

FACULTAD DE INGENIERÍA



CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL AL INCORPORAR LA INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA DE UNA EDIFICACIÓN DE CUATRO NIVELES EN LA MOLINA - CAJAMARCA”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autores:

Marleny Ocas Llanos

Willan Omar López Campos

Asesor:

Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

Cajamarca – Perú

2021

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los bachilleres:

- Ocas Llanos, Marleny
- López Campos, Willan Omar

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: “Comportamiento estructural al incorporar la interacción suelo - estructura de una edificación de cuatro niveles en la Molina – Cajamarca”. para aspirar al título profesional de: **Ingeniero Civil** por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** a los interesados para su presentación.

Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los estudiantes: Ocas Llanos Marleny y López Campos Willan Omar para aspirar al título profesional con la tesis denominada: Comportamiento estructural al incorporar la interacción suelo - estructura de una edificación de cuatro niveles en la Molina - Cajamarca.

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
Jurado
Presidente

Ing. /Lic. /Dr. /Mg. Nombre y Apellidos
Jurado

Ing. /Lic. /Dr. /Mg. Nombre y Apellidos
Jurado

DEDICATORIA

A DIOS por guiarnos en todo momento para seguir luchando por nuestras metas y objetivos.

Dedicado a mis padres Víctor y Martha, por su apoyo constante y su perseverancia en la culminación de mi carrera profesional y por inculcarme sus valores y hacer de mí una persona de bien.

Dedicado a toda mi familia en especial a mis padres Gilberto y Yolanda quienes con mucho amor y sacrificio hicieron de mí una persona profesional.

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por habernos permitido conseguir terminar el desarrollo de esta investigación y así cumplir nuestras metas y objetivos profesionales.

Queremos agradecer a nuestros padres y hermanos, por habernos ayudado a llegar hasta aquí. A nuestros amigos que nos acompañaron todos estos años tanto dentro como fuera de la universidad.

A mi asesor de Tesis, Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno, por su paciencia, trato, comprensión, apoyo, sugerencias, revisión y contribución a la realización de la presente tesis de investigación.

TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|----------------------------------------------------------|-----------|
| DEDICATORIA..... | 4 |
| AGRADECIMIENTO | 5 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 9 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 11 |
| ÍNDICE DE ECUACIONES..... | 15 |
| ÍNDICE DE DIAGRAMAS DE FLUJO..... | 16 |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS | 17 |
| RESUMEN | 18 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 19 |
| 1.1. Realidad problemática..... | 19 |
| 1.2. Formulación del problema | 25 |
| 1.3. Justificación..... | 25 |
| 1.4. Limitaciones..... | 26 |
| 1.5. Objetivos | 26 |
| 1.5.1. Objetivos generales..... | 26 |
| 1.5.2. Objetivos específicos | 27 |
| 1.6. Hipótesis..... | 27 |
| 1.6.1. Identificación de variables | 27 |
| 1.6.2. Operacionalización de variables | 28 |
| 2. METODOLOGÍA | 30 |
| 2.1. Tipo de investigación. | 30 |
| 2.1.1. De acuerdo al propósito de la investigación | 30 |
| 2.1.2. Según el nivel de conocimiento | 30 |
| 2.1.3. Según la naturaleza de datos | 30 |
| 2.2. Población y muestra. | 30 |
| 2.2.1. Población..... | 30 |
| 2.2.2. Muestra. | 31 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3. Técnicas y materiales | 31 |
| 2.3.1. Técnicas de recolección de datos | 31 |
| 2.3.2. Materiales de recolección de datos. | 33 |
| 2.4. Procedimiento de recolección de datos. | 33 |
| 2.4.1. Recopilación de información. | 33 |
| 2.4.2. Modelamiento de la edificación..... | 33 |
| 2.4.3. Análisis sísmico de la edificación..... | 33 |
| 2.4.4. Criterios de modelamiento..... | 34 |
| 2.5. Procedimiento de tratamiento y análisis de datos | 35 |
| 2.5.1. Procedimiento de tratamiento de datos | 35 |
| 2.5.2. Incorporación de recolección de datos..... | 37 |
| 2.5.3. Análisis de datos | 38 |
| 2.6. Procedimiento de la investigación | 38 |
| 2.6.1. Mecánica de suelos | 38 |
| 2.6.2. Metrado de cargas de la edificación..... | 39 |
| 2.6.3. Modelamiento sísmico estático de la edificación | 40 |
| 2.6.4. Modelamiento sísmico dinámico de la edificación..... | 50 |
| 2.6.5. Modelamiento con base flexible D.D. Barkan – O.A. Savinov | 52 |
| 2.6.6. Modelamiento con base flexible Norma Rusa..... | 60 |
| 3. RESULTADOS | 64 |
| 3.1. Modelo de empotramiento de las bases | 64 |
| 3.1.1. Análisis sísmico estático de la edificación..... | 64 |
| 3.1.2. Análisis sísmico dinámico de la edificación..... | 68 |
| a. Periodo natural de vibración con empotramiento en las bases | 68 |
| b. Modos de vibración de la estructura con modelo empotrado la base | 69 |
| c. Desplazamiento y distorsiones con análisis dinámico | 70 |
| d. Fuerzas internas máximas con análisis dinámico | 75 |
| 3.2. Modelo dinámico con base Flexible D.D. Barkan – O.A. Savinov. | 78 |
| a. Periodo natural de vibración según Barkan – Savinov. | 78 |
| b. Modos de vibración de la estructura según Barkan – Savinov. | 79 |

