tipo de estructura, así mismo los valores de la resistencia a la compresión del concreto,  $f'c$  entre muros y pisos; las cuales se especifican en el capítulo 3.7.

A continuación se muestra un alzado y planta general de las estructuras analizadas:

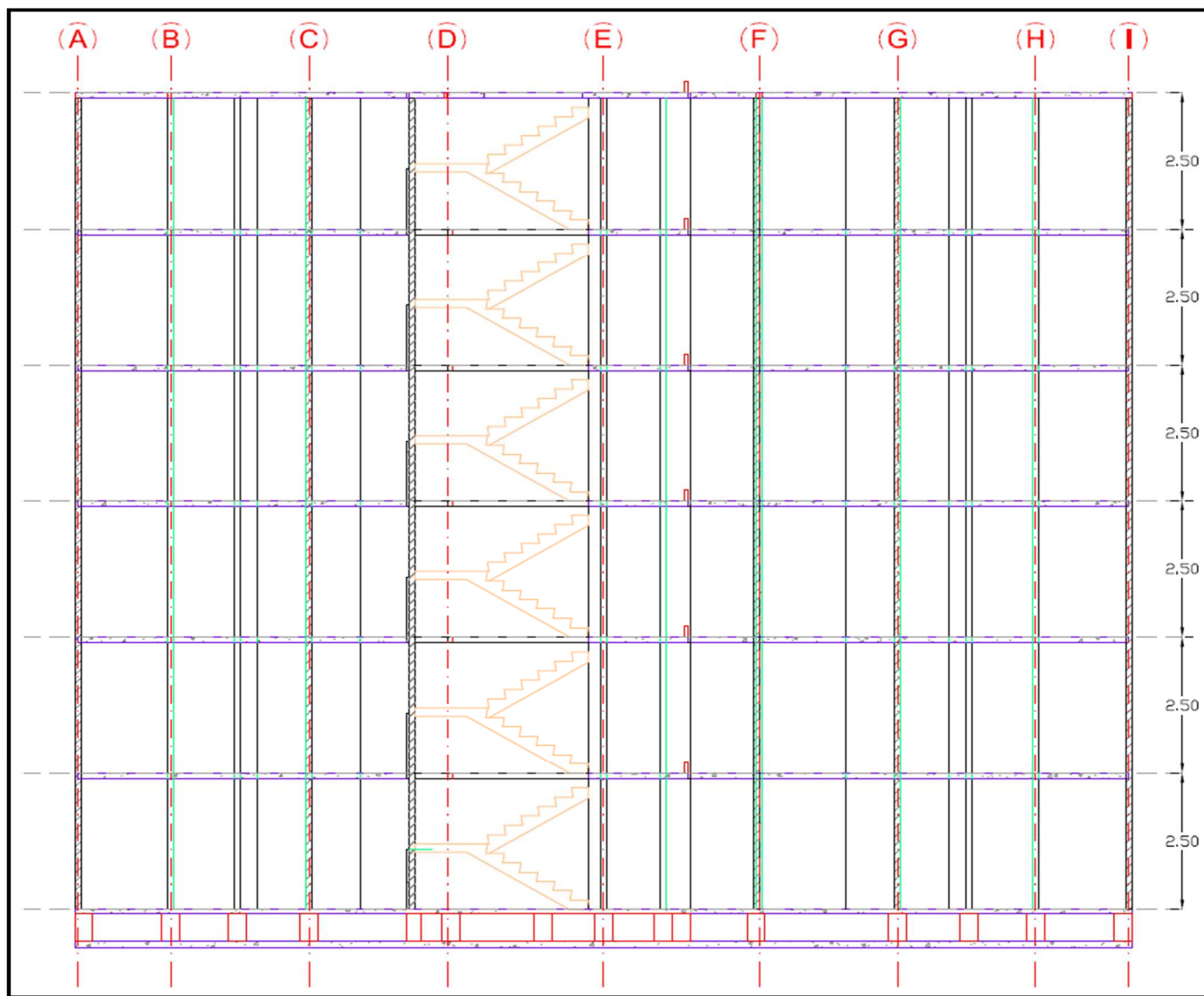


Figura 5. Alzado típico de una estructura analizada. Elaborada por la autora.



Figura 6. Planta tipo estructura analizada. Elaborada por la autora.

### 3.3 Avalúo de cargas

#### 3.3.1 Carga muerta



Figura 7. Corte típico de placa. Elaborada por la autora.

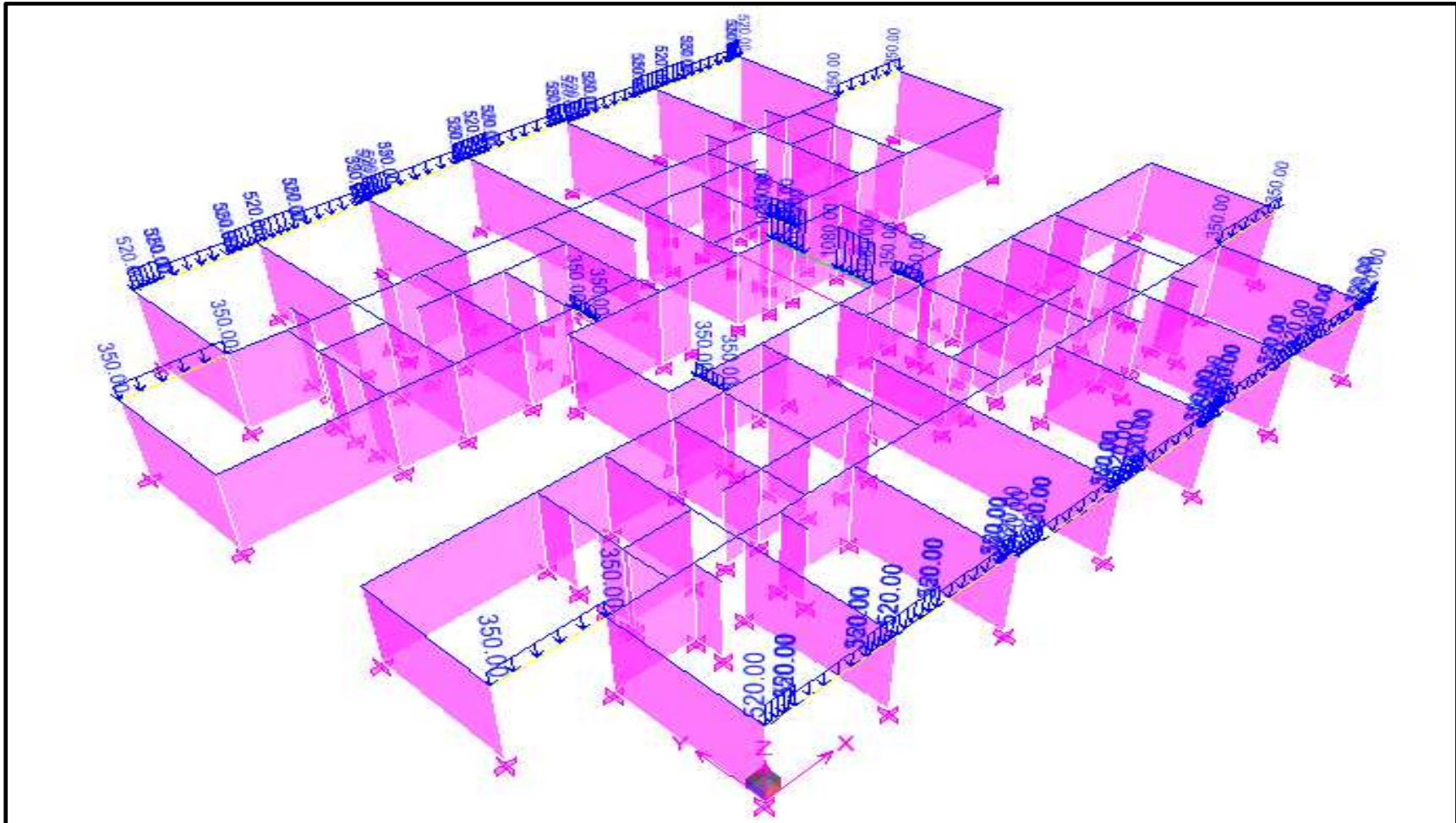
Como se mencionó anteriormente, el espesor de placa adoptado para estas estructuras, fue de 10 cm, se manejó como valor de afinado de piso y cubierta de área en planta, el que se recomienda en la tabla B.3.4.3-1 de la NSR -10 para ocupación residencial con fachada y particiones de mampostería.

Tabla 10. Valores mínimos alternativos de carga muerta de elementos no estructurales

Ocupación		Fachada y particiones (kN/m <sup>2</sup> ) m <sup>2</sup> de área en planta	Afinado de piso y cubierta (kN/m <sup>2</sup> ) m <sup>2</sup> de área en planta	Fachada y particiones (kgf/m <sup>2</sup> ) m <sup>2</sup> de área en planta	Afinado de piso y cubierta (kgf/m <sup>2</sup> ) m <sup>2</sup> de área en planta
<b>Reunión</b>	Edificaciones con un salón de reunión para menos de 100 personas y sin escenarios.	1.0	1.8	100	180
<b>Oficinas</b>	Particiones móviles de altura total	1.0	1.8	100	180
	Particiones fijas de mampostería	2.0	1.8	200	180
<b>Educativos</b>	Salones de clase	2.0	1.5	200	150
<b>Fábricas</b>	Industrias livianas	0.8	1.6	80	160
<b>Institucional</b>	Internados con atención a los residentes	2.0	1.6	200	160
	Prisiones, cárceles, reformatorios y centros de detención	2.5	1.8	250	180
	Guarderías.	2.0	1.6	200	160
<b>Comercio</b>	Exhibición y venta de mercancías.	1.5	1.4	150	140
<b>Residencial</b>	Fachada y particiones de mampostería.	3.0	1.6	300	160
	Fachada y particiones livianas.	2.0	1.4	200	140
<b>Almacena- miento</b>	Almacenamiento de materiales livianos.	1.5	1.5	150	150
<b>Garajes</b>	Garajes para vehículos con capacidad de hasta 2000 kg	0.2	1.0	20	100

Nota: Datos obtenidos de (NSR-10, 2010,p.B-14).

En cuanto a los muros no estructurales de fachada fueron calculados y asignados a los modelos matemáticos por metro lineal tal y como se puede observar en la siguiente imagen:



*Figura 8. Distribución de elementos no estructurales en el modelo.* Elaborada por la autora

**3.3.2 Carga viva.** Los valores de carga viva adoptados para el análisis de las estructuras fueron los mínimos recomendados en la tabla B.4.2.1 -1 de la NSR-10.

**Tabla 11. Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas**

Ocupación o uso		Carga uniforme (kN/m <sup>2</sup> ) m <sup>2</sup> de área en planta	Carga uniforme (kgf/m <sup>2</sup> ) m <sup>2</sup> de área en planta
<i>Reunión</i>	Balcones	5.0	500
	Corredores y escaleras	5.0	500
	Silletería fija (fijada al piso)	3.0	300
	Gimnasios	5.0	500
	Vestíbulos	5.0	500
	Silletería móvil	5.0	500
	Áreas recreativas	5.0	500
	Plataformas	5.0	500
	Escenarios	7.5	750
<i>Oficinas</i>	Corredores y escaleras	3.0	300
	Oficinas	2.0	200
	Restaurantes	5.0	500
<i>Educativos</i>	Salones de clase	2.0	200
	Corredores y escaleras	5.0	500
	Bibliotecas		
	Salones de lectura	2.0	200
<i>Fábricas</i>	Estanterías	7.0	700
	Industrias livianas	5.0	500
<i>Institucional</i>	Industrias pesadas	10.0	1000
	Cuartos de cirugía, laboratorios	4.0	400
<i>Comercio</i>	Cuartos privados	2.0	200
	Corredores y escaleras	5.0	500
	Minorista	5.0	500
<i>Residencial</i>	Mayorista	6.0	600
	Balcones	5.0	500
	Cuartos privados y sus corredores	1.8	180
	Escaleras	3.0	300

*Nota:* Datos obtenidos de (NSR-10, 2010,p.B-15).

### 3.4 Caracterización sísmica

Las zonas en las que se ubicaron las estructuras, con sus respectivos coeficientes de diseño utilizados en el presente estudio fueron los siguientes, de acuerdo a la Tabla 3.1 de la Microzonificación sísmica de Bogotá.

**Tabla 12. Coeficiente y curva de diseño**

**Tabla 3. Coeficientes y curva de diseño.**

**3.1. Coeficientes de diseño.**

Zona	$F_a$ (475)	$F_v$ (475)	$T_C$ (s)	$T_L$ (s)	$A_0$ (475) (g)
CERROS	1.35	1.30	0.62	3.0	0.18
PIEDEMONTE A	1.65	2.00	0.78	3.0	0.22
PIEDEMONTE B	1.95	1.70	0.56	3.0	0.26
PIEDEMONTE C	1.80	1.70	0.60	3.0	0.24
LACUSTRE-50	1.40	2.90	1.33	4.0	0.21
LACUSTRE-100	1.30	3.20	1.58	4.0	0.20
LACUSTRE-200	1.20	3.50	1.87	4.0	0.18
LACUSTRE-300	1.05	2.90	1.77	5.0	0.16
LACUSTRE-500	0.95	2.70	1.82	5.0	0.14
LACUSTRE ALUVIAL-200	1.10	2.80	1.63	4.0	0.17
LACUSTRE ALUVIAL-300	1.00	2.50	1.60	5.0	0.15
ALUVIAL-50	1.35	1.80	0.85	3.5	0.20
ALUVIAL-100	1.20	2.10	1.12	3.5	0.18
ALUVIAL-200	1.05	2.10	1.28	3.5	0.16
ALUVIAL-300	0.95	2.10	1.41	3.5	0.14
DEPÓSITO LADERA	1.65	1.70	0.66	3.0	0.22

*Nota:* Datos obtenidos de (Microzonificación Sísmica de Bogotá, 2010)

Según la NSR-10 en el capítulo A.2.2, los movimientos sísmicos de diseño se definen en función de la aceleración pico efectivo, representada por el parámetro  $A_a$ , y de la velocidad pico efectivo, representado por el parámetro  $A_v$ , para una probabilidad del diez por ciento de ser excedidos en un lapso de cincuenta años.

De acuerdo a la Tabla A.2.3-2, los valores de  $A_a$  y  $A_v$  que fueron utilizados para este análisis fueron:

**Tabla 13. Valores de  $A_a$  y  $A_v$**

**Tabla A.2.3-2**  
**Valor de  $A_a$  y de  $A_v$  para las ciudades capitales de departamento**

Ciudad	$A_a$	$A_v$	Zona de Amenaza Sísmica
Arauca	0.15	0.15	Intermedia
Armenia	0.25	0.25	Alta
Barranquilla	0.10	0.10	Baja
Boqotá D. C.	0.15	0.20	Intermedia
Bucaramanga	0.25	0.25	Alta
Cali	0.25	0.25	Alta
Cartagena	0.10	0.10	Baja
Cúcuta	0.35	0.30	Alta
Florencia	0.20	0.15	Intermedia
Ibaqué	0.20	0.20	Intermedia
Leticia	0.05	0.05	Baja
Manizales	0.25	0.25	Alta
Medellín	0.15	0.20	Intermedia
Mitú	0.05	0.05	Baja
Mocoa	0.30	0.25	Alta
Montería	0.10	0.15	Intermedia
Neiva	0.25	0.25	Alta
Pasto	0.25	0.25	Alta
Pereira	0.25	0.25	Alta
Popayán	0.25	0.20	Alta
Puerto Carreño	0.05	0.05	Baja

*Nota:* Datos obtenidos de (NSR-10, 2010,p.A-16).

Se consideró que el tipo de estructura analizada en este estudio corresponde al Grupo I, acorde a la clasificación que se presenta en el Reglamento según el uso de la misma en el Capítulo A.2.5, Lo que conllevó a obtener el coeficiente de importancia I, según la Tabla A.2.5-1, el cual modifica el espectro y con ellos las fuerzas de diseño.

**Tabla 14. Valores del coeficiente de importancia**

**Tabla A.2.5-1**  
**Valores del coeficiente de importancia, I**

Grupo de Uso	Coefficiente de Importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

*Nota:* Datos obtenidos de (NSR-10, 2010,p.A-26).



A continuación se muestran las gráficas obtenidas de los espectros de diseño utilizadas en el análisis para cada una de las zonas trabajadas:

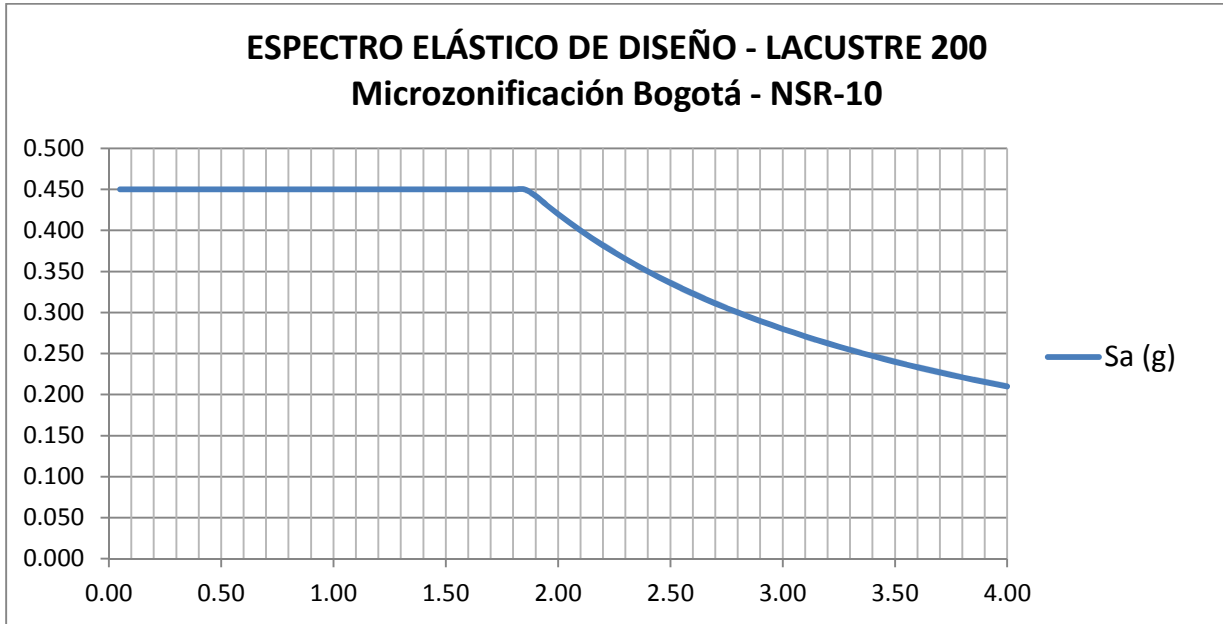


Figura 9. Espectro elástico de diseño – Lacustre 200 – Microzonificación sísmica de Bogotá. Elaborada por la autora.

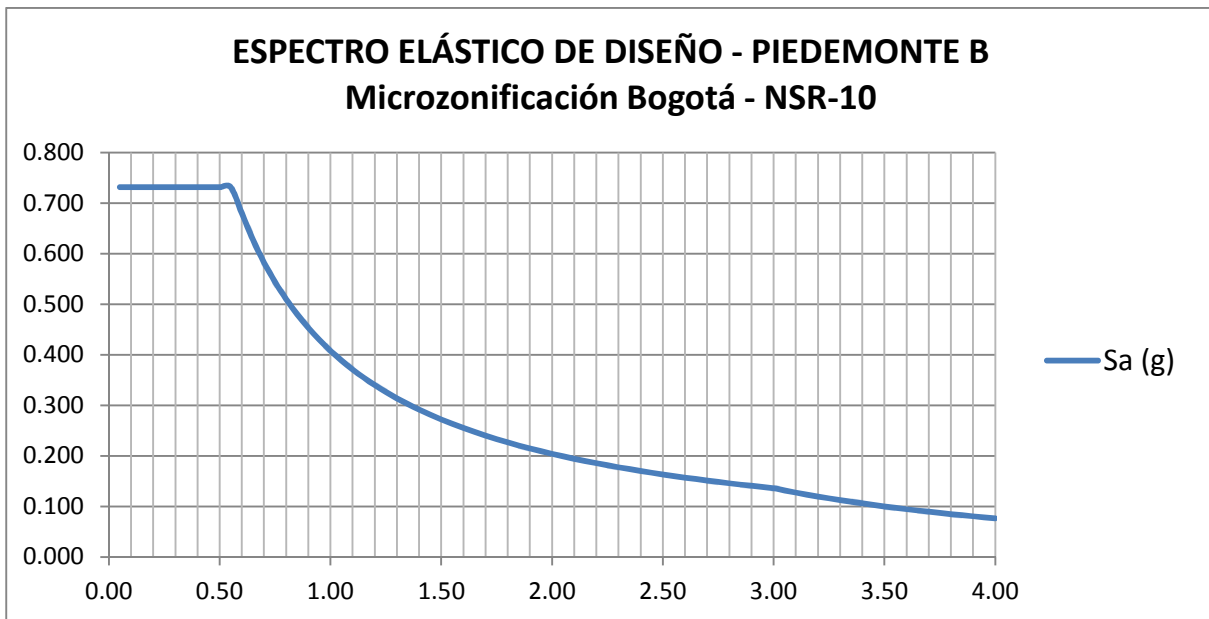


Figura 10. Espectro elástico de diseño – Piedemonte B – Microzonificación sísmica de Bogotá. Elaborada por la autora.

### 3.5 Análisis sísmico y cálculo de derivas

Este análisis se realizó, aplicando los movimientos sísmicos de diseño a cada uno de los modelos matemáticos pertenecientes a cada estructura.

El método utilizado para el análisis sísmico de las estructuras fue: El análisis dinámico elástico que acorde al Capítulo A.5.4.1 de la NSR-10 (2010), se realizó de la siguiente manera:

En primer lugar se obtuvieron los modos de vibración de los modelos matemáticos asegurándose que dichos modos habían contribuido de manera significativa con la respuesta dinámica de las estructuras; es decir, se garantizó que con el número de modos empleados, se incluyera en el cálculo de la respuesta en cada una de las direcciones de análisis, por lo menos el noventa por ciento de la masa participante de las estructuras.

Las respuestas máximas obtenidas para cada modo de las deflexiones, derivas, fuerzas en los pisos, cortantes de piso, cortantes en la base y fuerzas en los elementos, se lograron utilizando la combinación modal CQC.

Una vez se obtuvo el valor de los cortantes dinámicos en la base, se procedió a hacer el ajuste de los resultados según el Capítulo A.5.4.5 del Reglamento.

En la estructura analizada se presentó irregularidad en planta por retrocesos en las esquinas, de acuerdo a la Tabla A.3-6 de la NSR-10; por lo cual la estructura se analizó como irregular, en donde el cortante dinámico en la base se limitó al 90% del cortante calculado por fuerza horizontal equivalente.

Se procedió a hacer el respectivo ajuste y se obtuvieron los resultados del análisis dinámico, garantizando que cada estructura cumpliera con el límite de la deriva estipulado en el Capítulo A.6.4 del Código. (NSR-10, 2010).

Para las estructuras de 6 pisos, se manejaron todos los muros de 10 cm de espesor y resistencia a la compresión del concreto de 21 MPa independientemente de donde se encontrara ubicada, con las características anteriormente nombradas se garantizó que dichas estructuras cumplieran con el límite de la deriva.

En las estructuras de 14 pisos, hubo la necesidad de incrementar la resistencia a la compresión del concreto hasta el décimo piso y mantener espesores de muros de 10 cm en un principio, para cumplir con el límite de la deriva.

Por su parte, para las edificaciones de 20 pisos no fue suficiente con mantener en 10 cm los espesores de los muros y mucho menos el concreto de 21 MPa; fue por esto que se optó por ensayar con muros de 30 cm y con la máxima resistencia posible a emplear cuando se utiliza el concreto liviano como concreto estructural que es 35 MPa según el comentario CR21.1.4 de la NSR-10. Pese a lo anterior, no se cumplía con el requerimiento de la deriva. (NSR-10, 2010).

En cuanto al diseño de los elementos estructurales, se debía garantizar que los muros portantes, no requirieran diseño de elementos de borde, debido a que para un constructor es extremadamente complejo en un sistema industrializado construir dichos elementos; adicionalmente, no se respetarían las áreas de construcción, ni sería atractivo a los ojos de un comprador.

Las fuerzas sísmicas internas totales de los elementos, finalmente ajustadas como se nombró anteriormente, se dividieron por el valor del coeficiente de capacidad de disipación de energía,  $R$ , del sistema de resistencia sísmica, modificado de acuerdo con la irregularidad en planta que se presentó en la estructura.

Según la Tabla A.3-1, para el sistema de resistencia sísmica: Muros de concreto con capacidad moderada de disipación de energía (DMO), corresponde un coeficiente de capacidad de disipación de energía  $R_0 = 4.0$ . (NSR-10, 2010).

Como se mencionó anteriormente, la estructura analizada en este caso, presentaba irregularidad en planta; por lo cual el coeficiente de capacidad de disipación de energía empleado en el diseño fue:

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

$\phi_a = 1.00$  Debido a que no se presenta irregularidad en altura.

$\phi_p = 0.90$  Según la Tabla A.3-6 del Reglamento debido a retrocesos excesivos en las esquinas.

Tabla 15. Irregularidades en Planta

Tipo	Descripción de la irregularidad en planta	$\phi_p$	Referencias
1aP	<b>Irregularidad torsional</b> — La irregularidad torsional existe cuando en una edificación con diafragma rígido, la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura, calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es más de 1.2 y menor o igual a 1.4 veces la deriva promedio de los dos extremos de la estructura, con respecto al mismo eje de referencia.	0.9	A.3.3.6, A.3.4.2, A.3.6.3.1, A.3.6.7.1, A.3.6.8.4, A.5.2.1.
1bP	<b>Irregularidad torsional extrema</b> — La irregularidad torsional extrema existe cuando en una edificación con diafragma rígido, la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura, calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es más de 1.4 veces la deriva promedio de los dos extremos de la estructura, con respecto al mismo eje de referencia.	0.8	A.3.3.6, A.3.4.2, A.3.6.3.1, A.3.6.7.1, A.3.6.8.4, A.5.2.1.
2P	<b>Retrocesos excesivos en las esquinas</b> — La configuración de una estructura se considera irregular cuando ésta tiene retrocesos excesivos en sus esquinas. Un retroceso en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del retroceso, son mayores que el 15 por ciento de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del retroceso.	0.9	A.3.4.2, A.3.6.8.4, A.3.6.8.5, A.5.2.1,
3P	<b>Discontinuidades en el diafragma</b> — Cuando el diafragma tiene discontinuidades apreciables o variaciones en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entradas, retrocesos o huecos con áreas mayores al 50 por ciento del área bruta del diafragma o existen cambios en la rigidez efectiva del diafragma de más del 50 por ciento, entre niveles consecutivos, la estructura se considera irregular.	0.9	A.3.3.7, A.3.4.2, A.3.6.8.4, A.5.2.1.

Nota. Datos obtenidos de (NSR-10, 2010,p.A-59).

$\phi_r = 1.00$  Debido a que no se presenta ausencia de redundancia en el sistema estructural de resistencia sísmica.

$$R = 1.0 \times 0.90 \times 1.0 \times 4.0$$

$$R = 3.60$$

### 3.6 Normatividad y metodología en cuanto al diseño de muros de concreto reforzado

Se combinaron las diferentes solicitaciones que se tuvieron en cuenta de acuerdo con los requisitos del Capítulo B.2 del Reglamento para obtener las fuerzas internas de diseño de la estructura.

En cada una de las combinaciones de carga requeridas, las solicitaciones se multiplicaron por el coeficiente de carga prescrito para la combinación en el Capítulo B.2 del Código. Cabe resaltar que tal como lo recomienda el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente,

en los efectos causados por el sismo de diseño se tuvo en cuenta la capacidad de disipación de energía del sistema estructural, logrando efectos sísmicos reducidos de diseño E, obtenidos dividiendo las fuerzas sísmicas  $F_s$  entre el coeficiente de capacidad de disipación de energía R.

$$E = \frac{F_s}{R}$$

A continuación se muestran los requisitos generales de acuerdo con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, los cuales se tuvieron en cuenta a la hora de diseñar los muros de concreto reforzado.

Para muros estructurales con capacidad moderada de disipación de energía (DMO) se deben aplicar los requisitos contenidos en el capítulo C.21.4. En donde especifica que dichos muros deben cumplir los requisitos de C.21.9 para muros estructurales especiales (DES) con algunas excepciones; seguidamente, se muestran dichos requisitos: (NSR-10, 2010)

### **3.6.1 Refuerzo**

#### **C.21.9.2.1**

Si  $V_U < 0.083 A_{CV} \lambda \sqrt{f'_c}$ , entonces  $\rho_l$  y  $\rho_t$  se pueden reducir a los valores requeridos en C.14.3 que se muestran a continuación:

**C.14.3.2** La cuantía mínima para refuerzo vertical,  $\rho_l$ , es:

- a) 0.0012 para barras corrugadas no mayores que No. 5 (5/8") ó 16M (16mm) con  $f_y$  no menor que 420 MPa, ó,
- b) 0.0015 para otras barras corrugadas, ó
- c) 0.0012 para refuerzo electrosoldado de alambre (liso o corrugado) no mayor que MW200 ó MD200 (16 mm de diámetro).

**C.14.3.3** La cuantía mínima para refuerzo horizontal,  $\rho_t$ , es:

- a) 0.0020 para barras corrugadas no mayores que No.5 (5/8") ó 16M (16mm) con  $f_y$  no menor que 420 MPa, ó
- b) 0.0025 para otras barras corrugadas, ó
- c) 0.0020 para refuerzo electrosoldado de alambre (liso o corrugado) no mayor que MW200 ó MD200 (16 mm de diámetro).

Si  $V_U > 0.083 A_{CV} \lambda \sqrt{f'_c}$ , entonces,  $\rho_l$  y  $\rho_t$  no deben ser menores que 0.0025

El espaciamiento del refuerzo en cada dirección en muros estructurales no debe exceder de 450 mm. El refuerzo que contribuye a  $V_n$  debe ser continuo y debe estar distribuido a través del plano de cortante.

#### C.21.9.2.3

Si  $V_U > 0.17 A_{CV} \lambda \sqrt{f'_c}$ , entonces, deben emplearse al menos dos capas de refuerzo.

#### C.21.9.2.4

En cuanto a la longitud de desarrollo del refuerzo de los muros estructurales se adoptaron las recomendaciones prescritas en el Capítulo C.12.7 del Reglamento; cabe resaltar que según el Capítulo C.12.2.2 la longitud de desarrollo es inversamente proporcional a  $\lambda \sqrt{f'_c}$ ; lo que conlleva a diferencias entre estos valores dependiendo del tipo de concreto y las características utilizadas en el diseño. (NSR-10, 2010).

**3.6.2 Resistencia al cortante.** La resistencia al cortante de los muros estructurales se revisó de acuerdo al Capítulo C.11 del Reglamento; en el cual se aclara que el diseño de secciones transversales sometidas a cortante debe estar basado en:

$$\phi V_n \geq V_u$$

Donde  $V_u$  es la fuerza cortante mayorada en la sección considerada y  $V_n$  es la resistencia nominal al cortante calculado mediante:

$$V_n = V_c + V_s$$

Donde  $V_c$  es la resistencia nominal al cortante proporcionada por el concreto y  $V_s$  es la resistencia nominal al cortante proporcionado por el refuerzo de cortante.

De acuerdo al Capítulo C.11.2.1.2 para elementos sometidos a compresión axial:

$$V_c = 0.17 \left( 1 + \frac{N_U}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} c b_w d$$

La cantidad  $N_U/A_g$  debe expresarse en MPa.

Según el Capítulo C.11.9.4,  $d = 0.80 l_w$

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s}$$

Donde  $A_v$  es el área de refuerzo para cortante dentro del espaciamiento  $s$ .

#### 3.6.3 Diseño a flexión y carga axial

- **Método de Cárdenas y Magura para muros típicos de los sistemas tipo túnel.** Una metodología que sigue teniendo vigencia a pesar del tiempo para determinar la resistencia a flexión

en muros, se basa en las fórmulas propuestas por Cárdenas y Magura (1973). Estas fórmulas eran parte de la normativa norteamericana en el código ACI 318-71. Para entonces, los muros eran diseñados con acero uniformemente distribuido en toda su longitud, sin ser necesaria la colocación de miembros de borde.

Esta metodología resulta en cálculos sencillos que pueden realizarse de forma manual, estando respaldados por investigaciones de la Portland Cement Association (PCA) que abarca un considerable número de ensayos realizados.

Según Cárdenas y Magura (1973), la resistencia a flexión de muros rectangulares con una distribución uniforme del refuerzo vertical y sometidos a una carga axial menor a la cual produce una condición de falla balanceada, se puede aproximar a:

$$M_u = 0.50 \phi A_s F_y L_w \left( 1 + \frac{N_U}{A_s F_y} \right) \left( 1 - \frac{c}{L_w} \right)$$

En la Figura 11 se ilustran las suposiciones adoptadas por Cárdenas y Magura (1973) Esta investigación también propone una fórmula para calcular la profundidad del eje neutro  $c$ . Del equilibrio de fuerzas, se tiene la profundidad del eje neutro como:

$$\frac{c}{L_w} = \frac{\omega + \alpha}{2\omega + 0.85\beta_1}$$

Donde,

$$\omega = \frac{\rho_v F_y}{F_c}$$

$$\alpha = \frac{N_U}{L_w b_w F_c}$$

$\beta_1$  se consideró como 0.85 para este análisis, independientemente del valor de la resistencia a compresión del concreto utilizada lo que conllevó a un diseño más conservador.

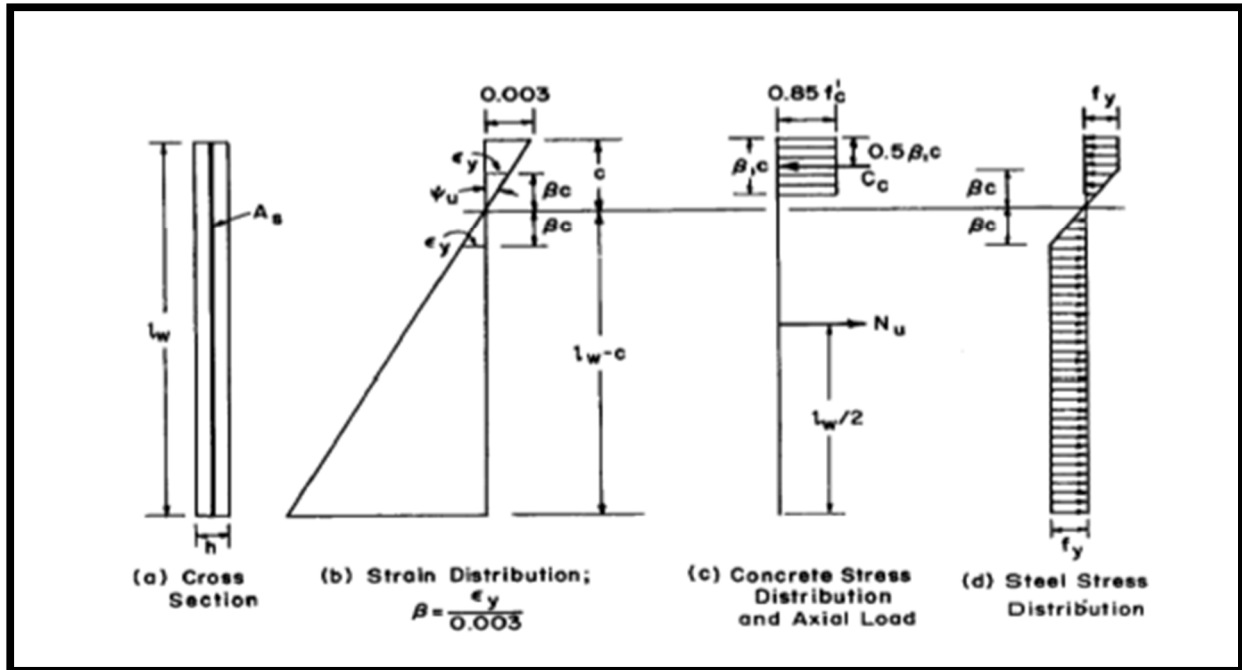


Figura 11. Hipótesis para la resistencia a flexión de muros rectangulares. Datos obtenidos de (Cárdenas y Magura, 1973,p122).

**3.6.4 Elementos de Borde.** Como se mencionó anteriormente, para el diseño de los muros portantes de las edificaciones del presente análisis, se adoptaron espesores de muros y resistencia a la compresión del concreto que cumplieran de manera eficiente, sin la necesidad de diseñar elementos de borde; ya que, en una edificación de muros portantes se limita el uso de elementos de borde porque se dificultaría el proceso constructivo y el uso de piezas adicionales en la formaleta.

Los elementos de borde se evaluaron según los capítulos C.21.9.6.2 y C.21.4.4.2 del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente así:

Las zonas de compresión deben ser reforzadas con elementos especiales de borde donde:

$$c \geq \frac{l_w}{600 \left( \frac{\delta_u}{h_w} \right)}$$

$$\frac{c}{l_w} \geq \frac{1}{600 \left( \frac{\delta_u}{h_w} \right)}$$

Donde  $c$ , corresponde a la mayor profundidad del eje neutro calculada para la fuerza axial mayorada y resistencia nominal a momento congruente con el desplazamiento de diseño  $\delta_u$ . El



coeficiente  $\frac{\delta_u}{h_w}$ , en la ecuación anterior y para este proyecto, no debe tomarse menor que 0.0035 por tratarse de muros con capacidad moderada de disipación de energía (DMO).

El valor de  $\frac{c}{l_w}$  esta dado por:

$$\frac{c}{l_w} = \frac{\frac{P_U}{\phi} + \frac{\rho f_y}{f'_c}}{\frac{2\rho f_y}{f'_c} + 0.7225}$$

Además, se verificó según el Capítulo C.21.4.4.2 que el esfuerzo de compresión máxima de la fibra extrema correspondientes a las fuerzas mayoradas incluyendo los efectos sísmicos E, no sobrepasaran  $0.30 f'_c$ , y fue así como se garantizó que los muros no necesitaran elementos de borde para resistir las sollicitaciones a las cuales se vería influenciado. (NSR-10, 2010)

**3.6.5 Chequeos adicionales.** De acuerdo al capítulo C.21.9.6.5, cuando no se requieran elementos especiales de borde, se debe cumplir con:

(a) Si la cuantía de refuerzo longitudinal en el borde del muro es mayor que  $2.8/f_y$ , el refuerzo transversal de borde debe cumplir con lo indicado en C.21.9.6.4 (a). El espaciamiento longitudinal máximo del refuerzo transversal en el borde no debe exceder de 200mm;

(b) Excepto cuando  $V_u$  en el plano del muro sea menor que  $0.083A_{CV}\lambda\sqrt{f'_c}$ , el refuerzo transversal que termine en los bordes de muros estructurales sin elementos de borde debe tener un gancho estándar que enganche el refuerzo de borde, o el refuerzo de borde debe estar abrazado con estribos en U que estén empalmados al refuerzo horizontal y tengan su mismo tamaño y espaciamiento.

Adicionalmente se debe hacer una revisión por carga axial según el capítulo C.10.3.6.2. (NSR-10, 2010).

$$P_U \leq \phi P_n$$

$$\phi P_{n(\max)} = 0.75\phi[0.85f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$$

### **3.7 Metodología para la obtención de las plantas tipo definitivas de las estructuras**

Para cada estructura, se hizo la revisión en cuanto al diseño de los muros portantes, asegurándose que estos, no requirieran elementos de borde; fue de esta forma como se obtuvieron las plantas definitivas de cada estructura, en cuanto a espesores de muros y resistencias a compresión del concreto.

En cuanto a las estructuras de seis (6) pisos, independientemente al tipo de concreto utilizado en el diseño y a la zona en el cual se encontraba localizado dentro de la microzonificación sísmica, se obtuvo que fue suficiente con manejar los valores mínimos estipulados a utilizar, en cuanto a espesores de muros y resistencia a compresión del concreto, para que la estructura cumpliera con los requerimientos establecidos en cuanto a las derivas y elementos de borde; los cuales fueron 10 cm de espesor para todos los muros y concreto con resistencia a la compresión de 21MPa, a continuación se muestra la planta tipo para dichas estructuras.



Figura 12. Planta piso tipo edificios de seis pisos para Lacustre 200 y Piedemontes B – CN y CL. Elaborada por la autora

Por su parte, para las estructuras de 14 Pisos, a pesar que se cumplía con el límite de la deriva, utilizando muros de 10 cm, fue necesario aumentar el espesor de algunos de éstos y además la resistencia a compresión del concreto; sobre todo en los primeros pisos, garantizando que ninguno requiriera elemento de borde.

Con el fin de realizar un diseño óptimo, se optó por hacer variar las resistencias a compresión del concreto de los muros en un mismo piso; lo que quiere decir que en una misma planta se encuentran muros de 21 MPa, 28 MPa y 35 MPa que se encuentran debidamente identificados para no generen confusiones; a continuación se muestran las plantas tipos definitivas de los edificios de 14 pisos.

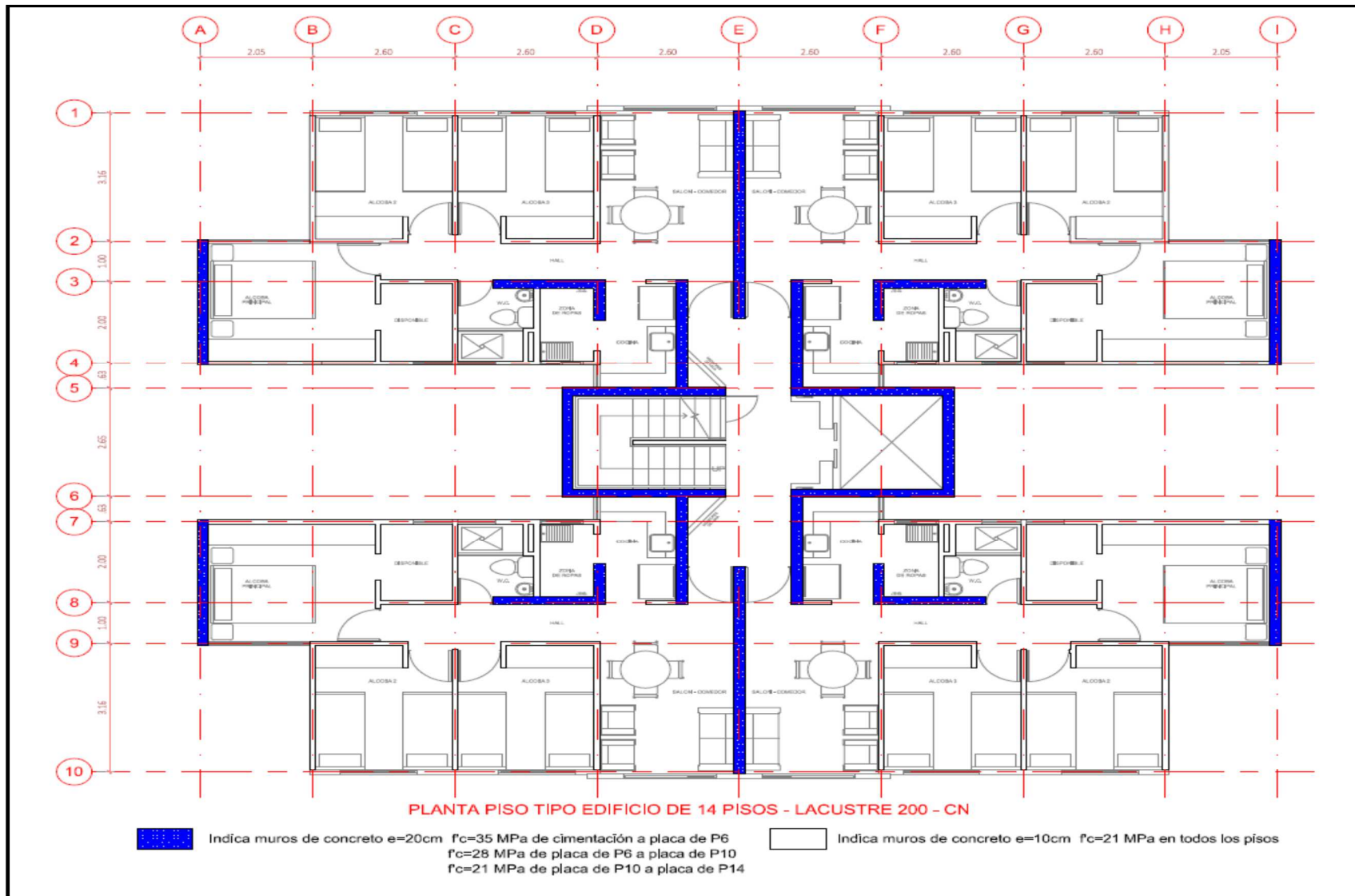


Figura 13. Planta piso tipo edificio de catorce pisos – Lacustre 200 CN. Elaborada por la autora

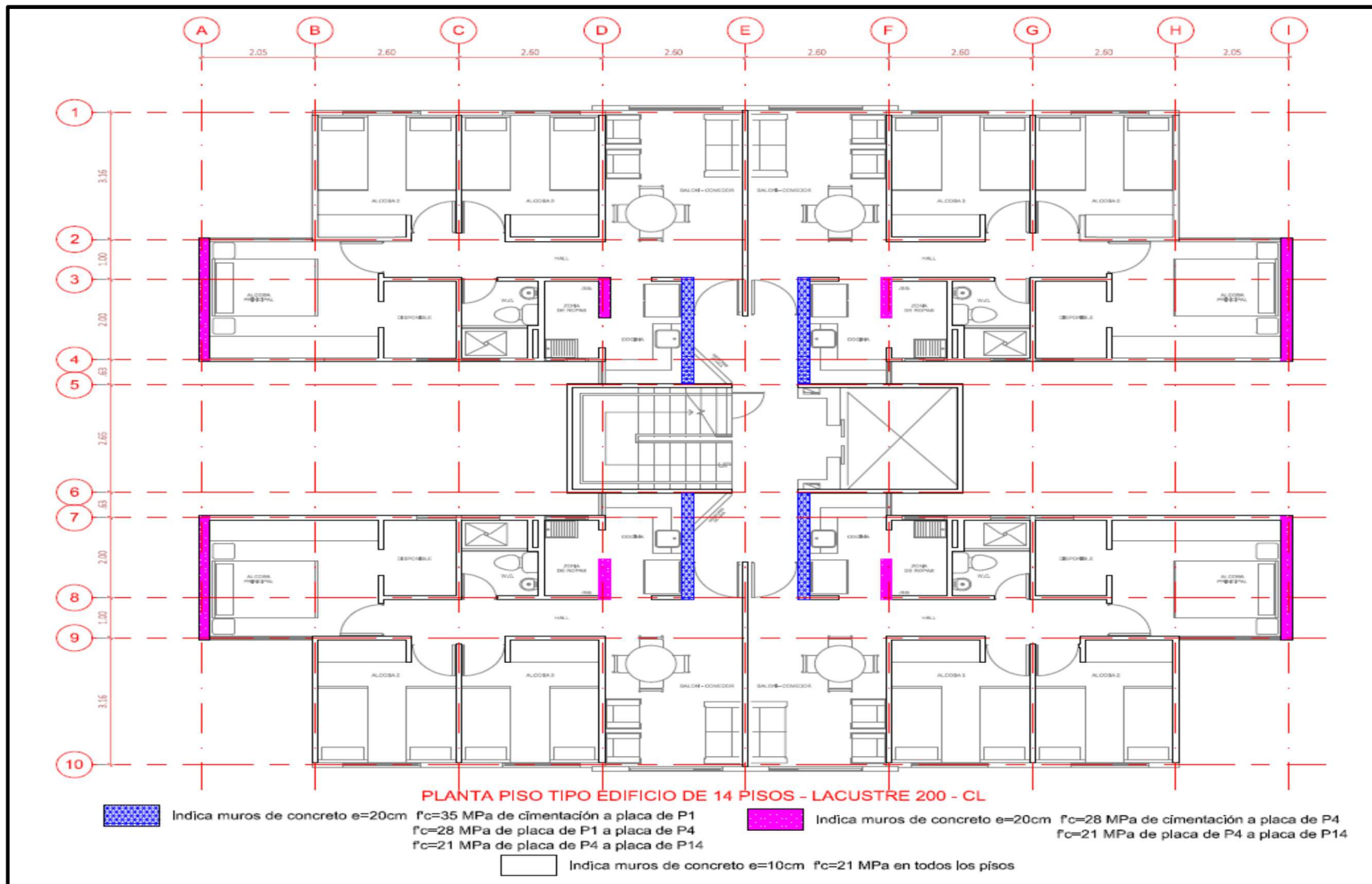


Figura 14. Planta piso tipo edificio de catorce pisos – Lacustre 200 CL. Elaborada por la autora

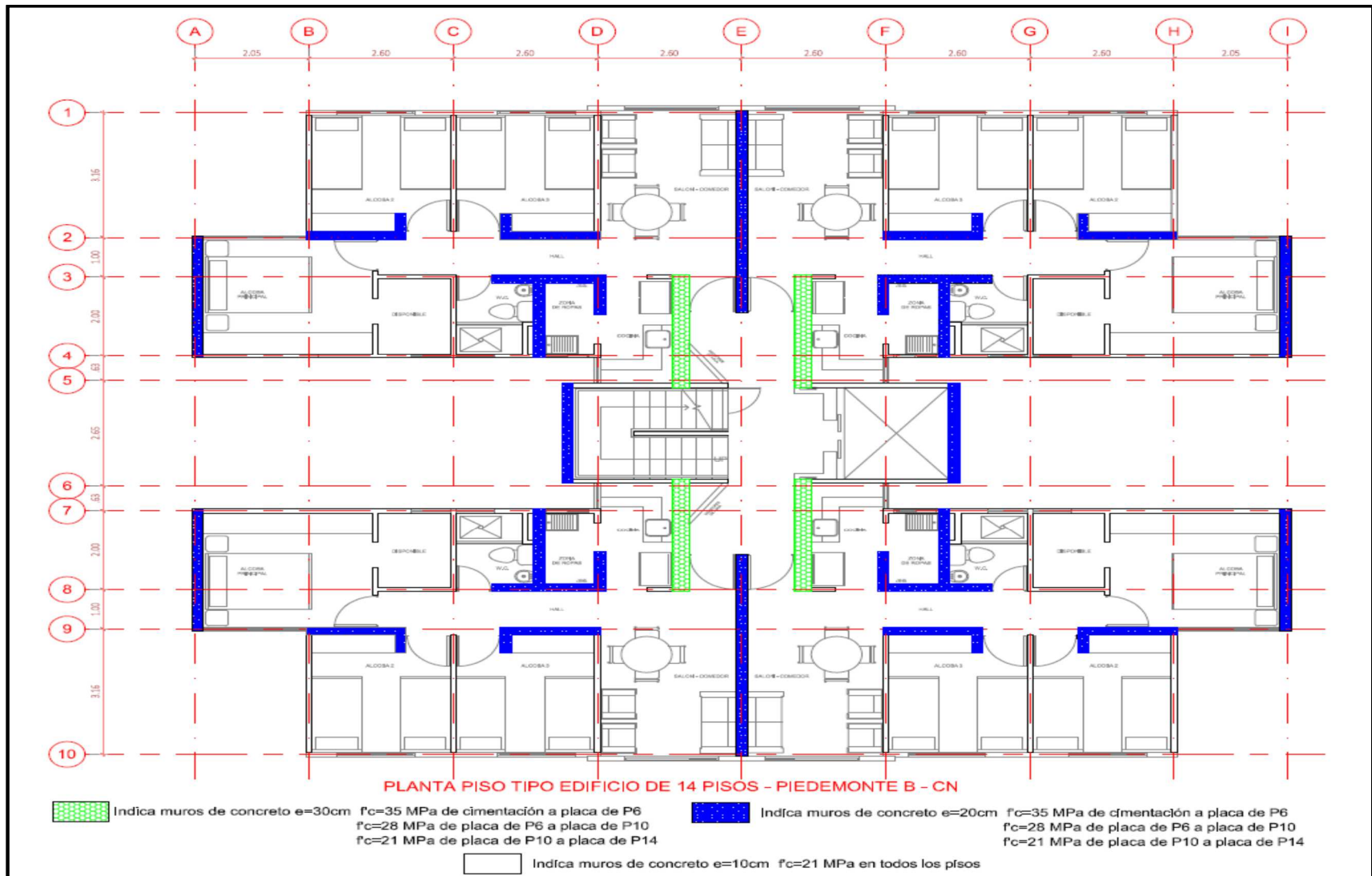


Figura 15. Planta piso tipo edificio de catorce pisos –Piedemonte B - CN. Elaborada por la autora

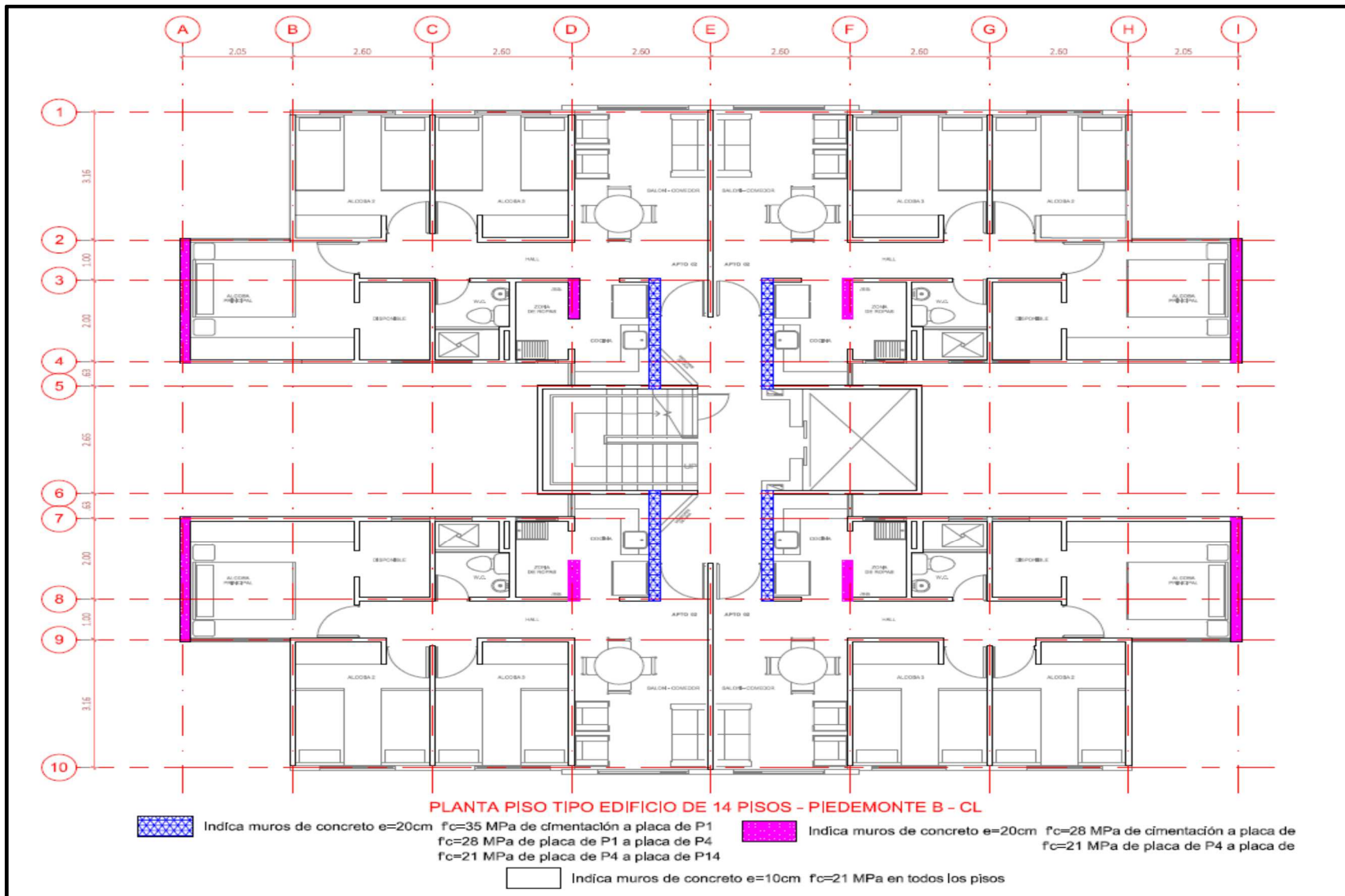


Figura 16. Planta piso tipo edificio de catorce pisos –Piedemonte B - CL. Elaborada por la autora



A diferencia de las estructuras de 6 y 14 pisos, con las de 20 pisos no se estaba cumpliendo con el límite de la deriva, por más de que se usaran espesores de muros de 30 cm y resistencia a compresión del concreto de 35 MPa; por esto se optó por hacerle unos ajustes a la geometría de la planta típica, como lo fue alargar algunos muros con el fin de obtener una mayor rigidez en el sentido Y el cual presentaba problema; además se aumentaron los espesores de algunos muros y el valor de la resistencia a compresión del concreto nuevamente garantizando no necesitar elementos de borde en los muros. Es importante resaltar que debido a este cambio en la geometría de la estructura no es conveniente comparar los resultados en cuanto a porcentajes de ahorro de los materiales de construcción entre las estructuras de 20 pisos con las de 14 y 6 pisos.

A continuación se muestran las respectivas plantas tipo definitivas para las estructuras de 20 pisos.

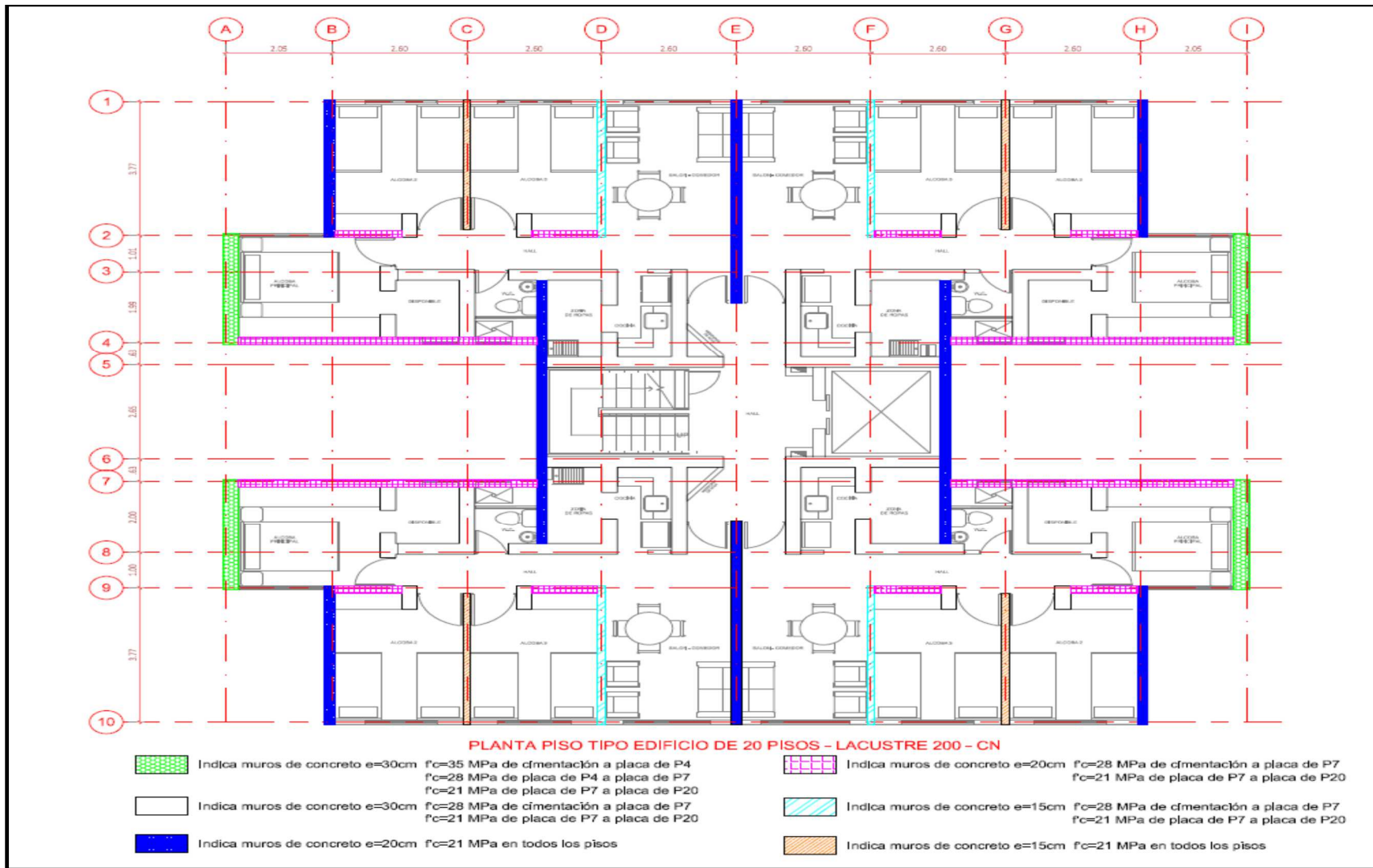


Figura 17. Planta piso tipo edificio de veinte pisos – Lacustre 200 CN. Elaborada por la autora

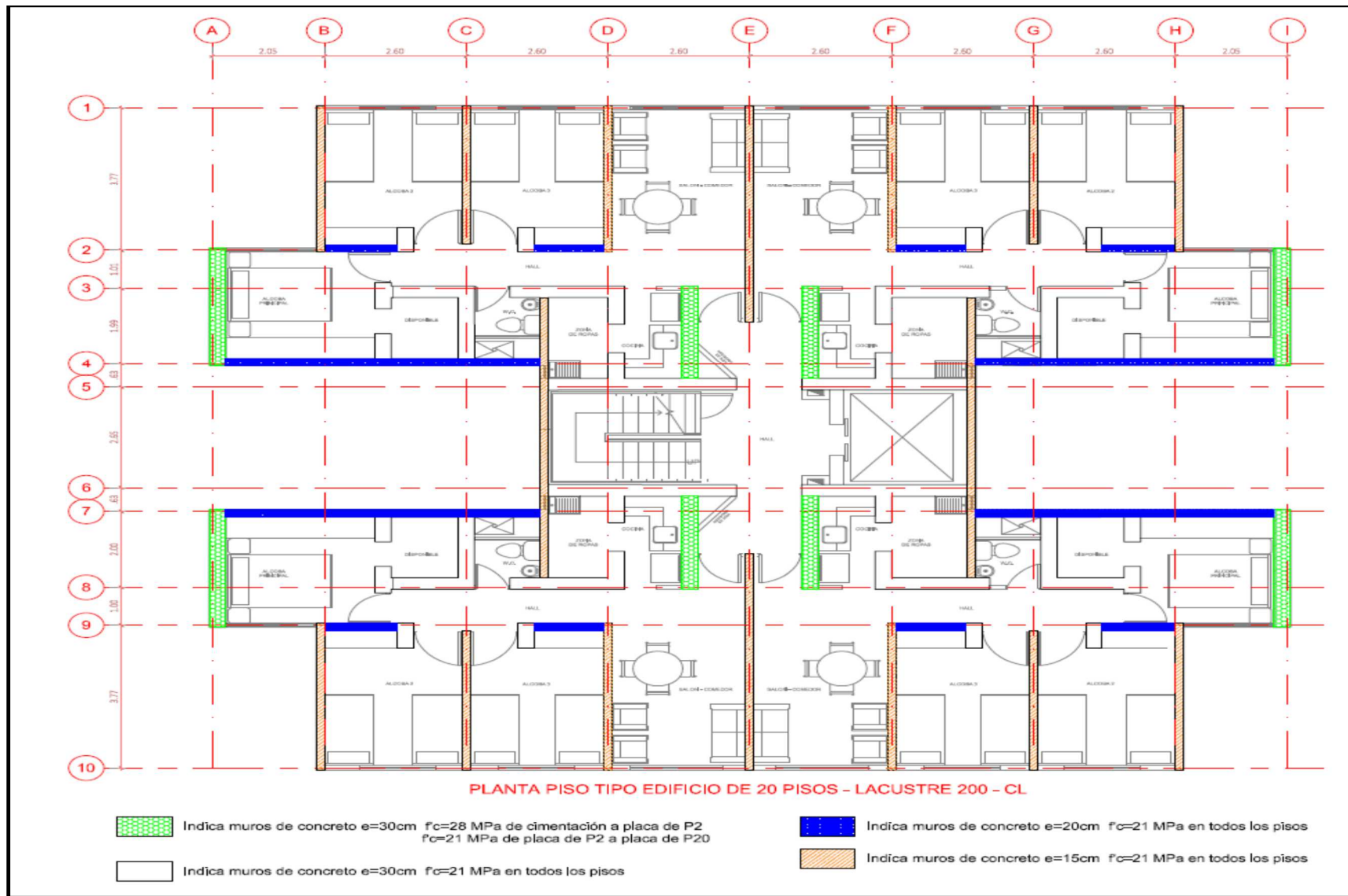


Figura 18. Planta piso tipo edificio de veinte pisos – Lacustre 200 CL. Elaborada por la autora

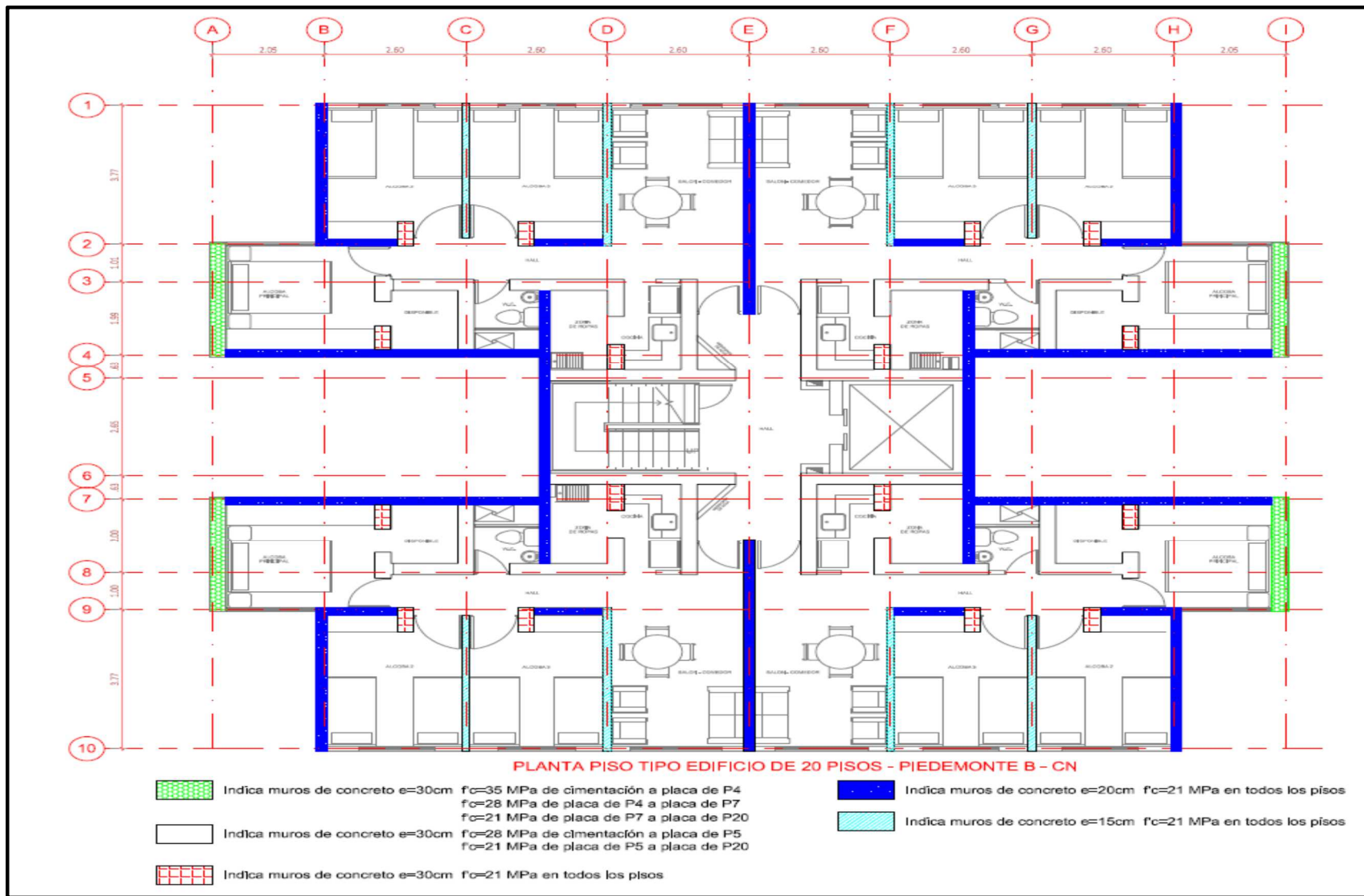


Figura 19. Planta piso tipo edificio de veinte pisos – Piedemonte B-CN. Elaborada por la autora

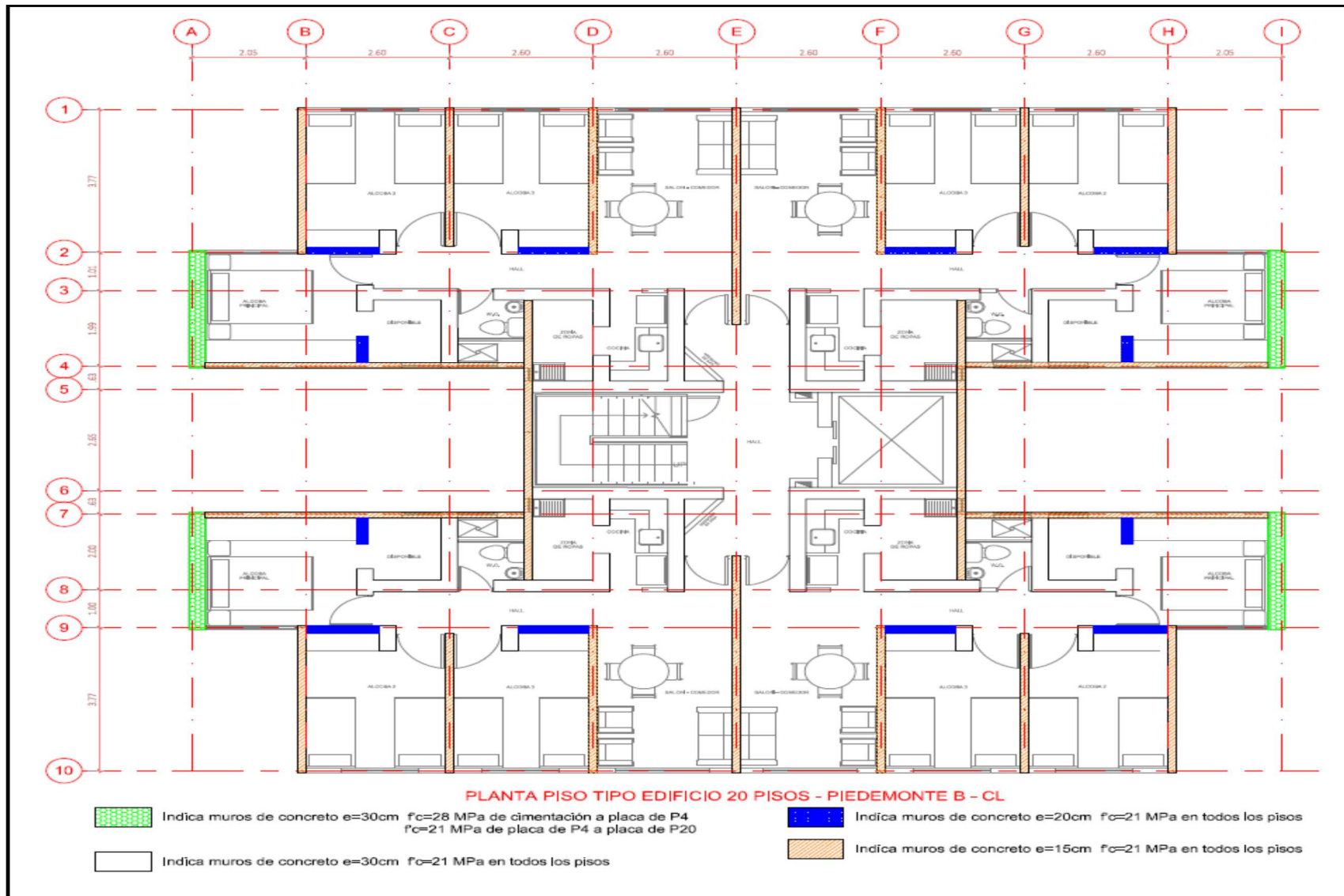


Figura 20. Planta piso tipo edificio de veinte pisos – Piedemonte B-CL. Elaborada por la autora

### 3.8 Diseño Placas de Entrepiso

De acuerdo con la Tabla C.9.5 (a) del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, se predimensionó el espesor mínimo de la placa maciza de la cual se obtuvo:

La máxima luz de la placa maciza apoyada en una dirección de este proyecto fue:

$$l = 2.50 \text{ m}$$

Para el cálculo del espesor mínimo, se utilizó:

**Tabla 16. Alturas o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección a menos que se calculen las deflexiones**

<b>TABLA C.9.5(a) — Alturas o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección a menos que se calculen las deflexiones</b>				
Espesor mínimo, $h$				
	Simplemente apoyados	Con un Extremo continuo	Ambos Extremos continuos	En voladizo
<b>Elementos</b>	Elementos que <b>NO</b> soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losas macizas en una dirección	$\frac{\ell}{20}$	$\frac{\ell}{24}$	$\frac{\ell}{28}$	$\frac{\ell}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{18.5}$	$\frac{\ell}{21}$	$\frac{\ell}{8}$

**NOTAS:**  
 Los valores dados en esta tabla se deben usar directamente en elementos de concreto de peso normal y refuerzo grado 420 MPa. Para otras condiciones, los valores deben modificarse como sigue:  
 (a) Para concreto liviano estructural con densidad  $w_c$  dentro del rango de 1 440 a 1 840 kg/m<sup>3</sup>, los valores de la tabla deben multiplicarse por  $(1,65 - 0.0003w_c)$ , pero no menos de 1.09.  
 (b) Para  $f_y$  distinto de 420 MPa, los valores de esta tabla deben multiplicarse por  $(0.4 + f_y/700)$ .

Nota. Datos obtenidos de (NSR-10, 2010,p.C-129)

$$e_{min} = \frac{l}{28} = \frac{2.50}{28} = 0.09 \text{ m}$$

Para las estructuras diseñadas con concreto liviano estructural; los valores de la tabla C.9.5 (a), deben multiplicarse por:

$$1.65 - 0.0003w_c, \text{ pero no menos de } 1.09$$

$$1.65 - 0.0003 * 1800 = 1.11$$

Por lo tanto  $e_{min}$  para las placas de los edificios diseñados con concreto liviano fue:

$$e_{min} = \frac{l}{28} = \frac{2.50}{28} = 0.09 * 1.11 = 0.10m$$

De acuerdo con lo anteriormente calculado, se decidió por utilizar el espesor de placa de 10 cm.

En cuanto al diseño de las losas, se realizó utilizando el método de la resistencia última y se obtuvo que el diseño fue gobernado por cuantías mínimas así:

Cuantía mínima de refuerzo por flexión: 0.0020

Recubrimiento mínimo para el refuerzo según el capítulo C.7.7.1.C:

Cáscaras y placas plegadas:	
Barra No. 6 (3/4") ó 20M (20 mm) y mayores .....	20
Barra No. 5 (5/8") ó 16M (16 mm), alambres MW200 ó MD200 (16 mm de diámetro) y menores .....	13

$$d = 10 - 2 = 8cm$$

$$A_{SMIN} (\text{por flexión}) = 0.0020 * 100 * 8 = 1.60 \text{ cm}^2$$

Según el numeral C.7.12.2.1 (b), la cuantía mínima de refuerzo de retracción y temperatura es:

(b) En losas donde se empleen barras corrugadas Grado 420 o refuerzo electrosoldado de alambre .....

0.0018

$A_{SMIN} (\text{por retracción})$

$$= 0.0018 * 100 * 10$$

$$= 1.80 \text{ cm}^2$$

Según lo anterior, el área de refuerzo necesaria en la placa fue calculada con la obtenida del requerimiento de cuantía mínima de retracción y temperatura, por lo tanto se utilizó una malla de  $\phi$  6.0mm/.15 en ambos sentidos arriba y abajo con la siguiente configuración:

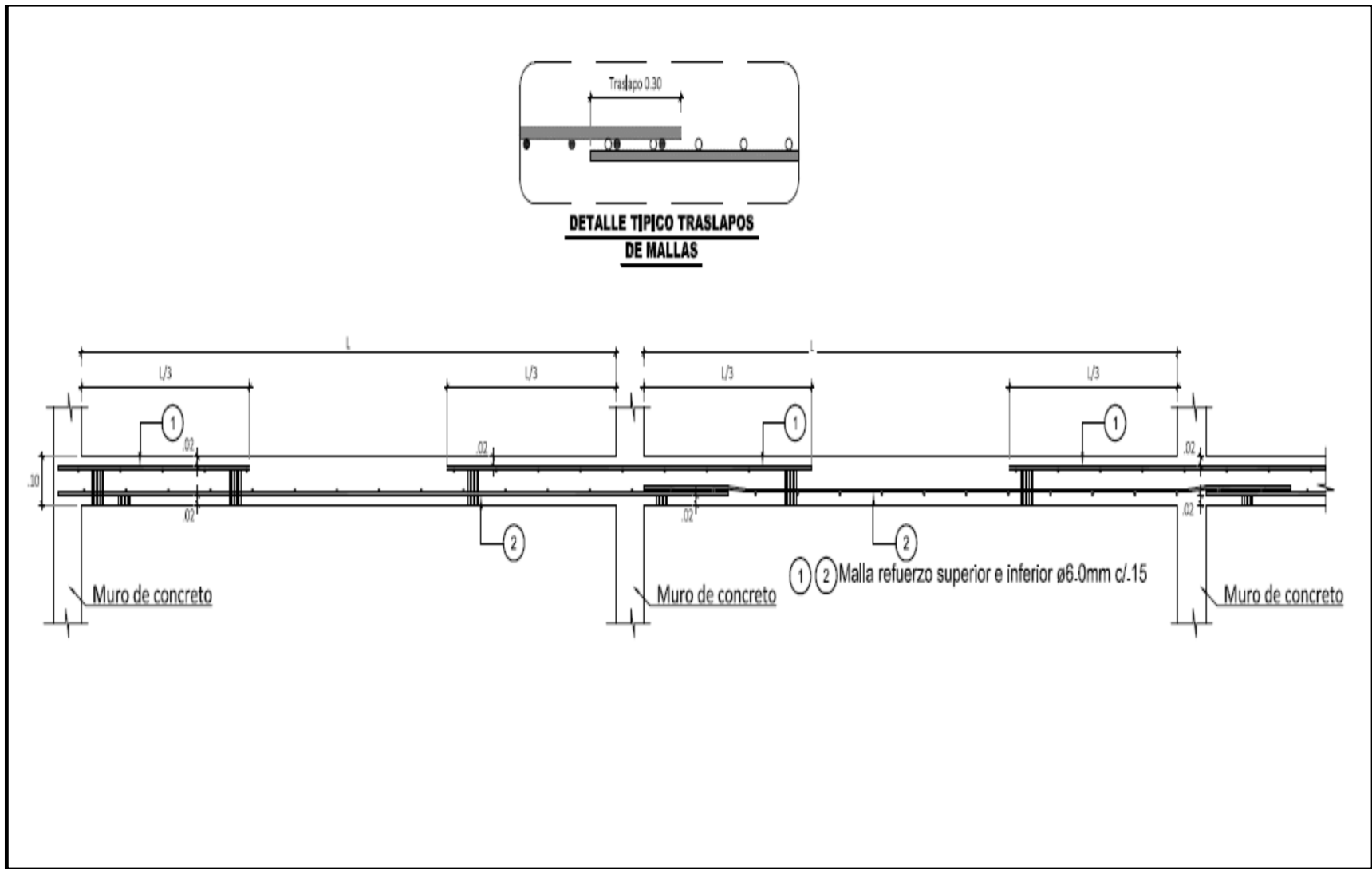


Figura 21. Detalle típico traslapos de mallas. Elaborada por la autora



Fue suficiente con utilizar concreto de 21 MPa en las placas de entrepiso en todas las estructuras para que no se presentara la necesidad de aumentar el espesor de la placa o colocar refuerzo adicional.

De acuerdo con el capítulo C.11.3, la resistencia al cortante proporcionada por el concreto es de:

$$\phi V_C = \phi 0.53 * \lambda \sqrt{f'_c} * bd$$

$$\phi = 0.75$$

$$V_U < \phi V_C$$

Cabe resaltar que el resultado del diseño de las placas diseñadas con concreto normal y concreto liviano fue el mismo, ya que este, como se dijo anteriormente estuvo gobernado por cuantías mínimas.

### **3.9 Diseño de Cimentaciones**

Con la intención de que los resultados que fueran obtenidos de este estudio estuvieran acorde a la realidad; el ingeniero Alfonso Uribe Sardiña muy amablemente suministró para cada tipo de estructura analizada, teniendo en cuenta todas sus características geométricas y de localización, las recomendaciones en cuanto al tipo de cimentación más adecuado para cada una de ellas.

A continuación se muestran los valores de esfuerzos obtenidos de cada estructura, una vez definida su geometría; con base en estos valores, el ingeniero Alfonso Uribe realizó las respectivas recomendaciones de los tipos de cimentación a utilizar. (Ver anexo B).

Tabla 17. Tabla de pesos estructuras y esfuerzos sobre el terreno.

No. De Pisos	Tipo de Concreto	Ubicación	Peso (ton)	Area de Cimentación (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (q) (ton/m <sup>2</sup> )
6	CN	Lacustre 200	1260	249	5.1
	CL	Lacustre 200	1027	249	4.1
	CN	Piedemonte B	1260	249	5.1
	CL	Piedemonte B	1027	249	4.1
14	CN	Lacustre 200	3467	249	13.9
	CL	Lacustre 200	2581	249	10.4
	CN	Piedemonte B	3589	249	14.4
	CL	Piedemonte B	2581	249	10.4
20	CN	Lacustre 200	7260	273	26.6
	CL	Lacustre 200	5544	273	20.3
	CN	Piedemonte B	7260	273	26.6
	CL	Piedemonte B	5412	273	19.8

Tabla 18. Resumen recomendaciones de cimentación.

Edificaciones de 6 pisos			
CONCRETO NORMAL		CONCRETO LIVIANO	
Lacustre 200	Piedemonte B	Lacustre 200	Piedemonte B
Placa (70%) Pilote (30%)	Cimientos Corridos	Placa (70%) Pilote (30%)	Cimientos Corridos
	Capacidad = 20 T/m <sup>2</sup>		Capacidad = 20 T/m <sup>2</sup>
Edificaciones de 14 pisos			
CONCRETO NORMAL		CONCRETO LIVIANO	
Lacustre 200	Piedemonte B	Lacustre 200	Piedemonte B
Pilotes	Cajones ∅ minimo fuste = 1,20 m	Pilotes	Cajones ∅ minimo fuste = 1,20 m
∅ = 0,60 m z = 45 m	Angulo minimo campana = 30° Profundidad 5 m	∅ = 0,60 m z = 40 m	Angulo minimo campana = 30° Profundidad 5 m
Capacidad = 125 T	Capacidad = 50 T/m <sup>2</sup>	Capacidad = 105 T	Capacidad = 50 T/m <sup>2</sup>
Edificaciones de 20 pisos			
CONCRETO NORMAL		CONCRETO LIVIANO	
Lacustre 200	Piedemonte B	Lacustre 200	Piedemonte B
Pilotes	Cajones ∅ minimo fuste = 1,20 m	Pilotes	Cajones ∅ minimo fuste = 1,20 m
∅ = 0,70 m z = 65 m	Angulo minimo campana = 30° Profundidad 12 m	∅ = 0,70 m z = 55 m	Angulo minimo campana = 30° Profundidad 12 m
Capacidad = 306 T	Capacidad = 80 T/m <sup>2</sup>	Capacidad = 226 T	Capacidad = 80 T/m <sup>2</sup>

Es importante resaltar que para los diferentes tipos de cimentación, se realizó el diseño por carga real, es decir, carga muerta más la carga viva, y se comparó con el diseño incluyendo los efectos sísmicos; este último, al considerar las fuerzas sísmicas como transitorias, por lo que se incrementaron las diferentes capacidades de pilotes y suelos en un 33%. Al obtener los resultados de los diseños, se determinó cuál de ellos gobernaba al obtenerse mayores cantidades y dimensiones, y con el definitivo se cuantificaron los materiales pertenecientes a la cimentación.

Respecto al diseño de las cimentaciones se emplearon las combinaciones de carga para el método de esfuerzos de trabajo de la sección B.2.3 del Reglamento, con las cargas apropiadas y las fuerzas sísmicas reducidas de diseño E.

Por lo anterior, se enfatiza que las cimentaciones de las doce estructuras fueron diseñadas con concreto normal, independientemente si la superestructura hubiese sido diseñada con concreto liviano.

Como filosofía de diseño se empleó el diseño a resistencia última, no solo para las cimentaciones, sino para el proyecto en general; en el cual se adopta como referencia el estado límite de falla y fija la relación que existe entre las cargas de trabajo y las de falla; por su parte, los factores de seguridad se aplicaron a las cargas; mayorándolas mediante coeficientes de cargas.

En cuanto a la cimentación recomendada para las estructuras de 14 y 20 pisos ubicadas en Piedemonte B, se recomendó además una separación mínima de 1.0 metro entre fustes y campanas de los cajones.

A continuación se muestran las plantas de cimentación definitivas para cada una de las estructuras analizadas:

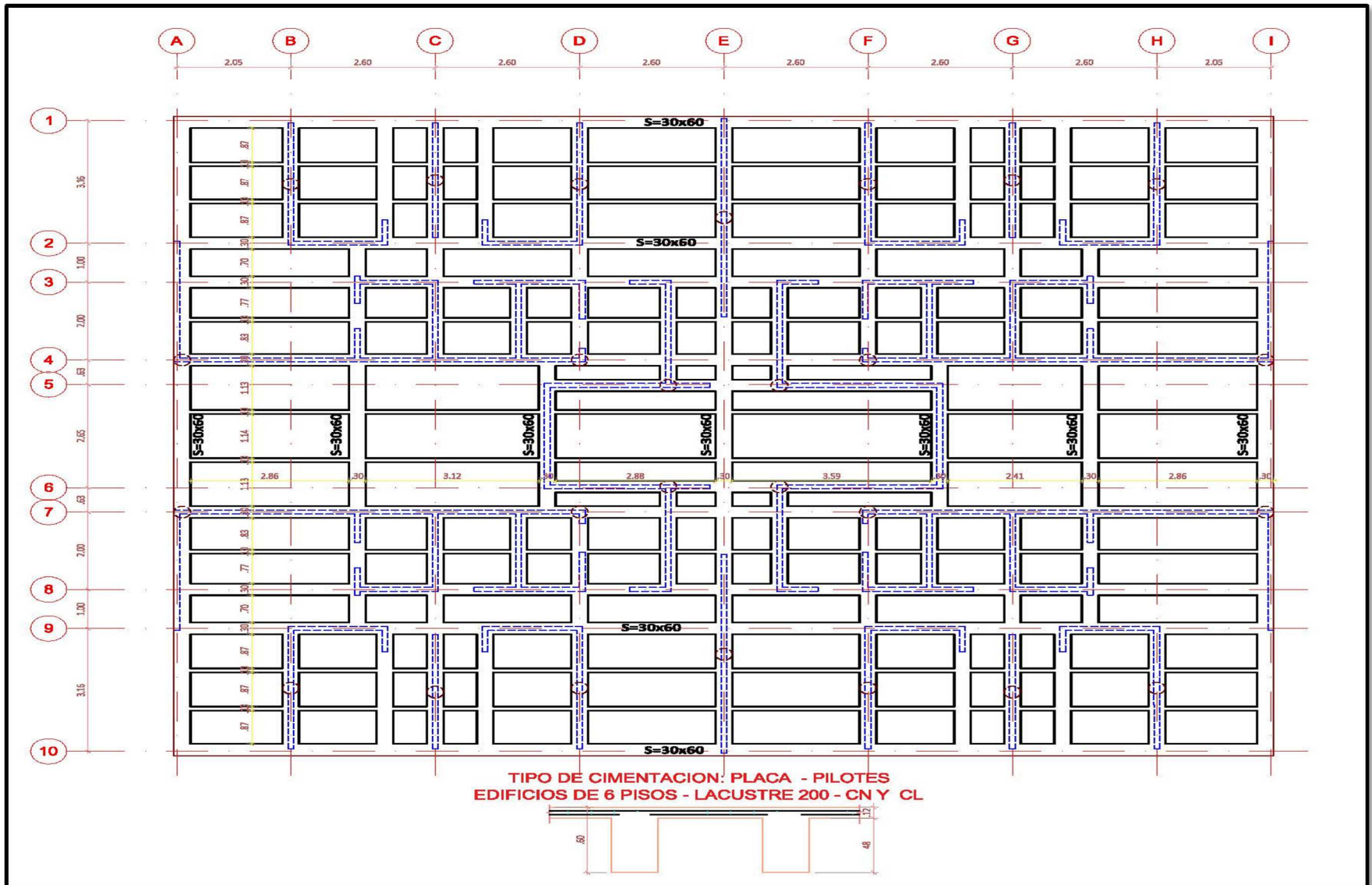


Figura 22. Tipo de cimentación: placa – pilotes. Edificio de seis pisos – Lacustre 200 CN y CL. Elaborada por la autora

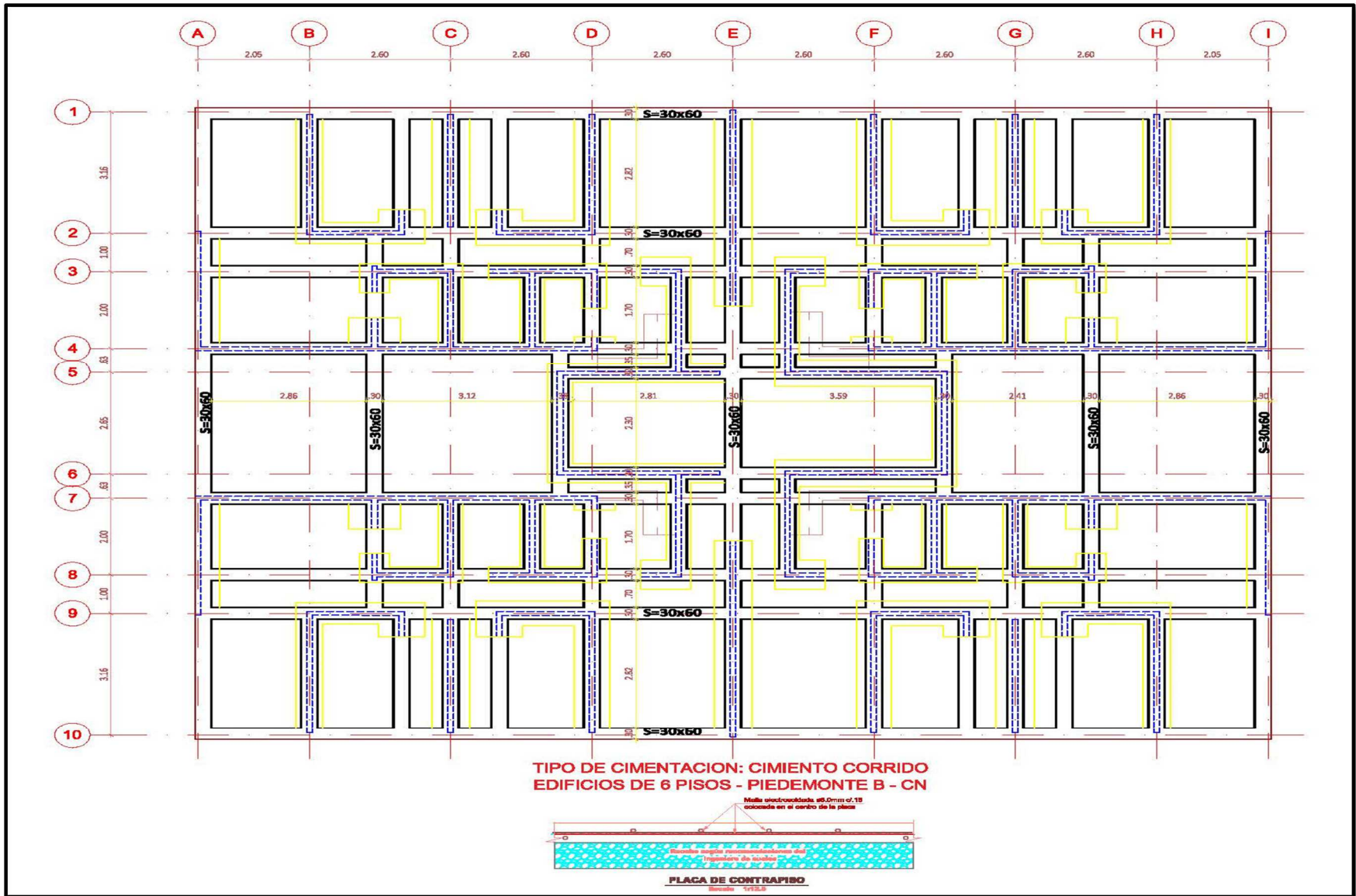


Figura 23. Tipo de cimentación: cemento corrido. Edificio de seis pisos –Piedemonte B-CN. Elaborada por la autora

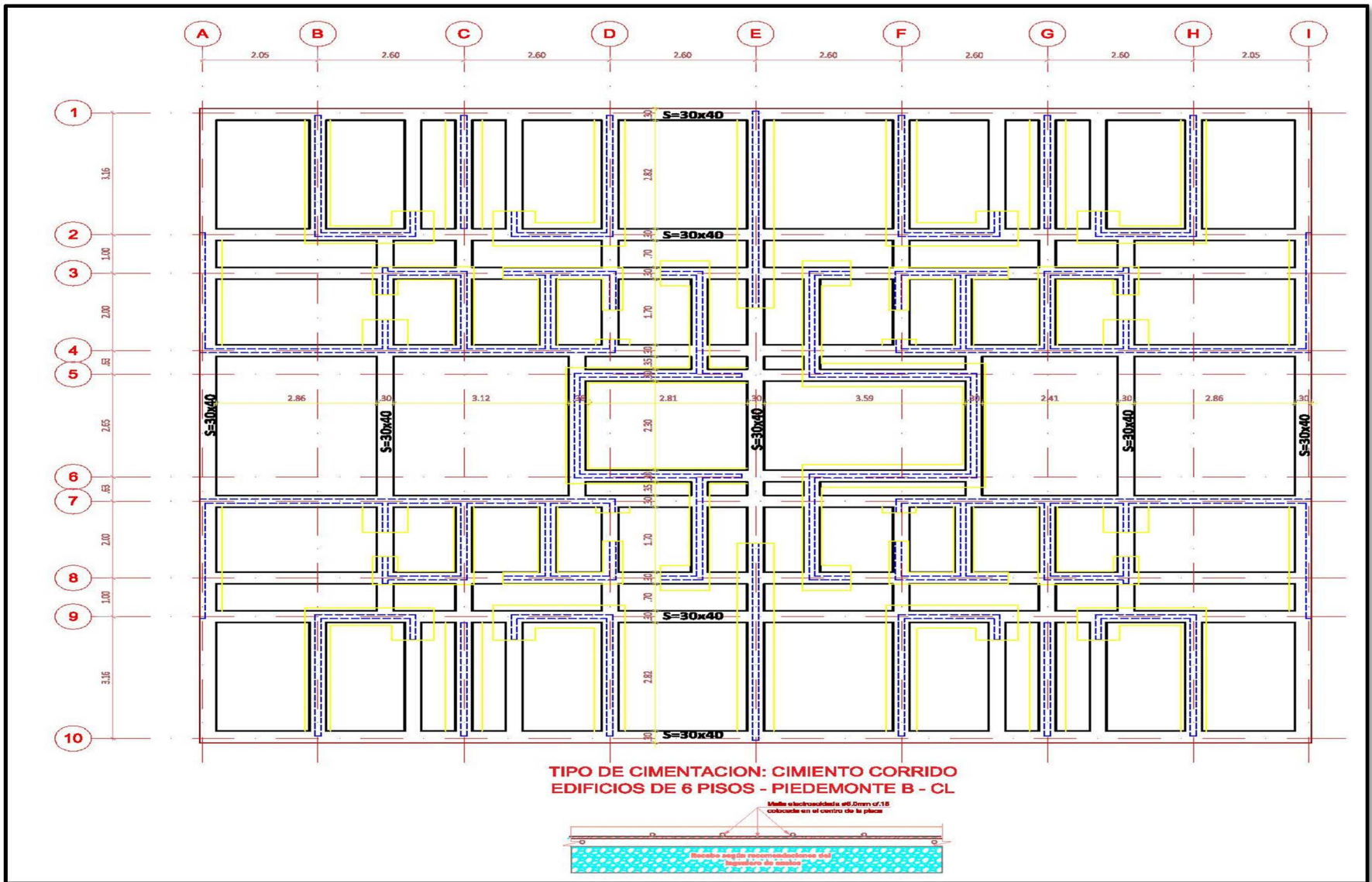


Figura 24. Tipo de cimentación: cimiento corrido. Edificio de seis pisos –Piedemonte B-CL. Elaborada por la autora

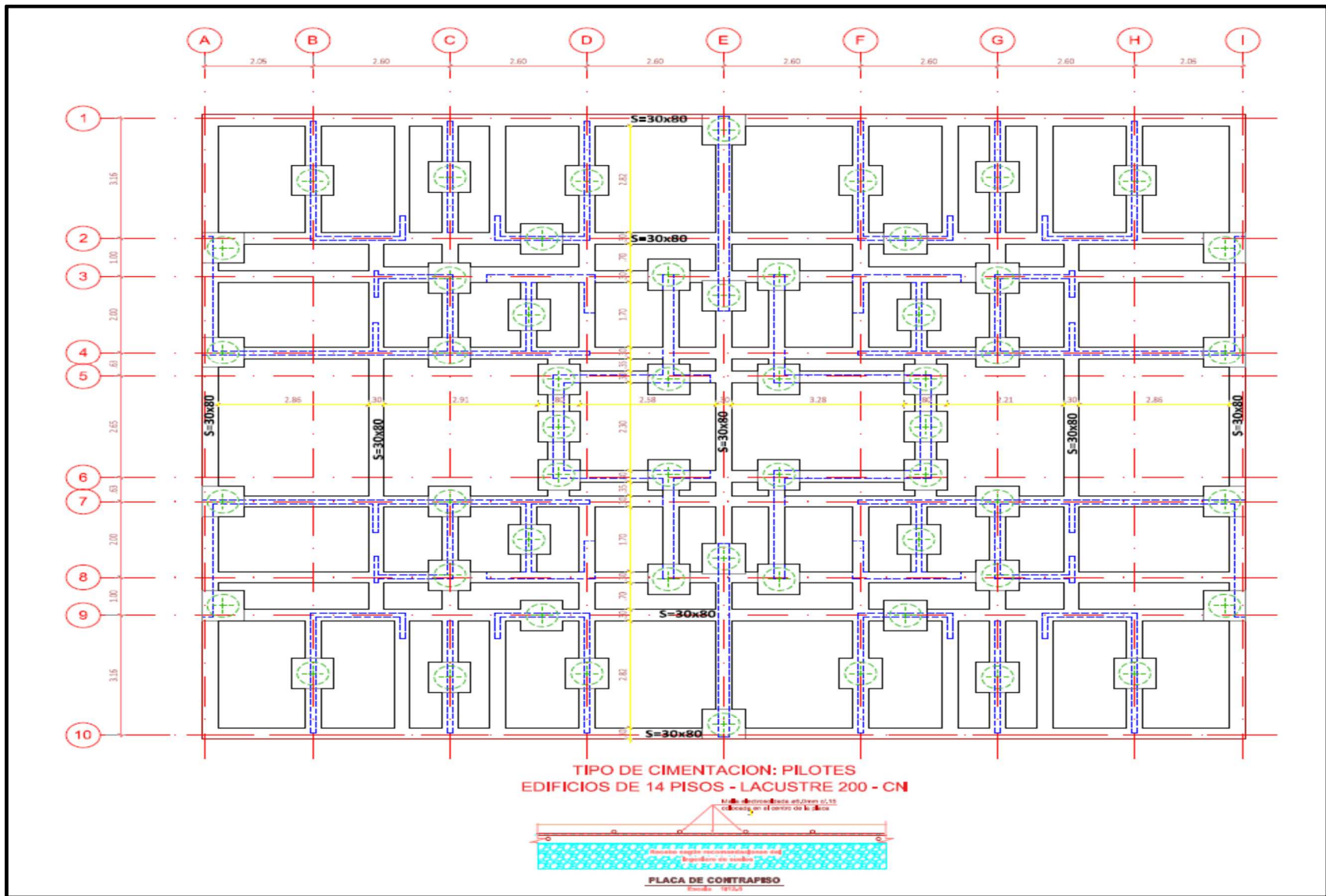


Figura 25. Tipo de cimentación: pilotes. Edificio de catorce pisos – Lacustre 200 CN. Elaborada por la autora

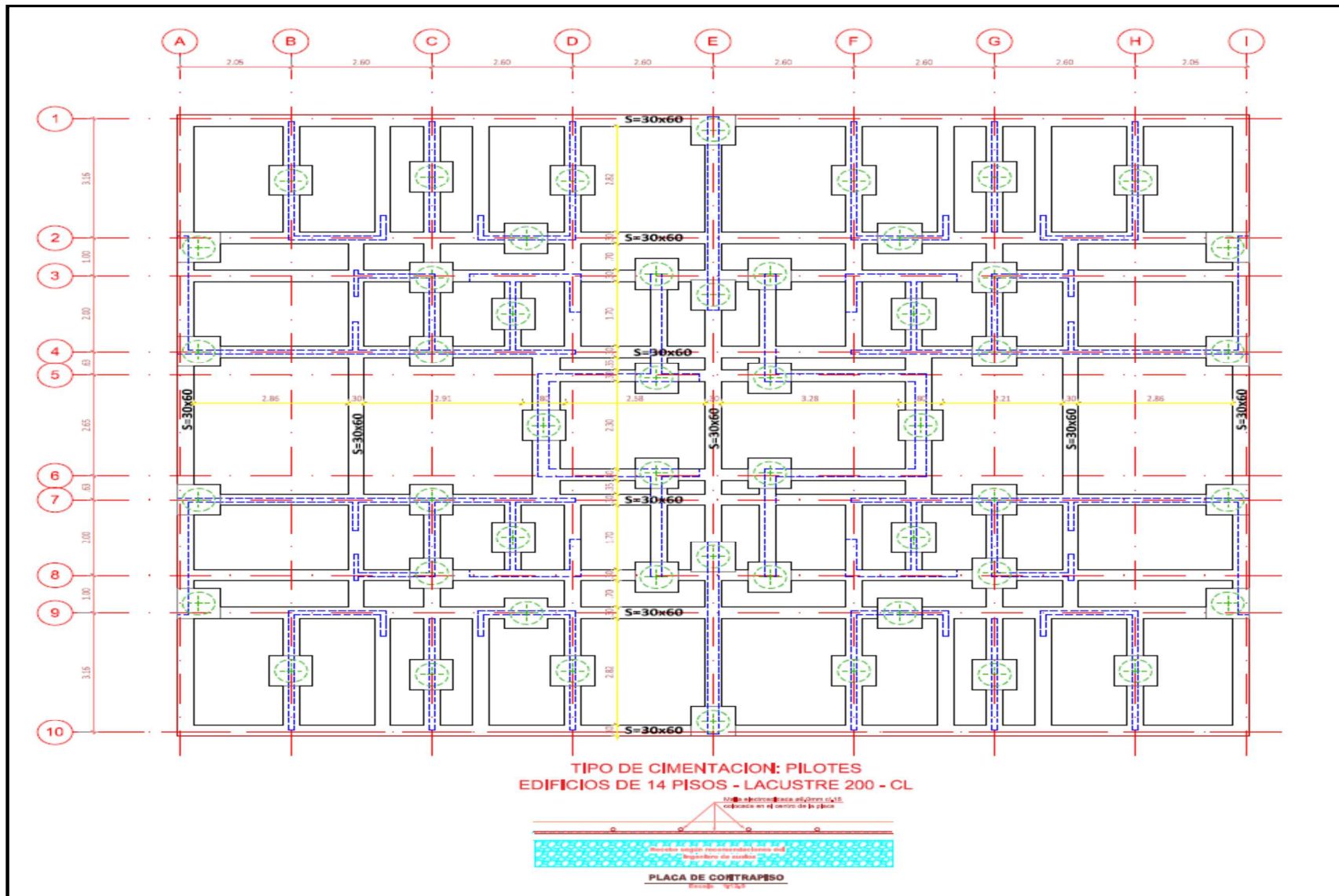


Figura 26. Tipo de cimentación: pilotes. Edificio de catorce pisos – Lacustre 200 CL. Elaborada por la autora



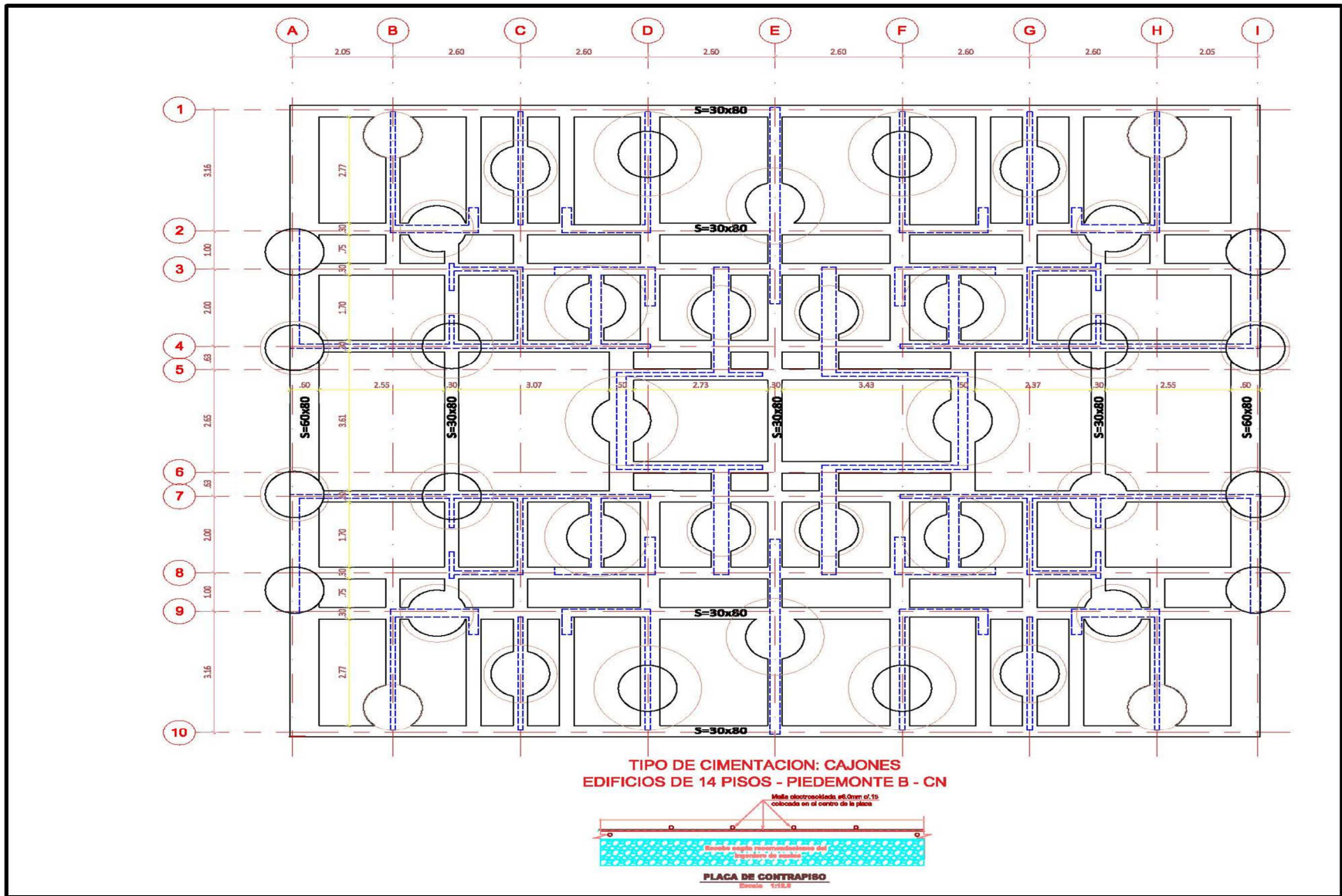


Figura 27. Tipo de cimentación: cajones. Edificio de catorce pisos –Piedemonte B-CN. Elaborada por la autora

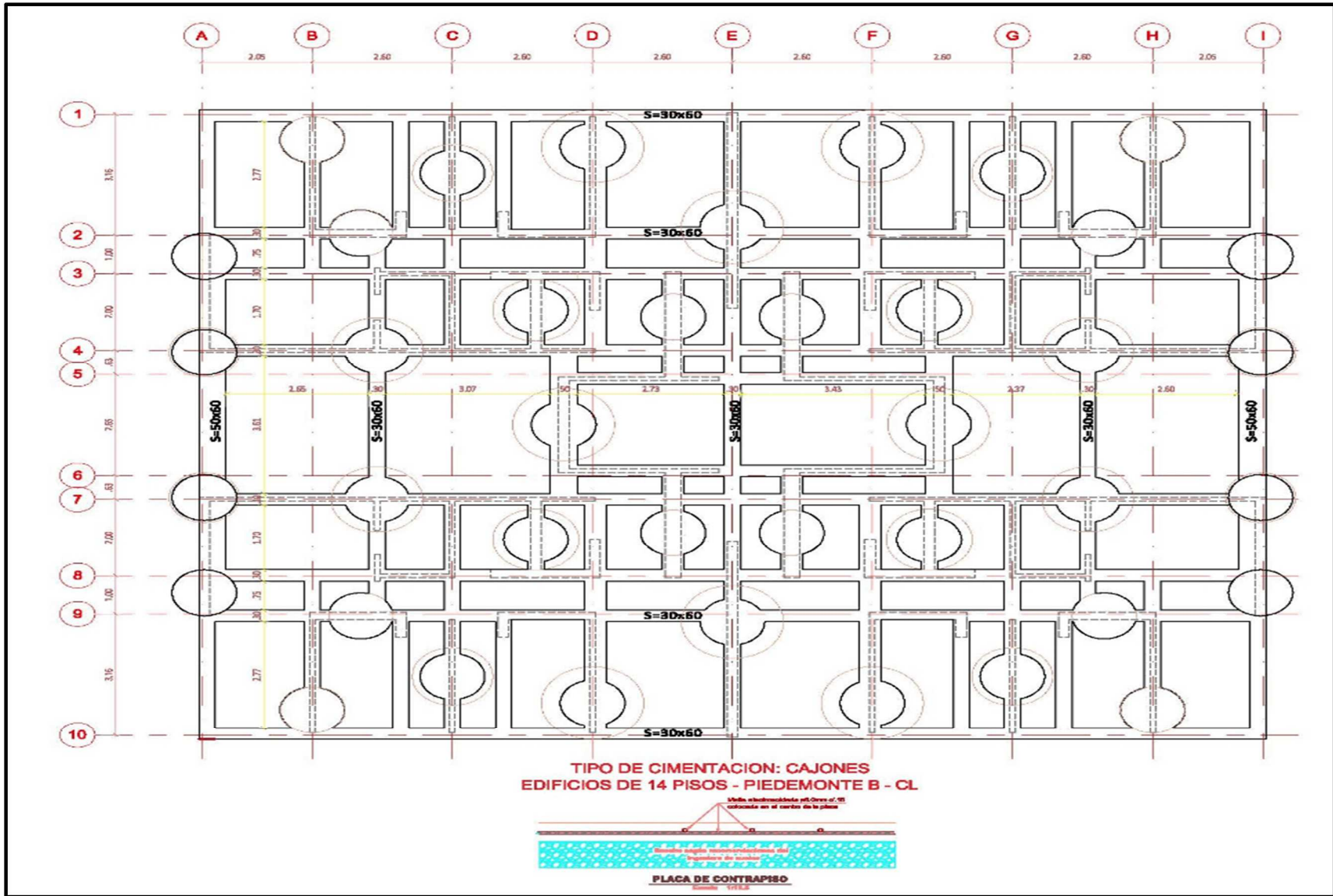


Figura 28. Tipo de cimentación: cajones. Edificio de catorce pisos –Piedemonte B-CL. Elaborada por la autora

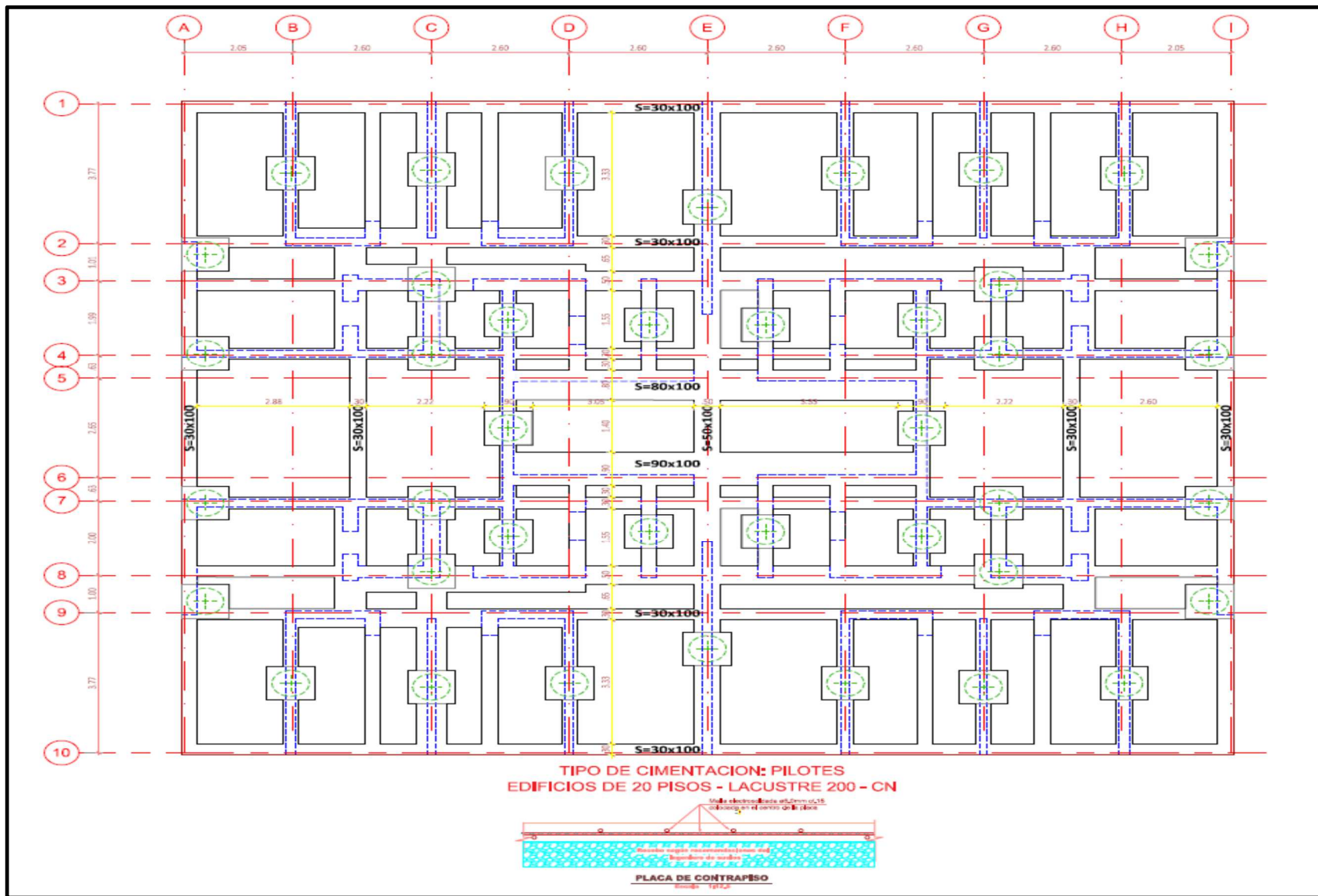


Figura 29. Tipo de cimentación: pilotes. Edificio de veinte pisos –Lacustre 200 CN. Elaborada por la autora

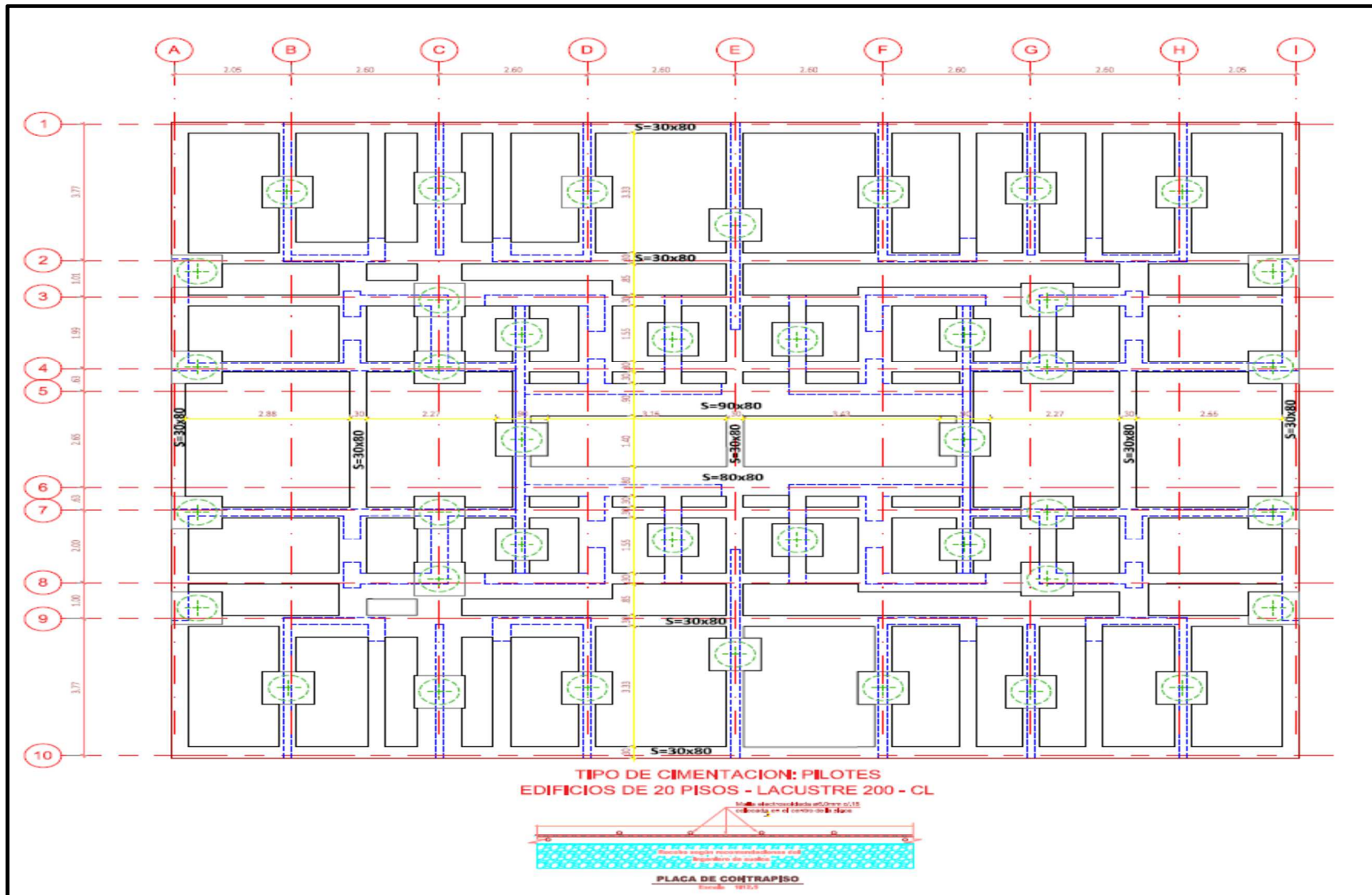


Figura 30. Tipo de cimentación: pilotes. Edificio de veinte pisos –Lacustre 200 CL. Elaborada por la autora

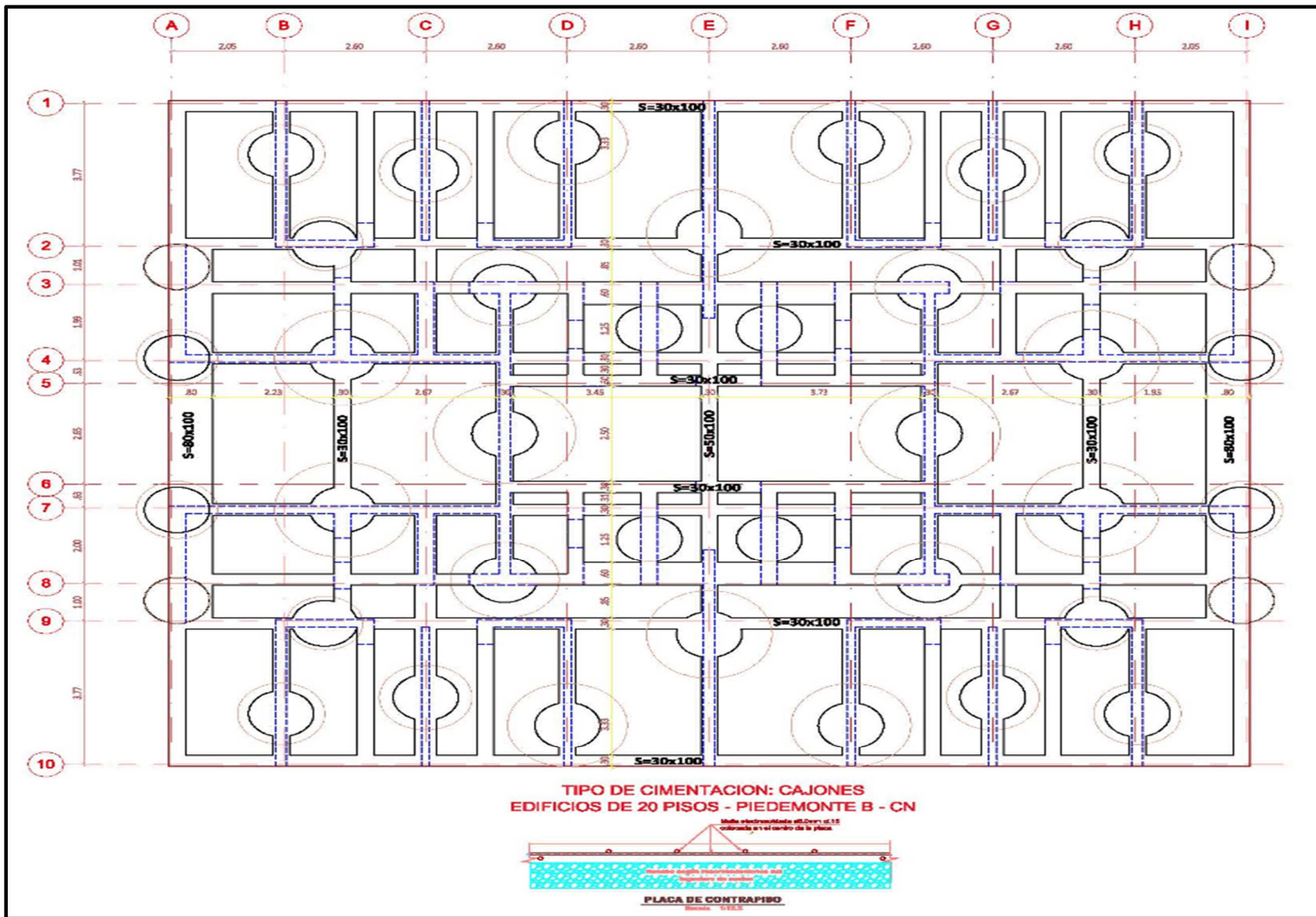


Figura 31. Tipo de cimentación: cajones. Edificio de veinte pisos –Piedemonte B-CN. Elaborada por la autora

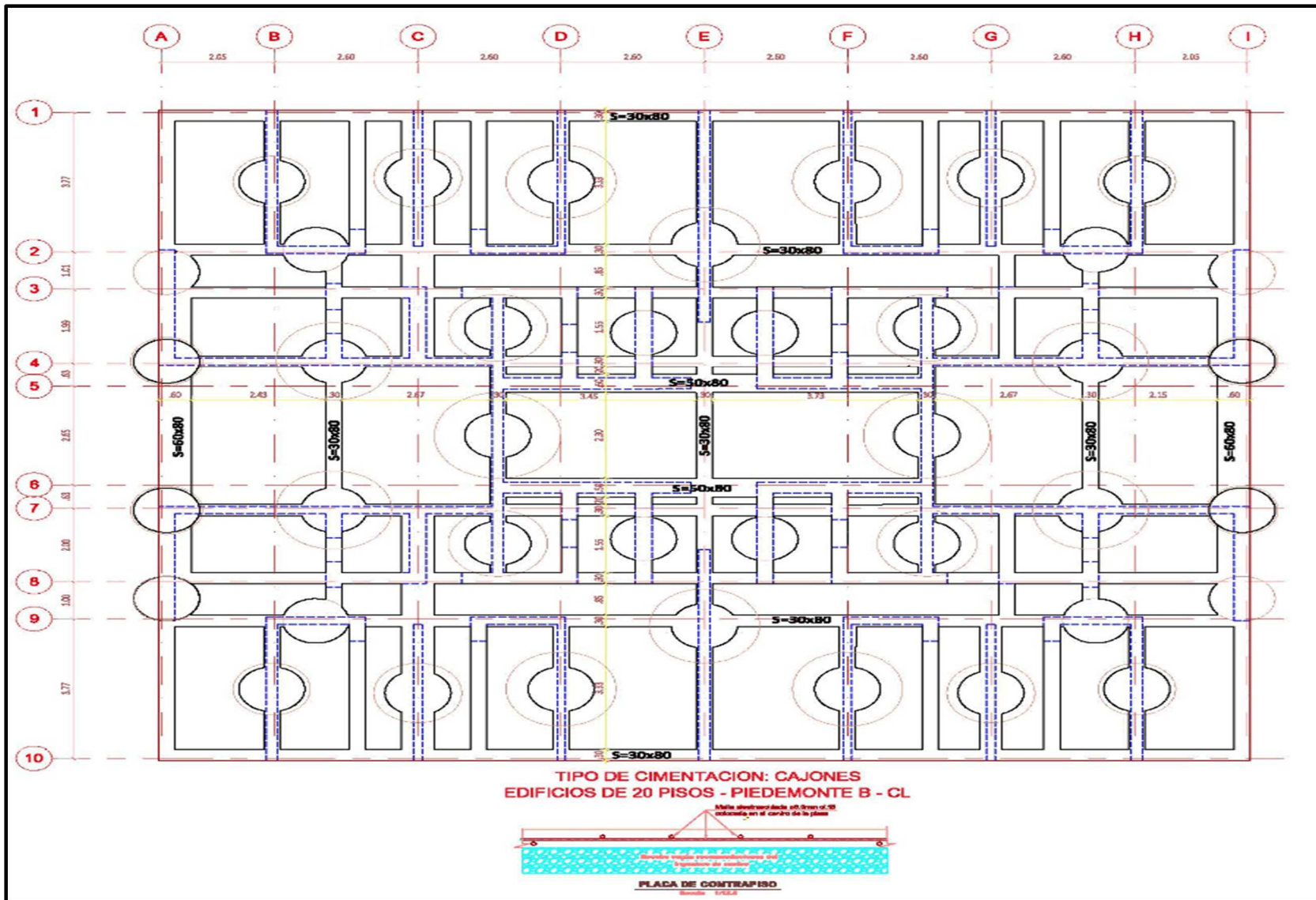


Figura 32. Tipo de cimentación: cajones. Edificio de veinte pisos –Piedemonte B-CL. Elaborada por la autora

## 4. Resultados

A continuación se muestran las convenciones utilizadas en este análisis, con el fin de brindar al lector una forma de identificar e interpretar resultados más fácilmente:

CN: Concreto Normal

CL: Concreto Liviano

% variación (+): Ahorro

% variación (-): Gasto

### 4.1 Tablas resumen de resultados

Tabla 19. Resumen de periodos y aceleraciones espectrales de las diferentes edificaciones.

Edificaciones de 6 pisos									
Periodos	CONCRETO NORMAL		CONCRETO LIVIANO		Aceleración espectral	CONCRETO NORMAL		CONCRETO LIVIANO	
	Lacustre 200	Piedemonte B	Lacustre 200	Piedemonte B		Lacustre 200	Piedemonte B	Lacustre 200	Piedemonte B
$T_x$	0.16	0.16	0.17	0.17	$S_x$	0.45	0.73	0.45	0.73
$T_y$	0.19	0.19	0.21	0.21	$S_y$	0.45	0.73	0.45	0.73

Edificaciones de 14 pisos									
Periodos	CONCRETO NORMAL		CONCRETO LIVIANO		Aceleración espectral	CONCRETO NORMAL		CONCRETO LIVIANO	
	Lacustre 200	Piedemonte B	Lacustre 200	Piedemonte B		Lacustre 200	Piedemonte B	Lacustre 200	Piedemonte B
$T_x$	0.56	0.54	0.64	0.64	$S_x$	0.45	0.73	0.45	0.64
$T_y$	0.74	0.74	0.85	0.89	$S_y$	0.45	0.55	0.45	0.46

Edificaciones de 20 pisos									
Periodos	CONCRETO NORMAL		CONCRETO LIVIANO		Aceleración espectral	CONCRETO NORMAL		CONCRETO LIVIANO	
	Lacustre 200	Piedemonte B	Lacustre 200	Piedemonte B		Lacustre 200	Piedemonte B	Lacustre 200	Piedemonte B
$T_x$	0.78	0.79	0.86	0.88	$S_x$	0.45	0.52	0.45	0.46
$T_y$	0.81	0.82	0.91	0.91	$S_y$	0.45	0.50	0.45	0.45

Nota: Elaborada por la autora

**Tabla 20. Resumen de los pesos de las diferentes edificaciones.**

No. De Pisos	Tipo de Concreto	Ubicación	Peso (ton)	Variación (%)
6	CN	Lacustre 200	1260	22.7%
	CL	Lacustre 200	1027	
	CN	Piedemonte B	1260	22.7%
	CL	Piedemonte B	1027	
14	CN	Lacustre 200	3467	34.4%
	CL	Lacustre 200	2581	
	CN	Piedemonte B	3589	39.1%
	CL	Piedemonte B	2581	
20	CN	Lacustre 200	7260	31.0%
	CL	Lacustre 200	5544	
	CN	Piedemonte B	7260	34.1%
	CL	Piedemonte B	5412	

Nota: Elaborada por la autora

**Tabla 21. Resumen de las cuantías de las placas de entripiso.**

No. De Pisos	Tipo de Concreto	Ubicación	$\rho_{\text{Conc placas}} (m^3/m^2)$	Variación %	$\rho_{\text{Ref placas}} (kg/m^2)$	Variación %	$\rho_{\text{Ref placas}} (kg/m^3)$	Variación %
6	CN	Lacustre 200	0.100	0.0%	3.9	0.0%	38.7	0.0%
	CL	Lacustre 200	0.100		3.9			
	CN	Piedemonte B	0.100	0.0%	3.9	0.0%	38.7	0.0%
	CL	Piedemonte B	0.100		3.9			
14	CN	Lacustre 200	0.100	0.0%	3.9	0.0%	38.7	0.0%
	CL	Lacustre 200	0.100		3.9			
	CN	Piedemonte B	0.100	0.0%	3.9	0.0%	38.7	0.0%
	CL	Piedemonte B	0.100		3.9			
20	CN	Lacustre 200	0.100	0.0%	3.9	0.0%	38.7	0.0%
	CL	Lacustre 200	0.100		3.9			
	CN	Piedemonte B	0.100	0.0%	3.9	0.0%	38.7	0.0%
	CL	Piedemonte B	0.100		3.9			

Nota: Elaborada por la autora



**Tabla 22. Resumen de las cuantías de los muros estructurales**

No. De Pisos	Tipo de Concreto	Ubicación	$\rho_{\text{Conc muros}} \text{ (m}^3/\text{m}^2\text{)}$	Variación %	$\rho_{\text{Ref muros}} \text{ (kg/m}^2\text{)}$	Variación %	$\rho_{\text{Ref muros}} \text{ (kg/m}^3\text{)}$	Variación %
6	CN	Lacustre 200	0.176	0.0%	6.28	-1.8%	35.8	-1.8%
	CL	Lacustre 200	0.176		6.39		36.4	
	CN	Piedemonte B	0.176	0.0%	7.42	0.3%	42.3	0.3%
	CL	Piedemonte B	0.176		7.40		42.2	

No. De Pisos	Tipo de Concreto	Ubicación	$\rho_{\text{Conc muros}} \text{ (m}^3/\text{m}^2\text{)}$	$\rho_{\text{Conc muros}} \text{ (m}^3/\text{m}^2\text{)}$	$\rho_{\text{Conc muros}} \text{ (m}^3/\text{m}^2\text{)}$	$\rho_{\text{Conc muros}} \text{ (m}^3/\text{m}^2\text{)}$	Variación %	$\rho_{\text{Ref muros}} \text{ (kg/m}^2\text{)}$	Variación %	$\rho_{\text{Ref muros}} \text{ (kg/m}^3\text{)}$	Variación %
			f'c =35 MPa	f'c =28 MPa	f'c =21 MPa	Total					
14	CN	Lacustre 200	0.052	0.035	0.145	0.232	17.4%	13.5	21.1%	58.2	3.1%
	CL	Lacustre 200	0.013	0.002	0.182	0.197		11.1		56.4	
	CN	Piedemonte B	0.061	0.041	0.146	0.248	25.4%	18.7	54.6%	75.7	23.2%
	CL	Piedemonte B	0.013	0.002	0.182	0.197		12.1		61.4	

No. De Pisos	Tipo de Concreto	Ubicación	$\rho_{\text{Conc muros}} \text{ (m}^3/\text{m}^2\text{)}$	$\rho_{\text{Conc muros}} \text{ (m}^3/\text{m}^2\text{)}$	$\rho_{\text{Conc muros}} \text{ (m}^3/\text{m}^2\text{)}$	$\rho_{\text{Conc muros}} \text{ (m}^3/\text{m}^2\text{)}$	Variación %	$\rho_{\text{Ref muros}} \text{ (kg/m}^2\text{)}$	Variación %	$\rho_{\text{Ref muros}} \text{ (kg/m}^3\text{)}$	Variación %
			f'c =35 MPa	f'c =28 MPa	f'c =21 MPa	Total					
20	CN	Lacustre 200	0.007	0.093	0.277	0.377	5.1%	21.6	18.8%	57.3	13.0%
	CL	Lacustre 200	0.000	0.006	0.353	0.358		18.2		50.7	
	CN	Piedemonte B	0.007	0.039	0.331	0.377	9.0%	22.6	30.1%	60.0	19.3%
	CL	Piedemonte B	0.000	0.007	0.339	0.346		17.4		50.2	

Nota: Elaborada por la autora

En cuanto a las cuantías de volumen de concreto de los muros, se afectaron por un factor, con el fin de tener en cuenta el suministro del concreto; este factor representa las diferencias de precios de los concretos dependiendo del valor de la resistencia a la compresión, se tomó como referencia el precio del concreto de 21 MPa con un factor de 1.0 y se variaron los demás dependiendo de la relación de los mismos así:

**Tabla 23. Relación entre el precio de los concretos dependiendo la resistencia a la compresión, con respecto al concreto de 21 MPa.**

Resistencia a compresión	Precio (\$/m <sup>3</sup> )	Relación
21 MPa	\$ 374,692	1
28 MPa	\$ 397,196	1.06
35 MPa	\$ 457,956	1.22

Nota: Elaborada por la autora. Precios de los concretos en Bogotá, consultados en: [www.construdata.com/insumos](http://www.construdata.com/insumos) el día 03 del mes de Mayo de 2016.

Tabla 24. Resumen de las cuantías de los muros estructurales teniendo en cuenta el suministro del concreto.

No. De Pisos	Tipo de Concreto	Ubicación	$\rho_{\text{Conc muros}} (m^3/m^2)$ - Teniendo en cuenta el suministro del Concreto				Variación %
			$f'c = 35 \text{ MPa}$	$f'c = 28 \text{ MPa}$	$f'c = 21 \text{ MPa}$	Total	
14	CN	Lacustre 200	0.063	0.037	0.145	0.245	22.5%
	CL	Lacustre 200	0.015	0.002	0.182	0.200	
	CN	Piedemonte B	0.075	0.043	0.146	0.264	31.6%
	CL	Piedemonte B	0.015	0.002	0.182	0.200	

No. De Pisos	Tipo de Concreto	Ubicación	$\rho_{\text{Conc muros}} (m^3/m^2)$ - Teniendo en cuenta el suministro del Concreto				Variación %
			$f'c = 35 \text{ MPa}$	$f'c = 28 \text{ MPa}$	$f'c = 21 \text{ MPa}$	Total	
20	CN	Lacustre 200	0.008	0.098	0.277	0.384	7.0%
	CL	Lacustre 200	0.000	0.006	0.353	0.359	
	CN	Piedemonte B	0.008	0.041	0.331	0.381	10.0%
	CL	Piedemonte B	0.000	0.007	0.339	0.346	

Nota: Elaborada por la autora

Tabla 25. Resumen de las cuantías de las cimentaciones.

Edificaciones de 6 pisos									
Tipo de Concreto	Ubicación	$\rho_{\text{Conc total}} (m^3/m^2)$	Variación %	$\rho_{\text{Ref total}} (kg/m^2)$	Variación %	$\rho_{\text{Ref total}} (kg/m^3)$	Variación %	No. De Pilotes	Resistencia a la compresión de los pilotes (Mpa)
CN	Lacustre 200	0.4254	19.2%	32.4	8.6%	76.2	-8.9%	26	17.5
CL	Lacustre 200	0.3569		29.8		83.6		26	17.5
Tipo de Concreto	Ubicación	$\rho_{\text{Conc total}} (m^3/m^2)$	Variación %	$\rho_{\text{Ref total}} (kg/m^2)$	Variación %	$\rho_{\text{Ref total}} (kg/m^3)$	Variación %	N/A	N/A
CN	Piedemonte B	0.3110	28.7%	22.5	15.8%	72.2	-10.1%		
CL	Piedemonte B	0.2416		19.4		80.3			
Edificaciones de 14 pisos									
Tipo de Concreto	Ubicación	$\rho_{\text{Conc total}} (m^3/m^2)$	Variación %	$\rho_{\text{Ref total}} (kg/m^2)$	Variación %	$\rho_{\text{Ref total}} (kg/m^3)$	Variación %	No. De Pilotes	Resistencia a la compresión de los pilotes (Mpa)
CN	Lacustre 200	2.4983	21.8%	89.2	20.6%	35.7	-1.0%	54	21
CL	Lacustre 200	2.0506		73.9		36.1		50	17.5
Tipo de Concreto	Ubicación	$\rho_{\text{Conc total}} (m^3/m^2)$	Variación %	$\rho_{\text{Ref total}} (kg/m^2)$	Variación %	$\rho_{\text{Ref total}} (kg/m^3)$	Variación %	N/A	Resistencia a la compresión de los caissons (Mpa)
CN	Piedemonte B	1.2809	5.0%	78.6	7.0%	61.3	1.9%		17.5
CL	Piedemonte B	1.2196		73.4		60.2			17.5
Edificaciones de 20 pisos									
Tipo de Concreto	Ubicación	$\rho_{\text{Conc total}} (m^3/m^2)$	Variación %	$\rho_{\text{Ref total}} (kg/m^2)$	Variación %	$\rho_{\text{Ref total}} (kg/m^3)$	Variación %	No. De Pilotes	Resistencia a la compresión de los pilotes (Mpa)
CN	Lacustre 200	3.3865	9.0%	123.3	14.5%	36.4	5.0%	40	35
CL	Lacustre 200	3.1059		107.7		34.7		44	28
Tipo de Concreto	Ubicación	$\rho_{\text{Conc total}} (m^3/m^2)$	Variación %	$\rho_{\text{Ref total}} (kg/m^2)$	Variación %	$\rho_{\text{Ref total}} (kg/m^3)$	Variación %	N/A	Resistencia a la compresión de los caissons (Mpa)
CN	Piedemonte B	2.6391	1.8%	91.2	1.6%	34.5	-0.2%		17.5
CL	Piedemonte B	2.5914		89.7		34.6			17.5

Nota: Elaborada por la autora

**Tabla 26. Resumen de los volúmenes de concreto y peso del refuerzo.**

ELEMENTO	CONC. NORMAL - 6 PISOS - LAC 200				CONC. LIVIANO - 6 PISOS - LAC 200				CONC. NORMAL - 6 PISOS - PIED B				CONC. LIVIANO - 6 PISOS - PIED B			
	m <sup>3</sup>	%	kg	%	m <sup>3</sup>	%	kg	%	m <sup>3</sup>	%	kg	%	m <sup>3</sup>	%	kg	%
Muros	262.0	62%	9,369.3	45%	262.0	65%	9,540.6	47%	262.0	68%	11,079.0	57%	262.0	72%	11,041.9	60%
Placas	23.7	6%	918.8	4%	23.7	6%	918.8	5%	23.7	6%	918.8	5%	23.7	7%	918.8	5%
Cimentación	138.6	33%	10,552.2	51%	116.3	29%	9,719.0	48%	101.3	26%	7,314.0	38%	78.7	22%	6,317.0	35%
<b>TOTAL</b>	<b>424.3</b>	<b>100%</b>	<b>20,840.3</b>	<b>100%</b>	<b>401.9</b>	<b>100%</b>	<b>20,178.4</b>	<b>100%</b>	<b>387.0</b>	<b>100%</b>	<b>19,311.8</b>	<b>100%</b>	<b>364.4</b>	<b>100%</b>	<b>18,277.8</b>	<b>100%</b>

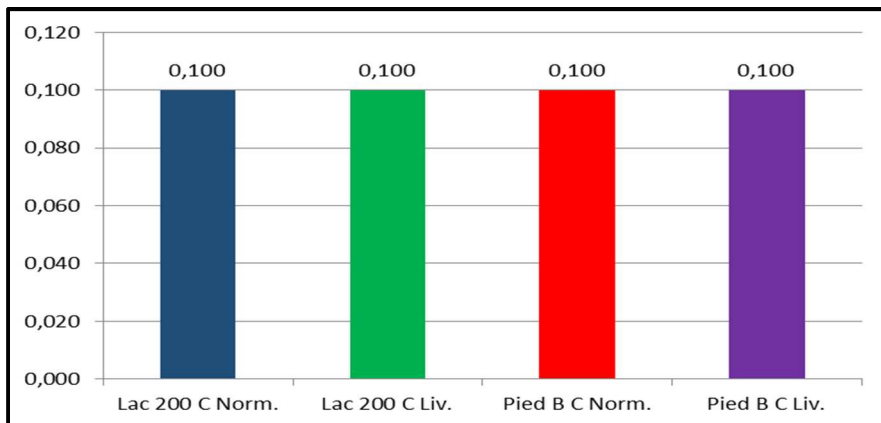
ELEMENTO	CONC. NORMAL - 14 PISOS - LAC 200				CONC. LIVIANO - 14 PISOS - LAC 200				CONC. NORMAL - 14 PISOS - PIED B				CONC. LIVIANO - 14 PISOS - PIED B			
	m <sup>3</sup>	%	kg	%	m <sup>3</sup>	%	kg	%	m <sup>3</sup>	%	kg	%	m <sup>3</sup>	%	kg	%
Muros	806.8	49%	46,940.2	61%	687.2	50%	38,762.5	61%	861.9	66%	65,266.6	71%	687.2	62%	42,227.0	63%
Placas	23.7	1%	918.8	1%	23.7	2%	918.8	1%	23.7	2%	918.8	1%	23.7	2%	918.8	1%
Cimentación	813.7	49%	29,053.0	38%	667.9	48%	24,081.0	38%	417.2	32%	25,587.0	28%	397.2	36%	23,915.0	36%
<b>TOTAL</b>	<b>1,644.2</b>	<b>100%</b>	<b>76,912.0</b>	<b>100%</b>	<b>1,378.8</b>	<b>100%</b>	<b>63,762.3</b>	<b>100%</b>	<b>1,302.8</b>	<b>100%</b>	<b>91,772.4</b>	<b>100%</b>	<b>1,108.1</b>	<b>100%</b>	<b>67,060.8</b>	<b>100%</b>

ELEMENTO	CONC. NORMAL - 20 PISOS - LAC 200				CONC. LIVIANO - 20 PISOS - LAC 200				CONC. NORMAL - 20 PISOS - PIED B				CONC. LIVIANO - 20 PISOS - PIED B			
	m <sup>3</sup>	%	kg	%	m <sup>3</sup>	%	kg	%	m <sup>3</sup>	%	kg	%	m <sup>3</sup>	%	kg	%
Muros	2,059.2	63%	117,926.3	73%	1,958.9	64%	99,290.7	72%	2,059.2	69%	123,491.0	79%	1,888.4	67%	94,888.1	75%
Placas	26.2	1%	1,013.9	1%	26.2	1%	1,013.9	1%	26.2	1%	1,013.9	1%	26.2	1%	1,013.9	1%
Cimentación	1,178.2	36%	42,895.0	27%	1,080.6	35%	37,457.0	27%	918.2	31%	31,719.0	20%	901.6	32%	31,219.0	25%
<b>TOTAL</b>	<b>3,263.6</b>	<b>100%</b>	<b>161,835.2</b>	<b>100%</b>	<b>3,065.7</b>	<b>100%</b>	<b>137,761.6</b>	<b>100%</b>	<b>3,003.6</b>	<b>100%</b>	<b>156,223.9</b>	<b>100%</b>	<b>2,816.1</b>	<b>100%</b>	<b>127,121.0</b>	<b>100%</b>

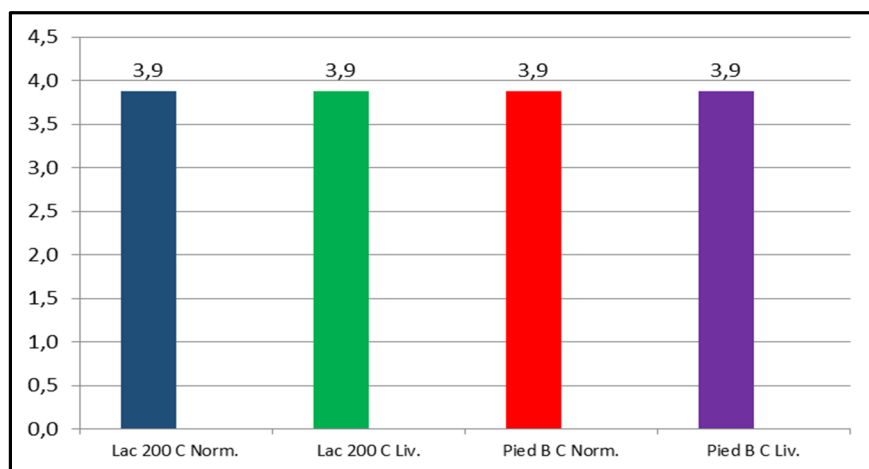
Nota: Elaborada por la autora

#### 4.2 Resultados en las placas de entripiso

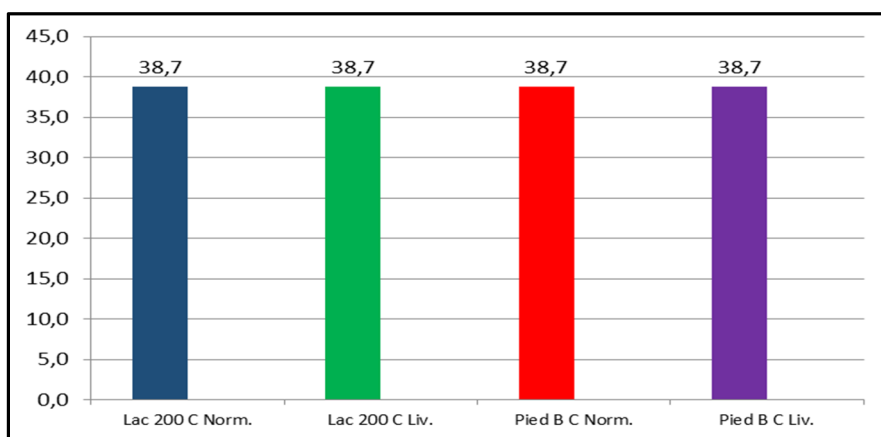
De acuerdo con el apartado 3.8, se muestran a continuación los resultados obtenidos en las placas de entripiso, los cuales aplican para las edificaciones de 6, 14 y 20 pisos ya que el diseño fue gobernado por cuantía mínima independientemente del tipo de concreto utilizado, tipo de suelo y configuración geométrica.



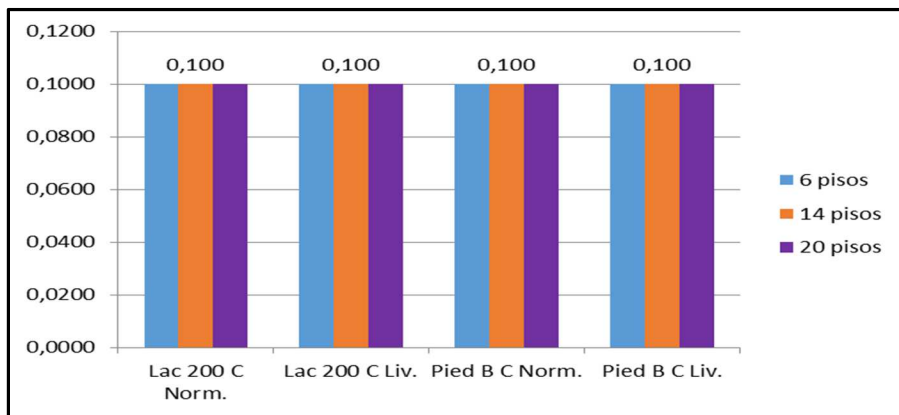
**Figura 33. Edificaciones de 6, 14 y 20 pisos de altura - Cuantía de concreto de las placas m³/m². Elaborada por la autora**



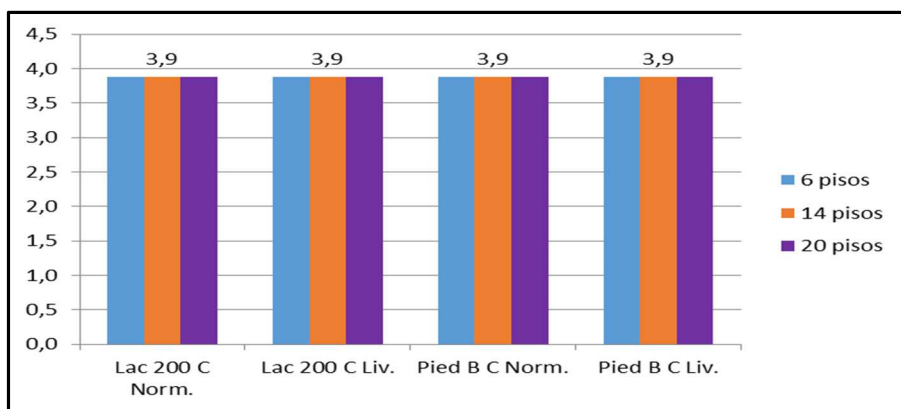
**Figura 34. Edificaciones de 6, 14 y 20 pisos de altura - Cuantía de acero de las placas kg/m². Elaborada por la autora**



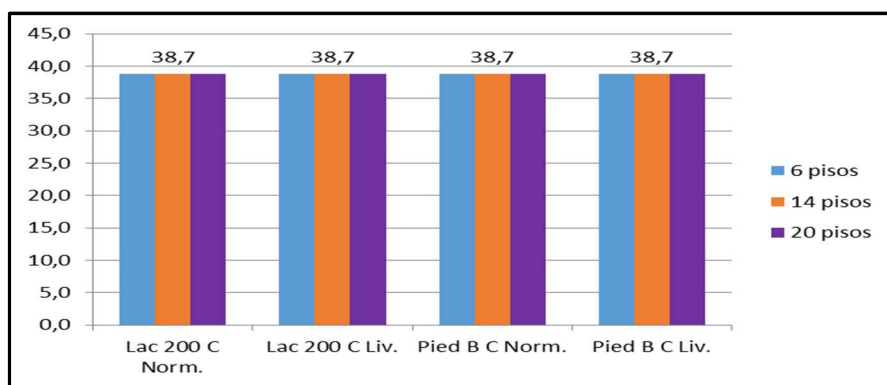
**Figura 35. Edificaciones de 6, 14 y 20 pisos de altura - Cuantía de acero de las placas kg/m³. Elaborada por la autora**



**Figura 36.** Comparación gráfica de las cuantías de concreto  $m^3/m^2$  de las placas en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura. Elaborada por la autora

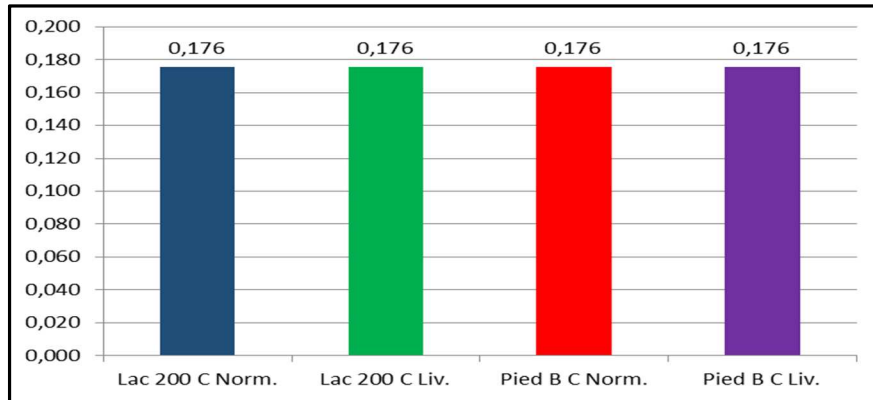


**Figura 37.** Comparación gráfica de las cuantías de acero  $kg/m^2$  de los placas en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura. Elaborada por la autora

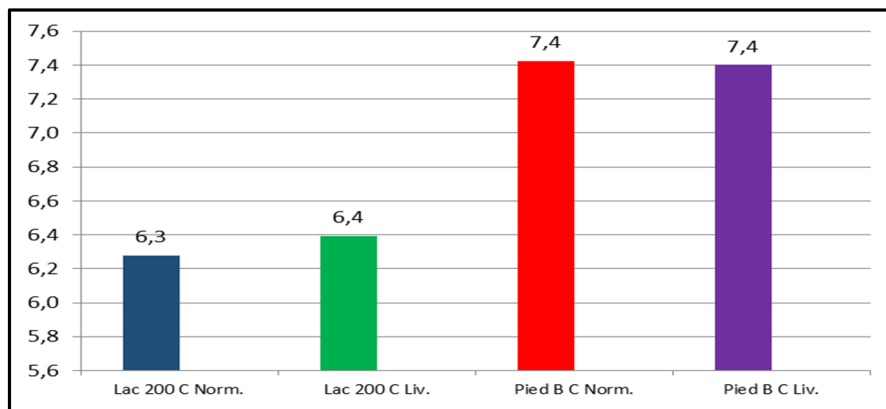


**Figura 38.** Comparación gráfica de las cuantías de acero  $kg/m^3$  de las placas en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura. Elaborada por la autora

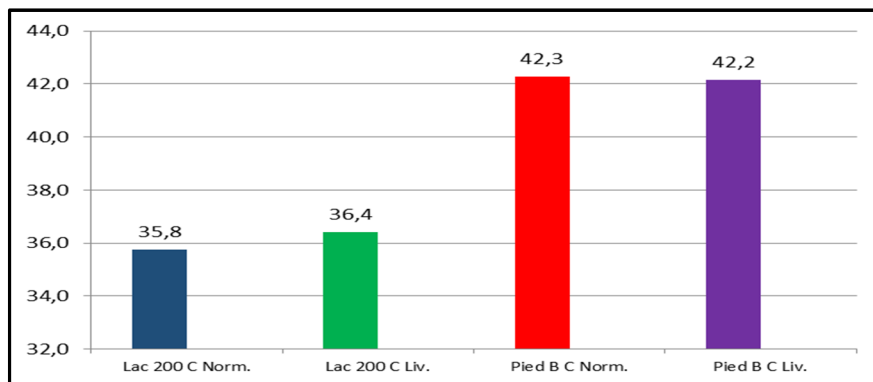
### 4.3 Resultados obtenidos para las estructuras de 6 pisos



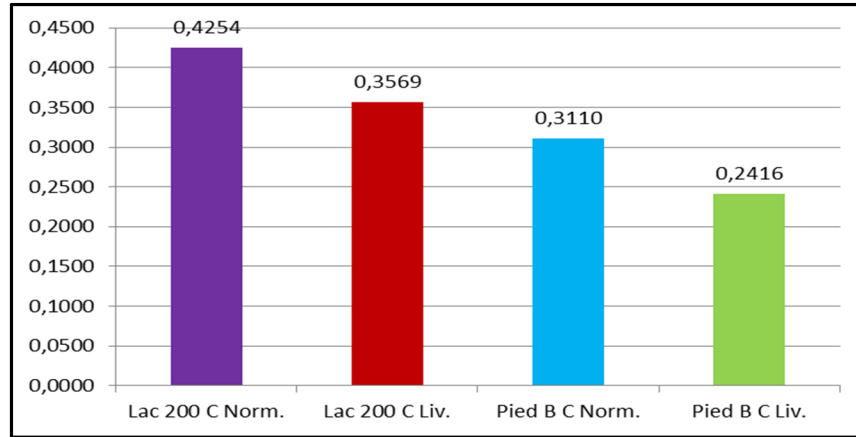
**Figura 39. Edificación de 6 pisos de altura - Cuantía de concreto de los muros m³/m².** Elaborada por la autora



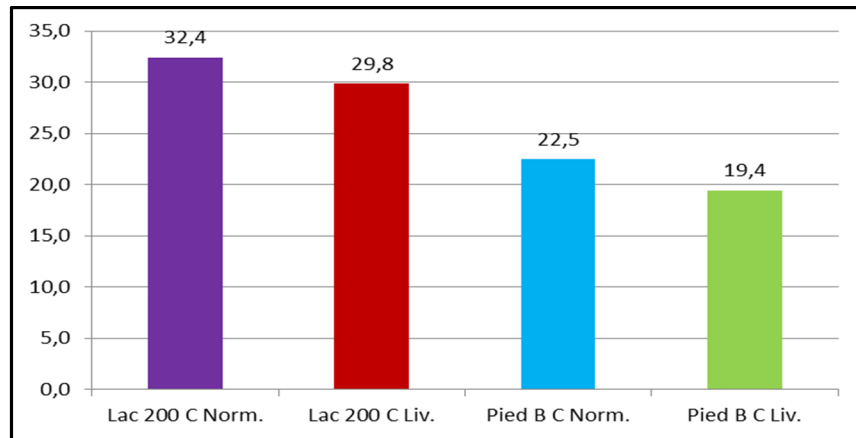
**Figura 40. Edificación de 6 pisos de altura - Cuantía de acero de los muros kg/m².** Elaborada por la autora



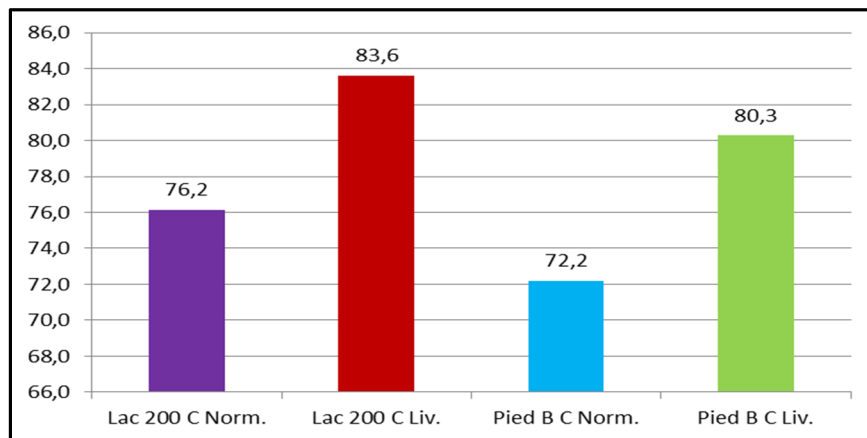
**Figura 41. Edificación de 6 pisos de altura - Cuantía de acero de los muros kg/m³.** Elaborada por la autora



**Figura 42. Edificación de 6 pisos de altura - Cuantía de concreto de la cimentación m³/m².** Elaborada por la autora

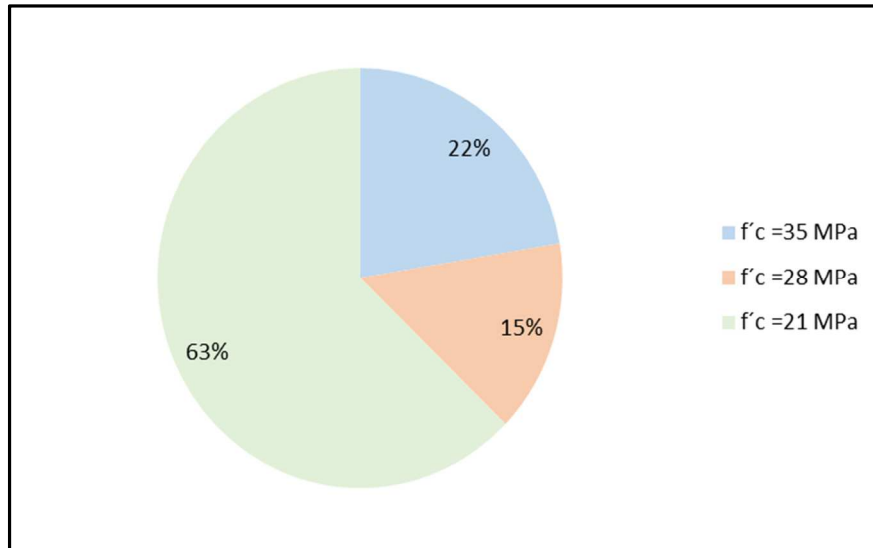


**Figura 43. Edificación de 6 pisos de altura - Cuantía de acero de la cimentación kg/m².** Elaborada por la autora

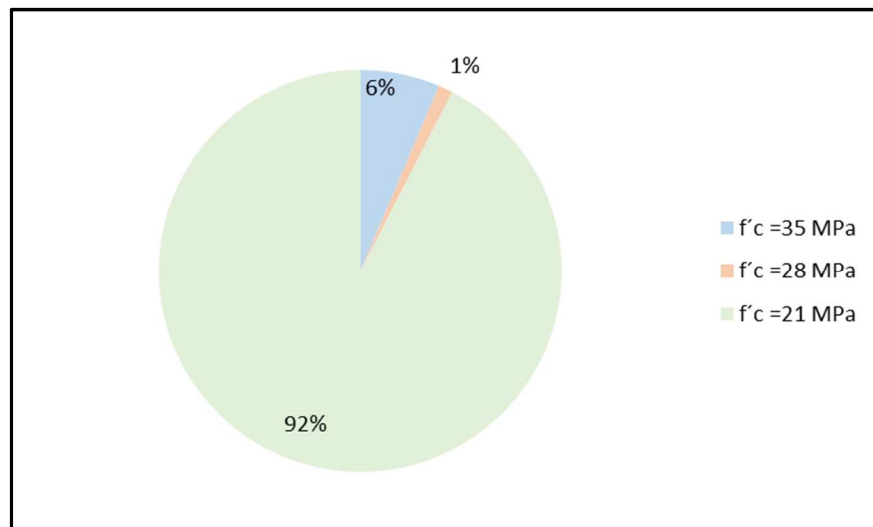


**Figura 44. Edificación de 6 pisos de altura - Cuantía de acero de la cimentación kg/m³.** Elaborada por la autora

#### 4.4 Resultados obtenidos para las estructuras de 14 pisos

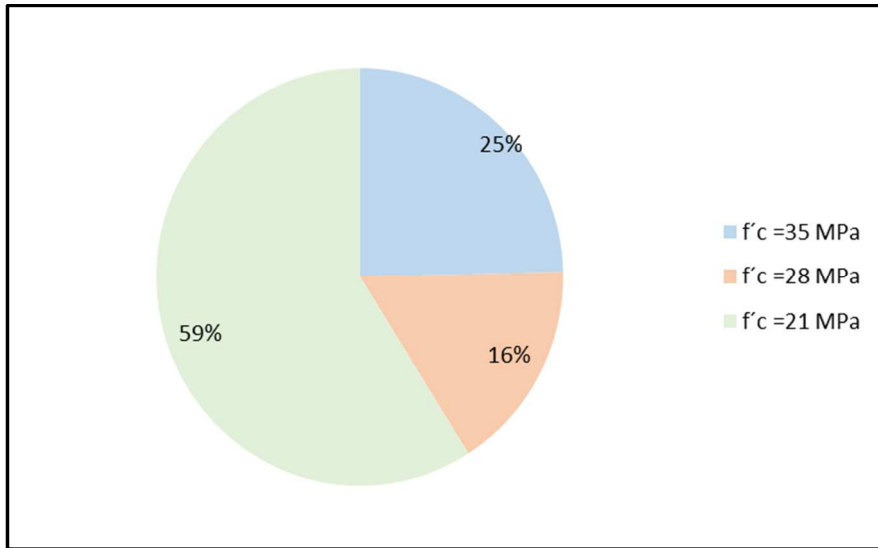


*Figura 45.* Porcentaje de participación de los concretos de diferente resistencia a la compresión en los muros de la edificación de 14 pisos de altura en Lacustre 200 con concreto normal. Elaborada por la autora

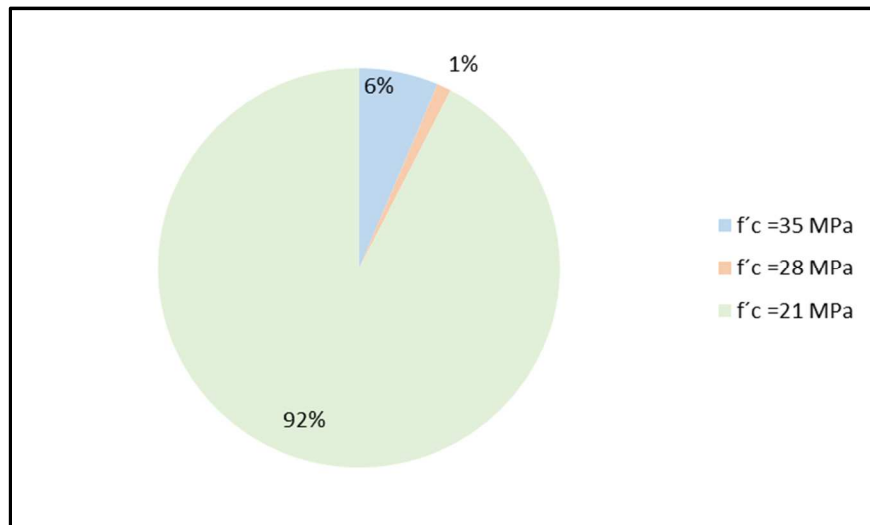


*Figura 46.* Porcentaje de participación de los concretos de diferente resistencia a la compresión en los muros de la edificación de 14 pisos de altura en Lacustre 200 con concreto liviano. Elaborada por la autora

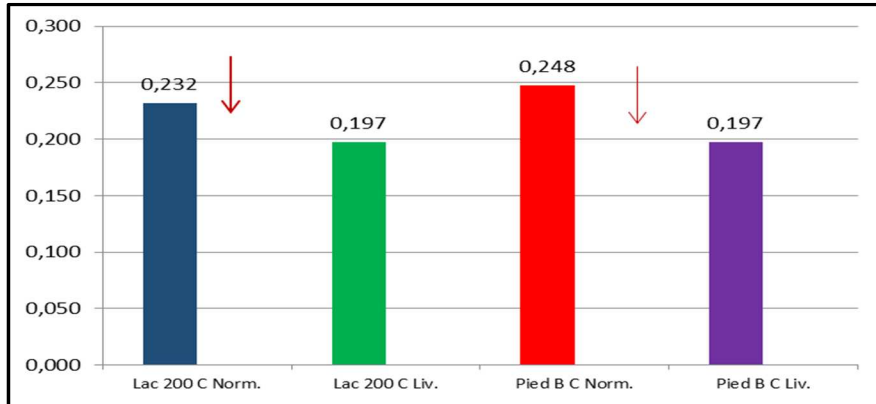




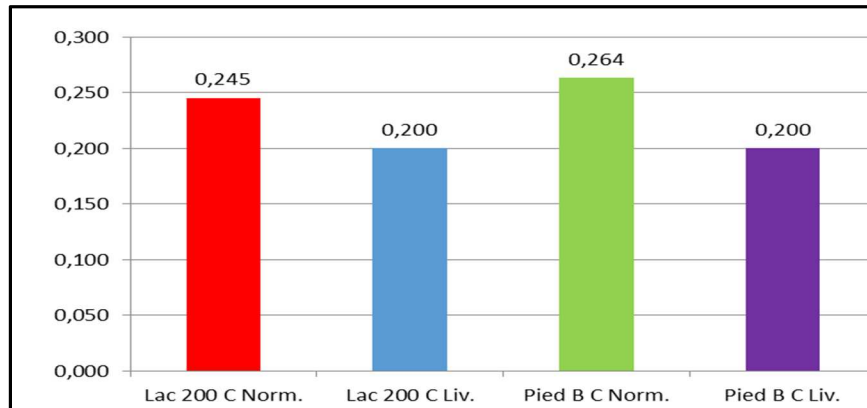
**Figura 47. Porcentaje de participación de los concretos de diferente resistencia a la compresión en los muros de la edificación de 14 pisos de altura en Piedemonte B con concreto normal.** Elaborada por la autora



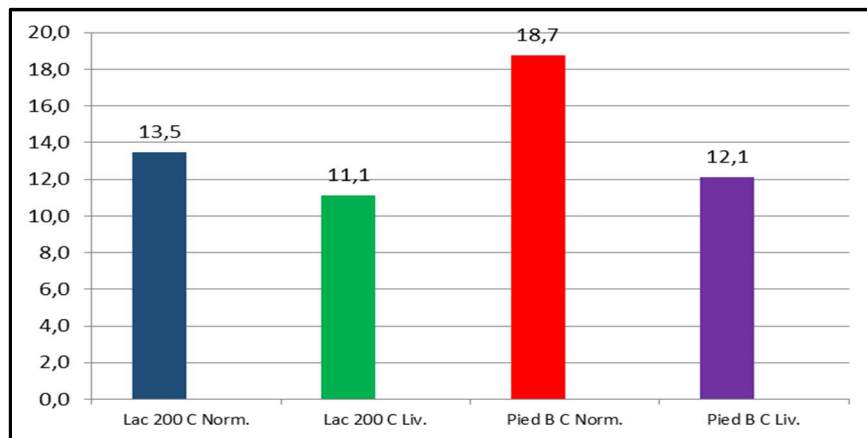
**Figura 48. Porcentaje de participación de los concretos de diferente resistencia a la compresión en los muros de la edificación de 14 pisos de altura en Piedemonte B con concreto liviano.** Elaborada por la autora



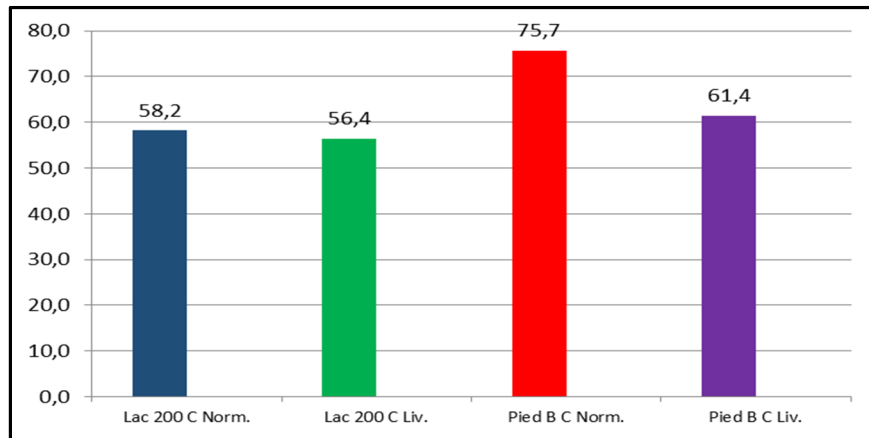
**Figura 49. Edificación de 14 pisos de altura – Cuantía total de concreto de los muros m³/m².** Elaborada por la autora



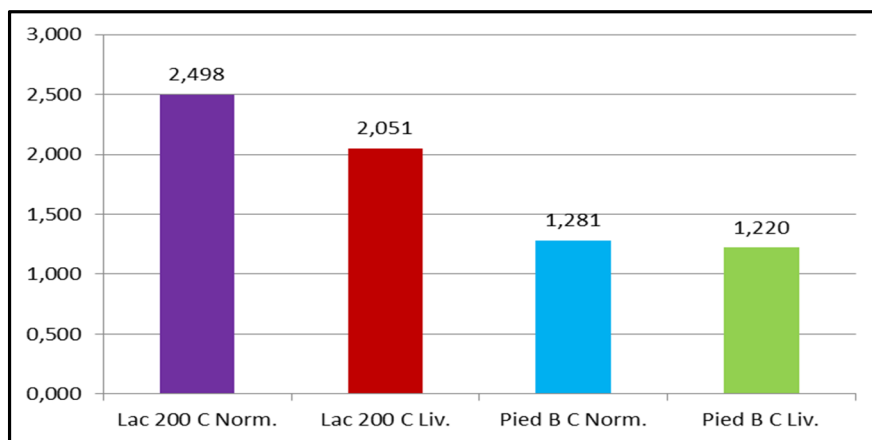
**Figura 50. Cuantías de los muros m³/m² teniendo en cuenta el suministro del concreto en las edificaciones de 14 pisos.** Elaborada por la autora