| | |
|----------------------------------------------------------------|------------|
| c. Desplazamiento y distorsiones según Barkan – Savinov | 80 |
| d. Fuerzas internas máximas según Barkan – Savinov | 85 |
| 3.3. Modelo dinámico según la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 | 88 |
| a. Periodo natural de vibración según Norma Rusa | 88 |
| b. Modos de vibración de la estructura según Norma Rusa..... | 89 |
| c. Desplazamiento y distorsiones según la Norma Rusa..... | 90 |
| d. Fuerzas internas máximas según Norma Rusa..... | 95 |
| 3.4. Comparación de Modelos dinámicos | 98 |
| 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES | 106 |
| 4.1. Discusión..... | 106 |
| 4.2. Conclusiones | 109 |
| REFERENCIAS..... | 111 |
| ANEXOS..... | 113 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Sismicidad histórica. | 22 |
| Tabla 2. Evaluación de daños a las viviendas. | 23 |
| Tabla 3. Operacionalización de Variables Independientes. | 28 |
| Tabla 4. Operacionalización de Variables Dependientes. | 28 |
| Tabla 5. Herramientas, equipos y útiles de recolección de datos. | 33 |
| Tabla 6. Capacidad portante del suelo. | 39 |
| Tabla 7. Capacidad de áreas totales. | 39 |
| Tabla 8. Ambientes y áreas de la edificación por nivel. | 40 |
| Tabla 9. Cargas de la edificación por nivel. | 40 |
| Tabla 10. Datos según norma E.30. | 42 |
| Tabla 11. Cálculos de fuerzas sísmicas. | 43 |
| Tabla 12. Cálculos excentricidad de la edificación. | 43 |
| Tabla 13. Cálculo de masas traslacionales y rotacionales de entrepiso | 50 |
| Tabla 14. Cálculo de masas traslacionales de zapatas según modelo Barkan. | 52 |
| Tabla 15. Cálculo de masas rotacionales de zapatas según modelo Barkan | 53 |
| Tabla 16. Cálculo de presión estática según modelo Barkan. | 54 |
| Tabla 17. Cálculo de Coeficientes de Rigidez según modelo Barkan. | 55 |
| Tabla 18. Cálculo de rigideces según modelo Barkan | 56 |
| Tabla 19. Cálculo de masas traslacionales de zapatas según Norma Rusa | 60 |
| Tabla 20. Cálculo de masas rotacionales de zapatas según Norma Rusa. | 61 |
| Tabla 21. Cálculo de coeficientes de rigidez según Norma Rusa | 62 |
| Tabla 22. Cálculo de Rigideces según Norma Rusa (K) | 63 |
| Tabla 23. Desplazamiento con análisis estático | 64 |
| Tabla 24. Fuerzas internas máximas estáticas. | 64 |
| Tabla 25. Periodos de la estructura con base flexible empotrado en la base | 68 |
| Tabla 26. Modos de vibración según modelo empotrado en la base. | 69 |
| Tabla 27. Desplazamiento y distorsiones en eje X, Y según modelo empotrado en la base... | 70 |
| Tabla 28. Fuerzas internas máximas según modelo empotrado en la base | 75 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 29. Periodos de la estructura con base flexible según modelo Barkan | 78 |
| Tabla 30. Modos de vibración de la estructura según modelo Barkan..... | 79 |
| Tabla 31. Desplazamiento y distorsiones de la edificación según modelo Barkan..... | 80 |
| Tabla 32. Fuerzas internas máximas según modelo Barkan | 85 |
| Tabla 33. Periodos de la estructura con base flexible según Norma Rusa | 88 |
| Tabla 34. Modos de la vibración de la estructura según Norma Rusa. | 89 |
| Tabla 35. Desplazamiento y distorsiones de la edificación según Norma Rusa | 90 |
| Tabla 36. Fuerzas internas máximas aplicando Norma Rusa..... | 95 |
| Tabla 37. Resumen de periodos de vibración de la edificación | 99 |
| Tabla 38. Resumen de desplazamiento en la dirección X (mm) de la edificación | 100 |
| Tabla 39. Resumen de desplazamiento en la dirección Y (mm) de la edificación | 101 |
| Tabla 40. Resumen de distorsiones en la dirección X (mm) de la edificación | 102 |
| Tabla 41. Resumen de distorsiones en la dirección Y (mm) de la edificación | 103 |
| Tabla 42. Resumen de fuerzas internas máximas en la dirección sismo X (T*m) en la edificación | 104 |
| Tabla 43. Resumen de fuerzas internas máximas en la dirección sismo Y (T*m) en la edificación | 105 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Subducción de Placas Tectónicas y generación de Sismos. | 19 |
| Figura 2. Mapa de zonificación sísmica..... | 20 |
| Figura 3. Plano Geológico Cajamarca. | 24 |
| Figura 4. Localización y ubicación de la zona de estudio. | 25 |
| Figura 5. Población y Muestra. | 31 |
| Figura 6. Instrumentos de recolección de datos. | 37 |
| Figura 7. Edición de ejes en dirección “X” y “Y”; SAP2000. | 45 |
| Figura 8. Vista en Planta y 3D, de la edificación; SAP2000. | 45 |
| Figura 9. Definición de las propiedades del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$; SAP2000. | 46 |
| Figura 10. Definición de las propiedades del acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$; SAP2000. | 46 |
| Figura 11. Definición de Columnas; SAP 2000..... | 47 |
| Figura 12. Definición de Vigas; SAP 2000..... | 47 |
| Figura 13. Definición de brazos rígidos; SAP2000. | 48 |
| Figura 14. Definición de diafragmas; SAP 2000. | 48 |
| Figura 15. Vista planta de la edificación; SAP2000. | 49 |
| Figura 16. Vista 3D de la edificación; SAP2000. | 49 |
| Figura 17. Espectrograma; SAP2000..... | 51 |
| Figura 18. Definición del Material Rígido; según Barkan; SAP2000. | 57 |
| Figura 19. Definición de Zapata Rígida; según Barkan..... | 57 |
| Figura 20. Dibujo de zapatas en la base; según Barkan; SAP2000. | 58 |
| Figura 21. Asignación de masas en zapatas; según Barkan, SAP2000..... | 58 |
| Figura 22. Asignamos coeficientes de rigidez a zapatas; según Barkan; SAP2000. | 59 |
| Figura 23. Vista 3D de la edificación con base flexible; según Barkan; SAP2000. | 59 |
| Figura 24. Fuerza normal máxima, para dirección X; SAP2000. | 65 |
| Figura 25. Fuerza cortante máxima, para dirección X; SAP2000..... | 65 |
| Figura 26. Momento máximo, para dirección X; SAP2000. | 66 |
| Figura 27. Fuerza normal máxima, para dirección Y; SAP 2000. | 66 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 28. Fuerza cortante máxima, para dirección Y; SAP2000..... | 67 |
| Figura 29. Momento máximo, para dirección Y; SAP2000. | 67 |
| Figura 30. Modal 1; Empotrado en la base; SAP2000..... | 70 |
| Figura 31. Desplazamiento de 1er nivel dirección X; Empotrado en la base; SAP2000..... | 71 |
| Figura 32. Desplazamiento de 2do nivel dirección X; Empotrado en la base; SAP2000. | 71 |
| Figura 33. Desplazamiento de 3er nivel dirección X; Empotrado en la base; SAP2000..... | 72 |
| Figura 34. Desplazamiento de 4to nivel dirección X; Empotrado en la base; SAP2000..... | 72 |
| Figura 35. Desplazamiento de 1er nivel dirección Y; Empotrado en la base; SAP2000..... | 73 |
| Figura 36. Desplazamiento de 2do nivel dirección Y; Empotrado en la base; SAP2000. | 73 |
| Figura 37. Desplazamiento de 3er nivel dirección Y; Empotrado en la base; SAP2000..... | 74 |
| Figura 38. Desplazamiento de 4to nivel dirección Y; Empotrado en la base; SAP2000..... | 74 |
| Figura 39. Fuerza normal máxima, para dirección X; Empotrado en la base; SAP2000. | 75 |
| Figura 40. Fuerza cortante máxima, para dirección X; Empotrado en la base; SAP 2000. | 76 |
| Figura 41. Momento máximo, para dirección X; Empotrado en la base; SAP 2000..... | 76 |
| Figura 42. Fuerza normal máxima, para dirección Y; Empotrado en la base; SAP2000. | 77 |
| Figura 43. Fuerza cortante máxima, para dirección Y; Empotrado en la base; SAP2000..... | 77 |
| Figura 44. Momento máximo, para dirección Y; Empotrado en la base; SAP2000..... | 78 |
| Figura 45. Primer modo de vibración; según Barkan; SAP2000..... | 80 |
| Figura 46. Desplazamiento primer nivel en dirección de X; según Barkan; SAP2000. | 81 |
| Figura 47. Desplazamiento segundo nivel en dirección de X; según Barkan; SAP2000. | 81 |
| Figura 48. Desplazamiento tercer nivel en dirección de X; según Barkan; SAP2000..... | 82 |
| Figura 49. Desplazamiento cuarto nivel en dirección de X; según Barkan; SAP2000..... | 82 |
| Figura 50. Desplazamiento 1er nivel en dirección de Y; según Barkan; SAP2000..... | 83 |
| Figura 51. Desplazamiento segundo nivel en dirección de Y; según Barkan; SAP2000. | 83 |
| Figura 52. Desplazamiento tercer nivel en dirección de Y; según Barkan; SAP2000..... | 84 |
| Figura 53. Desplazamiento cuarto nivel en dirección de Y; según Barkan; SAP2000..... | 84 |
| Figura 54. Fuerza Normal máxima, para dirección X; según Barkan; SAP2000. | 85 |
| Figura 55. Fuerza cortante máxima, para dirección X; según Barkan; SAP2000..... | 86 |
| Figura 56. Momento máximo, para dirección X; según Barkan; SAP2000. | 86 |
| Figura 57. Fuerza normal máxima, para dirección Y; según Barkan; SAP2000..... | 87 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 58. Fuerza cortante máxima, para dirección Y; según Barkan; SAP2000..... | 87 |
| Figura 59. Momento máximo, para dirección Y; según Barkan; SAP2000. | 88 |
| Figura 60. Primer modo de vibración según Norma Rusa, SAP 2000..... | 90 |
| Figura 61. Desplazamiento primer nivel en dirección X, según Norma Rusa, SAP2000..... | 91 |
| Figura 62. Desplazamiento segundo nivel en dirección X, según Norma Rusa, SAP2000.... | 91 |
| Figura 63. Desplazamiento tercer nivel en dirección X, según Norma Rusa, SAP2000..... | 92 |
| Figura 64. Desplazamiento cuarto nivel en dirección X, según Norma Rusa, SAP2000. | 92 |
| Figura 65. Desplazamiento primer nivel en dirección de Y, según Norma Rusa, SAP2000.. | 93 |
| Figura 66. Desplazamiento 2do nivel en dirección de Y, según Norma Rusa, SAP2000. | 93 |
| Figura 67. Desplazamiento tercer nivel en dirección de Y, según Norma Rusa, SAP2000. .. | 94 |
| Figura 68. Desplazamiento cuarto nivel en dirección de Y; Norma Rusa; SAP2000..... | 94 |
| Figura 69. Fuerza normal máxima, dirección X; según Norma Rusa; SAP2000. | 95 |
| Figura 70. Fuerza cortante máxima, dirección X; según Norma Rusa; SAP2000..... | 96 |
| Figura 71. Momento máximo dirección X; según Norma Rusa, SAP2000. | 96 |
| Figura 72. Fuerza Normal máxima, dirección Y; según Norma Rusa; SAP2000. | 97 |
| Figura 73. Fuerza cortante máxima, dirección Y; según Norma Rusa; SAP2000..... | 97 |
| Figura 74. Momento máximo, dirección Y; según Norma Rusa; SAP2000. | 98 |
| Figura 75. Modal 2; Empotrado en la base; SAP2000..... | 129 |
| Figura 76. Modal 3; Empotrado en la base; SAP2000..... | 129 |
| Figura 77. Modal 4; Empotrado en la base; SAP2000..... | 130 |
| Figura 78. Modal 5; Empotrado en la base; SAP2000..... | 130 |
| Figura 79. Modal 6; Empotrado en la base; SAP2000..... | 131 |
| Figura 80. Modal 7; Empotrado en la base; SAP2000..... | 131 |
| Figura 81. Modal 8; Empotrado en la base; SAP2000..... | 132 |
| Figura 82. Modal 9; Empotrado en la base; SAP2000..... | 132 |
| Figura 83. Modal 10; Empotrado en la base; SAP2000..... | 133 |
| Figura 84. Modal 11; Empotrado en la base; SAP2000..... | 133 |
| Figura 85. Modal 12; Empotrado en la base; SAP2000..... | 134 |
| Figura 86. Segundo modo de vibración; según Barkan; SAP200..... | 134 |
| Figura 87. Tercer modo de vibración; según Barkan; SAP2000. | 135 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 88. Cuarto modo de vibración; según Barkan; SAP2000..... | 135 |
| Figura 89. Quinto modo de vibración; según Barkan; SAP2000..... | 136 |
| Figura 90. Sexto modo de vibración; según Barkan; SAP2000..... | 136 |
| Figura 91. Séptimo modo de vibración; según Barkan; SAP2000. | 137 |
| Figura 92. Octavo modo de vibración; según Barkan; SAP2000. | 137 |
| Figura 93. Noveno modo de vibración; según Barkan; SAP2000. | 138 |
| Figura 94. Decimo modo de vibración; según Barkan; SAP2000. | 138 |
| Figura 95. Onceavo modo de vibración; según Barkan; SAP2000..... | 139 |
| Figura 96. Doceavo modo de vibración; según Barkan; SAP2000..... | 139 |
| Figura 97. Segundo modo de vibración según Norma Rusa, SAP2000. | 140 |
| Figura 98. Tercer modo de vibración según Norma Rusa, SAP2000. | 140 |
| Figura 99. Cuarto modo de vibración según Norma Rusa, SAP2000..... | 141 |
| Figura 100. Quinto modo de vibración según Norma Rusa, SAP2000. | 141 |
| Figura 101. Sexto modo de vibración según Norma Rusa, SAP2000. | 142 |
| Figura 102. Séptimo modo de vibración según Norma Rusa, SAP2000. | 142 |
| Figura 103. Octavo modo de vibración según Norma Rusa, SAP2000. | 143 |
| Figura 104. Noveno modo de vibración según Norma Rusa, SAP2000..... | 143 |
| Figura 105. Decimo modo de vibración según Norma Rusa, SAP2000..... | 144 |
| Figura 106. Onceavo modo de vibración según Norma Rusa, SAP2000. | 144 |
| Figura 107. Doceavo modo de vibración según Norma Rusa, SAP2000. | 145 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ecuación 1. Capacidad Portante..... | 38 |
| Ecuación 2. Periodo fundamental de vibración de la estructura | 41 |
| Ecuación 3. Factor de ampliación sísmica | 41 |
| Ecuación 4. Fuerza cortante en la base de la estructura | 41 |
| Ecuación 6. Cálculo de las fuerzas sísmicas por la altura de la edificación..... | 43 |
| Ecuación 7. Cálculo coeficiente D0 para Barkan – Savinov..... | 54 |