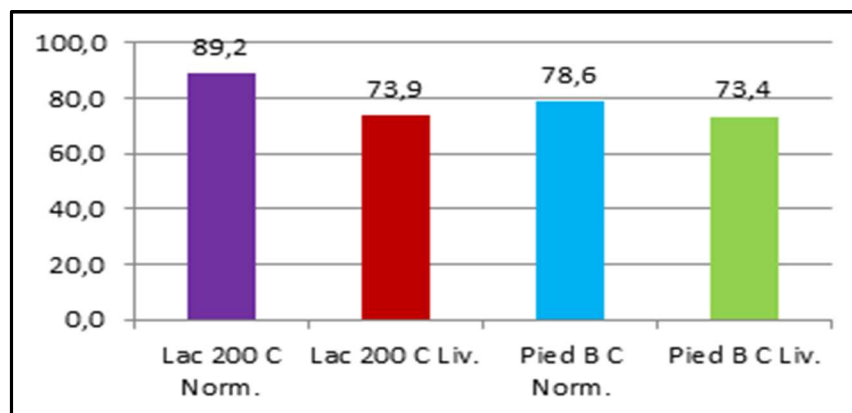
**Figura 51. Edificación de 14 pisos de altura - Cuantía de acero de los muros kg/m².** Elaborada por la autora



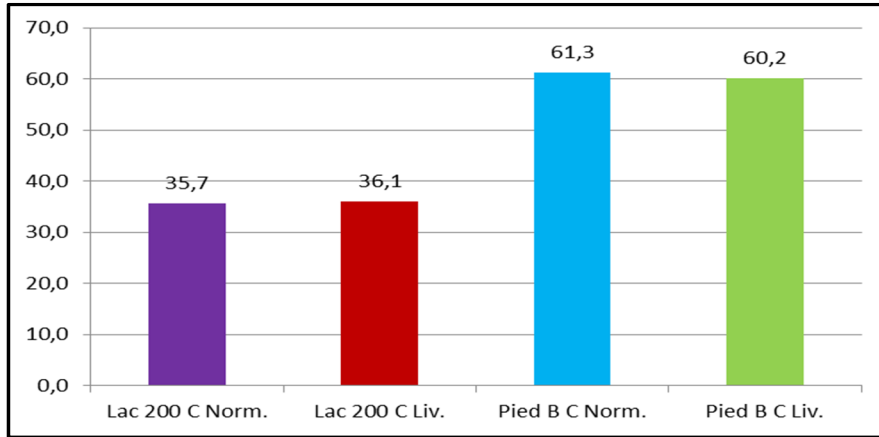
**Figura 52. Edificación de 14 pisos de altura - Cuantía de acero de los muros kg/m<sup>3</sup>.** Elaborada por la autora



**Figura 53. Edificación de 14 pisos de altura - Cuantía de concreto de la cimentación m³/m².** Elaborada por la autora

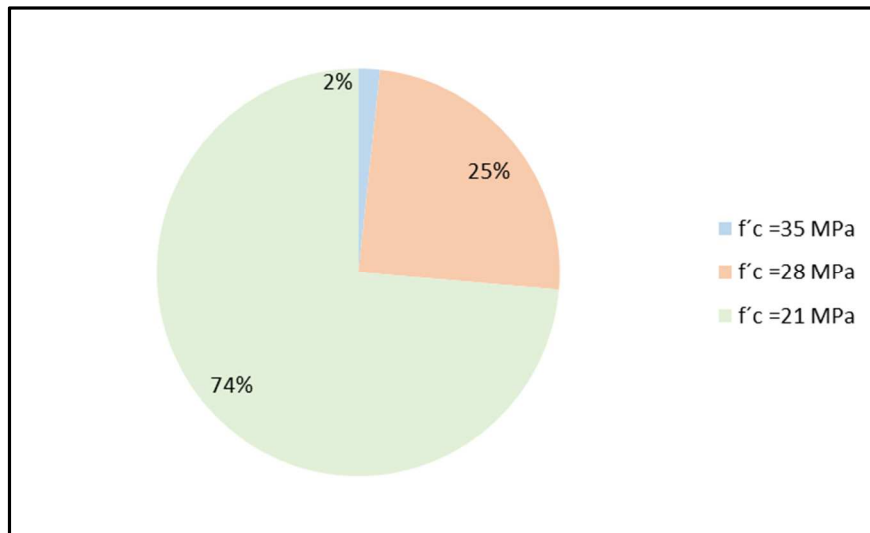


**Figura 54. Edificación de 14 pisos de altura - Cuantía de acero de la cimentación kg/m².** Elaborada por la autora

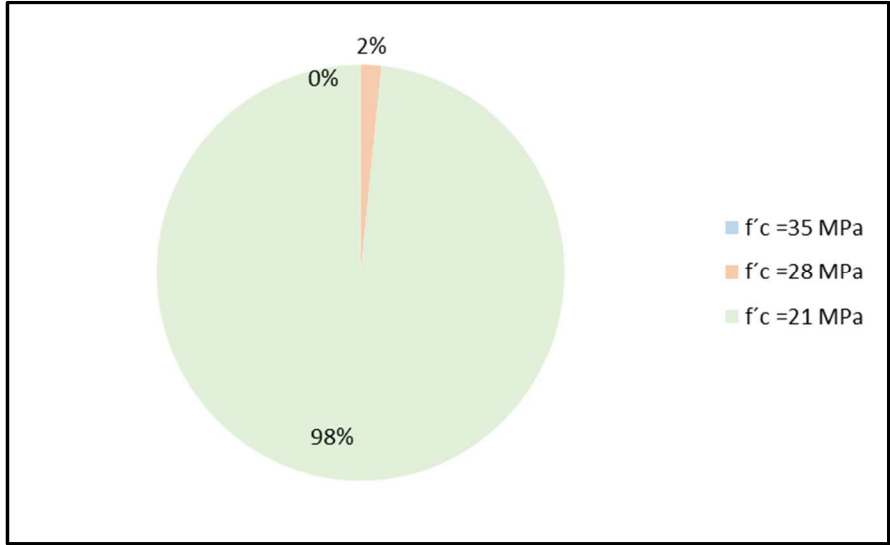


**Figura 55. Edificación de 14 pisos de altura - Cuántía de acero de la cimentación kg/m<sup>3</sup>.** Elaborada por la autora

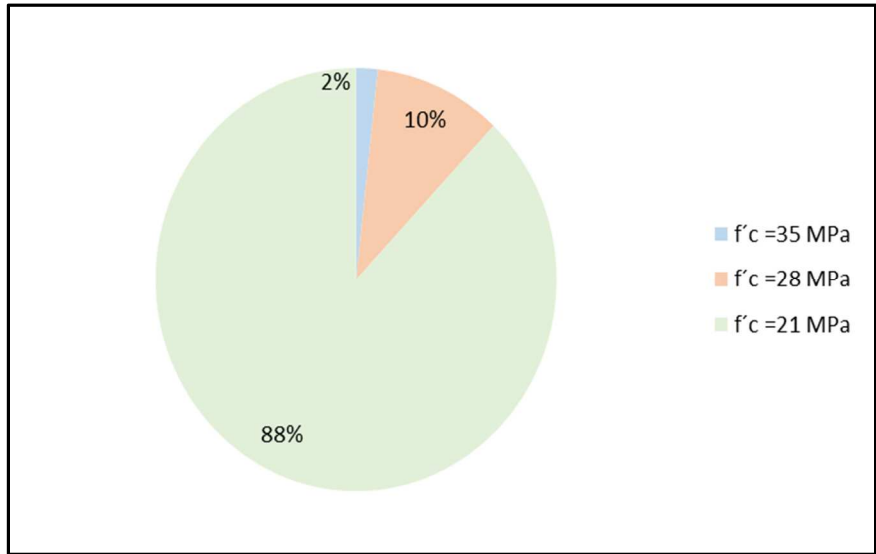
#### 4.5 Resultados obtenidos para las estructuras de 20 pisos



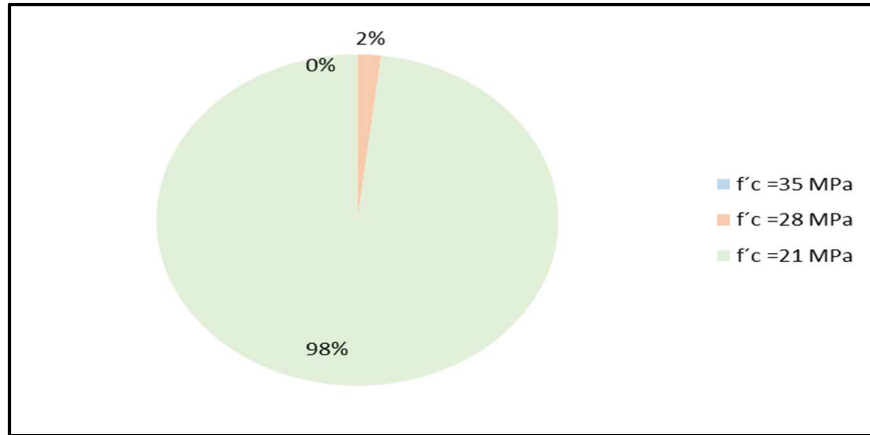
**Figura 56. Porcentaje de participación de los concretos de diferente resistencia a la compresión en los muros de la edificación de 20 pisos de altura en Lacustre 200 con concreto normal.** Elaborada por la autora



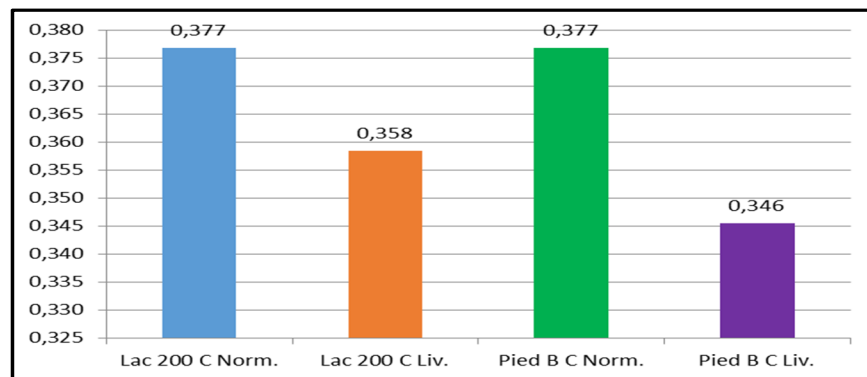
**Figura 57. Porcentaje de participación de los concretos de diferente resistencia a la compresión en los muros de la edificación de 20 pisos de altura en Lacustre 200 con concreto liviano.** Elaborada por la autora



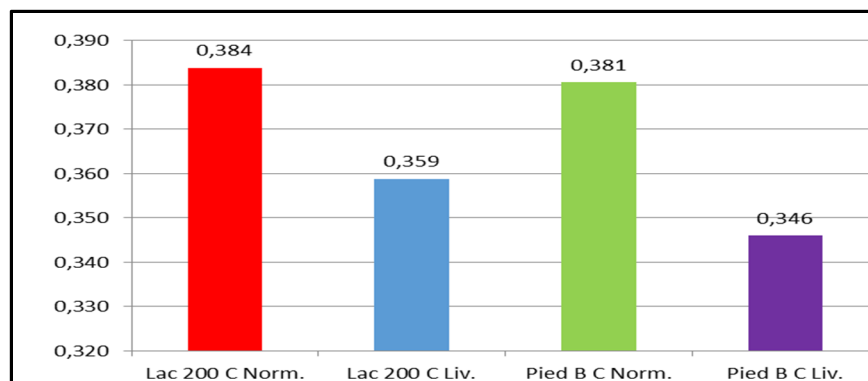
**Figura 58. Porcentaje de participación de los concretos de diferente resistencia a la compresión en los muros de la edificación de 20 pisos de altura en Piedemonte B con concreto normal.** Elaborada por la autora



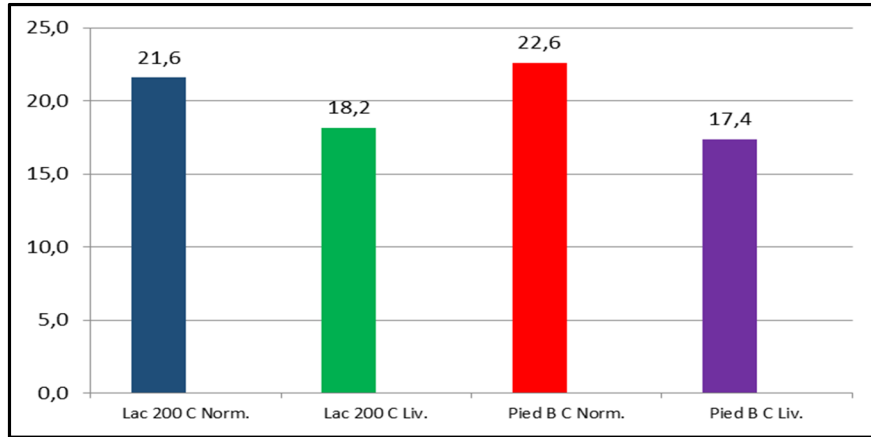
**Figura 59.** Porcentaje de participación de los concretos de diferente resistencia a la compresión en los muros de la edificación de 20 pisos de altura en Piedemonte B con concreto liviano. Elaborada por la autora



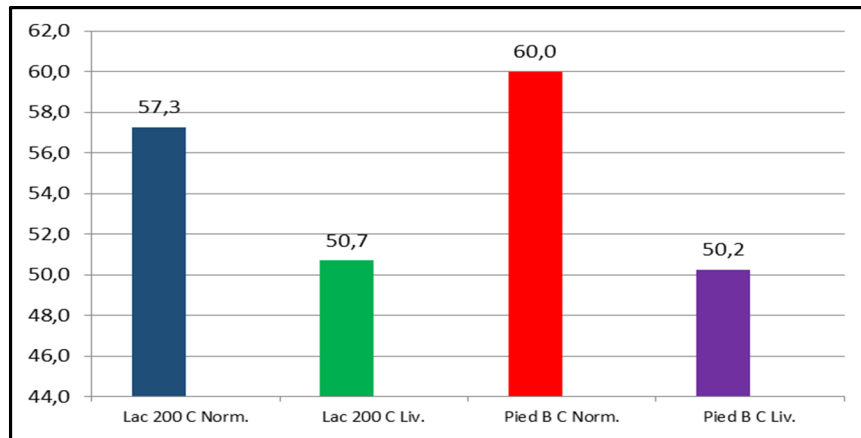
**Figura 60.** Edificación de 20 pisos de altura – Cuantía total de concreto de los muros m³/m². Elaborada por la autora



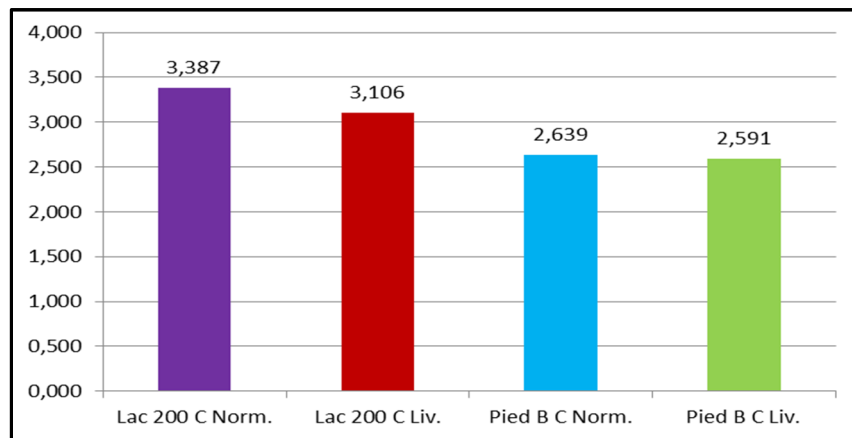
**Figura 61.** Grafica de las cuantías de los muros m³/m² teniendo en cuenta el suministro del concreto en las edificaciones de 20 pisos. Elaborada por la autora



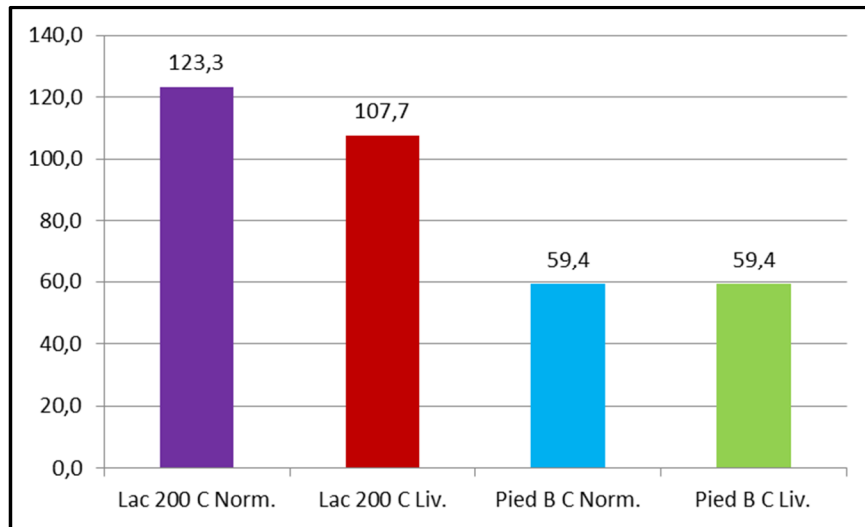
**Figura 62. Edificación de 20 pisos de altura –Cuantía de acero de los muros kg/m<sup>2</sup>** Elaborada por la autora



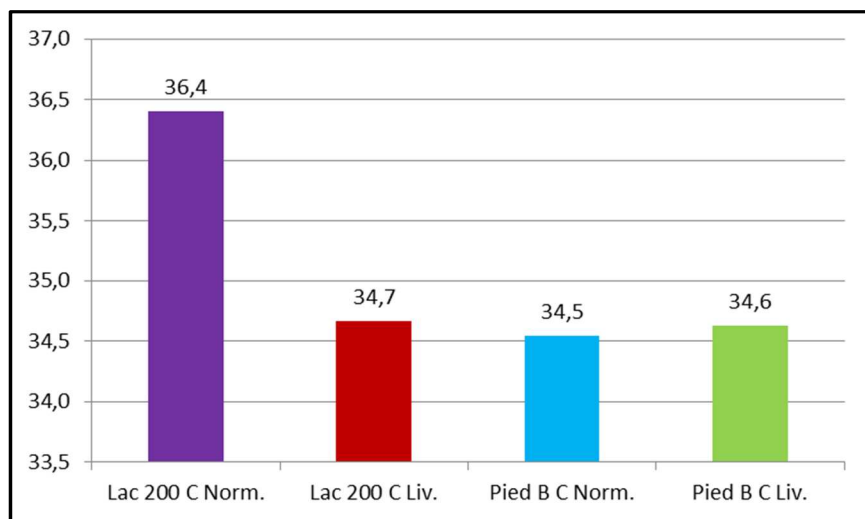
**Figura 63. Edificación de 20 pisos de altura – Cuantía de concreto de los muros kg/m<sup>3</sup>.** Elaborada por la autora



**Figura 64. Edificación de 20 pisos de altura - Cuantía de concreto de la cimentación m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.** Elaborada por la autora



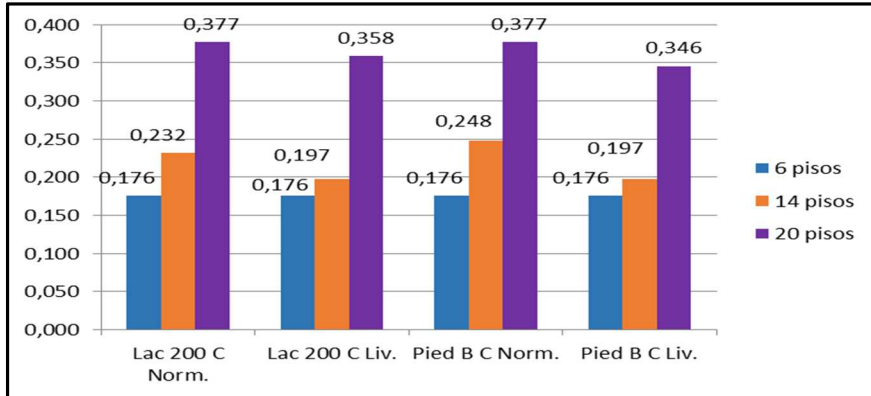
**Figura 65. Edificación de 20 pisos de altura - Cuantía de acero de la cimentación kg/m<sup>2</sup>.** Elaborada por la autora



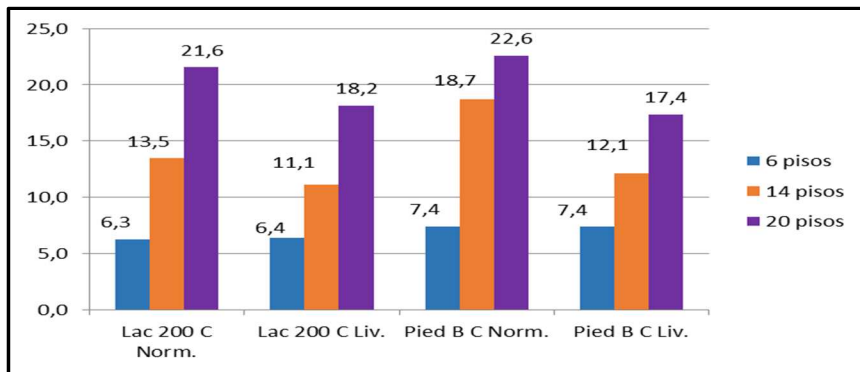
**Figura 66. Edificación de 20 pisos de altura - Cuantía de acero de la cimentación kg/m<sup>3</sup>.** Elaborada por la autora



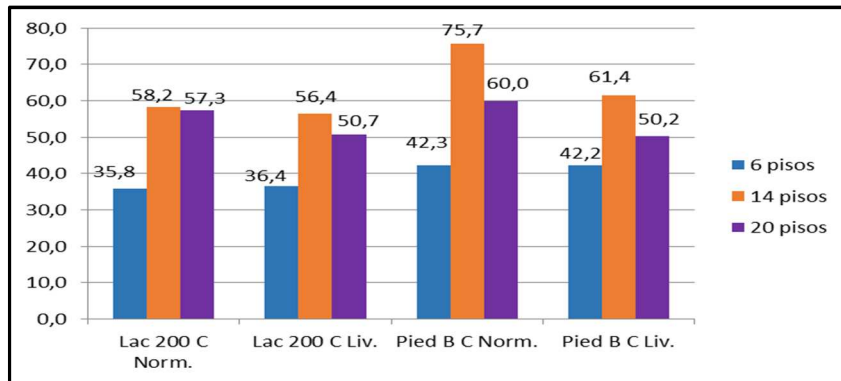
**4.6 Gráficas comparativas de los resultados obtenidos de cuantías entre las estructuras analizadas**



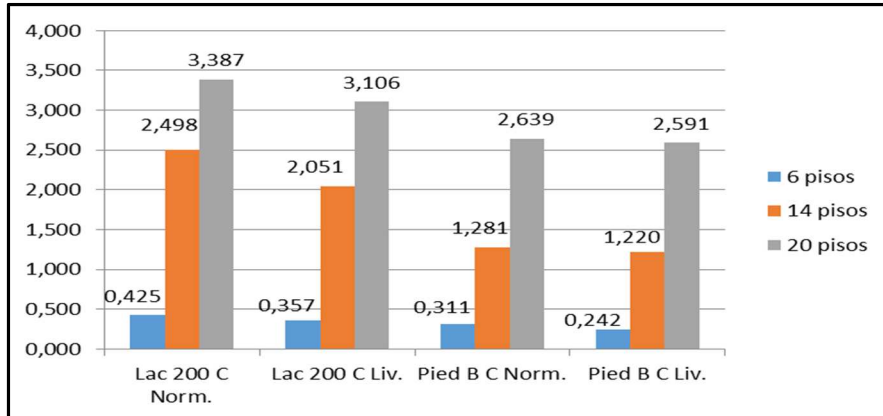
**Figura 67. Comparación Gráfica de las cuantías de concreto  $m^3/m^2$  de los muros en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura.**  
Elaborada por la autora



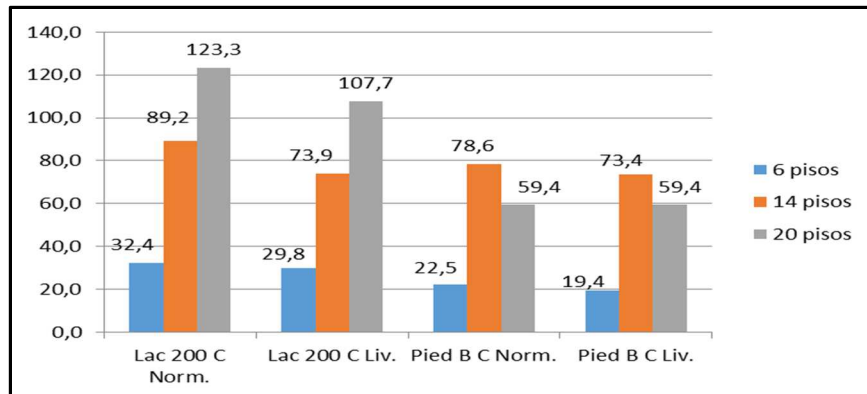
**Figura 68. Comparación Gráfica de las cuantías de acero  $kg/m^2$  de los muros en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura.**  
Elaborada por la autora



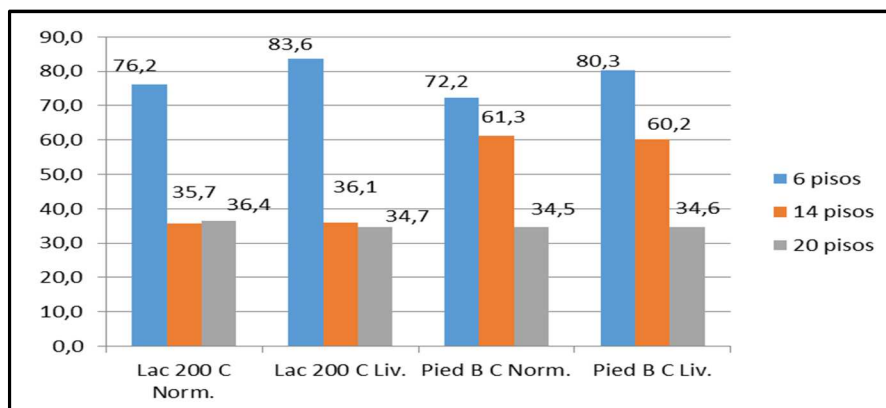
**Figura 69. Comparación Gráfica de las cuantías de acero  $kg/m^3$  de los muros en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura.**  
Elaborada por la autora



**Figura 70. Comparación Gráfica de las cuantías de concreto  $m^3/m^2$  de las cimentaciones en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura.** Elaborada por la autora

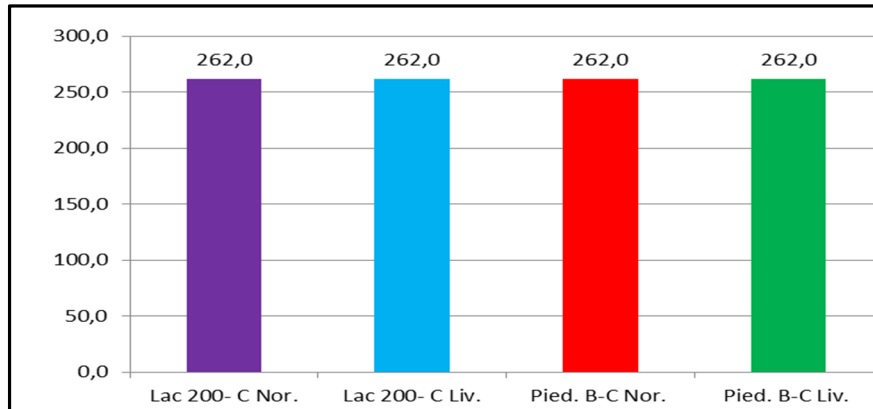


**Figura 71. Comparación Gráfica de las cuantías de acero  $kg/m^2$  de las cimentaciones en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura.** Elaborada por la autora

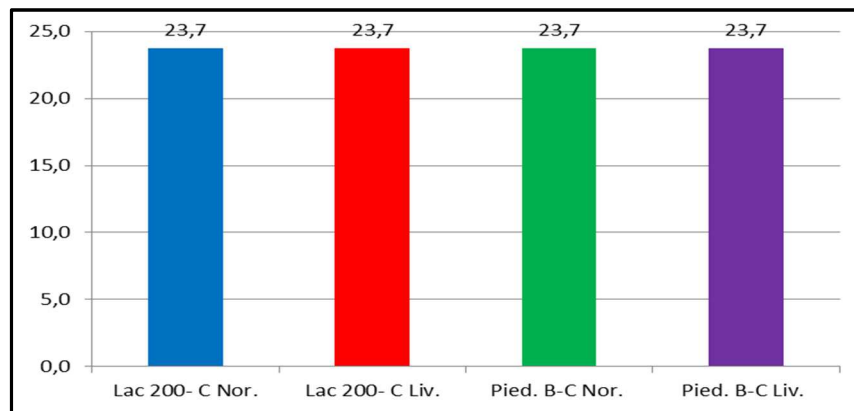


**Figura 72. Comparación Gráfica de las cuantías de acero  $kg/m^3$  de las cimentaciones en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura.** Elaborada por la autora.

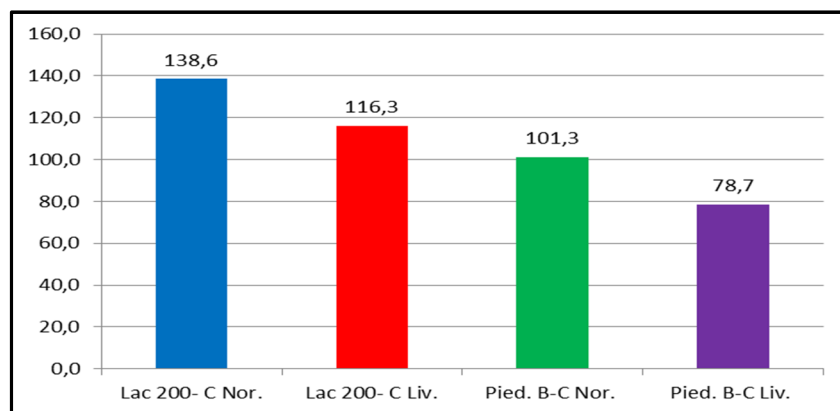
#### 4.7 Volúmenes de concreto obtenidos en las edificaciones de 6 pisos



*Figura 73.* Volumen total de concreto m<sup>3</sup> de los muros en los edificios de 6 pisos de altura. Elaborada por la autora.

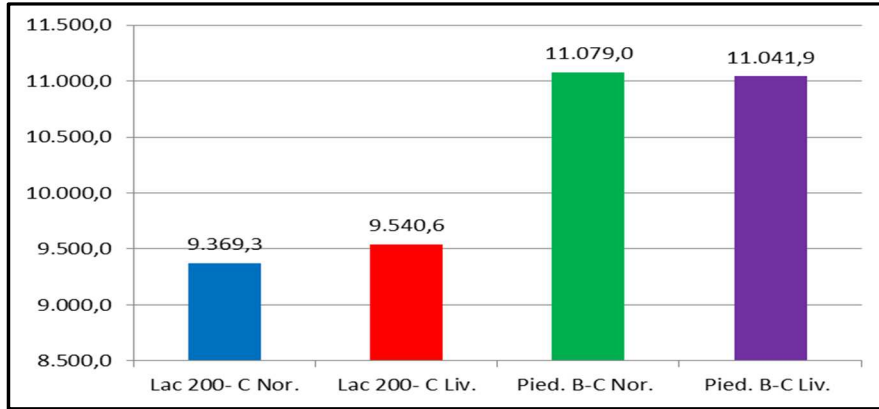


*Figura 74.* Volumen total de concreto m<sup>3</sup> de las placas en los edificios de 6 pisos de altura. Elaborada por la autora.

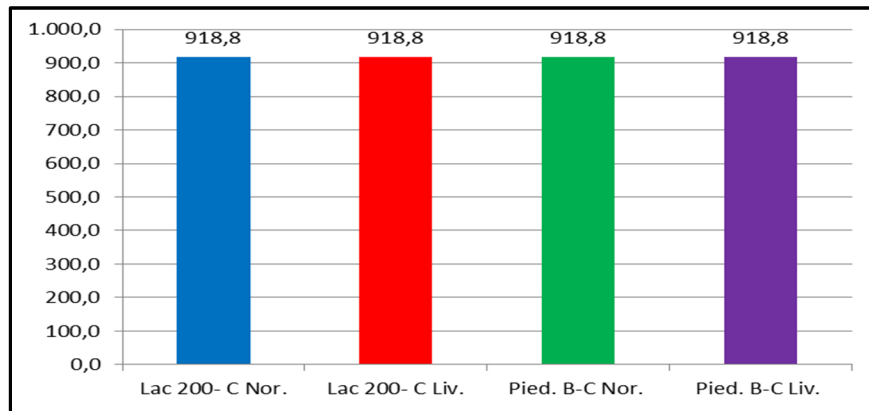


*Figura 75.* Volumen total de concreto m<sup>3</sup> de la cimentación en los edificios de 6 pisos de altura. Elaborada por la autora.

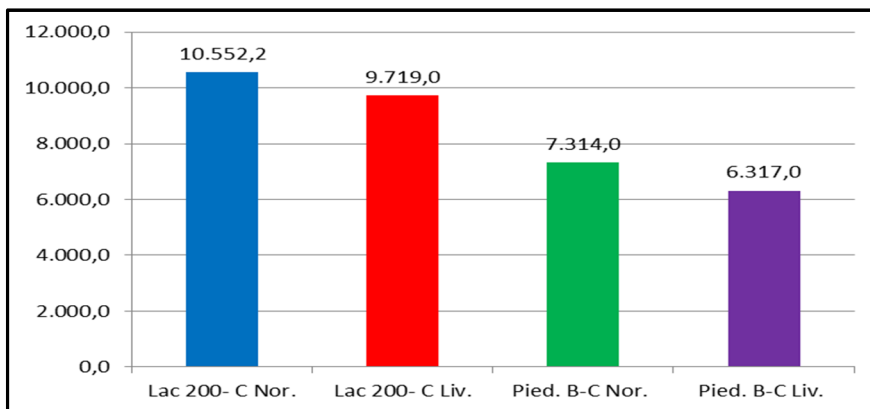
#### 4.8 Pesos de refuerzo obtenidos en las edificaciones de 6 pisos



**Figura 76. Peso total de acero kg de los muros en los edificios de 6 pisos de altura.** Elaborada por la autora

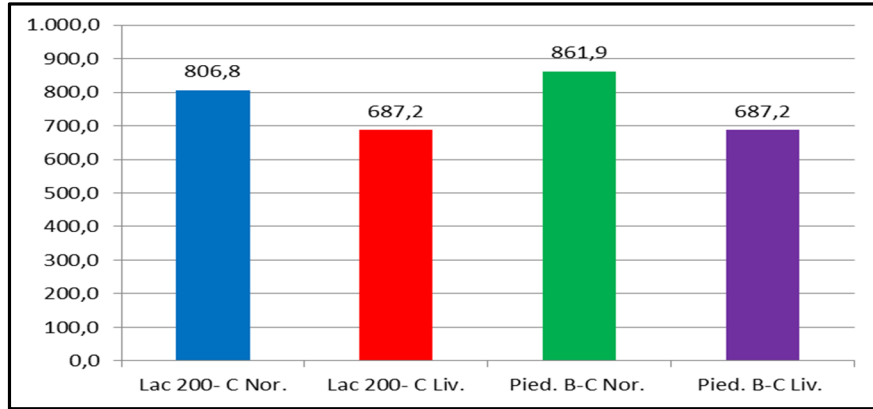


**Figura 77. Peso total de acero kg de las placas en los edificios de 6 pisos de altura.** Elaborada por la autora

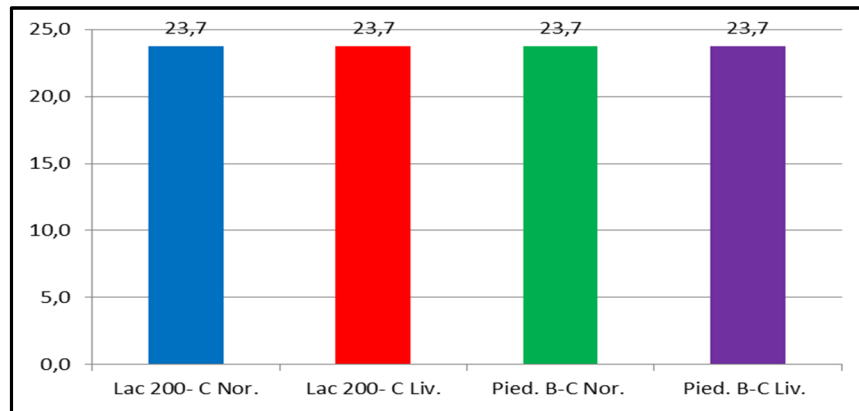


**Figura 78. Peso total de acero kg de la cimentación en los edificios de 6 pisos de altura.** Elaborada por la autora

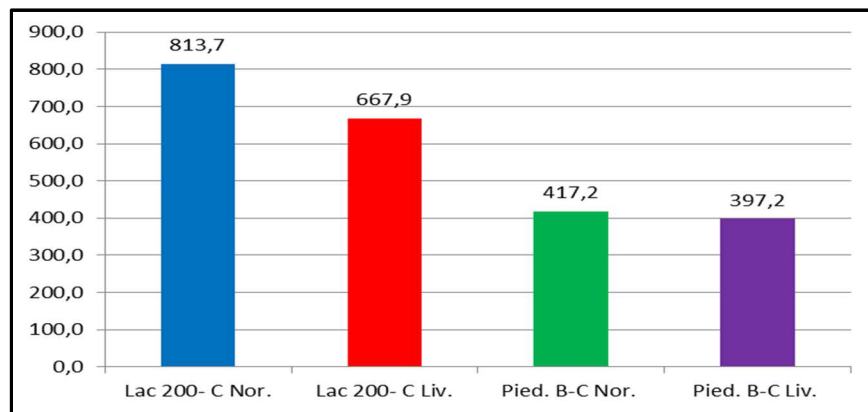
#### 4.9 Volúmenes de concreto obtenidos en las edificaciones de 14 pisos



*Figura 79.* Volumen total de concreto m<sup>3</sup> de los muros en los edificios de 14 pisos de altura. Elaborada por la autora

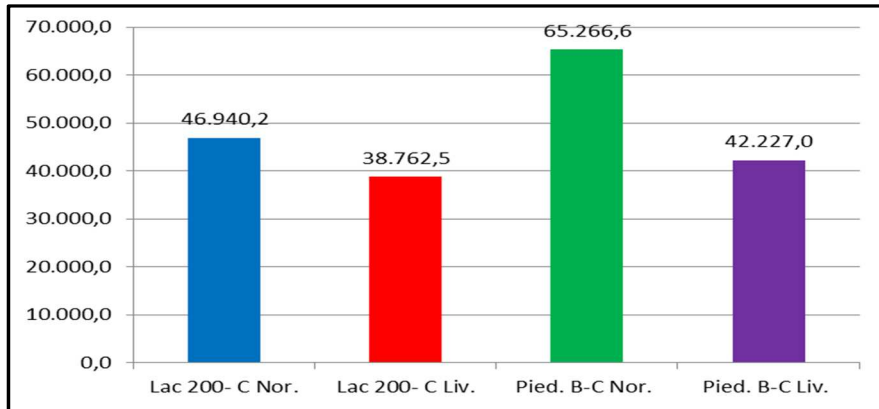


*Figura 80.* Volumen total de concreto m<sup>3</sup> de las placas en los edificios de 14 pisos de altura. Elaborada por la autora

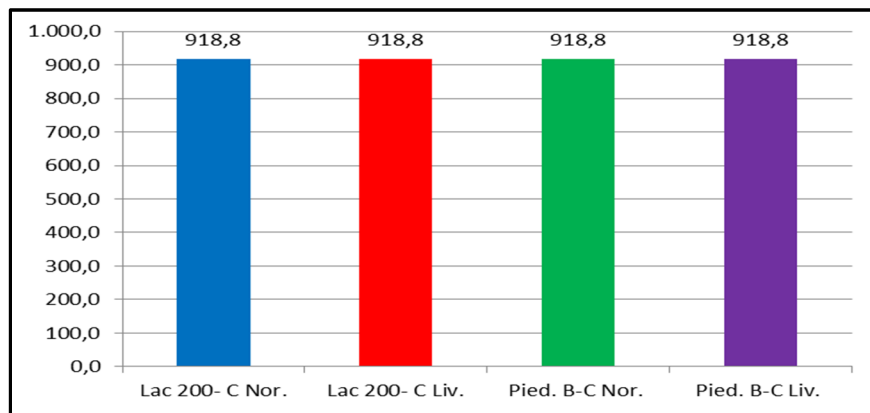


*Figura 81.* Volumen total de concreto m<sup>3</sup> de la cimentación en los edificios de 14 pisos de altura. Elaborada por la autora

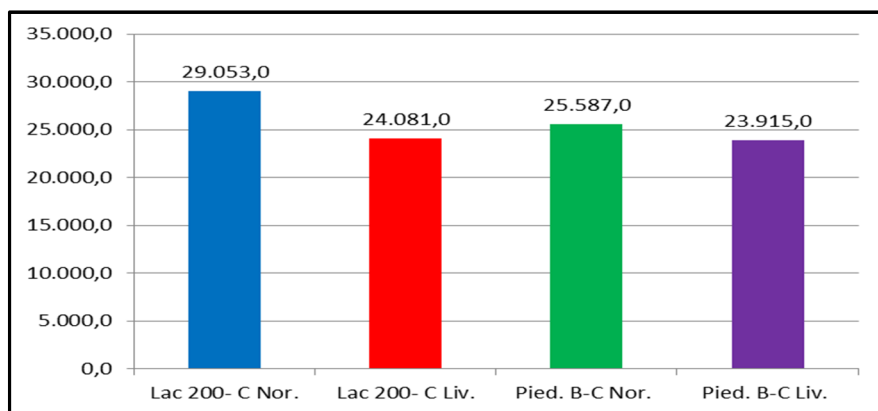
#### 4.10 Pesos de refuerzo obtenidos en las edificaciones de 14 pisos



*Figura 82. Peso total de acero kg de los muros en los edificios de 14 pisos de altura. Elaborada por la autora*

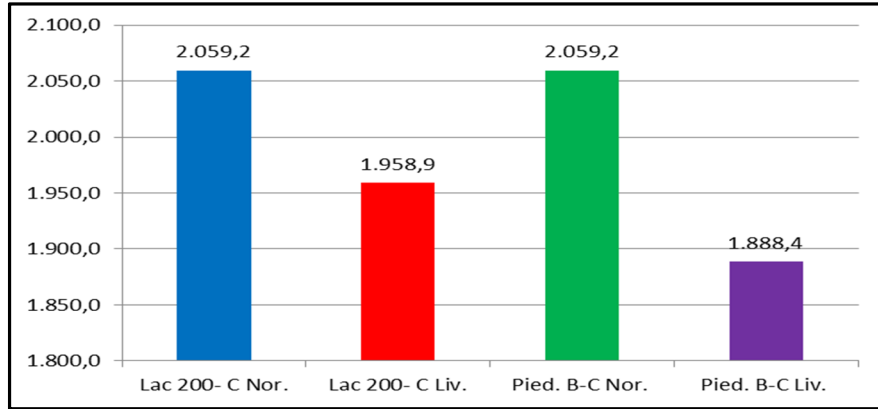


*Figura 83. Peso total de acero kg de las placas en los edificios de 14 pisos de altura. Elaborada por la autora*

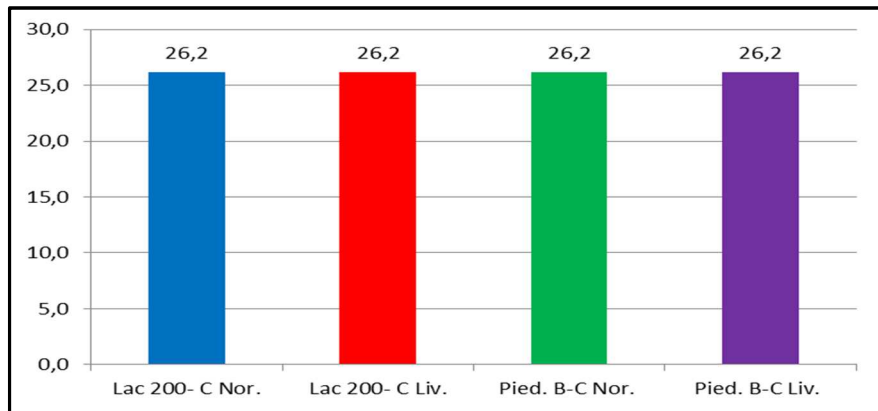


*Figura 84. Peso total de acero kg de la cimentación en los edificios de 14 pisos de altura. Elaborada por la autora*

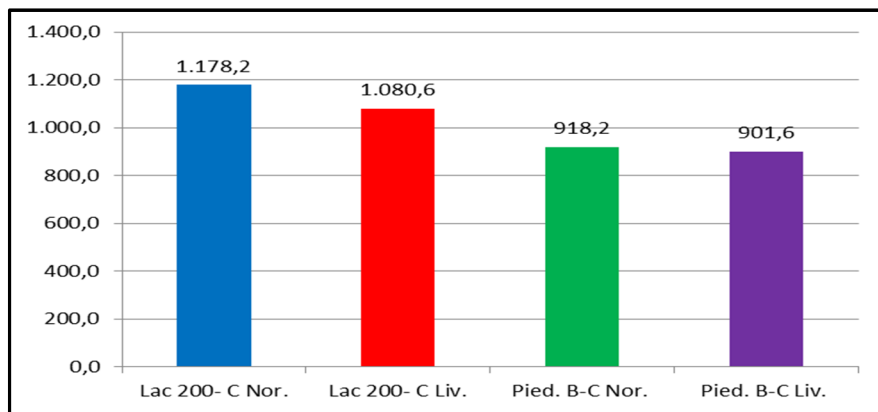
#### 4.11 Volúmenes de concreto obtenidos en las edificaciones de 20 pisos



*Figura 85. Volumen total de concreto m<sup>3</sup> de los muros en los edificios de 20 pisos de altura. Elaborada por la autora*

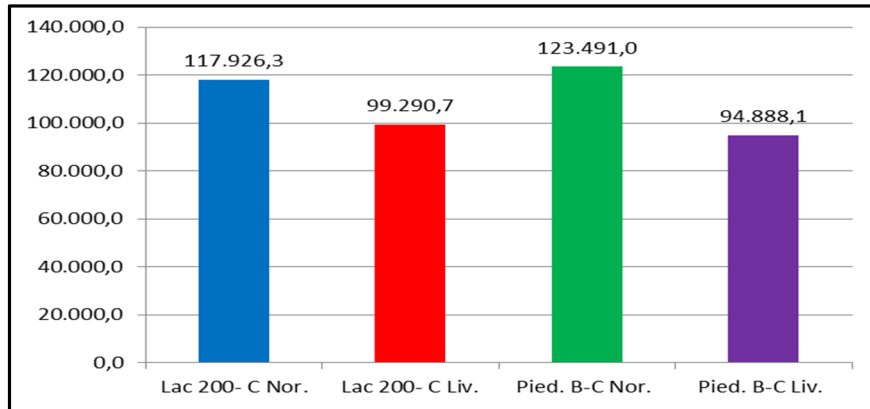


*Figura 86. Volumen total de concreto m<sup>3</sup> de las placas en los edificios de 20 pisos de altura. Elaborada por la autora*

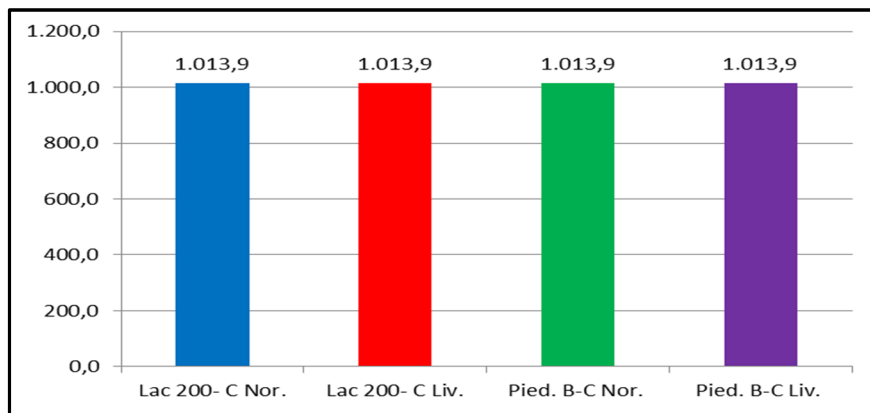


*Figura 87. Volumen total de concreto m<sup>3</sup> de la cimentación en los edificios de 20 pisos de altura. Elaborada por la autora*

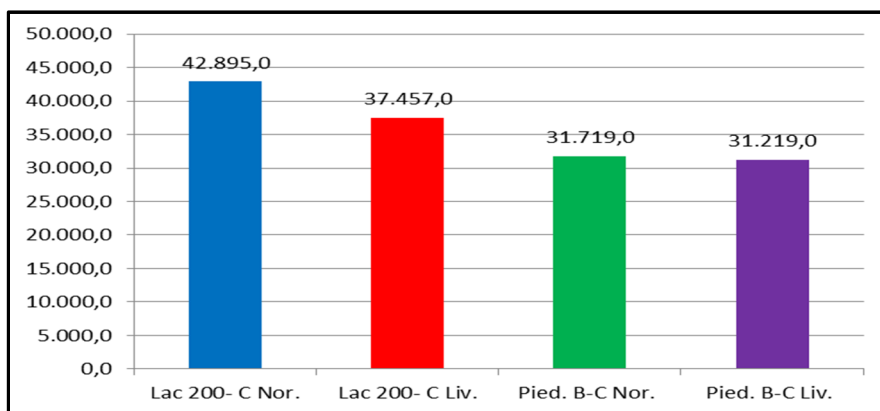
#### 4.12 Pesos de refuerzo obtenidos en las edificaciones de 20 pisos



*Figura 88. Peso total de acero kg de los muros en los edificios de 20 pisos de altura. Elaborada por la autora*



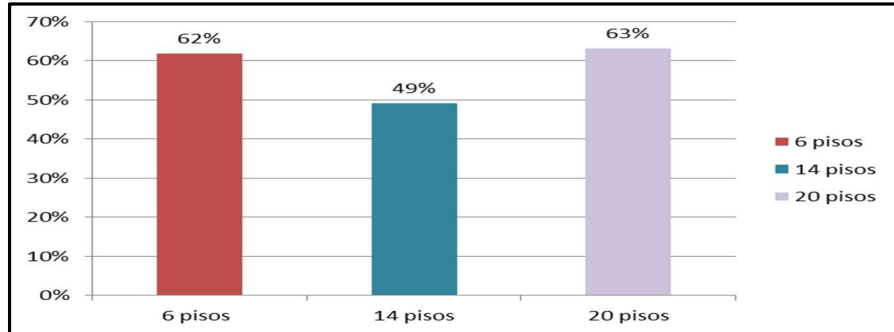
*Figura 89. Peso total de acero kg de las placas en los edificios de 20 pisos de altura. Elaborada por la autora*



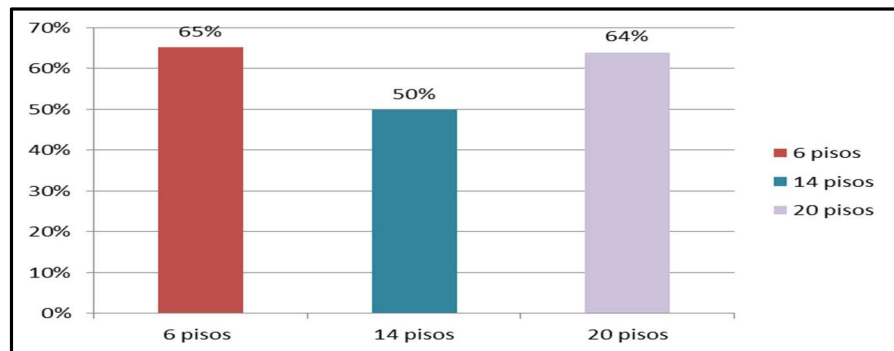
*Figura 90. Peso total de acero kg de la cimentación en los edificios de 20 pisos de altura. Elaborada por la autora*



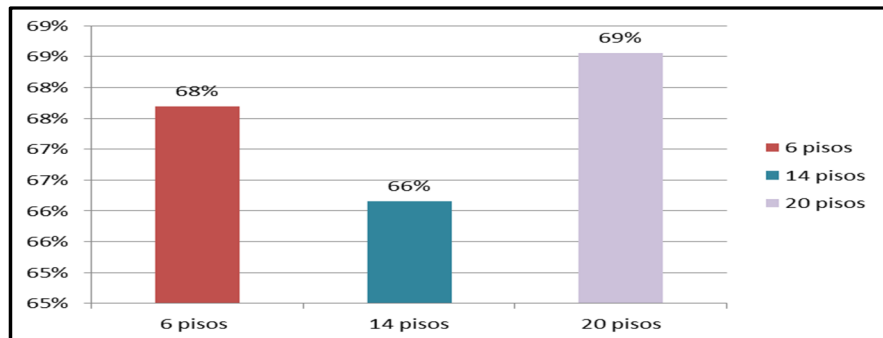
#### 4.13 Porcentajes de volumen de concreto de los diferentes elementos con respecto a toda la edificación



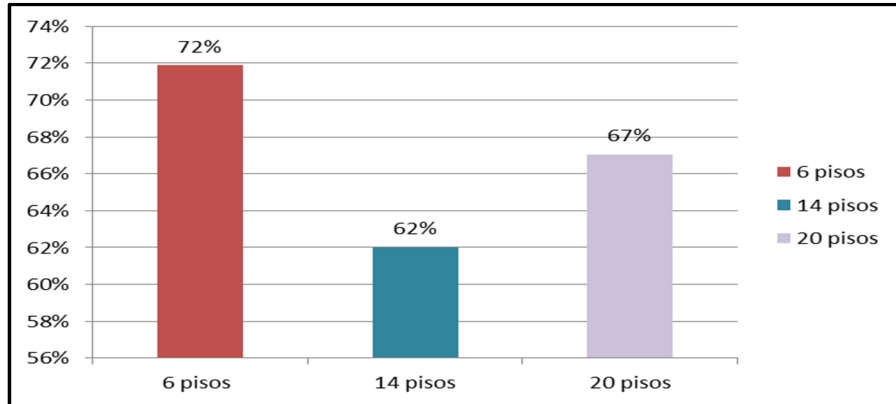
**Figura 91. Porcentaje de volumen de concreto de los muros en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Lacustre 200 – Concreto normal con respecto al volumen total de la edificación. Elaborada por la autora**



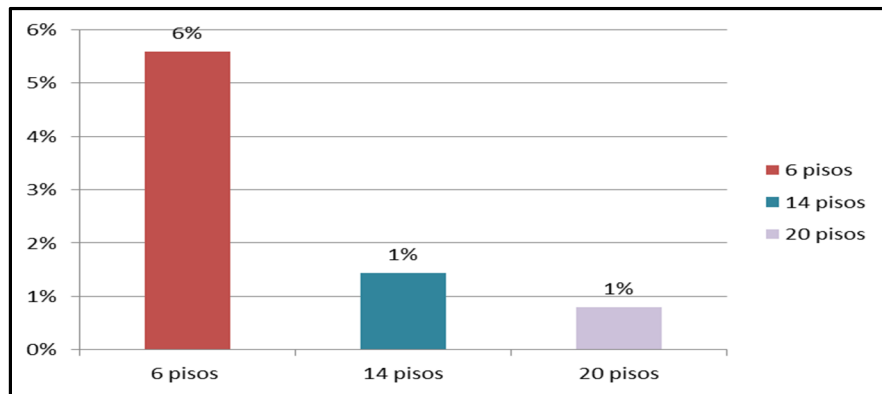
**Figura 92. Porcentaje de volumen de concreto de los muros en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Lacustre 200 – Concreto liviano con respecto al volumen total de la edificación. Elaborada por la autora**



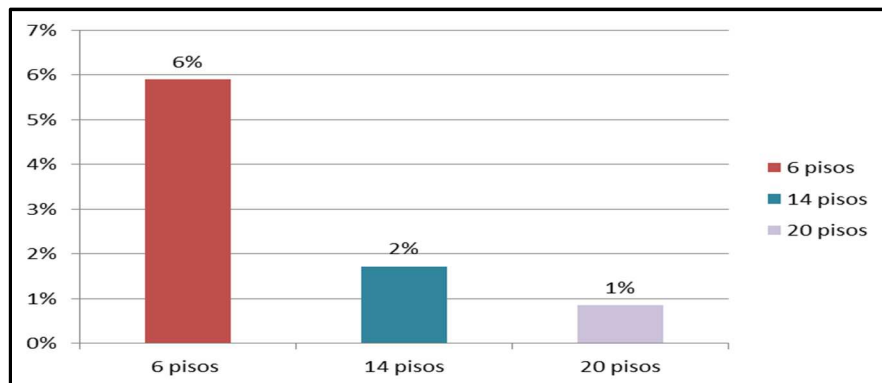
**Figura 93. Porcentaje de volumen de concreto de los muros en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Piedemonte B – Concreto normal con respecto al volumen total de la edificación. Elaborada por la autora**



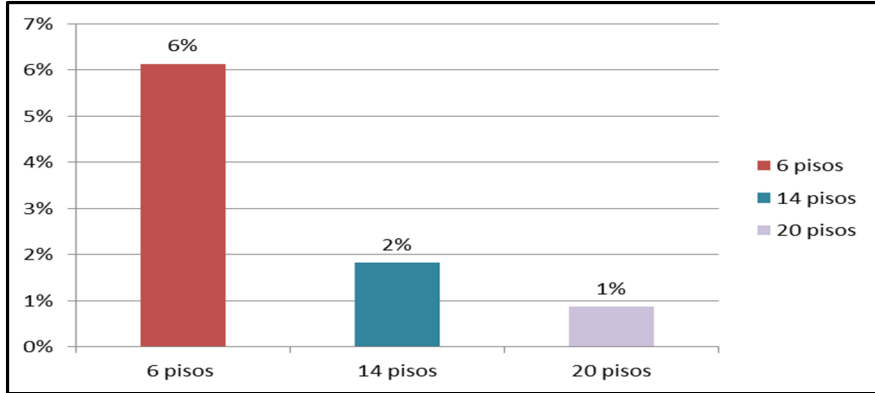
**Figura 94. Porcentaje de volumen de concreto de los muros en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Piedemonte B – Concreto liviano con respecto al volumen total de la edificación.** Elaborada por la autora



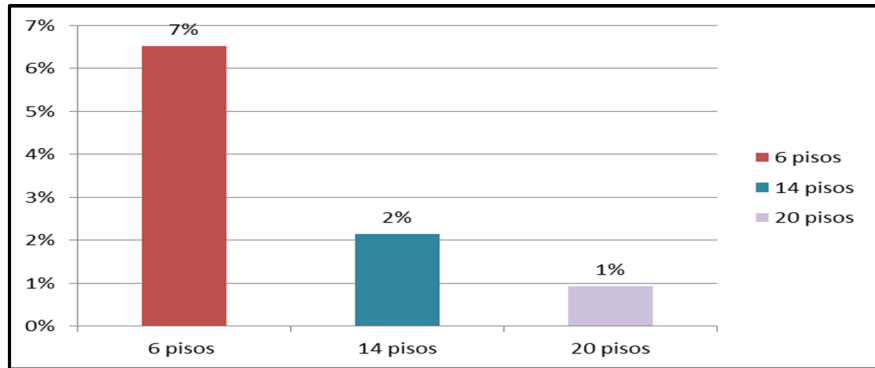
**Figura 95. Porcentaje de volumen de concreto de las placas en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Lacustre 200 – Concreto normal con respecto al volumen total de la edificación.** Elaborada por la autora



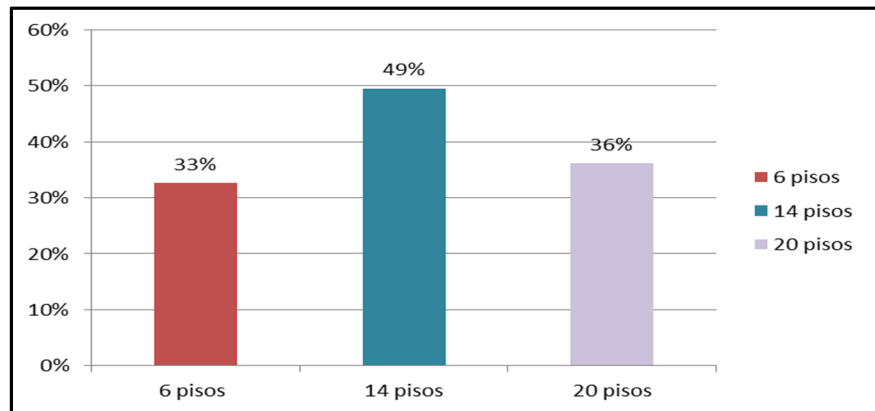
**Figura 96. Porcentaje de volumen de concreto de las placas en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Lacustre 200 – Concreto liviano con respecto al volumen total de la edificación.** Elaborada por la autora



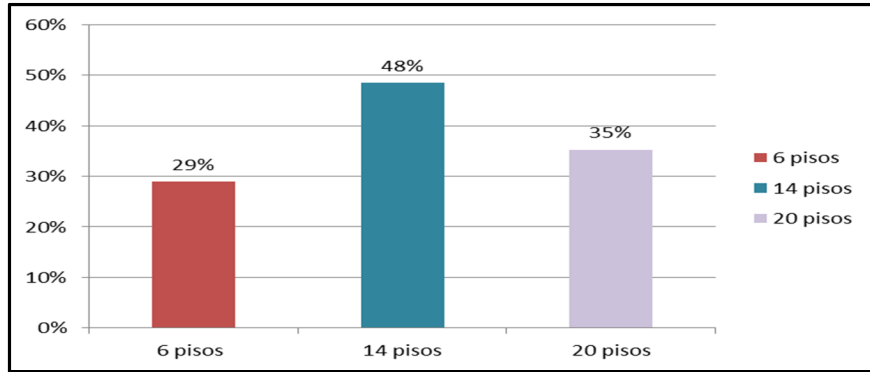
**Figura 97. Porcentaje de volumen de concreto de las placas en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Piedemonte B – Concreto normal con respecto al volumen total de la edificación.** Elaborada por la autora



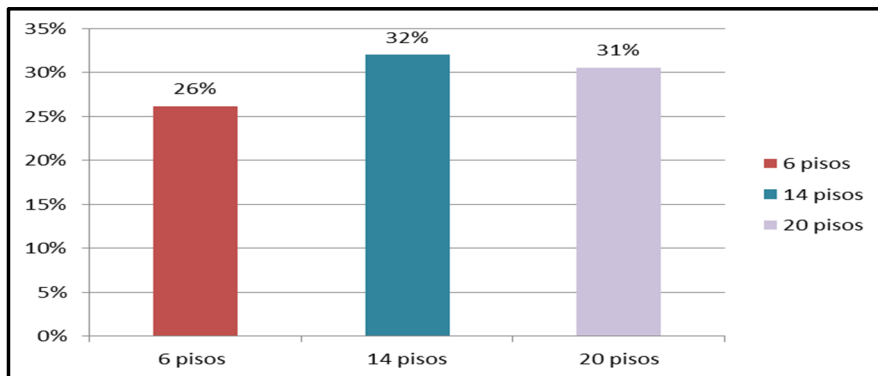
**Figura 98. Porcentaje de volumen de concreto de las placas en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Piedemonte B – Concreto liviano con respecto al volumen total de la edificación.** Elaborada por la autora



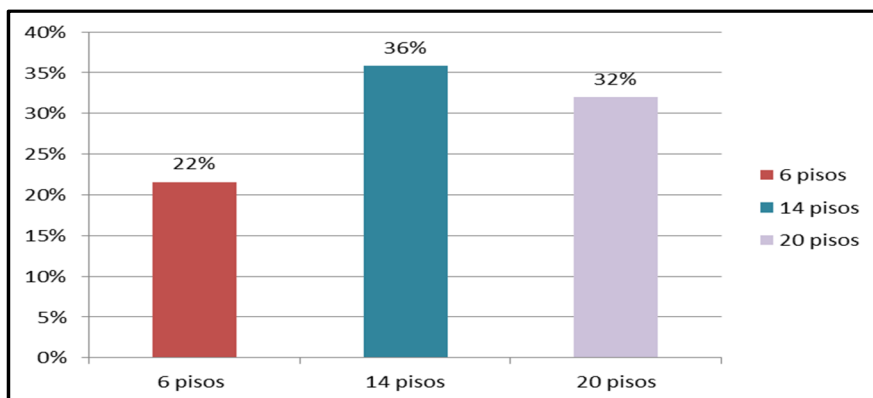
**Figura 99. Porcentaje de volumen de concreto de la cimentación en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Lacustre 200 – Concreto normal con respecto al volumen total de la edificación.** Elaborada por la autora



**Figura 100. Porcentaje de volumen de concreto de la cimentación en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Lacustre 200 – Concreto liviano con respecto al volumen total de la edificación.**  
Elaborada por la autora

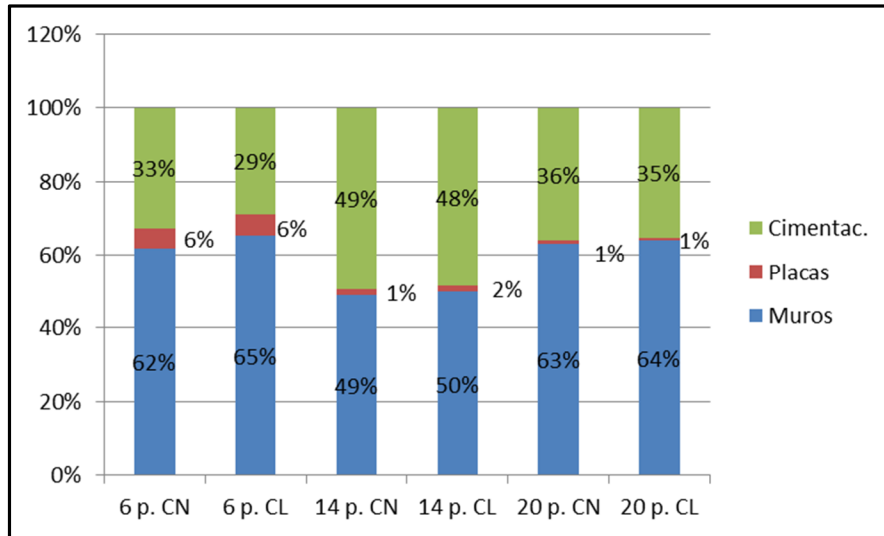


**Figura 101. Porcentaje de volumen de concreto de la cimentación en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Piedemonte B – Concreto normal con respecto al volumen total de la edificación.**  
Elaborada por la autora

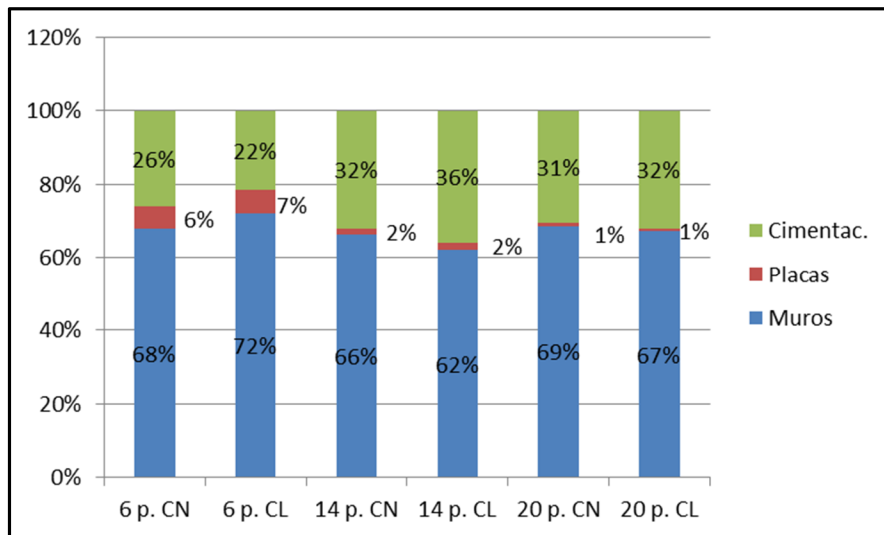


**Figura 102. Porcentaje de volumen de concreto de la cimentación en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Piedemonte B – Concreto liviano con respecto al volumen total de la edificación.**  
Elaborada por la autora

**4.14 Comparativo de los resultados obtenidos de los porcentajes de concreto de los elementos entre las estructuras analizadas**

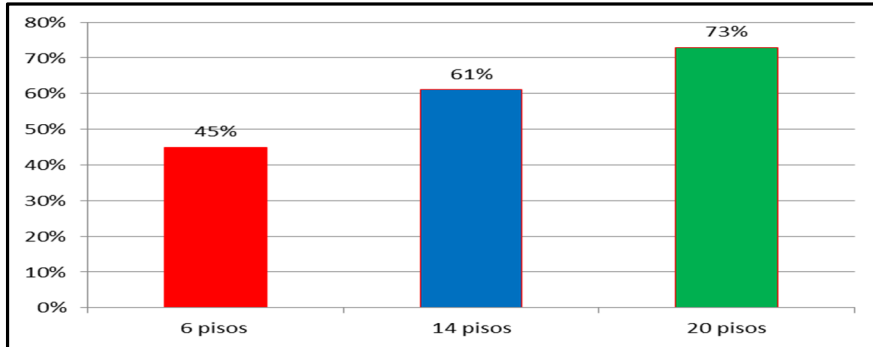


**Figura 103. Distribución del porcentaje % del volumen de concreto de los elementos con respecto a toda la edificación en Lacustre 200 con concreto normal y liviano para las edificaciones de 6, 14 y 20 pisos de altura. Elaborada por la autora**

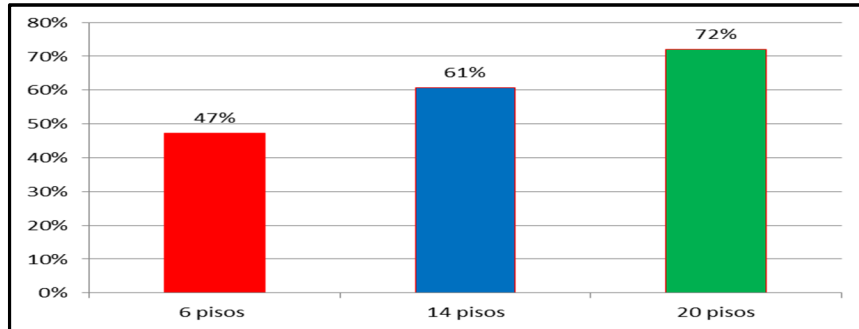


**Figura 104. Distribución del porcentaje % del volumen de concreto de los elementos estructurales con respecto a toda la edificación en Piedemonte B con concreto normal y liviano para las edificaciones de 6, 14 y 20 pisos de altura. Elaborada por la autora**

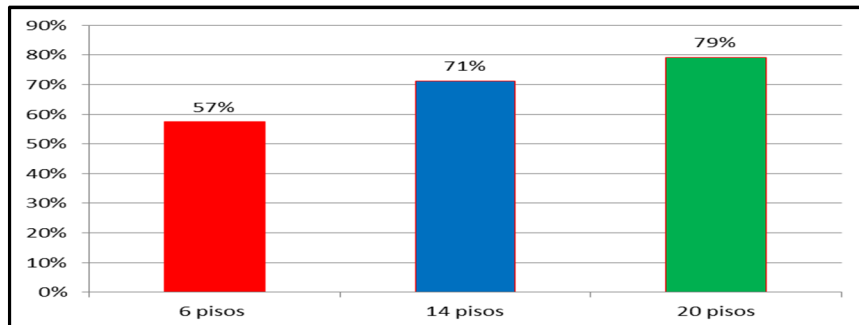
#### 4.15 Porcentajes de peso del refuerzo de los diferentes elementos con respecto a toda la edificación



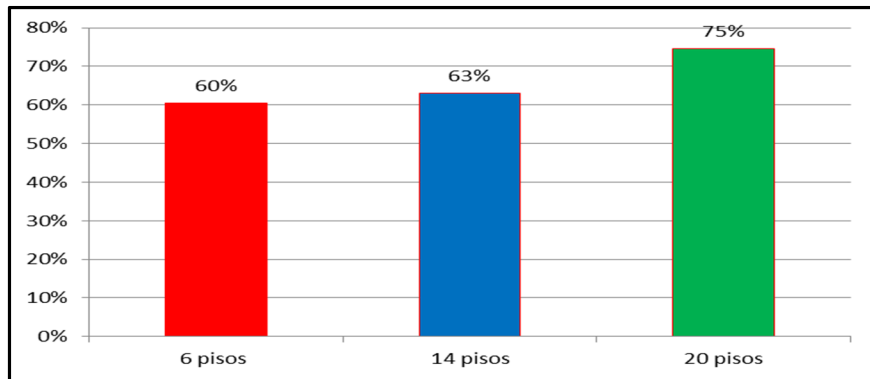
**Figura 105.** Porcentaje del peso total de acero de los muros en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Lacustre 200 – Concreto normal con respecto al peso total de la edificación. Elaborada por la autora



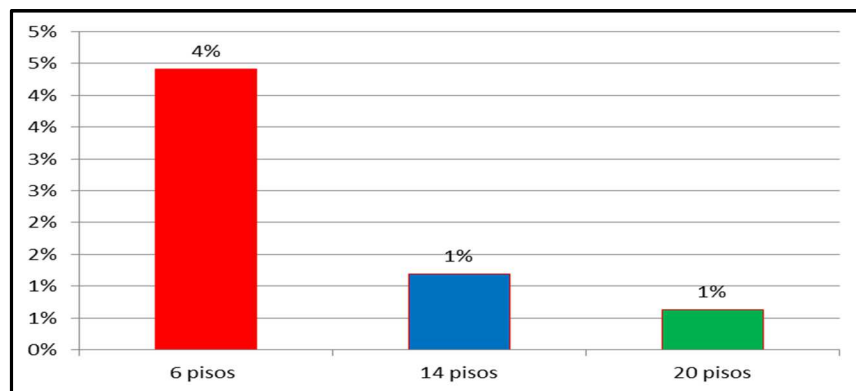
**Figura 106.** Porcentaje de peso total de acero de los muros en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Lacustre 200 – Concreto liviano con respecto al peso total de la edificación. Elaborada por la autora



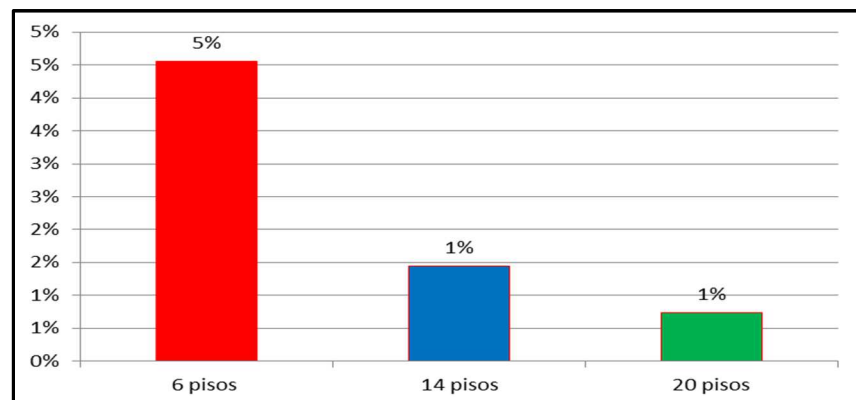
**Figura 107.** Porcentaje de peso total de acero de los muros en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Piedemonte B – Concreto normal con respecto al peso total de la edificación. Elaborada por la autora



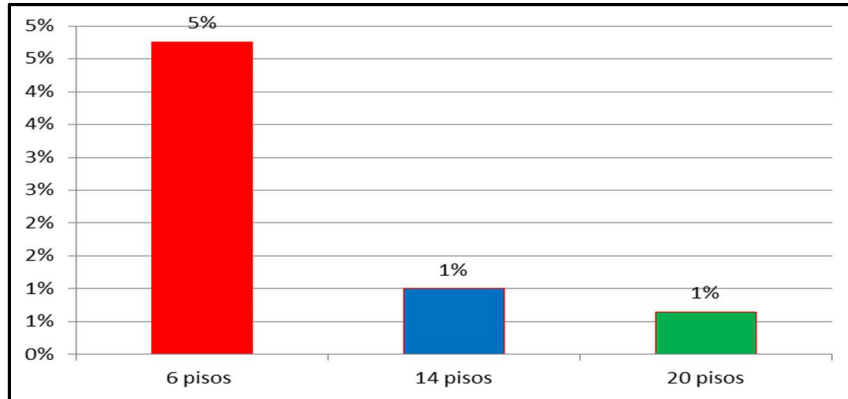
*Figura 108. Porcentaje de peso total de acero de los muros en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Piedemonte B – Concreto liviano con respecto al peso total de la edificación. Elaborada por la autora*



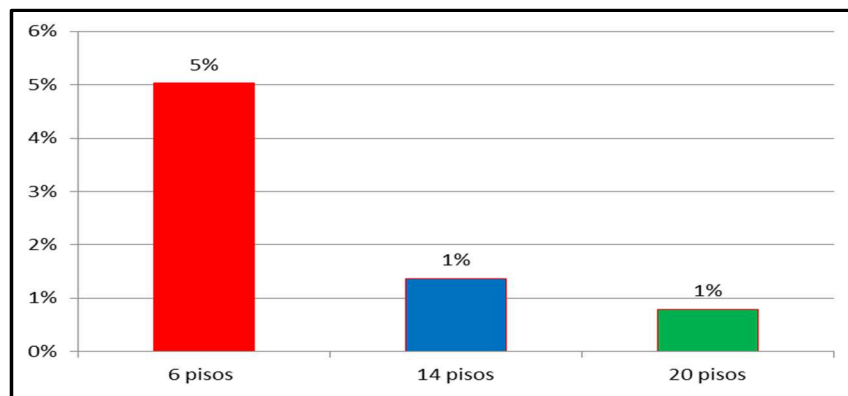
*Figura 109. Porcentaje de peso total de acero de las placas en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Lacustre 200 – Concreto normal con respecto al peso total de la edificación. Elaborada por la autora*



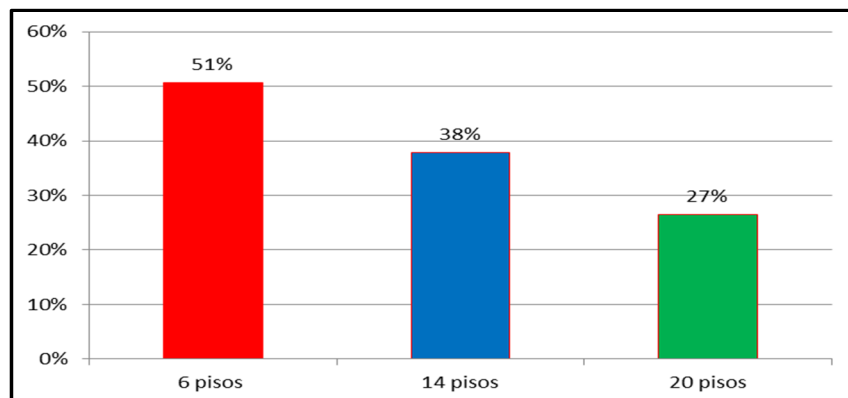
*Figura 110. Porcentaje de peso total de acero de las placas en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Lacustre 200 – Concreto liviano con respecto al peso total de la edificación. Elaborada por la autora*



**Figura 111.** Porcentaje de peso de acero de las placas en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Piedemonte B – Concreto normal con respecto al peso total de la edificación. Elaborada por la autora

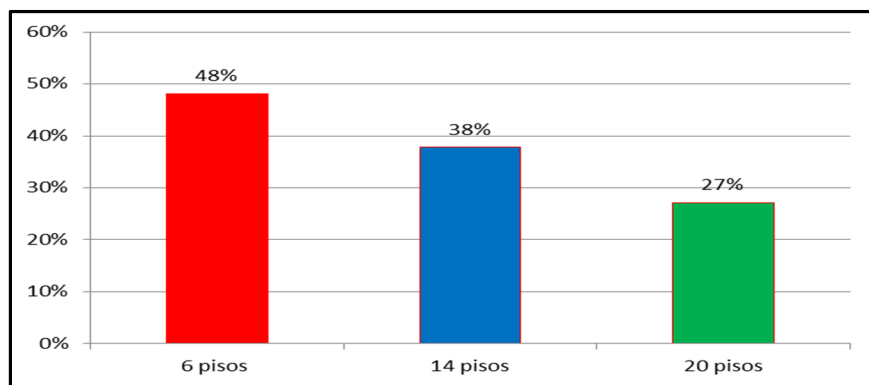


**Figura 112.** Porcentaje de peso de acero de las placas en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Piedemonte B – Concreto liviano con respecto al peso total de la edificación. Elaborada por la autora

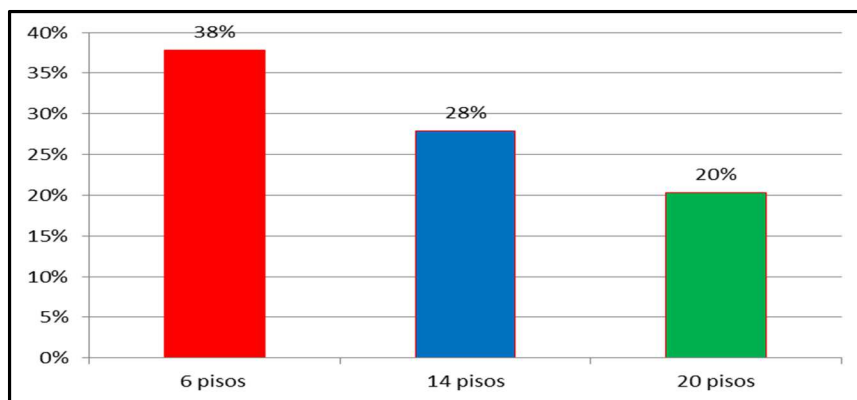


**Figura 113.** Porcentaje de peso de acero de la cimentación en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Lacustre 200 – Concreto normal con respecto al peso total de la edificación. Elaborada por la autora

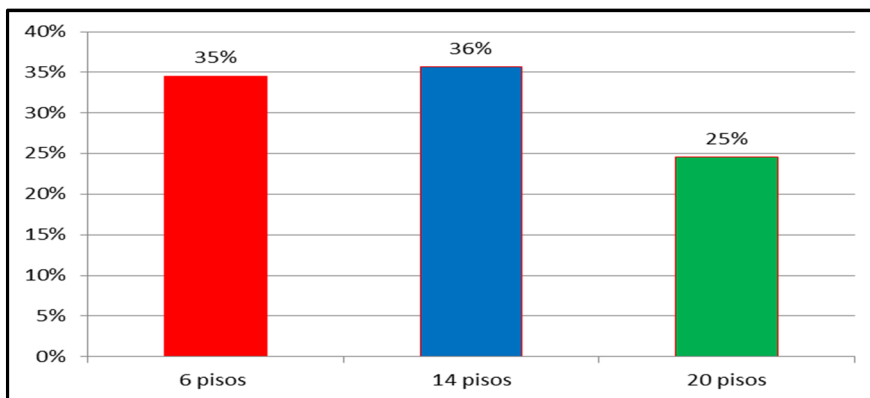




**Figura 114.** Porcentaje de peso de acero de la cimentación en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Lacustre 200 – Concreto liviano con respecto al peso total de la edificación. Elaborada por la autora

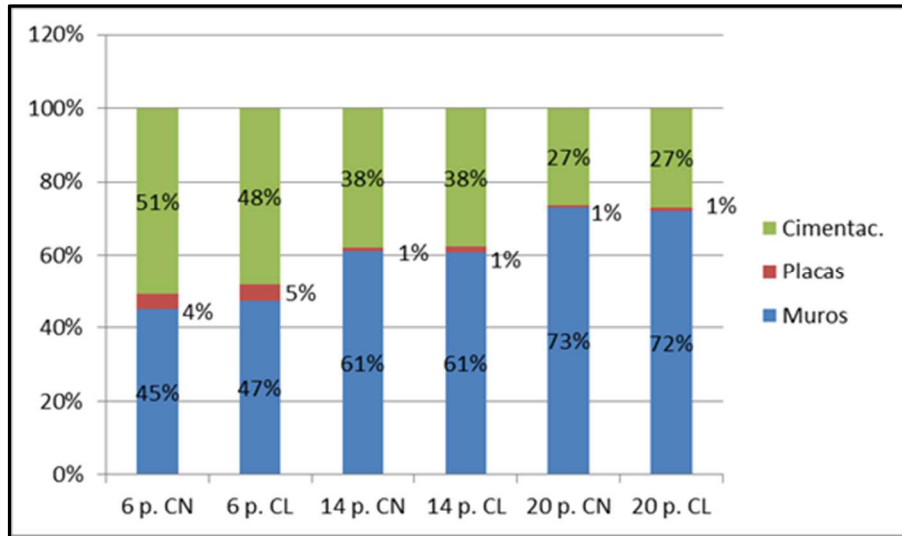


**Figura 115.** Porcentaje de peso de acero de la cimentación en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Piedemonte B – Concreto normal con respecto al peso total de la edificación. Elaborada por la autora

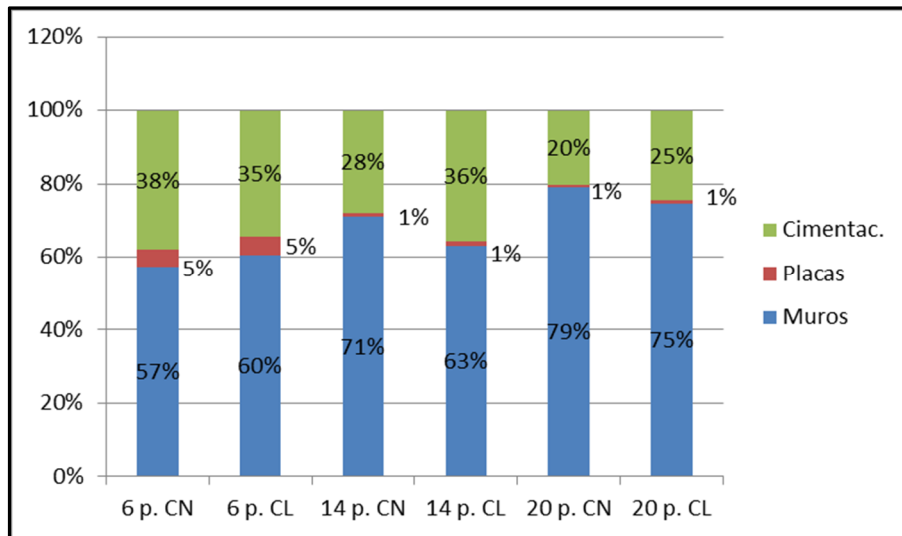


**Figura 116.** Porcentaje de peso de acero de la cimentación en los edificios de 6, 14 y 20 pisos de altura en Piedemonte B – Concreto liviano con respecto al peso total de la edificación. Elaborada por la autora

**4.16 Comparativo de los resultados obtenidos de los porcentajes del refuerzo de los elementos entre las estructuras analizadas**



**Figura 117. Distribución del porcentaje % del peso de acero de los elementos estructurales con respecto a toda la edificación en Lacustre 200 con concreto normal y liviano para edificaciones de 6, 14 y 20 pisos. Elaborada por la autora**



**Figura 118. Distribución del porcentaje % del peso de acero de los elementos estructurales con respecto a toda la edificación en Piedemonte B con concreto normal y liviano para edificaciones de 6, 14 y 20 pisos. Elaborada por la autora**

## 5. Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

En cuanto a los resultados obtenidos del análisis sísmico, se puede concluir que independientemente del número de pisos de una estructura de muros portantes y del tipo de suelo en el que se encuentre ubicada; se obtienen estructuras más flexibles, cuando en su diseño se considera concreto liviano como material estructural en vez del convencional; lo que conlleva en algunos casos, dependiendo de qué tan flexible sea la estructura y del espectro de diseño, a obtener aceleraciones y fuerzas sísmicas más pequeñas; es importante anotar que esto no ocurrió en ninguna de las edificaciones bajas estudiadas, ni tampoco en ninguna que estuviese ubicada en Lacustre 200; esto debido a que el espectro de diseño correspondiente a esta zona presenta una meseta con un valor de  $S_a = 0.45g$ , hasta un periodo de 1.85 sg; tan largo que no permitió ningún cambio en el valor de la aceleración espectral.