ÍNDICE DE DIAGRAMAS DE FLUJO

| | |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Diagrama de Flujo 1. Técnicas de Recopilación de datos | 32 |
| Diagrama de Flujo 2. Procedimiento de recolección de datos..... | 34 |
| Diagrama de Flujo 3. Procedimiento de tratamiento de datos | 36 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Grafico 1. Comparación de Periodos de Vibración de la edificación. | 99 |
| Grafico 2. Comparación de desplazamiento en la dirección X (mm) de la edificación. | 100 |
| Grafico 3. Comparación de desplazamiento en la dirección Y (mm) de la edificación. | 101 |
| Grafico 4. Comparación de distorsiones en la dirección X (mm) de la edificación. | 102 |
| Grafico 5. Comparación de distorsiones en la dirección Y (mm) de la edificación. | 103 |
| Grafico 6. Comparación fuerzas internas en la dirección sismo X en la edificación. | 104 |
| Grafico 7. Comparación fuerzas internas en la dirección sismo Y en la edificación. | 105 |

RESUMEN

Esta investigación, presenta el comportamiento estructural al incorporar la interacción suelo - estructura de una edificación con modelos dinámicos con base flexible de: Empotramiento en la base, D.D. Barkan – O.A. Savinov y Norma Rusa SNIP 2.02.05-87, aplicando periodos de vibración, desplazamientos, distorsiones, fuerzas internas máximas en las direcciones X –Y; con la finalidad de determinar la variación del comportamiento estructural incorporando la interacción suelo-estructura de una edificación de cuatro niveles en la Molina - Baños del Inca – Cajamarca 2021, utilizando el software SAP 2000, se pretende dar mayor importancia en el comportamiento y diseño de edificaciones considerando la interacción de suelo, ingeniería sismorresistente y estructuras. El cual es fundamental para el análisis de la base de fundación debido a que el suelo ayuda a disipar la energía liberada por los sismos. Los resultados muestran que el efecto de interacción suelo - estructura, nos permite determinar con más precisión el comportamiento real de una edificación durante un movimiento sísmico, ya que al incorporar todas las características de la estructura y de la demanda sísmica, el efecto interacción suelo-estructura produce que los edificios presenten mejor respuesta estructural siempre y cuando cumplan con los requerimientos mínimos de la Norma Sismoresistente E.0.30, la comparación de los períodos de vibración de la edificación presenta una variación entre modelos: Empotrado versus Barkan 8% y Norma Rusa 7%, Barkan versus norma rusa 1%. Los modelos dinámicos más similares para interacción suelo estructura son Barkan – Sanoviv y Norma Rusa presentan una variación de <5% ya que son muy similares.

Palabras claves: Interacción de suelo - estructura, ingeniería sismorresistente, modelo dinámico y respuesta sísmica.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En el Perú, en la mayoría de las edificaciones no se realiza el estudio de mecánica de suelos, tampoco se diseñan aplicando la Ingeniería Sismoresistente, esto es una amenaza para las construcciones ante cualquier fenómeno natural que se presente; ya que nuestra circunscripción peruana está situada sobre un cinturón de fuego del Pacífico en la placa tectónica Sudamericana. Donde la placa de Nazca en la colisión subduce a la Sudamericana generando sismos los cuales afectan a las construcciones **Almazán (2003)**.

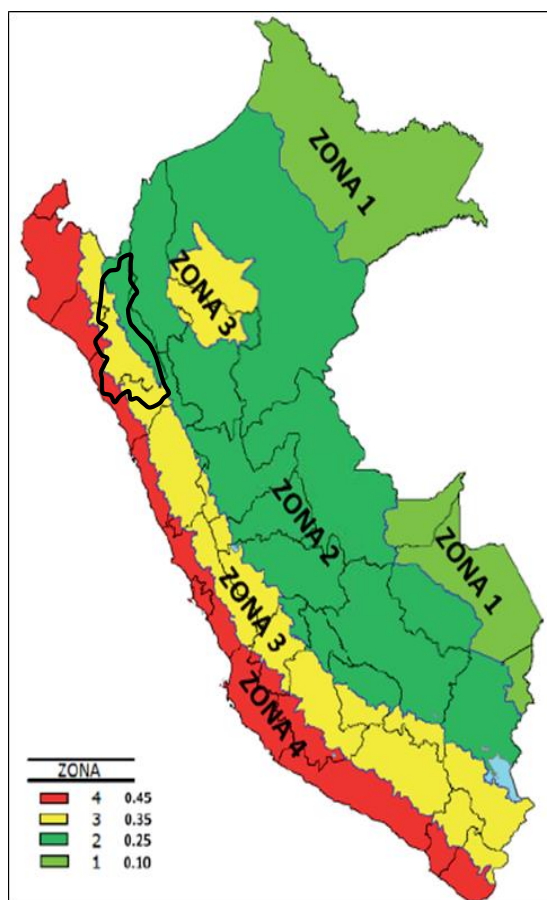
Figura 1.
Subducción de Placas Tectónicas y generación de Sismos.



Nota. Geólogo Sergio Almazán (2003).

En nuestro país, la información científica es importante, ya que evidencia la presencia de áreas con acumulación de energía sísmica en la zona de contacto entre las placas tectónicas Nazca y Sudamericana. Se ubican, frente a la región central de Perú y cuya liberación de energía sísmica, se estima que podría generar un sismo de magnitud menor o igual a 8.8 Mw. De acuerdo al mapa de zonificación sísmica para la demarcación peruana, la ciudad de Cajamarca está ubicada dentro de la zona sísmica 3, donde los sismos pueden aparecer hasta de moderada a alta magnitud **Juber (2015)**.

Figura 2.
Mapa de zonificación sísmica.



Nota. Juber (2015)

La zona sísmica en Perú, tiene que ver en gran medida con la calidad del suelo, esto hace que aumente la aceleración sísmica y el daño sea mayor, en muchos lugares de nuestro país existen suelos de resistencia pobre, placas tectónicas cercanas (Placa de Nazca y Placa sudamericana) en el cinturón del pacifico, incluso complejidad en la superficie del pavimento. Estas zonas con sobresaliente amenaza sísmica, son ocupadas gran parte por la población, el cual contra un movimiento sísmico, los daños serían irremediables **Valderrama & Meza (2014)**

El comportamiento dinámico de las estructuras en nuestro país, está ligado a su nivel de fijación con el suelo de cimentación, el sistema empotrado en su base, espera que los movimientos de la base de la estructura sean iguales a los del pavimento de empinamiento. Cuando esta condición no se cumple, los desplazamientos adicionales que produzcan en la almohadilla del establecimiento inducen un comportamiento distinto al esperado para la estructura empotrada. **Garay (2017)**.

Teniendo en cuenta a **Villareal (2013)**, en su libro “Interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones con zapatas aisladas”. Nos presenta algunos modelos que nos permiten idealizar matemáticamente la interacción suelo-estructura, de los cuales se ha tomado el Modelo Dinamico D.D. Barkan – O.A. Savinov y el modelo de la Norma Rusa Snip 2.02.05-87, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1.
Sismicidad histórica.

| Año | Mes | Intensidad | Epicentro |
|-------------|---------------------|----------------|---------------------------------|
| 1606 | 23 Marzo | - | Lambayeque (Zaña) |
| 1614 | 14 Febrero | VIII | Trujillo |
| 1725 | 6 Enero | - | Trujillo |
| 1759 | 2 Setiembre | VI | Lambayeque |
| 1814 | 10 Febrero | VII | Piura |
| 1857 | 20 Agosto | - | Piura |
| 1877 | 26 Noviembre | - | Chachapoyas |
| 1906 | 28 Setiembre | VI-VII | (Trujillo-Cajamarca) |
| 1907 | 20 Junio | IV | Nor - Este del Perú |
| 1912 | 24 Junio | IX-X | Piura |
| 1917 | 20 Mayo | VI | Trujillo |
| 1928 | 14 Mayo | X | Chachapoyas |
| 1937 | 21 Junio | VII | Nor - Este del Perú |
| 1951 | 8 Mayo | IV | Nor - Este del Perú |
| 1953 | 12 Diciembre | VII-VIII | Nor - Este del Perú-Sur Ecuador |
| 1955 | 9 Marzo | - | Cajamarca (San Ignacio) |
| 1955 | 3 Mayo | V | Chimbote |
| 1957 | 8 Agosto | V-VI | Nor - Este del Perú |
| 1960 | 30 Noviembre | - | Nor - Este del Perú |
| 1963 | 30 Agosto | VIII | Nor - Este del Perú |
| 1969 | 3 Febrero | VII | Nor - Este del Perú |
| 1970 | 9 Diciembre | VII | Nor - Este del Perú |
| 1971 | 10 Julio | - | Sullana |
| 2019 | 26 Mayo | VI-VIII | Loreto |

Nota. INDECI (2020).

Podemos afirmar que, en Perú toda actividad sísmica origina pérdida de vidas y daños a las edificaciones; ya sean viviendas, centros educativos, hospitales, entre otros, es por ello el análisis y diseño de los edificios, debemos considerar como un factor principal, el momento de plantear la construcción; para así tener un buen comportamiento sísmico ante la ocurrencia de un evento natural **Almazán (2003)**.

INDECI (2007) resalta que, el terremoto registrado en la ciudad de Pisco en el año 2007, originó daños considerables a varias construcciones de la ciudad, en la siguiente tabla se muestra la evaluación de daños de las edificaciones de viviendas en las regiones: Ica, Lima, Junín, Ayacucho y Huancavelica.

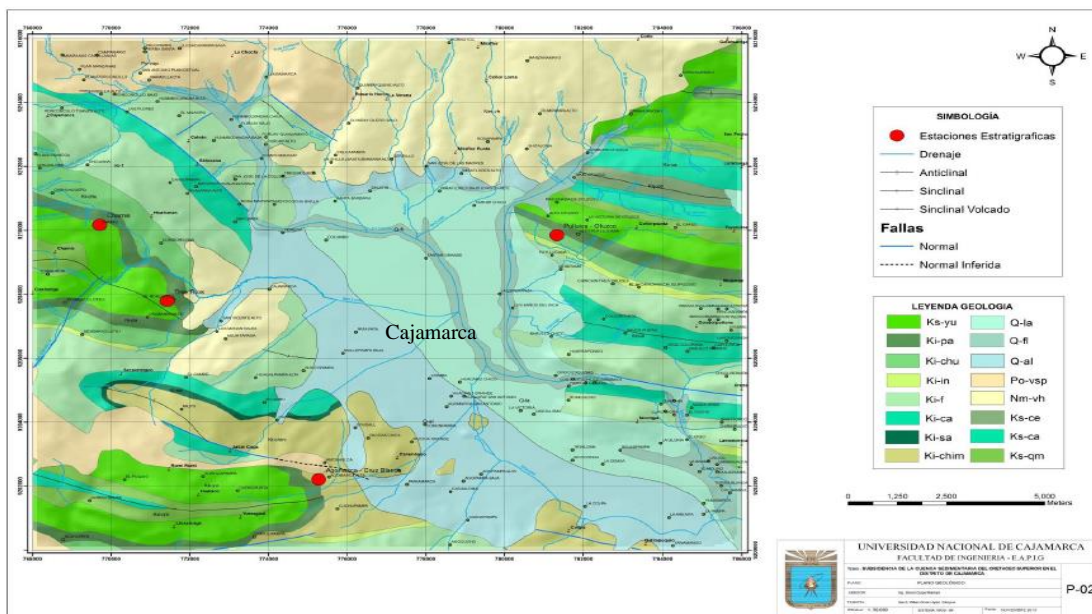
Tabla 2.
Evaluación de daños a las viviendas.

| Departamento | Familias | | Viviendas | |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Damnificados | Afectadas | Destruida | Afectada |
| Ica | 45,403 | 6,308 | 45,403 | 6,308 |
| Lima | 5,784 | 3,743 | 5,784 | 3,743 |
| Junin | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Ayacucho | 92 | 490 | 92 | 490 |
| Huancavelica | 5,080 | 4,418 | 5,080 | 4,418 |
| Total | 56,363 | 14,963 | 56,363 | 14,963 |

Nota. INDECI (2007).

En la región Cajamarca, afloran litologías de rocas sedimentarias del cretáceo (Areniscas, Calizas, Margas y Lutitas), rocas volcánicas del Paleógeno-Neógeno (Tobas, Ignimbritas, Andesitas, Traquitas, Dacitas, etc.) y depósitos cuaternarios que principalmente está constituida la ciudad de Cajamarca como se muestra en la siguiente figura. **Rodríguez (2016)**

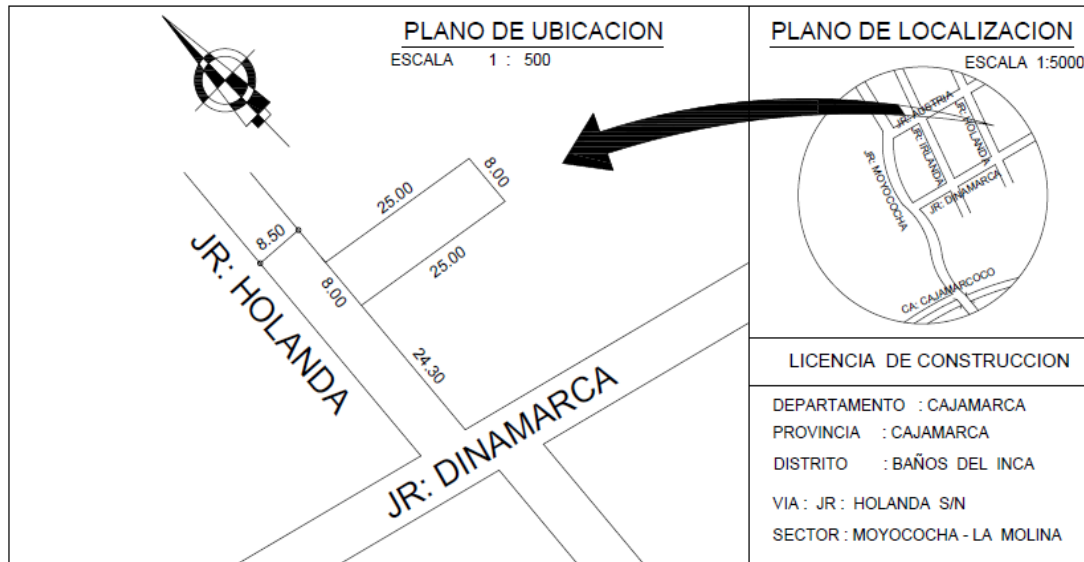
Figura 3.
Plano Geológico Cajamarca.



Nota. Rodriguez (2016)

La presente investigación se realizará en la zona norte del Territorio Peruano, comprendido en departamento y provincia de Cajamarca, distrito de Baños del Inca sector La Molina. Se basa en determinar el comportamiento sísmico de una edificación en el sector La Molina, mediante la determinación de periodos de vibración, frecuencias, desplazamientos laterales y fuerzas internas de los elementos estructurales y empotramiento en la base, D.D. Barkan – O.A. Savinov y Norma Rusa SNIP 2.02.05-87, aplicando periodos de vibración, desplazamientos, distorsiones, fuerzas internas máximas en las direcciones X –Y; con la finalidad de determinar la variación del comportamiento estructural incorporando la interacción suelo-estructura de una edificación de cuatro niveles en La Molina - Baños del Inca – Cajamarca 2021.

Figura 4.
Localización y ubicación de la zona de estudio.



Nota. Elaboración Propia, (2021).

1.2. Formulación del problema

¿En cuánto varía el comportamiento estructural de una edificación de cuatro niveles al incorporar la interacción suelo - estructura?