En cuanto a la variación que se presentó respecto a los pesos de las estructuras, se obtuvo que en edificios bajos, al reemplazar el concreto normal por concreto liviano, se presentó una disminución del 22.7% del peso, independientemente si la estructura estuviese localizada sobre un suelo arcilloso o rocoso.

Se obtienen mayores disminuciones del peso de las estructuras a medida que se aumenta el número de pisos y es importante resaltar que si las estructuras más altas se ubican sobre un suelo rocoso, esta disminución es alrededor del 5% adicional a que si las estructuras se ubicarán en un suelo arcilloso.

A continuación se concluye en cuanto a los resultados obtenidos de los elementos estructurales resistentes y no resistentes al sismo; vale la pena resaltar que los siguientes análisis se realizaron con base en las cuantías de concreto ( $m^3/m^2$ ) y de refuerzo ( $kg/m^2$ ) obtenidas.

Respecto a las placas aéreas, fueron indiferentes los resultados al diseñarlas con concreto liviano o con concreto normal, debido a que en primer caso, las luces de la losa no cambiaron entre

un diseño y otro; y además, el diseño de las mismas, fue gobernado por cuantías mínimas; por tal razón es recomendable el uso de placas livianas una vez se asegure que el sobre costo de la placa no supere el ahorro en los muros portantes y cimentación.

Para una estructura baja, no se encontró variación en cuanto a los volúmenes de concreto de los muros al diseñarlos con concreto normal o concreto liviano; tampoco si se encuentra ubicada en un suelo blando o rocoso; ya que en el diseño predominaron las cuantías mínimas.

En cuanto a la variación del refuerzo necesario en los muros en estructuras bajas, se obtuvieron resultados pocos significativos; se presentó un gasto adicional del 1.8% si la estructura se diseña con concreto liviano ubicada en un suelo blando; por su parte, si la estructura está ubicada en un suelo rocoso, se presentó un ahorro del 0.3%, valor poco relevante; cabe anotar que al comparar los resultados de las cuantías de refuerzo de muros, se observa que se necesita alrededor del 16% adicional, si la estructura se ubica sobre un suelo rocoso a que si estuviese sobre suelo blando; esto debido a que en una zona como Piedemonte B, se tiene en cuenta, para edificios bajos, el 73% del peso de la estructura para el análisis sísmico, valor correspondiente a la aceleración espectral, contra un valor menor, 45% en una zona como Lacustre 200.

A pesar de que al reemplazar concreto normal por concreto liviano en edificios bajos no se obtienen beneficios significativos en cuanto a las cantidades de materiales de los muros estructurales; vale la pena estudiar la posibilidad de utilizarlo, debido a que si se presentan ahorros en la cimentación tanto como en el volumen de concreto, como en el peso del refuerzo; según los resultados obtenidos, se observó que se consiguen mayores beneficios, si un edificio bajo se encuentra cimentado sobre un suelo rocoso a que el mismo estuviera sobre un suelo arcilloso, se encontró que se ahorra 9.5% adicionales en volumen de concreto y 7.2% más en peso del refuerzo de la cimentación.

Se observa además que para edificaciones con mayor número de pisos, al reemplazar el concreto normal por concreto liviano, no solo se logran ahorros en las cantidades de materiales de la cimentación, sino además en la superestructura como en los elementos verticales, tanto así, que en algunos casos, es allí donde se presentan los ahorros más significativos de toda la edificación. Cabe resaltar que en los cálculos de las cuantías de volúmenes de muros se tuvo en cuenta el suministro del concreto dependiendo de la resistencia a la compresión utilizada con lo que se obtienen resultados más veraces.

Para los edificios de altura intermedia y edificios altos, ubicados en un suelo arcilloso se obtuvo porcentajes de ahorro de volúmenes y pesos de parecida magnitud tanto para los muros como en la cimentación, adicionalmente se pudo observar, que en donde se encontraba la mayor participación de volumen y refuerzo del total de la edificación, coincidía con el mayor ahorro que se obtuvo; lo que hace mucho más atractivo utilizar el concreto liviano como material estructural en estructuras de altura intermedia y estructuras altas que en estructuras bajas.

Si una estructura de altura intermedia y/o una estructura alta, se encuentra cimentada en un suelo rocoso, se observa que el ahorro más significativo se logra en las cantidades de materiales de los muros estructurales que en las cantidades de materiales de la cimentación; esto ocurre porque la estructura se encuentra sobre un buen suelo; cabe resaltar, que a medida que aumentó el número de pisos de una edificación, se obtiene menos ahorro en las cantidades de materiales de la cimentación; sin embargo se observa que para este tipo de estructuras, tanto el volumen del concreto y peso de refuerzo de los muros, tienen una mayor participación con respecto a los totales de materiales necesarios para que la estructura sea funcional; lo que quiere decir que el mayor ahorro se obtiene en las cantidades de materiales de los elementos que tienen una mayor participación; con lo anterior se puede concluir que para estructuras con las características anteriormente descritas; el concreto liviano también aporta beneficios a la hora de utilizarlo como material estructural.

Generalizando, si en cuanto a disminución de cantidades de materiales de construcción se trata, se demostró que se logra con el uso del concreto liviano, en diferentes proporciones, dependiendo del número de pisos de la estructura y del tipo del suelo en la que se encuentre ubicada.

## **5.2 Recomendaciones**

Valdría la pena continuar con el análisis de edificios con las mismas características o similares en zonas de amenaza sísmica baja y alta y en otros tipos de sistemas estructurales como lo son sistema combinado y duales, para concluir acerca del uso del concreto liviano como material estructural dependiendo del tipo de estructura y la localización de la misma.

Una vez finalizada la actualización de la última versión del Reglamento ACI 318-14 y acogida al Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, sería importante continuar este estudio, para los requerimientos establecidos en dicho Reglamento en cuanto al diseño de los muros portantes y comparar los resultados con los ya obtenidos en este documento.

## Referencias Bibliográficas

- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (s.f.). *Reglamento Colombiano de Construcción sísmo resistente*.
- ASTM C136. (1993). *Agregados finos y gruesos, analisis granulométrico*. Philadelphia.
- ASTM C142. (1997). *Standard Test Method for Clay Lumps and Friable Particles in Aggregates*. Philadelphia: American Association of State.
- Bueno, D. . (2015). *Comparación de Cuantías de materiales de Construcción para Estructuras Aporticadas y de sistema combinado en Concreto Convencional vs. Concreto Liviano de acuerdo con lo indicado en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*. Bogotá: escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito .
- Cárdenas y Magura. (1973). *Muros tipicos de los sistemas tipo tunel*. Bogotá: Norma.
- Chandra , S & Berntsson,L. (2002). *Lightweight Aggregate Concrete: Science, Technology, and Applications*. Norwich, New York, U.S.A: Noyes Publications.
- Construdata, obtenido de: <http://www.construdata.com/insumos>
- MARTIN, D. P., ZIMMER, A. S., BOLDUC, M. J., & HOPPS, E. R. (Jan, 2013). IS LIGHTWEIGHT CONCRETE ALL WET. *Building Blocks*.
- Martinez Pineda,D. . (2010). *Concreto liviano estructural con arcilla expandida térmicamente extraída de canteras localizadas en el sur de la Sabana de Bogotá. Tesis Ingeniería Civil*. Bogotá : Universidad Nacional de Colombia.
- Microzonificación Sísmica de Bogotá. (2010). *Curvas de diseño*. Bogotá.
- Mohmmad,S. (2005). *Oncrete mix design for lightweight aggregates and an overview on high strength concrete*. Bangladesh: Department of civil engineering. bangladesh university of engineering & technology.
- NSR-10. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. Comisión asesora permanente para el Regimen de construcciones sísmo resistentes*. . Bogotá: Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial .
- NTC 127. (2000). *ICONTEC - Concreto. Métodos de ensayo para determinar las impurezas organicas en agregado fino para concreto*. Bogotá: ICONTEC.
- NTC 184. (2001). *ICONTEC - Cementos. Métodos de analisis químico de los cementos hidraulicos*. Bogotá: ICONTEC.

NTC- 4045. (1997). *ICONTEC. Ingeniería Civil y Arquitectura y agregados livianos para concreto estructural* . Bogotá: ICONTEC.

NTC 92. (1995). *ICONTEC. Ingeniería Civil y Arquitectura. Determinación de la masa unitaria y los vacíos entre partículas de agregados*. Bogotá: ICONTEC.

Palomino,C. . (2015). *Desarrollo y caracterización de mezclas de concreto realizadas con agregados ligeros*. Medellín.

Real Academia Española. (2014). *Asociación de Academias de la lengua española*. (E. d. Tricentenario, Editor) Obtenido de Diccionario de la lengua española:  
<http://lema.rae.es/drae/srv/search?id=u3noyjzKzDXX2YX6BkHF>



## **Anexos**

### **Anexo A. Análisis sísmicos**

#### **Modelo 1. Concreto convencional – 6 pisos – Lacustre 200**

##### **a) Análisis sísmico**

**Modelo 1: Concreto Convencional - 6 Pisos - Lacustre 200**

El método de análisis del sistema de resistencia sísmica a utilizar es: Método de análisis dinámico elástico.

El Espectro Elástico de Diseño a utilizar (según la microzonificación sísmica de Bogotá D.C.) debe ser construido con los siguientes parámetros:

ZONA : **LACUSTRE-200**

Grupo de Uso : **I** → **I** = **1,00**

A<sub>a</sub> = 0,15

A<sub>v</sub> = 0,20

Zona	F <sub>a</sub> (475)	F <sub>v</sub> (475)	T <sub>C</sub> (s)	T <sub>I</sub> (s)	A <sub>0</sub> (475) (g)
LACUSTRE-200	1.20	3.50	1.87	4.0	0.18

Zona de Amenaza Sísmica : **Intermedia**

Sistema Estructural: **Muros de concreto - (DMO)**

	Area (m <sup>2</sup> )	Alt. Piso (m)	Elevación (h) h(m)	W (t)	W / A t/m <sup>2</sup>	Masa (kg-s <sup>2</sup> /m)
P6	238	2,50	15,00	169,4	0,71	17270
P5	238	2,50	12,50	218,1	0,92	22231
P4	238	2,50	10,00	218,1	0,92	22231
P3	238	2,50	7,50	218,1	0,92	22231
P2	238	2,50	5,00	218,1	0,92	22231
P1	238	2,50	2,50	218,1	0,92	22231

Σ 1259,8 t

Σ 12598,4 kN

**Análisis Sísmico por Fuerza Horizontal Equivalente:** Para ajustar el valor del Cortante Dinámico en la base ( según A.5.4.5 -- NSR - 10)

Periodo fundamental aproximado (según A.4.2.2 -- NSR - 10)

$$C_u = 1,2 \quad C_u = 1,75 - 1,2A_v F_v$$

$$C_t = 0,049 \text{ Muros de concreto - (DMO)}$$

$$a = 0,75$$

$$T_a = C_t h^a = 0,37 \text{ seg}$$

$$C_u \cdot T_a = 0,45 \text{ seg}$$

$$T_x = 0,16 \text{ seg (obtenido del análisis dinámico elástico de la estructura)}$$

$$T_y = 0,19 \text{ seg (obtenido del análisis dinámico elástico de la estructura)}$$

$$T_x = 0,16 \text{ seg ( definitivo )}$$

$$T_y = 0,19 \text{ seg ( definitivo )}$$

$$S_a = 2,5 A_a F_a \quad S_a = \frac{1,2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot I}{T} \quad S_a = \frac{1,2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot T_L \cdot I}{T^2}$$

$$S_{ax} = 0,45 \text{ (Definitivo)}$$

$$S_{ay} = 0,45 \text{ (Definitivo)}$$

$$S_a = 0,45$$

$$S_{ax} = 5,30$$

$$S_{ax} = 133,59$$

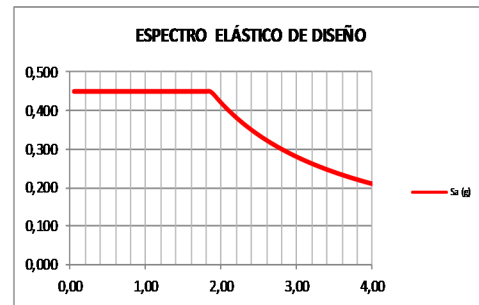
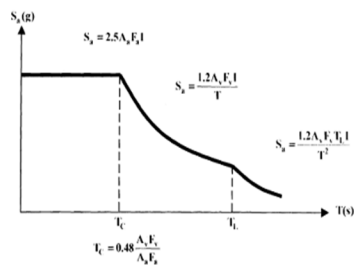
$$V_{sx} = 566,9 \text{ t} = 5669,3 \text{ kN}$$

$$S_{ay} = 4,39$$

$$S_{ay} = 91,65$$

$$V_{sy} = 566,9 \text{ t} = 5669,3 \text{ kN}$$

3.2. Curva de diseño para un coeficiente de amortiguamiento de 5% del crítico



Cortantes Dinámicos en la Base. ( Vtj ) :

$$V_{tx} = 446,3 \text{ t} = 4462,9 \text{ kN}$$

$$V_{ty} = 429,2 \text{ t} = 4292,0 \text{ kN}$$

Regularidad de la Estructura: **2** ( 1: Regular, 2: Irregular)

Según A.5.4.5 -- NSR - 10

- Si la estructura es regular, el cortante dinámico en la base **No puede ser menor que el 80 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente ( Vs )**

- Si la estructura es irregular, el cortante dinámico en la base **No puede ser menor que el 90 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente ( Vs )**

**Factores de Ajuste :**

$$F_x = 510,2 / 446,3 = 1,14$$

$$F_y = 510,2 / 429,2 = 1,19$$

$$F_x = 1,14 \text{ ( Definitivo )}$$

$$F_y = 1,19 \text{ ( Definitivo )}$$

## b) Cortantes

Concreto Convencional - 6 Pisos - Lacustre 200  
ANALISIS SISMICO

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE NUMBER Mode	Period	TRANSLATION						ROTATION					
		% MASS UX	% MASS UY	% MASS UZ	< % SUM> SumUX	< % SUM> SumUY	< % SUM> SumUZ	% MASS RX	% MASS RY	% MASS RZ	< % SUM> SumRX	< % SUM> SumRY	< % SUM> SumRZ
1	0,27	0,00	0,04	0,00	0,00	0,04	0,00	0,1	0,0	68,6	0,1	0,0	68,6
2	0,19	0,00	69,49	0,00	0,00	69,54	0,00	98,1	0,0	0,0	98,2	0,0	68,6
3	0,16	73,09	0,00	0,00	73,09	69,54	0,00	0,0	99,2	0,0	98,2	99,2	68,6
4	0,06	0,00	0,01	0,00	73,09	69,54	0,00	0,0	0,0	20,9	98,2	99,2	89,6
5	0,04	0,12	20,61	0,00	73,21	90,15	0,00	1,6	0,0	0,0	99,8	99,2	89,6
6	0,04	18,86	0,13	0,00	92,07	90,28	0,00	0,0	0,7	0,0	99,8	99,9	89,6
7	0,02	0,00	0,00	0,00	92,07	90,28	0,00	0,0	0,0	6,3	99,8	99,9	95,9
8	0,02	4,88	0,00	0,00	96,95	90,28	0,00	0,0	0,1	0,0	99,8	100,0	95,9
9	0,02	0,00	5,98	0,00	96,95	96,27	0,00	0,2	0,0	0,0	100,0	100,0	95,9
10	0,01	0,00	0,00	0,00	96,95	96,27	0,00	0,0	0,0	2,7	100,0	100,0	98,6
11	0,01	2,02	0,00	0,00	98,97	96,27	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	98,6
12	0,01	0,00	2,44	0,00	98,97	98,71	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	98,6

Concreto Convencional - 6 Pisos - Lacustre 200  
ANALISIS SISMICO

DYNAMIC RESPONSE SPECTRUM BASE SHEARS REACTIONS

Spec	Mode	Dir	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SPX	1	U1	0,1	-4,3	0	48	1	36
SPX	2	U1	0,6	-499,4	0	5628	7	-3903
SPX	3	U1	430286,1	574,4	0	-6112	4753044	-3485123
SPX	4	U1	0,0	-0,2	0	1	0	3
SPX	5	U1	682,5	9099,9	0	-23790	1210	65418
SPX	6	U1	111003,4	-9170,3	0	24239	201581	-971652
SPX	7	U1	0,0	0,3	0	-1	0	-10
SPX	8	U1	28743,5	206,8	0	-361	43726	-231480
SPX	9	U1	1,5	-229,6	0	382	2	-1803
SPX	10	U1	0,8	1,2	0	-2	0	-30
SPX	11	U1	11890,3	53,5	0	-65	9542	-95958
SPX	12	U1	0,2	-52,2	0	57	0	-409
SPX	All	All	446287,2	965,5	0	7571	4758470	3615989
SPY	1	U2	-4,3	251,1	0	-2860	-47	-2144
SPY	2	U2	-499,4	409095,9	0	-4610535	-5782	3196714
SPY	3	U2	574,4	0,8	0	-8	6345	-4652
SPY	4	U2	-0,2	29,3	0	-111	-2	-407
SPY	5	U2	9099,9	121330,1	0	-317189	16135	872229
SPY	6	U2	-9170,3	757,6	0	-2002	-16653	80270
SPY	7	U2	0,3	4,9	0	-8	0	-156
SPY	8	U2	206,8	1,5	0	-3	315	-1666
SPY	9	U2	-229,6	35225,5	0	-58629	-333	276586
SPY	10	U2	1,2	1,7	0	-2	1	-45
SPY	11	U2	53,5	0,2	0	0	43	-431
SPY	12	U2	-52,2	14380,1	0	-15731	-42	112522
SPY	All	All	965,5	429197,2	0	4623185	7709	3352023

	/-----D1-----/		/-----D2-----/
	DIRECTION-X		DIRECTION-Y
CQC	446287,2	965,5	429197,2
Vtx=	446,3 t	=	4462,9 kN
Vty=	429,2 t	=	4292,0 kN

Concreto Convencional - 6 Pisos - Lacustre 200  
ANALISIS SISMICO

RESPONSE SPECTRUM ACCELERATIONS & TOTAL MODAL DAMPING

Spec	Mode	Period	DampRatio	SpecFactor	SPEC-ACC U1	SPEC-ACC U2	SPEC-ACC U3	Sa
SPX	1	0,269	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	2	0,191	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	3	0,159	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	4	0,055	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	5	0,042	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	6	0,042	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	7	0,024	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	8	0,021	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	9	0,019	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	10	0,015	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	11	0,014	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	12	0,012	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPY	1	0,269	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	2	0,191	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	3	0,159	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	4	0,055	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	5	0,042	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	6	0,042	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	7	0,024	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	8	0,021	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	9	0,019	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	10	0,015	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	11	0,014	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	12	0,012	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450

### c) Centroides

Concreto Convencional - 6 Pisos - Lacustre 200  
ANÁLISIS SISMICO

COORDINATES OF CENTERS OF CUMULATIVE MASS & CENTERS OF RIGIDITY

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NUMBER	MASS		/---CENTER OF MASS---/		/---CENTER OF MASS---/		/--CENTER OF RIGIDITY--/			
		MASSX	MASSY	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y
Story	Diaphragm	MassX	MassY	XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR
P6	D1	17270,1	17270,1	7,80	8,11	17270,1	17270,1	7,80	8,11	7,89	8,11
P5	D1	22230,9	22230,9	7,79	8,11	39501,0	39501,0	7,79	8,11	7,88	8,11
P4	D1	22230,9	22230,9	7,79	8,11	61731,9	61731,9	7,79	8,11	7,88	8,11
P3	D1	22230,9	22230,9	7,79	8,11	83962,7	83962,7	7,79	8,11	7,86	8,11
P2	D1	22230,9	22230,9	7,79	8,11	106193,6	106193,6	7,79	8,11	7,85	8,11
P1	D1	22230,9	22230,9	7,79	8,11	128424,5	128424,5	7,79	8,11	7,83	8,10

### d) Irregularidades – Combinaciones

**REVISION DE LA IRREGULARIDAD TORSIONAL**

SISMO EN X Caso de Carga: 3 Δ = Deriva del análisis.

Columna Eje Vertical:

	2      51				Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	Δ1 (cm)	Δ2 (cm)	$\frac{1.2*(\Delta1 + \Delta2)}{2}$	$\frac{1.4*(\Delta1 + \Delta2)}{2}$		
P6	0,09	0,08	0,10	0,12	NO	NO
P5	0,08	0,09	0,10	0,12	NO	NO
P4	0,09	0,09	0,11	0,13	NO	NO
P3	0,08	0,08	0,10	0,11	NO	NO
P2	0,07	0,07	0,08	0,10	NO	NO
P1	0,04	0,04	0,05	0,06	NO	NO

	24      63				Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	Δ1 (cm)	Δ2 (cm)	$\frac{1.2*(\Delta1 + \Delta2)}{2}$	$\frac{1.4*(\Delta1 + \Delta2)}{2}$		
P6	0,09	0,08	0,10	0,12	NO	NO
P5	0,08	0,09	0,10	0,12	NO	NO
P4	0,09	0,09	0,11	0,13	NO	NO
P3	0,08	0,08	0,10	0,11	NO	NO
P2	0,07	0,07	0,08	0,10	NO	NO
P1	0,04	0,04	0,05	0,06	NO	NO

Columna Eje Vertical:

	24		1.2*( $\Delta 1 + \Delta 2$ )	1.4*( $\Delta 1 + \Delta 2$ )	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	$\Delta 1$ (cm)	$\Delta 2$ (cm)				
	2	2				
P6	0,15	0,15	0,18	0,21	NO	NO
P5	0,14	0,15	0,17	0,20	NO	NO
P4	0,14	0,15	0,17	0,20	NO	NO
P3	0,13	0,13	0,16	0,18	NO	NO
P2	0,09	0,10	0,11	0,13	NO	NO
P1	0,04	0,04	0,05	0,06	NO	NO

	63		1.2*( $\Delta 1 + \Delta 2$ )	1.4*( $\Delta 1 + \Delta 2$ )	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	$\Delta 1$ (cm)	$\Delta 2$ (cm)				
	2	2				
P6	0,15	0,15	0,18	0,21	NO	NO
P5	0,14	0,15	0,17	0,20	NO	NO
P4	0,14	0,15	0,17	0,20	NO	NO
P3	0,13	0,13	0,16	0,18	NO	NO
P2	0,09	0,10	0,11	0,13	NO	NO
P1	0,04	0,04	0,05	0,06	NO	NO

**IRREGULARIDADES EN PLANTA - (Ver tabla A.3-6 - NSR-10)**

PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Irregularidad Torsional (1aP)		x	0,9
Irregularidad Torsional Extrema (1bP)		x	0,8
Retrocesos excesivos en las Esquinas (2P)	x		0,9
Discontinuidades en el Diafragma (3P)		x	0,9
Desplazamiento del Plano de Acción (4P)		x	0,8
Sistemas no Paralelos (5P)		x	0,9

 $\phi_p = 0,9$ **IRREGULARIDADES EN ALTURA - (Ver tabla A.3-7 - NSR-10)**

PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Piso Flexible (Irregularidad en Rigidez) (1aA)		x	0,9
Piso Flexible (Irregularidad extrema en Rigidez) (1bA)		x	0,8
Distribución de Masas (2A)		x	0,9
Geométrica (3A)		x	0,9
Desplazamiento del Plano de Acción (4A)		x	0,8
Piso Débil (Discontinuidad en la resistencia) (5aA)		x	0,9
Piso Débil (Discontinuidad extrema en la resistencia) (5bA)		x	0,8

 $\phi_a = 1,0$ **AUSENCIA DE REDUNDANCIA - (Ver A.3.3.8 - NSR-10)**

PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Ausencia de redundancia en el sistema sismo-resistente		x	0,75

 $\phi_r = 1,0$

Factores - Resultado Fx = 1,14  
 Análisis Sísmico Fy = 1,19

**Combinaciones de Carga:**

**1.0. CHEQUEO DE LA DERIVA**

1	1,40 C.M.		
2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	
3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,14 S.X.
4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 1,14 S.X.
5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,19 S.Y.
6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 1,19 S.Y.
7	0,90 C.M.		+ 1,14 S.X.
8	0,90 C.M.		- 1,14 S.X.
9	0,90 C.M.		+ 1,19 S.Y.
10	0,90 C.M.		- 1,19 S.Y.

C.M. = Carga Muerta  
 C.V. = Carga Viva  
 Lr = Carga Viva Cubierta  
 S.X. = Fuerzas Sísmicas Elásticas en X  
 S.Y. = Fuerzas Sísmicas Elásticas en Y

R<sub>o</sub> = 4,00 Muros de concreto - (DMO)  
 Ω<sub>o</sub> = 2,50

φ<sub>a</sub> = 1,00  
 φ<sub>p</sub> = 0,90  
 φ<sub>r</sub> = 1,00

R<sub>x</sub> = 3,60  
 R<sub>y</sub> = 3,60

**2.0. DISEÑO DE COLUMNAS Y VIGAS (FLEXIÓN)**

D1	1,40 C.M.				
D2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	+ 0,50 Lr.		
D3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,60 Lr.		
D4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,32 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,32 S.X.	- 0,10 S.Y.
D6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,32 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D7	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,32 S.X.	- 0,10 S.Y.
D8	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,10 S.X.	+ 0,33 S.Y.
D9	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,10 S.X.	+ 0,33 S.Y.
D10	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,10 S.X.	- 0,33 S.Y.
D11	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,10 S.X.	- 0,33 S.Y.
D12	0,90 C.M.			+ 0,32 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D13	0,90 C.M.			+ 0,32 S.X.	- 0,10 S.Y.
D14	0,90 C.M.			- 0,32 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D15	0,90 C.M.			- 0,32 S.X.	- 0,10 S.Y.
D16	0,90 C.M.			+ 0,10 S.X.	+ 0,33 S.Y.
D17	0,90 C.M.			- 0,10 S.X.	+ 0,33 S.Y.
D18	0,90 C.M.			+ 0,10 S.X.	- 0,33 S.Y.
D19	0,90 C.M.			- 0,10 S.X.	- 0,33 S.Y.

R<sub>c x</sub> = 3,60  
 R<sub>c y</sub> = 3,60

**4.0. CARGAS A CIMENTACION**

C1	1,00 C.M.				
C2	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.			
C3	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		
C4	1,00 C.M.			0,22 S.X.	
C5	1,00 C.M.			- 0,22 S.X.	
C6	1,00 C.M.				+ 0,23 S.Y.
C7	1,00 C.M.				- 0,23 S.Y.
C8	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	0,17 S.X.	
C9	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	- 0,17 S.X.	
C10	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		+ 0,17 S.Y.
C11	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		- 0,17 S.Y.
C12	0,60 C.M.			0,22 S.X.	
C13	0,60 C.M.			- 0,22 S.X.	
C14	0,60 C.M.				+ 0,23 S.Y.
C15	0,60 C.M.				- 0,23 S.Y.

**5.0. CARGAS A CIMENTACION PARA CHEQUEO DE ESFUERZO AXIALES MAXIMOS**

C16	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	0,22 S.X.	
C17	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	- 0,22 S.X.	
C18	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.		+ 0,23 S.Y.
C19	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.		- 0,23 S.Y.

**6.0 DISEÑO DE MUROS**

M1	1,40 C.M.				
M2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	+ 0,50 Lr.		
M3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,32 S.X.	
M4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,32 S.X.	
M5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.			+ 0,33 S.Y.
M6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.			- 0,33 S.Y.
M7	0,90 C.M.			+ 0,32 S.X.	
M8	0,90 C.M.			- 0,32 S.X.	
M9	0,90 C.M.				+ 0,33 S.Y.
M10	0,90 C.M.				- 0,33 S.Y.

## e) Derivas – Muros

### DERIVA MUROS

$$\Delta a = \sqrt{(\delta x_1 - \delta x_2)^2 + (\delta y_1 - \delta y_2)^2}$$

$\Delta\alpha$  = Deriva del análisis.

$\Delta\rho$  = Deriva permitida.  
(0.01 h)

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

2

3

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0045	0,0000	0,450	0,09	2,50	OK	0,04
P5	2,50	0,0036	0,0000	0,360	0,08	2,50	OK	0,03
P4	2,50	0,0028	0,0000	0,280	0,09	2,50	OK	0,04
P3	2,50	0,0019	0,0000	0,190	0,08	2,50	OK	0,03
P2	2,50	0,0011	0,0000	0,110	0,07	2,50	OK	0,03
P1	2,50	0,0004	0,0000	0,040	0,04	2,50	OK	0,02

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

2

5

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0003	0,0069	0,691	0,15	2,50	OK	0,06
P5	2,50	0,0003	0,0054	0,541	0,14	2,50	OK	0,06
P4	2,50	0,0002	0,0040	0,400	0,14	2,50	OK	0,06
P3	2,50	0,0001	0,0026	0,260	0,13	2,50	OK	0,05
P2	2,50	0,0001	0,0013	0,130	0,09	2,50	OK	0,04
P1	2,50	0,0000	0,0004	0,040	0,04	2,50	OK	0,02

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

24

3

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0045	0,0000	0,450	0,09	2,50	OK	0,04
P5	2,50	0,0036	0,0000	0,360	0,08	2,50	OK	0,03
P4	2,50	0,0028	0,0000	0,280	0,09	2,50	OK	0,04
P3	2,50	0,0019	0,0000	0,190	0,08	2,50	OK	0,03
P2	2,50	0,0011	0,0000	0,110	0,07	2,50	OK	0,03
P1	2,50	0,0004	0,0000	0,040	0,04	2,50	OK	0,02

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

24

5

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0003	0,0072	0,721	0,15	2,50	OK	0,06
P5	2,50	0,0003	0,0057	0,571	0,15	2,50	OK	0,06
P4	2,50	0,0002	0,0042	0,420	0,15	2,50	OK	0,06
P3	2,50	0,0001	0,0027	0,270	0,13	2,50	OK	0,05
P2	2,50	0,0001	0,0014	0,140	0,10	2,50	OK	0,04
P1	2,50	0,0000	0,0004	0,040	0,04	2,50	OK	0,02

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.  
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD =  $\Delta\alpha/\Delta\rho$



$$\Delta a = \sqrt{(\delta x_1 - \delta x_2)^2 + (\delta y_1 - \delta y_2)^2}$$

$\Delta\alpha$  = Deriva del análisis.

$\Delta\rho$  = Deriva permitida.  
(0.01 h)

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

51  
3

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0045	0,0000	0,450	0,08	2,50	OK	0,03
P5	2,50	0,0037	0,0000	0,370	0,09	2,50	OK	0,04
P4	2,50	0,0028	0,0000	0,280	0,09	2,50	OK	0,04
P3	2,50	0,0019	0,0000	0,190	0,08	2,50	OK	0,03
P2	2,50	0,0011	0,0000	0,110	0,07	2,50	OK	0,03
P1	2,50	0,0004	0,0000	0,040	0,04	2,50	OK	0,02

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

51  
5

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0003	0,0069	0,691	0,15	2,50	OK	0,06
P5	2,50	0,0003	0,0054	0,541	0,14	2,50	OK	0,06
P4	2,50	0,0002	0,0040	0,400	0,14	2,50	OK	0,06
P3	2,50	0,0001	0,0026	0,260	0,13	2,50	OK	0,05
P2	2,50	0,0001	0,0013	0,130	0,09	2,50	OK	0,04
P1	2,50	0,0000	0,0004	0,040	0,04	2,50	OK	0,02

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

63  
3

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0045	0,0000	0,450	0,08	2,50	OK	0,03
P5	2,50	0,0037	0,0000	0,370	0,09	2,50	OK	0,04
P4	2,50	0,0028	0,0000	0,280	0,09	2,50	OK	0,04
P3	2,50	0,0019	0,0000	0,190	0,08	2,50	OK	0,03
P2	2,50	0,0011	0,0000	0,110	0,07	2,50	OK	0,03
P1	2,50	0,0004	0,0000	0,040	0,04	2,50	OK	0,02

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

63  
5

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0003	0,0072	0,721	0,15	2,50	OK	0,06
P5	2,50	0,0003	0,0057	0,571	0,15	2,50	OK	0,06
P4	2,50	0,0002	0,0042	0,420	0,15	2,50	OK	0,06
P3	2,50	0,0001	0,0027	0,270	0,13	2,50	OK	0,05
P2	2,50	0,0001	0,0014	0,140	0,10	2,50	OK	0,04
P1	2,50	0,0000	0,0004	0,040	0,04	2,50	OK	0,02

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.  
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD =  $\Delta\alpha/\Delta\rho$

Max en X 0,04  
Max en Y 0,06

Max en x= 0,04 Max en y= 0,06	2	24	Max en x= 0,04 Max en y= 0,06
	51	63	
Max en x= 0,04 Max en y= 0,06			Max en x= 0,04 Max en y= 0,06

## Modelo 2. Concreto convencional – 6 pisos – Piedemonte B

### a) Análisis sísmico

**Modelo 2: Concreto Convencional - 6 Pisos - Piedemonte B**

El método de análisis del sistema de resistencia sísmica a utilizar es: Método de análisis dinámico elástico.

El Espectro Elástico de Diseño a utilizar (según la microzonificación sísmica de Bogotá D.C.) debe ser construido con los siguientes parámetros:

ZONA : **PIEDEMONTA B**

Grupo de Uso : **I** → **I** = **1,00**

Aa = 0,15

Av = 0,20

Zona	F <sub>a</sub> (475)	F <sub>v</sub> (475)	T <sub>C</sub> (s)	T <sub>I</sub> (s)	A <sub>0</sub> (475) (g)
PIEDEMONTA B	1.95	1.70	0.56	3.0	0.26

Zona de Amenaza Sísmica : **Intermedia**

Sistema Estructural: **Muros de concreto - (DMO)**

	Area (m <sup>2</sup> )	Alt. Piso (m)	Elevación (h) h(m)	W (t)	W / A t/m <sup>2</sup>	Masa (kg-s <sup>2</sup> /m)
P6	238	2,50	15,00	169,4	0,71	17270
P5	238	2,50	12,50	218,1	0,92	22231
P4	238	2,50	10,00	218,1	0,92	22231
P3	238	2,50	7,50	218,1	0,92	22231
P2	238	2,50	5,00	218,1	0,92	22231
P1	238	2,50	2,50	218,1	0,92	22231

Σ 1259,8 t

Σ 12598,4 kN

**Análisis Sísmico por Fuerza Horizontal Equivalente:** Para ajustar el valor del Cortante Dinámico en la base ( según A.5.4.5 -- NSR - 10)

Periodo fundamental aproximado (según A.4.2.2 -- NSR - 10)

$$C_u = 1,34 \quad C_u = 1.75 - 1.2A_v F_v$$

$$C_t = 0,049 \text{ Muros de concreto - (DMO)}$$

$$a = 0,75$$

$$T_a = C_t h^a = 0,37 \text{ seg}$$

$$C_u \cdot T_a = 0,50 \text{ seg}$$

$$T_x = 0,16 \text{ seg (obtenido del análisis dinámico elástico de la estructura)}$$

$$T_y = 0,19 \text{ seg (obtenido del análisis dinámico elástico de la estructura)}$$

$$T_x = 0,16 \text{ seg ( definitivo )}$$

$$T_y = 0,19 \text{ seg ( definitivo )}$$

$$S_a = 2.5 A_a F_a \quad S_a = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot I}{T} \quad S_a = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot T_L \cdot I}{T^2} \quad S_{ax} = 0,73 \text{ (Definitivo)}$$

$$S_{ay} = 0,73 \text{ (Definitivo)}$$

$$S_a = 0,73$$

$$S_{ax} = 2,57$$

$$S_{ax} = 48,66$$

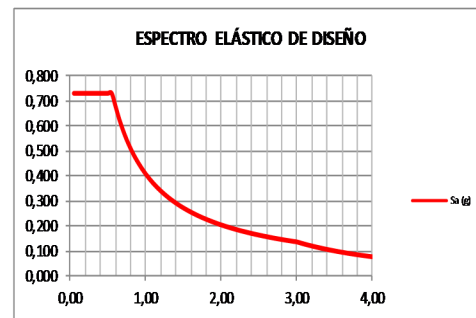
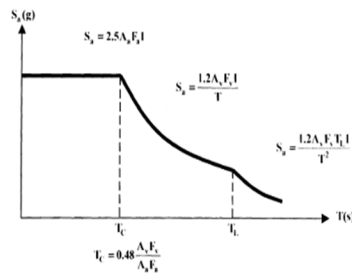
$$V_{sx} = 921,3 \text{ t} = 9212,6 \text{ kN}$$

$$S_{ay} = 2,13$$

$$S_{ay} = 33,39$$

$$V_{sy} = 921,3 \text{ t} = 9212,6 \text{ kN}$$

3.2. Curva de diseño para un coeficiente de amortiguamiento de 5% del critico



Cortantes Dinámicos en la Base. ( Vtj ) :

$$V_{tx} = 725,0 \text{ t} = 7249,7 \text{ kN}$$

$$V_{ty} = 697,2 \text{ t} = 6972,1 \text{ kN}$$

Regularidad de la Estructura: **2** ( 1: Regular, 2: Irregular)

**Según A.5.4.5 -- NSR - 10**

- Si la estructura es regular, el cortante dinámico en la base **No puede ser menor que el 80 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente ( Vs )**

- Si la estructura es irregular, el cortante dinámico en la base **No puede ser menor que el 90 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente ( Vs )**

**Factores de Ajuste :**

$$F_x = 829,1 / 725,0 = 1,14$$

$$F_y = 829,1 / 697,2 = 1,19$$

$$F_x = 1,14 \text{ ( Definitivo )}$$

$$F_y = 1,19 \text{ ( Definitivo )}$$

## b) Cortantes

Concreto Conventional - 6 Pisos - Piedemonte B  
ANALISIS SISMICO

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE NUMBER Mode	Period	TRASLATION						ROTATION					
		% MASS UX	% MASS UY	% MASS UZ	< % SUM> SumUX	< % SUM> SumUY	< % SUM> SumUZ	% MASS RX	% MASS RY	% MASS RZ	< % SUM> SumRX	< % SUM> SumRY	< % SUM> SumRZ
1	0,27	0,00	0,04	0,00	0,00	0,04	0,00	0,1	0,0	68,6	0,1	0,0	68,6
2	0,19	0,00	69,49	0,00	0,00	69,54	0,00	98,1	0,0	0,0	98,2	0,0	68,6
3	0,16	73,09	0,00	0,00	73,09	69,54	0,00	0,0	99,2	0,0	98,2	99,2	68,6
4	0,06	0,00	0,01	0,00	73,09	69,54	0,00	0,0	0,0	20,9	98,2	99,2	89,6
5	0,04	0,12	20,61	0,00	73,21	90,15	0,00	1,6	0,0	0,0	99,8	99,2	89,6
6	0,04	18,86	0,13	0,00	92,07	90,28	0,00	0,0	0,7	0,0	99,8	99,9	89,6
7	0,02	0,00	0,00	0,00	92,07	90,28	0,00	0,0	0,0	6,3	99,8	99,9	95,9
8	0,02	4,88	0,00	0,00	96,95	90,28	0,00	0,0	0,1	0,0	99,8	100,0	95,9
9	0,02	0,00	5,98	0,00	96,95	96,27	0,00	0,2	0,0	0,0	100,0	100,0	95,9
10	0,01	0,00	0,00	0,00	96,95	96,27	0,00	0,0	0,0	2,7	100,0	100,0	98,6
11	0,01	2,02	0,00	0,00	98,97	96,27	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	98,6
12	0,01	0,00	2,44	0,00	98,97	98,71	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	98,6

Concreto Conventional - 6 Pisos - Piedemonte B  
ANALISIS SISMICO

DYNAMIC RESPONSE SPECTRUM BASE SHEARS REACTIONS

Spec	Mode	Dir	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SPX	1	U1	0,1	-6,9	0	79	1	59
SPX	2	U1	1,0	-811,3	0	9143	11	-6339
SPX	3	U1	698975,9	933,1	0	-9929	7721056	-5661388
SPX	4	U1	0,0	-0,4	0	1	0	5
SPX	5	U1	1108,7	14782,3	0	-38645	1966	106268
SPX	6	U1	180318,9	-14896,6	0	39374	327458	-1578394
SPX	7	U1	0,0	0,5	0	-1	0	-16
SPX	8	U1	46692,3	336,0	0	-586	71030	-376026
SPX	9	U1	2,4	-373,0	0	621	4	-2929
SPX	10	U1	1,2	1,9	0	-3	1	-48
SPX	11	U1	19315,1	86,8	0	-105	15501	-155879
SPX	12	U1	0,3	-84,8	0	93	0	-664
SPX	All	All	724968,7	1568,5	0	12299	7729870	5873974
SPY	1	U2	-6,9	407,8	0	-4645	-77	-3483
SPY	2	U2	-811,3	664553,6	0	-7489559	-9393	5192884
SPY	3	U2	933,1	1,3	0	-13	10307	-7558
SPY	4	U2	-0,4	47,6	0	-180	-2	-661
SPY	5	U2	14782,3	197094,0	0	-515256	26210	1416888
SPY	6	U2	-14896,6	1230,6	0	-3253	-27052	130395
SPY	7	U2	0,5	7,9	0	-13	0	-253
SPY	8	U2	336,0	2,4	0	-4	511	-2706
SPY	9	U2	-373,0	57221,8	0	-95239	-541	449298
SPY	10	U2	1,9	2,8	0	-4	1	-74
SPY	11	U2	86,8	0,4	0	0	70	-701
SPY	12	U2	-84,8	23359,7	0	-25554	-68	182787
SPY	All	All	1568,5	697207,0	0	7510108	12523	5445176

/-----D1-----/      /-----D2-----/  
DIRECTION-X                  DIRECTION-Y  
CQC      **724968,7**      **1568,5**      **1568,5**      **697207,0**  
  
Vbx= **725,0 t**      =      **7249,7 kN**  
Vty= **697,2 t**      =      **6972,1 kN**

Concreto Conventional - 6 Pisos - Piedemonte B  
ANALISIS SISMICO

RESPONSE SPECTRUM ACCELERATIONS & TOTAL MODAL DAMPING

Spec	Mode	Period	DampRatio	SpecFactor	SPEC-ACC U1	SPEC-ACC U2	SPEC-ACC U3	Sa
SPX	1	0,269	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	2	0,191	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	3	0,159	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	4	0,055	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	5	0,042	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	6	0,042	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	7	0,024	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	8	0,021	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	9	0,019	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	10	0,015	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	11	0,014	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	12	0,012	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPY	1	0,269	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	2	0,191	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	3	0,159	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	4	0,055	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	5	0,042	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	6	0,042	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	7	0,024	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	8	0,021	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	9	0,019	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	10	0,015	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	11	0,014	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	12	0,012	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731

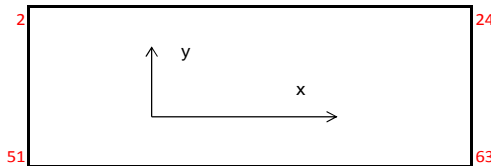
## c) Centroides

Concreto Convencional - 6 Pisos - Piedemonte B  
ANÁLISIS SISMICO

COORDINATES OF CENTERS OF CUMULATIVE MASS & CENTERS OF RIGIDITY

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NUMBER	MASS		/---CENTER OF MASS---/		CUMULATIVE MASS		/--CENTER OF RIGIDITY--/			
		ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y
Story	Diaphragm	MassX	MassY	XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR
P6	D1	17270,1	17270,1	7,80	8,11	17270,1	17270,1	7,80	8,11	7,89	8,11
P5	D1	22230,9	22230,9	7,79	8,11	39501,0	39501,0	7,79	8,11	7,88	8,11
P4	D1	22230,9	22230,9	7,79	8,11	61731,9	61731,9	7,79	8,11	7,88	8,11
P3	D1	22230,9	22230,9	7,79	8,11	83962,7	83962,7	7,79	8,11	7,86	8,11
P2	D1	22230,9	22230,9	7,79	8,11	106193,6	106193,6	7,79	8,11	7,85	8,11
P1	D1	22230,9	22230,9	7,79	8,11	128424,5	128424,5	7,79	8,11	7,83	8,10

## d) Irregularidades – Combinación



### REVISIÓN DE LA IRREGULARIDAD TORSIONAL

SISMO EN X Caso de Carga: 3

Δ = Deriva del análisis.

Columna Eje Vertical:

2      51

	Δ1 (cm)	Δ2 (cm)	$1.2*(\Delta 1 + \Delta 2)$	$1.4*(\Delta 1 + \Delta 2)$	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
			2	2		
P6	0,13	0,13	0,16	0,18	NO	NO
P5	0,14	0,14	0,17	0,20	NO	NO
P4	0,15	0,15	0,18	0,21	NO	NO
P3	0,14	0,14	0,17	0,20	NO	NO
P2	0,11	0,11	0,13	0,15	NO	NO
P1	0,06	0,06	0,07	0,08	NO	NO

24      63

	Δ1 (cm)	Δ2 (cm)	$1.2*(\Delta 1 + \Delta 2)$	$1.4*(\Delta 1 + \Delta 2)$	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
			2	2		
P6	0,13	0,13	0,16	0,18	NO	NO
P5	0,14	0,14	0,17	0,20	NO	NO
P4	0,15	0,15	0,18	0,21	NO	NO
P3	0,14	0,14	0,17	0,20	NO	NO
P2	0,11	0,11	0,13	0,15	NO	NO
P1	0,06	0,06	0,07	0,08	NO	NO

Columna Eje Vertical:

	24		1.2*( $\Delta 1 + \Delta 2$ )	1.4*( $\Delta 1 + \Delta 2$ )	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	$\Delta 1$ (cm)	$\Delta 2$ (cm)				
	2		2			
P6	0,23	0,24	0,28	0,33	NO	NO
P5	0,24	0,25	0,29	0,34	NO	NO
P4	0,23	0,24	0,28	0,33	NO	NO
P3	0,20	0,21	0,25	0,29	NO	NO
P2	0,15	0,16	0,19	0,22	NO	NO
P1	0,07	0,07	0,08	0,10	NO	NO

	63		1.2*( $\Delta 1 + \Delta 2$ )	1.4*( $\Delta 1 + \Delta 2$ )	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	$\Delta 1$ (cm)	$\Delta 2$ (cm)				
	51		2			
P6	0,23	0,24	0,28	0,33	NO	NO
P5	0,24	0,25	0,29	0,34	NO	NO
P4	0,23	0,24	0,28	0,33	NO	NO
P3	0,20	0,21	0,25	0,29	NO	NO
P2	0,15	0,16	0,19	0,22	NO	NO
P1	0,07	0,07	0,08	0,10	NO	NO

## IRREGULARIDADES EN PLANTA - (Ver tabla A.3-6 - NSR-10)

PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Irregularidad Torsional (1aP)		x	0,9
Irregularidad Torsional Extrema (1bP)		x	0,8
Retrososos excesivos en las Esquinas (2P)	x		0,9
Discontinuidades en el Diafragma (3P)		x	0,9
Desplazamiento del Plano de Acción (4P)		x	0,8
Sistemas no Paralelos (5P)		x	0,9

 $\phi_p = 0,9$ 

## IRREGULARIDADES EN ALTURA - (Ver tabla A.3-7 - NSR-10)

PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Piso Flexible (Irregularidad en Rigidez) (1aA)		x	0,9
Piso Flexible (Irregularidad extrema en Rigidez) (1bA)		x	0,8
Distribución de Masas (2A)		x	0,9
Geométrica (3A)		x	0,9
Desplazamiento del Plano de Acción (4A)		x	0,8
Piso Débil (Discontinuidad en la resistencia) (5aA)		x	0,9
Piso Débil(Discontinuidad extrema en la resistencia)(5bA)		x	0,8

 $\phi_a = 1,0$ 

## AUSENCIA DE REDUNDANCIA - (Ver A.3.3.8 - NSR-10)

PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Ausencia de redundancia en el sistema sismo-resistente		x	0,75

 $\phi_r = 1,0$

Factores - Resultado      Fx = 1,14  
 Análisis Sísmico        Fy = 1,19

**Combinaciones de Carga:**

**1.0. CHEQUEO DE LA DERIVA**

1	1,40 C.M.		
2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	
3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,14 S.X.
4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 1,14 S.X.
5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,19 S.Y.
6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 1,19 S.Y.
7	0,90 C.M.		+ 1,14 S.X.
8	0,90 C.M.		- 1,14 S.X.
9	0,90 C.M.		+ 1,19 S.Y.
10	0,90 C.M.		- 1,19 S.Y.

C.M. = Carga Muerta  
 C.V. = Carga Viva  
 Lr= Carga Viva Cubierta  
 S.X. = Fuerzas Sísmicas Elásticas en X  
 S.Y. = Fuerzas Sísmicas Elásticas en Y

R o = 4,00 Muros de concreto - (DMO)  
 Ω<sub>0</sub> = 2,50

φ<sub>a</sub> = 1,00  
 φ<sub>p</sub> = 0,90  
 φ<sub>r</sub> = 1,00

R<sub>x</sub> = 3,60  
 R<sub>y</sub> = 3,60

R c x = 3,60  
 R c y = 3,60

**2.0. DISEÑO DE COLUMNAS Y VIGAS (FLEXIÓN)**

D1	1,40 C.M.				
D2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	+ 0,50 Lr.		
D3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,60 Lr.		
D4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,32 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,32 S.X.	- 0,10 S.Y.
D6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,32 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D7	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,32 S.X.	- 0,10 S.Y.
D8	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,10 S.X.	+ 0,33 S.Y.
D9	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,10 S.X.	+ 0,33 S.Y.
D10	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,10 S.X.	- 0,33 S.Y.
D11	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,10 S.X.	- 0,33 S.Y.
D12	0,90 C.M.			+ 0,32 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D13	0,90 C.M.			+ 0,32 S.X.	- 0,10 S.Y.
D14	0,90 C.M.			- 0,32 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D15	0,90 C.M.			- 0,32 S.X.	- 0,10 S.Y.
D16	0,90 C.M.			+ 0,10 S.X.	+ 0,33 S.Y.
D17	0,90 C.M.			- 0,10 S.X.	+ 0,33 S.Y.
D18	0,90 C.M.			+ 0,10 S.X.	- 0,33 S.Y.
D19	0,90 C.M.			- 0,10 S.X.	- 0,33 S.Y.

**4.0. CARGAS A CIMENTACION**

C1	1,00 C.M.				
C2	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.			
C3	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		
C4	1,00 C.M.			0,22 S.X.	
C5	1,00 C.M.			- 0,22 S.X.	
C6	1,00 C.M.				+ 0,23 S.Y.
C7	1,00 C.M.				- 0,23 S.Y.
C8	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	0,17 S.X.	
C9	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	- 0,17 S.X.	
C10	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		+ 0,17 S.Y.
C11	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		- 0,17 S.Y.
C12	0,60 C.M.			0,22 S.X.	
C13	0,60 C.M.			- 0,22 S.X.	
C14	0,60 C.M.				+ 0,23 S.Y.
C15	0,60 C.M.				- 0,23 S.Y.

**5.0. CARGAS A CIMENTACION PARA CHEQUEO DE ESFUERZO AXIALES MAXIMOS**

C16	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	0,22 S.X.	
C17	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	- 0,22 S.X.	
C18	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.		+ 0,23 S.Y.
C19	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.		- 0,23 S.Y.

**6.0 DISEÑO DE MUROS**

M1	1,40 C.M.				
M2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	+ 0,50 Lr.		
M3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,32 S.X.	
M4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,32 S.X.	
M5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.			+ 0,33 S.Y.
M6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.			- 0,33 S.Y.
M7	0,90 C.M.			+ 0,32 S.X.	
M8	0,90 C.M.			- 0,32 S.X.	
M9	0,90 C.M.				+ 0,33 S.Y.
M10	0,90 C.M.				- 0,33 S.Y.

**DERIVA MUROS**

$$\Delta a = \sqrt{(\delta x_1 - \delta x_2)^2 + (\delta y_1 - \delta y_2)^2}$$

$\Delta \alpha$  = Deriva del análisis.

$\Delta p$  = Deriva permitida.  
(0.01 h)

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:

**2**

Caso de Carga:

**3**

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta \alpha$ (cm)	$\Delta p$ (cm)	$y$	%
P6	2,50	0,0073	0,0000	0,730	0,13	2,50	OK	0,05
P5	2,50	0,0060	0,0000	0,600	0,14	2,50	OK	0,06
P4	2,50	0,0046	0,0000	0,460	0,15	2,50	OK	0,06
P3	2,50	0,0031	0,0000	0,310	0,14	2,50	OK	0,06
P2	2,50	0,0017	0,0000	0,170	0,11	2,50	OK	0,04
P1	2,50	0,0006	0,0000	0,060	0,06	2,50	OK	0,02

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:

**2**

Caso de Carga:

**5**

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta \alpha$ (cm)	$\Delta p$ (cm)	$y$	%
P6	2,50	0,0006	0,0112	1,122	0,23	2,50	OK	0,09
P5	2,50	0,0005	0,0089	0,891	0,24	2,50	OK	0,10
P4	2,50	0,0003	0,0065	0,651	0,23	2,50	OK	0,09
P3	2,50	0,0002	0,0042	0,420	0,20	2,50	OK	0,08
P2	2,50	0,0001	0,0022	0,220	0,15	2,50	OK	0,06
P1	2,50	0,0000	0,0007	0,070	0,07	2,50	OK	0,03

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:

**24**

Caso de Carga:

**3**

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta \alpha$ (cm)	$\Delta p$ (cm)	$y$	%
P6	2,50	0,0073	0,0000	0,730	0,13	2,50	OK	0,05
P5	2,50	0,0060	0,0000	0,600	0,14	2,50	OK	0,06
P4	2,50	0,0046	0,0000	0,460	0,15	2,50	OK	0,06
P3	2,50	0,0031	0,0000	0,310	0,14	2,50	OK	0,06
P2	2,50	0,0017	0,0000	0,170	0,11	2,50	OK	0,04
P1	2,50	0,0006	0,0000	0,060	0,06	2,50	OK	0,02

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:

**24**

Caso de Carga:

**5**

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta \alpha$ (cm)	$\Delta p$ (cm)	$y$	%
P6	2,50	0,0006	0,0117	1,172	0,24	2,50	OK	0,10
P5	2,50	0,0005	0,0093	0,931	0,25	2,50	OK	0,10
P4	2,50	0,0003	0,0068	0,681	0,24	2,50	OK	0,10
P3	2,50	0,0002	0,0044	0,440	0,21	2,50	OK	0,08
P2	2,50	0,0001	0,0023	0,230	0,16	2,50	OK	0,06
P1	2,50	0,0000	0,0007	0,070	0,07	2,50	OK	0,03

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.

% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD =  $\Delta \alpha / \Delta p$



$$\Delta a = \sqrt{(\delta x_1 - \delta x_2)^2 + (\delta y_1 - \delta y_2)^2}$$

$\Delta\alpha$  = Deriva del análisis.

$\Delta\rho$  = Deriva permitida.  
(0.01 h)

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

51  
3

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0073	0,0000	0,730	0,13	2,50	OK	0,05
P5	2,50	0,0060	0,0000	0,600	0,14	2,50	OK	0,06
P4	2,50	0,0046	0,0000	0,460	0,15	2,50	OK	0,06
P3	2,50	0,0031	0,0000	0,310	0,14	2,50	OK	0,06
P2	2,50	0,0017	0,0000	0,170	0,11	2,50	OK	0,04
P1	2,50	0,0006	0,0000	0,060	0,06	2,50	OK	0,02

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

51  
5

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0006	0,0112	1,122	0,23	2,50	OK	0,09
P5	2,50	0,0005	0,0089	0,891	0,24	2,50	OK	0,10
P4	2,50	0,0003	0,0065	0,651	0,23	2,50	OK	0,09
P3	2,50	0,0002	0,0042	0,420	0,20	2,50	OK	0,08
P2	2,50	0,0001	0,0022	0,220	0,15	2,50	OK	0,06
P1	2,50	0,0000	0,0007	0,070	0,07	2,50	OK	0,03

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

63  
3

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0073	0,0000	0,730	0,13	2,50	OK	0,05
P5	2,50	0,0060	0,0000	0,600	0,14	2,50	OK	0,06
P4	2,50	0,0046	0,0000	0,460	0,15	2,50	OK	0,06
P3	2,50	0,0031	0,0000	0,310	0,14	2,50	OK	0,06
P2	2,50	0,0017	0,0000	0,170	0,11	2,50	OK	0,04
P1	2,50	0,0006	0,0000	0,060	0,06	2,50	OK	0,02

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

63  
5

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0006	0,0117	1,172	0,24	2,50	OK	0,10
P5	2,50	0,0005	0,0093	0,931	0,25	2,50	OK	0,10
P4	2,50	0,0003	0,0068	0,681	0,24	2,50	OK	0,10
P3	2,50	0,0002	0,0044	0,440	0,21	2,50	OK	0,08
P2	2,50	0,0001	0,0023	0,230	0,16	2,50	OK	0,06
P1	2,50	0,0000	0,0007	0,070	0,07	2,50	OK	0,03

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.  
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD =  $\Delta\alpha/\Delta\rho$

Max en X 0,06  
Max en Y 0,10

Max en x= 0,06 Max en y= 0,10	2	24	Max en x= 0,06 Max en y= 0,10
	51	63	
Max en x= 0,06 Max en y= 0,10			Max en x= 0,06 Max en y= 0,10

### Modelo 3. Concreto convencional – 14 pisos – Lacustre 200

#### a) Análisis sísmico

**Modelo 3:** Concreto Convencional - 14 Pisos- Lacustre 200

El método de análisis del sistema de resistencia sísmica a utilizar es: Método de análisis dinámico elástico.

El Espectro Elástico de Diseño a utilizar (según la microzonificación sísmica de Bogotá D.C.) debe ser construido con los siguientes parámetros:

ZONA : **LACUSTRE-200**

Grupo de Uso : **I** → **I** = **1,00**

Aa = 0,15

Av = 0,20

Zona	F <sub>a</sub> (475)	F <sub>v</sub> (475)	T <sub>C</sub> (s)	T <sub>I</sub> (s)	A <sub>g</sub> (475) (g)
LACUSTRE-200	1.20	3.50	1.87	4.0	0.18

Zona de Amenaza Sísmica : **Intermedia**

Sistema Estructural: **Muros de concreto - (DMO)**

	Area (m <sup>2</sup> )	Alt. Piso (m)	Elevación (h) h(m)	W (t)	W / A t/m <sup>2</sup>	Masa (kg-s <sup>2</sup> /m)
P14	238	2,50	35,00	186,5	0,78	19016
P13	238	2,50	32,50	252,3	1,06	25723
P12	238	2,50	30,00	252,3	1,06	25723
P11	238	2,50	27,50	252,3	1,06	25723
P10	238	2,50	25,00	252,3	1,06	25723
P9	238	2,50	22,50	252,3	1,06	25723
P8	238	2,50	20,00	252,3	1,06	25723
P7	238	2,50	17,50	252,3	1,06	25723
P6	238	2,50	15,00	252,3	1,06	25723
P5	238	2,50	12,50	252,3	1,06	25723
P4	238	2,50	10,00	252,3	1,06	25723
P3	238	2,50	7,50	252,3	1,06	25723
P2	238	2,50	5,00	252,3	1,06	25723
P1	238	2,50	2,50	252,3	1,06	25723

Σ 3467,0

Σ 34669,8 kN

**Análisis Sísmico por Fuerza Horizontal Equivalente:**

Para ajustar el valor del Cortante Dinámico en la base ( según A.5.4.5 -- NSR - 10)

Periodo fundamental aproximado (según A.4.2.2 -- NSR - 10)

$C_u = 1,2 \quad C_u = 1.75 - 1.2A_v F_v$

$C_t = 0,049$  Muros de concreto - (DMO)

$a = 0,75$

$T_a = C_t h^a = 0,71$	seg
$C_u \cdot T_a = 0,85$	seg

$T_x = 0,56$  seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)

$T_y = 0,74$  seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)

$T_x = 0,56$  seg ( definitivo )

$T_y = 0,74$  seg ( definitivo )

$S_a = 2.5 A_a F_a I \quad S_a = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot I}{T} \quad S_a = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot T_L \cdot I}{T^2} \quad S_{ax} = 0,45$  (Definitivo)

$S_{ay} = 0,45$  (Definitivo)

$S_a = 0,45$

$S_{ax} = 1,51$

$S_{ax} = 10,85$

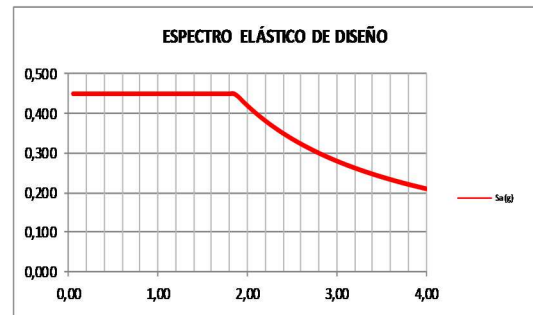
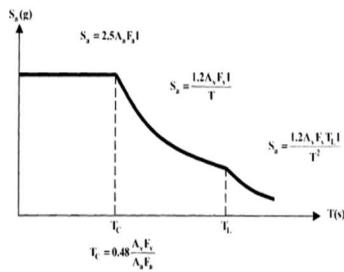
$V_{sx} = 1560,1 \text{ t} = 15601,4 \text{ kN}$

$S_{ay} = 1,13$

$S_{ay} = 6,05$

$V_{sy} = 1560,1 \text{ t} = 15601,4 \text{ kN}$

3.2. Curva de diseño para un coeficiente de amortiguamiento de 5% del critico



Cortantes Dinámicos en la Base. ( Vtj ) :

$V_{tx} = 1130,9 \text{ t} = 11308,6 \text{ kN}$

$V_{ty} = 1093,9 \text{ t} = 10939,0 \text{ kN}$

Regularidad de la Estructura: **2** ( 1: Regular, 2: Irregular)

**Según A.5.4.5 -- NSR - 10**

- Si la estructura es regular, el cortante dinámico en la base **No puede ser menor que el 80 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente ( Vs )**

- Si la estructura es irregular, el cortante dinámico en la base **No puede ser menor que el 90 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente ( Vs )**

**Factores de Ajuste :**

$F_x = 1404,1 / 1130,9 = 1,24$

$F_y = 1404,1 / 1093,9 = 1,28$

$F_x = 1,24$  ( Definitivo)

$F_y = 1,28$  ( Definitivo)



RESPONSE SPECTRUM ACCELERATIONS & TOTAL MODAL DAMPING

Spec	Mode	Period	DampRatio	SpecFactor	SPEC-ACC U1	SPEC-ACC U2	SPEC-ACC U3	Sa
SPX	1	1,073	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	2	0,745	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	3	0,557	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	4	0,196	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	5	0,140	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	6	0,126	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	7	0,078	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	8	0,058	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	9	0,057	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	10	0,044	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	11	0,036	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	12	0,033	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	13	0,029	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	14	0,026	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	15	0,023	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	16	0,022	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	17	0,020	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	18	0,017	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	19	0,017	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	20	0,016	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	21	0,014	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	22	0,014	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	23	0,013	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	24	0,012	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	25	0,012	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	26	0,011	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	27	0,011	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	28	0,010	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPY	1	1,073	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	2	0,745	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	3	0,557	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	4	0,196	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	5	0,140	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	6	0,126	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	7	0,078	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	8	0,058	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	9	0,057	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	10	0,044	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	11	0,036	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	12	0,033	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	13	0,029	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	14	0,026	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	15	0,023	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	16	0,022	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	17	0,020	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	18	0,017	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	19	0,017	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	20	0,016	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	21	0,014	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	22	0,014	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	23	0,013	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	24	0,012	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	25	0,012	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	26	0,011	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	27	0,011	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	28	0,010	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450

### c) Centroides

Concreto Convencional - 14 Pisos- Lacustre 200  
ANALISIS SISMICO

COORDINATES OF CENTERS OF CUMULATIVE MASS & CENTERS OF RIGIDITY

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NUMBER	MASS		/---CENTER OF MASS---/		/---CENTER OF RIGIDITY---/					
		MASSX	MASSY	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y				
Story	Diaphragm	MassX	MassY	XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR
P14	D1	19016,1	19016,1	7,80	8,11	19016,1	19016,1	7,80	8,11	7,96	8,11
P13	D1	25722,8	25722,8	7,81	8,11	44738,9	44738,9	7,80	8,11	7,96	8,11
P12	D1	25722,8	25722,8	7,81	8,11	70461,7	70461,7	7,80	8,11	7,96	8,11
P11	D1	25722,8	25722,8	7,81	8,11	96184,5	96184,5	7,80	8,11	7,95	8,11
P10	D1	25722,8	25722,8	7,81	8,11	121907,4	121907,4	7,80	8,11	7,95	8,11
P9	D1	25722,8	25722,8	7,81	8,11	147630,2	147630,2	7,80	8,11	7,95	8,11
P8	D1	25722,8	25722,8	7,81	8,11	173353,0	173353,0	7,80	8,11	7,94	8,11
P7	D1	25722,8	25722,8	7,81	8,11	199075,8	199075,8	7,80	8,11	7,94	8,11
P6	D1	25722,8	25722,8	7,81	8,11	224798,6	224798,6	7,80	8,11	7,93	8,11
P5	D1	25722,8	25722,8	7,81	8,11	250521,4	250521,4	7,80	8,11	7,92	8,11
P4	D1	25722,8	25722,8	7,81	8,11	276244,3	276244,3	7,81	8,11	7,91	8,11
P3	D1	25722,8	25722,8	7,81	8,11	301967,1	301967,1	7,81	8,11	7,89	8,11
P2	D1	25722,8	25722,8	7,81	8,11	327689,9	327689,9	7,81	8,11	7,87	8,10
P1	D1	25722,8	25722,8	7,81	8,11	353412,7	353412,7	7,81	8,11	7,84	8,09

### d) Irregularidades – Combinación

REVISION DE LA IRREGULARIDAD TORSIONAL

SISMO EN X Caso de Carga: 3 Δ = Deriva del análisis.

Columna Eje Vertical:

	2      51				Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	Δ1 (cm)	Δ2 (cm)	$\frac{1.2*(\Delta1 + \Delta2)}{2}$	$\frac{1.4*(\Delta1 + \Delta2)}{2}$		
P14	0,56	0,55	0,67	0,78	NO	NO
P13	0,56	0,57	0,68	0,79	NO	NO
P12	0,58	0,57	0,69	0,81	NO	NO
P11	0,58	0,58	0,70	0,81	NO	NO
P10	0,57	0,57	0,68	0,80	NO	NO
P9	0,57	0,57	0,68	0,80	NO	NO
P8	0,54	0,54	0,65	0,76	NO	NO
P7	0,52	0,52	0,62	0,73	NO	NO
P6	0,48	0,48	0,58	0,67	NO	NO
P5	0,43	0,43	0,52	0,60	NO	NO
P4	0,38	0,38	0,46	0,53	NO	NO
P3	0,30	0,31	0,37	0,43	NO	NO
P2	0,23	0,22	0,27	0,32	NO	NO
P1	0,10	0,10	0,12	0,14	NO	NO

	24      63				Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	Δ1 (cm)	Δ2 (cm)	$\frac{1.2*(\Delta1 + \Delta2)}{2}$	$\frac{1.4*(\Delta1 + \Delta2)}{2}$		
P14	0,56	0,55	0,67	0,78	NO	NO
P13	0,56	0,57	0,68	0,79	NO	NO
P12	0,58	0,57	0,69	0,81	NO	NO
P11	0,58	0,58	0,70	0,81	NO	NO
P10	0,57	0,57	0,68	0,80	NO	NO
P9	0,57	0,57	0,68	0,80	NO	NO
P8	0,54	0,54	0,65	0,76	NO	NO
P7	0,52	0,52	0,62	0,73	NO	NO
P6	0,48	0,48	0,58	0,67	NO	NO
P5	0,43	0,43	0,52	0,60	NO	NO
P4	0,38	0,38	0,46	0,53	NO	NO
P3	0,30	0,31	0,37	0,43	NO	NO
P2	0,23	0,22	0,27	0,32	NO	NO
P1	0,10	0,10	0,12	0,14	NO	NO

Columna Eje Vertical:

	24		2		Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	$\Delta 1$ (cm)	$\Delta 2$ (cm)	$1.2*(\Delta 1 + \Delta 2)$	$1.4*(\Delta 1 + \Delta 2)$		
			2	2		
P14	1,13	1,21	1,40	1,63	NO	NO
P13	1,14	1,22	1,41	1,65	NO	NO
P12	1,13	1,21	1,40	1,64	NO	NO
P11	1,12	1,21	1,39	1,63	NO	NO
P10	1,10	1,18	1,36	1,59	NO	NO
P9	1,05	1,13	1,31	1,53	NO	NO
P8	1,01	1,08	1,25	1,46	NO	NO
P7	0,93	1,00	1,16	1,36	NO	NO
P6	0,84	0,91	1,06	1,23	NO	NO
P5	0,74	0,80	0,93	1,08	NO	NO
P4	0,62	0,68	0,78	0,91	NO	NO
P3	0,48	0,52	0,60	0,70	NO	NO
P2	0,32	0,34	0,40	0,47	NO	NO
P1	0,12	0,14	0,16	0,18	NO	NO

	63		51		Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	$\Delta 1$ (cm)	$\Delta 2$ (cm)	$1.2*(\Delta 1 + \Delta 2)$	$1.4*(\Delta 1 + \Delta 2)$		
			2	2		
P14	1,13	1,21	1,40	1,63	NO	NO
P13	1,14	1,21	1,41	1,65	NO	NO
P12	1,13	1,21	1,40	1,64	NO	NO
P11	1,12	1,21	1,39	1,62	NO	NO
P10	1,10	1,18	1,36	1,59	NO	NO
P9	1,06	1,14	1,31	1,53	NO	NO
P8	1,00	1,07	1,25	1,46	NO	NO
P7	0,94	1,00	1,16	1,36	NO	NO
P6	0,84	0,91	1,05	1,23	NO	NO
P5	0,74	0,80	0,93	1,08	NO	NO
P4	0,62	0,68	0,78	0,91	NO	NO
P3	0,48	0,52	0,60	0,70	NO	NO
P2	0,32	0,34	0,40	0,47	NO	NO
P1	0,12	0,14	0,16	0,18	NO	NO

**IRREGULARIDADES EN PLANTA - (Ver tabla A.3-6 - NSR-10)**

PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Irregularidad Torsional (1aP)		x	0,9
Irregularidad Torsional Extrema (1bP)		x	0,8
Retrocesos excesivos en las Esquinas (2P)	x		0,9
Discontinuidades en el Diafragma (3P)		x	0,9
Desplazamiento del Plano de Acción (4P)		x	0,8
Sistemas no Paralelos (5P)		x	0,9

$\phi_p = 0,9$

**IRREGULARIDADES EN ALTURA - (Ver tabla A.3-7 - NSR-10)**

PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Piso Flexible (Irregularidad en Rigidez) (1aA)		x	0,9
Piso Flexible (Irregularidad extrema en Rigidez) (1bA)		x	0,8
Distribución de Masas (2A)		x	0,9
Geométrica (3A)		x	0,9
Desplazamiento del Plano de Acción (4A)		x	0,8
Piso Débil (Discontinuidad en la resistencia) (5aA)		x	0,9
Piso Débil(Discontinuidad extrema en la resistencia)(5bA)		x	0,8

$\phi_a = 1,0$

**AUSENCIA DE REDUNDANCIA - (Ver A.3.3.8 - NSR-10)**

PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Ausencia de redundancia en el sistema sismo-resistente		x	0,75

$\phi_r = 1,00$

Factores - Resultado Fx = 1,24  
 Análisis Sísmico Fy = 1,28

**Combinaciones de Carga:**

**1.0. CHEQUEO DE LA DERIVA**

1	1,40 C.M.		
2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	
3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,24 S.X.
4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 1,24 S.X.
5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,28 S.X.
6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 1,28 S.Y.
7	0,90 C.M.		+ 1,24 S.X.
8	0,90 C.M.		- 1,24 S.X.
9	0,90 C.M.		+ 1,28 S.X.
10	0,90 C.M.		- 1,28 S.Y.

C.M. = Carga Muerta  
 C.V. = Carga Viva  
 Lr = Carga Viva Cubierta  
 S.X. = Fuerzas Sísmicas Elásticas en X  
 S.Y. = Fuerzas Sísmicas Elásticas en Y  
 R o = 4,00 Muros de concreto - (DMO)  
 Qo = 2,50  
 øa = 1,00  
 øp = 0,90  
 ør = 1,00

**2.0. DISEÑO DE COLUMNAS Y VIGAS (FLEXIÓN)**

1	1,40 C.M.				
2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	+ 0,50 S.X.		
3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,60 S.X.		
D4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,34 S.X.	+ 0,11 S.Y.
D5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,34 S.X.	- 0,11 S.Y.
D6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,34 S.X.	+ 0,11 S.Y.
D7	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,34 S.X.	- 0,11 S.Y.
D8	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,10 S.X.	+ 0,36 S.Y.
D9	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,10 S.X.	+ 0,36 S.Y.
D10	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,10 S.X.	- 0,36 S.Y.
D11	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,10 S.X.	- 0,36 S.Y.
D12	0,90 C.M.			+ 0,34 S.X.	+ 0,11 S.Y.
D13	0,90 C.M.			+ 0,34 S.X.	- 0,11 S.Y.
D14	0,90 C.M.			- 0,34 S.X.	+ 0,11 S.Y.
D15	0,90 C.M.			- 0,34 S.X.	- 0,11 S.Y.
D16	0,90 C.M.			+ 0,10 S.X.	+ 0,36 S.Y.
D17	0,90 C.M.			- 0,10 S.X.	+ 0,36 S.Y.
D18	0,90 C.M.			+ 0,10 S.X.	- 0,36 S.Y.
D19	0,90 C.M.			- 0,10 S.X.	- 0,36 S.Y.

Rx = 3,60  
 Ry = 3,60  
 R c x = 3,60  
 R c y = 3,60

**3.0. DISEÑO DE COLUMNAS Y VIGAS (CORTANTE) -- Según literal C.21.3.3 (NSR-10)**

COLUMNAS			Qo *(S.X.)	Qo *(S.Y.)	VIGAS			2 *(S.X.)	2 *(S.Y.)
DC1	1,40 C.M.				DV1	1,40 C.M.			
DC2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.			DV2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.		
DC3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,86 S.X.	+ 0,27 S.Y.	DV3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,69 S.X.	+ 0,21 S.Y.
DC4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,86 S.X.	- 0,27 S.Y.	DV4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,69 S.X.	- 0,21 S.Y.
DC5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,86 S.X.	+ 0,27 S.Y.	DV5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,69 S.X.	+ 0,21 S.Y.
DC6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,86 S.X.	- 0,27 S.Y.	DV6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,69 S.X.	- 0,21 S.Y.
DC7	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,26 S.X.	+ 0,89 S.Y.	DV7	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,21 S.X.	+ 0,71 S.Y.
DC8	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,26 S.X.	+ 0,89 S.Y.	DV8	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,21 S.X.	+ 0,71 S.Y.
DC9	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,26 S.X.	- 0,89 S.Y.	DV9	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,21 S.X.	- 0,71 S.Y.
DC10	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,26 S.X.	- 0,89 S.Y.	DV10	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,21 S.X.	- 0,71 S.Y.
DC11	0,90 C.M.		+ 0,86 S.X.	+ 0,27 S.Y.	DV11	0,90 C.M.		+ 0,69 S.X.	+ 0,21 S.Y.
DC12	0,90 C.M.		+ 0,86 S.X.	- 0,27 S.Y.	DV12	0,90 C.M.		+ 0,69 S.X.	- 0,21 S.Y.
DC13	0,90 C.M.		- 0,86 S.X.	+ 0,27 S.Y.	DV13	0,90 C.M.		- 0,69 S.X.	+ 0,21 S.Y.
DC14	0,90 C.M.		- 0,86 S.X.	- 0,27 S.Y.	DV14	0,90 C.M.		- 0,69 S.X.	- 0,21 S.Y.
DC15	0,90 C.M.		+ 0,26 S.X.	+ 0,89 S.Y.	DV15	0,90 C.M.		+ 0,21 S.X.	+ 0,71 S.Y.
DC16	0,90 C.M.		- 0,26 S.X.	+ 0,89 S.Y.	DV16	0,90 C.M.		- 0,21 S.X.	+ 0,71 S.Y.
DC17	0,90 C.M.		+ 0,26 S.X.	- 0,89 S.Y.	DV17	0,90 C.M.		+ 0,21 S.X.	- 0,71 S.Y.
DC18	0,90 C.M.		- 0,26 S.X.	- 0,89 S.Y.	DV18	0,90 C.M.		- 0,21 S.X.	- 0,71 S.Y.

**4.0. CARGAS A CIMENTACION**

C1	1,00 C.M.				
C2	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.			
C3	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		
C4	1,00 C.M.			0,24 S.X.	
C5	1,00 C.M.			- 0,24 S.X.	
C6	1,00 C.M.				+ 0,25 S.Y.
C7	1,00 C.M.				- 0,25 S.Y.
C8	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	0,18 S.X.	
C9	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	- 0,18 S.X.	
C10	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		+ 0,19 S.Y.
C11	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		- 0,19 S.Y.
C12	0,60 C.M.			0,24 S.X.	
C13	0,60 C.M.			- 0,24 S.X.	
C14	0,60 C.M.				+ 0,25 S.Y.
C15	0,60 C.M.				- 0,25 S.Y.

**5.0. CARGAS A CIMENTACION PARA CHEQUEO DE ESFUERZO AXIALES MAXIMOS**

C16	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	0,24 S.X.	
C17	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	- 0,24 S.X.	
C18	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.		+ 0,25 S.Y.
C19	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.		- 0,25 S.Y.

**6.0 DISEÑO DE MUROS**

M1	1,40 C.M.				
M2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	+ 0,50 Lr.		
M3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,34 S.X.	
M4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,34 S.X.	
M5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.			+ 0,36 S.Y.
M6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.			- 0,36 S.Y.
M7	0,90 C.M.			+ 0,34 S.X.	
M8	0,90 C.M.			- 0,34 S.X.	
M9	0,90 C.M.				+ 0,36 S.Y.
M10	0,90 C.M.				- 0,36 S.Y.



e) Derivas – Muros

<b>ERIVA MUROS</b>								
$\Delta a = \sqrt{(\delta x_1 - \delta x_2)^2 + (\delta y_1 - \delta y_2)^2}$								
$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis.								
$\Delta\rho$ = Deriva permitida. (0.01 h)								
SISMO EN X		Columna Eje Vertical:			<b>2</b>			
		Caso de Carga:			<b>3</b>			
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P14	2,50	0,0640	0,0004	6,400	0,56	2,50	OK	0,22
P13	2,50	0,0584	0,0003	5,840	0,56	2,50	OK	0,22
P12	2,50	0,0528	0,0003	5,280	0,58	2,50	OK	0,23
P11	2,50	0,0470	0,0003	4,700	0,58	2,50	OK	0,23
P10	2,50	0,0412	0,0002	4,120	0,57	2,50	OK	0,23
P9	2,50	0,0355	0,0002	3,550	0,57	2,50	OK	0,23
P8	2,50	0,0298	0,0002	2,980	0,54	2,50	OK	0,22
P7	2,50	0,0244	0,0001	2,440	0,52	2,50	OK	0,21
P6	2,50	0,0192	0,0001	1,920	0,48	2,50	OK	0,19
P5	2,50	0,0144	0,0001	1,440	0,43	2,50	OK	0,17
P4	2,50	0,0101	0,0001	1,010	0,38	2,50	OK	0,15
P3	2,50	0,0063	0,0000	0,630	0,30	2,50	OK	0,12
P2	2,50	0,0033	0,0000	0,330	0,23	2,50	OK	0,09
P1	2,50	0,0010	0,0000	0,100	0,10	2,50	OK	0,04
SISMO EN Y		Columna Eje Vertical:			<b>2</b>			
		Caso de Carga:			<b>5</b>			
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P14	2,50	0,0120	0,1167	11,732	1,13	2,50	OK	0,45
P13	2,50	0,0109	0,1055	10,606	1,14	2,50	OK	0,45
P12	2,50	0,0097	0,0942	9,470	1,13	2,50	OK	0,45
P11	2,50	0,0086	0,0830	8,344	1,12	2,50	OK	0,45
P10	2,50	0,0074	0,0719	7,228	1,10	2,50	OK	0,44
P9	2,50	0,0063	0,0610	6,132	1,05	2,50	OK	0,42
P8	2,50	0,0053	0,0505	5,078	1,01	2,50	OK	0,40
P7	2,50	0,0042	0,0405	4,072	0,93	2,50	OK	0,37
P6	2,50	0,0033	0,0312	3,137	0,84	2,50	OK	0,34
P5	2,50	0,0024	0,0228	2,293	0,74	2,50	OK	0,30
P4	2,50	0,0016	0,0154	1,548	0,62	2,50	OK	0,25
P3	2,50	0,0010	0,0092	0,925	0,48	2,50	OK	0,19
P2	2,50	0,0005	0,0044	0,443	0,32	2,50	OK	0,13
P1	2,50	0,0001	0,0012	0,120	0,12	2,50	OK	0,05
SISMO EN X		Columna Eje Vertical:			<b>24</b>			
		Caso de Carga:			<b>3</b>			
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P14	2,50	0,0640	0,0004	6,400	0,56	2,50	OK	0,22
P13	2,50	0,0584	0,0003	5,840	0,56	2,50	OK	0,22
P12	2,50	0,0528	0,0003	5,280	0,58	2,50	OK	0,23
P11	2,50	0,0470	0,0003	4,700	0,58	2,50	OK	0,23
P10	2,50	0,0412	0,0002	4,120	0,57	2,50	OK	0,23
P9	2,50	0,0355	0,0002	3,550	0,57	2,50	OK	0,23
P8	2,50	0,0298	0,0002	2,980	0,54	2,50	OK	0,22
P7	2,50	0,0244	0,0001	2,440	0,52	2,50	OK	0,21
P6	2,50	0,0192	0,0001	1,920	0,48	2,50	OK	0,19
P5	2,50	0,0144	0,0001	1,440	0,43	2,50	OK	0,17
P4	2,50	0,0101	0,0001	1,010	0,38	2,50	OK	0,15
P3	2,50	0,0063	0,0000	0,630	0,30	2,50	OK	0,12
P2	2,50	0,0033	0,0000	0,330	0,23	2,50	OK	0,09
P1	2,50	0,0010	0,0000	0,100	0,10	2,50	OK	0,04

SISMO EN Y		Columna Eje Vertical:		24				
		Caso de Carga:		5				
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P14	2,50	0,0120	0,1258	12,637	1,21	2,50	OK	0,48
P13	2,50	0,0109	0,1138	11,432	1,22	2,50	OK	0,49
P12	2,50	0,0097	0,1017	10,216	1,21	2,50	OK	0,49
P11	2,50	0,0086	0,0896	9,001	1,21	2,50	OK	0,48
P10	2,50	0,0074	0,0776	7,795	1,18	2,50	OK	0,47
P9	2,50	0,0063	0,0659	6,620	1,13	2,50	OK	0,45
P8	2,50	0,0053	0,0546	5,486	1,08	2,50	OK	0,43
P7	2,50	0,0042	0,0439	4,410	1,00	2,50	OK	0,40
P6	2,50	0,0033	0,0339	3,406	0,91	2,50	OK	0,37
P5	2,50	0,0024	0,0248	2,492	0,80	2,50	OK	0,32
P4	2,50	0,0016	0,0168	1,688	0,68	2,50	OK	0,27
P3	2,50	0,0010	0,0100	1,005	0,52	2,50	OK	0,21
P2	2,50	0,0005	0,0048	0,483	0,34	2,50	OK	0,14
P1	2,50	0,0001	0,0014	0,140	0,14	2,50	OK	0,06

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.  
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD =  $\Delta\alpha/\Delta\rho$

$$\Delta a = \sqrt{(\delta x_1 - \delta x_2)^2 + (\delta y_1 - \delta y_2)^2}$$

Da = Deriva del análisis.