1.3. Justificación

En esta investigación se realiza la comparación estructural de una edificación aplicando modelos dinámicos Internacionales de Barkan – Savinov, Norma Rusa y modelo empotrado en las bases para dar mayor importancia en el diseño y comportamiento estructural de un edificio considerando la interacción suelo-estructura. En nuestro país tenemos zonas de alta sismicidad, por esta razón esta investigación pretende dar importancia en el diseño sismo resistente y análisis del comportamiento estructural de la edificación considerando la interacción suelo-estructura ante una acción sísmica, ya que este efecto influirá directamente en la respuesta estructural.

Con el desarrollo de esta investigación se enfoca a la importancia del efecto de interacción suelo - estructura en el análisis y diseño sismorresistente de futuras edificaciones de tal manera que garantice la durabilidad y seguridad estructural, además que tener en cuenta los procedimientos y metodologías de un diseño sismorresistente (análisis estático y análisis dinámico) según especificaciones establecidas por la normativa peruana, así como también incorporar el análisis sísmico con los modelos dinámicos de Barkan – Savinov y la Norma Rusa; además se presenta las pautas de configuraciones básicas para el modelamiento de los edificios en el software SAP 2000.

1.4. Limitaciones

La principal limitación que se tiene para el desarrollo de esta investigación es que el efecto de interacción suelo – estructura no está considerado en la normativa peruana. A pesar de estas limitaciones se realizó el estudio planteado ya que existen investigaciones realizadas por el Dr. Genner Villarreal Castro sobre interacción suelo – estructura. Además, no se cuenta con ensayos para determinar el módulo de Poisson y coeficiente de balasto, el cual se usará las tablas bibliográficas.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivos generales

Determinar la variación del comportamiento estructural al incorporar la interacción suelo-estructura de una edificación de cuatro niveles en la Molina - Baños del Inca – Cajamarca.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar el comportamiento estructural mediante los periodos de vibración, desplazamientos, distorsiones, fuerzas internas máximas en las direcciones X –Y al incorporar la interacción suelo - estructura de la edificación.
- Incorporar la interacción suelo - estructura en el análisis sísmico estructural de la edificación utilizando los modelos dinámicos de D. D. Barkan – O. A. Savinov y Norma Rusa SNIP 2.02.05-87.
- Describir y comparar los resultados obtenidos en los análisis de los modelos dinámicos.

1.6. Hipótesis

Los efectos de la incorporación de interacción suelo – estructura varían un 10% en el comportamiento estructural de una edificación de cuatro niveles.

1.6.1. Identificación de variables

a. Variable independiente

Incorporación de interacción suelo estructura y el empotramiento de la base.

b. Variable dependiente

Comportamiento estructural considerando y sin considerar la interacción suelo - estructura.

1.6.2. Operacionalización de variables

Tabla 3.

Operacionalización de Variables Independientes.

| Variable Independiente | Definición | Dimenciones | Indicadores |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Periodos de vibración masas de entrepiso, desplazamientos, distorsiones y fuerzas internas máximas. | Parametros que definen las respuesta estructural de las estrcuturas. (Aquino Carmona, 2015) | Análisis de la edificación con base empotrada Análisis de la edificación con Barkan-Savinov Análisis de la edificación con Norma Rusa | Datos obtenidos del análisis sísmico según norma de diseño sismorresistente E.030. Datos obtenidos según fórmulas de D.D. Barkan-Savinov y norma Rusa además valores de mecánica de suelos . |

Nota. Elaboración propia (2021).

Tabla 4.

Operacionalización de Variables Dependientes.

| Variable Dependiente | Definición | Dimenciones | Indicadores |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Respuesta estructural considerando y sin considerar la interacción suelo-estructura. | Reacción de la estructura al ser sometida fuerzas externas generadas por un fenómeno natural. (Aquino Carmona, 2015) | Análisis sísmico estático considerando y sin considerar la interacción suelo-estructura. Análisis sísmicos modelos dinámicos Barkan-Sanoviv y Norma Rusa considerado | Control de periodos de vibración, masas de entrepiso, desplazamientos, distorsiones y fuerzas internas máximas. |

Fuente: Elaboración propia (2021).

1.7. Delimitación

Para la presente investigación no se realizó el estudio de mecánica de suelos de la edificación propia, debido a que se no contaba con laboratorio por temas de pandemia COVID-19, se utilizó los datos del estudio de suelos del expediente técnico de Santa Bárbara: “Construcción del sistema de alcantarillado sanitario del centro poblado Santa Bárbara y anexos, distrito de los Baños del Inca - Cajamarca”, pero se recomienda para las futuras edificaciones realizarlo, ya que es muy fundamental para el diseño estructural y análisis sísmoresistente.

Con respecto a los datos del coeficiente de balasto, módulo de Poisson no se realizó los ensayos por falta de laboratorio por restricción de pandemia COVID-19, el cual se procederá a obtener datos de tablas publicadas en la literatura.

2. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación.

2.1.1. De acuerdo al propósito de la investigación

Es una investigación aplicada, porque busca poner en práctica la teoría para determinar: “El Comportamiento Estructural considerando la interacción suelo-estructura de una edificación de cuatro niveles en La Molina -Cajamarca”.

2.1.2. Según el nivel de conocimiento

La presente investigación es descriptiva, cuantitativa y transversal; porque permite calcular el análisis sísmico del comportamiento estructural de la edificación considerando interacción suelo-estructura, con una base empotrada y base flexible con los modelos dinámicos D.D. Barkan – Savinov y Norma Rusa SNIP 2.02.05-87.

2.1.3. Según la naturaleza de datos

La investigación está dentro del paradigma positivista (de carácter cualitativo - cuantitativo) porque nos permite dar mayor seguridad a la edificación ante un evento sísmico ya que la interacción suelo – estructura ayuda a disipar la energía a través de las fundaciones.

2.2. Población y muestra.

2.2.1. Población

La población para la presente investigación está constituida por las edificaciones entre 3 y 4 niveles, en el sector La Molina-Baños del Inca - Cajamarca, el cual nos permite determinar el análisis y comportamiento estructural considerando la interacción suelo-estructura.

Figura 5.
Población y Muestra.



Nota. Bing Maps

2.2.2. Muestra.

La técnica de muestreo utilizada es aleatoria, por conveniencia se ha considerado una edificación de 04 niveles en la manzana H, para el modelamiento de la estructura y análisis sísmico considerando interacción suelo - estructura.

2.3. Técnicas y materiales

2.3.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recopilación de datos para esta investigación se realizan de la siguiente manera:

a. Etapa preliminar de gabinete

Se realiza la compilación de información bibliográfica, expediente técnico, planos, estudio de mecánica de suelos existentes de la zona y tecnología disponible.

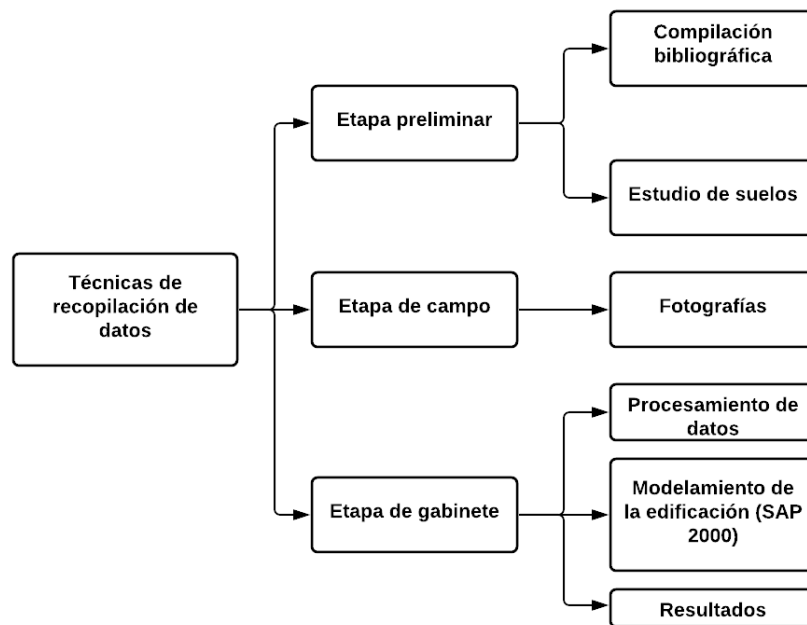
b. Etapa de campo

Se realizará la visita técnica (Fotografías).

c. Etapa de gabinete

Se realiza el modelamiento de la edificación con software SAP 2000, para luego hacer el análisis sísmico por los modelos dinámicos de D. D. Barkan – O. A. Savinov y Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 y Normas Peruanas E.020, E.030, E.060 y E.070 como se muestra en el siguiente diagrama de Flujo.

Diagrama de Flujo 1. Técnicas de Recopilación de datos



Nota. Elaboración propia, (2021).

2.3.2. Materiales de recolección de datos.

Para la recolección de datos se utilizó lo siguiente:

Tabla 5.

Herramientas, equipos y útiles de recolección de datos.

| Herramientas | Equipos | Útiles |
|--------------|-----------------|---------------------|
| Palana | Cámara | Libreta de Campo |
| Picota | GPS Navegatorio | Protáctor 1/1,000 |
| Flexómetro | Computadora | Lápiz 2B, Lapiceros |

Nota. Elaboración propia, (2021).

2.4. Procedimiento de recolección de datos.

Para esta investigación se realizará de la siguiente manera:

2.4.1. Recopilación de información.

Consiste en la búsqueda, revisión y análisis de la información existente sobre los trabajos realizados en la zona, así como de estudios que comprenden el mismo fundamento en otras partes del país y el mundo, para esta investigación lo más importante es contar con: expediente técnico y planos (arquitectura, cimentaciones y estructuras).

2.4.2. Modelamiento de la edificación.

Se realiza con el software SAP 2000, considerando los requisitos mínimos expresados en las Normas Peruanas E.020, E.030, E.060 y E.070.

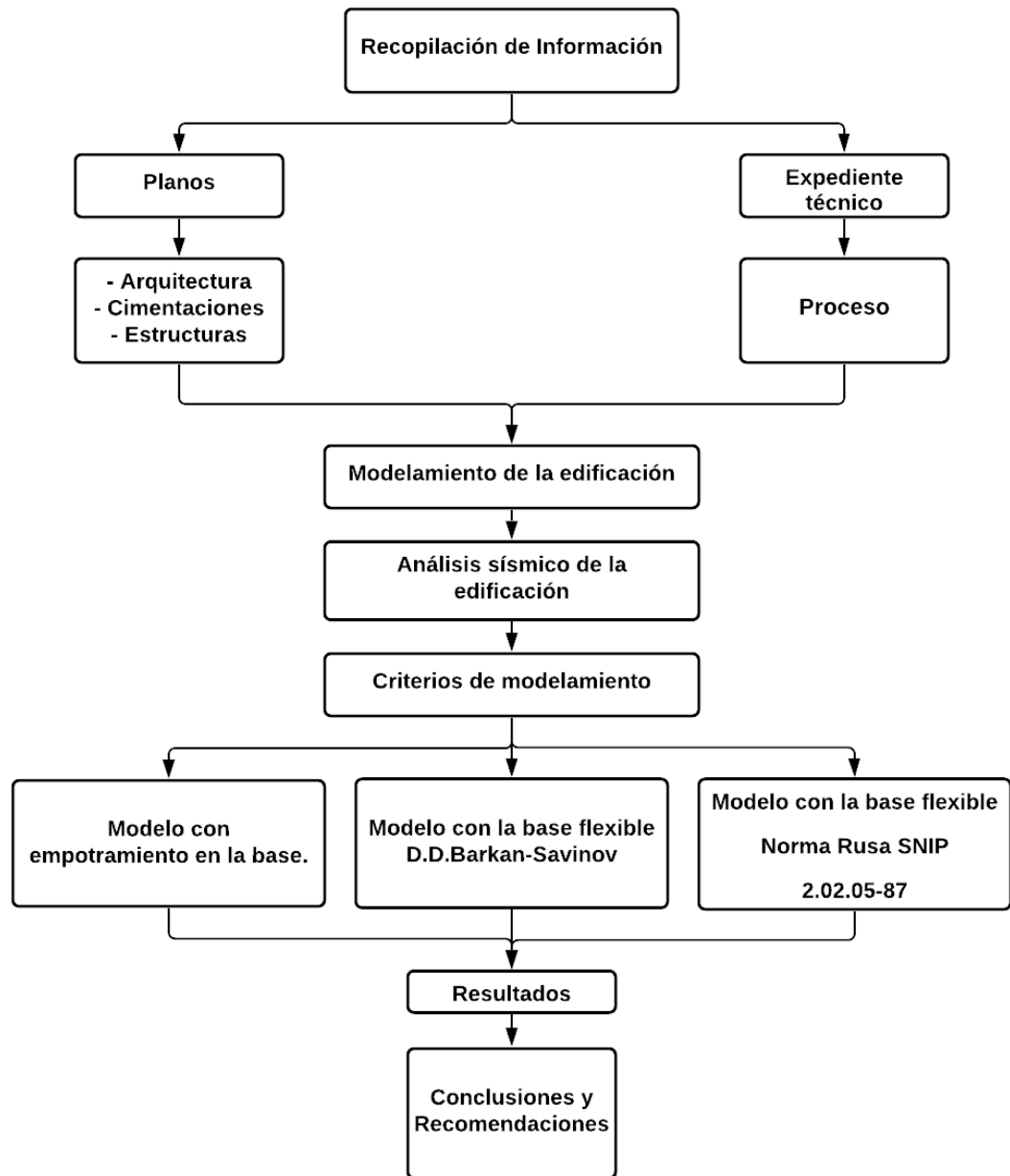
2.4.3. Análisis sísmico de la edificación.

Se realiza el análisis sísmico dinámico con los modelos de empotrado en las bases, Barkan y Norma Rusa, se compara los resultados de periodos de vibración, desplazamientos, distorsiones, fuerzas internas máximas.

2.4.4. Criterios de modelamiento.

Se realiza el análisis del comportamiento estructural considerando la interacción suelo – estructura de la edificación teniendo en cuenta el modelo con empotramiento en la base, Modelo con la base flexible de D.D. Barkan - Savinov y Norma Rusa SNIP 2.02.05-87.