Dr = Deriva permitida.  
(0.01 h)

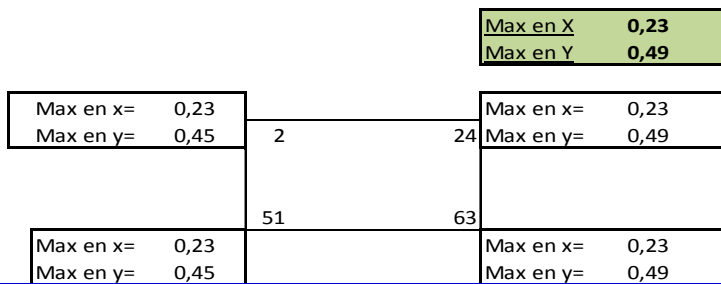
SISMO EN X		Columna Eje Vertical:		51				
		Caso de Carga:		3				
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P14	2,50	0,0639	0,0004	6,390	0,55	2,50	OK	0,22
P13	2,50	0,0584	0,0003	5,840	0,57	2,50	OK	0,23
P12	2,50	0,0527	0,0003	5,270	0,57	2,50	OK	0,23
P11	2,50	0,0470	0,0003	4,700	0,58	2,50	OK	0,23
P10	2,50	0,0412	0,0002	4,120	0,57	2,50	OK	0,23
P9	2,50	0,0355	0,0002	3,550	0,57	2,50	OK	0,23
P8	2,50	0,0298	0,0002	2,980	0,54	2,50	OK	0,22
P7	2,50	0,0244	0,0001	2,440	0,52	2,50	OK	0,21
P6	2,50	0,0192	0,0001	1,920	0,48	2,50	OK	0,19
P5	2,50	0,0144	0,0001	1,440	0,43	2,50	OK	0,17
P4	2,50	0,0101	0,0001	1,010	0,38	2,50	OK	0,15
P3	2,50	0,0063	0,0000	0,630	0,31	2,50	OK	0,12
P2	2,50	0,0032	0,0000	0,320	0,22	2,50	OK	0,09
P1	2,50	0,0010	0,0000	0,100	0,10	2,50	OK	0,04

SISMO EN Y		Columna Eje Vertical:		51				
		Caso de Carga:		5				
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P14	2,50	0,0118	0,1167	11,730	1,13	2,50	OK	0,45
P13	2,50	0,0107	0,1055	10,604	1,14	2,50	OK	0,45
P12	2,50	0,0096	0,0942	9,469	1,13	2,50	OK	0,45
P11	2,50	0,0085	0,0830	8,343	1,12	2,50	OK	0,45
P10	2,50	0,0074	0,0719	7,228	1,10	2,50	OK	0,44
P9	2,50	0,0063	0,0610	6,132	1,06	2,50	OK	0,42
P8	2,50	0,0052	0,0505	5,077	1,00	2,50	OK	0,40
P7	2,50	0,0042	0,0405	4,072	0,94	2,50	OK	0,37
P6	2,50	0,0032	0,0312	3,136	0,84	2,50	OK	0,34
P5	2,50	0,0024	0,0228	2,293	0,74	2,50	OK	0,30
P4	2,50	0,0016	0,0154	1,548	0,62	2,50	OK	0,25
P3	2,50	0,0010	0,0092	0,925	0,48	2,50	OK	0,19
P2	2,50	0,0005	0,0044	0,443	0,32	2,50	OK	0,13
P1	2,50	0,0001	0,0012	0,120	0,12	2,50	OK	0,05

SISMO EN X		Columna Eje Vertical:					63	
		Caso de Carga:					3	
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P14	2,50	0,0639	0,0004	6,390	0,55	2,50	OK	0,22
P13	2,50	0,0584	0,0003	5,840	0,57	2,50	OK	0,23
P12	2,50	0,0527	0,0003	5,270	0,57	2,50	OK	0,23
P11	2,50	0,0470	0,0003	4,700	0,58	2,50	OK	0,23
P10	2,50	0,0412	0,0002	4,120	0,57	2,50	OK	0,23
P9	2,50	0,0355	0,0002	3,550	0,57	2,50	OK	0,23
P8	2,50	0,0298	0,0002	2,980	0,54	2,50	OK	0,22
P7	2,50	0,0244	0,0001	2,440	0,52	2,50	OK	0,21
P6	2,50	0,0192	0,0001	1,920	0,48	2,50	OK	0,19
P5	2,50	0,0144	0,0001	1,440	0,43	2,50	OK	0,17
P4	2,50	0,0101	0,0001	1,010	0,38	2,50	OK	0,15
P3	2,50	0,0063	0,0000	0,630	0,31	2,50	OK	0,12
P2	2,50	0,0032	0,0000	0,320	0,22	2,50	OK	0,09
P1	2,50	0,0010	0,0000	0,100	0,10	2,50	OK	0,04

SISMO EN Y		Columna Eje Vertical:					63	
		Caso de Carga:					5	
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P14	2,50	0,0118	0,1258	12,635	1,21	2,50	OK	0,48
P13	2,50	0,0107	0,1138	11,430	1,21	2,50	OK	0,49
P12	2,50	0,0096	0,1017	10,215	1,21	2,50	OK	0,49
P11	2,50	0,0085	0,0896	9,000	1,21	2,50	OK	0,48
P10	2,50	0,0074	0,0776	7,795	1,18	2,50	OK	0,47
P9	2,50	0,0063	0,0659	6,620	1,14	2,50	OK	0,45
P8	2,50	0,0052	0,0546	5,485	1,07	2,50	OK	0,43
P7	2,50	0,0042	0,0439	4,410	1,00	2,50	OK	0,40
P6	2,50	0,0032	0,0339	3,405	0,91	2,50	OK	0,37
P5	2,50	0,0024	0,0248	2,492	0,80	2,50	OK	0,32
P4	2,50	0,0016	0,0168	1,688	0,68	2,50	OK	0,27
P3	2,50	0,0010	0,0100	1,005	0,52	2,50	OK	0,21
P2	2,50	0,0005	0,0048	0,483	0,34	2,50	OK	0,14
P1	2,50	0,0001	0,0014	0,140	0,14	2,50	OK	0,06

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.  
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD =  $\Delta\alpha/\Delta\rho$



## Modelo 4. Concreto convencional – 14 pisos – Piedemonte B

### a) Análisis sísmico

**Modelo 4: Concreto Convencional - 14 Pisos- Piedemonte B**

El método de análisis del sistema de resistencia sísmica a utilizar es: Método de análisis dinámico elástico.

El Espectro Elástico de Diseño a utilizar (según la microzonificación sísmica de Bogotá D.C.) debe ser construido con los siguientes parámetros:

ZONA : **PIEDEMONTA B**

Grupo de Uso : **I** → **I** = **1,00**

A<sub>a</sub> = 0,15

A<sub>v</sub> = 0,20

Zona	F <sub>a</sub> (475)	F <sub>v</sub> (475)	T <sub>C</sub> (s)	T <sub>I</sub> (s)	A <sub>0</sub> (475) (g)
PIEDEMONTA B	1.95	1.70	0.56	3.0	0.26

Zona de Amenaza Sísmica : **Intermedia**

Sistema Estructural: **Muros de concreto - (DMO)**

	Area (m <sup>2</sup> )	Alt. Piso (m)	Elevación (h) h(m)	W (t)	W / A t/m <sup>2</sup>	Masa (kg-s <sup>2</sup> /m)
P14	238	2,50	35,00	191,1	0,80	19476
P13	238	2,50	32,50	261,4	1,10	26643
P12	238	2,50	30,00	261,4	1,10	26643
P11	238	2,50	27,50	261,4	1,10	26643
P10	238	2,50	25,00	261,4	1,10	26643
P9	238	2,50	22,50	261,4	1,10	26643
P8	238	2,50	20,00	261,4	1,10	26643
P7	238	2,50	17,50	261,4	1,10	26643
P6	238	2,50	15,00	261,4	1,10	26643
P5	238	2,50	12,50	261,4	1,10	26643
P4	238	2,50	10,00	261,4	1,10	26643
P3	238	2,50	7,50	261,4	1,10	26643
P2	238	2,50	5,00	261,4	1,10	26643
P1	238	2,50	2,50	261,4	1,10	26643

Σ 3588,9  
Σ 35888,9 kN

**Análisis Sísmico por Fuerza Horizontal Equivalente:**

Para ajustar el valor del Cortante Dinámico en la base ( según A.5.4.5 -- NSR - 10)

Periodo fundamental aproximado (según A.4.2.2 -- NSR - 10)

$C_u = 1,342 \quad C_u = 1.75 - 1.2A_v F_v$

$C_t = 0,049$  Muros de concreto - (DMO)

$a = 0,75$

$T_a = C_t h^a =$	0,71	seg
$C_u * T_a =$	0,95	seg

$T_x = 0,54$  seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)

$T_y = 0,74$  seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)

$T_x = 0,54$  seg ( definitivo )

$T_y = 0,74$  seg ( definitivo )

$S_a = 2.5 A_a F_a I \quad S_a = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot I}{T} \quad S_a = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot T_L \cdot I}{T^2} \quad S_{ax} = 0,73$  (Definitivo)

$S_{ay} = 0,55$  (Definitivo)

$S_a = 0,73$

$S_{ax} = 0,75$

$S_{ax} = 4,12$

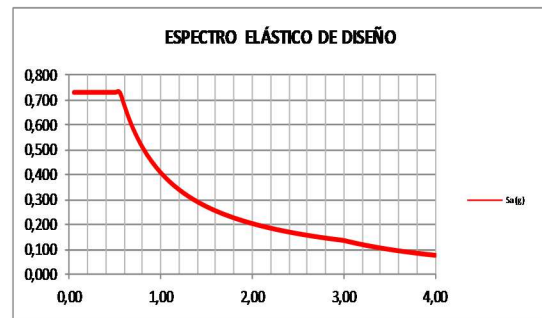
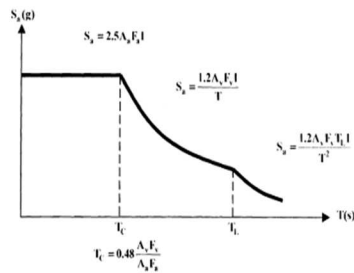
$V_{sx} = 2624,4 \text{ t} = 26243,8 \text{ kN}$

$S_{ay} = 0,55$

$S_{ay} = 2,25$

$V_{sy} = 1984,4 \text{ t} = 19843,5 \text{ kN}$

3.2. Curva de diseño para un coeficiente de amortiguamiento de 5% del critico



Cortantes Dinámicos en la Base. ( Vtj ) :

$V_{tx} = 1905,1 \text{ t} = 19051,2 \text{ kN}$

$V_{ty} = 1449,3 \text{ t} = 14492,8 \text{ kN}$

Regularidad de la Estructura: **2** ( 1: Regular, 2: Irregular)

**Según A.5.4.5 -- NSR - 10**

- Si la estructura es regular, el cortante dinámico en la base **No puede ser menor que el 80 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente ( Vs )**

- Si la estructura es irregular, el cortante dinámico en la base **No puede ser menor que el 90 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente ( Vs )**

**Factores de Ajuste :**

$F_x = 2361,9 / 1905,1 = 1,24$

$F_y = 1785,9 / 1449,3 = 1,23$

$F_x = 1,24$  ( Definitivo)

$F_y = 1,23$  ( Definitivo)



Concreto Convencional - 14 Pisos- Piedemonte B  
ANALISIS SISMICO

RESPONSE SPECTRUM ACCELERATIONS & TOTAL MODAL DAMPING

Spec	Mode	Period	DampRatio	SpecFactor	SPEC-ACC U1	SPEC-ACC U2	SPEC-ACC U3	Sa
SPX	1	1,055	0,05	1	3,80	0,00	0,0	0,387
SPX	2	0,738	0,05	1	5,43	0,00	0,0	0,553
SPX	3	0,545	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	4	0,195	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	5	0,146	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	6	0,125	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	7	0,078	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	8	0,060	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	9	0,058	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	10	0,044	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	11	0,037	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	12	0,035	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	13	0,029	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	14	0,026	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	15	0,023	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	16	0,021	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	17	0,021	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	18	0,017	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	19	0,017	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	20	0,016	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	21	0,014	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	22	0,014	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	23	0,013	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	24	0,012	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	25	0,011	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	26	0,011	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	27	0,011	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	28	0,010	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPY	1	1,055	0,05	1	0,00	3,80	0,0	0,387
SPY	2	0,738	0,05	1	0,00	5,43	0,0	0,553
SPY	3	0,545	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	4	0,195	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	5	0,146	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	6	0,125	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	7	0,078	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	8	0,060	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	9	0,058	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	10	0,044	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	11	0,037	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	12	0,035	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	13	0,029	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	14	0,026	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	15	0,023	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	16	0,021	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	17	0,021	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	18	0,017	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	19	0,017	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	20	0,016	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	21	0,014	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	22	0,014	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	23	0,013	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	24	0,012	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	25	0,011	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	26	0,011	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	27	0,011	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	28	0,010	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731

### c) Centroides

Concreto Convencional - 14 Pisos- Piedemonte B  
ANÁLISIS SISMICO

COORDINATES OF CENTERS OF CUMULATIVE MASS & CENTERS OF RIGIDITY

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NUMBER	MASS		/---CENTER OF MASS---/		CUMULATIVE MASS		/--CENTER OF RIGIDITY--/			
		ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y
Story	Diaphragm	MassX	MassY	XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR
P14	D1	19476,4	19476,4	7,80	8,11	19476,4	19476,4	7,80	8,11	7,96	8,11
P13	D1	26643,4	26643,4	7,80	8,11	46119,8	46119,8	7,80	8,11	7,95	8,11
P12	D1	26643,4	26643,4	7,80	8,11	72763,2	72763,2	7,80	8,11	7,95	8,11
P11	D1	26643,4	26643,4	7,80	8,11	99406,5	99406,5	7,80	8,11	7,94	8,11
P10	D1	26643,4	26643,4	7,80	8,11	126049,9	126049,9	7,80	8,11	7,94	8,11
P9	D1	26643,4	26643,4	7,80	8,11	152693,3	152693,3	7,80	8,11	7,93	8,11
P8	D1	26643,4	26643,4	7,80	8,11	179336,7	179336,7	7,80	8,11	7,92	8,11
P7	D1	26643,4	26643,4	7,80	8,11	205980,1	205980,1	7,80	8,11	7,91	8,11
P6	D1	26643,4	26643,4	7,80	8,11	232623,5	232623,5	7,80	8,11	7,90	8,11
P5	D1	26643,4	26643,4	7,80	8,11	259266,8	259266,8	7,80	8,11	7,89	8,11
P4	D1	26643,4	26643,4	7,80	8,11	285910,2	285910,2	7,80	8,11	7,87	8,11
P3	D1	26643,4	26643,4	7,80	8,11	312553,6	312553,6	7,80	8,11	7,85	8,11
P2	D1	26643,4	26643,4	7,80	8,11	339197,0	339197,0	7,80	8,11	7,84	8,11
P1	D1	26643,4	26643,4	7,80	8,11	365840,4	365840,4	7,80	8,11	7,83	8,09

### d) Irregularidades – Combinación

REVISIÓN DE LA IRREGULARIDAD TORSIONAL

SISMO EN X Caso de Carga: 3 Δ = Deriva del análisis.

Columna Eje Vertical:

	2      51		$\frac{1.2*(\Delta1 + \Delta2)}{2}$	$\frac{1.4*(\Delta1 + \Delta2)}{2}$	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	Δ1 (cm)	Δ2 (cm)				
P14	0,87	0,87	1,04	1,22	NO	NO
P13	0,88	0,88	1,06	1,23	NO	NO
P12	0,90	0,90	1,08	1,26	NO	NO
P11	0,90	0,90	1,08	1,26	NO	NO
P10	0,90	0,90	1,08	1,26	NO	NO
P9	0,88	0,88	1,06	1,23	NO	NO
P8	0,86	0,85	1,03	1,20	NO	NO
P7	0,80	0,80	0,96	1,12	NO	NO
P6	0,75	0,75	0,90	1,05	NO	NO
P5	0,68	0,68	0,82	0,95	NO	NO
P4	0,59	0,59	0,71	0,83	NO	NO
P3	0,49	0,49	0,59	0,69	NO	NO
P2	0,35	0,35	0,42	0,49	NO	NO
P1	0,17	0,17	0,20	0,24	NO	NO

	24      63		$\frac{1.2*(\Delta1 + \Delta2)}{2}$	$\frac{1.4*(\Delta1 + \Delta2)}{2}$	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	Δ1 (cm)	Δ2 (cm)				
P14	0,87	0,87	1,04	1,22	NO	NO
P13	0,88	0,88	1,06	1,23	NO	NO
P12	0,90	0,90	1,08	1,26	NO	NO
P11	0,90	0,90	1,08	1,26	NO	NO
P10	0,90	0,90	1,08	1,26	NO	NO
P9	0,88	0,88	1,06	1,23	NO	NO
P8	0,86	0,85	1,03	1,20	NO	NO
P7	0,80	0,80	0,96	1,12	NO	NO
P6	0,75	0,75	0,90	1,05	NO	NO
P5	0,68	0,68	0,82	0,95	NO	NO
P4	0,59	0,59	0,71	0,83	NO	NO
P3	0,49	0,49	0,59	0,69	NO	NO
P2	0,35	0,35	0,42	0,49	NO	NO
P1	0,17	0,17	0,20	0,24	NO	NO



Columna Eje Vertical:

	24		1.2*(Δ1+ Δ2) 2	1.4*(Δ1+ Δ2) 2	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	Δ1 (cm)	Δ2 (cm)				
	P14	1,26	1,35	1,57		
P13	1,27	1,36	1,58	1,85	NO	NO
P12	1,27	1,36	1,58	1,85	NO	NO
P11	1,26	1,36	1,58	1,84	NO	NO
P10	1,24	1,33	1,55	1,80	NO	NO
P9	1,20	1,30	1,50	1,76	NO	NO
P8	1,15	1,25	1,44	1,68	NO	NO
P7	1,08	1,17	1,35	1,58	NO	NO
P6	0,98	1,07	1,23	1,44	NO	NO
P5	0,87	0,95	1,10	1,28	NO	NO
P4	0,74	0,81	0,93	1,09	NO	NO
P3	0,57	0,63	0,72	0,84	NO	NO
P2	0,39	0,42	0,49	0,57	NO	NO
P1	0,15	0,17	0,19	0,22	NO	NO

	63		1.2*(Δ1+ Δ2) 2	1.4*(Δ1+ Δ2) 2	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	Δ1 (cm)	Δ2 (cm)				
	P14	1,26	1,35	1,57		
P13	1,27	1,36	1,58	1,85	NO	NO
P12	1,27	1,36	1,58	1,85	NO	NO
P11	1,26	1,36	1,58	1,84	NO	NO
P10	1,24	1,33	1,55	1,80	NO	NO
P9	1,20	1,30	1,50	1,76	NO	NO
P8	1,15	1,25	1,44	1,68	NO	NO
P7	1,08	1,17	1,35	1,58	NO	NO
P6	0,98	1,07	1,23	1,44	NO	NO
P5	0,87	0,95	1,10	1,28	NO	NO
P4	0,74	0,81	0,93	1,09	NO	NO
P3	0,57	0,63	0,72	0,84	NO	NO
P2	0,39	0,42	0,49	0,57	NO	NO
P1	0,15	0,17	0,19	0,22	NO	NO

**IRREGULARIDADES EN PLANTA - (Ver tabla A.3-6 - NSR-10)**

PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Irregularidad Torsional (1aP)		x	0,9
Irregularidad Torsional Extrema (1bP)		x	0,8
Retrocesos excesivos en las Esquinas (2P)	x		0,9
Discontinuidades en el Diafragma (3P)		x	0,9
Desplazamiento del Plano de Acción (4P)		x	0,8
Sistemas no Paralelos (5P)		x	0,9

φp = 0,9

**IRREGULARIDADES EN ALTURA - (Ver tabla A.3-7 - NSR-10)**

PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Piso Flexible (Irregularidad en Rigidez) (1aA)		x	0,9
Piso Flexible (Irregularidad extrema en Rigidez) (1bA)		x	0,8
Distribución de Masas (2A)		x	0,9
Geométrica (3A)		x	0,9
Desplazamiento del Plano de Acción (4A)		x	0,8
Piso Débil (Discontinuidad en la resistencia) (5aA)		x	0,9
Piso Débil (Discontinuidad extrema en la resistencia) (5bA)		x	0,8

φa = 1,0

**AUSENCIA DE REDUNDANCIA - (Ver A.3.3.8 - NSR-10)**

PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Ausencia de redundancia en el sistema sismo-resistente		x	0,75

φr = 1,00

Factores - Resultado Fx = 1,24  
 Análisis Sísmico Fy = 1,23

**Combinaciones de Carga:**

**1.0. CHEQUEO DE LA DERIVA**

1	1,40 C.M.		
2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	
3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,24 S.X.
4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 1,24 S.X.
5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,23 S.X.
6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 1,23 S.Y.
7	0,90 C.M.		+ 1,24 S.X.
8	0,90 C.M.		- 1,24 S.X.
9	0,90 C.M.		+ 1,23 S.X.
10	0,90 C.M.		- 1,23 S.Y.

C.M. = Carga Muerta  
 C.V. = Carga Viva  
 Lr= Carga Viva Cubierta  
 S.X. = Fuerzas Sísmicas Elásticas en X  
 S.Y. = Fuerzas Sísmicas Elásticas en Y

R o = 4,00 Muros de concreto - (DMO)  
 Ω<sub>0</sub> = 2,50

øa = 1,00  
 øp = 0,90  
 ør = 1,00

Rx = 3,60  
 Ry = 3,60

**2.0. DISEÑO DE COLUMNAS Y VIGAS (FLEXIÓN)**

1	1,40 C.M.				
2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	+ 0,50 S.X.		
3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,60 S.X.		
D4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,34 S.X.	+ 0,10 S.Y.	
D5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,34 S.X.	- 0,10 S.Y.	
D6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,34 S.X.	+ 0,10 S.Y.	
D7	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,34 S.X.	- 0,10 S.Y.	
D8	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,10 S.X.	+ 0,34 S.Y.	
D9	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,10 S.X.	+ 0,34 S.Y.	
D10	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,10 S.X.	- 0,34 S.Y.	
D11	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,10 S.X.	- 0,34 S.Y.	
D12	0,90 C.M.		+ 0,34 S.X.	+ 0,10 S.Y.	
D13	0,90 C.M.		+ 0,34 S.X.	- 0,10 S.Y.	
D14	0,90 C.M.		- 0,34 S.X.	+ 0,10 S.Y.	
D15	0,90 C.M.		- 0,34 S.X.	- 0,10 S.Y.	
D16	0,90 C.M.		+ 0,10 S.X.	+ 0,34 S.Y.	
D17	0,90 C.M.		- 0,10 S.X.	+ 0,34 S.Y.	
D18	0,90 C.M.		+ 0,10 S.X.	- 0,34 S.Y.	
D19	0,90 C.M.		- 0,10 S.X.	- 0,34 S.Y.	

R c x = 3,60  
 R c y = 3,60

**4.0. CARGAS A CIMENTACION**

C1	1,00 C.M.				
C2	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.			
C3	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		
C4	1,00 C.M.			0,24 S.X.	
C5	1,00 C.M.			- 0,24 S.X.	
C6	1,00 C.M.				+ 0,24 S.Y.
C7	1,00 C.M.				- 0,24 S.Y.
C8	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	0,18 S.X.	
C9	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	- 0,18 S.X.	
C10	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		+ 0,18 S.Y.
C11	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		- 0,18 S.Y.
C12	0,60 C.M.			0,24 S.X.	
C13	0,60 C.M.			- 0,24 S.X.	
C14	0,60 C.M.				+ 0,24 S.Y.
C15	0,60 C.M.				- 0,24 S.Y.

**5.0. CARGAS A CIMENTACION PARA CHEQUEO DE ESFUERZO AXIALES MAXIMOS**

C16	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	0,24 S.X.	
C17	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	- 0,24 S.X.	
C18	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.		+ 0,24 S.Y.
C19	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.		- 0,24 S.Y.

**6.0 DISEÑO DE MUROS**

M1	1,40 C.M.				
M2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	+ 0,50 Lr.		
M3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,34 S.X.	
M4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,34 S.X.	
M5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.			+ 0,34 S.Y.
M6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.			- 0,34 S.Y.
M7	0,90 C.M.			+ 0,34 S.X.	
M8	0,90 C.M.			- 0,34 S.X.	
M9	0,90 C.M.				+ 0,34 S.Y.
M10	0,90 C.M.				- 0,34 S.Y.



SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

24  
5

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P14	2,50	0,0106	0,1453	14,569	1,35	2,50	OK	0,54
P13	2,50	0,0097	0,1318	13,216	1,36	2,50	OK	0,55
P12	2,50	0,0087	0,1182	11,852	1,36	2,50	OK	0,55
P11	2,50	0,0077	0,1046	10,488	1,36	2,50	OK	0,55
P10	2,50	0,0067	0,0910	9,125	1,33	2,50	OK	0,53
P9	2,50	0,0058	0,0777	7,792	1,30	2,50	OK	0,52
P8	2,50	0,0048	0,0647	6,488	1,25	2,50	OK	0,50
P7	2,50	0,0039	0,0522	5,235	1,17	2,50	OK	0,47
P6	2,50	0,0030	0,0405	4,061	1,07	2,50	OK	0,43
P5	2,50	0,0022	0,0298	2,988	0,95	2,50	OK	0,38
P4	2,50	0,0015	0,0203	2,036	0,81	2,50	OK	0,32
P3	2,50	0,0009	0,0122	1,223	0,63	2,50	OK	0,25
P2	2,50	0,0004	0,0059	0,591	0,42	2,50	OK	0,17
P1	2,50	0,0001	0,0017	0,170	0,17	2,50	OK	0,07

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.  
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD =  $\Delta\alpha/\Delta\rho$

$$\Delta a = \sqrt{(\delta x_1 - \delta x_2)^2 + (\delta y_1 - \delta y_2)^2}$$

Da = Deriva del análisis.

Dr = Deriva permitida.  
(0.01 h)

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

51  
3

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P14	2,50	0,1001	0,0004	10,010	0,87	2,50	OK	0,35
P13	2,50	0,0914	0,0003	9,140	0,88	2,50	OK	0,35
P12	2,50	0,0826	0,0003	8,260	0,90	2,50	OK	0,36
P11	2,50	0,0736	0,0003	7,360	0,90	2,50	OK	0,36
P10	2,50	0,0646	0,0002	6,460	0,90	2,50	OK	0,36
P9	2,50	0,0556	0,0002	5,560	0,88	2,50	OK	0,35
P8	2,50	0,0468	0,0002	4,680	0,85	2,50	OK	0,34
P7	2,50	0,0383	0,0001	3,830	0,80	2,50	OK	0,32
P6	2,50	0,0303	0,0001	3,030	0,75	2,50	OK	0,30
P5	2,50	0,0228	0,0001	2,280	0,68	2,50	OK	0,27
P4	2,50	0,0160	0,0001	1,600	0,59	2,50	OK	0,24
P3	2,50	0,0101	0,0000	1,010	0,49	2,50	OK	0,20
P2	2,50	0,0052	0,0000	0,520	0,35	2,50	OK	0,14
P1	2,50	0,0017	0,0000	0,170	0,17	2,50	OK	0,07

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

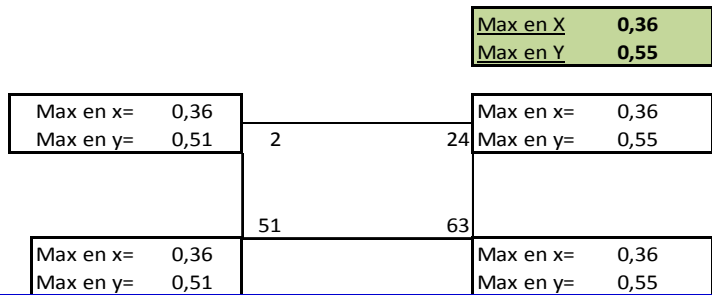
51  
5

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P14	2,50	0,0104	0,1343	13,470	1,26	2,50	OK	0,51
P13	2,50	0,0095	0,1217	12,207	1,27	2,50	OK	0,51
P12	2,50	0,0085	0,1090	10,933	1,27	2,50	OK	0,51
P11	2,50	0,0076	0,0963	9,660	1,26	2,50	OK	0,51
P10	2,50	0,0066	0,0837	8,396	1,24	2,50	OK	0,50
P9	2,50	0,0057	0,0713	7,153	1,20	2,50	OK	0,48
P8	2,50	0,0047	0,0593	5,949	1,15	2,50	OK	0,46
P7	2,50	0,0038	0,0478	4,795	1,08	2,50	OK	0,43
P6	2,50	0,0030	0,0370	3,712	0,98	2,50	OK	0,39
P5	2,50	0,0022	0,0272	2,729	0,87	2,50	OK	0,35
P4	2,50	0,0015	0,0185	1,856	0,74	2,50	OK	0,30
P3	2,50	0,0009	0,0111	1,114	0,57	2,50	OK	0,23
P2	2,50	0,0004	0,0054	0,541	0,39	2,50	OK	0,16
P1	2,50	0,0001	0,0015	0,150	0,15	2,50	OK	0,06

SISMO EN X		Columna Eje Vertical:					63	
		Caso de Carga:					3	
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P14	2,50	0,1001	0,0003	10,010	0,87	2,50	OK	0,35
P13	2,50	0,0914	0,0003	9,140	0,88	2,50	OK	0,35
P12	2,50	0,0826	0,0003	8,260	0,90	2,50	OK	0,36
P11	2,50	0,0736	0,0003	7,360	0,90	2,50	OK	0,36
P10	2,50	0,0646	0,0002	6,460	0,90	2,50	OK	0,36
P9	2,50	0,0556	0,0002	5,560	0,88	2,50	OK	0,35
P8	2,50	0,0468	0,0002	4,680	0,85	2,50	OK	0,34
P7	2,50	0,0383	0,0001	3,830	0,80	2,50	OK	0,32
P6	2,50	0,0303	0,0001	3,030	0,75	2,50	OK	0,30
P5	2,50	0,0228	0,0001	2,280	0,68	2,50	OK	0,27
P4	2,50	0,0160	0,0001	1,600	0,59	2,50	OK	0,24
P3	2,50	0,0101	0,0000	1,010	0,49	2,50	OK	0,20
P2	2,50	0,0052	0,0000	0,520	0,35	2,50	OK	0,14
P1	2,50	0,0017	0,0000	0,170	0,17	2,50	OK	0,07

SISMO EN Y		Columna Eje Vertical:					63	
		Caso de Carga:					5	
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P14	2,50	0,0104	0,1453	14,567	1,35	2,50	OK	0,54
P13	2,50	0,0095	0,1318	13,214	1,36	2,50	OK	0,55
P12	2,50	0,0085	0,1182	11,851	1,36	2,50	OK	0,55
P11	2,50	0,0076	0,1046	10,488	1,36	2,50	OK	0,55
P10	2,50	0,0066	0,0910	9,124	1,33	2,50	OK	0,53
P9	2,50	0,0057	0,0777	7,791	1,30	2,50	OK	0,52
P8	2,50	0,0047	0,0647	6,487	1,25	2,50	OK	0,50
P7	2,50	0,0038	0,0522	5,234	1,17	2,50	OK	0,47
P6	2,50	0,0030	0,0405	4,061	1,07	2,50	OK	0,43
P5	2,50	0,0022	0,0298	2,988	0,95	2,50	OK	0,38
P4	2,50	0,0015	0,0203	2,036	0,81	2,50	OK	0,32
P3	2,50	0,0009	0,0122	1,223	0,63	2,50	OK	0,25
P2	2,50	0,0004	0,0059	0,591	0,42	2,50	OK	0,17
P1	2,50	0,0001	0,0017	0,170	0,17	2,50	OK	0,07

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.  
 % Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD =  $\Delta\alpha/\Delta\rho$



## Modelo 5. Concreto convencional – 20 pisos – Lacustre 200

### a) Análisis sísmico

**Modelo 5:**      **Concreto Convencional - 20 Pisos- Lacustre 200**

El Análisis Sísmico se realizará por el método del Análisis Dinámico.  
 El programa de análisis estructural ETABS realiza directamente el análisis dinámico utilizando el Espectro Elástico de Diseño (según la microzonificación sísmica de Bogotá D.C.) construido con los siguientes parámetros:

ZONA : **LACUSTRE-200**                      Grupo de Uso : **I**    →    **I** = **1,00**

Aa = 0,15  
 Av = 0,20

Zona	F <sub>a</sub> (475)	F <sub>v</sub> (475)	T <sub>C</sub> (s)	T <sub>L</sub> (s)	A <sub>g</sub> (475) (g)
LACUSTRE-200	1,20	3,50	1,87	4,0	0,18

Zona de Amenaza Sísmica :                      **Intermedia**

Sistema Estructural:                              **Muros de concreto - (DMO)**

	Area (m <sup>2</sup> )	Alt. Piso (m)	Elevación (h) h(m)	W (t)	W / A t/m <sup>2</sup>	Masa (kg-s <sup>2</sup> /m)
STORY20	238	2,50	50,00	247,5	1,04	25225
STORY19	238	2,50	47,50	369,1	1,55	37622
STORY18	238	2,50	45,00	369,1	1,55	37622
STORY17	238	2,50	42,50	369,1	1,55	37622
STORY16	238	2,50	40,00	369,1	1,55	37622
STORY15	238	2,50	37,50	369,1	1,55	37622
STORY14	238	2,50	35,00	369,1	1,55	37622
STORY13	238	2,50	32,50	369,1	1,55	37622
STORY12	238	2,50	30,00	369,1	1,55	37622
STORY11	238	2,50	27,50	369,1	1,55	37622
STORY10	238	2,50	25,00	369,1	1,55	37622
STORY9	238	2,50	22,50	369,1	1,55	37622
STORY8	238	2,50	20,00	369,1	1,55	37622
STORY7	238	2,50	17,50	369,1	1,55	37622
STORY6	238	2,50	15,00	369,1	1,55	37622
STORY5	238	2,50	12,50	369,1	1,55	37622
STORY4	238	2,50	10,00	369,1	1,55	37622
STORY3	238	2,50	7,50	369,1	1,55	37622
STORY2	238	2,50	5,00	369,1	1,55	37622
STORY1	238	2,50	2,50	369,1	1,55	37622
			Σ	7259,9		
			Σ	72598,6 kN		

**Análisis Sísmico por Fuerza Horizontal Equivalente:**

Para ajustar el valor del Cortante Dinámico en la base ( según A.5.4.5 -- NSR - 10

Periodo fundamental aproximado (según A.4.2.2 -- NSR - 10)

$C_u = 1,2 \quad C_u = 1.75 - 1.2A_v F_v$

$C_t = 0,049$  Muros de concreto - (DMO)

$a = 0,75$

$T_a = C_t h^a =$	0,92	seg
$C_u * T_a =$	1,11	seg

$T_x = 0,78$  seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)

$T_y = 0,81$  seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)

$T_x = 0,78$  seg ( definitivo )

$T_y = 0,81$  seg ( definitivo )

$S_a = 2.5 A_a F_a I \quad S_a = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot I}{T} \quad S_a = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot T_L \cdot I}{T^2}$        $S_{ax} = 0,45$  (Definitivo)

$S_{ay} = 0,45$  (Definitivo)

$S_a = 0,45$

$S_{ax} = 1,08$

$S_{ax} = 5,55$

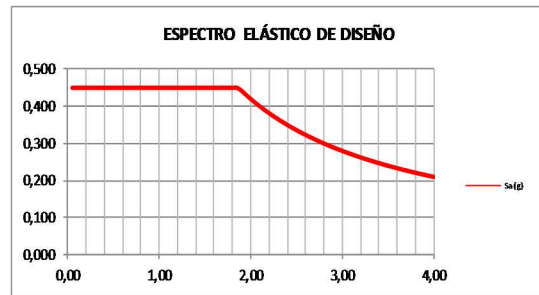
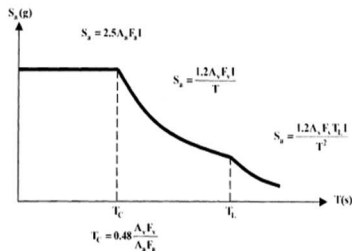
$V_{sx} = 3266,9 \text{ t} = 32669,4 \text{ kN}$

$S_{ay} = 1,04$

$S_{ay} = 5,17$

$V_{sy} = 3266,9 \text{ t} = 32669,4 \text{ kN}$

3.2. Curva de diseño para un coeficiente de amortiguamiento de 5% del crítico



Cortantes Dinámicos en la Base. ( Vtj ) :

$V_{tx} = 2291,3 \text{ t} = 22913,3 \text{ kN}$

$V_{ty} = 2308,9 \text{ t} = 23089,4 \text{ kN}$

Regularidad de la Estructura: **2** ( 1: Regular, 2: Irregular)

**Según A.5.4.5 -- NSR - 10**

- Si la estructura es regular, el cortante dinámico en la base **No puede ser menor que el 80 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente ( Vs )**

- Si la estructura es irregular, el cortante dinámico en la base **No puede ser menor que el 90 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente ( Vs )**

**Factores de Ajuste :**

$F_x = 2940,2 / 2291,3 = 1,28$

$F_y = 2940,2 / 2308,9 = 1,27$

$F_x = 1,28$  ( Definitivo)

$F_y = 1,27$  ( Definitivo)

## b) Cortantes

Concreto Convencional - 20 Pisos- Lacustre 200 ANÁLISIS SISMICO												
MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS												
MODE NUMBER	Period	TRANSLATION			< % SUM>			ROTATION			< % SUM>	
		% MASS	% MASS	% MASS	SumX	SumY	SumZ	% MASS	% MASS	% MASS		
1	1.48	0.00	0.05	0.00	0.00	0.05	0.00	0.1	0.0	64.1	0.1	
2	0.81	0.07	65.57	0.00	0.07	65.63	0.00	98.0	0.1	0.1	98.1	
3	0.78	64.38	0.07	0.00	64.46	65.70	0.00	0.1	97.6	0.0	98.2	
4	0.29	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.0	0.0	19.4	0.0	
5	0.18	0.00	19.26	0.00	0.00	84.98	0.00	1.6	0.0	0.0	99.7	
6	0.16	21.20	0.00	0.00	85.65	84.98	0.00	0.0	2.1	0.0	99.7	
7	0.12	0.00	0.01	0.00	85.65	84.98	0.00	0.0	0.0	6.3	99.7	
8	0.08	0.00	5.79	0.00	85.65	90.78	0.00	0.2	0.0	0.0	99.9	
9	0.07	6.34	0.00	0.00	91.99	90.78	0.00	0.0	0.2	0.0	99.9	
10	0.07	0.00	0.00	0.00	93.99	90.78	0.00	0.0	0.0	0.0	99.9	
11	0.05	0.00	3.02	0.00	91.99	93.81	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
12	0.05	2.84	0.00	0.00	94.83	93.81	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
13	0.05	0.00	0.00	0.00	94.83	93.81	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
14	0.03	1.59	0.00	0.00	96.42	93.81	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
15	0.03	0.00	1.79	0.00	96.42	95.60	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
16	0.03	0.00	1.39	0.00	96.42	95.61	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
17	0.03	0.99	0.00	0.00	97.41	95.61	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
18	0.03	0.00	0.00	0.00	97.41	95.61	0.00	0.0	0.0	0.9	100.0	
19	0.02	0.00	0.00	0.00	97.41	96.80	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
20	0.02	0.65	0.00	0.00	98.06	96.80	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
21	0.02	0.00	0.00	0.00	98.06	96.80	0.00	0.0	0.0	0.7	100.0	
22	0.02	0.00	0.83	0.00	98.06	97.63	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
23	0.02	0.49	0.00	0.00	98.55	97.63	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
24	0.02	0.00	0.00	0.00	98.55	97.63	0.00	0.0	0.0	0.5	100.0	
25	0.02	0.00	0.60	0.00	98.55	98.23	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
26	0.02	0.36	0.00	0.00	98.91	98.23	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
27	0.01	0.00	0.00	0.00	98.91	98.23	0.00	0.0	0.0	0.4	100.0	
28	0.01	0.26	0.00	0.00	99.18	98.23	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
29	0.01	0.00	0.44	0.00	99.18	98.67	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
30	0.01	0.00	0.00	0.00	99.18	98.67	0.00	0.0	0.0	0.3	100.0	
31	0.01	0.22	0.00	0.00	99.39	98.67	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
32	0.01	0.00	0.33	0.00	99.39	99.00	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
33	0.01	0.00	0.00	0.00	99.39	99.00	0.00	0.0	0.0	0.2	100.0	
34	0.01	0.16	0.00	0.00	99.67	99.00	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
35	0.01	0.12	0.00	0.00	99.67	99.00	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
36	0.01	0.00	0.25	0.00	99.67	99.26	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
37	0.01	0.00	0.00	0.00	99.67	99.26	0.00	0.0	0.0	0.2	100.0	
38	0.01	0.10	0.00	0.00	99.77	99.26	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
39	0.01	0.00	0.00	0.00	99.77	99.26	0.00	0.0	0.0	0.1	100.0	
40	0.01	0.00	0.19	0.00	99.77	99.45	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	

Concreto Convencional - 20 Pisos- Lacustre 200 ANÁLISIS SISMICO												
DYNAMIC RESPONSE SPECTRUM BASE SHEARS REACTIONS												
Spec	Mode	Dir	F1	F2	F3	M1	M2	M3				
SPX	1	U1	0.6	-32.5	0	1185	22	92				
SPX	2	U1	2372.2	-72210.3	0	2604478	86308	-385070				
SPX	3	U1	2158242.3	72608.6	0	-2613100	78396291	-18381769				
SPX	4	U1	0.0	-0.3	0	2	136	1				
SPX	5	U1	10.0	-2544.9	0	1415	0	-19979				
SPX	6	U1	710519.7	2316.3	0	-14330	6596420	-6220112				
SPX	7	U1	0.0	0.9	0	-5	0	-3				
SPX	8	U1	0.4	-275.9	0	1500	2	2159				
SPX	9	U1	212502.6	169.6	0	-81.4	1066688	-1864338				
SPX	10	U1	0.0	0.2	0	-1	0	0				
SPX	11	U1	0.0	23.6	0	-82	0	185				
SPX	12	U1	95156.7	-46.2	0	306	283200	-835866				
SPX	13	U1	0.1	-2.6	0	9	0	9				
SPX	14	U1	53346.3	978.7	0	-2764	114941	-460717				
SPX	15	U1	16.0	-980.9	0	2770	34	-7806				
SPX	16	U1	0.2	-5.1	0	14	0	20				
SPX	17	U1	33032.9	42.2	0	-73	54719	-289709				
SPX	18	U1	0.0	0.0	0	0	0	0				
SPX	19	U1	0.1	-44.2	0	96	0	-346				
SPX	20	U1	21886.5	17.5	0	-39	31316	-192002				
SPX	21	U1	0.0	0.3	0	-1	0	-2				
SPX	22	U1	0.0	-18.5	0	35	0	-144				
SPX	23	U1	16524.2	9.5	0	-12	20301	-145009				
SPX	24	U1	0.0	0.0	0	-1	0	-6				
SPX	25	U1	0.0	-10.9	0	17	0	-85				
SPX	26	U1	12093.2	6.4	0	-12	13325	-106108				
SPX	27	U1	0.1	0.5	0	-1	0	-3				
SPX	28	U1	8806.0	3.0	0	0	8416	-7730				
SPX	29	U1	0.0	-3.0	0	4	0	-24				
SPX	30	U1	0.2	0.7	0	-1	0	-14				
SPX	31	U1	7268.1	3.4	0	-3	6353	-63779				
SPX	32	U1	0.0	-2.2	0	3	0	-17				
SPX	33	U1	19.0	5.8	0	-7	15	-195				
SPX	34	U1	5524.5	-4.7	0	7	4447	-4247				
SPX	35	U1	3874.6	4.8	0	-6	3037	-33991				
SPX	36	U1	0.0	-6.2	0	7	0	-48				
SPX	37	U1	0.2	0.2	0	0	0	9				
SPX	38	U1	3312.5	1.6	0	-2	2490	-29075				
SPX	39	U1	0.0	-0.5	0	1	0	-2				
SPX	40	U1	0.0	-3.2	0	1	0	-9				
SPX	All	All	2291326.3	33675.3	0	1210084	78777076	20056538				
SPY	1	U2	-32.5	1817.8	0	-66320	-1229	-5124				
SPY	2	U2	-72210.3	2198078.1	0	-79280155	-2627201	17809486				
SPY	3	U2	72608.6	2442.7	0	87911	2637443	-618408				
SPY	4	U2	-0.3	529.5	0	-5197	-153	-1102				
SPY	5	U2	-2544.9	645710.8	0	-5433541	-29427	5069021				
SPY	6	U2	2316.3	7.6	0	-49	21505	20278				
SPY	7	U2	0.9	170.3	0	-1057	5	-687				
SPY	8	U2	-275.9	194233.7	0	-1056149	-1500	1519791				
SPY	9	U2	169.6	0.1	0	1	851	-1487				
SPY	10	U2	0.2	93.3	0	-416	-4	-100				
SPY	11	U2	23.6	101399.3	0	-351915	-99	792505				
SPY	12	U2	-46.2	0.0	0	0	-138	406				
SPY	13	U2	-2.6	62.2	0	-210	-8	-214				
SPY	14	U2	978.7	18.0	0	-51	2109	-8452				
SPY	15	U2	-980.9	60125.9	0	-169840	-2114	478480				
SPY	16	U2	-5.1	148.3	0	-413	-12	599				
SPY	17	U2	42.2	0.1	0	0	70	-370				
SPY	18	U2	0.0	4.8	0	-11	0	-107				
SPY	19	U2	-44.2	39962.5	0	-87157	-96	312661				
SPY	20	U2	17.5	0.0	0	0	25	-154				
SPY	21	U2	0.3	6.1	0	-12	0	-36				
SPY	22	U2	-18.5	27884.2	0	-52950	-25	217814				
SPY	23	U2	9.5	0.0	0	0	12	-83				
SPY	24	U2	0.4	4.8	0	8	0	-78				
SPY	25	U2	-10.9	20093.2	0	-31766	-18	157159				
SPY	26	U2	6.4	0.0	0	0	7	-56				
SPY	27	U2	0.5	3.6	0	-5	0	-20				
SPY	28	U2	3.0	0.0	0	0	0	-9				
SPY	29	U2	-3.0	14817.0	0	-21139	-2	115661				
SPY	30	U2	0.7	2.6	0	-3	1	-51				
SPY	31	U2	1.4	0.0	0	0	1	-12				
SPY	32	U2	-2.2	11107.5	0	-13803	-3	86856				
SPY	33	U2	5.8	3.8	0	-2	5	-59				
SPY	34	U2	-4.7	0.0	0	0	0	-4				
SPY	35	U2	4.8	0.0	0	0	4	-42				
SPY	36	U2	-6.2	8535.7	0	-9871	-4	66652				
SPY	37	U2	-0.4	0.0	0	0	0	-19				
SPY	38	U2	1.6	0.0	0	0	1	-14				
SPY	39	U2	-0.5	8.5	0	-9	0	33				
SPY	40	U2	-1.2	6464.3	0	-6775	-1	50575				
SPY	All	All	33675.3	2308942.0	0	79572096	1221147	18109149				

/-----D1-----/		/-----D2-----/	
DIRECTION-X		DIRECTION-Y	



RESPONSE SPECTRUM ACCELERATIONS & TOTAL MODAL DAMPING

Spec	Mode	Period	DampRatio	SpecFactor	SPEC-ACC U1	SPEC-ACC U2	SPEC-ACC U3	Sa
SPX	1	1,480	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	2	0,806	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	3	0,778	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	4	0,293	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	5	0,181	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	6	0,164	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	7	0,120	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	8	0,080	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	9	0,073	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	10	0,069	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	11	0,048	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	12	0,046	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	13	0,045	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	14	0,033	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	15	0,033	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	16	0,033	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	17	0,026	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	18	0,025	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	19	0,025	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	20	0,021	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	21	0,020	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	22	0,020	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	23	0,018	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	24	0,017	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	25	0,016	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	26	0,016	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	27	0,015	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	28	0,014	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	29	0,014	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	30	0,013	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	31	0,012	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	32	0,012	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	33	0,011	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	34	0,011	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	35	0,010	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	36	0,010	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	37	0,010	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	38	0,010	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	39	0,009	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	40	0,009	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPY	1	1,480	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	2	0,806	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	3	0,778	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	4	0,293	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	5	0,181	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	6	0,164	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	7	0,120	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	8	0,080	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	9	0,073	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	10	0,069	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	11	0,048	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	12	0,046	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	13	0,045	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	14	0,033	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	15	0,033	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	16	0,033	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	17	0,026	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	18	0,025	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	19	0,025	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	20	0,021	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	21	0,020	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	22	0,020	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	23	0,018	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	24	0,017	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	25	0,016	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	26	0,016	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	27	0,015	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	28	0,014	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	29	0,014	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	30	0,013	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	31	0,012	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	32	0,012	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	33	0,011	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	34	0,011	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	35	0,010	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	36	0,010	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	37	0,010	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	38	0,010	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	39	0,009	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	40	0,009	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450

### c) Centroides

Concreto Convencional - 20 Pisos- Lacustre 200  
ANALISIS SISMICO

COORDINATES OF CENTERS OF CUMULATIVE MASS & CENTERS OF RIGIDITY

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NUMBER	MASS		/---CENTER OF MASS---/		/--CENTER OF RIGIDITY--/					
		MASSX	MASSY	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y
Story	Diaphragm	MassX	MassY	XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR
STORY20	D1	25224,7	25224,7	7,79	8,78	25224,7	25224,7	7,79	8,78	7,96	8,78
STORY19	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	62846,9	62846,9	7,80	8,78	7,96	8,78
STORY18	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	100469,2	100469,2	7,80	8,78	7,96	8,78
STORY17	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	138091,4	138091,4	7,80	8,78	7,95	8,78
STORY16	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	175713,7	175713,7	7,80	8,78	7,95	8,78
STORY15	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	213335,9	213335,9	7,80	8,78	7,95	8,78
STORY14	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	250958,2	250958,2	7,81	8,78	7,95	8,78
STORY13	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	288580,4	288580,4	7,81	8,78	7,95	8,78
STORY12	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	326202,7	326202,7	7,81	8,78	7,95	8,78
STORY11	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	363824,9	363824,9	7,81	8,78	7,95	8,78
STORY10	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	401447,1	401447,1	7,81	8,78	7,95	8,78
STORY9	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	439069,4	439069,4	7,81	8,78	7,94	8,78
STORY8	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	476691,6	476691,6	7,81	8,78	7,94	8,78
STORY7	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	514313,9	514313,9	7,81	8,78	7,94	8,78
STORY6	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	551936,1	551936,1	7,81	8,78	7,93	8,78
STORY5	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	589558,4	589558,4	7,81	8,78	7,92	8,78
STORY4	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	627180,6	627180,6	7,81	8,78	7,91	8,78
STORY3	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	664802,9	664802,9	7,81	8,78	7,90	8,78
STORY2	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	702425,1	702425,1	7,81	8,78	7,88	8,78
STORY1	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	740047,4	740047,4	7,81	8,78	7,85	8,78

### d) Irregularidades – Combinación

REVISION DE LA IRREGULARIDAD TORSIONAL

SISMO EN X      Caso de Carga: 3      Δ = Deriva del análisis.

Columna Eje Vertical:

	1      95		$\frac{1.2^*(\Delta1+\Delta2)}{2}$	$\frac{1.4^*(\Delta1+\Delta2)}{2}$	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	Δ1 (cm)	Δ2 (cm)				
STORY20	0,86	0,87	1,04	1,21	NO	NO
STORY19	0,88	0,87	1,05	1,23	NO	NO
STORY18	0,88	0,89	1,06	1,24	NO	NO
STORY17	0,88	0,88	1,06	1,23	NO	NO
STORY16	0,89	0,88	1,06	1,24	NO	NO
STORY15	0,88	0,88	1,06	1,23	NO	NO
STORY14	0,86	0,87	1,04	1,21	NO	NO
STORY13	0,86	0,85	1,03	1,20	NO	NO
STORY12	0,82	0,83	0,99	1,16	NO	NO
STORY11	0,80	0,80	0,96	1,12	NO	NO
STORY10	0,76	0,76	0,91	1,06	NO	NO
STORY9	0,72	0,72	0,86	1,01	NO	NO
STORY8	0,66	0,66	0,79	0,92	NO	NO
STORY7	0,60	0,59	0,71	0,83	NO	NO
STORY6	0,54	0,54	0,65	0,76	NO	NO
STORY5	0,46	0,47	0,56	0,65	NO	NO
STORY4	0,40	0,39	0,47	0,55	NO	NO
STORY3	0,31	0,31	0,37	0,43	NO	NO
STORY2	0,22	0,22	0,26	0,31	NO	NO
STORY1	0,11	0,11	0,13	0,15	NO	NO

	85      107		$\frac{1.2^*(\Delta1+\Delta2)}{2}$	$\frac{1.4^*(\Delta1+\Delta2)}{2}$	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	Δ1 (cm)	Δ2 (cm)				
STORY20	0,86	0,87	1,04	1,21	NO	NO
STORY19	0,88	0,87	1,05	1,23	NO	NO
STORY18	0,88	0,89	1,06	1,24	NO	NO
STORY17	0,88	0,88	1,06	1,23	NO	NO
STORY16	0,89	0,88	1,06	1,24	NO	NO
STORY15	0,88	0,88	1,06	1,23	NO	NO
STORY14	0,86	0,87	1,04	1,21	NO	NO
STORY13	0,86	0,85	1,03	1,20	NO	NO
STORY12	0,82	0,83	0,99	1,16	NO	NO
STORY11	0,80	0,80	0,96	1,12	NO	NO
STORY10	0,76	0,76	0,91	1,06	NO	NO
STORY9	0,72	0,72	0,86	1,01	NO	NO
STORY8	0,66	0,66	0,79	0,92	NO	NO
STORY7	0,60	0,59	0,71	0,83	NO	NO
STORY6	0,54	0,54	0,65	0,76	NO	NO
STORY5	0,46	0,47	0,56	0,65	NO	NO
STORY4	0,40	0,39	0,47	0,55	NO	NO
STORY3	0,31	0,31	0,37	0,43	NO	NO
STORY2	0,22	0,22	0,26	0,31	NO	NO
STORY1	0,11	0,11	0,13	0,15	NO	NO

Columna Eje Vertical:

	1 85		$1.2*(\Delta 1 + \Delta 2)$	$1.4*(\Delta 1 + \Delta 2)$	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	$\Delta 1$ (cm)	$\Delta 2$ (cm)				
			2	2		
STORY20	0,84	0,89	1,04	1,21	NO	NO
STORY19	0,86	0,90	1,05	1,23	NO	NO
STORY18	0,86	0,91	1,06	1,24	NO	NO
STORY17	0,87	0,92	1,07	1,25	NO	NO
STORY16	0,88	0,93	1,08	1,26	NO	NO
STORY15	0,87	0,93	1,08	1,26	NO	NO
STORY14	0,88	0,92	1,08	1,26	NO	NO
STORY13	0,87	0,92	1,07	1,25	NO	NO
STORY12	0,85	0,90	1,05	1,22	NO	NO
STORY11	0,83	0,87	1,02	1,19	NO	NO
STORY10	0,80	0,85	0,99	1,15	NO	NO
STORY9	0,76	0,81	0,94	1,09	NO	NO
STORY8	0,72	0,75	0,88	1,02	NO	NO
STORY7	0,66	0,71	0,82	0,95	NO	NO
STORY6	0,60	0,63	0,74	0,87	NO	NO
STORY5	0,52	0,55	0,65	0,76	NO	NO
STORY4	0,45	0,47	0,56	0,65	NO	NO
STORY3	0,35	0,38	0,44	0,51	NO	NO
STORY2	0,25	0,26	0,31	0,36	NO	NO
STORY1	0,10	0,11	0,13	0,15	NO	NO

	95 107		$1.2*(\Delta 1 + \Delta 2)$	$1.4*(\Delta 1 + \Delta 2)$	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	$\Delta 1$ (cm)	$\Delta 2$ (cm)				
			2	2		
STORY20	0,84	0,89	1,04	1,21	NO	NO
STORY19	0,86	0,90	1,05	1,23	NO	NO
STORY18	0,86	0,91	1,06	1,24	NO	NO
STORY17	0,87	0,92	1,07	1,25	NO	NO
STORY16	0,88	0,93	1,08	1,26	NO	NO
STORY15	0,87	0,93	1,08	1,26	NO	NO
STORY14	0,88	0,92	1,08	1,26	NO	NO
STORY13	0,87	0,92	1,07	1,25	NO	NO
STORY12	0,85	0,90	1,05	1,22	NO	NO
STORY11	0,83	0,87	1,02	1,19	NO	NO
STORY10	0,80	0,85	0,99	1,15	NO	NO
STORY9	0,76	0,81	0,94	1,09	NO	NO
STORY8	0,72	0,75	0,88	1,02	NO	NO
STORY7	0,65	0,70	0,82	0,95	NO	NO
STORY6	0,61	0,64	0,74	0,87	NO	NO
STORY5	0,52	0,55	0,65	0,75	NO	NO
STORY4	0,45	0,47	0,56	0,65	NO	NO
STORY3	0,35	0,38	0,44	0,51	NO	NO
STORY2	0,25	0,26	0,31	0,36	NO	NO
STORY1	0,10	0,11	0,13	0,15	NO	NO

IRREGULARIDADES EN PLANTA - (Ver tabla A.3-6 - NSR-10)			
PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Irregularidad Torsional		x	0,9
Irregularidad Torsional Extrema		x	0,8
Retrocesos excesivos en las Esquinas	x		0,9
Discontinuidades en el Diafragma		x	0,9
Desplazamiento del Plano de Acción		x	0,8
Sistemas no Paralelos		x	0,9

1,0

$\phi_p = 0,9$

IRREGULARIDADES EN ALTURA - (Ver tabla A.3-7 - NSR-10)			
PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Piso Flexible (Irregularidad en Rigidez)		x	0,9
Piso Flexible (Irregularidad extrema en Rigidez)		x	0,8
Distribución de Masas		x	0,9
Geométrica		x	0,9
Desplazamiento del Plano de Acción		x	0,8
Piso Débil (Discontinuidad en la resistencia)		x	0,9
Piso Débil (Discontinuidad extrema en la resistencia)		x	0,8

$\phi_a = 1,0$

AUSENCIA DE REDUNDANCIA - (Ver A.3.3.8 - NSR-10)			
PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Ausencia de redundancia en el sistema sismo-resistente		x	0,75

$\phi_r = 1,00$

<b>Factores - Resultado</b>	Fx =	1,28	
<b>Análisis Sísmico</b>	Fy =	1,27	

**Combinaciones de Carga:**

**1.0. CHEQUEO DE LA DERIVA**

1	1,40 C.M.			
2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.		
3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,28 S.X.	
4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 1,28 S.X.	
5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,27 S.Y.	
6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 1,27 S.Y.	
7	0,90 C.M.		+ 1,28 S.X.	
8	0,90 C.M.		- 1,28 S.X.	
9	0,90 C.M.		+ 1,27 S.Y.	
10	0,90 C.M.		- 1,27 S.Y.	

C.M. =	Carga Muerta
C.V. =	Carga Viva
Lr=	Carga Viva Cubierta
S.X. =	Fuerzas Sísmicas Elásticas en X
S.Y. =	Fuerzas Sísmicas Elásticas en Y

$R_o =$	4,00	Muros de concreto - (DMO)
$\Omega_o =$	2,50	
$\phi_a =$	1,00	
$\phi_p =$	0,90	
$\phi_r =$	1,00	

**2.0. DISEÑO DE COLUMNAS Y VIGAS (FLEXIÓN)**

D1	1,40 C.M.				
D2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	+ 0,50 Lr.		
D3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,60 Lr.		
D4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,36 S.X.	+ 0,11 S.Y.
D5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,36 S.X.	- 0,11 S.Y.
D6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,36 S.X.	+ 0,11 S.Y.
D7	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,36 S.X.	- 0,11 S.Y.
D8	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,11 S.X.	+ 0,35 S.Y.
D9	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,11 S.X.	+ 0,35 S.Y.
D10	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,11 S.X.	- 0,35 S.Y.
D11	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,11 S.X.	- 0,35 S.Y.
D12	0,90 C.M.			+ 0,36 S.X.	+ 0,11 S.Y.
D13	0,90 C.M.			+ 0,36 S.X.	- 0,11 S.Y.
D14	0,90 C.M.			- 0,36 S.X.	+ 0,11 S.Y.
D15	0,90 C.M.			- 0,36 S.X.	- 0,11 S.Y.
D16	0,90 C.M.			+ 0,11 S.X.	+ 0,35 S.Y.
D17	0,90 C.M.			- 0,11 S.X.	+ 0,35 S.Y.
D18	0,90 C.M.			+ 0,11 S.X.	- 0,35 S.Y.
D19	0,90 C.M.			- 0,11 S.X.	- 0,35 S.Y.

$R_c x =$	3,60
$R_c y =$	3,60

3.0. DISEÑO DE COLUMNAS Y VIGAS (CORTANTE) -- Según literal C.21.3.3 (NSR-10)

COLUMNAS		$\Omega_0$ *(S.X.)	$\Omega_0$ *(S.Y.)	VIGAS		2*(S.X.)	2*(S.Y.)
DC1	1,40 C.M.			DV1	1,40 C.M.		
DC2	1,20 C.M. + 1,60 C.V.			DV2	1,20 C.M. + 1,60 C.V.		
DC3	1,20 C.M. + 1,00 C.V.	+ 0,89 S.X.	+ 0,27 S.Y.	DV3	1,20 C.M. + 1,00 C.V.	+ 0,71 S.X.	+ 0,21 S.Y.
DC4	1,20 C.M. + 1,00 C.V.	+ 0,89 S.X.	-0,27 S.Y.	DV4	1,20 C.M. + 1,00 C.V.	+ 0,71 S.X.	-0,21 S.Y.
DC5	1,20 C.M. + 1,00 C.V.	-0,89 S.X.	+ 0,27 S.Y.	DV5	1,20 C.M. + 1,00 C.V.	-0,71 S.X.	+ 0,21 S.Y.
DC6	1,20 C.M. + 1,00 C.V.	-0,89 S.X.	-0,27 S.Y.	DV6	1,20 C.M. + 1,00 C.V.	-0,71 S.X.	-0,21 S.Y.
DC7	1,20 C.M. + 1,00 C.V.	+ 0,27 S.X.	+ 0,88 S.Y.	DV7	1,20 C.M. + 1,00 C.V.	+ 0,21 S.X.	+ 0,71 S.Y.
DC8	1,20 C.M. + 1,00 C.V.	-0,27 S.X.	+ 0,88 S.Y.	DV8	1,20 C.M. + 1,00 C.V.	-0,21 S.X.	+ 0,71 S.Y.
DC9	1,20 C.M. + 1,00 C.V.	+ 0,27 S.X.	-0,88 S.Y.	DV9	1,20 C.M. + 1,00 C.V.	+ 0,21 S.X.	-0,71 S.Y.
DC10	1,20 C.M. + 1,00 C.V.	-0,27 S.X.	-0,88 S.Y.	DV10	1,20 C.M. + 1,00 C.V.	-0,21 S.X.	-0,71 S.Y.
DC11	0,90 C.M.	+ 0,89 S.X.	+ 0,27 S.Y.	DV11	0,90 C.M.	+ 0,71 S.X.	+ 0,21 S.Y.
DC12	0,90 C.M.	+ 0,89 S.X.	-0,27 S.Y.	DV12	0,90 C.M.	+ 0,71 S.X.	-0,21 S.Y.
DC13	0,90 C.M.	-0,89 S.X.	+ 0,27 S.Y.	DV13	0,90 C.M.	-0,71 S.X.	+ 0,21 S.Y.
DC14	0,90 C.M.	-0,89 S.X.	-0,27 S.Y.	DV14	0,90 C.M.	-0,71 S.X.	-0,21 S.Y.
DC15	0,90 C.M.	+ 0,27 S.X.	+ 0,88 S.Y.	DV15	0,90 C.M.	+ 0,21 S.X.	+ 0,71 S.Y.
DC16	0,90 C.M.	-0,27 S.X.	+ 0,88 S.Y.	DV16	0,90 C.M.	-0,21 S.X.	+ 0,71 S.Y.
DC17	0,90 C.M.	+ 0,27 S.X.	-0,88 S.Y.	DV17	0,90 C.M.	+ 0,21 S.X.	-0,71 S.Y.
DC18	0,90 C.M.	-0,27 S.X.	-0,88 S.Y.	DV18	0,90 C.M.	-0,21 S.X.	-0,71 S.Y.

4.0. CARGAS A CIMENTACION

C1	1,00 C.M.				
C2	1,00 C.M. + 1,00 C.V.				
C3	1,00 C.M. + 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.			
C4	1,00 C.M.		0,25 S.X.		
C5	1,00 C.M.		-0,25 S.X.		
C6	1,00 C.M.			+ 0,25 S.Y.	
C7	1,00 C.M.			-0,25 S.Y.	
C8	1,00 C.M. + 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	0,19 S.X.		
C9	1,00 C.M. + 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	-0,19 S.X.		
C10	1,00 C.M. + 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		+ 0,19 S.Y.	
C11	1,00 C.M. + 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		-0,19 S.Y.	
C12	0,60 C.M.		0,25 S.X.		
C13	0,60 C.M.		-0,25 S.X.		
C14	0,60 C.M.			+ 0,25 S.Y.	
C15	0,60 C.M.			-0,25 S.Y.	

5.0. CARGAS A CIMENTACION PARA CHEQUEO DE ESFUERZO AXIALES MAXIMOS

C16	1,00 C.M. + 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	0,25 S.X.		
C17	1,00 C.M. + 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	-0,25 S.X.		
C18	1,00 C.M. + 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.		+ 0,25 S.Y.	
C19	1,00 C.M. + 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.		-0,25 S.Y.	

6.0 DISEÑO DE MUROS

M1	1,40 C.M.				
M2	1,20 C.M. + 1,60 C.V.	+ 0,50 Lr.			
M3	1,20 C.M. + 1,00 C.V.		+ 0,36 S.X.		
M4	1,20 C.M. + 1,00 C.V.		-0,36 S.X.		
M5	1,20 C.M. + 1,00 C.V.			+ 0,35 S.Y.	
M6	1,20 C.M. + 1,00 C.V.			-0,35 S.Y.	
M7	0,90 C.M.		+ 0,36 S.X.		
M8	0,90 C.M.		-0,36 S.X.		
M9	0,90 C.M.			+ 0,35 S.Y.	
M10	0,90 C.M.			-0,35 S.Y.	

e) Derivas – Muros

<b>DERIVA MUROS</b>								
			$\Delta a = \sqrt{(\delta x_1 - \delta x_2)^2 + (\delta y_1 - \delta y_2)^2}$					
						$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis.		
						$\Delta\rho$ = Deriva permitida. (0.01 h)		
SISMO EN X		Columna Eje Vertical:			1			
		Caso de Carga:			3			
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,1339	0,0020	13,391	0,86	2,50	OK	0,34
STORY19	2,50	0,1253	0,0019	12,531	0,88	2,50	OK	0,35
STORY18	2,50	0,1165	0,0018	11,651	0,88	2,50	OK	0,35
STORY17	2,50	0,1077	0,0016	10,771	0,88	2,50	OK	0,35
STORY16	2,50	0,0989	0,0015	9,891	0,89	2,50	OK	0,36
STORY15	2,50	0,0900	0,0014	9,001	0,88	2,50	OK	0,35
STORY14	2,50	0,0812	0,0013	8,121	0,86	2,50	OK	0,34
STORY13	2,50	0,0726	0,0011	7,261	0,86	2,50	OK	0,34
STORY12	2,50	0,0640	0,0010	6,401	0,82	2,50	OK	0,33
STORY11	2,50	0,0558	0,0009	5,581	0,80	2,50	OK	0,32
STORY10	2,50	0,0478	0,0008	4,781	0,76	2,50	OK	0,30
STORY9	2,50	0,0402	0,0007	4,021	0,72	2,50	OK	0,29
STORY8	2,50	0,0330	0,0005	3,300	0,66	2,50	OK	0,26
STORY7	2,50	0,0264	0,0004	2,640	0,60	2,50	OK	0,24
STORY6	2,50	0,0204	0,0003	2,040	0,54	2,50	OK	0,22
STORY5	2,50	0,0150	0,0003	1,500	0,46	2,50	OK	0,18
STORY4	2,50	0,0104	0,0002	1,040	0,40	2,50	OK	0,16
STORY3	2,50	0,0064	0,0001	0,640	0,31	2,50	OK	0,12
STORY2	2,50	0,0033	0,0001	0,330	0,22	2,50	OK	0,09
STORY1	2,50	0,0011	0,0000	0,110	0,11	2,50	OK	0,04

<b>DERIVA MUROS</b>								
SISMO EN Y		Columna Eje Vertical:			1			
		Caso de Carga:			5			
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,0183	0,1368	13,802	0,84	2,50	OK	0,34
STORY19	2,50	0,0171	0,1285	12,963	0,86	2,50	OK	0,34
STORY18	2,50	0,0159	0,1200	12,105	0,86	2,50	OK	0,34
STORY17	2,50	0,0147	0,1115	11,246	0,87	2,50	OK	0,35
STORY16	2,50	0,0135	0,1029	10,378	0,88	2,50	OK	0,35
STORY15	2,50	0,0123	0,0942	9,500	0,87	2,50	OK	0,35
STORY14	2,50	0,0111	0,0856	8,632	0,88	2,50	OK	0,35
STORY13	2,50	0,0099	0,0769	7,753	0,87	2,50	OK	0,35
STORY12	2,50	0,0088	0,0683	6,886	0,85	2,50	OK	0,34
STORY11	2,50	0,0076	0,0599	6,038	0,83	2,50	OK	0,33
STORY10	2,50	0,0065	0,0517	5,211	0,80	2,50	OK	0,32
STORY9	2,50	0,0055	0,0438	4,414	0,76	2,50	OK	0,30
STORY8	2,50	0,0045	0,0363	3,658	0,72	2,50	OK	0,29
STORY7	2,50	0,0036	0,0292	2,942	0,66	2,50	OK	0,26
STORY6	2,50	0,0027	0,0227	2,286	0,60	2,50	OK	0,24
STORY5	2,50	0,0020	0,0167	1,682	0,52	2,50	OK	0,21
STORY4	2,50	0,0013	0,0115	1,157	0,45	2,50	OK	0,18
STORY3	2,50	0,0008	0,0070	0,705	0,35	2,50	OK	0,14
STORY2	2,50	0,0004	0,0035	0,352	0,25	2,50	OK	0,10
STORY1	2,50	0,0001	0,0010	0,100	0,10	2,50	OK	0,04

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:

85

Caso de Carga:

3

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,1339	0,0022	13,392	0,86	2,50	OK	0,34
STORY19	2,50	0,1253	0,0020	12,532	0,88	2,50	OK	0,35
STORY18	2,50	0,1165	0,0019	11,652	0,88	2,50	OK	0,35
STORY17	2,50	0,1077	0,0018	10,772	0,88	2,50	OK	0,35
STORY16	2,50	0,0989	0,0016	9,891	0,89	2,50	OK	0,36
STORY15	2,50	0,0900	0,0015	9,001	0,88	2,50	OK	0,35
STORY14	2,50	0,0812	0,0014	8,121	0,86	2,50	OK	0,34
STORY13	2,50	0,0726	0,0012	7,261	0,86	2,50	OK	0,34
STORY12	2,50	0,0640	0,0011	6,401	0,82	2,50	OK	0,33
STORY11	2,50	0,0558	0,0010	5,581	0,80	2,50	OK	0,32
STORY10	2,50	0,0478	0,0008	4,781	0,76	2,50	OK	0,30
STORY9	2,50	0,0402	0,0007	4,021	0,72	2,50	OK	0,29
STORY8	2,50	0,0330	0,0006	3,301	0,66	2,50	OK	0,26
STORY7	2,50	0,0264	0,0005	2,640	0,60	2,50	OK	0,24
STORY6	2,50	0,0204	0,0004	2,040	0,54	2,50	OK	0,22
STORY5	2,50	0,0150	0,0003	1,500	0,46	2,50	OK	0,18
STORY4	2,50	0,0104	0,0002	1,040	0,40	2,50	OK	0,16
STORY3	2,50	0,0064	0,0001	0,640	0,31	2,50	OK	0,12
STORY2	2,50	0,0033	0,0001	0,330	0,22	2,50	OK	0,09
STORY1	2,50	0,0011	0,0000	0,110	0,11	2,50	OK	0,04

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:

85

Caso de Carga:

5

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,0183	0,1447	14,585	0,89	2,50	OK	0,36
STORY19	2,50	0,0171	0,1359	13,697	0,90	2,50	OK	0,36
STORY18	2,50	0,0159	0,1270	12,799	0,91	2,50	OK	0,36
STORY17	2,50	0,0147	0,1180	11,891	0,92	2,50	OK	0,37
STORY16	2,50	0,0135	0,1089	10,973	0,93	2,50	OK	0,37
STORY15	2,50	0,0123	0,0997	10,046	0,93	2,50	OK	0,37
STORY14	2,50	0,0111	0,0905	9,118	0,92	2,50	OK	0,37
STORY13	2,50	0,0099	0,0814	8,200	0,92	2,50	OK	0,37
STORY12	2,50	0,0088	0,0723	7,283	0,90	2,50	OK	0,36
STORY11	2,50	0,0076	0,0634	6,385	0,87	2,50	OK	0,35
STORY10	2,50	0,0065	0,0548	5,518	0,85	2,50	OK	0,34
STORY9	2,50	0,0055	0,0464	4,672	0,81	2,50	OK	0,32
STORY8	2,50	0,0045	0,0384	3,866	0,75	2,50	OK	0,30
STORY7	2,50	0,0036	0,0310	3,121	0,71	2,50	OK	0,28
STORY6	2,50	0,0027	0,0240	2,415	0,63	2,50	OK	0,25
STORY5	2,50	0,0020	0,0177	1,781	0,55	2,50	OK	0,22
STORY4	2,50	0,0013	0,0122	1,227	0,47	2,50	OK	0,19
STORY3	2,50	0,0008	0,0075	0,754	0,38	2,50	OK	0,15
STORY2	2,50	0,0004	0,0037	0,372	0,26	2,50	OK	0,10
STORY1	2,50	0,0001	0,0011	0,110	0,11	2,50	OK	0,04

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.

% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD =  $\Delta\alpha/\Delta\rho$

$$\Delta a = \sqrt{(\delta x_1 - \delta x_2)^2 + (\delta y_1 - \delta y_2)^2}$$

$\Delta \alpha$  = Deriva del análisis.

$\Delta p$  = Deriva permitida.  
(0.01 h)

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

95

3

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta \alpha$ (cm)	$\Delta p$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,1339	0,0020	13,391	0,87	2,50	OK	0,35
STORY19	2,50	0,1252	0,0019	12,521	0,87	2,50	OK	0,35
STORY18	2,50	0,1165	0,0018	11,651	0,89	2,50	OK	0,36
STORY17	2,50	0,1076	0,0016	10,761	0,88	2,50	OK	0,35
STORY16	2,50	0,0988	0,0015	9,881	0,88	2,50	OK	0,35
STORY15	2,50	0,0900	0,0014	9,001	0,88	2,50	OK	0,35
STORY14	2,50	0,0812	0,0013	8,121	0,87	2,50	OK	0,35
STORY13	2,50	0,0725	0,0011	7,251	0,85	2,50	OK	0,34
STORY12	2,50	0,0640	0,0010	6,401	0,83	2,50	OK	0,33
STORY11	2,50	0,0557	0,0009	5,571	0,80	2,50	OK	0,32
STORY10	2,50	0,0477	0,0008	4,771	0,76	2,50	OK	0,30
STORY9	2,50	0,0401	0,0007	4,011	0,72	2,50	OK	0,29
STORY8	2,50	0,0329	0,0005	3,290	0,66	2,50	OK	0,26
STORY7	2,50	0,0263	0,0004	2,630	0,59	2,50	OK	0,24
STORY6	2,50	0,0204	0,0003	2,040	0,54	2,50	OK	0,22
STORY5	2,50	0,0150	0,0003	1,500	0,47	2,50	OK	0,19
STORY4	2,50	0,0103	0,0002	1,030	0,39	2,50	OK	0,16
STORY3	2,50	0,0064	0,0001	0,640	0,31	2,50	OK	0,12
STORY2	2,50	0,0033	0,0001	0,330	0,22	2,50	OK	0,09
STORY1	2,50	0,0011	0,0000	0,110	0,11	2,50	OK	0,04

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

95

5

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta \alpha$ (cm)	$\Delta p$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,0180	0,1368	13,798	0,84	2,50	OK	0,34
STORY19	2,50	0,0168	0,1285	12,959	0,86	2,50	OK	0,34
STORY18	2,50	0,0156	0,1200	12,101	0,86	2,50	OK	0,34
STORY17	2,50	0,0144	0,1115	11,243	0,87	2,50	OK	0,35
STORY16	2,50	0,0133	0,1029	10,376	0,88	2,50	OK	0,35
STORY15	2,50	0,0121	0,0942	9,497	0,87	2,50	OK	0,35
STORY14	2,50	0,0109	0,0856	8,629	0,88	2,50	OK	0,35
STORY13	2,50	0,0097	0,0769	7,751	0,87	2,50	OK	0,35
STORY12	2,50	0,0086	0,0683	6,884	0,85	2,50	OK	0,34
STORY11	2,50	0,0075	0,0599	6,037	0,83	2,50	OK	0,33
STORY10	2,50	0,0064	0,0517	5,209	0,80	2,50	OK	0,32
STORY9	2,50	0,0054	0,0438	4,413	0,76	2,50	OK	0,30
STORY8	2,50	0,0044	0,0363	3,657	0,72	2,50	OK	0,29
STORY7	2,50	0,0035	0,0292	2,941	0,65	2,50	OK	0,26
STORY6	2,50	0,0027	0,0227	2,286	0,61	2,50	OK	0,24
STORY5	2,50	0,0019	0,0167	1,681	0,52	2,50	OK	0,21
STORY4	2,50	0,0013	0,0115	1,157	0,45	2,50	OK	0,18
STORY3	2,50	0,0008	0,0070	0,705	0,35	2,50	OK	0,14
STORY2	2,50	0,0004	0,0035	0,352	0,25	2,50	OK	0,10
STORY1	2,50	0,0001	0,0010	0,100	0,10	2,50	OK	0,04



SISMO EN X

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

107  
3

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,1339	0,0022	13,392	0,87	2,50	OK	0,35
STORY19	2,50	0,1252	0,0020	12,522	0,87	2,50	OK	0,35
STORY18	2,50	0,1165	0,0019	11,652	0,89	2,50	OK	0,36
STORY17	2,50	0,1076	0,0018	10,762	0,88	2,50	OK	0,35
STORY16	2,50	0,0988	0,0016	9,881	0,88	2,50	OK	0,35
STORY15	2,50	0,0900	0,0015	9,001	0,88	2,50	OK	0,35
STORY14	2,50	0,0812	0,0014	8,121	0,87	2,50	OK	0,35
STORY13	2,50	0,0725	0,0012	7,251	0,85	2,50	OK	0,34
STORY12	2,50	0,0640	0,0011	6,401	0,83	2,50	OK	0,33
STORY11	2,50	0,0557	0,0010	5,571	0,80	2,50	OK	0,32
STORY10	2,50	0,0477	0,0008	4,771	0,76	2,50	OK	0,30
STORY9	2,50	0,0401	0,0007	4,011	0,72	2,50	OK	0,29
STORY8	2,50	0,0329	0,0006	3,291	0,66	2,50	OK	0,26
STORY7	2,50	0,0263	0,0005	2,630	0,59	2,50	OK	0,24
STORY6	2,50	0,0204	0,0004	2,040	0,54	2,50	OK	0,22
STORY5	2,50	0,0150	0,0003	1,500	0,47	2,50	OK	0,19
STORY4	2,50	0,0103	0,0002	1,030	0,39	2,50	OK	0,16
STORY3	2,50	0,0064	0,0001	0,640	0,31	2,50	OK	0,12
STORY2	2,50	0,0033	0,0001	0,330	0,22	2,50	OK	0,09
STORY1	2,50	0,0011	0,0000	0,110	0,11	2,50	OK	0,04

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

107  
5

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,0180	0,1447	14,582	0,89	2,50	OK	0,36
STORY19	2,50	0,0168	0,1359	13,693	0,90	2,50	OK	0,36
STORY18	2,50	0,0156	0,1270	12,795	0,91	2,50	OK	0,36
STORY17	2,50	0,0144	0,1180	11,888	0,92	2,50	OK	0,37
STORY16	2,50	0,0133	0,1089	10,971	0,93	2,50	OK	0,37
STORY15	2,50	0,0121	0,0997	10,043	0,93	2,50	OK	0,37
STORY14	2,50	0,0109	0,0905	9,115	0,92	2,50	OK	0,37
STORY13	2,50	0,0097	0,0814	8,198	0,92	2,50	OK	0,37
STORY12	2,50	0,0086	0,0723	7,281	0,90	2,50	OK	0,36
STORY11	2,50	0,0075	0,0634	6,384	0,87	2,50	OK	0,35
STORY10	2,50	0,0064	0,0548	5,517	0,85	2,50	OK	0,34
STORY9	2,50	0,0054	0,0464	4,671	0,81	2,50	OK	0,32
STORY8	2,50	0,0044	0,0384	3,865	0,75	2,50	OK	0,30
STORY7	2,50	0,0035	0,0310	3,120	0,70	2,50	OK	0,28
STORY6	2,50	0,0027	0,0240	2,415	0,64	2,50	OK	0,25
STORY5	2,50	0,0019	0,0177	1,780	0,55	2,50	OK	0,22
STORY4	2,50	0,0013	0,0122	1,227	0,47	2,50	OK	0,19
STORY3	2,50	0,0008	0,0075	0,754	0,38	2,50	OK	0,15
STORY2	2,50	0,0004	0,0037	0,372	0,26	2,50	OK	0,10
STORY1	2,50	0,0001	0,0011	0,110	0,11	2,50	OK	0,04

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.  
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD =  $\Delta\alpha/\Delta\rho$

Max en X **0,36**  
Max en Y **0,37**

Max en x= 0,36 Max en y= 0,35	1	85	Max en x= 0,36 Max en y= 0,37
	95	107	
Max en x= 0,36 Max en y= 0,35			Max en x= 0,36 Max en y= 0,37

### Modelo 6. Concreto convencional – 20 pisos – Piedemonte B

## a) Análisis sísmico

### Modelo 6: Concreto Convencional - 20 Pisos- Piedemonte B

El Análisis Sísmico se realizará por el método del Análisis Dinámico.

El programa de análisis estructural ETABS realiza directamente el análisis dinámico utilizando el Espectro Elástico de Diseño (según la microzonificación sísmica de Bogotá D.C.) construido con los siguientes parámetros:

ZONA : **PIEDEMONTA B**

Grupo de Uso : **I** → **I** = **1,00**

A<sub>a</sub> = 0,15

A<sub>v</sub> = 0,20

Zona	F <sub>a</sub> (475)	F <sub>v</sub> (475)	T <sub>C</sub> (s)	T <sub>I</sub> (s)	A <sub>0</sub> (475) (g)
PIEDEMONTA B	1.95	1.70	0.56	3.0	0.26

Zona de Amenaza Sísmica : **Intermedia**

Sistema Estructural: **Muros de concreto - (DMO)**

	Area (m <sup>2</sup> )	Alt. Piso (m)	Elevación (h) h(m)	W (t)	W / A t/m <sup>2</sup>	Masa (kg-s <sup>2</sup> /m)
STORY20	238	2,50	50,00	247,5	1,04	25225
STORY19	238	2,50	47,50	369,1	1,55	37622
STORY18	238	2,50	45,00	369,1	1,55	37622
STORY17	238	2,50	42,50	369,1	1,55	37622
STORY16	238	2,50	40,00	369,1	1,55	37622
STORY15	238	2,50	37,50	369,1	1,55	37622
STORY14	238	2,50	35,00	369,1	1,55	37622
STORY13	238	2,50	32,50	369,1	1,55	37622
STORY12	238	2,50	30,00	369,1	1,55	37622
STORY11	238	2,50	27,50	369,1	1,55	37622
STORY10	238	2,50	25,00	369,1	1,55	37622
STORY9	238	2,50	22,50	369,1	1,55	37622
STORY8	238	2,50	20,00	369,1	1,55	37622
STORY7	238	2,50	17,50	369,1	1,55	37622
STORY6	238	2,50	15,00	369,1	1,55	37622
STORY5	238	2,50	12,50	369,1	1,55	37622
STORY4	238	2,50	10,00	369,1	1,55	37622
STORY3	238	2,50	7,50	369,1	1,55	37622
STORY2	238	2,50	5,00	369,1	1,55	37622
STORY1	238	2,50	2,50	369,1	1,55	37622

Σ 7259,9

Σ 72598,6 kN

**Análisis Sísmico por Fuerza Horizontal Equivalente:**

Para ajustar el valor del Cortante Dinámico en la base ( según A.5.4.5 -- NSR - 10)

Periodo fundamental aproximado (según A.4.2.2 -- NSR - 10)

$$C_u = 1,342 \quad C_u = 1,75 - 1,2A_v F_v$$

$$C_t = 0,049 \quad \text{Muros de concreto - (DMO)}$$

$$a = 0,75$$

$$T_a = C_t h^a = 0,92 \quad \text{seg}$$

$$C_u * T_a = 1,24 \quad \text{seg}$$

$$T_x = 0,79 \quad \text{seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)}$$

$$T_y = 0,82 \quad \text{seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)}$$

$$T_x = 0,79 \quad \text{seg ( definitivo )}$$

$$T_y = 0,82 \quad \text{seg ( definitivo )}$$

$$S_a = 2,5 A_a F_a I \quad S_a = \frac{1,2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot I}{T} \quad S_a = \frac{1,2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot T_L \cdot I}{T^2} \quad S_{ax} = 0,52 \quad \text{(Definitivo)}$$

$$S_{ay} = 0,50 \quad \text{(Definitivo)}$$

$$S_a = 0,73$$

$$S_{ax} = 0,52$$

$$S_{ax} = 1,96$$

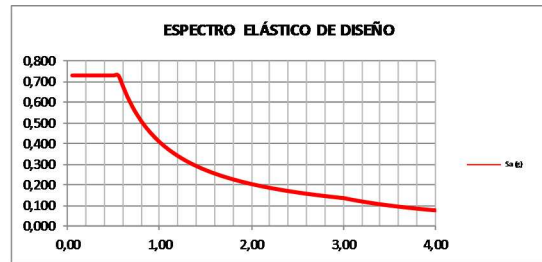
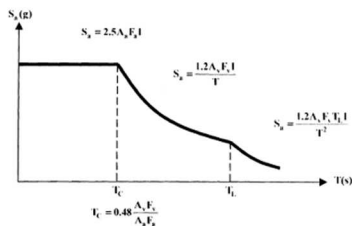
$$V_{sx} = 3743,5 \quad \text{t} = 37435,4 \quad \text{kN}$$

$$S_{ay} = 0,50$$

$$S_{ay} = 1,84$$

$$V_{sy} = 3633,6 \quad \text{t} = 36336,0 \quad \text{kN}$$

3.2. Curva de diseño para un coeficiente de amortiguamiento de 5% del crítico

Cortantes Dinámicos en la Base. ( V<sub>tj</sub> ) :

$$V_{tx} = 2778,2 \quad \text{t} = 27782,5 \quad \text{kN}$$

$$V_{ty} = 2700,5 \quad \text{t} = 27005,4 \quad \text{kN}$$

Regularidad de la Estructura: 2 ( 1: Regular, 2: Irregular)

Según A.5.4.5 -- NSR - 10

-. Si la estructura es regular, el cortante dinámico en la base **No puede ser menor que el 80 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente ( V<sub>s</sub> )**-. Si la estructura es irregular, el cortante dinámico en la base **No puede ser menor que el 90 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente ( V<sub>s</sub> )****Factores de Ajuste :**

$$F_x = 3369,2 / 2778,2 = 1,21$$

$$F_y = 3270,2 / 2700,5 = 1,21$$

$$F_x = 1,21 \quad \text{( Definitivo )}$$

$$F_y = 1,21 \quad \text{( Definitivo )}$$

b) Cortantes

Concreta Convencional - 20 Pisos- Piedemonte B  
ANALISIS SISMICO

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE NUMBER	Period	TRASLATION			< % SUM> Sum% X	< % SUM> Sum% Y	< % SUM> Sum% Z	ROTATION			
		% MASS	% MASS	% MASS				% MASS	% MASS	< % SUM> Sum% X	
1	1.50	0.00	0.05	0.00	0.00	0.05	0.00	0.1	0.0	64.1	0.1
2	0.82	0.10	65.54	0.00	0.10	65.59	0.00	97.9	0.1	0.1	98.0
3	0.29	64.60	0.10	0.00	64.69	65.69	0.00	0.1	0.0	97.6	0.0
4	0.30	0.00	0.02	0.00	64.69	65.70	0.00	0.0	0.0	19.5	98.2
5	0.18	0.00	19.38	0.00	64.69	85.08	0.00	1.6	0.0	0.0	99.7
6	0.17	21.31	0.00	0.00	86.00	85.08	0.00	0.0	2.0	0.0	99.7
7	0.12	0.00	0.01	0.00	86.00	85.08	0.00	0.0	0.0	6.3	99.7
8	0.08	0.00	5.76	0.00	86.00	90.85	0.00	0.2	0.0	0.0	99.9
9	0.07	6.19	0.00	0.00	92.19	90.85	0.00	0.0	0.2	0.0	99.9
10	0.07	0.00	0.00	0.00	92.19	90.86	0.00	0.0	0.0	3.2	99.9
11	0.05	0.00	2.98	0.00	92.19	93.84	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0
12	0.05	2.79	0.00	0.00	94.98	93.84	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0
13	0.05	0.00	0.00	0.00	94.98	93.84	0.00	0.0	0.0	1.9	100.0
14	0.03	1.52	0.00	0.00	96.51	93.84	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0
15	0.03	0.00	1.79	0.00	96.51	95.63	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0
16	0.03	0.00	0.00	0.00	96.51	95.64	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0
17	0.03	0.96	0.00	0.00	97.47	95.64	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0
18	0.03	0.00	0.00	0.00	97.47	95.64	0.00	0.0	0.0	0.9	100.0
19	0.02	0.00	1.19	0.00	97.47	96.83	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0
20	0.02	0.66	0.00	0.00	98.13	96.83	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0
21	0.02	0.00	0.00	0.00	98.13	96.83	0.00	0.0	0.0	0.7	100.0
22	0.02	0.00	0.83	0.00	98.13	97.65	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0
23	0.02	0.47	0.00	0.00	98.60	97.65	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0
24	0.02	0.00	0.00	0.00	98.60	97.65	0.00	0.0	0.0	0.5	100.0
25	0.02	0.00	0.60	0.00	98.60	98.25	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0
26	0.02	0.35	0.00	0.00	98.95	98.25	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0
27	0.01	0.80	0.00	0.00	98.95	98.25	0.00	0.0	0.0	0.4	100.0
28	0.01	0.27	0.00	0.00	99.22	98.25	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0
29	0.01	0.00	0.44	0.00	99.22	98.69	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0
30	0.01	0.00	0.00	0.00	99.22	98.69	0.00	0.0	0.0	0.3	100.0
31	0.01	0.21	0.00	0.00	99.43	98.69	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0
32	0.01	0.00	0.33	0.00	99.43	99.02	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0
33	0.01	0.16	0.00	0.00	99.59	99.02	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0
34	0.01	0.00	0.00	0.00	99.59	99.02	0.00	0.0	0.0	0.2	100.0
35	0.01	0.12	0.00	0.00	99.71	99.02	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0
36	0.01	0.00	0.25	0.00	99.71	99.27	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0
37	0.01	0.00	0.00	0.00	99.71	99.27	0.00	0.0	0.0	0.2	100.0
38	0.01	0.09	0.00	0.00	99.79	99.27	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0
39	0.01	0.00	0.00	0.00	99.79	99.27	0.00	0.0	0.0	0.1	100.0
40	0.01	0.00	0.19	0.00	99.79	99.46	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0

Concreta Convencional - 20 Pisos- Piedemonte B  
ANALISIS SISMICO

DYNAMIC RESPONSE SPECTRUM BASE SHEARS REACTIONS

Spec	Mode	Dir	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SPX	U1	0.1	0.5	-23.1	0	842	18	64
SPX	U1	3551.3	-93187.7	0	0	3361365	129020	-759339
SPX	U1	2482748.3	96469.4	0	0	-3473194	90060709	-21044504
SPX	U1	0.0	0.1	0	0	0	0	0
SPX	U1	20.3	-4622.6	25	0	38845	225	-36307
SPX	U1	1160536.3	4221.3	0	0	-27400	10556462	-10156264
SPX	U1	0.0	2.3	0	0	-14	0	-9
SPX	U1	0.8	-508.3	76	0	2761	4	-3978
SPX	U1	336987.6	333.4	0	0	-1607	1635766	-2955959
SPX	U1	0.0	1.8	0	0	-8	0	-2
SPX	U1	0.0	49.1	0	0	-170	0	384
SPX	U1	151964.0	-86.1	0	0	512	440709	-1334921
SPX	U1	0.0	-0.2	0	0	1	0	1
SPX	U1	82884.0	295.6	0	0	-846	177275	-725359
SPX	U1	0.2	-305.0	0	0	855	0	-2392
SPX	U1	0.0	-1.1	0	0	3	0	-4
SPX	U1	52453.7	56.6	0	0	-97	85701	-460110
SPX	U1	0.8	0.0	0.2	0	0	0	5
SPX	U1	0.1	-60.0	0	0	130	0	-469
SPX	U1	36019.0	26.1	0	0	-58	50097	-316004
SPX	U1	0.0	0.5	0	0	0	0	3
SPX	U1	0.0	-28.6	0	0	54	0	-224
SPX	U1	25770.2	16.0	0	0	-20	30407	-226139
SPX	U1	0.1	0.7	0	0	0	0	-10
SPX	U1	0.0	-23.0	0	0	37	0	-184
SPX	U1	18933.6	17.8	0	0	-31	20318	-166065
SPX	U1	0.1	0.9	0	0	-1	0	-6
SPX	U1	14505.7	0.1	0	0	3	13921	-127356
SPX	U1	0.0	-2.0	0	0	3	0	-16
SPX	U1	0.7	1.7	0	0	-2	1	-35
SPX	U1	11405.6	0.2	0	0	1025	2	-10069
SPX	U1	0.0	-2.8	0	0	3	0	-22
SPX	U1	8727.4	4.6	0	0	-5	7198	-76630
SPX	U1	0.0	-2.8	0	0	0	0	0
SPX	U1	6415.7	0.6	0	0	-1	5017	-56332
SPX	U1	0.0	-2.4	0	0	3	0	-19
SPX	U1	0.1	-0.4	0	0	0	0	0
SPX	U1	4853.8	1.6	0	0	-2	3524	-42611
SPX	U1	0.1	-1.0	0	0	1	0	-5
SPX	U1	0.0	1.5	0	0	2	0	12
SPX	All	2778245.4	38693.5	0	0	1386109	9084254.8	24313013
SPY	U2	-23.1	1107.6	0	0	-40397	-869	-3053
SPY	U2	-93187.7	2445282.6	0	0	-88203561	-3385529	19925349
SPY	U2	96469.4	3748.4	0	0	-134954	3499304	-817703
SPY	U2	0.1	868.5	0	0	-8472	-201	-1797
SPY	U2	-4622.6	1055345.6	0	0	-8868303	-51461	8288852
SPY	U2	4221.3	15.4	0	0	-100	38338	-36942
SPY	U2	2.3	276.1	0	0	-1697	18	-1121
SPY	U2	-508.3	313850.0	0	0	-1705041	-2667	2456307
SPY	U2	333.4	0.3	0	0	-2	1618	-2925
SPY	U2	1.8	147.4	0	0	-649	0	-177
SPY	U2	49.1	162468.6	0	0	-561561	-126	1269707
SPY	U2	-86.1	0.1	0	0	-331	-1	-385
SPY	U2	-0.2	99.3	0	0	-3	0	-250
SPY	U2	295.6	1.1	0	0	-3	632	-2587
SPY	U2	-305.0	97567.3	0	0	-273549	-647	765149
SPY	U2	-1.1	244.0	0	0	-676	-5	930
SPY	U2	56.6	0.1	0	0	0	92	-496
SPY	U2	0.2	8.9	0	0	-20	0	-183
SPY	U2	-60.0	64790.1	0	0	-140046	-130	506828
SPY	U2	26.1	0.0	0	0	0	36	-229
SPY	U2	0.5	10.2	0	0	-20	1	-59
SPY	U2	-28.6	44958.1	0	0	-84601	-35	351178
SPY	U2	16.0	0.0	0	0	0	19	-141
SPY	U2	0.7	8.1	0	0	-13	1	-127
SPY	U2	-23.5	32441.7	0	0	-50903	-34	253799
SPY	U2	17.8	0.0	0	0	0	0	-156
SPY	U2	0.9	6.0	0	0	-9	1	-33
SPY	U2	0.1	0.0	0	0	0	0	0
SPY	U2	-2.0	23929.1	0	0	-33986	-1	18674
SPY	U2	1.7	4.3	0	0	-6	2	-88
SPY	U2	0.2	0.0	0	0	0	0	-2
SPY	U2	-2.8	17985.0	0	0	-22317	-5	140629
SPY	U2	4.6	0.0	0	0	0	4	-40
SPY	U2	-2.8	2.8	0	0	-3	-2	10
SPY	U2	0.6	0.0	0	0	0	0	-5
SPY	U2	-2.4	13788.6	0	0	-15941	-1	107601
SPY	U2	-0.4	1.3	0	0	-1	0	-32
SPY	U2	1.6	0.0	0	0	0	1	-14
SPY	U2	-1.0	22.3	0	0	-24	0	105
SPY	U2	-1.5	10463.1	0	0	-10949	-2	81875
SPY	All	38693.5	2700544.9	0	0	88821357	1396709	21148859

-----D1----- / -----D2-----  
DIRECTION-X                      DIRECTION-Y  
CQC                      2778245.4                      38693.5                      38693.5                      2700544.9  
Vtx= 2778.2 t  
Vty= 2700.5 t

RESPONSE SPECTRUM ACCELERATIONS & TOTAL MODAL DAMPING

Spec	Mode	Period	DampRatio	SpecFactor	SPEC-ACC U1	SPEC-ACC U2	SPEC-ACC U3	Sa
SPX	1	1,498	0,05	1	2,67	0,00	0,0	0,272
SPX	2	0,815	0,05	1	4,91	0,00	0,0	0,501
SPX	3	0,791	0,05	1	5,06	0,00	0,0	0,516
SPX	4	0,295	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	5	0,183	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	6	0,167	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	7	0,121	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	8	0,080	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	9	0,075	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	10	0,069	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	11	0,049	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	12	0,047	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	13	0,046	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	14	0,034	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	15	0,033	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	16	0,033	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	17	0,026	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	18	0,026	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	19	0,025	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	20	0,022	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	21	0,021	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	22	0,020	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	23	0,018	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	24	0,017	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	25	0,016	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	26	0,016	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	27	0,015	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	28	0,014	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	29	0,014	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	30	0,013	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	31	0,013	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	32	0,012	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	33	0,011	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	34	0,011	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	35	0,011	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	36	0,010	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	37	0,010	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	38	0,010	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	39	0,009	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	40	0,009	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPY	1	1,498	0,05	1	0,00	2,67	0,0	0,272
SPY	2	0,815	0,05	1	0,00	4,91	0,0	0,501
SPY	3	0,791	0,05	1	0,00	5,06	0,0	0,516
SPY	4	0,295	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	5	0,183	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	6	0,167	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	7	0,121	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	8	0,080	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	9	0,075	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	10	0,069	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	11	0,049	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	12	0,047	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	13	0,046	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	14	0,034	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	15	0,033	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	16	0,033	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	17	0,026	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	18	0,026	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	19	0,025	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	20	0,022	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	21	0,021	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	22	0,020	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	23	0,018	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	24	0,017	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	25	0,016	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	26	0,016	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	27	0,015	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	28	0,014	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	29	0,014	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	30	0,013	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	31	0,013	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	32	0,012	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	33	0,011	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	34	0,011	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	35	0,011	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	36	0,010	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	37	0,010	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	38	0,010	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	39	0,009	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	40	0,009	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731

### c) Centroides

Concreto Convencional - 20 Pisos- Piedemonte B  
ANALISIS SISMICO

COORDINATES OF CENTERS OF CUMULATIVE MASS & CENTERS OF RIGIDITY

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NUMBER	MASS		/---CENTER OF MASS---/		/--CENTER OF RIGIDITY--/					
		MASS	MASS	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y
Story	Diaphragm	MassX	MassY	XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR
STORY20	D1	25224,7	25224,7	7,79	8,78	25224,7	25224,7	7,79	8,78	7,96	8,78
STORY19	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	62846,9	62846,9	7,80	8,78	7,96	8,78
STORY18	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	100469,2	100469,2	7,80	8,78	7,96	8,78
STORY17	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	138091,4	138091,4	7,80	8,78	7,96	8,78
STORY16	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	175713,7	175713,7	7,80	8,78	7,95	8,78
STORY15	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	213335,9	213335,9	7,80	8,78	7,95	8,78
STORY14	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	250958,2	250958,2	7,81	8,78	7,95	8,78
STORY13	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	288580,4	288580,4	7,81	8,78	7,95	8,78
STORY12	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	326202,7	326202,7	7,81	8,78	7,95	8,78
STORY11	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	363824,9	363824,9	7,81	8,78	7,95	8,78
STORY10	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	401447,1	401447,1	7,81	8,78	7,95	8,78
STORY9	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	439069,4	439069,4	7,81	8,78	7,94	8,78
STORY8	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	476691,6	476691,6	7,81	8,78	7,94	8,78
STORY7	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	514313,9	514313,9	7,81	8,78	7,94	8,78
STORY6	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	551936,1	551936,1	7,81	8,78	7,93	8,78
STORY5	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	589558,4	589558,4	7,81	8,78	7,92	8,78
STORY4	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	627180,6	627180,6	7,81	8,78	7,91	8,78
STORY3	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	664802,9	664802,9	7,81	8,78	7,90	8,78
STORY2	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	702425,1	702425,1	7,81	8,78	7,88	8,78
STORY1	D1	37622,2	37622,2	7,81	8,78	740047,4	740047,4	7,81	8,78	7,86	8,78

### d) Irregularidades – Combinación

REVISION DE LA IRREGULARIDAD TORSIONAL

SISMO EN X      Caso de Carga: 3      Δ = Deriva del análisis.

Columna Eje Vertical:

	1      95		$\frac{1.2*(\Delta_1 + \Delta_2)}{2}$	$\frac{1.4*(\Delta_1 + \Delta_2)}{2}$	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	Δ1 (cm)	Δ2 (cm)				
STORY20	0,97	0,97	1,16	1,36	NO	NO
STORY19	0,97	0,97	1,16	1,36	NO	NO
STORY18	0,98	0,98	1,18	1,37	NO	NO
STORY17	0,99	0,99	1,19	1,39	NO	NO
STORY16	0,98	0,98	1,18	1,37	NO	NO
STORY15	0,98	0,98	1,18	1,37	NO	NO
STORY14	0,96	0,96	1,15	1,34	NO	NO
STORY13	0,95	0,95	1,14	1,33	NO	NO
STORY12	0,92	0,92	1,10	1,29	NO	NO
STORY11	0,89	0,89	1,07	1,25	NO	NO
STORY10	0,85	0,84	1,01	1,18	NO	NO
STORY9	0,80	0,80	0,96	1,12	NO	NO
STORY8	0,74	0,75	0,89	1,04	NO	NO
STORY7	0,68	0,68	0,82	0,95	NO	NO
STORY6	0,61	0,60	0,73	0,85	NO	NO
STORY5	0,53	0,53	0,64	0,74	NO	NO
STORY4	0,45	0,45	0,54	0,63	NO	NO
STORY3	0,36	0,36	0,43	0,50	NO	NO
STORY2	0,25	0,25	0,30	0,35	NO	NO
STORY1	0,13	0,13	0,16	0,18	NO	NO

	85      107		$\frac{1.2*(\Delta_1 + \Delta_2)}{2}$	$\frac{1.4*(\Delta_1 + \Delta_2)}{2}$	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	Δ1 (cm)	Δ2 (cm)				
STORY20	0,97	0,97	1,16	1,36	NO	NO
STORY19	0,97	0,97	1,16	1,36	NO	NO
STORY18	0,98	0,98	1,18	1,37	NO	NO
STORY17	0,99	0,99	1,19	1,39	NO	NO
STORY16	0,98	0,98	1,18	1,37	NO	NO
STORY15	0,98	0,98	1,18	1,37	NO	NO
STORY14	0,96	0,96	1,15	1,34	NO	NO
STORY13	0,95	0,95	1,14	1,33	NO	NO
STORY12	0,92	0,92	1,10	1,29	NO	NO
STORY11	0,89	0,89	1,07	1,25	NO	NO
STORY10	0,85	0,84	1,01	1,18	NO	NO
STORY9	0,80	0,80	0,96	1,12	NO	NO
STORY8	0,74	0,75	0,89	1,04	NO	NO
STORY7	0,68	0,68	0,82	0,95	NO	NO
STORY6	0,61	0,60	0,73	0,85	NO	NO
STORY5	0,53	0,53	0,64	0,74	NO	NO
STORY4	0,45	0,45	0,54	0,63	NO	NO
STORY3	0,36	0,36	0,43	0,50	NO	NO
STORY2	0,25	0,25	0,30	0,35	NO	NO
STORY1	0,13	0,13	0,16	0,18	NO	NO

SISMO EN Y

Caso de Carga:

5

Columna Eje Vertical:

	85		1.2*( $\Delta 1 + \Delta 2$ ) 2	1.4*( $\Delta 1 + \Delta 2$ ) 2	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	$\Delta 1$ (cm)	$\Delta 2$ (cm)				
STORY20	0,90	0,96	1,12	1,31	NO	NO
STORY19	0,91	0,96	1,13	1,31	NO	NO
STORY18	0,91	0,97	1,13	1,32	NO	NO
STORY17	0,93	0,99	1,16	1,35	NO	NO
STORY16	0,94	0,99	1,16	1,36	NO	NO
STORY15	0,93	0,99	1,16	1,35	NO	NO
STORY14	0,93	0,99	1,16	1,35	NO	NO
STORY13	0,92	0,98	1,14	1,33	NO	NO
STORY12	0,91	0,96	1,13	1,31	NO	NO
STORY11	0,88	0,94	1,10	1,28	NO	NO
STORY10	0,85	0,90	1,05	1,23	NO	NO
STORY9	0,82	0,86	1,01	1,18	NO	NO
STORY8	0,76	0,81	0,94	1,10	NO	NO
STORY7	0,71	0,76	0,88	1,03	NO	NO
STORY6	0,64	0,68	0,79	0,93	NO	NO
STORY5	0,57	0,60	0,70	0,82	NO	NO
STORY4	0,48	0,52	0,60	0,70	NO	NO
STORY3	0,39	0,40	0,48	0,55	NO	NO
STORY2	0,26	0,29	0,33	0,39	NO	NO
STORY1	0,12	0,12	0,14	0,17	NO	NO

	107		1.2*( $\Delta 1 + \Delta 2$ ) 2	1.4*( $\Delta 1 + \Delta 2$ ) 2	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	$\Delta 1$ (cm)	$\Delta 2$ (cm)				
STORY20	0,90	0,96	1,12	1,31	NO	NO
STORY19	0,91	0,96	1,13	1,31	NO	NO
STORY18	0,91	0,97	1,13	1,32	NO	NO
STORY17	0,93	0,99	1,16	1,35	NO	NO
STORY16	0,94	0,99	1,16	1,36	NO	NO
STORY15	0,93	0,99	1,16	1,35	NO	NO
STORY14	0,93	0,99	1,16	1,35	NO	NO
STORY13	0,92	0,98	1,14	1,33	NO	NO
STORY12	0,91	0,96	1,13	1,31	NO	NO
STORY11	0,88	0,94	1,10	1,28	NO	NO
STORY10	0,85	0,90	1,05	1,23	NO	NO
STORY9	0,82	0,86	1,01	1,18	NO	NO
STORY8	0,76	0,81	0,94	1,10	NO	NO
STORY7	0,71	0,76	0,88	1,03	NO	NO
STORY6	0,64	0,68	0,79	0,93	NO	NO
STORY5	0,57	0,60	0,70	0,82	NO	NO
STORY4	0,48	0,52	0,60	0,70	NO	NO
STORY3	0,39	0,40	0,47	0,55	NO	NO
STORY2	0,26	0,29	0,33	0,39	NO	NO
STORY1	0,12	0,12	0,14	0,17	NO	NO

## IRREGULARIDADES EN PLANTA - (Ver tabla A.3-6 - NSR-10)

PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Irregularidad Torsional		x	0,9
Irregularidad Torsional Extrema		x	0,8
Retrosesos excesivos en las Esquinas	x		0,9
Discontinuidades en el Diafragma		x	0,9
Desplazamiento del Plano de Acción		x	0,8
Sistemas no Paralelos		x	0,9

 $\phi_p = 0,9$ 

## IRREGULARIDADES EN ALTURA - (Ver tabla A.3-7 - NSR-10)

PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Piso Flexible (Irregularidad en Rigidez)		x	0,9
Piso Flexible (Irregularidad extrema en Rigidez)		x	0,8
Distribución de Masas		x	0,9
Geométrica		x	0,9
Desplazamiento del Plano de Acción		x	0,8
Piso Débil (Discontinuidad en la resistencia)		x	0,9
Piso Débil (Discontinuidad extrema en la resistencia)		x	0,8

 $\phi_a = 1,0$ 

## AUSENCIA DE REDUNDANCIA - (Ver A.3.3.8 - NSR-10)

PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Ausencia de redundancia en el sistema sismo-resistente		x	0,75

 $\phi_r = 1,00$

Factores - Resultado Fx = 1,21  
 Análisis Sísmico Fy = 1,21

**Combinaciones de Carga:**

**1.0. CHEQUEO DE LA DERIVA**

1	1,40 C.M.		
2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	
3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,21 S.X.
4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 1,21 S.X.
5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,21 S.Y.
6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 1,21 S.Y.
7	0,90 C.M.		+ 1,21 S.X.
8	0,90 C.M.		- 1,21 S.X.
9	0,90 C.M.		+ 1,21 S.Y.
10	0,90 C.M.		- 1,21 S.Y.

C.M. = Carga Muerta  
 C.V. = Carga Viva  
 Lr = Carga Viva Cubierta  
 S.X. = Fuerzas Sísmicas Elásticas en X  
 S.Y. = Fuerzas Sísmicas Elásticas en Y

R<sub>o</sub> = 4,00 Muros de concreto - (DMO)  
 Ω<sub>o</sub> = 2,50

ø<sub>a</sub> = 1,00  
 ø<sub>p</sub> = 0,90  
 ø<sub>r</sub> = 1,00

R<sub>x</sub> = 3,60  
 R<sub>y</sub> = 3,60

**2.0. DISEÑO DE COLUMNAS Y VIGAS (FLEXIÓN)**

D1	1,40 C.M.				
D2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	+ 0,50 Lr.		
D3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,60 Lr.		
D4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,34 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,34 S.X.	- 0,10 S.Y.
D6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,34 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D7	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,34 S.X.	- 0,10 S.Y.
D8	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,10 S.X.	+ 0,34 S.Y.
D9	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,10 S.X.	+ 0,34 S.Y.
D10	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,10 S.X.	- 0,34 S.Y.
D11	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,10 S.X.	- 0,34 S.Y.
D12	0,90 C.M.			+ 0,34 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D13	0,90 C.M.			+ 0,34 S.X.	- 0,10 S.Y.
D14	0,90 C.M.			- 0,34 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D15	0,90 C.M.			- 0,34 S.X.	- 0,10 S.Y.
D16	0,90 C.M.			+ 0,10 S.X.	+ 0,34 S.Y.
D17	0,90 C.M.			- 0,10 S.X.	+ 0,34 S.Y.
D18	0,90 C.M.			+ 0,10 S.X.	- 0,34 S.Y.
D19	0,90 C.M.			- 0,10 S.X.	- 0,34 S.Y.

R<sub>c x</sub> = 3,60  
 R<sub>c y</sub> = 3,60

**4.0. CARGAS A CIMENTACION**

C1	1,00 C.M.				
C2	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.			
C3	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		
C4	1,00 C.M.			0,24 S.X.	
C5	1,00 C.M.			- 0,24 S.X.	
C6	1,00 C.M.				+ 0,24 S.Y.
C7	1,00 C.M.				- 0,24 S.Y.
C8	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	0,18 S.X.	
C9	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	- 0,18 S.X.	
C10	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		+ 0,18 S.Y.
C11	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		- 0,18 S.Y.
C12	0,60 C.M.			0,24 S.X.	
C13	0,60 C.M.			- 0,24 S.X.	
C14	0,60 C.M.				+ 0,24 S.Y.
C15	0,60 C.M.				- 0,24 S.Y.

**5.0. CARGAS A CIMENTACION PARA CHEQUEO DE ESFUERZO AXIALES MAXIMOS**

C16	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	0,24 S.X.	
C17	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	- 0,24 S.X.	
C18	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.		+ 0,24 S.Y.
C19	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.		- 0,24 S.Y.

**6.0 DISEÑO DE MUROS**

M1	1,40 C.M.				
M2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	+ 0,50 Lr.		
M3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,34 S.X.	
M4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,34 S.X.	
M5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.			+ 0,34 S.Y.
M6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.			- 0,34 S.Y.
M7	0,90 C.M.			+ 0,34 S.X.	
M8	0,90 C.M.			- 0,34 S.X.	
M9	0,90 C.M.				+ 0,34 S.Y.
M10	0,90 C.M.				- 0,34 S.Y.



Factores - Resultado Fx = 1,21  
 Análisis Sísmico Fy = 1,21

**Combinaciones de Carga:**

**1.0. CHEQUEO DE LA DERIVA**

1	1,40 C.M.		
2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	
3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,21 S.X.
4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 1,21 S.X.
5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,21 S.Y.
6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 1,21 S.Y.
7	0,90 C.M.		+ 1,21 S.X.
8	0,90 C.M.		- 1,21 S.X.
9	0,90 C.M.		+ 1,21 S.Y.
10	0,90 C.M.		- 1,21 S.Y.

C.M. = Carga Muerta  
 C.V. = Carga Viva  
 Lr = Carga Viva Cubierta  
 S.X. = Fuerzas Sísmicas Elásticas en X  
 S.Y. = Fuerzas Sísmicas Elásticas en Y

R<sub>o</sub> = 4,00 Muros de concreto - (DMO)  
 Ω<sub>o</sub> = 2,50

ø<sub>a</sub> = 1,00  
 ø<sub>p</sub> = 0,90  
 ø<sub>r</sub> = 1,00

R<sub>x</sub> = 3,60  
 R<sub>y</sub> = 3,60

**2.0. DISEÑO DE COLUMNAS Y VIGAS (FLEXIÓN)**

D1	1,40 C.M.				
D2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	+ 0,50 Lr.		
D3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,60 Lr.		
D4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,34 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,34 S.X.	- 0,10 S.Y.
D6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,34 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D7	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,34 S.X.	- 0,10 S.Y.
D8	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,10 S.X.	+ 0,34 S.Y.
D9	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,10 S.X.	+ 0,34 S.Y.
D10	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,10 S.X.	- 0,34 S.Y.
D11	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,10 S.X.	- 0,34 S.Y.
D12	0,90 C.M.			+ 0,34 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D13	0,90 C.M.			+ 0,34 S.X.	- 0,10 S.Y.
D14	0,90 C.M.			- 0,34 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D15	0,90 C.M.			- 0,34 S.X.	- 0,10 S.Y.
D16	0,90 C.M.			+ 0,10 S.X.	+ 0,34 S.Y.
D17	0,90 C.M.			- 0,10 S.X.	+ 0,34 S.Y.
D18	0,90 C.M.			+ 0,10 S.X.	- 0,34 S.Y.
D19	0,90 C.M.			- 0,10 S.X.	- 0,34 S.Y.

R<sub>c x</sub> = 3,60  
 R<sub>c y</sub> = 3,60

**4.0. CARGAS A CIMENTACION**

C1	1,00 C.M.				
C2	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.			
C3	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		
C4	1,00 C.M.			0,24 S.X.	
C5	1,00 C.M.			- 0,24 S.X.	
C6	1,00 C.M.				+ 0,24 S.Y.
C7	1,00 C.M.				- 0,24 S.Y.
C8	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	0,18 S.X.	
C9	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	- 0,18 S.X.	
C10	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		+ 0,18 S.Y.
C11	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		- 0,18 S.Y.
C12	0,60 C.M.			0,24 S.X.	
C13	0,60 C.M.			- 0,24 S.X.	
C14	0,60 C.M.				+ 0,24 S.Y.
C15	0,60 C.M.				- 0,24 S.Y.

**5.0. CARGAS A CIMENTACION PARA CHEQUEO DE ESFUERZO AXIALES MAXIMOS**

C16	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	0,24 S.X.	
C17	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	- 0,24 S.X.	
C18	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.		+ 0,24 S.Y.
C19	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.		- 0,24 S.Y.

**6.0 DISEÑO DE MUROS**

M1	1,40 C.M.				
M2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	+ 0,50 Lr.		
M3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,34 S.X.	
M4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,34 S.X.	
M5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.			+ 0,34 S.Y.
M6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.			- 0,34 S.Y.
M7	0,90 C.M.			+ 0,34 S.X.	
M8	0,90 C.M.			- 0,34 S.X.	
M9	0,90 C.M.				+ 0,34 S.Y.
M10	0,90 C.M.				- 0,34 S.Y.

e) Derivas – Muros

<b>DERIVA MUROS</b>								
$\Delta a = \sqrt{(\delta x_1 - \delta x_2)^2 + (\delta y_1 - \delta y_2)^2}$				$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis.				
				$\Delta\rho$ = Deriva permitida. (0.01 h)				
SISMO EN X		Columna Eje Vertical:			<b>1</b>			
		Caso de Carga:			<b>3</b>			
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,1499	0,0022	14,992	0,97	2,50	OK	0,39
STORY19	2,50	0,1402	0,0021	14,022	0,97	2,50	OK	0,39
STORY18	2,50	0,1305	0,0019	13,051	0,98	2,50	OK	0,39
STORY17	2,50	0,1207	0,0018	12,071	0,99	2,50	OK	0,40
STORY16	2,50	0,1108	0,0017	11,081	0,98	2,50	OK	0,39
STORY15	2,50	0,1010	0,0015	10,101	0,98	2,50	OK	0,39
STORY14	2,50	0,0912	0,0014	9,121	0,96	2,50	OK	0,38
STORY13	2,50	0,0816	0,0013	8,161	0,95	2,50	OK	0,38
STORY12	2,50	0,0721	0,0011	7,211	0,92	2,50	OK	0,37
STORY11	2,50	0,0629	0,0010	6,291	0,89	2,50	OK	0,36
STORY10	2,50	0,0540	0,0008	5,401	0,85	2,50	OK	0,34
STORY9	2,50	0,0455	0,0007	4,551	0,80	2,50	OK	0,32
STORY8	2,50	0,0375	0,0006	3,750	0,74	2,50	OK	0,30
STORY7	2,50	0,0301	0,0005	3,010	0,68	2,50	OK	0,27
STORY6	2,50	0,0233	0,0004	2,330	0,61	2,50	OK	0,24
STORY5	2,50	0,0172	0,0003	1,720	0,53	2,50	OK	0,21
STORY4	2,50	0,0119	0,0002	1,190	0,45	2,50	OK	0,18
STORY3	2,50	0,0074	0,0001	0,740	0,36	2,50	OK	0,14
STORY2	2,50	0,0038	0,0001	0,380	0,25	2,50	OK	0,10
STORY1	2,50	0,0013	0,0000	0,130	0,13	2,50	OK	0,05

<b>DERIVA MUROS</b>								
				$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis.				
				$\Delta\rho$ = Deriva permitida. (0.01 h)				
SISMO EN Y		Columna Eje Vertical:			<b>1</b>			
		Caso de Carga:			<b>5</b>			
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,0124	0,1476	14,812	0,90	2,50	OK	0,36
STORY19	2,50	0,0116	0,1386	13,908	0,91	2,50	OK	0,37
STORY18	2,50	0,0108	0,1295	12,995	0,91	2,50	OK	0,37
STORY17	2,50	0,0100	0,1204	12,081	0,93	2,50	OK	0,37
STORY16	2,50	0,0092	0,1111	11,148	0,94	2,50	OK	0,38
STORY15	2,50	0,0083	0,1017	10,204	0,93	2,50	OK	0,37
STORY14	2,50	0,0075	0,0924	9,270	0,93	2,50	OK	0,37
STORY13	2,50	0,0067	0,0831	8,337	0,92	2,50	OK	0,37
STORY12	2,50	0,0060	0,0739	7,414	0,91	2,50	OK	0,37
STORY11	2,50	0,0052	0,0648	6,501	0,88	2,50	OK	0,35
STORY10	2,50	0,0045	0,0560	5,618	0,85	2,50	OK	0,34
STORY9	2,50	0,0038	0,0475	4,765	0,82	2,50	OK	0,33
STORY8	2,50	0,0031	0,0393	3,942	0,76	2,50	OK	0,30
STORY7	2,50	0,0025	0,0317	3,180	0,71	2,50	OK	0,29
STORY6	2,50	0,0019	0,0246	2,467	0,64	2,50	OK	0,26
STORY5	2,50	0,0014	0,0182	1,825	0,57	2,50	OK	0,23
STORY4	2,50	0,0009	0,0125	1,253	0,48	2,50	OK	0,19
STORY3	2,50	0,0006	0,0077	0,772	0,39	2,50	OK	0,16
STORY2	2,50	0,0003	0,0038	0,381	0,26	2,50	OK	0,10
STORY1	2,50	0,0001	0,0012	0,120	0,12	2,50	OK	0,05

SISMO EN X		Columna Eje Vertical:					85	
		Caso de Carga:					3	
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,1499	0,0024	14,992	0,97	2,50	OK	0,39
STORY19	2,50	0,1402	0,0022	14,022	0,97	2,50	OK	0,39
STORY18	2,50	0,1305	0,0021	13,052	0,98	2,50	OK	0,39
STORY17	2,50	0,1207	0,0019	12,071	0,99	2,50	OK	0,40
STORY16	2,50	0,1108	0,0018	11,081	0,98	2,50	OK	0,39
STORY15	2,50	0,1010	0,0016	10,101	0,98	2,50	OK	0,39
STORY14	2,50	0,0912	0,0015	9,121	0,96	2,50	OK	0,38
STORY13	2,50	0,0816	0,0013	8,161	0,95	2,50	OK	0,38
STORY12	2,50	0,0721	0,0012	7,211	0,92	2,50	OK	0,37
STORY11	2,50	0,0629	0,0010	6,291	0,89	2,50	OK	0,36
STORY10	2,50	0,0540	0,0009	5,401	0,85	2,50	OK	0,34
STORY9	2,50	0,0455	0,0008	4,551	0,80	2,50	OK	0,32
STORY8	2,50	0,0375	0,0006	3,750	0,74	2,50	OK	0,30
STORY7	2,50	0,0301	0,0005	3,010	0,68	2,50	OK	0,27
STORY6	2,50	0,0233	0,0004	2,330	0,61	2,50	OK	0,24
STORY5	2,50	0,0172	0,0003	1,720	0,53	2,50	OK	0,21
STORY4	2,50	0,0119	0,0002	1,190	0,45	2,50	OK	0,18
STORY3	2,50	0,0074	0,0001	0,740	0,36	2,50	OK	0,14
STORY2	2,50	0,0038	0,0001	0,380	0,25	2,50	OK	0,10
STORY1	2,50	0,0013	0,0000	0,130	0,13	2,50	OK	0,05

SISMO EN Y		Columna Eje Vertical:					85	
		Caso de Carga:					5	
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,0124	0,1567	15,719	0,96	2,50	OK	0,39
STORY19	2,50	0,0116	0,1471	14,756	0,96	2,50	OK	0,39
STORY18	2,50	0,0108	0,1375	13,792	0,97	2,50	OK	0,39
STORY17	2,50	0,0100	0,1278	12,819	0,99	2,50	OK	0,40
STORY16	2,50	0,0092	0,1179	11,826	0,99	2,50	OK	0,40
STORY15	2,50	0,0083	0,1080	10,832	0,99	2,50	OK	0,40
STORY14	2,50	0,0075	0,0981	9,839	0,99	2,50	OK	0,40
STORY13	2,50	0,0067	0,0882	8,845	0,98	2,50	OK	0,39
STORY12	2,50	0,0060	0,0784	7,863	0,96	2,50	OK	0,39
STORY11	2,50	0,0052	0,0688	6,900	0,94	2,50	OK	0,38
STORY10	2,50	0,0045	0,0594	5,957	0,90	2,50	OK	0,36
STORY9	2,50	0,0038	0,0504	5,054	0,86	2,50	OK	0,35
STORY8	2,50	0,0031	0,0418	4,191	0,81	2,50	OK	0,32
STORY7	2,50	0,0025	0,0337	3,379	0,76	2,50	OK	0,30
STORY6	2,50	0,0019	0,0261	2,617	0,68	2,50	OK	0,27
STORY5	2,50	0,0014	0,0193	1,935	0,60	2,50	OK	0,24
STORY4	2,50	0,0009	0,0133	1,333	0,52	2,50	OK	0,21
STORY3	2,50	0,0006	0,0081	0,812	0,40	2,50	OK	0,16
STORY2	2,50	0,0003	0,0041	0,411	0,29	2,50	OK	0,12
STORY1	2,50	0,0001	0,0012	0,120	0,12	2,50	OK	0,05

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.  
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD =  $\Delta\alpha/\Delta\rho$

$$\Delta a = \sqrt{(\delta x_1 - \delta x_2)^2 + (\delta y_1 - \delta y_2)^2}$$

$\Delta\alpha$  = Deriva del análisis.

$\Delta\rho$  = Deriva permitida.  
(0.01 h)

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

95

3

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)	y	%
STORY20	2,50	0,1498	0,0022	14,982	0,97	2,50	OK	0,39
STORY19	2,50	0,1401	0,0021	14,012	0,97	2,50	OK	0,39
STORY18	2,50	0,1304	0,0019	13,041	0,98	2,50	OK	0,39
STORY17	2,50	0,1206	0,0018	12,061	0,99	2,50	OK	0,40
STORY16	2,50	0,1107	0,0017	11,071	0,98	2,50	OK	0,39
STORY15	2,50	0,1009	0,0015	10,091	0,98	2,50	OK	0,39
STORY14	2,50	0,0911	0,0014	9,111	0,96	2,50	OK	0,38
STORY13	2,50	0,0815	0,0013	8,151	0,95	2,50	OK	0,38
STORY12	2,50	0,0720	0,0011	7,201	0,92	2,50	OK	0,37
STORY11	2,50	0,0628	0,0010	6,281	0,89	2,50	OK	0,36
STORY10	2,50	0,0539	0,0008	5,391	0,84	2,50	OK	0,34
STORY9	2,50	0,0455	0,0007	4,551	0,80	2,50	OK	0,32
STORY8	2,50	0,0375	0,0006	3,750	0,75	2,50	OK	0,30
STORY7	2,50	0,0300	0,0005	3,000	0,68	2,50	OK	0,27
STORY6	2,50	0,0232	0,0004	2,320	0,60	2,50	OK	0,24
STORY5	2,50	0,0172	0,0003	1,720	0,53	2,50	OK	0,21
STORY4	2,50	0,0119	0,0002	1,190	0,45	2,50	OK	0,18
STORY3	2,50	0,0074	0,0001	0,740	0,36	2,50	OK	0,14
STORY2	2,50	0,0038	0,0001	0,380	0,25	2,50	OK	0,10
STORY1	2,50	0,0013	0,0000	0,130	0,13	2,50	OK	0,05

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

95

5

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)	y	%
STORY20	2,50	0,0119	0,1476	14,808	0,90	2,50	OK	0,36
STORY19	2,50	0,0111	0,1386	13,904	0,91	2,50	OK	0,37
STORY18	2,50	0,0103	0,1295	12,991	0,91	2,50	OK	0,37
STORY17	2,50	0,0095	0,1204	12,077	0,93	2,50	OK	0,37
STORY16	2,50	0,0088	0,1111	11,145	0,94	2,50	OK	0,38
STORY15	2,50	0,0080	0,1017	10,201	0,93	2,50	OK	0,37
STORY14	2,50	0,0072	0,0924	9,268	0,93	2,50	OK	0,37
STORY13	2,50	0,0065	0,0831	8,335	0,92	2,50	OK	0,37
STORY12	2,50	0,0057	0,0739	7,412	0,91	2,50	OK	0,37
STORY11	2,50	0,0050	0,0648	6,499	0,88	2,50	OK	0,35
STORY10	2,50	0,0043	0,0560	5,616	0,85	2,50	OK	0,34
STORY9	2,50	0,0036	0,0475	4,764	0,82	2,50	OK	0,33
STORY8	2,50	0,0030	0,0393	3,941	0,76	2,50	OK	0,30
STORY7	2,50	0,0024	0,0317	3,179	0,71	2,50	OK	0,29
STORY6	2,50	0,0018	0,0246	2,467	0,64	2,50	OK	0,26
STORY5	2,50	0,0013	0,0182	1,825	0,57	2,50	OK	0,23
STORY4	2,50	0,0009	0,0125	1,253	0,48	2,50	OK	0,19
STORY3	2,50	0,0005	0,0077	0,772	0,39	2,50	OK	0,16
STORY2	2,50	0,0003	0,0038	0,381	0,26	2,50	OK	0,10
STORY1	2,50	0,0001	0,0012	0,120	0,12	2,50	OK	0,05

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

107

3

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,1498	0,0024	14,982	0,97	2,50	OK	0,39
STORY19	2,50	0,1401	0,0022	14,012	0,97	2,50	OK	0,39
STORY18	2,50	0,1304	0,0021	13,042	0,98	2,50	OK	0,39
STORY17	2,50	0,1206	0,0019	12,061	0,99	2,50	OK	0,40
STORY16	2,50	0,1107	0,0018	11,071	0,98	2,50	OK	0,39
STORY15	2,50	0,1009	0,0016	10,091	0,98	2,50	OK	0,39
STORY14	2,50	0,0911	0,0015	9,111	0,96	2,50	OK	0,38
STORY13	2,50	0,0815	0,0013	8,151	0,95	2,50	OK	0,38
STORY12	2,50	0,0720	0,0012	7,201	0,92	2,50	OK	0,37
STORY11	2,50	0,0628	0,0010	6,281	0,89	2,50	OK	0,36
STORY10	2,50	0,0539	0,0009	5,391	0,84	2,50	OK	0,34
STORY9	2,50	0,0455	0,0008	4,551	0,80	2,50	OK	0,32
STORY8	2,50	0,0375	0,0006	3,750	0,75	2,50	OK	0,30
STORY7	2,50	0,0300	0,0005	3,000	0,68	2,50	OK	0,27
STORY6	2,50	0,0232	0,0004	2,320	0,60	2,50	OK	0,24
STORY5	2,50	0,0172	0,0003	1,720	0,53	2,50	OK	0,21
STORY4	2,50	0,0119	0,0002	1,190	0,45	2,50	OK	0,18
STORY3	2,50	0,0074	0,0001	0,740	0,36	2,50	OK	0,14
STORY2	2,50	0,0038	0,0001	0,380	0,25	2,50	OK	0,10
STORY1	2,50	0,0013	0,0000	0,130	0,13	2,50	OK	0,05

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

107

5

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,0119	0,1567	15,715	0,96	2,50	OK	0,39
STORY19	2,50	0,0111	0,1471	14,752	0,96	2,50	OK	0,39
STORY18	2,50	0,0103	0,1375	13,789	0,97	2,50	OK	0,39
STORY17	2,50	0,0095	0,1278	12,815	0,99	2,50	OK	0,40
STORY16	2,50	0,0088	0,1179	11,823	0,99	2,50	OK	0,40
STORY15	2,50	0,0080	0,1080	10,830	0,99	2,50	OK	0,40
STORY14	2,50	0,0072	0,0981	9,836	0,99	2,50	OK	0,40
STORY13	2,50	0,0065	0,0882	8,844	0,98	2,50	OK	0,39
STORY12	2,50	0,0057	0,0784	7,861	0,96	2,50	OK	0,39
STORY11	2,50	0,0050	0,0688	6,898	0,94	2,50	OK	0,38
STORY10	2,50	0,0043	0,0594	5,956	0,90	2,50	OK	0,36
STORY9	2,50	0,0036	0,0504	5,053	0,86	2,50	OK	0,34
STORY8	2,50	0,0030	0,0418	4,191	0,81	2,50	OK	0,32
STORY7	2,50	0,0024	0,0337	3,379	0,76	2,50	OK	0,30
STORY6	2,50	0,0018	0,0261	2,616	0,68	2,50	OK	0,27
STORY5	2,50	0,0013	0,0193	1,934	0,60	2,50	OK	0,24
STORY4	2,50	0,0009	0,0133	1,333	0,52	2,50	OK	0,21
STORY3	2,50	0,0005	0,0081	0,812	0,40	2,50	OK	0,16
STORY2	2,50	0,0003	0,0041	0,411	0,29	2,50	OK	0,12
STORY1	2,50	0,0001	0,0012	0,120	0,12	2,50	OK	0,05

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.  
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD =  $\Delta\alpha/\Delta\rho$

Max en X **0,40**  
Max en Y **0,40**

Max en x= 0,40 Max en y= 0,38	1	85	Max en x= 0,40 Max en y= 0,40
	95	107	
Max en x= 0,40 Max en y= 0,38			Max en x= 0,40 Max en y= 0,40

## Modelo 7. Concreto convencional – 6 pisos – Lacustre 200

### a) Análisis sísmico

**Modelo 7: Concreto Liviano - 6 Pisos - Lacustre 200**

El método de análisis del sistema de resistencia sísmica a utilizar es: Método de análisis dinámico elástico.

El Espectro Elástico de Diseño a utilizar (según la microzonificación sísmica de Bogotá D.C.) debe ser construido con los siguientes parámetros:

ZONA : **LACUSTRE-200**

Grupo de Uso : **I** → **I** = **1,00**

Aa = 0,15

Av = 0,20

Zona	F <sub>a</sub> (475)	F <sub>v</sub> (475)	T <sub>c</sub> (s)	T <sub>l</sub> (s)	A <sub>g</sub> (475) (g)
LACUSTRE-200	1.20	3.50	1.87	4.0	0.18

Zona de Amenaza Sísmica : **Intermedia**

Sistema Estructural: **Muros de concreto - (DMO)**

	Area (m <sup>2</sup> )	Alt. Piso (m)	Elevación (h) h(m)	W (t)	W / A t/m <sup>2</sup>	Masa (kg-s <sup>2</sup> /m)
P6	238	2,50	15,00	141,5	0,60	14424
P5	238	2,50	12,50	177,1	0,74	18056
P4	238	2,50	10,00	177,1	0,74	18056
P3	238	2,50	7,50	177,1	0,74	18056
P2	238	2,50	5,00	177,1	0,74	18056
P1	238	2,50	2,50	177,1	0,74	18056

∑ 1027,1 t

∑ 10271,4 kN

**Análisis Sísmico por Fuerza Horizontal Equivalente:** Para ajustar el valor del Cortante Dinámico en la base ( según A.5.4.5 -- NSR - 10)

Periodo fundamental aproximado (según A.4.2.2 -- NSR - 10)

$$C_u = 1,2 \quad C_u = 1,75 - 1,2A_v F_v$$

$$C_t = 0,049 \text{ Muros de concreto - (DMO)}$$

$$a = 0,75$$

$$T_a = C_t h^a = 0,37 \text{ seg}$$

$$C_u \cdot T_a = 0,45 \text{ seg}$$

$$T_x = 0,17 \text{ seg (obtenido del análisis dinámico elástico de la estructura)}$$

$$T_y = 0,21 \text{ seg (obtenido del análisis dinámico elástico de la estructura)}$$

$$T_x = 0,17 \text{ seg ( definitivo )}$$

$$T_y = 0,21 \text{ seg ( definitivo )}$$

$$S_a = 2,5 A_a F_a \quad S_a = \frac{1,2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot I}{T} \quad S_a = \frac{1,2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot T_L \cdot I}{T^2}$$

$$S_{ax} = 0,45 \text{ (Definitivo)}$$

$$S_{ay} = 0,45 \text{ (Definitivo)}$$

$$S_a = 0,45$$

$$S_{ax} = 4,89$$

$$S_{ax} = 113,94$$

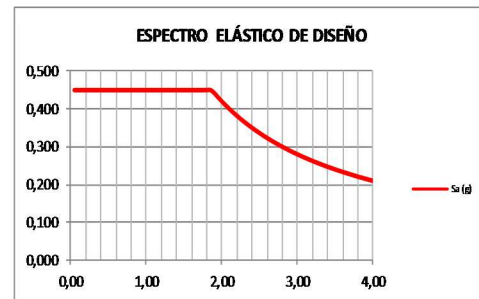
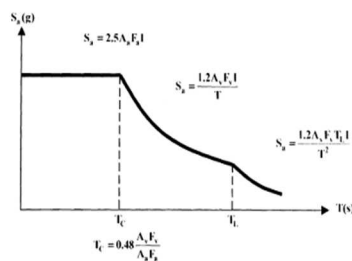
$$V_{sx} = 462,2 \text{ t} = 4622,1 \text{ kN}$$

$$S_{ay} = 4,05$$

$$S_{ay} = 78,10$$

$$V_{sy} = 462,2 \text{ t} = 4622,1 \text{ kN}$$

3.2. Curva de diseño para un coeficiente de amortiguamiento de 5% del crítico



Cortantes Dinámicos en la Base. ( Vtj ) :

$$V_{tx} = 364,4 \text{ t} = 3643,6 \text{ kN}$$

$$V_{ty} = 350,5 \text{ t} = 3504,9 \text{ kN}$$

Regularidad de la Estructura: **2** ( 1: Regular, 2: Irregular)

**Según A.5.4.5 -- NSR - 10**

- Si la estructura es regular, el cortante dinámico en la base **No puede ser menor que el 80 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente ( V\_s )**

- Si la estructura es irregular, el cortante dinámico en la base **No puede ser menor que el 90 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente ( V\_s )**

**Factores de Ajuste :**

$$F_x = 416,0 / 364,4 = 1,14$$

$$F_y = 416,0 / 350,5 = 1,19$$

$$F_x = 1,14 \text{ ( Definitivo )}$$

$$F_y = 1,19 \text{ ( Definitivo )}$$

## b) Cortantes

Concreto Liviano - 6 Pisos - Lacustre 200  
ANALISIS SISMICO

### MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE NUMBER	Period	TRASLATION			< % SUM>			ROTATION			< % SUM>		
		% MASS UJ	% MASS UY	% MASS UZ	SumUJ	SumUY	SumUZ	% MASS RX	% MASS RY	% MASS RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
1	0,29	0,00	0,04	0,00	0,00	0,04	0,00	0,1	0,0	68,6	0,1	0,0	68,6
2	0,21	0,00	69,51	0,00	0,00	69,55	0,00	98,1	0,0	0,0	98,2	0,0	68,7
3	0,17	73,08	0,00	0,00	73,08	69,55	0,00	0,0	99,2	0,0	98,2	99,2	68,7
4	0,06	0,00	0,00	0,00	73,08	69,55	0,00	0,0	0,0	20,9	98,2	99,2	89,6
5	0,05	0,11	20,60	0,00	73,20	90,15	0,00	1,6	0,0	0,0	99,8	99,2	89,6
6	0,05	18,86	0,13	0,00	92,06	90,28	0,00	0,0	0,7	0,0	99,8	99,9	89,6
7	0,03	0,00	0,00	0,00	92,06	90,28	0,00	0,0	0,0	6,3	99,8	99,9	95,9
8	0,02	4,89	0,00	0,00	96,95	90,28	0,00	0,0	0,1	0,0	99,8	100,0	95,9
9	0,02	0,00	5,99	0,00	96,95	96,27	0,00	0,2	0,0	0,0	100,0	100,0	95,9
10	0,02	0,00	0,00	0,00	96,95	96,27	0,00	0,0	0,0	2,7	100,0	100,0	98,6
11	0,02	2,02	0,00	0,00	98,97	96,27	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	98,6
12	0,01	0,00	2,44	0,00	98,97	98,71	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	98,6

Concreto Liviano - 6 Pisos - Lacustre 200  
ANALISIS SISMICO

### DYNAMIC RESPONSE SPECTRUM BASE SHEARS REACTIONS

Spec	Mode	Dir	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SPX	1	U1	0,0	-2,9	0	33	0	28
SPX	2	U1	0,5	-410,9	0	4644	6	-3212
SPX	3	U1	351295,1	471,3	0	-5032	3891462	-2845391
SPX	4	U1	0,0	-0,1	0	0	0	1
SPX	5	U1	545,4	7349,4	0	-19281	973	52885
SPX	6	U1	90652,5	-7406,6	0	19647	165661	-792896
SPX	7	U1	0,0	0,2	0	0	0	-9
SPX	8	U1	23497,4	169,1	0	-295	35725	-189235
SPX	9	U1	1,2	-187,6	0	313	2	-1474
SPX	10	U1	0,6	0,8	0	-1	0	-25
SPX	11	U1	9722,0	43,8	0	-53	7845	-78461
SPX	12	U1	0,2	-42,6	0	47	0	-333
SPX	All	All	364363,4	791,4	0	6240	3895929	2952278
SPY	1	U2	-2,9	185,6	0	-2117	-32	-1841
SPY	2	U2	-410,9	334101,0	0	-3775566	-4769	2611610
SPY	3	U2	471,3	0,6	0	-7	5221	-3817
SPY	4	U2	-0,1	20,5	0	-79	-1	-346
SPY	5	U2	7349,4	99032,1	0	-259812	13113	712617
SPY	6	U2	-7406,6	605,2	0	-1605	-13535	64782
SPY	7	U2	0,2	3,2	0	-5	0	-120
SPY	8	U2	169,1	1,2	0	-2	257	-1362
SPY	9	U2	-187,6	28774,2	0	-47944	-272	226030
SPY	10	U2	0,8	1,1	0	-2	0	-36
SPY	11	U2	43,8	0,2	0	0	35	-353
SPY	12	U2	-42,6	11746,8	0	-12873	-34	91912
SPY	All	All	791,4	350494,2	0	3785901	6352	2738262

/-----D1-----/      /-----D2-----/  
DIRECTION-X      DIRECTION-Y  
CQC      364363,4      791,4      791,4      350494,2  
  
Vtx=      364,4 t      =      3643,6 kN  
Vty=      350,5 t      =      3504,9 kN

Concreto Liviano - 6 Pisos - Lacustre 200  
ANALISIS SISMICO

### RESPONSE SPECTRUM ACCELERATIONS & TOTAL MODAL DAMPING

Spec	Mode	Period	DampRatio	SpecFactor	SPEC-ACC U1	SPEC-ACC U2	SPEC-ACC U3	Sa
SPX	1	0,293	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	2	0,207	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	3	0,172	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	4	0,060	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	5	0,045	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	6	0,045	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	7	0,026	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	8	0,022	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	9	0,021	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	10	0,016	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	11	0,015	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	12	0,013	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPY	1	0,293	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	2	0,207	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	3	0,172	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	4	0,060	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	5	0,045	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	6	0,045	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	7	0,026	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	8	0,022	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	9	0,021	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	10	0,016	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	11	0,015	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	12	0,013	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450



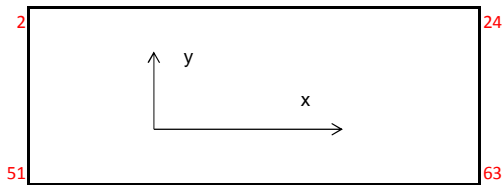
### c) Centroides

Concreto Liviano - 6 Pisos - Lacustre 200  
ANÁLISIS SISMICO

COORDINATES OF CENTERS OF CUMULATIVE MASS & CENTERS OF RIGIDITY

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NUMBER	MASS		/---CENTER OF MASS---/		Cumulative		/--CENTER OF RIGIDITY--/			
		ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y
Story	Diaphragm	MassX	MassY	XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR
P6	D1	14423,8	14423,8	7,80	8,11	14423,8	14423,8	7,80	8,11	7,89	8,11
P5	D1	18055,9	18055,9	7,80	8,11	32479,7	32479,7	7,80	8,11	7,88	8,11
P4	D1	18055,9	18055,9	7,80	8,11	50535,6	50535,6	7,80	8,11	7,88	8,11
P3	D1	18055,9	18055,9	7,80	8,11	68591,5	68591,5	7,80	8,11	7,86	8,11
P2	D1	18055,9	18055,9	7,80	8,11	86647,3	86647,3	7,80	8,11	7,85	8,11
P1	D1	18055,9	18055,9	7,80	8,11	104703,2	104703,2	7,80	8,11	7,83	8,10

### d) Irregularidades – Combinación



#### REVISION DE LA IRREGULARIDAD TORSIONAL

SISMO EN X                      Caso de Carga:                      3

Δ = Deriva del análisis.

Columna Eje Vertical:

	2                      51		1.2*(Δ1+ Δ2)		Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	Δ1 (cm)	Δ2 (cm)	2	2		
P6	0,09	0,09	0,11	0,13	NO	NO
P5	0,11	0,11	0,13	0,15	NO	NO
P4	0,10	0,10	0,12	0,14	NO	NO
P3	0,10	0,10	0,12	0,14	NO	NO
P2	0,08	0,08	0,10	0,11	NO	NO
P1	0,04	0,04	0,05	0,06	NO	NO

	24                      63		1.2*(Δ1+ Δ2)		Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	Δ1 (cm)	Δ2 (cm)	2	2		
P6	0,09	0,09	0,11	0,13	NO	NO
P5	0,11	0,11	0,13	0,15	NO	NO
P4	0,10	0,10	0,12	0,14	NO	NO
P3	0,10	0,10	0,12	0,14	NO	NO
P2	0,08	0,08	0,10	0,11	NO	NO
P1	0,04	0,04	0,05	0,06	NO	NO

Columna Eje Vertical:

	2 24		1.2*( $\Delta 1 + \Delta 2$ )	1.4*( $\Delta 1 + \Delta 2$ )	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	$\Delta 1$ (cm)	$\Delta 2$ (cm)	2	2		
P6	0,17	0,17	0,20	0,24	NO	NO
P5	0,17	0,18	0,21	0,25	NO	NO
P4	0,17	0,17	0,20	0,24	NO	NO
P3	0,14	0,15	0,17	0,20	NO	NO
P2	0,11	0,12	0,14	0,16	NO	NO
P1	0,05	0,05	0,06	0,07	NO	NO

	51 63		1.2*( $\Delta 1 + \Delta 2$ )	1.4*( $\Delta 1 + \Delta 2$ )	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	$\Delta 1$ (cm)	$\Delta 2$ (cm)	2	2		
P6	0,17	0,17	0,20	0,24	NO	NO
P5	0,17	0,18	0,21	0,25	NO	NO
P4	0,17	0,17	0,20	0,24	NO	NO
P3	0,14	0,15	0,17	0,20	NO	NO
P2	0,11	0,12	0,14	0,16	NO	NO
P1	0,05	0,05	0,06	0,07	NO	NO

## IRREGULARIDADES EN PLANTA - (Ver tabla A.3-6 - NSR-10)

PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Irregularidad Torsional (1aP)		x	0,9
Irregularidad Torsional Extrema (1bP)		x	0,8
Retrocesos excesivos en las Esquinas (2P)	x		0,9
Discontinuidades en el Diafragma (3P)		x	0,9
Desplazamiento del Plano de Acción (4P)		x	0,8
Sistemas no Paralelos (5P)		x	0,9

 $\phi_p = 0,9$ 

## IRREGULARIDADES EN ALTURA - (Ver tabla A.3-7 - NSR-10)

PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Piso Flexible (Irregularidad en Rigidez) (1aA)		x	0,9
Piso Flexible (Irregularidad extrema en Rigidez) (1bA)		x	0,8
Distribución de Masas (2A)		x	0,9
Geométrica (3A)		x	0,9
Desplazamiento del Plano de Acción (4A)		x	0,8
Piso Débil (Discontinuidad en la resistencia) (5aA)		x	0,9
Piso Débil (Discontinuidad extrema en la resistencia) (5bA)		x	0,8

 $\phi_a = 1,0$ 

## AUSENCIA DE REDUNDANCIA - (Ver A.3.3.8 - NSR-10)

PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Ausencia de redundancia en el sistema sismo-resistente		x	0,75

 $\phi_r = 1,0$

Factores - Resultado Fx = 1,14  
 Análisis Sísmico Fy = 1,19

**Combinaciones de Carga:**

**1.0. CHEQUEO DE LA DERIVA**

1	1,40 C.M.		
2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	
3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,14 S.X.
4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 1,14 S.X.
5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,19 S.Y.
6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 1,19 S.Y.
7	0,90 C.M.		+ 1,14 S.X.
8	0,90 C.M.		- 1,14 S.X.
9	0,90 C.M.		+ 1,19 S.Y.
10	0,90 C.M.		- 1,19 S.Y.

C.M. = Carga Muerta  
 C.V. = Carga Viva  
 Lr = Carga Viva Cubierta  
 S.X. = Fuerzas Sísmicas Elásticas en X  
 S.Y. = Fuerzas Sísmicas Elásticas en Y  
 R<sub>o</sub> = 4,00 Muros de concreto - (DMO)  
 Ω<sub>o</sub> = 2,50  
 ϕ<sub>a</sub> = 1,00  
 ϕ<sub>p</sub> = 0,90  
 ϕ<sub>r</sub> = 1,00

**2.0. DISEÑO DE COLUMNAS Y VIGAS (FLEXIÓN)**

D1	1,40 C.M.				
D2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	+ 0,50 Lr.		
D3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,60 Lr.		
D4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,32 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,32 S.X.	- 0,10 S.Y.
D6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,32 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D7	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,32 S.X.	- 0,10 S.Y.
D8	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,10 S.X.	+ 0,33 S.Y.
D9	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,10 S.X.	+ 0,33 S.Y.
D10	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,10 S.X.	- 0,33 S.Y.
D11	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,10 S.X.	- 0,33 S.Y.
D12	0,90 C.M.			+ 0,32 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D13	0,90 C.M.			+ 0,32 S.X.	- 0,10 S.Y.
D14	0,90 C.M.			- 0,32 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D15	0,90 C.M.			- 0,32 S.X.	- 0,10 S.Y.
D16	0,90 C.M.			+ 0,10 S.X.	+ 0,33 S.Y.
D17	0,90 C.M.			- 0,10 S.X.	+ 0,33 S.Y.
D18	0,90 C.M.			+ 0,10 S.X.	- 0,33 S.Y.
D19	0,90 C.M.			- 0,10 S.X.	- 0,33 S.Y.

R<sub>x</sub> = 3,60  
 R<sub>y</sub> = 3,60  
 R<sub>c x</sub> = 3,60  
 R<sub>c y</sub> = 3,60

**4.0. CARGAS A CIMENTACION**

C1	1,00 C.M.				
C2	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.			
C3	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		
C4	1,00 C.M.			0,22 S.X.	
C5	1,00 C.M.			- 0,22 S.X.	
C6	1,00 C.M.				+ 0,23 S.Y.
C7	1,00 C.M.				- 0,23 S.Y.
C8	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	0,17 S.X.	
C9	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	- 0,17 S.X.	
C10	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		+ 0,17 S.Y.
C11	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		- 0,17 S.Y.
C12	0,60 C.M.			0,22 S.X.	
C13	0,60 C.M.			- 0,22 S.X.	
C14	0,60 C.M.				+ 0,23 S.Y.
C15	0,60 C.M.				- 0,23 S.Y.

**5.0. CARGAS A CIMENTACION PARA CHEQUEO DE ESFUERZO AXIALES MAXIMOS**

C16	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	0,22 S.X.	
C17	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	- 0,22 S.X.	
C18	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.		+ 0,23 S.Y.
C19	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.		- 0,23 S.Y.

**6.0 DISEÑO DE MUROS**

M1	1,40 C.M.				
M2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	+ 0,50 Lr.		
M3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,32 S.X.	
M4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,32 S.X.	
M5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.			+ 0,33 S.Y.
M6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.			- 0,33 S.Y.
M7	0,90 C.M.			+ 0,32 S.X.	
M8	0,90 C.M.			- 0,32 S.X.	
M9	0,90 C.M.				+ 0,33 S.Y.
M10	0,90 C.M.				- 0,33 S.Y.

### e) Derivas – Muros

#### DERIVA MUROS

$$\Delta a = \sqrt{(\delta x_1 - \delta x_2)^2 + (\delta y_1 - \delta y_2)^2}$$

$\Delta\alpha$  = Deriva del análisis.

$\Delta\rho$  = Deriva permitida.  
(0.01 h)

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

**2**  
**3**

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0052	0,0000	0,520	0,09	2,50	OK	0,04
P5	2,50	0,0043	0,0000	0,430	0,11	2,50	OK	0,04
P4	2,50	0,0032	0,0000	0,320	0,10	2,50	OK	0,04
P3	2,50	0,0022	0,0000	0,220	0,10	2,50	OK	0,04
P2	2,50	0,0012	0,0000	0,120	0,08	2,50	OK	0,03
P1	2,50	0,0004	0,0000	0,040	0,04	2,50	OK	0,02

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

**2**  
**5**

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0003	0,0081	0,811	0,17	2,50	OK	0,07
P5	2,50	0,0003	0,0064	0,641	0,17	2,50	OK	0,07
P4	2,50	0,0002	0,0047	0,470	0,17	2,50	OK	0,07
P3	2,50	0,0001	0,0030	0,300	0,14	2,50	OK	0,06
P2	2,50	0,0001	0,0016	0,160	0,11	2,50	OK	0,04
P1	2,50	0,0000	0,0005	0,050	0,05	2,50	OK	0,02

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

**24**  
**3**

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0052	0,0000	0,520	0,09	2,50	OK	0,04
P5	2,50	0,0043	0,0000	0,430	0,11	2,50	OK	0,04
P4	2,50	0,0032	0,0000	0,320	0,10	2,50	OK	0,04
P3	2,50	0,0022	0,0000	0,220	0,10	2,50	OK	0,04
P2	2,50	0,0012	0,0000	0,120	0,08	2,50	OK	0,03
P1	2,50	0,0004	0,0000	0,040	0,04	2,50	OK	0,02

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

**24**  
**5**

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0003	0,0084	0,841	0,17	2,50	OK	0,07
P5	2,50	0,0003	0,0067	0,671	0,18	2,50	OK	0,07
P4	2,50	0,0002	0,0049	0,490	0,17	2,50	OK	0,07
P3	2,50	0,0001	0,0032	0,320	0,15	2,50	OK	0,06
P2	2,50	0,0001	0,0017	0,170	0,12	2,50	OK	0,05
P1	2,50	0,0000	0,0005	0,050	0,05	2,50	OK	0,02

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.  
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD =  $\Delta\alpha/\Delta\rho$

$$\Delta a = \sqrt{(\delta x_1 - \delta x_2)^2 + (\delta y_1 - \delta y_2)^2}$$

$\Delta\alpha$  = Deriva del análisis.

$\Delta\rho$  = Deriva permitida.  
(0.01 h)

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

51  
3

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0052	0,0000	0,520	0,09	2,50	OK	0,04
P5	2,50	0,0043	0,0000	0,430	0,11	2,50	OK	0,04
P4	2,50	0,0032	0,0000	0,320	0,10	2,50	OK	0,04
P3	2,50	0,0022	0,0000	0,220	0,10	2,50	OK	0,04
P2	2,50	0,0012	0,0000	0,120	0,08	2,50	OK	0,03
P1	2,50	0,0004	0,0000	0,040	0,04	2,50	OK	0,02

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

51  
5

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0003	0,0081	0,811	0,17	2,50	OK	0,07
P5	2,50	0,0003	0,0064	0,641	0,17	2,50	OK	0,07
P4	2,50	0,0002	0,0047	0,470	0,17	2,50	OK	0,07
P3	2,50	0,0001	0,0030	0,300	0,14	2,50	OK	0,06
P2	2,50	0,0001	0,0016	0,160	0,11	2,50	OK	0,04
P1	2,50	0,0000	0,0005	0,050	0,05	2,50	OK	0,02

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

63  
3

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0052	0,0000	0,520	0,09	2,50	OK	0,04
P5	2,50	0,0043	0,0000	0,430	0,11	2,50	OK	0,04
P4	2,50	0,0032	0,0000	0,320	0,10	2,50	OK	0,04
P3	2,50	0,0022	0,0000	0,220	0,10	2,50	OK	0,04
P2	2,50	0,0012	0,0000	0,120	0,08	2,50	OK	0,03
P1	2,50	0,0004	0,0000	0,040	0,04	2,50	OK	0,02

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

63  
5

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0003	0,0084	0,841	0,17	2,50	OK	0,07
P5	2,50	0,0003	0,0067	0,671	0,18	2,50	OK	0,07
P4	2,50	0,0002	0,0049	0,490	0,17	2,50	OK	0,07
P3	2,50	0,0001	0,0032	0,320	0,15	2,50	OK	0,06
P2	2,50	0,0001	0,0017	0,170	0,12	2,50	OK	0,05
P1	2,50	0,0000	0,0005	0,050	0,05	2,50	OK	0,02

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.  
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD =  $\Delta\alpha/\Delta\rho$

Max en X 0,04  
Max en Y 0,07

Max en x= 0,04 Max en y= 0,07	2	24	Max en x= 0,04 Max en y= 0,07
	51	63	
Max en x= 0,04 Max en y= 0,07			Max en x= 0,04 Max en y= 0,07

## Modelo 8. Concreto liviano – 6 pisos – Piedemonte B

### a) Análisis sísmico

**Modelo 8: Concreto Liviano - 6 Pisos - Piedemonte B**

El método de análisis del sistema de resistencia sísmica a utilizar es: Método de análisis dinámico elástico.

El Espectro Elástico de Diseño a utilizar (según la microzonificación sísmica de Bogotá D.C.) debe ser construido con los siguientes parámetros:

ZONA : **PIEDEMONTA B**                      Grupo de Uso : **I** → **I** = **1,00**

Aa = 0,15

Av = 0,20

Zona	F <sub>a</sub> (475)	F <sub>v</sub> (475)	T <sub>C</sub> (s)	T <sub>L</sub> (s)	A <sub>0</sub> (475) (g)
PIEDEMONTA B	1.95	1.70	0.56	3.0	0.26

Zona de Amenaza Sísmica : **Intermedia**

Sistema Estructural: **Muros de concreto - (DMO)**

	Area (m <sup>2</sup> )	Alt. Piso (m)	Elevación (h) h(m)	W (t)	W / A t/m <sup>2</sup>	Masa (kg-s <sup>2</sup> /m)
P6	238	2,50	15,00	141,5	0,60	14424
P5	238	2,50	12,50	177,1	0,74	18056
P4	238	2,50	10,00	177,1	0,74	18056
P3	238	2,50	7,50	177,1	0,74	18056
P2	238	2,50	5,00	177,1	0,74	18056
P1	238	2,50	2,50	177,1	0,74	18056

Σ 1027,1 t

Σ 10271,4 kN

**Análisis Sísmico por Fuerza Horizontal Equivalente:** Para ajustar el valor del Cortante Dinámico en la base ( según A.5.4.5 -- NSR - 10)

Periodo fundamental aproximado (según A.4.2.2 -- NSR - 10)

$$C_u = 1,34 \quad C_u = 1,75 - 1,2A_v F_v$$

$$C_t = 0,049 \text{ Muros de concreto - (DMO)}$$

$$a = 0,75$$

$$T_a = C_t h^a = 0,37 \text{ seg}$$

$$C_u \cdot T_a = 0,50 \text{ seg}$$

$$T_x = 0,17 \text{ seg (obtenido del análisis dinámico elástico de la estructura)}$$

$$T_y = 0,21 \text{ seg (obtenido del análisis dinámico elástico de la estructura)}$$

$$T_x = 0,17 \text{ seg (definitivo)}$$

$$T_y = 0,21 \text{ seg (definitivo)}$$

$$S_a = 2,5 A_a F_a \quad S_a = \frac{1,2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot I}{T} \quad S_a = \frac{1,2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot T_L \cdot I}{T^2}$$

$$S_{ax} = 0,73 \text{ (Definitivo)}$$

$$S_{ay} = 0,73 \text{ (Definitivo)}$$

$$S_a = 0,73$$

$$S_{ax} = 2,38$$

$$S_{ax} = 41,51$$

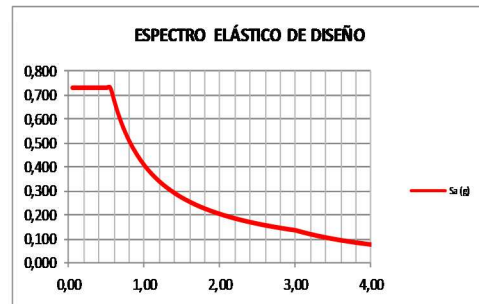
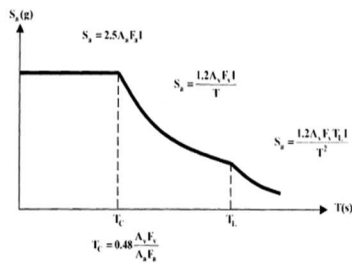
$$V_{sx} = 751,1 \text{ t} = 7511,0 \text{ kN}$$

$$S_{ay} = 1,97$$

$$S_{ay} = 28,45$$

$$V_{sy} = 751,1 \text{ t} = 7511,0 \text{ kN}$$

3.2. Curva de diseño para un coeficiente de amortiguamiento de 5% del crítico



Cortantes Dinámicos en la Base. ( Vtj ) :

$$V_{tx} = 591,9 \text{ t} = 5918,9 \text{ kN}$$

$$V_{ty} = 569,4 \text{ t} = 5693,6 \text{ kN}$$

Regularidad de la Estructura: **2** ( 1: Regular, 2: Irregular)

**Según A.5.4.5 -- NSR - 10**

- Si la estructura es regular, el cortante dinámico en la base **No puede ser menor que el 80 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente ( Vs )**

- Si la estructura es irregular, el cortante dinámico en la base **No puede ser menor que el 90 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente ( Vs )**

**Factores de Ajuste :**

$$F_x = 676,0 / 591,9 = 1,14$$

$$F_y = 676,0 / 569,4 = 1,19$$

$$F_x = 1,14 \text{ (Definitivo)}$$

$$F_y = 1,19 \text{ (Definitivo)}$$

## b) Cortantes

Concreto Liviano - 6 Pisos - Piedemonte B  
ANALISIS SISMICO

### MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE NUMBER	Period	TRASLATION			< % SUM>			ROTATION			< % SUM>		
		% MASS UX	% MASS UY	% MASS UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	% MASS RX	% MASS RY	% MASS RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
1	0,29	0,00	0,04	0,00	0,00	0,04	0,00	0,1	0,0	68,6	0,1	0,0	68,6
2	0,21	0,00	69,51	0,00	0,00	69,55	0,00	98,1	0,0	0,0	98,2	0,0	68,7
3	0,17	73,08	0,00	0,00	73,08	69,55	0,00	0,0	99,2	0,0	98,2	99,2	68,7
4	0,06	0,00	0,00	0,00	73,08	69,55	0,00	0,0	0,0	20,9	98,2	99,2	89,6
5	0,05	0,11	20,60	0,00	73,20	90,15	0,00	1,6	0,0	0,0	99,8	99,2	89,6
6	0,05	18,86	0,13	0,00	92,06	90,28	0,00	0,0	0,7	0,0	99,8	99,9	89,6
7	0,03	0,00	0,00	0,00	92,06	90,28	0,00	0,0	0,0	6,3	99,8	99,9	95,9
8	0,02	4,89	0,00	0,00	96,95	90,28	0,00	0,0	0,1	0,0	99,8	100,0	95,9
9	0,02	0,00	5,99	0,00	96,95	96,27	0,00	0,2	0,0	0,0	100,0	100,0	95,9
10	0,02	0,00	0,00	0,00	96,95	96,27	0,00	0,0	0,0	2,7	100,0	100,0	98,6
11	0,02	2,02	0,00	0,00	98,97	96,27	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	98,6
12	0,01	0,00	2,44	0,00	98,97	98,71	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	98,6

Concreto Liviano - 6 Pisos - Piedemonte B  
ANALISIS SISMICO

### DYNAMIC RESPONSE SPECTRUM BASE SHEARS REACTIONS

Spec	Mode	Dir	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SPX	1	U1	0,1	-4,7	0	53	1	46
SPX	2	U1	0,8	-667,6	0	7544	10	-5218
SPX	3	U1	570659,4	765,6	0	-8173	6321465	-4622180
SPX	4	U1	0,0	-0,1	0	1	0	2
SPX	5	U1	886,0	11938,6	0	-31321	1581	85908
SPX	6	U1	147260,0	-12031,7	0	31916	269108	-1288016
SPX	7	U1	0,0	0,4	0	-1	0	-15
SPX	8	U1	38170,2	274,7	0	-479	58034	-307402
SPX	9	U1	2,0	-304,8	0	508	3	-2394
SPX	10	U1	0,9	1,3	0	-2	0	-41
SPX	11	U1	15792,8	71,2	0	-87	12743	-127455
SPX	12	U1	0,3	-69,2	0	76	0	-541
SPX	All	All	591888,1	1285,5	0	10136	6328721	4795812
SPY	1	U2	-4,7	301,6	0	-3439	-52	-2991
SPY	2	U2	-667,6	542728,5	0	-6133197	-7746	4242415
SPY	3	U2	765,6	1,0	0	-11	8481	-6201
SPY	4	U2	-0,1	33,3	0	-129	-2	-561
SPY	5	U2	11938,6	160872,2	0	-422049	21301	1157607
SPY	6	U2	-12031,7	983,0	0	-2608	-21987	105236
SPY	7	U2	0,4	5,3	0	-9	0	-196
SPY	8	U2	274,7	2,0	0	-3	418	-2212
SPY	9	U2	-304,8	46742,1	0	-77883	-443	367174
SPY	10	U2	1,3	1,8	0	-2	1	-58
SPY	11	U2	71,2	0,3	0	0	57	-574
SPY	12	U2	-69,2	19082,0	0	-20911	-55	149306
SPY	All	All	1285,5	569358,3	0	6149985	10318	4448154

/-----D1-----/      /-----D2-----/  
 DIRECTION-X              DIRECTION-Y  
 CQC      591888,1      1285,5      1285,5      569358,3  
 Vtx=      591,9 t      =      5918,9 kN  
 Vty=      569,4 t      =      5693,6 kN

Concreto Liviano - 6 Pisos - Piedemonte B  
ANALISIS SISMICO

### RESPONSE SPECTRUM ACCELERATIONS & TOTAL MODAL DAMPING

Spec	Mode	Period	DampRatio	SpecFactor	SPEC-ACC U1	SPEC-ACC U2	SPEC-ACC U3	Sa
SPX	1	0,293	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	2	0,207	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	3	0,172	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	4	0,060	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	5	0,045	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	6	0,045	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	7	0,026	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	8	0,022	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	9	0,021	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	10	0,016	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	11	0,015	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	12	0,013	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPY	1	0,293	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	2	0,207	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	3	0,172	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	4	0,060	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	5	0,045	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	6	0,045	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	7	0,026	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	8	0,022	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	9	0,021	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	10	0,016	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	11	0,015	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	12	0,013	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731





Columna Eje Vertical:

	2      24		$1.2*(\Delta 1 + \Delta 2)$	$1.4*(\Delta 1 + \Delta 2)$	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	$\Delta 1$ (cm)	$\Delta 2$ (cm)				
			2	2		
P6	0,27	0,29	0,34	0,39	NO	NO
P5	0,28	0,29	0,34	0,40	NO	NO
P4	0,27	0,28	0,33	0,39	NO	NO
P3	0,23	0,24	0,28	0,33	NO	NO
P2	0,18	0,19	0,22	0,26	NO	NO
P1	0,08	0,08	0,10	0,11	NO	NO

	51      63		$1.2*(\Delta 1 + \Delta 2)$	$1.4*(\Delta 1 + \Delta 2)$	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	$\Delta 1$ (cm)	$\Delta 2$ (cm)				
			2	2		
P6	0,27	0,29	0,34	0,39	NO	NO
P5	0,28	0,29	0,34	0,40	NO	NO
P4	0,27	0,28	0,33	0,39	NO	NO
P3	0,23	0,24	0,28	0,33	NO	NO
P2	0,18	0,19	0,22	0,26	NO	NO
P1	0,08	0,08	0,10	0,11	NO	NO

## IRREGULARIDADES EN PLANTA - (Ver tabla A.3-6 - NSR-10)

PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Irregularidad Torsional (1aP)		x	0,9
Irregularidad Torsional Extrema (1bP)		x	0,8
Retrosesos excesivos en las Esquinas (2P)	x		0,9
Discontinuidades en el Diafragma (3P)		x	0,9
Desplazamiento del Plano de Acción (4P)		x	0,8
Sistemas no Paralelos (5P)		x	0,9

 $\phi_p = 0,9$ 

## IRREGULARIDADES EN ALTURA - (Ver tabla A.3-7 - NSR-10)

PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Piso Flexible (Irregularidad en Rigidez) (1aA)		x	0,9
Piso Flexible (Irregularidad extrema en Rigidez) (1bA)		x	0,8
Distribución de Masas (2A)		x	0,9
Geométrica (3A)		x	0,9
Desplazamiento del Plano de Acción (4A)		x	0,8
Piso Débil (Discontinuidad en la resistencia) (5aA)		x	0,9
Piso Débil (Discontinuidad extrema en la resistencia) (5bA)		x	0,8

 $\phi_a = 1,0$ 

## AUSENCIA DE REDUNDANCIA - (Ver A.3.3.8 - NSR-10)

PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Ausencia de redundancia en el sistema sismo-resistente		x	0,75

 $\phi_r = 1,0$

Factores - Resultado  $F_x = 1,14$   
 Análisis Sísmico  $F_y = 1,19$

**Combinaciones de Carga:**

**1.0. CHEQUEO DE LA DERIVA**

1	1,40 C.M.		
2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	
3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,14 S.X.
4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 1,14 S.X.
5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,19 S.Y.
6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 1,19 S.Y.
7	0,90 C.M.		+ 1,14 S.X.
8	0,90 C.M.		- 1,14 S.X.
9	0,90 C.M.		+ 1,19 S.Y.
10	0,90 C.M.		- 1,19 S.Y.

C.M. = Carga Muerta  
 C.V. = Carga Viva  
 Lr = Carga Viva Cubierta  
 S.X. = Fuerzas Sísmicas Elásticas en X  
 S.Y. = Fuerzas Sísmicas Elásticas en Y  
 $R_o = 4,00$  Muros de concreto - (DMO)  
 $\Omega_0 = 2,50$   
 $\phi_a = 1,00$   
 $\phi_p = 0,90$   
 $\phi_r = 1,00$

**2.0. DISEÑO DE COLUMNAS Y VIGAS (FLEXIÓN)**

D1	1,40 C.M.				
D2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	+ 0,50 Lr.		
D3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,60 Lr.		
D4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,32 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,32 S.X.	- 0,10 S.Y.
D6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,32 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D7	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,32 S.X.	- 0,10 S.Y.
D8	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,10 S.X.	+ 0,33 S.Y.
D9	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,10 S.X.	+ 0,33 S.Y.
D10	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,10 S.X.	- 0,33 S.Y.
D11	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,10 S.X.	- 0,33 S.Y.
D12	0,90 C.M.			+ 0,32 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D13	0,90 C.M.			+ 0,32 S.X.	- 0,10 S.Y.
D14	0,90 C.M.			- 0,32 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D15	0,90 C.M.			- 0,32 S.X.	- 0,10 S.Y.
D16	0,90 C.M.			+ 0,10 S.X.	+ 0,33 S.Y.
D17	0,90 C.M.			- 0,10 S.X.	+ 0,33 S.Y.
D18	0,90 C.M.			+ 0,10 S.X.	- 0,33 S.Y.
D19	0,90 C.M.			- 0,10 S.X.	- 0,33 S.Y.

$R_x = 3,60$   
 $R_y = 3,60$   
 $R_{cx} = 3,60$   
 $R_{cy} = 3,60$

**4.0. CARGAS A CIMENTACION**

C1	1,00 C.M.				
C2	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.			
C3	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		
C4	1,00 C.M.			0,22 S.X.	
C5	1,00 C.M.			- 0,22 S.X.	
C6	1,00 C.M.				+ 0,23 S.Y.
C7	1,00 C.M.				- 0,23 S.Y.
C8	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	0,17 S.X.	
C9	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	- 0,17 S.X.	
C10	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		+ 0,17 S.Y.
C11	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		- 0,17 S.Y.
C12	0,60 C.M.			0,22 S.X.	
C13	0,60 C.M.			- 0,22 S.X.	
C14	0,60 C.M.				+ 0,23 S.Y.
C15	0,60 C.M.				- 0,23 S.Y.

**5.0. CARGAS A CIMENTACION PARA CHEQUEO DE ESFUERZO AXIALES MAXIMOS**

C16	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	0,22 S.X.	
C17	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	- 0,22 S.X.	
C18	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.		+ 0,23 S.Y.
C19	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.		- 0,23 S.Y.

**6.0 DISEÑO DE MUROS**

M1	1,40 C.M.				
M2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	+ 0,50 Lr.		
M3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,32 S.X.	
M4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,32 S.X.	
M5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.			+ 0,33 S.Y.
M6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.			- 0,33 S.Y.
M7	0,90 C.M.			+ 0,32 S.X.	
M8	0,90 C.M.			- 0,32 S.X.	
M9	0,90 C.M.				+ 0,33 S.Y.
M10	0,90 C.M.				- 0,33 S.Y.

### e) Derivas – Muros

#### DERIVA MUROS

$$\Delta a = \sqrt{(\delta x_1 - \delta x_2)^2 + (\delta y_1 - \delta y_2)^2}$$

$\Delta\alpha$  = Deriva del análisis.

$\Delta\rho$  = Deriva permitida.  
(0.01 h)

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

**2**  
**3**

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0085	0,0000	0,850	0,15	2,50	OK	0,06
P5	2,50	0,0070	0,0000	0,700	0,17	2,50	OK	0,07
P4	2,50	0,0053	0,0000	0,530	0,17	2,50	OK	0,07
P3	2,50	0,0036	0,0000	0,360	0,16	2,50	OK	0,06
P2	2,50	0,0020	0,0000	0,200	0,13	2,50	OK	0,05
P1	2,50	0,0007	0,0000	0,070	0,07	2,50	OK	0,03

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

**2**  
**5**

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0006	0,0131	1,311	0,27	2,50	OK	0,11
P5	2,50	0,0005	0,0104	1,041	0,28	2,50	OK	0,11
P4	2,50	0,0004	0,0076	0,761	0,27	2,50	OK	0,11
P3	2,50	0,0002	0,0049	0,490	0,23	2,50	OK	0,09
P2	2,50	0,0001	0,0026	0,260	0,18	2,50	OK	0,07
P1	2,50	0,0000	0,0008	0,080	0,08	2,50	OK	0,03

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

**24**  
**3**

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0085	0,0000	0,850	0,15	2,50	OK	0,06
P5	2,50	0,0070	0,0000	0,700	0,17	2,50	OK	0,07
P4	2,50	0,0053	0,0000	0,530	0,17	2,50	OK	0,07
P3	2,50	0,0036	0,0000	0,360	0,16	2,50	OK	0,06
P2	2,50	0,0020	0,0000	0,200	0,13	2,50	OK	0,05
P1	2,50	0,0007	0,0000	0,070	0,07	2,50	OK	0,03

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

**24**  
**5**

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0006	0,0137	1,371	0,29	2,50	OK	0,12
P5	2,50	0,0005	0,0108	1,081	0,29	2,50	OK	0,12
P4	2,50	0,0004	0,0079	0,791	0,28	2,50	OK	0,11
P3	2,50	0,0002	0,0051	0,510	0,24	2,50	OK	0,10
P2	2,50	0,0001	0,0027	0,270	0,19	2,50	OK	0,08
P1	2,50	0,0000	0,0008	0,080	0,08	2,50	OK	0,03

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.  
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD =  $\Delta\alpha/\Delta\rho$

$$\Delta a = \sqrt{(\delta x_1 - \delta x_2)^2 + (\delta y_1 - \delta y_2)^2}$$

$\Delta\alpha$  = Deriva del análisis.

$\Delta\rho$  = Deriva permitida.  
(0.01 h)

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

51  
3

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0086	0,0000	0,860	0,16	2,50	OK	0,06
P5	2,50	0,0070	0,0000	0,700	0,17	2,50	OK	0,07
P4	2,50	0,0053	0,0000	0,530	0,17	2,50	OK	0,07
P3	2,50	0,0036	0,0000	0,360	0,16	2,50	OK	0,06
P2	2,50	0,0020	0,0000	0,200	0,13	2,50	OK	0,05
P1	2,50	0,0007	0,0000	0,070	0,07	2,50	OK	0,03

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

51  
5

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0006	0,0131	1,311	0,27	2,50	OK	0,11
P5	2,50	0,0005	0,0104	1,041	0,28	2,50	OK	0,11
P4	2,50	0,0004	0,0076	0,761	0,27	2,50	OK	0,11
P3	2,50	0,0002	0,0049	0,490	0,23	2,50	OK	0,09
P2	2,50	0,0001	0,0026	0,260	0,18	2,50	OK	0,07
P1	2,50	0,0000	0,0008	0,080	0,08	2,50	OK	0,03

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

63  
3

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0086	0,0000	0,860	0,16	2,50	OK	0,06
P5	2,50	0,0070	0,0000	0,700	0,17	2,50	OK	0,07
P4	2,50	0,0053	0,0000	0,530	0,17	2,50	OK	0,07
P3	2,50	0,0036	0,0000	0,360	0,16	2,50	OK	0,06
P2	2,50	0,0020	0,0000	0,200	0,13	2,50	OK	0,05
P1	2,50	0,0007	0,0000	0,070	0,07	2,50	OK	0,03

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

63  
5

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P6	2,50	0,0006	0,0137	1,371	0,29	2,50	OK	0,12
P5	2,50	0,0005	0,0108	1,081	0,29	2,50	OK	0,12
P4	2,50	0,0004	0,0079	0,791	0,28	2,50	OK	0,11
P3	2,50	0,0002	0,0051	0,510	0,24	2,50	OK	0,10
P2	2,50	0,0001	0,0027	0,270	0,19	2,50	OK	0,08
P1	2,50	0,0000	0,0008	0,080	0,08	2,50	OK	0,03

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.  
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD =  $\Delta\alpha/\Delta\rho$

Max en X 0,07  
Max en Y 0,12

Max en x= 0,07 Max en y= 0,11	2	24	Max en x= 0,07 Max en y= 0,12
	51	63	
Max en x= 0,07 Max en y= 0,11			Max en x= 0,07 Max en y= 0,12

## Modelo 9. Concreto convencional – 14 pisos – Lacustre 200

### a) Análisis sísmico

**Modelo 9: Concreto Liviano - 14 Pisos- Lacustre 200**

El método de análisis del sistema de resistencia sísmica a utilizar es: Método de análisis dinámico elástico.

El Espectro Elástico de Diseño a utilizar (según la microzonificación sísmica de Bogotá D.C.) debe ser construido con los siguientes parámetros:

ZONA : **LACUSTRE-200**

Grupo de Uso : **I** → **I** = **1,00**

Aa = 0,15

Av = 0,20

Zona	F <sub>a</sub> (475)	F <sub>v</sub> (475)	T <sub>c</sub> (s)	T <sub>L</sub> (s)	A <sub>0</sub> (475) (g)
LACUSTRE-200	1.20	3.50	1.87	4.0	0.18

Zona de Amenaza Sísmica : **Intermedia**

Sistema Estructural: **Muros de concreto - (DMO)**

	Area (m <sup>2</sup> )	Alt. Piso (m)	Elevación (h) h(m)	W (t)	W / A t/m <sup>2</sup>	Masa (kg-s <sup>2</sup> /m)
P14	238	2,50	35,00	146,5	0,62	14938
P13	238	2,50	32,50	187,2	0,79	19085
P12	238	2,50	30,00	187,2	0,79	19085
P11	238	2,50	27,50	187,2	0,79	19085
P10	238	2,50	25,00	187,2	0,79	19085
P9	238	2,50	22,50	187,2	0,79	19085
P8	238	2,50	20,00	187,2	0,79	19085
P7	238	2,50	17,50	187,2	0,79	19085
P6	238	2,50	15,00	187,2	0,79	19085
P5	238	2,50	12,50	187,2	0,79	19085
P4	238	2,50	10,00	187,2	0,79	19085
P3	238	2,50	7,50	187,2	0,79	19085
P2	238	2,50	5,00	187,2	0,79	19085
P1	238	2,50	2,50	187,2	0,79	19085

∑ 2580,5

∑ 25804,8 kN

**Análisis Sísmico por Fuerza Horizontal Equivalente:** Para ajustar el valor del Cortante Dinámico en la base ( según A.5.4.5 -- NSR - 10)

Periodo fundamental aproximado (según A.4.2.2 -- NSR - 10)

$$C_u = 1,2 \quad C_u = 1.75 - 1.2A_v F_v$$

$$C_t = 0,049 \text{ Muros de concreto - (DMO)}$$

$$a = 0,75$$

$$T_a = C_t h^a = 0,71 \text{ seg}$$

$$C_u * T_a = 0,85 \text{ seg}$$

$$T_x = 0,64 \text{ seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)}$$

$$T_y = 0,89 \text{ seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)}$$

$$T_x = 0,64 \text{ seg ( definitivo )}$$

$$T_y = 0,85 \text{ seg ( definitivo )}$$

$$S_a = 2.5 A_a F_a I \quad S_a = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot I}{T} \quad S_a = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot T_L \cdot I}{T^2} \quad S_{ax} = 0,45 \text{ (Definitivo)}$$

$$S_{ay} = 0,45 \text{ (Definitivo)}$$

$$S_a = 0,45$$

$$S_{ax} = 1,31$$

$$S_{ax} = 8,23$$

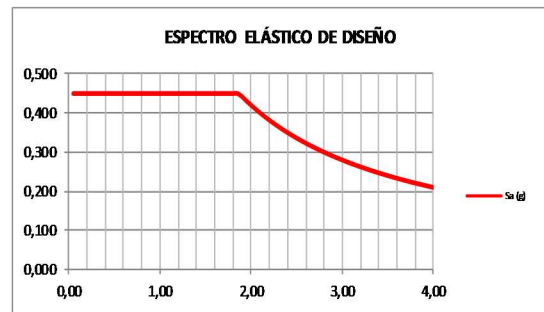
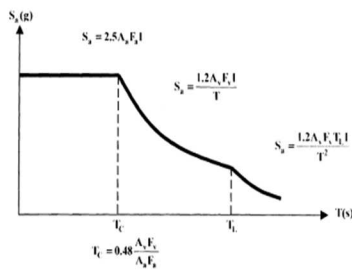
$$V_{sx} = 1161,2 \text{ t} = 11612,1 \text{ kN}$$

$$S_{ay} = 0,99$$

$$S_{ay} = 4,69$$

$$V_{sy} = 1161,2 \text{ t} = 11612,1 \text{ kN}$$

3.2. Curva de diseño para un coeficiente de amortiguamiento de 5% del crítico



Cortantes Dinámicos en la Base. ( Vtj ) :

$$V_{tx} = 845,0 \text{ t} = 8450,2 \text{ kN}$$

$$V_{ty} = 819,3 \text{ t} = 8193,0 \text{ kN}$$

Regularidad de la Estructura: **2** ( 1: Regular, 2: Irregular)

Según A.5.4.5 -- NSR - 10

- Si la estructura es regular, el cortante dinámico en la base **No puede ser menor que el 80 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente ( Vs )**

- Si la estructura es irregular, el cortante dinámico en la base **No puede ser menor que el 90 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente ( Vs )**

**Factores de Ajuste :**

$$F_x = 1045,1 / 845,0 = 1,24$$

$$F_y = 1045,1 / 819,3 = 1,28$$

$$F_x = 1,24 \text{ ( Definitivo )}$$

$$F_y = 1,28 \text{ ( Definitivo )}$$

## b) Cortantes

Concreto Liviano - 14 Pisos- Lacustre 200													
ANALISIS SISMICO													
MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS													
MODE NUMBER	Period	TRASLACION						ROTACION					
		% MASS UX	% MASS UY	% MASS UZ	< % SUM> SumUX	< % SUM> SumUY	< % SUM> SumUZ	% MASS RX	% MASS RY	% MASS RZ	< % SUM> SumRX	< % SUM> SumRY	< % SUM> SumRZ
1	1,26	0,00	0,10	0,00	0,00	0,10	0,00	0,2	0,0	64,0	0,2	0,0	64,0
2	0,89	0,00	64,44	0,00	0,00	64,54	0,00	97,3	0,0	0,1	97,5	0,0	64,1
3	0,64	66,55	0,00	0,00	66,55	64,54	0,00	0,0	98,2	0,0	97,5	98,2	64,1
4	0,23	0,00	0,01	0,00	66,55	64,55	0,00	0,0	0,0	20,0	97,5	98,2	84,1
5	0,17	0,00	20,05	0,00	66,55	84,60	0,00	2,2	0,0	0,0	99,7	98,2	84,1
6	0,14	20,81	0,00	0,00	87,36	84,60	0,00	0,0	1,6	0,0	99,7	99,8	84,1
7	0,09	0,00	0,00	0,00	87,36	84,61	0,00	0,0	0,0	6,6	99,7	99,8	90,7
8	0,07	0,00	6,51	0,00	87,36	91,12	0,00	0,3	0,0	0,0	99,9	99,8	90,7
9	0,06	5,80	0,00	0,00	93,16	91,12	0,00	0,0	0,1	0,0	99,9	100,0	90,7
10	0,05	0,00	0,00	0,00	93,16	91,12	0,00	0,0	0,0	3,4	99,9	100,0	94,1
11	0,04	2,71	0,00	0,00	95,87	91,12	0,00	0,0	0,0	0,0	99,9	100,0	94,1
12	0,04	0,00	3,31	0,00	95,87	94,42	0,00	0,1	0,0	0,0	100,0	100,0	94,1
13	0,03	0,00	0,00	0,00	95,87	94,42	0,00	0,0	0,0	2,0	100,0	100,0	96,2
14	0,03	1,50	0,00	0,00	97,37	94,42	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	96,2
15	0,03	0,00	1,93	0,00	97,37	96,36	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	96,2
16	0,02	0,00	0,00	0,00	97,37	96,36	0,00	0,0	0,0	1,3	100,0	100,0	97,5
17	0,02	0,93	0,00	0,00	98,30	96,36	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	97,5
18	0,02	0,00	1,23	0,00	98,30	97,58	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	97,5
19	0,02	0,61	0,00	0,00	98,91	97,58	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	97,5
20	0,02	0,00	0,00	0,00	98,91	97,58	0,00	0,0	0,0	0,9	100,0	100,0	98,3
21	0,02	0,41	0,00	0,00	99,32	97,58	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	98,3
22	0,02	0,00	0,82	0,00	99,32	98,40	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	98,3
23	0,02	0,00	0,00	0,00	99,32	98,40	0,00	0,0	0,0	0,6	100,0	100,0	98,9
24	0,01	0,28	0,00	0,00	99,60	98,40	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	98,9
25	0,01	0,00	0,00	0,00	99,60	98,40	0,00	0,0	0,0	0,4	100,0	100,0	99,3
26	0,01	0,00	0,55	0,00	99,60	98,96	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	99,3
27	0,01	0,18	0,00	0,00	99,78	98,96	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	99,3
28	0,01	0,12	0,00	0,00	99,90	98,96	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	99,3

Concreto Liviano - 14 Pisos- Lacustre 200									
ANALISIS SISMICO									
DYNAMIC RESPONSE SPECTRUM BASE SHEARS REACTIONS									
Spec	Mode	Dir	F1	F2	F3	M1	M2	M3	
SPX	1	U1	0,1	-8,6	0	223	2	16	
SPX	2	U1	1,6	-1126,2	0	29079	42	-8810	
SPX	3	U1	801460,0	1201,4	0	-30234	20452724	-6490523	
SPX	4	U1	0,0	-2,4	0	21	0	16	
SPX	5	U1	0,1	-123,6	0	852	1	-965	
SPX	6	U1	250603,6	129,6	0	-309	1470697	-2031358	
SPX	7	U1	0,0	-0,7	0	3	0	12	
SPX	8	U1	0,4	183,8	0	-762	1	1430	
SPX	9	U1	69788,6	-222,5	0	1014	233623	-567761	
SPX	10	U1	0,0	-0,3	0	1	0	6	
SPX	11	U1	32670,9	558,6	0	-1535	65446	-260593	
SPX	12	U1	8,7	-587,1	0	1645	18	-4648	
SPX	13	U1	0,0	0,0	0	0	0	0	
SPX	14	U1	18090,1	118,6	0	-253	28563	-145787	
SPX	15	U1	0,8	-139,1	0	298	1	-1092	
SPX	16	U1	0,3	0,6	0	-1	0	-19	
SPX	17	U1	11199,0	61,4	0	-110	13426	-90312	
SPX	18	U1	0,6	-92,5	0	158	1	-726	
SPX	19	U1	7316,4	63,8	0	-105	7766	-58953	
SPX	20	U1	6,4	-2,1	0	3	7	47	
SPX	21	U1	4941,7	-5,6	0	8	4398	-40133	
SPX	22	U1	0,0	-8,4	0	12	0	-66	
SPX	23	U1	0,6	-0,5	0	1	1	10	
SPX	24	U1	3333,8	5,9	0	-10	2764	-27007	
SPX	25	U1	0,5	-0,4	0	0	0	16	
SPX	26	U1	1,3	-92,2	0	115	1	-729	
SPX	27	U1	2205,7	87,0	0	-110	1622	-17222	
SPX	28	U1	1393,0	2,6	0	-4	990	-11281	
SPX	All	All	845018,8	1617,1	0	40258	20511667	6844749	
SPY	1	U2	-8,6	1200,4	0	-31214	-213	-2310	
SPY	2	U2	-1126,2	776048,7	0	-20038349	-29253	6071271	
SPY	3	U2	1201,4	1,8	0	-45	30660	-9730	
SPY	4	U2	-2,4	134,1	0	-1177	-2	-917	
SPY	5	U2	-123,6	241497,8	0	-1664561	-1533	1885221	
SPY	6	U2	129,6	0,1	0	0	761	-1051	
SPY	7	U2	-0,7	22,5	0	-106	-4	-367	
SPY	8	U2	183,8	78393,7	0	-325197	478	610167	
SPY	9	U2	-222,5	0,7	0	3	-745	1810	
SPY	10	U2	-0,3	5,7	0	-20	-1	-110	
SPY	11	U2	558,6	9,6	0	-26	1119	-4456	
SPY	12	U2	-587,1	39817,0	0	-111568	-1237	315202	
SPY	13	U2	0,0	2,3	0	-5	0	-83	
SPY	14	U2	118,6	0,8	0	-2	187	-956	
SPY	15	U2	-139,1	23279,3	0	-49920	-230	182735	
SPY	16	U2	0,6	1,2	0	-2	1	-37	
SPY	17	U2	61,4	0,3	0	-1	74	-495	
SPY	18	U2	-92,5	14779,6	0	-25287	-112	115962	
SPY	19	U2	63,8	0,6	0	-1	68	-514	
SPY	20	U2	-2,1	0,7	0	-1	-2	-15	
SPY	21	U2	-5,6	0,0	0	0	-5	46	
SPY	22	U2	-8,4	9850,7	0	-14236	-12	76921	
SPY	23	U2	-0,5	0,4	0	-1	-1	-9	
SPY	24	U2	5,9	0,0	0	0	5	-48	
SPY	25	U2	-0,4	0,3	0	0	0	-12	
SPY	26	U2	-92,2	6683,1	0	-8354	-68	52842	
SPY	27	U2	87,0	3,4	0	-4	64	-679	
SPY	28	U2	2,6	0,0	0	0	2	-21	
SPY	All	All	1617,1	819303,0	0	20116909	40683	6406458	

/-----D1-----/	/-----D2-----/
DIRECTION-X	DIRECTION-Y
CQC 845018,8 1617,1	819303,0
Vtx= 845,0 t = 8450,2 kN	
Vty= 819,3 t = 8193,0 kN	



RESPONSE SPECTRUM ACCELERATIONS & TOTAL MODAL DAMPING

Spec	Mode	Period	DampRatio	SpecFactor	SPEC-ACC U1	SPEC-ACC U2	SPEC-ACC U3	Sa
SPX	1	1,263	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	2	0,892	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	3	0,639	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	4	0,228	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	5	0,171	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	6	0,142	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	7	0,090	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	8	0,069	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	9	0,065	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	10	0,050	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	11	0,041	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	12	0,040	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	13	0,033	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	14	0,030	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	15	0,027	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	16	0,024	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	17	0,023	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	18	0,020	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	19	0,019	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	20	0,019	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	21	0,016	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	22	0,016	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	23	0,015	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	24	0,014	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	25	0,013	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	26	0,013	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	27	0,013	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	28	0,012	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPY	1	1,263	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	2	0,892	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	3	0,639	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	4	0,228	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	5	0,171	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	6	0,142	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	7	0,090	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	8	0,069	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	9	0,065	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	10	0,050	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	11	0,041	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	12	0,040	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	13	0,033	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	14	0,030	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	15	0,027	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	16	0,024	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	17	0,023	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	18	0,020	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	19	0,019	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	20	0,019	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	21	0,016	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	22	0,016	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	23	0,015	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	24	0,014	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	25	0,013	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	26	0,013	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	27	0,013	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	28	0,012	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450

Concreto Liviano - 14 Pisos- Lacustre 200  
ANALISIS SISMICO

COORDINATES OF CENTERS OF CUMULATIVE MASS & CENTERS OF RIGIDITY

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NUMBER	MASS		/---CENTER OF MASS---/		/--CENTER OF RIGIDITY--/					
		MASSX	MASSY	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y
Story	Diaphragm	MassX	MassY	XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR
P14	D1	14938,5	14938,5	7,80	8,11	14938,5	14938,5	7,80	8,11	7,95	8,11
P13	D1	19085,2	19085,2	7,80	8,11	34023,6	34023,6	7,80	8,11	7,95	8,11
P12	D1	19085,2	19085,2	7,80	8,11	53108,8	53108,8	7,80	8,11	7,94	8,11
P11	D1	19085,2	19085,2	7,80	8,11	72194,0	72194,0	7,80	8,11	7,94	8,11
P10	D1	19085,2	19085,2	7,80	8,11	91279,1	91279,1	7,80	8,11	7,94	8,11
P9	D1	19085,2	19085,2	7,80	8,11	110364,3	110364,3	7,80	8,11	7,93	8,11
P8	D1	19085,2	19085,2	7,80	8,11	129449,4	129449,4	7,80	8,11	7,92	8,11
P7	D1	19085,2	19085,2	7,80	8,11	148534,6	148534,6	7,80	8,11	7,92	8,11
P6	D1	19085,2	19085,2	7,80	8,11	167619,7	167619,7	7,80	8,11	7,91	8,11
P5	D1	19085,2	19085,2	7,80	8,11	186704,9	186704,9	7,80	8,11	7,89	8,11
P4	D1	19085,2	19085,2	7,80	8,11	205790,1	205790,1	7,80	8,11	7,88	8,11
P3	D1	19085,2	19085,2	7,80	8,11	224875,2	224875,2	7,80	8,11	7,86	8,11
P2	D1	19085,2	19085,2	7,80	8,11	243960,4	243960,4	7,80	8,11	7,84	8,11
P1	D1	19085,2	19085,2	7,80	8,11	263045,5	263045,5	7,80	8,11	7,82	8,10

d) Irregularidades – Combinación

**REVISION DE LA IRREGULARIDAD TORSIONAL**

SISMO EN X Caso de Carga: 3 Δ = Deriva del análisis.

Columna Eje Vertical:

	2      51				Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	Δ1 (cm)	Δ2 (cm)	1.2*(Δ1+ Δ2) 2	1.4*(Δ1+ Δ2) 2		
P14	0,74	0,74	0,89	1,04	NO	NO
P13	0,76	0,76	0,91	1,06	NO	NO
P12	0,76	0,76	0,91	1,06	NO	NO
P11	0,77	0,77	0,92	1,08	NO	NO
P10	0,76	0,76	0,91	1,06	NO	NO
P9	0,74	0,74	0,89	1,04	NO	NO
P8	0,72	0,72	0,86	1,01	NO	NO
P7	0,68	0,68	0,82	0,95	NO	NO
P6	0,63	0,63	0,76	0,88	NO	NO
P5	0,56	0,56	0,67	0,78	NO	NO
P4	0,48	0,48	0,58	0,67	NO	NO
P3	0,40	0,40	0,48	0,56	NO	NO
P2	0,28	0,28	0,34	0,39	NO	NO
P1	0,14	0,14	0,17	0,20	NO	NO

	24      63				Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	Δ1 (cm)	Δ2 (cm)	1.2*(Δ1+ Δ2) 2	1.4*(Δ1+ Δ2) 2		
P14	0,74	0,74	0,89	1,04	NO	NO
P13	0,76	0,76	0,91	1,06	NO	NO
P12	0,76	0,76	0,91	1,06	NO	NO
P11	0,77	0,77	0,92	1,08	NO	NO
P10	0,76	0,76	0,91	1,06	NO	NO
P9	0,74	0,74	0,89	1,04	NO	NO
P8	0,72	0,72	0,86	1,01	NO	NO
P7	0,68	0,68	0,82	0,95	NO	NO
P6	0,63	0,63	0,76	0,88	NO	NO
P5	0,56	0,56	0,67	0,78	NO	NO
P4	0,48	0,48	0,58	0,67	NO	NO
P3	0,40	0,40	0,48	0,56	NO	NO
P2	0,28	0,28	0,34	0,39	NO	NO
P1	0,14	0,14	0,17	0,20	NO	NO

Columna Eje Vertical:

	24		1.2*(Δ1+ Δ2) 2	1.4*(Δ1+ Δ2) 2	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	Δ1 (cm)	Δ2 (cm)				
	P14	1,60	1,70	1,98		
P13	1,60	1,71	1,98	2,31	NO	NO
P12	1,60	1,71	1,98	2,31	NO	NO
P11	1,59	1,69	1,96	2,29	NO	NO
P10	1,56	1,67	1,93	2,26	NO	NO
P9	1,52	1,62	1,88	2,19	NO	NO
P8	1,44	1,55	1,79	2,09	NO	NO
P7	1,35	1,44	1,67	1,95	NO	NO
P6	1,23	1,33	1,53	1,79	NO	NO
P5	1,06	1,15	1,33	1,55	NO	NO
P4	0,90	0,96	1,12	1,31	NO	NO
P3	0,69	0,75	0,87	1,01	NO	NO
P2	0,45	0,50	0,57	0,67	NO	NO
P1	0,18	0,19	0,22	0,26	NO	NO

	63		1.2*(Δ1+ Δ2) 2	1.4*(Δ1+ Δ2) 2	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	Δ1 (cm)	Δ2 (cm)				
	P14	1,60	1,70	1,98		
P13	1,60	1,71	1,98	2,31	NO	NO
P12	1,60	1,71	1,98	2,31	NO	NO
P11	1,59	1,69	1,96	2,29	NO	NO
P10	1,56	1,67	1,93	2,26	NO	NO
P9	1,52	1,62	1,88	2,19	NO	NO
P8	1,44	1,55	1,79	2,09	NO	NO
P7	1,35	1,44	1,67	1,95	NO	NO
P6	1,22	1,32	1,53	1,78	NO	NO
P5	1,06	1,15	1,33	1,55	NO	NO
P4	0,90	0,96	1,12	1,31	NO	NO
P3	0,69	0,75	0,87	1,01	NO	NO
P2	0,45	0,50	0,57	0,67	NO	NO
P1	0,18	0,19	0,22	0,26	NO	NO

**IRREGULARIDADES EN PLANTA - (Ver tabla A.3-6 - NSR-10)**

PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Irregularidad Torsional (1aP)		x	0,9
Irregularidad Torsional Extrema (1bP)		x	0,8
Retrosesos excesivos en las Esquinas (2P)	x		0,9
Discontinuidades en el Diafragma (3P)		x	0,9
Desplazamiento del Plano de Acción (4P)		x	0,8
Sistemas no Paralelos (5P)		x	0,9

φp = 0,9

**IRREGULARIDADES EN ALTURA - (Ver tabla A.3-7 - NSR-10)**

PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Piso Flexible (Irregularidad en Rigidez) (1aA)		x	0,9
Piso Flexible (Irregularidad extrema en Rigidez) (1bA)		x	0,8
Distribución de Masas (2A)		x	0,9
Geométrica (3A)		x	0,9
Desplazamiento del Plano de Acción (4A)		x	0,8
Piso Débil (Discontinuidad en la resistencia) (5aA)		x	0,9
Piso Débil(Discontinuidad extrema en la resistencia)(5bA)		x	0,8

φa = 1,0

**AUSENCIA DE REDUNDANCIA - (Ver A.3.3.8 - NSR-10)**

PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Ausencia de redundancia en el sistema sismo-resistente		x	0,75

φr = 1,00

Factores - Resultado Fx = 1,24  
 Análisis Sísmico Fy = 1,28

**Combinaciones de Carga:**

**1.0. CHEQUEO DE LA DERIVA**

1	1,40 C.M.		
2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	
3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,24 S.X.
4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 1,24 S.X.
5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,28 S.X.
6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 1,28 S.X.
7	0,90 C.M.		+ 1,24 S.X.
8	0,90 C.M.		- 1,24 S.X.
9	0,90 C.M.		+ 1,28 S.X.
10	0,90 C.M.		- 1,28 S.X.

C.M. = Carga Muerta  
 C.V. = Carga Viva  
 Lr= Carga Viva Cubierta  
 S.X. = Fuerzas Sísmicas Elásticas en X  
 S.Y. = Fuerzas Sísmicas Elásticas en Y

$R_o = 4,00$  Muros de concreto - (DMO)  
 $\Omega_o = 2,50$   
 $\phi_a = 1,00$   
 $\phi_p = 0,90$   
 $\phi_r = 1,00$

Rx = 3,60  
 Ry = 3,60

Rcx = 3,60  
 Rcy = 3,60

**2.0. DISEÑO DE COLUMNAS Y VIGAS (FLEXIÓN)**

1	1,40 C.M.				
2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	+ 0,50 S.X.		
3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,60 S.X.		
D4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,34 S.X.	+ 0,11 S.Y.	
D5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,34 S.X.	- 0,11 S.Y.	
D6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,34 S.X.	+ 0,11 S.Y.	
D7	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,34 S.X.	- 0,11 S.Y.	
D8	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,10 S.X.	+ 0,35 S.Y.	
D9	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,10 S.X.	+ 0,35 S.Y.	
D10	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,10 S.X.	- 0,35 S.Y.	
D11	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,10 S.X.	- 0,35 S.Y.	
D12	0,90 C.M.		+ 0,34 S.X.	+ 0,11 S.Y.	
D13	0,90 C.M.		+ 0,34 S.X.	- 0,11 S.Y.	
D14	0,90 C.M.		- 0,34 S.X.	+ 0,11 S.Y.	
D15	0,90 C.M.		- 0,34 S.X.	- 0,11 S.Y.	
D16	0,90 C.M.		+ 0,10 S.X.	+ 0,35 S.Y.	
D17	0,90 C.M.		- 0,10 S.X.	+ 0,35 S.Y.	
D18	0,90 C.M.		+ 0,10 S.X.	- 0,35 S.Y.	
D19	0,90 C.M.		- 0,10 S.X.	- 0,35 S.Y.	

**3.0. DISEÑO DE COLUMNAS Y VIGAS (CORTANTE) -- Según literal C.21.3.3 (NSR-10)**

COLUMNAS			$\Omega_o$ *(S.X.)	$\Omega_o$ *(S.Y.)	VIGAS		2 *(S.X.)	2 *(S.Y.)
DC1	1,40 C.M.				DV1	1,40 C.M.		
DC2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.			DV2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	
DC3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,86 S.X.	+ 0,27 S.Y.	DV3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,69 S.X. + 0,21 S.Y.
DC4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,86 S.X.	- 0,27 S.Y.	DV4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,69 S.X. - 0,21 S.Y.
DC5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,86 S.X.	+ 0,27 S.Y.	DV5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,69 S.X. + 0,21 S.Y.
DC6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,86 S.X.	- 0,27 S.Y.	DV6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,69 S.X. - 0,21 S.Y.
DC7	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,26 S.X.	+ 0,89 S.Y.	DV7	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,21 S.X. + 0,71 S.Y.
DC8	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,26 S.X.	+ 0,89 S.Y.	DV8	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,21 S.X. + 0,71 S.Y.
DC9	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,26 S.X.	- 0,89 S.Y.	DV9	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,21 S.X. - 0,71 S.Y.
DC10	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,26 S.X.	- 0,89 S.Y.	DV10	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,21 S.X. - 0,71 S.Y.
DC11	0,90 C.M.		+ 0,86 S.X.	+ 0,27 S.Y.	DV11	0,90 C.M.		+ 0,69 S.X. + 0,21 S.Y.
DC12	0,90 C.M.		+ 0,86 S.X.	- 0,27 S.Y.	DV12	0,90 C.M.		+ 0,69 S.X. - 0,21 S.Y.
DC13	0,90 C.M.		- 0,86 S.X.	+ 0,27 S.Y.	DV13	0,90 C.M.		- 0,69 S.X. + 0,21 S.Y.
DC14	0,90 C.M.		- 0,86 S.X.	- 0,27 S.Y.	DV14	0,90 C.M.		- 0,69 S.X. - 0,21 S.Y.
DC15	0,90 C.M.		+ 0,26 S.X.	+ 0,89 S.Y.	DV15	0,90 C.M.		+ 0,21 S.X. + 0,71 S.Y.
DC16	0,90 C.M.		- 0,26 S.X.	+ 0,89 S.Y.	DV16	0,90 C.M.		- 0,21 S.X. + 0,71 S.Y.
DC17	0,90 C.M.		+ 0,26 S.X.	- 0,89 S.Y.	DV17	0,90 C.M.		+ 0,21 S.X. - 0,71 S.Y.
DC18	0,90 C.M.		- 0,26 S.X.	- 0,89 S.Y.	DV18	0,90 C.M.		- 0,21 S.X. - 0,71 S.Y.

**4.0. CARGAS A CIMENTACION**

C1	1,00 C.M.				
C2	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.			
C3	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		
C4	1,00 C.M.			0,24 S.X.	
C5	1,00 C.M.			- 0,24 S.X.	
C6	1,00 C.M.				+ 0,25 S.Y.
C7	1,00 C.M.				- 0,25 S.Y.
C8	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	0,18 S.X.	
C9	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	- 0,18 S.X.	
C10	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		+ 0,19 S.Y.
C11	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		- 0,19 S.Y.
C12	0,60 C.M.			0,24 S.X.	
C13	0,60 C.M.			- 0,24 S.X.	
C14	0,60 C.M.				+ 0,25 S.Y.
C15	0,60 C.M.				- 0,25 S.Y.

**5.0. CARGAS A CIMENTACION PARA CHEQUEO DE ESFUERZO AXIALES MAXIMOS**

C16	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	0,24 S.X.	
C17	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	- 0,24 S.X.	
C18	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.		+ 0,25 S.Y.
C19	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.		- 0,25 S.Y.

**6.0 DISEÑO DE MUROS**

M1	1,40 C.M.				
M2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	+ 0,50 Lr.		
M3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,34 S.X.	
M4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,34 S.X.	
M5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.			+ 0,35 S.Y.
M6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.			- 0,35 S.Y.
M7	0,90 C.M.			+ 0,34 S.X.	
M8	0,90 C.M.			- 0,34 S.X.	
M9	0,90 C.M.				+ 0,35 S.Y.
M10	0,90 C.M.				- 0,35 S.Y.

e) Derivas – Muros

<b>DERIVA MUROS</b>								
$\Delta a = \sqrt{(\delta x_1 - \delta x_2)^2 + (\delta y_1 - \delta y_2)^2}$					$\Delta \alpha$ = Deriva del análisis.			
					$\Delta \rho$ = Deriva permitida. (0.01 h)			
SISMO EN X		Columna Eje Vertical:			<b>2</b>			
		Caso de Carga:			<b>3</b>			
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta \alpha$ (cm)	$\Delta \rho$ (cm)		%
P14	2,50	0,0842	0,0003	8,420	0,74	2,50	OK	0,30
P13	2,50	0,0768	0,0002	7,680	0,76	2,50	OK	0,30
P12	2,50	0,0692	0,0002	6,920	0,76	2,50	OK	0,30
P11	2,50	0,0616	0,0002	6,160	0,77	2,50	OK	0,31
P10	2,50	0,0539	0,0002	5,390	0,76	2,50	OK	0,30
P9	2,50	0,0463	0,0001	4,630	0,74	2,50	OK	0,30
P8	2,50	0,0389	0,0001	3,890	0,72	2,50	OK	0,29
P7	2,50	0,0317	0,0001	3,170	0,68	2,50	OK	0,27
P6	2,50	0,0249	0,0001	2,490	0,63	2,50	OK	0,25
P5	2,50	0,0186	0,0001	1,860	0,56	2,50	OK	0,22
P4	2,50	0,0130	0,0000	1,300	0,48	2,50	OK	0,19
P3	2,50	0,0082	0,0000	0,820	0,40	2,50	OK	0,16
P2	2,50	0,0042	0,0000	0,420	0,28	2,50	OK	0,11
P1	2,50	0,0014	0,0000	0,140	0,14	2,50	OK	0,06

<b>DERIVA MUROS</b>								
					$\Delta \alpha$ = Deriva del análisis.			
					$\Delta \rho$ = Deriva permitida. (0.01 h)			
SISMO EN Y		Columna Eje Vertical:			<b>2</b>			
		Caso de Carga:			<b>5</b>			
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta \alpha$ (cm)	$\Delta \rho$ (cm)		%
P14	2,50	0,0156	0,1668	16,753	1,60	2,50	OK	0,64
P13	2,50	0,0141	0,1509	15,156	1,60	2,50	OK	0,64
P12	2,50	0,0127	0,1350	13,560	1,60	2,50	OK	0,64
P11	2,50	0,0112	0,1191	11,963	1,59	2,50	OK	0,63
P10	2,50	0,0097	0,1033	10,375	1,56	2,50	OK	0,62
P9	2,50	0,0083	0,0878	8,819	1,52	2,50	OK	0,61
P8	2,50	0,0069	0,0727	7,303	1,44	2,50	OK	0,57
P7	2,50	0,0055	0,0584	5,866	1,35	2,50	OK	0,54
P6	2,50	0,0043	0,0450	4,520	1,23	2,50	OK	0,49
P5	2,50	0,0031	0,0328	3,295	1,06	2,50	OK	0,43
P4	2,50	0,0021	0,0222	2,230	0,90	2,50	OK	0,36
P3	2,50	0,0013	0,0132	1,326	0,69	2,50	OK	0,28
P2	2,50	0,0006	0,0063	0,633	0,45	2,50	OK	0,18
P1	2,50	0,0002	0,0018	0,181	0,18	2,50	OK	0,07

<b>DERIVA MUROS</b>								
					$\Delta \alpha$ = Deriva del análisis.			
					$\Delta \rho$ = Deriva permitida. (0.01 h)			
SISMO EN X		Columna Eje Vertical:			<b>24</b>			
		Caso de Carga:			<b>3</b>			
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta \alpha$ (cm)	$\Delta \rho$ (cm)		%
P14	2,50	0,0842	0,0003	8,420	0,74	2,50	OK	0,30
P13	2,50	0,0768	0,0003	7,680	0,76	2,50	OK	0,30
P12	2,50	0,0692	0,0003	6,920	0,76	2,50	OK	0,30
P11	2,50	0,0616	0,0002	6,160	0,77	2,50	OK	0,31
P10	2,50	0,0539	0,0002	5,390	0,76	2,50	OK	0,30
P9	2,50	0,0463	0,0002	4,630	0,74	2,50	OK	0,30
P8	2,50	0,0389	0,0001	3,890	0,72	2,50	OK	0,29
P7	2,50	0,0317	0,0001	3,170	0,68	2,50	OK	0,27
P6	2,50	0,0249	0,0001	2,490	0,63	2,50	OK	0,25
P5	2,50	0,0186	0,0001	1,860	0,56	2,50	OK	0,22
P4	2,50	0,0130	0,0000	1,300	0,48	2,50	OK	0,19
P3	2,50	0,0082	0,0000	0,820	0,40	2,50	OK	0,16
P2	2,50	0,0042	0,0000	0,420	0,28	2,50	OK	0,11
P1	2,50	0,0014	0,0000	0,140	0,14	2,50	OK	0,06

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

24  
5

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P14	2,50	0,0156	0,1788	17,948	1,70	2,50	OK	0,68
P13	2,50	0,0141	0,1619	16,251	1,71	2,50	OK	0,68
P12	2,50	0,0127	0,1449	14,546	1,71	2,50	OK	0,68
P11	2,50	0,0112	0,1279	12,839	1,69	2,50	OK	0,67
P10	2,50	0,0097	0,1111	11,152	1,67	2,50	OK	0,67
P9	2,50	0,0083	0,0945	9,486	1,62	2,50	OK	0,65
P8	2,50	0,0069	0,0784	7,870	1,55	2,50	OK	0,62
P7	2,50	0,0055	0,0630	6,324	1,44	2,50	OK	0,57
P6	2,50	0,0043	0,0487	4,889	1,33	2,50	OK	0,53
P5	2,50	0,0031	0,0355	3,564	1,15	2,50	OK	0,46
P4	2,50	0,0021	0,0240	2,409	0,96	2,50	OK	0,39
P3	2,50	0,0013	0,0144	1,446	0,75	2,50	OK	0,30
P2	2,50	0,0006	0,0069	0,693	0,50	2,50	OK	0,20
P1	2,50	0,0002	0,0019	0,191	0,19	2,50	OK	0,08

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.  
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD =  $\Delta\alpha/\Delta\rho$

$$\Delta a = \sqrt{(\delta x_1 - \delta x_2)^2 + (\delta y_1 - \delta y_2)^2}$$

Da = Deriva del análisis.

Dr = Deriva permitida.  
(0.01 h)

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

51  
3

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P14	2,50	0,0842	0,0003	8,420	0,74	2,50	OK	0,30
P13	2,50	0,0768	0,0002	7,680	0,76	2,50	OK	0,30
P12	2,50	0,0692	0,0002	6,920	0,76	2,50	OK	0,30
P11	2,50	0,0616	0,0002	6,160	0,77	2,50	OK	0,31
P10	2,50	0,0539	0,0002	5,390	0,76	2,50	OK	0,30
P9	2,50	0,0463	0,0001	4,630	0,74	2,50	OK	0,30
P8	2,50	0,0389	0,0001	3,890	0,72	2,50	OK	0,29
P7	2,50	0,0317	0,0001	3,170	0,68	2,50	OK	0,27
P6	2,50	0,0249	0,0001	2,490	0,63	2,50	OK	0,25
P5	2,50	0,0186	0,0001	1,860	0,56	2,50	OK	0,22
P4	2,50	0,0130	0,0000	1,300	0,48	2,50	OK	0,19
P3	2,50	0,0082	0,0000	0,820	0,40	2,50	OK	0,16
P2	2,50	0,0042	0,0000	0,420	0,28	2,50	OK	0,11
P1	2,50	0,0014	0,0000	0,140	0,14	2,50	OK	0,06

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

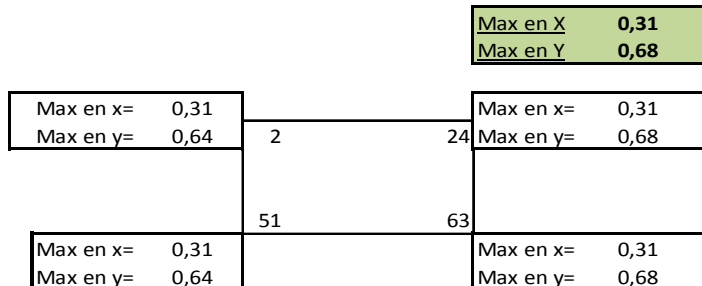
51  
5

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P14	2,50	0,0155	0,1668	16,752	1,60	2,50	OK	0,64
P13	2,50	0,0140	0,1509	15,155	1,60	2,50	OK	0,64
P12	2,50	0,0126	0,1350	13,559	1,60	2,50	OK	0,64
P11	2,50	0,0111	0,1191	11,962	1,59	2,50	OK	0,63
P10	2,50	0,0096	0,1033	10,375	1,56	2,50	OK	0,62
P9	2,50	0,0082	0,0878	8,818	1,52	2,50	OK	0,61
P8	2,50	0,0068	0,0727	7,302	1,44	2,50	OK	0,57
P7	2,50	0,0055	0,0584	5,866	1,35	2,50	OK	0,54
P6	2,50	0,0042	0,0450	4,520	1,22	2,50	OK	0,49
P5	2,50	0,0031	0,0328	3,295	1,06	2,50	OK	0,43
P4	2,50	0,0021	0,0222	2,230	0,90	2,50	OK	0,36
P3	2,50	0,0012	0,0132	1,325	0,69	2,50	OK	0,28
P2	2,50	0,0006	0,0063	0,633	0,45	2,50	OK	0,18
P1	2,50	0,0002	0,0018	0,181	0,18	2,50	OK	0,07

SISMO EN X		Columna Eje Vertical:					63	
		Caso de Carga:					3	
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P14	2,50	0,0842	0,0003	8,420	0,74	2,50	OK	0,30
P13	2,50	0,0768	0,0003	7,680	0,76	2,50	OK	0,30
P12	2,50	0,0692	0,0003	6,920	0,76	2,50	OK	0,30
P11	2,50	0,0616	0,0002	6,160	0,77	2,50	OK	0,31
P10	2,50	0,0539	0,0002	5,390	0,76	2,50	OK	0,30
P9	2,50	0,0463	0,0002	4,630	0,74	2,50	OK	0,30
P8	2,50	0,0389	0,0001	3,890	0,72	2,50	OK	0,29
P7	2,50	0,0317	0,0001	3,170	0,68	2,50	OK	0,27
P6	2,50	0,0249	0,0001	2,490	0,63	2,50	OK	0,25
P5	2,50	0,0186	0,0001	1,860	0,56	2,50	OK	0,22
P4	2,50	0,0130	0,0000	1,300	0,48	2,50	OK	0,19
P3	2,50	0,0082	0,0000	0,820	0,40	2,50	OK	0,16
P2	2,50	0,0042	0,0000	0,420	0,28	2,50	OK	0,11
P1	2,50	0,0014	0,0000	0,140	0,14	2,50	OK	0,06

SISMO EN Y		Columna Eje Vertical:					63	
		Caso de Carga:					5	
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P14	2,50	0,0155	0,1788	17,947	1,70	2,50	OK	0,68
P13	2,50	0,0140	0,1619	16,250	1,71	2,50	OK	0,68
P12	2,50	0,0126	0,1449	14,545	1,71	2,50	OK	0,68
P11	2,50	0,0111	0,1279	12,838	1,69	2,50	OK	0,67
P10	2,50	0,0096	0,1111	11,151	1,67	2,50	OK	0,67
P9	2,50	0,0082	0,0945	9,486	1,62	2,50	OK	0,65
P8	2,50	0,0068	0,0784	7,869	1,55	2,50	OK	0,62
P7	2,50	0,0055	0,0630	6,324	1,44	2,50	OK	0,57
P6	2,50	0,0042	0,0487	4,888	1,32	2,50	OK	0,53
P5	2,50	0,0031	0,0355	3,564	1,15	2,50	OK	0,46
P4	2,50	0,0021	0,0240	2,409	0,96	2,50	OK	0,39
P3	2,50	0,0012	0,0144	1,445	0,75	2,50	OK	0,30
P2	2,50	0,0006	0,0069	0,693	0,50	2,50	OK	0,20
P1	2,50	0,0002	0,0019	0,191	0,19	2,50	OK	0,08

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.  
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD =  $\Delta\alpha/\Delta\rho$



## Modelo 10. Concreto Liviano – 14 pisos – Piedemonte B

### a) Análisis sísmico

**Modelo 10: Concreto Liviano - 14 Pisos- Piedemonte B**

El método de análisis del sistema de resistencia sísmica a utilizar es: Método de análisis dinámico elástico.

El Espectro Elástico de Diseño a utilizar (según la microzonificación sísmica de Bogotá D.C.) debe ser construido con los siguientes parámetros:

ZONA : **PIEDEMONTTE B**                      Grupo de Uso : **I**    →                      | = **1,00**

Aa = 0,15

Av = 0,20

Zona	F <sub>a</sub> (475)	F <sub>v</sub> (475)	T <sub>c</sub> (s)	T <sub>l</sub> (s)	A <sub>0</sub> (475) (g)
PIEDEMONTTE B	1.95	1.70	0.56	3.0	0.26

Zona de Amenaza Sísmica : **Intermedia**

Sistema Estructural: **Muros de concreto - (DMO)**

	Area (m <sup>2</sup> )	Alt. Piso (m)	Elevación (h) h(m)	W (t)	W / A t/m <sup>2</sup>	Masa (kg-s <sup>2</sup> /m)
P14	238	2,50	35,00	146,5	0,62	14938
P13	238	2,50	32,50	187,2	0,79	19085
P12	238	2,50	30,00	187,2	0,79	19085
P11	238	2,50	27,50	187,2	0,79	19085
P10	238	2,50	25,00	187,2	0,79	19085
P9	238	2,50	22,50	187,2	0,79	19085
P8	238	2,50	20,00	187,2	0,79	19085
P7	238	2,50	17,50	187,2	0,79	19085
P6	238	2,50	15,00	187,2	0,79	19085
P5	238	2,50	12,50	187,2	0,79	19085
P4	238	2,50	10,00	187,2	0,79	19085
P3	238	2,50	7,50	187,2	0,79	19085
P2	238	2,50	5,00	187,2	0,79	19085
P1	238	2,50	2,50	187,2	0,79	19085

Σ 2580,5  
Σ 25804,8 kN



**Análisis Sísmico por Fuerza Horizontal Equivalente:**

Para ajustar el valor del Cortante Dinámico en la base ( según A.5.4.5 -- NSR - 10)

Periodo fundamental aproximado (según A.4.2.2 -- NSR - 10)

$C_u = 1,342 \quad C_u = 1.75 - 1.2A_v F_v$

$C_t = 0,049$  Muros de concreto - (DMO)

$a = 0,75$

$T_a = C_t h^a =$	0,71	seg
$C_u * T_a =$	0,95	seg

$T_x = 0,64$  seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)

$T_y = 0,89$  seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)

$T_x = 0,64$  seg ( definitivo )

$T_y = 0,89$  seg ( definitivo )

$S_a = 2.5 A_a F_a I \quad S_a = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot I}{T} \quad S_a = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot T_L \cdot I}{T^2}$        $S_{ax} = 0,64$  (Definitivo)

$S_{ay} = 0,46$  (Definitivo)

$S_a = 0,73$

$S_{ax} = 0,64$

$S_{ax} = 3,00$

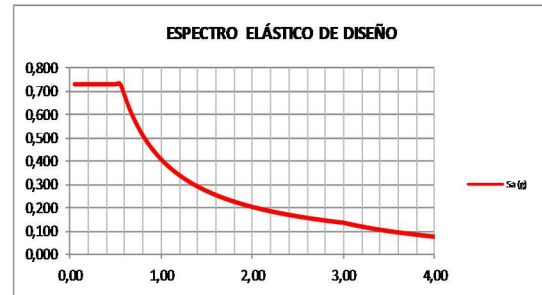
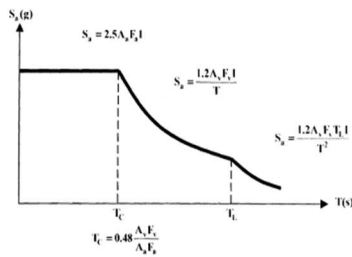
$V_{sx} = 1647,8 \text{ t} = 16477,8 \text{ kN}$

$S_{ay} = 0,46$

$S_{ay} = 1,54$

$V_{sy} = 1179,8 \text{ t} = 11798,2 \text{ kN}$

3.2. Curva de diseño para un coeficiente de amortiguamiento de 5% del crítico



Cortantes Dinámicos en la Base. ( Vtj ) :

$V_{tx} = 1219,1 \text{ t} = 12190,5 \text{ kN}$

$V_{ty} = 895,8 \text{ t} = 8957,8 \text{ kN}$

Regularidad de la Estructura: **2** ( 1: Regular, 2: Irregular)

**Según A.5.4.5 -- NSR - 10**

- Si la estructura es regular, el cortante dinámico en la base **No puede ser menor que el 80 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente ( Vs )**

- Si la estructura es irregular, el cortante dinámico en la base **No puede ser menor que el 90 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente ( Vs )**

**Factores de Ajuste :**

$F_x = 1483,0 / 1219,1 = 1,22$

$F_y = 1061,8 / 895,8 = 1,19$

$F_x = 1,22$  ( Definitivo)

$F_y = 1,19$  ( Definitivo)

## b) Cortantes

Concreto Liviano - 14 Pisos- Piedemonte B ANALISIS SISMICO												
MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS												
MODE NUMBER	Mode	Period	TRASLATION			< % SUM>			ROTATION			< % SUM>
			% MASS UX	% MASS UY	% MASS UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	% MASS RX	% MASS RY	% MASS RZ	
1		1,26	0,00	0,10	0,00	0,00	0,10	0,00	0,2	0,0	64,0	0,2
2		0,89	0,00	64,44	0,00	0,00	64,54	0,00	97,3	0,0	0,1	97,5
3		0,64	66,55	0,00	0,00	66,55	64,54	0,00	0,0	98,2	0,0	97,5
4		0,23	0,00	0,01	0,00	66,55	64,55	0,00	0,0	0,0	20,0	97,5
5		0,17	0,00	20,05	0,00	66,55	84,60	0,00	2,2	0,0	0,0	99,7
6		0,14	20,81	0,00	0,00	87,36	84,60	0,00	0,0	1,6	0,0	99,7
7		0,09	0,00	0,00	0,00	87,36	84,61	0,00	0,0	0,0	6,6	99,7
8		0,07	0,00	6,51	0,00	87,36	91,12	0,00	0,3	0,0	0,0	99,9
9		0,06	5,80	0,00	0,00	93,16	91,12	0,00	0,0	0,1	0,0	99,9
10		0,05	0,00	0,00	0,00	93,16	91,12	0,00	0,0	0,0	3,4	99,9
11		0,04	2,71	0,00	0,00	95,87	91,12	0,00	0,0	0,0	0,0	99,9
12		0,04	0,00	3,31	0,00	95,87	94,42	0,00	0,1	0,0	0,0	100,0
13		0,03	0,00	0,00	0,00	95,87	94,42	0,00	0,0	0,0	2,0	100,0
14		0,03	1,50	0,00	0,00	97,37	94,42	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0
15		0,03	0,00	1,93	0,00	97,37	96,36	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0
16		0,02	0,00	0,00	0,00	97,37	96,36	0,00	0,0	0,0	1,3	100,0
17		0,02	0,93	0,00	0,00	98,30	96,36	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0
18		0,02	0,00	1,23	0,00	98,30	97,58	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0
19		0,02	0,61	0,00	0,00	98,91	97,58	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0
20		0,02	0,00	0,00	0,00	98,91	97,58	0,00	0,0	0,0	0,9	100,0
21		0,02	0,41	0,00	0,00	99,32	97,58	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0
22		0,02	0,00	0,82	0,00	99,32	98,40	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0
23		0,02	0,00	0,00	0,00	99,32	98,40	0,00	0,0	0,0	0,6	100,0
24		0,01	0,28	0,00	0,00	99,60	98,40	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0
25		0,01	0,00	0,00	0,00	99,60	98,40	0,00	0,0	0,0	0,4	100,0
26		0,01	0,00	0,55	0,00	99,60	98,96	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0
27		0,01	0,18	0,00	0,00	99,78	98,96	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0
28		0,01	0,12	0,00	0,00	99,90	98,96	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0

Concreto Liviano - 14 Pisos- Piedemonte B ANALISIS SISMICO									
DYNAMIC RESPONSE SPECTRUM BASE SHEARS REACTIONS									
Spec	Mode	Dir	F1	F2	F3	M1	M2	M3	
SPX	1	U1	0,0	-6,2	0	160	1	12	
SPX	2	U1	1,7	-1144,0	0	29539	43	-8950	
SPX	3	U1	1138966,7	1707,4	0	-42966	29065670	-9223778	
SPX	4	U1	0,1	-3,9	0	34	0	27	
SPX	5	U1	0,1	-200,7	0	1384	1	-1567	
SPX	6	U1	407091,6	210,6	0	-503	2389066	-3299828	
SPX	7	U1	0,0	-1,2	0	6	0	19	
SPX	8	U1	0,7	298,5	0	-1238	2	2324	
SPX	9	U1	113367,7	-361,5	0	1647	379507	-922296	
SPX	10	U1	0,0	-0,5	0	2	0	10	
SPX	11	U1	53072,1	907,5	0	-2493	106313	-423319	
SPX	12	U1	1,50	-14,1	0	2672	30	-7550	
SPX	13	U1	0,0	0,0	0	0	0	-1	
SPX	14	U1	29386,4	192,6	0	-411	46399	-236824	
SPX	15	U1	1,4	-226,0	0	485	2	-1774	
SPX	16	U1	0,5	1,0	0	-2	0	-31	
SPX	17	U1	18192,2	99,7	0	-179	21811	-146707	
SPX	18	U1	0,9	-150,3	0	257	1	-1179	
SPX	19	U1	11885,1	103,7	0	-171	12615	-95767	
SPX	20	U1	10,4	-3,4	0	5	12	76	
SPX	21	U1	8027,6	-9,1	0	12	7144	-65194	
SPX	22	U1	0,0	-13,7	0	20	0	-107	
SPX	23	U1	0,9	-0,8	0	1	1	17	
SPX	24	U1	5415,6	9,5	0	-16	4489	-43872	
SPX	25	U1	0,9	-0,7	0	1	1	26	
SPX	26	U1	2,1	-149,8	0	187	2	-1185	
SPX	27	U1	3583,0	141,3	0	-179	2635	-27975	
SPX	28	U1	2262,8	4,2	0	7	1608	-18325	
SPX	All	All	1219051,1	2055,9	0	50193	29174059	9874456	
SPY	1	U2	-6,2	861,4	0	-22399	-153	-1658	
SPY	2	U2	-1144,0	788331,3	0	-20355498	-29716	6167361	
SPY	3	U2	1707,4	2,6	0	-64	43571	-13827	
SPY	4	U2	-3,9	217,8	0	-1911	-3	-1489	
SPY	5	U2	-200,7	392299,7	0	-2703986	-2491	3062436	
SPY	6	U2	210,6	0,1	0	0	1236	-1707	
SPY	7	U2	-1,2	36,6	0	-172	-6	-596	
SPY	8	U2	298,5	127346,2	0	-528264	776	991182	
SPY	9	U2	-361,5	1,2	0	-5	-1210	2941	
SPY	10	U2	-0,5	9,3	0	-33	-2	-179	
SPY	11	U2	907,5	15,5	0	-43	1818	-7238	
SPY	12	U2	-953,7	64680,5	0	-181235	-2010	512029	
SPY	13	U2	0,0	3,7	0	-9	-1	-135	
SPY	14	U2	192,6	1,3	0	-3	304	-1552	
SPY	15	U2	-226,0	37815,9	0	-81093	-373	296843	
SPY	16	U2	1,0	1,9	0	-4	1	-60	
SPY	17	U2	99,7	0,6	0	-1	120	-804	
SPY	18	U2	-150,3	24008,6	0	-41077	-182	188374	
SPY	19	U2	0,9	0,9	0	-1	110	-836	
SPY	20	U2	-3,4	1,1	0	-2	-4	-24	
SPY	21	U2	-9,1	0,0	0	0	-8	74	
SPY	22	U2	-13,7	16002,0	0	-23126	-20	124953	
SPY	23	U2	-0,8	0,7	0	-1	-1	-15	
SPY	24	U2	9,5	0,0	0	0	8	-77	
SPY	25	U2	-0,7	0,5	0	-1	-1	-19	
SPY	26	U2	-149,8	10856,4	0	-13571	-111	85839	
SPY	27	U2	141,3	5,6	0	-7	104	-1103	
SPY	28	U2	4,2	0,0	0	0	3	-34	
SPY	All	All	2055,9	895778,5	0	20550935	50805	7002516	

/-----D1-----/      /-----D2-----/  
 DIRECTION-X              DIRECTION-Y  
 CQC      1219051,1      2055,9      2055,9      895778,5  
 Vtx=      1219,1 t      =      12190,5 kN  
 Vty=      895,8 t      =      8957,8 kN



Columna Eje Vertical:

	24		1.2*(Δ1+ Δ2) 2	1.4*(Δ1+ Δ2) 2	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	Δ1 (cm)	Δ2 (cm)				
	P14	1,50	1,60	1,86		
P13	1,49	1,60	1,86	2,17	NO	NO
P12	1,50	1,60	1,86	2,18	NO	NO
P11	1,49	1,60	1,86	2,17	NO	NO
P10	1,45	1,56	1,81	2,11	NO	NO
P9	1,41	1,52	1,76	2,06	NO	NO
P8	1,35	1,45	1,68	1,96	NO	NO
P7	1,25	1,35	1,56	1,82	NO	NO
P6	1,15	1,24	1,44	1,68	NO	NO
P5	1,00	1,09	1,26	1,47	NO	NO
P4	0,85	0,91	1,06	1,23	NO	NO
P3	0,65	0,71	0,82	0,95	NO	NO
P2	0,43	0,48	0,55	0,64	NO	NO
P1	0,17	0,18	0,21	0,25	NO	NO

	63		1.2*(Δ1+ Δ2) 2	1.4*(Δ1+ Δ2) 2	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	Δ1 (cm)	Δ2 (cm)				
	P14	1,50	1,60	1,86		
P13	1,49	1,60	1,86	2,17	NO	NO
P12	1,50	1,60	1,86	2,17	NO	NO
P11	1,49	1,60	1,86	2,17	NO	NO
P10	1,45	1,56	1,81	2,11	NO	NO
P9	1,41	1,52	1,76	2,06	NO	NO
P8	1,35	1,45	1,68	1,96	NO	NO
P7	1,25	1,35	1,56	1,82	NO	NO
P6	1,15	1,24	1,44	1,68	NO	NO
P5	1,00	1,09	1,26	1,47	NO	NO
P4	0,85	0,91	1,06	1,23	NO	NO
P3	0,65	0,71	0,82	0,95	NO	NO
P2	0,43	0,48	0,55	0,64	NO	NO
P1	0,17	0,18	0,21	0,25	NO	NO

**IRREGULARIDADES EN PLANTA - (Ver tabla A.3-6 - NSR-10)**

PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Irregularidad Torsional (1aP)		x	0,9
Irregularidad Torsional Extrema (1bP)		x	0,8
Retrosesos excesivos en las Esquinas (2P)	x		0,9
Discontinuidades en el Diafragma (3P)		x	0,9
Desplazamiento del Plano de Acción (4P)		x	0,8
Sistemas no Paralelos (5P)		x	0,9

φp = 0,9

**IRREGULARIDADES EN ALTURA - (Ver tabla A.3-7 - NSR-10)**

PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Piso Flexible (Irregularidad en Rigidez) (1aA)		x	0,9
Piso Flexible (Irregularidad extrema en Rigidez) (1bA)		x	0,8
Distribución de Masas (2A)		x	0,9
Geométrica (3A)		x	0,9
Desplazamiento del Plano de Acción (4A)		x	0,8
Piso Débil (Discontinuidad en la resistencia) (5aA)		x	0,9
Piso Débil(Discontinuidad extrema en la resistencia)(5bA)		x	0,8

φa = 1,0

**AUSENCIA DE REDUNDANCIA - (Ver A.3.3.8 - NSR-10)**

PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Ausencia de redundancia en el sistema sismo-resistente		x	0,75

φr = 1,00

Factores - Resultado Fx = 1,22  
 Análisis Sísmico Fy = 1,19

**Combinaciones de Carga:**

**1.0. CHEQUEO DE LA DERIVA**

1	1,40 C.M.		
2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	
3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,22 S.X.
4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 1,22 S.X.
5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,19 S.X.
6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 1,19 S.Y.
7	0,90 C.M.		+ 1,22 S.X.
8	0,90 C.M.		- 1,22 S.X.
9	0,90 C.M.		+ 1,19 S.X.
10	0,90 C.M.		- 1,19 S.Y.

C.M. = Carga Muerta  
 C.V. = Carga Viva  
 Lr = Carga Viva Cubierta  
 S.X. = Fuerzas Sísmicas Elásticas en X  
 S.Y. = Fuerzas Sísmicas Elásticas en Y  
 R o = 4,00 Muros de concreto - (DMO)  
 Ω<sub>0</sub> = 2,50  
 øa = 1,00  
 øp = 0,90  
 ør = 1,00

**2.0. DISEÑO DE COLUMNAS Y VIGAS (FLEXIÓN)**

1	1,40 C.M.				
2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	+ 0,50 S.X.		
3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,60 S.X.		
D4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,34 S.X.	+ 0,10 S.Y.	
D5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,34 S.X.	- 0,10 S.Y.	
D6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,34 S.X.	+ 0,10 S.Y.	
D7	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,34 S.X.	- 0,10 S.Y.	
D8	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,10 S.X.	+ 0,33 S.Y.	
D9	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,10 S.X.	+ 0,33 S.Y.	
D10	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,10 S.X.	- 0,33 S.Y.	
D11	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,10 S.X.	- 0,33 S.Y.	
D12	0,90 C.M.		+ 0,34 S.X.	+ 0,10 S.Y.	
D13	0,90 C.M.		+ 0,34 S.X.	- 0,10 S.Y.	
D14	0,90 C.M.		- 0,34 S.X.	+ 0,10 S.Y.	
D15	0,90 C.M.		- 0,34 S.X.	- 0,10 S.Y.	
D16	0,90 C.M.		+ 0,10 S.X.	+ 0,33 S.Y.	
D17	0,90 C.M.		- 0,10 S.X.	+ 0,33 S.Y.	
D18	0,90 C.M.		+ 0,10 S.X.	- 0,33 S.Y.	
D19	0,90 C.M.		- 0,10 S.X.	- 0,33 S.Y.	

Rx = 3,60  
 Ry = 3,60  
 Rcx = 3,60  
 Rcy = 3,60

**4.0. CARGAS A CIMENTACION**

C1	1,00 C.M.				
C2	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.			
C3	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		
C4	1,00 C.M.			0,24 S.X.	
C5	1,00 C.M.			- 0,24 S.X.	
C6	1,00 C.M.				+ 0,23 S.Y.
C7	1,00 C.M.				- 0,23 S.Y.
C8	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	0,18 S.X.	
C9	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	- 0,18 S.X.	
C10	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		+ 0,17 S.Y.
C11	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		- 0,17 S.Y.
C12	0,60 C.M.			0,24 S.X.	
C13	0,60 C.M.			- 0,24 S.X.	
C14	0,60 C.M.				+ 0,23 S.Y.
C15	0,60 C.M.				- 0,23 S.Y.

**5.0. CARGAS A CIMENTACION PARA CHEQUEO DE ESFUERZO AXIALES MAXIMOS**

C16	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	0,24 S.X.	
C17	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	- 0,24 S.X.	
C18	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.		+ 0,23 S.Y.
C19	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.		- 0,23 S.Y.

**6.0 DISEÑO DE MUROS**

M1	1,40 C.M.				
M2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	+ 0,50 Lr.		
M3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,34 S.X.	
M4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,34 S.X.	
M5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.			+ 0,33 S.Y.
M6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.			- 0,33 S.Y.
M7	0,90 C.M.			+ 0,34 S.X.	
M8	0,90 C.M.			- 0,34 S.X.	
M9	0,90 C.M.				+ 0,33 S.Y.
M10	0,90 C.M.				- 0,33 S.Y.

e) Derivas – Muros

<b>DERIVA MUROS</b>								
$\Delta a = \sqrt{(\delta x_1 - \delta x_2)^2 + (\delta y_1 - \delta y_2)^2}$					$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis.			
					$\Delta\rho$ = Deriva permitida. (0.01 h)			
<u>SISMO EN X</u>		Columna Eje Vertical:			<b>2</b>			
		Caso de Carga:			<b>3</b>			
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P14	2,50	0,1181	0,0003	11,810	1,04	2,50	OK	0,42
P13	2,50	0,1077	0,0003	10,770	1,06	2,50	OK	0,42
P12	2,50	0,0971	0,0002	9,710	1,08	2,50	OK	0,43
P11	2,50	0,0863	0,0002	8,630	1,07	2,50	OK	0,43
P10	2,50	0,0756	0,0002	7,560	1,07	2,50	OK	0,43
P9	2,50	0,0649	0,0002	6,490	1,04	2,50	OK	0,42
P8	2,50	0,0545	0,0001	5,450	1,01	2,50	OK	0,40
P7	2,50	0,0444	0,0001	4,440	0,95	2,50	OK	0,38
P6	2,50	0,0349	0,0001	3,490	0,88	2,50	OK	0,35
P5	2,50	0,0261	0,0001	2,610	0,78	2,50	OK	0,31
P4	2,50	0,0183	0,0000	1,830	0,68	2,50	OK	0,27
P3	2,50	0,0115	0,0000	1,150	0,55	2,50	OK	0,22
P2	2,50	0,0060	0,0000	0,600	0,40	2,50	OK	0,16
P1	2,50	0,0020	0,0000	0,200	0,20	2,50	OK	0,08
<u>SISMO EN Y</u>		Columna Eje Vertical:			<b>2</b>			
		Caso de Carga:			<b>5</b>			
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P14	2,50	0,0111	0,1569	15,729	1,50	2,50	OK	0,60
P13	2,50	0,0101	0,1419	14,226	1,49	2,50	OK	0,60
P12	2,50	0,0091	0,1270	12,733	1,50	2,50	OK	0,60
P11	2,50	0,0080	0,1120	11,229	1,49	2,50	OK	0,60
P10	2,50	0,0070	0,0971	9,735	1,45	2,50	OK	0,58
P9	2,50	0,0060	0,0826	8,282	1,41	2,50	OK	0,57
P8	2,50	0,0050	0,0685	6,868	1,35	2,50	OK	0,54
P7	2,50	0,0040	0,0550	5,515	1,25	2,50	OK	0,50
P6	2,50	0,0031	0,0425	4,261	1,15	2,50	OK	0,46
P5	2,50	0,0023	0,0310	3,109	1,00	2,50	OK	0,40
P4	2,50	0,0015	0,0210	2,105	0,85	2,50	OK	0,34
P3	2,50	0,0009	0,0125	1,253	0,65	2,50	OK	0,26
P2	2,50	0,0004	0,0060	0,601	0,43	2,50	OK	0,17
P1	2,50	0,0001	0,0017	0,170	0,17	2,50	OK	0,07
<u>SISMO EN X</u>		Columna Eje Vertical:			<b>24</b>			
		Caso de Carga:			<b>3</b>			
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P14	2,50	0,1181	0,0003	11,810	1,04	2,50	OK	0,42
P13	2,50	0,1077	0,0003	10,770	1,06	2,50	OK	0,42
P12	2,50	0,0971	0,0003	9,710	1,08	2,50	OK	0,43
P11	2,50	0,0863	0,0002	8,630	1,07	2,50	OK	0,43
P10	2,50	0,0756	0,0002	7,560	1,07	2,50	OK	0,43
P9	2,50	0,0649	0,0002	6,490	1,04	2,50	OK	0,42
P8	2,50	0,0545	0,0002	5,450	1,01	2,50	OK	0,40
P7	2,50	0,0444	0,0001	4,440	0,95	2,50	OK	0,38
P6	2,50	0,0349	0,0001	3,490	0,88	2,50	OK	0,35
P5	2,50	0,0261	0,0001	2,610	0,78	2,50	OK	0,31
P4	2,50	0,0183	0,0000	1,830	0,68	2,50	OK	0,27
P3	2,50	0,0115	0,0000	1,150	0,55	2,50	OK	0,22
P2	2,50	0,0060	0,0000	0,600	0,40	2,50	OK	0,16
P1	2,50	0,0020	0,0000	0,200	0,20	2,50	OK	0,08

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

24  
5

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P14	2,50	0,0111	0,1689	16,926	1,60	2,50	OK	0,64
P13	2,50	0,0101	0,1529	15,323	1,60	2,50	OK	0,64
P12	2,50	0,0091	0,1369	13,720	1,60	2,50	OK	0,64
P11	2,50	0,0080	0,1209	12,116	1,60	2,50	OK	0,64
P10	2,50	0,0070	0,1049	10,513	1,56	2,50	OK	0,63
P9	2,50	0,0060	0,0893	8,950	1,52	2,50	OK	0,61
P8	2,50	0,0050	0,0741	7,427	1,45	2,50	OK	0,58
P7	2,50	0,0040	0,0596	5,973	1,35	2,50	OK	0,54
P6	2,50	0,0031	0,0461	4,620	1,24	2,50	OK	0,50
P5	2,50	0,0023	0,0337	3,378	1,09	2,50	OK	0,44
P4	2,50	0,0015	0,0228	2,285	0,91	2,50	OK	0,36
P3	2,50	0,0009	0,0137	1,373	0,71	2,50	OK	0,28
P2	2,50	0,0004	0,0066	0,661	0,48	2,50	OK	0,19
P1	2,50	0,0001	0,0018	0,180	0,18	2,50	OK	0,07

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.  
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD =  $\Delta\alpha/\Delta\rho$

$$\Delta a = \sqrt{(\delta x_1 - \delta x_2)^2 + (\delta y_1 - \delta y_2)^2}$$

Da = Deriva del análisis.

Dr = Deriva permitida.  
(0.01 h)

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

51  
3

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P14	2,50	0,1181	0,0003	11,810	1,04	2,50	OK	0,42
P13	2,50	0,1077	0,0003	10,770	1,06	2,50	OK	0,42
P12	2,50	0,0971	0,0002	9,710	1,08	2,50	OK	0,43
P11	2,50	0,0863	0,0002	8,630	1,07	2,50	OK	0,43
P10	2,50	0,0756	0,0002	7,560	1,07	2,50	OK	0,43
P9	2,50	0,0649	0,0002	6,490	1,04	2,50	OK	0,42
P8	2,50	0,0545	0,0001	5,450	1,01	2,50	OK	0,40
P7	2,50	0,0444	0,0001	4,440	0,95	2,50	OK	0,38
P6	2,50	0,0349	0,0001	3,490	0,88	2,50	OK	0,35
P5	2,50	0,0261	0,0001	2,610	0,78	2,50	OK	0,31
P4	2,50	0,0183	0,0000	1,830	0,68	2,50	OK	0,27
P3	2,50	0,0115	0,0000	1,150	0,55	2,50	OK	0,22
P2	2,50	0,0060	0,0000	0,600	0,40	2,50	OK	0,16
P1	2,50	0,0020	0,0000	0,200	0,20	2,50	OK	0,08

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

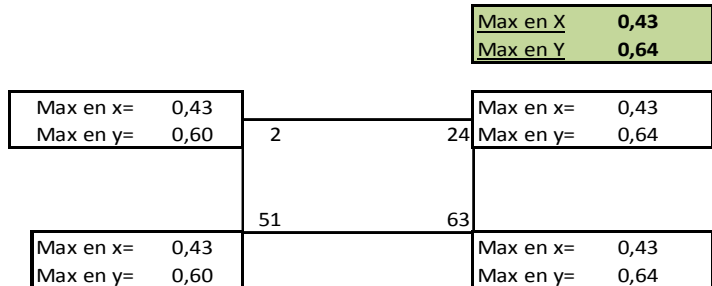
51  
5

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
P14	2,50	0,0109	0,1569	15,728	1,50	2,50	OK	0,60
P13	2,50	0,0099	0,1419	14,224	1,49	2,50	OK	0,60
P12	2,50	0,0089	0,1270	12,731	1,50	2,50	OK	0,60
P11	2,50	0,0079	0,1120	11,228	1,49	2,50	OK	0,60
P10	2,50	0,0069	0,0971	9,734	1,45	2,50	OK	0,58
P9	2,50	0,0059	0,0826	8,281	1,41	2,50	OK	0,57
P8	2,50	0,0049	0,0685	6,868	1,35	2,50	OK	0,54
P7	2,50	0,0039	0,0550	5,514	1,25	2,50	OK	0,50
P6	2,50	0,0031	0,0425	4,261	1,15	2,50	OK	0,46
P5	2,50	0,0022	0,0310	3,108	1,00	2,50	OK	0,40
P4	2,50	0,0015	0,0210	2,105	0,85	2,50	OK	0,34
P3	2,50	0,0009	0,0125	1,253	0,65	2,50	OK	0,26
P2	2,50	0,0004	0,0060	0,601	0,43	2,50	OK	0,17
P1	2,50	0,0001	0,0017	0,170	0,17	2,50	OK	0,07

SISMO EN X		Columna Eje Vertical:				63			
		Caso de Carga:				3			
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%	
P14	2,50	0,1181	0,0003	11,810	1,04	2,50	OK	0,42	
P13	2,50	0,1077	0,0003	10,770	1,06	2,50	OK	0,42	
P12	2,50	0,0971	0,0003	9,710	1,08	2,50	OK	0,43	
P11	2,50	0,0863	0,0002	8,630	1,07	2,50	OK	0,43	
P10	2,50	0,0756	0,0002	7,560	1,07	2,50	OK	0,43	
P9	2,50	0,0649	0,0002	6,490	1,04	2,50	OK	0,42	
P8	2,50	0,0545	0,0002	5,450	1,01	2,50	OK	0,40	
P7	2,50	0,0444	0,0001	4,440	0,95	2,50	OK	0,38	
P6	2,50	0,0349	0,0001	3,490	0,88	2,50	OK	0,35	
P5	2,50	0,0261	0,0001	2,610	0,78	2,50	OK	0,31	
P4	2,50	0,0183	0,0000	1,830	0,68	2,50	OK	0,27	
P3	2,50	0,0115	0,0000	1,150	0,55	2,50	OK	0,22	
P2	2,50	0,0060	0,0000	0,600	0,40	2,50	OK	0,16	
P1	2,50	0,0020	0,0000	0,200	0,20	2,50	OK	0,08	

SISMO EN Y		Columna Eje Vertical:				63			
		Caso de Carga:				5			
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%	
P14	2,50	0,0109	0,1689	16,925	1,60	2,50	OK	0,64	
P13	2,50	0,0099	0,1529	15,322	1,60	2,50	OK	0,64	
P12	2,50	0,0089	0,1369	13,719	1,60	2,50	OK	0,64	
P11	2,50	0,0079	0,1209	12,116	1,60	2,50	OK	0,64	
P10	2,50	0,0069	0,1049	10,513	1,56	2,50	OK	0,63	
P9	2,50	0,0059	0,0893	8,949	1,52	2,50	OK	0,61	
P8	2,50	0,0049	0,0741	7,426	1,45	2,50	OK	0,58	
P7	2,50	0,0039	0,0596	5,973	1,35	2,50	OK	0,54	
P6	2,50	0,0031	0,0461	4,620	1,24	2,50	OK	0,50	
P5	2,50	0,0022	0,0337	3,377	1,09	2,50	OK	0,44	
P4	2,50	0,0015	0,0228	2,285	0,91	2,50	OK	0,36	
P3	2,50	0,0009	0,0137	1,373	0,71	2,50	OK	0,28	
P2	2,50	0,0004	0,0066	0,661	0,48	2,50	OK	0,19	
P1	2,50	0,0001	0,0018	0,180	0,18	2,50	OK	0,07	

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.  
 % Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD =  $\Delta\alpha/\Delta\rho$





## Modelo 11. Concreto liviano – 20 pisos – Lacustre 200

### a) Análisis sísmico

**Modelo 11:**      **Concreto Liviano - 20 Pisos- Lacustre 200**

El Análisis Sísmico se realizará por el método del Análisis Dinámico.  
 El programa de análisis estructural ETABS realiza directamente el análisis dinámico utilizando el Espectro Elástico de Diseño (según la microzonificación sísmica de Bogotá D.C.) construido con los siguientes parámetros:

ZONA : **LACUSTRE-200**                      Grupo de Uso : **I**    →    **I** = **1,00**

Aa = 0,15  
 Av = 0,20

Zona	F <sub>a</sub> (475)	F <sub>v</sub> (475)	T <sub>C</sub> (s)	T <sub>L</sub> (s)	A <sub>0</sub> (475) (g)
LACUSTRE-200	1,20	3,50	1,87	4,0	0,18

Zona de Amenaza Sísmica :                      **Intermedia**

Sistema Estructural:                              **Muros de concreto - (DMO)**

	Area (m <sup>2</sup> )	Alt. Piso (m)	Elevación (h) h(m)	W (t)	W / A t/m <sup>2</sup>	Masa (kg-s <sup>2</sup> /m)
STORY20	238	2,50	50,00	195,7	0,82	19951
STORY19	238	2,50	47,50	281,5	1,18	28693
STORY18	238	2,50	45,00	281,5	1,18	28693
STORY17	238	2,50	42,50	281,5	1,18	28693
STORY16	238	2,50	40,00	281,5	1,18	28693
STORY15	238	2,50	37,50	281,5	1,18	28693
STORY14	238	2,50	35,00	281,5	1,18	28693
STORY13	238	2,50	32,50	281,5	1,18	28693
STORY12	238	2,50	30,00	281,5	1,18	28693
STORY11	238	2,50	27,50	281,5	1,18	28693
STORY10	238	2,50	25,00	281,5	1,18	28693
STORY9	238	2,50	22,50	281,5	1,18	28693
STORY8	238	2,50	20,00	281,5	1,18	28693
STORY7	238	2,50	17,50	281,5	1,18	28693
STORY6	238	2,50	15,00	281,5	1,18	28693
STORY5	238	2,50	12,50	281,5	1,18	28693
STORY4	238	2,50	10,00	281,5	1,18	28693
STORY3	238	2,50	7,50	281,5	1,18	28693
STORY2	238	2,50	5,00	281,5	1,18	28693
STORY1	238	2,50	2,50	281,5	1,18	28693
				Σ 5543,8		
				Σ 55438,3 kN		

**Análisis Sísmico por Fuerza Horizontal Equivalente:**

Para ajustar el valor del Cortante Dinámico en la base ( según A.5.4.5 -- NSR - 10

Periodo fundamental aproximado (según A.4.2.2 -- NSR - 10)

$C_u = 1,2 \quad C_u = 1.75 - 1.2A_v F_v$

$C_t = 0,049$  Muros de concreto - (DMO)

$a = 0,75$

$T_a = C_t h^a =$	0,92	seg
$C_u * T_a =$	1,11	seg

$T_x = 0,86$  seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)

$T_y = 0,91$  seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)

$T_x = 0,86$  seg ( definitivo )

$T_y = 0,91$  seg ( definitivo )

$S_a = 2.5 A_a F_a I \quad S_a = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot I}{T} \quad S_a = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot T_L \cdot I}{T^2} \quad S_{ax} = 0,45$  (Definitivo)

$S_{ay} = 0,45$  (Definitivo)

$S_a = 0,45$

$S_{ax} = 0,97$

$S_{ax} = 4,51$

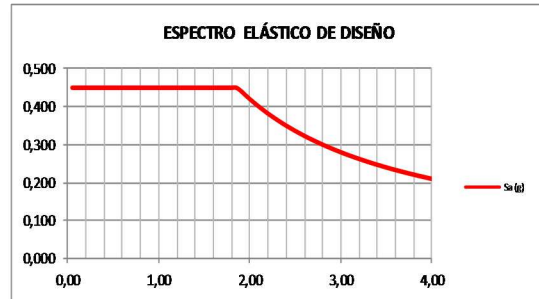
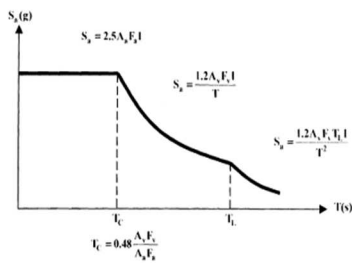
$V_{sx} = 2494,7$  t = 24947,2 kN

$S_{ay} = 0,92$

$S_{ay} = 4,05$

$V_{sy} = 2494,7$  t = 24947,2 kN

3.2. Curva de diseño para un coeficiente de amortiguamiento de 5% del critico



Cortantes Dinámicos en la Base. ( Vtj ) :

$V_{tx} = 1765,9$  t = 17658,9 kN

$V_{ty} = 1778,5$  t = 17785,0 kN

Regularidad de la Estructura: **2** ( 1: Regular, 2: Irregular)

**Según A.5.4.5 -- NSR - 10**

- Si la estructura es regular, el cortante dinámico en la base **No puede ser menor que el 80 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente ( Vs )**

- Si la estructura es irregular, el cortante dinámico en la base **No puede ser menor que el 90 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente ( Vs )**

**Factores de Ajuste :**

$F_x = 2245,3 / 1765,9 = 1,27$

$F_y = 2245,3 / 1778,5 = 1,26$

$F_x = 1,27$  ( Definitivo)

$F_y = 1,26$  ( Definitivo)

**b) Cortantes**

**Concreto Liviano - 20 Pisos- Lacustre 200**  
**ANALISIS SISMICO**

**MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS**

MODE NUMBER	Period	TRANSLATION						ROTATION					
		% MASS		% MASS		< % SUM>		% MASS		% MASS		< % SUM>	
		UX	UY	UX	UY	SumUX	SumUY	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
1	1,68	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,06	0,1	0,0	64,5	0,1	0,0	64,5
2	0,91	0,03	66,34	0,00	0,03	66,23	0,00	98,2	0,0	0,1	98,3	0,0	64,6
3	0,86	64,89	0,03	0,00	64,92	66,23	0,00	0,0	97,8	0,0	98,3	97,9	64,6
4	0,33	0,00	0,02	0,00	64,92	66,24	0,00	0,0	0,0	19,2	98,4	97,9	83,8
5	0,20	0,00	18,96	0,00	64,92	85,20	0,00	1,4	0,0	0,0	99,7	97,9	83,8
6	0,18	21,28	0,00	0,00	86,20	85,20	0,00	0,0	1,9	0,0	99,7	99,8	83,8
7	0,13	0,00	0,01	0,00	86,20	85,21	0,00	0,0	0,0	6,2	99,7	99,8	90,0
8	0,09	0,00	5,66	0,00	86,20	90,87	0,00	0,2	0,0	0,0	99,9	99,8	90,0
9	0,08	6,18	0,00	0,00	92,38	90,87	0,00	0,2	0,0	0,0	99,9	100,0	90,0
10	0,08	0,00	0,00	0,00	92,38	90,87	0,00	0,0	0,0	3,2	99,9	100,0	93,2
11	0,05	0,00	2,97	0,00	92,38	93,84	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	93,2
12	0,05	0,00	0,00	0,00	92,38	93,84	0,00	0,0	1,9	100,0	100,0	95,2	
13	0,05	2,75	0,00	0,00	95,13	93,84	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	95,2
14	0,04	0,00	1,79	0,00	95,13	95,63	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	95,2
15	0,04	0,00	0,00	0,00	95,13	95,63	0,00	0,0	0,0	1,3	100,0	100,0	96,5
16	0,04	1,50	0,00	0,00	96,63	95,63	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	97,4
17	0,03	0,00	0,00	0,00	96,63	95,63	0,00	0,0	0,0	0,9	100,0	100,0	97,4
18	0,03	0,94	0,00	0,00	97,57	95,63	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	97,4
19	0,03	0,00	1,19	0,00	97,57	96,82	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	97,4
20	0,02	0,64	0,00	0,00	98,21	96,82	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	97,4
21	0,02	0,00	0,00	0,00	98,21	96,82	0,00	0,0	0,0	0,7	100,0	100,0	98,0
22	0,02	0,00	0,83	0,00	98,21	97,65	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	98,0
23	0,02	0,46	0,00	0,00	98,67	97,65	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	98,0
24	0,02	0,00	0,00	0,00	98,67	97,65	0,00	0,0	0,0	0,5	100,0	100,0	98,5
25	0,02	0,00	0,60	0,00	98,67	98,25	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	98,5
26	0,02	0,34	0,00	0,00	99,02	98,25	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	98,9
27	0,02	0,00	0,00	0,00	99,02	98,25	0,00	0,0	0,0	0,4	100,0	100,0	98,9
28	0,02	0,44	0,00	0,00	99,02	98,69	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	98,9
29	0,01	0,26	0,00	0,00	99,28	98,69	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	98,9
30	0,01	0,00	0,00	0,00	99,28	98,69	0,00	0,0	0,0	0,3	100,0	100,0	99,2
31	0,01	0,00	0,00	0,00	99,48	98,69	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	99,2
32	0,01	0,00	0,33	0,00	99,48	99,02	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	99,2
33	0,01	0,00	0,00	0,00	99,48	99,02	0,00	0,0	0,0	0,2	100,0	100,0	99,4
34	0,01	0,15	0,00	0,00	99,63	99,02	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	99,4
35	0,01	0,00	0,25	0,00	99,63	99,27	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	99,4
36	0,01	0,00	0,00	0,00	99,63	99,27	0,00	0,0	0,0	0,2	100,0	100,0	99,6
37	0,01	0,12	0,00	0,00	99,75	99,27	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	99,6
38	0,01	0,00	0,19	0,00	99,75	99,46	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	99,6
39	0,01	0,09	0,00	0,00	99,83	99,46	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	99,6
40	0,01	0,00	0,00	0,00	99,83	99,47	0,00	0,0	0,1	0,0	100,0	100,0	99,7

**Concreto Liviano - 20 Pisos- Lacustre 200**  
**ANALISIS SISMICO**

**DYNAMIC RESPONSE SPECTRUM BASE SHEARS REACTIONS**

SPX	Mode	Dir	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SPX	1	U1	0,5	-26,5	0	965	19	101
SPX	2	U1	753,2	-35760,7	0	1287424	27389	-286058
SPX	3	U1	1665700,7	36074,9	0	-1294076	60418831	-14342178
SPX	4	U1	0,0	-3,0	0	10	0	0
SPX	5	U1	3,7	-1345,9	0	10743	46	-10552
SPX	6	U1	546311,4	1160,0	0	-5752	4866015	-4787228
SPX	7	U1	0,0	0,4	0	-3	0	-2
SPX	8	U1	0,1	-142,7	0	778	1	-1116
SPX	9	U1	158597,9	64,2	0	-274	764135	-1391863
SPX	10	U1	0,0	-3,7	0	8	0	0
SPX	11	U1	0,0	6,7	0	-23	0	52
SPX	12	U1	0,2	3,0	0	-10	1	-16
SPX	13	U1	70696,2	26,7	0	190	205541	-620857
SPX	14	U1	0,0	43,0	0	-123	0	335
SPX	15	U1	0,1	2,4	0	-7	0	1
SPX	16	U1	38473,7	-49,8	0	136	82166	-338132
SPX	17	U1	0,2	-0,1	0	0	0	33
SPX	18	U1	24116,3	1174,4	0	-2567	39116	-202537
SPX	19	U1	45,4	-1175,9	0	2582	74	-9582
SPX	20	U1	16468,3	29,9	0	-61	22476	-144350
SPX	21	U1	0,1	-0,7	0	1	0	5
SPX	22	U1	0,0	-30,3	0	58	0	-237
SPX	23	U1	1185,4	13,9	0	-17	13587	-103982
SPX	24	U1	0,0	0,0	0	0	0	-1
SPX	25	U1	0,0	-12,7	0	20	0	-99
SPX	26	U1	8810,5	7,1	0	-12	9072	-77286
SPX	27	U1	0,0	0,1	0	0	0	-1
SPX	28	U1	0,0	-9,0	0	13	0	-70
SPX	29	U1	6685,0	7,0	0	8	6104	-58638
SPX	30	U1	0,0	0,2	0	0	0	4
SPX	31	U1	5119,1	-3,2	0	3	4360	-44959
SPX	32	U1	0,0	3,2	0	-2	0	10
SPX	33	U1	0,0	0,2	0	0	0	-2
SPX	34	U1	3927,6	0,5	0	0	3073	-34478
SPX	35	U1	0,0	-3,0	0	1	0	-8
SPX	36	U1	0,1	0,4	0	0	0	-9
SPX	37	U1	2992,8	-0,1	0	0	2240	-26263
SPX	38	U1	0,0	-1,9	0	2	0	-15
SPX	39	U1	2245,7	2,8	0	-3	1584	-19707
SPX	40	U1	0,8	-0,7	0	1	1	-1
SPX	All	All	1765886,2	24116,2	0	865070	60654351	15441431
SPY	1	U2	-26,5	1426,4	0	-51991	-399	-5439
SPY	2	U2	-35760,7	1607856,2	0	-61124723	-1300392	13831529
SPY	3	U2	36074,9	781,3	0	-28026	1308519	-310615
SPY	4	U2	-3,0	-435,4	0	-3991	-130	-1243
SPY	5	U2	-1345,9	486704,7	0	-388406	-16693	3815867
SPY	6	U2	1160,0	2,5	0	-12	10332	-10165
SPY	7	U2	0,4	135,9	0	-846	5	-656
SPY	8	U2	-142,7	145327,7	0	-792598	-750	1136665
SPY	9	U2	64,2	0,0	0	0	309	-564
SPY	10	U2	-1,7	72,6	0	-325	-11	-127
SPY	11	U2	6,7	76182,2	0	-265079	-104	595499
SPY	12	U2	3,0	46,3	0	-156	9	-257
SPY	13	U2	-26,7	0,0	0	0	-78	235
SPY	14	U2	43,0	45887,8	0	-131731	100	358116
SPY	15	U2	2,4	53,5	0	-144	5	30
SPY	16	U2	-49,8	0,1	0	0	-106	438
SPY	17	U2	-0,1	0,1	0	0	0	15
SPY	18	U2	1174,4	57,2	0	-125	1905	-9863
SPY	19	U2	-1175,9	30445,6	0	-66839	-1922	248072
SPY	20	U2	29,9	0,1	0	0	41	-262
SPY	21	U2	-0,7	0,4	0	0	-7	-29
SPY	22	U2	-30,3	21248,4	0	-40708	-39	166123
SPY	23	U2	11,9	0,0	0	0	14	-104
SPY	24	U2	0,0	3,3	0	0	0	-61
SPY	25	U2	-12,7	15373,9	0	-24349	-18	120248
SPY	26	U2	7,1	0,0	0	0	7	-62
SPY	27	U2	0,1	2,6	0	-4	0	-19
SPY	28	U2	-9,0	11365,6	0	-16319	-8	88818
SPY	29	U2	7,0	0,0	0	0	6	-61
SPY	30	U2	0,2	2,0	0	-3	0	-39
SPY	31	U2	-3,2	0,0	0	0	0	38
SPY	32	U2	1,2	8537,0	0	-10644	0	66719
SPY	33	U2	0,2	3,5	0	-2	0	-11
SPY	34	U2	0,5	0,0	0	0	0	-5
SPY	35	U2	-1,0	6462,9	0	-7515	0	50447
SPY	36	U2	0,4	3,1	0	-1	0	-25
SPY	37	U2	-0,1	0,0	0	0	0	1
SPY	38	U2	-1,9	4924,1	0	-5161	-2	38507
SPY	39	U2	2,8	0,0	0	0	2	-25
SPY	40	U2	-0,7	0,6	0	0	-1	0
SPY	All	All	24116,2	1778502,8	0	612897,62	874353	13966455

/-----D1-----/      /-----D2-----/  
 DIRECTION-X                  DIRECTION-Y  
**CQC      1765886,2      24116,2      24116,2      1778502,8**

Vbx= 1765,9 t  
 Vby= 1778,5 t

RESPONSE SPECTRUM ACCELERATIONS & TOTAL MODAL DAMPING

Spec	Mode	Period	DampRatio	SpecFactor	SPEC-ACC U1	SPEC-ACC U2	SPEC-ACC U3	Sa
SPX	1	1,683	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	2	0,910	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	3	0,863	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	4	0,328	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	5	0,204	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	6	0,177	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	7	0,135	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	8	0,091	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	9	0,079	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	10	0,077	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	11	0,055	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	12	0,051	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	13	0,050	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	14	0,038	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	15	0,037	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	16	0,036	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	17	0,028	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	18	0,028	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	19	0,028	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	20	0,023	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	21	0,023	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	22	0,022	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	23	0,019	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	24	0,019	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	25	0,018	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	26	0,017	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	27	0,016	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	28	0,015	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	29	0,015	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	30	0,014	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	31	0,013	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	32	0,013	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	33	0,013	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	34	0,012	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	35	0,012	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	36	0,011	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	37	0,011	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	38	0,010	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	39	0,010	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPX	40	0,010	0,05	1	4,41	0,00	0,0	0,450
SPY	1	1,683	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	2	0,910	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	3	0,863	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	4	0,328	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	5	0,204	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	6	0,177	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	7	0,135	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	8	0,091	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	9	0,079	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	10	0,077	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	11	0,055	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	12	0,051	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	13	0,050	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	14	0,038	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	15	0,037	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	16	0,036	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	17	0,028	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	18	0,028	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	19	0,028	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	20	0,023	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	21	0,023	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	22	0,022	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	23	0,019	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	24	0,019	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	25	0,018	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	26	0,017	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	27	0,016	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	28	0,015	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	29	0,015	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	30	0,014	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	31	0,013	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	32	0,013	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	33	0,013	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	34	0,012	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	35	0,012	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	36	0,011	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	37	0,011	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	38	0,010	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	39	0,010	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450
SPY	40	0,010	0,05	1	0,00	4,41	0,0	0,450



	85      107		$\frac{1.2*(\Delta1+ \Delta2)}{2}$	$\frac{1.4*(\Delta1+ \Delta2)}{2}$	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	$\Delta1$ (cm)	$\Delta2$ (cm)				
	STORY20	1,04				
STORY19	1,04	1,05	1,25	1,46	NO	NO
STORY18	1,06	1,06	1,27	1,48	NO	NO
STORY17	1,06	1,06	1,27	1,48	NO	NO
STORY16	1,06	1,06	1,27	1,48	NO	NO
STORY15	1,05	1,05	1,26	1,47	NO	NO
STORY14	1,05	1,04	1,25	1,46	NO	NO
STORY13	1,02	1,03	1,23	1,44	NO	NO
STORY12	1,00	1,00	1,20	1,40	NO	NO
STORY11	0,96	0,96	1,15	1,34	NO	NO
STORY10	0,93	0,93	1,12	1,30	NO	NO
STORY9	0,88	0,87	1,05	1,23	NO	NO
STORY8	0,81	0,82	0,98	1,14	NO	NO
STORY7	0,76	0,75	0,91	1,06	NO	NO
STORY6	0,67	0,67	0,80	0,94	NO	NO
STORY5	0,59	0,59	0,71	0,83	NO	NO
STORY4	0,49	0,50	0,59	0,69	NO	NO
STORY3	0,39	0,38	0,46	0,54	NO	NO
STORY2	0,28	0,28	0,34	0,39	NO	NO
STORY1	0,13	0,13	0,16	0,18	NO	NO

SISMO EN Y      Caso de Carga:      5

Columna Eje Vertical:

	1      85		$\frac{1.2*(\Delta1+ \Delta2)}{2}$	$\frac{1.4*(\Delta1+ \Delta2)}{2}$	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	$\Delta1$ (cm)	$\Delta2$ (cm)				
	STORY20	1,04				
STORY19	1,05	1,10	1,29	1,51	NO	NO
STORY18	1,05	1,12	1,30	1,52	NO	NO
STORY17	1,08	1,13	1,33	1,55	NO	NO
STORY16	1,08	1,15	1,34	1,56	NO	NO
STORY15	1,08	1,14	1,33	1,56	NO	NO
STORY14	1,09	1,15	1,34	1,57	NO	NO
STORY13	1,08	1,14	1,33	1,55	NO	NO
STORY12	1,06	1,13	1,31	1,53	NO	NO
STORY11	1,05	1,10	1,29	1,50	NO	NO
STORY10	1,01	1,07	1,25	1,46	NO	NO
STORY9	0,97	1,03	1,20	1,40	NO	NO
STORY8	0,92	0,97	1,13	1,32	NO	NO
STORY7	0,86	0,91	1,06	1,23	NO	NO
STORY6	0,78	0,83	0,96	1,12	NO	NO
STORY5	0,69	0,73	0,86	1,00	NO	NO
STORY4	0,59	0,62	0,72	0,84	NO	NO
STORY3	0,46	0,49	0,57	0,67	NO	NO
STORY2	0,32	0,34	0,40	0,47	NO	NO
STORY1	0,13	0,14	0,16	0,19	NO	NO

	95      107		$\frac{1.2*(\Delta1+ \Delta2)}{2}$	$\frac{1.4*(\Delta1+ \Delta2)}{2}$	Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	$\Delta1$ (cm)	$\Delta2$ (cm)				
	STORY20	1,04				
STORY19	1,05	1,10	1,29	1,50	NO	NO
STORY18	1,05	1,12	1,30	1,52	NO	NO
STORY17	1,08	1,13	1,33	1,55	NO	NO
STORY16	1,08	1,15	1,34	1,56	NO	NO
STORY15	1,08	1,14	1,33	1,55	NO	NO
STORY14	1,09	1,15	1,34	1,57	NO	NO
STORY13	1,08	1,14	1,33	1,55	NO	NO
STORY12	1,06	1,13	1,31	1,53	NO	NO
STORY11	1,05	1,10	1,29	1,50	NO	NO
STORY10	1,01	1,07	1,25	1,45	NO	NO
STORY9	0,97	1,03	1,20	1,40	NO	NO
STORY8	0,92	0,97	1,13	1,32	NO	NO
STORY7	0,86	0,91	1,06	1,23	NO	NO
STORY6	0,78	0,82	0,96	1,12	NO	NO
STORY5	0,70	0,74	0,86	1,00	NO	NO
STORY4	0,58	0,61	0,72	0,84	NO	NO
STORY3	0,46	0,49	0,57	0,67	NO	NO
STORY2	0,32	0,34	0,40	0,47	NO	NO
STORY1	0,13	0,14	0,16	0,19	NO	NO

IRREGULARIDADES EN PLANTA - (Ver tabla A.3-6 - NSR-10)			
PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Irregularidad Torsional		x	0,9
Irregularidad Torsional Extrema		x	0,8
Retrosos excesivos en las Esquinas	x		0,9
Discontinuidades en el Diafragma		x	0,9
Desplazamiento del Plano de Acción		x	0,8
Sistemas no Paralelos		x	0,9
<b>φp = 0,9</b>			
IRREGULARIDADES EN ALTURA - (Ver tabla A.3-7 - NSR-10)			
PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Piso Flexible (Irregularidad en Rigidez)		x	0,9
Piso Flexible (Irregularidad extrema en Rigidez)		x	0,8
Distribución de Masas		x	0,9
Geométrica		x	0,9
Desplazamiento del Plano de Acción		x	0,8
Piso Débil (Discontinuidad en la resistencia)		x	0,9
Piso Débil (Discontinuidad extrema en la resistencia)		x	0,8
<b>φa = 1,0</b>			
AUSENCIA DE REDUNDANCIA - (Ver A.3.3.8 - NSR-10)			
PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Ausencia de redundancia en el sistema sismo-resistente		x	0,75
<b>φr = 1,00</b>			

<b>Factores - Resultado</b>	Fx =	1,27
<b>Análisis Sísmico</b>	Fy =	1,26

**Combinaciones de Carga:**

**1.0. CHEQUEO DE LA DERIVA**

1	1,40 C.M.			
2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.		
3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,27 S.X.	
4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 1,27 S.X.	
5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,26 S.Y.	
6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 1,26 S.Y.	
7	0,90 C.M.		+ 1,27 S.X.	
8	0,90 C.M.		- 1,27 S.X.	
9	0,90 C.M.		+ 1,26 S.Y.	
10	0,90 C.M.		- 1,26 S.Y.	

**2.0. DISEÑO DE COLUMNAS Y VIGAS (FLEXIÓN)**

D1	1,40 C.M.				
D2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	+ 0,50 Lr.		
D3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,60 Lr.		
D4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,35 S.X.	+ 0,11 S.Y.
D5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,35 S.X.	- 0,11 S.Y.
D6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,35 S.X.	+ 0,11 S.Y.
D7	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,35 S.X.	- 0,11 S.Y.
D8	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,11 S.X.	+ 0,35 S.Y.
D9	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,11 S.X.	+ 0,35 S.Y.
D10	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,11 S.X.	- 0,35 S.Y.
D11	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,11 S.X.	- 0,35 S.Y.
D12	0,90 C.M.			+ 0,35 S.X.	+ 0,11 S.Y.
D13	0,90 C.M.			+ 0,35 S.X.	- 0,11 S.Y.
D14	0,90 C.M.			- 0,35 S.X.	+ 0,11 S.Y.
D15	0,90 C.M.			- 0,35 S.X.	- 0,11 S.Y.
D16	0,90 C.M.			+ 0,11 S.X.	+ 0,35 S.Y.
D17	0,90 C.M.			- 0,11 S.X.	+ 0,35 S.Y.
D18	0,90 C.M.			+ 0,11 S.X.	- 0,35 S.Y.
D19	0,90 C.M.			- 0,11 S.X.	- 0,35 S.Y.

**4.0. CARGAS A CIMENTACION**

C1	1,00 C.M.				
C2	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.			
C3	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		
C4	1,00 C.M.			0,25 S.X.	
C5	1,00 C.M.			- 0,25 S.X.	
C6	1,00 C.M.				+ 0,25 S.Y.
C7	1,00 C.M.				- 0,25 S.Y.
C8	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	0,19 S.X.	
C9	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	- 0,19 S.X.	
C10	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		+ 0,18 S.Y.
C11	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.		- 0,18 S.Y.
C12	0,60 C.M.			0,25 S.X.	
C13	0,60 C.M.			- 0,25 S.X.	
C14	0,60 C.M.				+ 0,25 S.Y.
C15	0,60 C.M.				- 0,25 S.Y.

**5.0. CARGAS A CIMENTACION PARA CHEQUEO DE ESFUERZO AXIALES MAXIMOS**

C16	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	0,25 S.X.	
C17	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	- 0,25 S.X.	
C18	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.		+ 0,25 S.Y.
C19	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.		- 0,25 S.Y.

**6.0 DISEÑO DE MUROS**

M1	1,40 C.M.				
M2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	+ 0,50 Lr.		
M3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,35 S.X.	
M4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,35 S.X.	
M5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.			+ 0,35 S.Y.
M6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.			- 0,35 S.Y.
M7	0,90 C.M.			+ 0,35 S.X.	
M8	0,90 C.M.			- 0,35 S.X.	
M9	0,90 C.M.				+ 0,35 S.Y.
M10	0,90 C.M.				- 0,35 S.Y.

C.M. =	Carga Muerta
C.V. =	Carga Viva
Lr =	Carga Viva Cubierta
S.X. =	Fuerzas Sísmicas Elásticas en X
S.Y. =	Fuerzas Sísmicas Elásticas en Y
R o =	4,00 Muros de concreto - (DMO)
Ωo =	2,50
φa =	1,00
φp =	0,90
φr =	1,00
Rx =	3,60
Ry =	3,60
R c x =	3,60
R c y =	3,60

e) Derivas – Muros

<b>DERIVA MUROS</b>								
$\Delta a = \sqrt{(\delta x_1 - \delta x_2)^2 + (\delta y_1 - \delta y_2)^2}$					$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis. $\Delta\rho$ = Deriva permitida. (0.01 h)			
SISMO EN X		Columna Eje Vertical:			<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">1</div>			
		Caso de Carga:			<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">3</div>			
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,1627	0,0023	16,272	1,04	2,50	OK	0,42
STORY19	2,50	0,1523	0,0022	15,232	1,04	2,50	OK	0,42
STORY18	2,50	0,1419	0,0020	14,191	1,06	2,50	OK	0,42
STORY17	2,50	0,1313	0,0019	13,131	1,06	2,50	OK	0,42
STORY16	2,50	0,1207	0,0018	12,071	1,06	2,50	OK	0,42
STORY15	2,50	0,1101	0,0016	11,011	1,05	2,50	OK	0,42
STORY14	2,50	0,0996	0,0015	9,961	1,05	2,50	OK	0,42
STORY13	2,50	0,0891	0,0013	8,911	1,02	2,50	OK	0,41
STORY12	2,50	0,0789	0,0012	7,891	1,00	2,50	OK	0,40
STORY11	2,50	0,0689	0,0011	6,891	0,96	2,50	OK	0,38
STORY10	2,50	0,0593	0,0009	5,931	0,93	2,50	OK	0,37
STORY9	2,50	0,0500	0,0008	5,001	0,88	2,50	OK	0,35
STORY8	2,50	0,0412	0,0006	4,120	0,81	2,50	OK	0,32
STORY7	2,50	0,0331	0,0005	3,310	0,76	2,50	OK	0,30
STORY6	2,50	0,0255	0,0004	2,550	0,67	2,50	OK	0,27
STORY5	2,50	0,0188	0,0003	1,880	0,59	2,50	OK	0,24
STORY4	2,50	0,0129	0,0002	1,290	0,49	2,50	OK	0,20
STORY3	2,50	0,0080	0,0001	0,800	0,39	2,50	OK	0,16
STORY2	2,50	0,0041	0,0001	0,410	0,28	2,50	OK	0,11
STORY1	2,50	0,0013	0,0000	0,130	0,13	2,50	OK	0,05

<b>DERIVA MUROS</b>								
SISMO EN Y					Columna Eje Vertical:			
					<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">1</div>			
					Caso de Carga:			
					<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">5</div>			
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,0236	0,1723	17,391	1,04	2,50	OK	0,42
STORY19	2,50	0,0220	0,1620	16,349	1,05	2,50	OK	0,42
STORY18	2,50	0,0205	0,1516	15,298	1,05	2,50	OK	0,42
STORY17	2,50	0,0190	0,1412	14,247	1,08	2,50	OK	0,43
STORY16	2,50	0,0175	0,1305	13,167	1,08	2,50	OK	0,43
STORY15	2,50	0,0160	0,1198	12,086	1,08	2,50	OK	0,43
STORY14	2,50	0,0144	0,1091	11,005	1,09	2,50	OK	0,44
STORY13	2,50	0,0129	0,0983	9,914	1,08	2,50	OK	0,43
STORY12	2,50	0,0114	0,0876	8,834	1,06	2,50	OK	0,42
STORY11	2,50	0,0100	0,0771	7,775	1,05	2,50	OK	0,42
STORY10	2,50	0,0086	0,0667	6,725	1,01	2,50	OK	0,40
STORY9	2,50	0,0072	0,0567	5,716	0,97	2,50	OK	0,39
STORY8	2,50	0,0059	0,0471	4,747	0,92	2,50	OK	0,37
STORY7	2,50	0,0047	0,0380	3,829	0,86	2,50	OK	0,34
STORY6	2,50	0,0036	0,0295	2,972	0,78	2,50	OK	0,31
STORY5	2,50	0,0026	0,0218	2,195	0,69	2,50	OK	0,28
STORY4	2,50	0,0018	0,0149	1,501	0,59	2,50	OK	0,23
STORY3	2,50	0,0010	0,0091	0,915	0,46	2,50	OK	0,19
STORY2	2,50	0,0005	0,0045	0,453	0,32	2,50	OK	0,13
STORY1	2,50	0,0001	0,0013	0,130	0,13	2,50	OK	0,05



## SISMO EN X

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:85  
3

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)	y	%
STORY20	2,50	0,1627	0,0025	16,272	1,04	2,50	OK	0,42
STORY19	2,50	0,1523	0,0023	15,232	1,04	2,50	OK	0,42
STORY18	2,50	0,1419	0,0022	14,192	1,06	2,50	OK	0,42
STORY17	2,50	0,1313	0,0020	13,132	1,06	2,50	OK	0,42
STORY16	2,50	0,1207	0,0019	12,071	1,06	2,50	OK	0,42
STORY15	2,50	0,1101	0,0017	11,011	1,05	2,50	OK	0,42
STORY14	2,50	0,0996	0,0016	9,961	1,05	2,50	OK	0,42
STORY13	2,50	0,0891	0,0014	8,911	1,02	2,50	OK	0,41
STORY12	2,50	0,0789	0,0013	7,891	1,00	2,50	OK	0,40
STORY11	2,50	0,0689	0,0011	6,891	0,96	2,50	OK	0,38
STORY10	2,50	0,0593	0,0010	5,931	0,93	2,50	OK	0,37
STORY9	2,50	0,0500	0,0008	5,001	0,88	2,50	OK	0,35
STORY8	2,50	0,0412	0,0007	4,121	0,81	2,50	OK	0,32
STORY7	2,50	0,0331	0,0005	3,310	0,76	2,50	OK	0,30
STORY6	2,50	0,0255	0,0004	2,550	0,67	2,50	OK	0,27
STORY5	2,50	0,0188	0,0003	1,880	0,59	2,50	OK	0,24
STORY4	2,50	0,0129	0,0002	1,290	0,49	2,50	OK	0,20
STORY3	2,50	0,0080	0,0001	0,800	0,39	2,50	OK	0,16
STORY2	2,50	0,0041	0,0001	0,410	0,28	2,50	OK	0,11
STORY1	2,50	0,0013	0,0000	0,130	0,13	2,50	OK	0,05

## SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:85  
5

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)	y	%
STORY20	2,50	0,0236	0,1822	18,372	1,09	2,50	OK	0,44
STORY19	2,50	0,0220	0,1714	17,281	1,10	2,50	OK	0,44
STORY18	2,50	0,0205	0,1605	16,180	1,12	2,50	OK	0,45
STORY17	2,50	0,0190	0,1494	15,060	1,13	2,50	OK	0,45
STORY16	2,50	0,0175	0,1382	13,930	1,15	2,50	OK	0,46
STORY15	2,50	0,0160	0,1268	12,781	1,14	2,50	OK	0,46
STORY14	2,50	0,0144	0,1155	11,639	1,15	2,50	OK	0,46
STORY13	2,50	0,0129	0,1041	10,490	1,14	2,50	OK	0,46
STORY12	2,50	0,0114	0,0928	9,350	1,13	2,50	OK	0,45
STORY11	2,50	0,0100	0,0816	8,221	1,10	2,50	OK	0,44
STORY10	2,50	0,0086	0,0707	7,122	1,07	2,50	OK	0,43
STORY9	2,50	0,0072	0,0601	6,053	1,03	2,50	OK	0,41
STORY8	2,50	0,0059	0,0499	5,025	0,97	2,50	OK	0,39
STORY7	2,50	0,0047	0,0403	4,057	0,91	2,50	OK	0,36
STORY6	2,50	0,0036	0,0313	3,151	0,83	2,50	OK	0,33
STORY5	2,50	0,0026	0,0231	2,325	0,73	2,50	OK	0,29
STORY4	2,50	0,0018	0,0158	1,590	0,62	2,50	OK	0,25
STORY3	2,50	0,0010	0,0097	0,975	0,49	2,50	OK	0,20
STORY2	2,50	0,0005	0,0048	0,483	0,34	2,50	OK	0,14
STORY1	2,50	0,0001	0,0014	0,140	0,14	2,50	OK	0,06

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.

% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD =  $\Delta\alpha/\Delta\rho$

$$\Delta a = \sqrt{(\delta x_1 - \delta x_2)^2 + (\delta y_1 - \delta y_2)^2}$$

$\Delta\alpha$  = Deriva del análisis.

$\Delta\rho$  = Deriva permitida.  
(0.01 h)

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

95  
3

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,1627	0,0023	16,272	1,04	2,50	OK	0,42
STORY19	2,50	0,1523	0,0022	15,232	1,05	2,50	OK	0,42
STORY18	2,50	0,1418	0,0020	14,181	1,06	2,50	OK	0,42
STORY17	2,50	0,1312	0,0019	13,121	1,06	2,50	OK	0,42
STORY16	2,50	0,1206	0,0018	12,061	1,06	2,50	OK	0,42
STORY15	2,50	0,1100	0,0016	11,001	1,05	2,50	OK	0,42
STORY14	2,50	0,0995	0,0015	9,951	1,04	2,50	OK	0,42
STORY13	2,50	0,0891	0,0013	8,911	1,03	2,50	OK	0,41
STORY12	2,50	0,0788	0,0012	7,881	1,00	2,50	OK	0,40
STORY11	2,50	0,0688	0,0011	6,881	0,96	2,50	OK	0,38
STORY10	2,50	0,0592	0,0009	5,921	0,93	2,50	OK	0,37
STORY9	2,50	0,0499	0,0008	4,991	0,87	2,50	OK	0,35
STORY8	2,50	0,0412	0,0006	4,120	0,82	2,50	OK	0,33
STORY7	2,50	0,0330	0,0005	3,300	0,75	2,50	OK	0,30
STORY6	2,50	0,0255	0,0004	2,550	0,67	2,50	OK	0,27
STORY5	2,50	0,0188	0,0003	1,880	0,59	2,50	OK	0,24
STORY4	2,50	0,0129	0,0002	1,290	0,50	2,50	OK	0,20
STORY3	2,50	0,0079	0,0001	0,790	0,38	2,50	OK	0,15
STORY2	2,50	0,0041	0,0001	0,410	0,28	2,50	OK	0,11
STORY1	2,50	0,0013	0,0000	0,130	0,13	2,50	OK	0,05

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

95  
5

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,0230	0,1723	17,383	1,04	2,50	OK	0,42
STORY19	2,50	0,0215	0,1620	16,342	1,05	2,50	OK	0,42
STORY18	2,50	0,0201	0,1516	15,293	1,05	2,50	OK	0,42
STORY17	2,50	0,0186	0,1412	14,242	1,08	2,50	OK	0,43
STORY16	2,50	0,0171	0,1305	13,162	1,08	2,50	OK	0,43
STORY15	2,50	0,0156	0,1198	12,081	1,08	2,50	OK	0,43
STORY14	2,50	0,0141	0,1091	11,001	1,09	2,50	OK	0,44
STORY13	2,50	0,0126	0,0983	9,910	1,08	2,50	OK	0,43
STORY12	2,50	0,0112	0,0876	8,831	1,06	2,50	OK	0,42
STORY11	2,50	0,0098	0,0771	7,772	1,05	2,50	OK	0,42
STORY10	2,50	0,0084	0,0667	6,723	1,01	2,50	OK	0,40
STORY9	2,50	0,0071	0,0567	5,714	0,97	2,50	OK	0,39
STORY8	2,50	0,0058	0,0471	4,746	0,92	2,50	OK	0,37
STORY7	2,50	0,0046	0,0380	3,828	0,86	2,50	OK	0,34
STORY6	2,50	0,0035	0,0295	2,971	0,78	2,50	OK	0,31
STORY5	2,50	0,0026	0,0218	2,195	0,70	2,50	OK	0,28
STORY4	2,50	0,0017	0,0149	1,500	0,58	2,50	OK	0,23
STORY3	2,50	0,0010	0,0091	0,915	0,46	2,50	OK	0,19
STORY2	2,50	0,0005	0,0045	0,453	0,32	2,50	OK	0,13
STORY1	2,50	0,0001	0,0013	0,130	0,13	2,50	OK	0,05

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

107  
3

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,1627	0,0025	16,272	1,04	2,50	OK	0,42
STORY19	2,50	0,1523	0,0023	15,232	1,05	2,50	OK	0,42
STORY18	2,50	0,1418	0,0022	14,182	1,06	2,50	OK	0,42
STORY17	2,50	0,1312	0,0020	13,122	1,06	2,50	OK	0,42
STORY16	2,50	0,1206	0,0019	12,061	1,06	2,50	OK	0,42
STORY15	2,50	0,1100	0,0017	11,001	1,05	2,50	OK	0,42
STORY14	2,50	0,0995	0,0016	9,951	1,04	2,50	OK	0,42
STORY13	2,50	0,0891	0,0014	8,911	1,03	2,50	OK	0,41
STORY12	2,50	0,0788	0,0013	7,881	1,00	2,50	OK	0,40
STORY11	2,50	0,0688	0,0011	6,881	0,96	2,50	OK	0,38
STORY10	2,50	0,0592	0,0010	5,921	0,93	2,50	OK	0,37
STORY9	2,50	0,0499	0,0008	4,991	0,87	2,50	OK	0,35
STORY8	2,50	0,0412	0,0007	4,121	0,82	2,50	OK	0,33
STORY7	2,50	0,0330	0,0005	3,300	0,75	2,50	OK	0,30
STORY6	2,50	0,0255	0,0004	2,550	0,67	2,50	OK	0,27
STORY5	2,50	0,0188	0,0003	1,880	0,59	2,50	OK	0,24
STORY4	2,50	0,0129	0,0002	1,290	0,50	2,50	OK	0,20
STORY3	2,50	0,0079	0,0001	0,790	0,38	2,50	OK	0,15
STORY2	2,50	0,0041	0,0001	0,410	0,28	2,50	OK	0,11
STORY1	2,50	0,0013	0,0000	0,130	0,13	2,50	OK	0,05

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

107  
5

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,0230	0,1822	18,365	1,09	2,50	OK	0,44
STORY19	2,50	0,0215	0,1714	17,274	1,10	2,50	OK	0,44
STORY18	2,50	0,0201	0,1605	16,175	1,12	2,50	OK	0,45
STORY17	2,50	0,0186	0,1494	15,055	1,13	2,50	OK	0,45
STORY16	2,50	0,0171	0,1382	13,925	1,15	2,50	OK	0,46
STORY15	2,50	0,0156	0,1268	12,776	1,14	2,50	OK	0,46
STORY14	2,50	0,0141	0,1155	11,636	1,15	2,50	OK	0,46
STORY13	2,50	0,0126	0,1041	10,486	1,14	2,50	OK	0,46
STORY12	2,50	0,0112	0,0928	9,347	1,13	2,50	OK	0,45
STORY11	2,50	0,0098	0,0816	8,219	1,10	2,50	OK	0,44
STORY10	2,50	0,0084	0,0707	7,120	1,07	2,50	OK	0,43
STORY9	2,50	0,0071	0,0601	6,052	1,03	2,50	OK	0,41
STORY8	2,50	0,0058	0,0499	5,024	0,97	2,50	OK	0,39
STORY7	2,50	0,0046	0,0403	4,056	0,91	2,50	OK	0,36
STORY6	2,50	0,0035	0,0313	3,150	0,82	2,50	OK	0,33
STORY5	2,50	0,0026	0,0231	2,325	0,74	2,50	OK	0,29
STORY4	2,50	0,0017	0,0158	1,589	0,61	2,50	OK	0,25
STORY3	2,50	0,0010	0,0097	0,975	0,49	2,50	OK	0,20
STORY2	2,50	0,0005	0,0048	0,483	0,34	2,50	OK	0,14
STORY1	2,50	0,0001	0,0014	0,140	0,14	2,50	OK	0,06

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.  
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD =  $\Delta\alpha/\Delta\rho$

Max en X **0,42**  
Max en Y **0,46**

Max en x= 0,42 Max en y= 0,44	1	85	Max en x= 0,42 Max en y= 0,46
	95	107	
Max en x= 0,42 Max en y= 0,44			Max en x= 0,42 Max en y= 0,46

## Modelo 12. Concreto liviano – 20 pisos – Piedemonte B

### a) Análisis sísmico

**Modelo 12:** Concreto Liviano - 20 Pisos- Piedemonte B

El Análisis Sísmico se realizará por el método del Análisis Dinámico.  
 El programa de análisis estructural ETABS realiza directamente el análisis dinámico utilizando el Espectro Elástico de Diseño (según la microzonificación sísmica de Bogotá D.C.) construido con los siguientes parámetros:

ZONA : PIEDEMONTÉ B                      Grupo de Uso : I → I = 1,00

Aa = 0,15  
 Av = 0,20

Zona	F <sub>a</sub> (475)	F <sub>v</sub> (475)	T <sub>C</sub> (s)	T <sub>L</sub> (s)	A <sub>0</sub> (475) (g)
PIEDEMONTÉ B	1.95	1.70	0.56	3.0	0.26

Zona de Amenaza Sísmica : Intermedia

Sistema Estructural: Muros de concreto - (DMO)

	Area (m <sup>2</sup> )	Alt. Piso (m)	Elevación (h) h(m)	W (t)	W / A t/m <sup>2</sup>	Masa (kg-s <sup>2</sup> /m)
STORY20	238	2,50	50,00	192,3	0,81	19606
STORY19	238	2,50	47,50	274,7	1,16	28003
STORY18	238	2,50	45,00	274,7	1,16	28003
STORY17	238	2,50	42,50	274,7	1,16	28003
STORY16	238	2,50	40,00	274,7	1,16	28003
STORY15	238	2,50	37,50	274,7	1,16	28003
STORY14	238	2,50	35,00	274,7	1,16	28003
STORY13	238	2,50	32,50	274,7	1,16	28003
STORY12	238	2,50	30,00	274,7	1,16	28003
STORY11	238	2,50	27,50	274,7	1,16	28003
STORY10	238	2,50	25,00	274,7	1,16	28003
STORY9	238	2,50	22,50	274,7	1,16	28003
STORY8	238	2,50	20,00	274,7	1,16	28003
STORY7	238	2,50	17,50	274,7	1,16	28003
STORY6	238	2,50	15,00	274,7	1,16	28003
STORY5	238	2,50	12,50	274,7	1,16	28003
STORY4	238	2,50	10,00	274,7	1,16	28003
STORY3	238	2,50	7,50	274,7	1,16	28003
STORY2	238	2,50	5,00	274,7	1,16	28003
STORY1	238	2,50	2,50	274,7	1,16	28003
				Σ 5411,8		
				Σ 54117,5 kN		

**Análisis Sísmico por Fuerza Horizontal Equivalente:**

Para ajustar el valor del Cortante Dinámico en la base ( según A.5.4.5 -- NSR - 10

Periodo fundamental aproximado (según A.4.2.2 -- NSR - 10)

$C_u = 1,342 \quad C_u = 1.75 - 1.2A_v F_v$

$C_t = 0,049$  Muros de concreto - (DMO)

$a = 0,75$

$T_a = C_t h^a =$	0,92	seg
$C_u * T_a =$	1,24	seg

$T_x = 0,88$  seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)

$T_y = 0,91$  seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)

$T_x = 0,88$  seg ( definitivo )

$T_y = 0,91$  seg ( definitivo )

$S_a = 2.5 A_a F_a I \quad S_a = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot I}{T} \quad S_a = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot T_L \cdot I}{T^2} \quad S_{ax} = 0,46$  (Definitivo)

$S_{ay} = 0,45$  (Definitivo)

$S_a = 0,73$

$S_{ax} = 0,46$

$S_{ax} = 1,59$

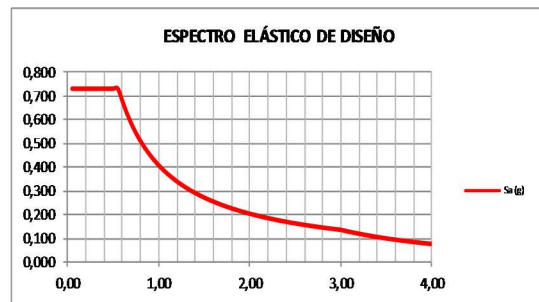
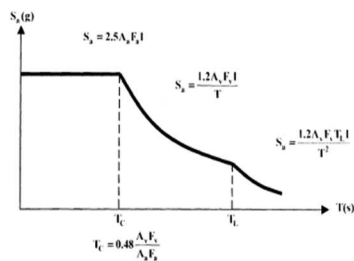
$V_{sx} = 2514,1$  t = 25141,2 kN

$S_{ay} = 0,45$

$S_{ay} = 1,47$

$V_{sy} = 2421,9$  t = 24219,3 kN

3.2. Curva de diseño para un coeficiente de amortiguamiento de 5% del crítico



Cortantes Dinámicos en la Base. ( Vtj ) :

$V_{tx} = 1923,2$  t = 19231,5 kN

$V_{ty} = 1849,0$  t = 18490,5 kN

Regularidad de la Estructura: **2** ( 1: Regular, 2: Irregular)

**Según A.5.4.5 -- NSR - 10**

- Si la estructura es regular, el cortante dinámico en la base **No puede ser menor que el 80 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente ( Vs )**

- Si la estructura es irregular, el cortante dinámico en la base **No puede ser menor que el 90 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente ( Vs )**

**Factores de Ajuste :**

$F_x = 2262,7 / 1923,2 = 1,18$

$F_y = 2179,7 / 1849,0 = 1,18$

$F_x = 1,18$  ( Definitivo)

$F_y = 1,18$  ( Definitivo)

**b) Cortantes**

**Concreto Liviano - 20 Pisos- Piedemonte B**  
**ANALISIS SISMICO**  
**MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS**

MODE NUMBER	Period	TRANSLATION						ROTATION					
		% MASS Ux	% MASS Uy	% MASS Uz	< % SUM> SummX	< % SUM> SummY	< % SUM> SummZ	% MASS R1	% MASS R2	% MASS R3	< % SUM> SummR1	< % SUM> SummR2	< % SUM> SummR3
1	1.67	0.00	0.06	0.00	0.00	0.06	0.00	0.1	0.0	64.6	0.1	0.0	64.6
2	0.91	0.05	66.14	0.00	0.05	66.20	0.00	98.2	0.1	0.1	98.3	0.1	64.7
3	0.88	65.27	0.05	0.00	65.32	66.25	0.00	0.1	97.9	0.0	19.2	98.4	64.7
4	0.33	0.00	0.02	0.00	65.32	66.27	0.00	0.0	0.0	0.0	99.7	98.0	83.8
5	0.20	0.00	18.97	0.00	65.32	85.24	0.00	1.4	0.0	0.0	99.7	98.0	83.9
6	0.19	21.09	0.00	0.00	86.41	85.24	0.00	0.0	1.8	0.0	99.7	99.8	83.9
7	0.14	0.00	0.01	0.00	86.41	85.24	0.00	0.0	0.0	6.2	99.7	99.8	90.0
8	0.09	0.00	5.66	0.00	86.41	90.90	0.00	0.2	0.0	0.0	99.9	99.8	90.0
9	0.08	5.94	0.00	0.00	92.35	90.90	0.00	0.0	0.0	0.0	99.9	100.0	90.0
10	0.08	0.00	0.00	0.00	92.35	90.90	0.00	0.0	0.0	3.2	99.9	100.0	93.2
11	0.05	0.00	2.96	0.00	92.35	93.86	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	93.2
12	0.05	2.69	0.00	0.00	95.04	93.86	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	93.2
13	0.05	0.00	0.00	0.00	95.04	93.86	0.00	0.0	0.0	1.9	100.0	100.0	95.1
14	0.04	1.49	0.00	0.00	96.54	93.86	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	95.1
15	0.04	0.00	1.79	0.00	96.54	95.65	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	95.1
16	0.04	0.00	0.00	0.00	96.54	95.65	0.00	0.0	0.0	1.3	100.0	100.0	96.4
17	0.03	0.95	0.00	0.00	97.49	95.65	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	96.4
18	0.03	0.00	0.00	0.00	97.49	95.65	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	97.3
19	0.03	0.00	1.19	0.00	97.49	96.84	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	97.4
20	0.02	0.66	0.00	0.00	98.15	96.84	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	97.4
21	0.02	0.00	0.00	0.00	98.15	96.84	0.00	0.0	0.0	0.7	100.0	100.0	98.0
22	0.02	0.00	0.83	0.00	98.15	97.67	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	98.0
23	0.02	0.48	0.00	0.00	98.62	97.67	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	98.0
24	0.02	0.00	0.00	0.00	98.62	97.67	0.00	0.0	0.0	0.5	100.0	100.0	98.5
25	0.02	0.00	0.60	0.00	98.62	98.27	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	98.5
26	0.02	0.35	0.00	0.00	98.98	98.27	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	98.5
27	0.02	0.00	0.00	0.00	98.98	98.27	0.00	0.0	0.0	0.4	100.0	100.0	98.9
28	0.02	0.27	0.00	0.00	99.25	98.27	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	98.9
29	0.02	0.00	0.44	0.00	99.25	98.71	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	98.9
30	0.01	0.00	0.00	0.00	99.25	98.71	0.00	0.0	0.0	0.3	100.0	100.0	99.2
31	0.01	0.21	0.00	0.00	99.45	98.71	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	99.2
32	0.01	0.00	0.33	0.00	99.45	99.04	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	99.2
33	0.01	0.16	0.00	0.00	99.61	99.04	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	99.2
34	0.01	0.00	0.00	0.00	99.61	99.04	0.00	0.0	0.0	0.2	100.0	100.0	99.4
35	0.01	0.12	0.00	0.00	99.73	99.04	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	99.4
36	0.01	0.00	0.25	0.00	99.73	99.29	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	99.4
37	0.01	0.00	0.00	0.00	99.73	99.29	0.00	0.0	0.0	0.2	100.0	100.0	99.6
38	0.01	0.09	0.00	0.00	99.83	99.29	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	99.6
39	0.01	0.19	0.00	0.00	99.83	99.48	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	99.6
40	0.01	0.00	0.00	0.00	99.83	99.48	0.00	0.0	0.0	0.1	100.0	100.0	99.7

**Concreto Liviano - 20 Pisos- Piedemonte B**  
**ANALISIS SISMICO**  
**DYNAMIC RESPONSE SPECTRUM BASE SHEARS REACTIONS**

Spec	Mode	Dir	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SPX	1	U1	0.4	17.9	0	652	16	71
SPX	2	U1	1290.1	-46124.7	0	1660635	46789	-371778
SPX	3	U1	1690274.3	48228.8	0	-1732066	61179713	-14463269
SPX	4	U1	0.0	-4.5	0	43	1	14
SPX	5	U1	9.1	-2655.6	0	21180	103	-20837
SPX	6	U1	859015.6	2345.9	0	-12970	7432108	-7523483
SPX	7	U1	0.0	0.3	0	-2	0	-1
SPX	8	U1	0.3	-248.0	0	1344	1	-1940
SPX	9	U1	242118.5	141.7	0	-720	1143201	-2124514
SPX	10	U1	0.0	0.4	0	-2	0	-1
SPX	11	U1	0.0	65.9	0	-227	0	515
SPX	12	U1	109620.4	-85.4	0	442	311523	-963117
SPX	13	U1	0.0	-0.2	0	1	0	1
SPX	14	U1	60880.6	165.9	0	-489	130938	-533183
SPX	15	U1	0.4	-170.7	0	485	0	-1337
SPX	16	U1	0.0	-0.3	0	1	0	0
SPX	17	U1	38861.9	34.4	0	-56	63934	-340937
SPX	18	U1	0.0	0.1	0	0	0	-2
SPX	19	U1	0.0	-35.9	0	78	0	-281
SPX	20	U1	26734.6	16.1	0	-38	37926	-234572
SPX	21	U1	0.0	0.2	0	0	0	-2
SPX	22	U1	0.0	-17.2	0	33	0	-135
SPX	23	U1	19372.9	9.6	0	-11	23176	-170018
SPX	24	U1	0.0	0.2	0	0	0	-5
SPX	25	U1	0.0	-14.5	0	23	0	-113
SPX	26	U1	14456.0	10.8	0	-20	15782	-126834
SPX	27	U1	0.0	0.3	0	0	0	-3
SPX	28	U1	11007.5	0.2	0	2	10642	-96642
SPX	29	U1	0.0	-1.0	0	0	0	7
SPX	30	U1	0.1	0.7	0	-1	0	-14
SPX	31	U1	8448.0	-0.1	0	-1	7673	-74146
SPX	32	U1	0.0	-1.8	0	2	0	-14
SPX	33	U1	6492.7	1.9	0	-1	5385	-57002
SPX	34	U1	0.2	-0.6	0	1	0	3
SPX	35	U1	4953.9	-0.8	0	1	3936	-43499
SPX	36	U1	0.0	0.2	0	0	0	2
SPX	37	U1	0.0	-0.1	0	0	0	3
SPX	38	U1	3723.3	0.7	0	-1	2767	-32687
SPX	39	U1	0.0	-0.8	0	1	0	-6
SPX	40	U1	0.0	0.0	0	0	0	1
SPX	All	All	1923152.8	23581.4	0	843170	61704216	16829017
SPY	1	U2	17.9	767.4	0	-27959	-670	-3045
SPY	2	U2	-46124.7	1649059.1	0	-5937312	-1672801	13291880
SPY	3	U2	48228.8	1376.1	0	-49421	1745646	-412682
SPY	4	U2	-4.5	661.3	0	-6326	-217	-2125
SPY	5	U2	-2655.6	772602.6	0	-6162074	-29839	6062238
SPY	6	U2	2345.9	6.4	0	-35	20296	-20546
SPY	7	U2	0.3	213.1	0	-1314	7	-1091
SPY	8	U2	-248.0	230516.6	0	-1249276	-1183	1803210
SPY	9	U2	141.7	0.1	0	669	0	-1244
SPY	10	U2	0.4	113.8	0	-505	-2	-256
SPY	11	U2	65.9	120486.7	0	-415571	10	941385
SPY	12	U2	-85.4	0.1	0	0	-243	750
SPY	13	U2	-0.2	73.5	0	-245	0	-383
SPY	14	U2	165.9	0.5	0	-1	357	-1453
SPY	15	U2	-170.7	72716.6	0	-206534	-354	569683
SPY	16	U2	-0.3	104.4	0	290	2	166
SPY	17	U2	34.4	0.0	0	0	57	-302
SPY	18	U2	0.1	2.2	0	-5	0	-102
SPY	19	U2	-35.9	484593.3	0	-105294	-84	378889
SPY	20	U2	16.1	0.0	0	0	23	-141
SPY	21	U2	0.2	6.3	0	-12	0	-60
SPY	22	U2	-17.2	33709.5	0	-63936	-22	263286
SPY	23	U2	9.6	0.0	0	0	12	-85
SPY	24	U2	0.2	5.5	0	-9	0	-103
SPY	25	U2	-14.5	24338.0	0	-38234	-22	190353
SPY	26	U2	10.8	0.0	0	0	12	-84
SPY	27	U2	0.3	4.2	0	-6	0	-33
SPY	28	U2	0.2	0.0	0	0	0	-1
SPY	29	U2	-1.0	17991.4	0	-25639	0	140431
SPY	30	U2	0.7	3.1	0	4	1	-66
SPY	31	U2	-0.1	0.0	0	0	0	1
SPY	32	U2	-1.8	13513.6	0	-16771	-3	105652
SPY	33	U2	1.9	0.0	0	0	0	-16
SPY	34	U2	-0.6	2.2	0	-3	0	-11
SPY	35	U2	-0.8	0.0	0	0	-1	7
SPY	36	U2	0.2	10229.6	0	-11856	1	79828
SPY	37	U2	-0.1	1.4	0	2	0	-24
SPY	38	U2	0.7	0.0	0	0	1	-6
SPY	39	U2	-0.8	7826.6	0	-8193	-1	61168
SPY	40	U2	0.0	0.1	0	0	0	4
SPY	All	All	23581.4	1849047.6	0	59770295	849832	14486217

$\leftarrow \text{D1} \rightarrow$        $\leftarrow \text{D2} \rightarrow$   
**DIRECTION X**      **DIRECTION Y**  
 CQC      1923152.8      23581.4      23581.4      1849047.6  
 Vtx= 1923.2 t  
 Vty= 1849.0 t

RESPONSE SPECTRUM ACCELERATIONS & TOTAL MODAL DAMPING

Spec	Mode	Period	DampRatio	SpecFactor	SPEC-ACC U1	SPEC-ACC U2	SPEC-ACC U3	Sa
SPX	1	1,670	0,05	1	2,40	0,00	0,0	0,244
SPX	2	0,912	0,05	1	4,39	0,00	0,0	0,447
SPX	3	0,878	0,05	1	4,56	0,00	0,0	0,465
SPX	4	0,328	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	5	0,204	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	6	0,186	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	7	0,135	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	8	0,090	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	9	0,084	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	10	0,077	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	11	0,055	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	12	0,053	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	13	0,051	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	14	0,038	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	15	0,037	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	16	0,037	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	17	0,030	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	18	0,028	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	19	0,028	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	20	0,024	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	21	0,023	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	22	0,022	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	23	0,020	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	24	0,019	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	25	0,018	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	26	0,018	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	27	0,016	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	28	0,016	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	29	0,015	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	30	0,014	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	31	0,014	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	32	0,013	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	33	0,013	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	34	0,013	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	35	0,012	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	36	0,012	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	37	0,011	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	38	0,011	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	39	0,010	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPX	40	0,010	0,05	1	7,17	0,00	0,0	0,731
SPY	1	1,670	0,05	1	0,00	2,40	0,0	0,244
SPY	2	0,912	0,05	1	0,00	4,39	0,0	0,447
SPY	3	0,878	0,05	1	0,00	4,56	0,0	0,465
SPY	4	0,328	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	5	0,204	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	6	0,186	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	7	0,135	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	8	0,090	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	9	0,084	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	10	0,077	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	11	0,055	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	12	0,053	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	13	0,051	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	14	0,038	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	15	0,037	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	16	0,037	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	17	0,030	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	18	0,028	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	19	0,028	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	20	0,024	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	21	0,023	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	22	0,022	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	23	0,020	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	24	0,019	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	25	0,018	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	26	0,018	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	27	0,016	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	28	0,016	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	29	0,015	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	30	0,014	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	31	0,014	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	32	0,013	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	33	0,013	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	34	0,013	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	35	0,012	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	36	0,012	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	37	0,011	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	38	0,011	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	39	0,010	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731
SPY	40	0,010	0,05	1	0,00	7,17	0,0	0,731

Concreto Liviano - 20 Pisos- Piedemonte B  
ANALISIS SISMICO

COORDINATES OF CENTERS OF CUMULATIVE MASS & CENTERS OF RIGIDITY

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NUMBER	/---CENTER OF MASS---/				/--CENTER OF RIGIDITY--/					
		MASS		ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X		ORDINATE-Y			
Story	Diaphragm	MassX	MassY	XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR
STORY20	D1	19605,8	19605,8	7,79	8,78	19605,8	19605,8	7,79	8,78	7,96	8,78
STORY19	D1	28002,7	28002,7	7,81	8,78	47608,5	47608,5	7,80	8,78	7,96	8,78
STORY18	D1	28002,7	28002,7	7,81	8,78	75611,1	75611,1	7,80	8,78	7,96	8,78
STORY17	D1	28002,7	28002,7	7,81	8,78	103613,8	103613,8	7,80	8,78	7,96	8,78
STORY16	D1	28002,7	28002,7	7,81	8,78	131616,5	131616,5	7,80	8,78	7,96	8,78
STORY15	D1	28002,7	28002,7	7,81	8,78	159619,2	159619,2	7,80	8,78	7,96	8,78
STORY14	D1	28002,7	28002,7	7,81	8,78	187621,9	187621,9	7,80	8,78	7,95	8,78
STORY13	D1	28002,7	28002,7	7,81	8,78	215624,6	215624,6	7,80	8,78	7,95	8,78
STORY12	D1	28002,7	28002,7	7,81	8,78	243627,3	243627,3	7,80	8,78	7,95	8,78
STORY11	D1	28002,7	28002,7	7,81	8,78	271630,0	271630,0	7,81	8,78	7,95	8,78
STORY10	D1	28002,7	28002,7	7,81	8,78	299632,7	299632,7	7,81	8,78	7,95	8,78
STORY9	D1	28002,7	28002,7	7,81	8,78	327635,4	327635,4	7,81	8,78	7,94	8,78
STORY8	D1	28002,7	28002,7	7,81	8,78	355638,1	355638,1	7,81	8,78	7,94	8,78
STORY7	D1	28002,7	28002,7	7,81	8,78	383640,8	383640,8	7,81	8,78	7,94	8,78
STORY6	D1	28002,7	28002,7	7,81	8,78	411643,5	411643,5	7,81	8,78	7,93	8,78
STORY5	D1	28002,7	28002,7	7,81	8,78	439646,1	439646,1	7,81	8,78	7,92	8,78
STORY4	D1	28002,7	28002,7	7,81	8,78	467648,8	467648,8	7,81	8,78	7,91	8,78
STORY3	D1	28002,7	28002,7	7,81	8,78	495651,5	495651,5	7,81	8,78	7,90	8,78
STORY2	D1	28002,7	28002,7	7,81	8,78	523654,2	523654,2	7,81	8,78	7,88	8,78
STORY1	D1	28002,7	28002,7	7,81	8,78	551656,9	551656,9	7,81	8,78	7,85	8,78

d) Irregularidades – Combinación

**REVISION DE LA IRREGULARIDAD TORSIONAL**

SISMO EN X Caso de Carga: 3 Δ = Deriva del análisis.

Columna Eje Vertical:

	1	95			Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	Δ1 (cm)	Δ2 (cm)	1.2*(Δ1+ Δ2) 2	1.4*(Δ1+ Δ2) 2		
STORY20	1,02	1,02	1,22	1,43	NO	NO
STORY19	1,03	1,03	1,24	1,44	NO	NO
STORY18	1,04	1,04	1,25	1,46	NO	NO
STORY17	1,04	1,04	1,25	1,46	NO	NO
STORY16	1,04	1,04	1,25	1,46	NO	NO
STORY15	1,04	1,04	1,25	1,46	NO	NO
STORY14	1,03	1,03	1,24	1,44	NO	NO
STORY13	1,01	1,01	1,21	1,41	NO	NO
STORY12	0,98	0,98	1,18	1,37	NO	NO
STORY11	0,96	0,96	1,15	1,34	NO	NO
STORY10	0,91	0,91	1,09	1,27	NO	NO
STORY9	0,87	0,87	1,04	1,22	NO	NO
STORY8	0,82	0,81	0,98	1,14	NO	NO
STORY7	0,75	0,75	0,90	1,05	NO	NO
STORY6	0,67	0,68	0,81	0,95	NO	NO
STORY5	0,60	0,59	0,71	0,83	NO	NO
STORY4	0,50	0,51	0,61	0,71	NO	NO
STORY3	0,41	0,40	0,49	0,57	NO	NO
STORY2	0,29	0,30	0,35	0,41	NO	NO
STORY1	0,15	0,14	0,17	0,20	NO	NO



	85		107		Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	$\Delta 1$ (cm)	$\Delta 2$ (cm)	$1.2^*(\Delta 1+ \Delta 2)$	$1.4^*(\Delta 1+ \Delta 2)$		
			2	2		
STORY20	1,02	1,02	1,22	1,43	NO	NO
STORY19	1,03	1,03	1,24	1,44	NO	NO
STORY18	1,04	1,04	1,25	1,46	NO	NO
STORY17	1,04	1,04	1,25	1,46	NO	NO
STORY16	1,04	1,04	1,25	1,46	NO	NO
STORY15	1,04	1,04	1,25	1,46	NO	NO
STORY14	1,03	1,03	1,24	1,44	NO	NO
STORY13	1,01	1,01	1,21	1,41	NO	NO
STORY12	0,98	0,98	1,18	1,37	NO	NO
STORY11	0,96	0,96	1,15	1,34	NO	NO
STORY10	0,91	0,91	1,09	1,27	NO	NO
STORY9	0,87	0,87	1,04	1,22	NO	NO
STORY8	0,82	0,81	0,98	1,14	NO	NO
STORY7	0,75	0,75	0,90	1,05	NO	NO
STORY6	0,67	0,68	0,81	0,95	NO	NO
STORY5	0,60	0,59	0,71	0,83	NO	NO
STORY4	0,50	0,51	0,61	0,71	NO	NO
STORY3	0,41	0,40	0,49	0,57	NO	NO
STORY2	0,29	0,30	0,35	0,41	NO	NO
STORY1	0,15	0,14	0,17	0,20	NO	NO

SISMO EN Y Caso de Carga: 5

Columna Eje Vertical:

	1		85		Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	$\Delta 1$ (cm)	$\Delta 2$ (cm)	$1.2^*(\Delta 1+ \Delta 2)$	$1.4^*(\Delta 1+ \Delta 2)$		
			2	2		
STORY20	0,96	1,01	1,19	1,38	NO	NO
STORY19	0,96	1,02	1,19	1,39	NO	NO
STORY18	0,98	1,04	1,22	1,42	NO	NO
STORY17	0,99	1,04	1,22	1,43	NO	NO
STORY16	0,99	1,06	1,23	1,44	NO	NO
STORY15	1,00	1,05	1,23	1,44	NO	NO
STORY14	0,99	1,06	1,23	1,44	NO	NO
STORY13	0,99	1,05	1,23	1,43	NO	NO
STORY12	0,98	1,04	1,22	1,42	NO	NO
STORY11	0,95	1,01	1,18	1,38	NO	NO
STORY10	0,92	0,98	1,14	1,33	NO	NO
STORY9	0,89	0,94	1,10	1,29	NO	NO
STORY8	0,84	0,90	1,05	1,22	NO	NO
STORY7	0,79	0,83	0,97	1,14	NO	NO
STORY6	0,72	0,77	0,90	1,05	NO	NO
STORY5	0,64	0,68	0,79	0,93	NO	NO
STORY4	0,54	0,58	0,67	0,79	NO	NO
STORY3	0,44	0,46	0,54	0,63	NO	NO
STORY2	0,30	0,32	0,37	0,43	NO	NO
STORY1	0,13	0,14	0,16	0,19	NO	NO

	95		107		Irregularidad Torsional	Irregularidad Torsional Extrema
	$\Delta 1$ (cm)	$\Delta 2$ (cm)	$1.2^*(\Delta 1+ \Delta 2)$	$1.4^*(\Delta 1+ \Delta 2)$		
			2	2		
STORY20	0,96	1,01	1,19	1,38	NO	NO
STORY19	0,96	1,02	1,19	1,39	NO	NO
STORY18	0,98	1,04	1,22	1,42	NO	NO
STORY17	0,99	1,04	1,22	1,43	NO	NO
STORY16	0,99	1,06	1,23	1,44	NO	NO
STORY15	1,00	1,05	1,23	1,44	NO	NO
STORY14	0,99	1,06	1,23	1,44	NO	NO
STORY13	0,99	1,05	1,23	1,43	NO	NO
STORY12	0,98	1,04	1,22	1,42	NO	NO
STORY11	0,95	1,01	1,18	1,38	NO	NO
STORY10	0,92	0,98	1,14	1,33	NO	NO
STORY9	0,89	0,94	1,10	1,28	NO	NO
STORY8	0,84	0,90	1,05	1,22	NO	NO
STORY7	0,79	0,83	0,97	1,14	NO	NO
STORY6	0,72	0,77	0,90	1,05	NO	NO
STORY5	0,64	0,68	0,79	0,93	NO	NO
STORY4	0,54	0,58	0,67	0,79	NO	NO
STORY3	0,44	0,46	0,54	0,63	NO	NO
STORY2	0,30	0,32	0,37	0,43	NO	NO
STORY1	0,13	0,14	0,16	0,19	NO	NO

IRREGULARIDADES EN PLANTA - (Ver tabla A.3-6 - NSR-10)			
PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Irregularidad Torsional		x	0,9
Irregularidad Torsional Extrema		x	0,8
Retrocesos excesivos en las Esquinas	x		0,9
Discontinuidades en el Diafragma		x	0,9
Desplazamiento del Plano de Acción		x	0,8
Sistemas no Paralelos		x	0,9
$\phi_p = 0,9$			

IRREGULARIDADES EN ALTURA - (Ver tabla A.3-7 - NSR-10)			
PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Piso Flexible (Irregularidad en Rigidez)		x	0,9
Piso Flexible (Irregularidad extrema en Rigidez)		x	0,8
Distribución de Masas		x	0,9
Geométrica		x	0,9
Desplazamiento del Plano de Acción		x	0,8
Piso Débil (Discontinuidad en la resistencia)		x	0,9
Piso Débil (Discontinuidad extrema en la resistencia)		x	0,8
$\phi_a = 1,0$			

AUSENCIA DE REDUNDANCIA - (Ver A.3.3.8 - NSR-10)			
PARAMETRO	Aplica?		Factor de Reducción
	Si	No	
Ausencia de redundancia en el sistema sismo-resistente		x	0,75
$\phi_r = 1,00$			

<b>Factores - Resultado</b>	<b>Fx =</b>	<b>1,18</b>
<b>Análisis Sísmico</b>	<b>Fy =</b>	<b>1,18</b>

**Combinaciones de Carga:**

**1.0. CHEQUEO DE LA DERIVA**

1	1,40 C.M.			
2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.		
3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,18 S.X.	
4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 1,18 S.X.	
5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,18 S.Y.	
6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 1,18 S.Y.	
7	0,90 C.M.		+ 1,18 S.X.	
8	0,90 C.M.		- 1,18 S.X.	
9	0,90 C.M.		+ 1,18 S.Y.	
10	0,90 C.M.		- 1,18 S.Y.	

**2.0. DISEÑO DE COLUMNAS Y VIGAS (FLEXIÓN)**

D1	1,40 C.M.			
D2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	+ 0,50 Lr.	
D3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,60 Lr.	
D4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,33 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,33 S.X.	- 0,10 S.Y.
D6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,33 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D7	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,33 S.X.	- 0,10 S.Y.
D8	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,10 S.X.	+ 0,33 S.Y.
D9	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,10 S.X.	+ 0,33 S.Y.
D10	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 0,10 S.X.	- 0,33 S.Y.
D11	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.	- 0,10 S.X.	- 0,33 S.Y.
D12	0,90 C.M.		+ 0,33 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D13	0,90 C.M.		+ 0,33 S.X.	- 0,10 S.Y.
D14	0,90 C.M.		- 0,33 S.X.	+ 0,10 S.Y.
D15	0,90 C.M.		- 0,33 S.X.	- 0,10 S.Y.
D16	0,90 C.M.		+ 0,10 S.X.	+ 0,33 S.Y.
D17	0,90 C.M.		- 0,10 S.X.	+ 0,33 S.Y.
D18	0,90 C.M.		+ 0,10 S.X.	- 0,33 S.Y.
D19	0,90 C.M.		- 0,10 S.X.	- 0,33 S.Y.

**4.0. CARGAS A CIMENTACION**

C1	1,00 C.M.			
C2	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.		
C3	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	
C4	1,00 C.M.			0,23 S.X.
C5	1,00 C.M.			- 0,23 S.X.
C6	1,00 C.M.			+ 0,23 S.Y.
C7	1,00 C.M.			- 0,23 S.Y.
C8	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	0,17 S.X.
C9	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	- 0,17 S.X.
C10	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	+ 0,17 S.Y.
C11	1,00 C.M.	+ 0,75 C.V.	+ 0,75 Lr.	- 0,17 S.Y.
C12	0,60 C.M.			0,23 S.X.
C13	0,60 C.M.			- 0,23 S.X.
C14	0,60 C.M.			+ 0,23 S.Y.
C15	0,60 C.M.			- 0,23 S.Y.

**5.0. CARGAS A CIMENTACION PARA CHEQUEO DE ESFUERZO AXIALES MAXIMOS**

C16	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	0,23 S.X.
C17	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	- 0,23 S.X.
C18	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	+ 0,23 S.Y.
C19	1,00 C.M.	+ 1,00 C.V.	+ 1,00 Lr.	- 0,23 S.Y.

**6.0 DISEÑO DE MUROS**

M1	1,40 C.M.			
M2	1,20 C.M.	+ 1,60 C.V.	+ 0,50 Lr.	
M3	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,33 S.X.
M4	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,33 S.X.
M5	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		+ 0,33 S.Y.
M6	1,20 C.M.	+ 1,00 C.V.		- 0,33 S.Y.
M7	0,90 C.M.			+ 0,33 S.X.
M8	0,90 C.M.			- 0,33 S.X.
M9	0,90 C.M.			+ 0,33 S.Y.
M10	0,90 C.M.			- 0,33 S.Y.

C.M. = Carga Muerta  
C.V. = Carga Viva  
Lr = Carga Viva Cubierta  
S.X. = Fuerzas Sísmicas Elásticas en X  
S.Y. = Fuerzas Sísmicas Elásticas en Y

$R_o = 4,00$  Muros de concreto - (DMO)  
 $\Omega_0 = 2,50$   
 $\phi_a = 1,00$   
 $\phi_p = 0,90$   
 $\phi_r = 1,00$   
 $R_x = 3,60$   
 $R_y = 3,60$   
 $R_{c x} = 3,60$   
 $R_{c y} = 3,60$

e) Derivas – Muros

<b>DERIVA MUROS</b>								
$\Delta a = \sqrt{(\delta x_1 - \delta x_2)^2 + (\delta y_1 - \delta y_2)^2}$				$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis.				
				$\Delta\rho$ = Deriva permitida. (0.01 h)				
SISMO EN X		Columna Eje Vertical:			<b>1</b>			
		Caso de Carga:			<b>3</b>			
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,1616	0,0021	16,161	1,02	2,50	OK	0,41
STORY19	2,50	0,1514	0,0020	15,141	1,03	2,50	OK	0,41
STORY18	2,50	0,1411	0,0019	14,111	1,04	2,50	OK	0,42
STORY17	2,50	0,1307	0,0018	13,071	1,04	2,50	OK	0,42
STORY16	2,50	0,1203	0,0016	12,031	1,04	2,50	OK	0,42
STORY15	2,50	0,1099	0,0015	10,991	1,04	2,50	OK	0,42
STORY14	2,50	0,0995	0,0014	9,951	1,03	2,50	OK	0,41
STORY13	2,50	0,0892	0,0012	8,921	1,01	2,50	OK	0,40
STORY12	2,50	0,0791	0,0011	7,911	0,98	2,50	OK	0,39
STORY11	2,50	0,0693	0,0010	6,931	0,96	2,50	OK	0,38
STORY10	2,50	0,0597	0,0008	5,971	0,91	2,50	OK	0,36
STORY9	2,50	0,0506	0,0007	5,060	0,87	2,50	OK	0,35
STORY8	2,50	0,0419	0,0006	4,190	0,82	2,50	OK	0,33
STORY7	2,50	0,0337	0,0005	3,370	0,75	2,50	OK	0,30
STORY6	2,50	0,0262	0,0004	2,620	0,67	2,50	OK	0,27
STORY5	2,50	0,0195	0,0003	1,950	0,60	2,50	OK	0,24
STORY4	2,50	0,0135	0,0002	1,350	0,50	2,50	OK	0,20
STORY3	2,50	0,0085	0,0001	0,850	0,41	2,50	OK	0,16
STORY2	2,50	0,0044	0,0001	0,440	0,29	2,50	OK	0,12
STORY1	2,50	0,0015	0,0000	0,150	0,15	2,50	OK	0,06

<b>DERIVA MUROS</b>								
				$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis.				
				$\Delta\rho$ = Deriva permitida. (0.01 h)				
SISMO EN Y		Columna Eje Vertical:			<b>1</b>			
		Caso de Carga:			<b>5</b>			
	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,0137	0,1600	16,059	0,96	2,50	OK	0,39
STORY19	2,50	0,0128	0,1504	15,094	0,96	2,50	OK	0,39
STORY18	2,50	0,0119	0,1408	14,130	0,98	2,50	OK	0,39
STORY17	2,50	0,0110	0,1310	13,146	0,99	2,50	OK	0,40
STORY16	2,50	0,0101	0,1211	12,152	0,99	2,50	OK	0,40
STORY15	2,50	0,0093	0,1112	11,159	1,00	2,50	OK	0,40
STORY14	2,50	0,0084	0,1012	10,155	0,99	2,50	OK	0,40
STORY13	2,50	0,0075	0,0913	9,161	0,99	2,50	OK	0,40
STORY12	2,50	0,0067	0,0814	8,168	0,98	2,50	OK	0,39
STORY11	2,50	0,0058	0,0716	7,183	0,95	2,50	OK	0,38
STORY10	2,50	0,0050	0,0621	6,230	0,92	2,50	OK	0,37
STORY9	2,50	0,0043	0,0529	5,307	0,89	2,50	OK	0,36
STORY8	2,50	0,0035	0,0440	4,414	0,84	2,50	OK	0,34
STORY7	2,50	0,0028	0,0356	3,571	0,79	2,50	OK	0,32
STORY6	2,50	0,0022	0,0277	2,779	0,72	2,50	OK	0,29
STORY5	2,50	0,0016	0,0205	2,056	0,64	2,50	OK	0,26
STORY4	2,50	0,0011	0,0141	1,414	0,54	2,50	OK	0,22
STORY3	2,50	0,0007	0,0087	0,873	0,44	2,50	OK	0,18
STORY2	2,50	0,0003	0,0042	0,431	0,30	2,50	OK	0,12
STORY1	2,50	0,0001	0,0013	0,130	0,13	2,50	OK	0,05

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

85

3

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,1616	0,0023	16,162	1,02	2,50	OK	0,41
STORY19	2,50	0,1514	0,0022	15,142	1,03	2,50	OK	0,41
STORY18	2,50	0,1411	0,0020	14,111	1,04	2,50	OK	0,42
STORY17	2,50	0,1307	0,0019	13,071	1,04	2,50	OK	0,42
STORY16	2,50	0,1203	0,0018	12,031	1,04	2,50	OK	0,42
STORY15	2,50	0,1099	0,0016	10,991	1,04	2,50	OK	0,42
STORY14	2,50	0,0995	0,0015	9,951	1,03	2,50	OK	0,41
STORY13	2,50	0,0892	0,0013	8,921	1,01	2,50	OK	0,40
STORY12	2,50	0,0791	0,0012	7,911	0,98	2,50	OK	0,39
STORY11	2,50	0,0693	0,0010	6,931	0,96	2,50	OK	0,38
STORY10	2,50	0,0597	0,0009	5,971	0,91	2,50	OK	0,36
STORY9	2,50	0,0506	0,0008	5,061	0,87	2,50	OK	0,35
STORY8	2,50	0,0419	0,0006	4,190	0,82	2,50	OK	0,33
STORY7	2,50	0,0337	0,0005	3,370	0,75	2,50	OK	0,30
STORY6	2,50	0,0262	0,0004	2,620	0,67	2,50	OK	0,27
STORY5	2,50	0,0195	0,0003	1,950	0,60	2,50	OK	0,24
STORY4	2,50	0,0135	0,0002	1,350	0,50	2,50	OK	0,20
STORY3	2,50	0,0085	0,0001	0,850	0,41	2,50	OK	0,16
STORY2	2,50	0,0044	0,0001	0,440	0,29	2,50	OK	0,12
STORY1	2,50	0,0015	0,0000	0,150	0,15	2,50	OK	0,06

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

85

5

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,0137	0,1698	17,035	1,01	2,50	OK	0,41
STORY19	2,50	0,0128	0,1597	16,021	1,02	2,50	OK	0,41
STORY18	2,50	0,0119	0,1495	14,997	1,04	2,50	OK	0,42
STORY17	2,50	0,0110	0,1391	13,953	1,04	2,50	OK	0,42
STORY16	2,50	0,0101	0,1287	12,910	1,06	2,50	OK	0,43
STORY15	2,50	0,0093	0,1181	11,847	1,05	2,50	OK	0,42
STORY14	2,50	0,0084	0,1076	10,793	1,06	2,50	OK	0,43
STORY13	2,50	0,0075	0,0970	9,729	1,05	2,50	OK	0,42
STORY12	2,50	0,0067	0,0865	8,676	1,04	2,50	OK	0,42
STORY11	2,50	0,0058	0,0761	7,632	1,01	2,50	OK	0,41
STORY10	2,50	0,0050	0,0660	6,619	0,98	2,50	OK	0,39
STORY9	2,50	0,0043	0,0562	5,636	0,94	2,50	OK	0,38
STORY8	2,50	0,0035	0,0468	4,693	0,90	2,50	OK	0,36
STORY7	2,50	0,0028	0,0378	3,790	0,83	2,50	OK	0,33
STORY6	2,50	0,0022	0,0295	2,958	0,77	2,50	OK	0,31
STORY5	2,50	0,0016	0,0218	2,186	0,68	2,50	OK	0,27
STORY4	2,50	0,0011	0,0150	1,504	0,58	2,50	OK	0,23
STORY3	2,50	0,0007	0,0092	0,923	0,46	2,50	OK	0,18
STORY2	2,50	0,0003	0,0046	0,461	0,32	2,50	OK	0,13
STORY1	2,50	0,0001	0,0014	0,140	0,14	2,50	OK	0,06

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.  
 % Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD =  $\Delta\alpha/\Delta\rho$

$$\Delta a = \sqrt{(\delta x_1 - \delta x_2)^2 + (\delta y_1 - \delta y_2)^2}$$

$\Delta\alpha$  = Deriva del análisis.

$\Delta\rho$  = Deriva permitida.  
(0.01 h)

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

95

3

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,1615	0,0021	16,151	1,02	2,50	OK	0,41
STORY19	2,50	0,1513	0,0020	15,131	1,03	2,50	OK	0,41
STORY18	2,50	0,1410	0,0019	14,101	1,04	2,50	OK	0,42
STORY17	2,50	0,1306	0,0018	13,061	1,04	2,50	OK	0,42
STORY16	2,50	0,1202	0,0016	12,021	1,04	2,50	OK	0,42
STORY15	2,50	0,1098	0,0015	10,981	1,04	2,50	OK	0,42
STORY14	2,50	0,0994	0,0014	9,941	1,03	2,50	OK	0,41
STORY13	2,50	0,0891	0,0012	8,911	1,01	2,50	OK	0,40
STORY12	2,50	0,0790	0,0011	7,901	0,98	2,50	OK	0,39
STORY11	2,50	0,0692	0,0010	6,921	0,96	2,50	OK	0,38
STORY10	2,50	0,0596	0,0008	5,961	0,91	2,50	OK	0,36
STORY9	2,50	0,0505	0,0007	5,050	0,87	2,50	OK	0,35
STORY8	2,50	0,0418	0,0006	4,180	0,81	2,50	OK	0,32
STORY7	2,50	0,0337	0,0005	3,370	0,75	2,50	OK	0,30
STORY6	2,50	0,0262	0,0004	2,620	0,68	2,50	OK	0,27
STORY5	2,50	0,0194	0,0003	1,940	0,59	2,50	OK	0,24
STORY4	2,50	0,0135	0,0002	1,350	0,51	2,50	OK	0,20
STORY3	2,50	0,0084	0,0001	0,840	0,40	2,50	OK	0,16
STORY2	2,50	0,0044	0,0001	0,440	0,30	2,50	OK	0,12
STORY1	2,50	0,0014	0,0000	0,140	0,14	2,50	OK	0,06

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

95

5

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,0131	0,1600	16,054	0,96	2,50	OK	0,39
STORY19	2,50	0,0122	0,1504	15,089	0,96	2,50	OK	0,39
STORY18	2,50	0,0114	0,1408	14,126	0,98	2,50	OK	0,39
STORY17	2,50	0,0106	0,1310	13,143	0,99	2,50	OK	0,40
STORY16	2,50	0,0097	0,1211	12,149	0,99	2,50	OK	0,40
STORY15	2,50	0,0089	0,1112	11,156	1,00	2,50	OK	0,40
STORY14	2,50	0,0080	0,1012	10,152	0,99	2,50	OK	0,40
STORY13	2,50	0,0072	0,0913	9,158	0,99	2,50	OK	0,40
STORY12	2,50	0,0064	0,0814	8,165	0,98	2,50	OK	0,39
STORY11	2,50	0,0056	0,0716	7,182	0,95	2,50	OK	0,38
STORY10	2,50	0,0048	0,0621	6,229	0,92	2,50	OK	0,37
STORY9	2,50	0,0041	0,0529	5,306	0,89	2,50	OK	0,36
STORY8	2,50	0,0034	0,0440	4,413	0,84	2,50	OK	0,34
STORY7	2,50	0,0027	0,0356	3,570	0,79	2,50	OK	0,32
STORY6	2,50	0,0021	0,0277	2,778	0,72	2,50	OK	0,29
STORY5	2,50	0,0015	0,0205	2,055	0,64	2,50	OK	0,26
STORY4	2,50	0,0010	0,0141	1,414	0,54	2,50	OK	0,22
STORY3	2,50	0,0006	0,0087	0,872	0,44	2,50	OK	0,18
STORY2	2,50	0,0003	0,0043	0,431	0,30	2,50	OK	0,12
STORY1	2,50	0,0001	0,0013	0,130	0,13	2,50	OK	0,05

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

**107**  
**3**

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,1615	0,0023	16,152	1,02	2,50	OK	0,41
STORY19	2,50	0,1513	0,0022	15,132	1,03	2,50	OK	0,41
STORY18	2,50	0,1410	0,0020	14,101	1,04	2,50	OK	0,42
STORY17	2,50	0,1306	0,0019	13,061	1,04	2,50	OK	0,42
STORY16	2,50	0,1202	0,0018	12,021	1,04	2,50	OK	0,42
STORY15	2,50	0,1098	0,0016	10,981	1,04	2,50	OK	0,42
STORY14	2,50	0,0994	0,0015	9,941	1,03	2,50	OK	0,41
STORY13	2,50	0,0891	0,0013	8,911	1,01	2,50	OK	0,40
STORY12	2,50	0,0790	0,0012	7,901	0,98	2,50	OK	0,39
STORY11	2,50	0,0692	0,0010	6,921	0,96	2,50	OK	0,38
STORY10	2,50	0,0596	0,0009	5,961	0,91	2,50	OK	0,36
STORY9	2,50	0,0505	0,0008	5,051	0,87	2,50	OK	0,35
STORY8	2,50	0,0418	0,0006	4,180	0,81	2,50	OK	0,32
STORY7	2,50	0,0337	0,0005	3,370	0,75	2,50	OK	0,30
STORY6	2,50	0,0262	0,0004	2,620	0,68	2,50	OK	0,27
STORY5	2,50	0,0194	0,0003	1,940	0,59	2,50	OK	0,24
STORY4	2,50	0,0135	0,0002	1,350	0,51	2,50	OK	0,20
STORY3	2,50	0,0084	0,0001	0,840	0,40	2,50	OK	0,16
STORY2	2,50	0,0044	0,0001	0,440	0,30	2,50	OK	0,12
STORY1	2,50	0,0014	0,0000	0,140	0,14	2,50	OK	0,06

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:  
Caso de Carga:

**107**  
**5**

	Alt. piso	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)	$\delta$ (cm)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)		%
STORY20	2,50	0,0131	0,1698	17,030	1,01	2,50	OK	0,41
STORY19	2,50	0,0122	0,1597	16,017	1,02	2,50	OK	0,41
STORY18	2,50	0,0114	0,1495	14,993	1,04	2,50	OK	0,42
STORY17	2,50	0,0106	0,1391	13,950	1,04	2,50	OK	0,42
STORY16	2,50	0,0097	0,1287	12,907	1,06	2,50	OK	0,43
STORY15	2,50	0,0089	0,1181	11,843	1,05	2,50	OK	0,42
STORY14	2,50	0,0080	0,1076	10,790	1,06	2,50	OK	0,43
STORY13	2,50	0,0072	0,0970	9,727	1,05	2,50	OK	0,42
STORY12	2,50	0,0064	0,0865	8,674	1,04	2,50	OK	0,42
STORY11	2,50	0,0056	0,0761	7,631	1,01	2,50	OK	0,41
STORY10	2,50	0,0048	0,0660	6,617	0,98	2,50	OK	0,39
STORY9	2,50	0,0041	0,0562	5,635	0,94	2,50	OK	0,38
STORY8	2,50	0,0034	0,0468	4,692	0,90	2,50	OK	0,36
STORY7	2,50	0,0027	0,0378	3,790	0,83	2,50	OK	0,33
STORY6	2,50	0,0021	0,0295	2,957	0,77	2,50	OK	0,31
STORY5	2,50	0,0015	0,0218	2,185	0,68	2,50	OK	0,27
STORY4	2,50	0,0010	0,0150	1,503	0,58	2,50	OK	0,23
STORY3	2,50	0,0006	0,0092	0,922	0,46	2,50	OK	0,18
STORY2	2,50	0,0003	0,0046	0,461	0,32	2,50	OK	0,13
STORY1	2,50	0,0001	0,0014	0,140	0,14	2,50	OK	0,06

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.  
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD =  $\Delta\alpha/\Delta\rho$

Max en X **0,42**  
Max en Y **0,43**

Max en x= 0,42 Max en y= 0,40	1	85	Max en x= 0,42 Max en y= 0,43
	95	107	
Max en x= 0,42 Max en y= 0,40			Max en x= 0,42 Max en y= 0,43

## Anexo B. Recomendaciones Alfonso Uribe S y Cia S.A – Estudio de Suelos



1

Bogotá D.C., Octubre 21 de 2015

ON-5661

Ingeniera  
**KARINA COLMENARES**  
Ciudad

**REF: TESIS COMPARACIÓN ENTRE EL CONCRETO NORMAL  
VS CONCRETO LIVIANO**

Apreciada Ingeniera:

Según lo establecido, se analizó el sistema de fundación para torres de seis, catorce y veinte pisos, fundadas en la Ciudad de Bogotá, una sobre un Depósito Lacustre 200 y otra sobre un estrato tipo Piedemonte B. El análisis se realizó según los pesos suministrados a esta Compañía para concreto normal y concreto liviano.

➤ **Edificios a nivel de seis pisos de altura**

Estos edificios tienen en concreto normal un peso de 5.1 T/m<sup>2</sup> y en concreto liviano de 4.1 T/m<sup>2</sup>.

Para Lacustre 200, bien sea en concreto normal o en concreto liviano la cimentación estará conformada por una placa con pilotes de concreto, limitando en concreto normal el peso total a 6.0 T/m<sup>2</sup> y tomando con la placa el 70% que corresponde a un valor de 4.2 T/m<sup>2</sup> y con pilotes el 30% restante, que corresponde a 1.8 T/m<sup>2</sup>.

Para concreto liviano, la limitante de carga de 5 T/m<sup>2</sup> también se dividirá en 70% para la placa que corresponde a 3.5 T/m<sup>2</sup> y los pilotes tomarán las 1.5 T/m<sup>2</sup> restantes. Lógicamente, al disminuir el peso del edificio, la cantidad de pilotes disminuye ligeramente y la losa es diseñada para un esfuerzo menor. Para los análisis es conveniente utilizar un pilote tipo tornillo o continuo de 0.3 m de diámetro a 24 m de profundidad, con una carga por elemento de 25 T.

Para un suelo tipo Piedemonte B, se diseñará una fundación mediante cimientos corridos que serán vigas tipo "T" invertida en concreto reforzado, diseñadas con una capacidad de  $2.0 \text{ Kg/cm}^2$  ( $20.0 \text{ T/m}^2$ ). Al disminuir el peso de los edificios, lógicamente disminuyen los anchos de los cimientos corridos.

➤ **Edificios de catorce pisos**

Para los edificios de catorce pisos en concreto normal y en concreto liviano y en el caso de Lacustre 200, la fundación estará conformada mediante pilotes preexcavados y fundidos in situ, que tendrán una profundidad de la punta, en el caso de concreto normal de 45 m y en el caso de concreto liviano de 10.4 m. Para los edificios en concreto normal el pilote de 0.6 m de diámetro a 45 m de profundidad puede soportar una carga de 125 T. Para edificios en concreto liviano, en los que es posible disminuir la longitud de los pilotes por asentamientos al tener un peso menor, la capacidad de un pilote de 0.6 m de diámetro a 40 m de profundidad es de 105 T.

Para los edificios en concreto normal y en concreto liviano en Piedemonte B, se utilizará una fundación mediante caissons o pilotes excavados a mano, a una profundidad de 5 m bajo la superficie actual y diseñados con una capacidad de soporte de  $5.0 \text{ Kg/cm}^2$  ( $50.0 \text{ T/m}^2$ ). Los pilares tendrán un diámetro del fuste mínimo de 1.2 m y podrán contar con una base o pata ensanchada a  $30^\circ$  con la vertical.

En este caso la disminución de costos al usar concreto liviano está representada pero en menor volumen de concreto de las pilas, que de todas formas tendrán la misma profundidad y serán dimensionadas con la misma capacidad de soporte.

➤ **Edificios de veinte pisos**

Para los edificios de veinte pisos en Lacustre 200, la condición es similar a los de catorce pisos, es decir, con una disminución del peso de los edificios se puede disminuir la longitud de los pilotes. Para concreto normal la profundidad de los pilotes será de 65 m y para concreto liviano la profundidad será de 55 m. Los pilotes tendrán un diámetro mínimo de 0.7 m y la capacidad de un elemento a 55 m es de 226 T y de 65 m es de 306 T.


Para los edificios de veinte pisos en Piedemonte B, es necesario llevar la fundación mediante caissons o pilares excavados a mano a la roca que se ha supuesto a una profundidad de 12 m y utilizando un esfuerzo de diseño de



8.0 Kg/cm<sup>2</sup> (80.0 T/m<sup>2</sup>) y con la misma consideración de pilares con campanas que para los edificios de catorce pisos.

Estaremos atentos a resolver cualquier inquietud.

Atentamente,

  
**ALFONSO URIBE SARDIÑA**  
Aus/sctv