Diagrama de Flujo 2. Procedimiento de recolección de datos



Nota. Elaboración propia, (2021)

2.5. Procedimiento de tratamiento y análisis de datos

2.5.1. Procedimiento de tratamiento de datos

Se realizará de la siguiente manera:

a. Modelamiento de edificación

Se realiza con el software SAP 2000, se ingresará los datos de acuerdo a la ciudad y zona, considerando las Normas Peruanas E.020, E.030, E.060 y E.070.

b. Respuesta estructural de la edificación

Una vez modelada la edificación, se realiza la comparación de datos considerando la interacción suelo - estructura del modelo con empotramiento en la base, modelo con la base flexible D.D. Barkan - Savinov y Norma Rusa SNIP 2.02.05-87.

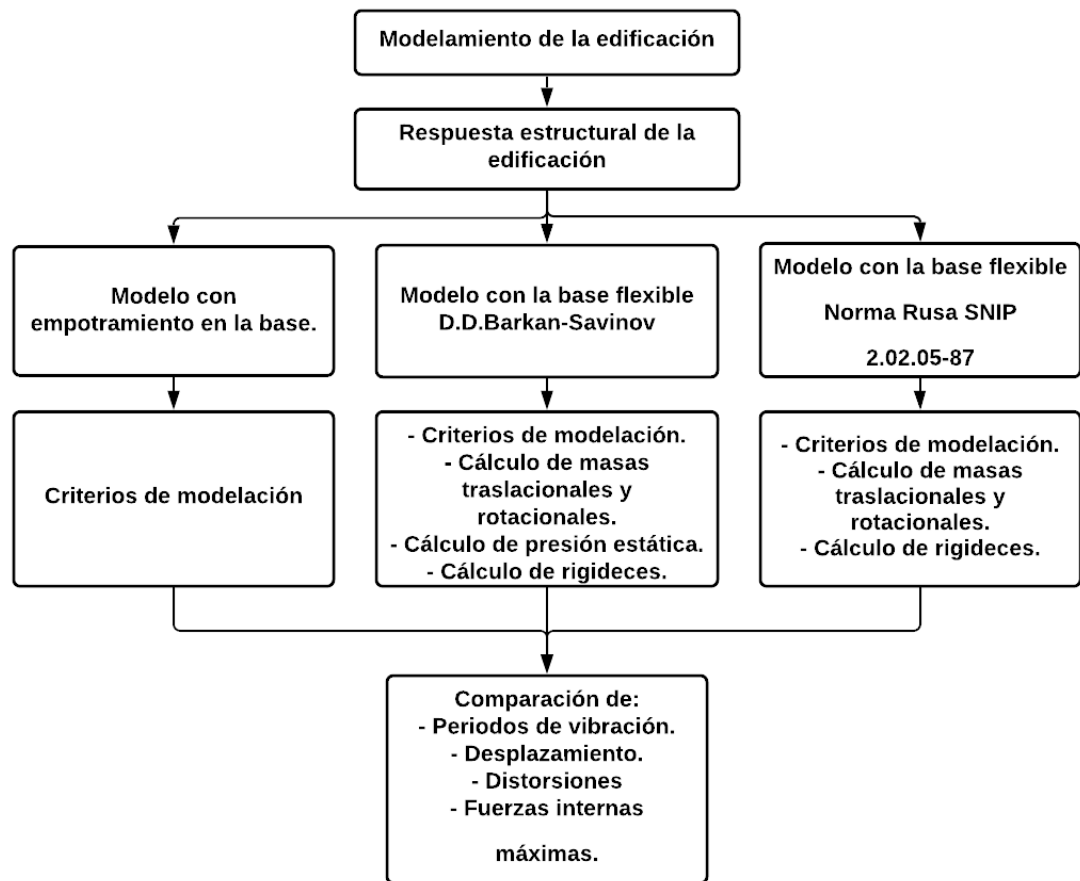
b.1. Modelo con empotramiento en la base: Se tiene en cuenta el tratamiento de datos según las Normas Peruanas para el criterio de modelamiento de la edificación y poder comparar los periodos de vibración, desplazamientos, distorsiones y fuerzas internas máximas con los modelos con la base flexible D.D. Barkan - Savinov y Norma Rusa SNIP 2.02.05-87.

b.2. Modelo con la base flexible D.D. Barkan - Savinov: Se tiene en cuenta el criterio de modelamiento, cálculo de masas, presión estática y rigideces, para luego comparar los periodos de vibración, desplazamientos, distorsiones y fuerzas internas máximas con el modelo con empotramiento en la base y modelo con la base flexible Norma Rusa SNIP 2.02.05-87.

b.3. Modelo con la base flexible Norma Rusa SNIP 2.02.05-87:

Para este modelo también se tiene en cuenta el criterio de modelamiento, cálculo de masas, presión estática y rigideces, para luego comparar los periodos de vibración, desplazamientos, distorsiones y fuerzas internas máximas con el modelo con empotramiento en la base y modelo con la base flexible D.D. Barkan-Savinov

Diagrama de Flujo 3. Procedimiento de tratamiento de datos



Nota. Elaboración propia (2021)

2.5.2. Incorporación de recolección de datos

Se presentan los formatos para la recolección de datos para el análisis sismo de la edificación.

Figura 6.
Instrumentos de recolección de datos.

| UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA Escuela profesional de Ingeniería Civil | | | | UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA Escuela profesional de Ingeniería Civil | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------------|--------------------|---|---|----|---|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|---|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|---|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|---|--------|--------|---|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|----|--------|--------|
| FICHA - MODELAMIENTO: DATOS INICIALES | | | | FICHA - MODELAMIENTO: ANALISIS ESTRUCTURAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TESIS: Comportamiento Estructural al Incorporar la Interacción Suelo- Estructura de una Edificación de Cuatro Niveles en la Molina - Cajamarca | | | | TESIS: Comportamiento Estructural al Incorporar la Interacción Suelo- Estructura de una Edificación de Cuatro Niveles en la Molina - Cajamarca | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| UBICACION: Cajamarca | | NORMA: E.030 2019 | CODIGO: UPN | UBICACION: Cajamarca | | NORMA: E.030 2019 | CODIGO: UPN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RESPONSABLES: Lopez | | ASESOR: Moreno | | RESPONSABLES: Mariamv Ocas, Willan Lopez | | ASESOR: Ing. Miguel Mosquera Moreno | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 01 PELIGRO SISMICO | | | | 01 ANALISIS ESTRUCTURAL ESTATICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 01.01 FACTOR DE LA Z | | 01.02 PERFIL DEL SUELO | | Cálculo de fuerza cortante en la base: V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Zona: - Z3 | | Clasificación del suelo: - S2 | | El valor de C/R cumple la condición: C/R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Factor de la Zona: Z 0.35 | | | | Fuerza cortante en la base de la estructura: $V = \frac{Z * U + C * S * P}{R}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 01.03 PARAMETROS DE SITIO \bar{K}_v, T_p, γ | | | | 02 ANALISIS ESTRUCTURAL DINAMICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Factor de Amplificación del Suelo: S 1.15 | | Período de Vibración de Terreno: T_f 0.6 | | Factor de Zona: Z 0.35 | | Espectro de pseudo aceleraciones: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Período de Cedencia del Terreno: T_c 0.173 | | | | Factor de Uso: U 1 | | Factor de Suelo: S 1.15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Factor de Amplificación Sísmica: C 2.5 | | Coficiente de Reducción Sísmica: R 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Período de Vibración de Terreno: T_p 0.6 | | Período de Cedencia del Terreno: T_c 0.173 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 01.04 CONSTRUIR LA FUNCION FACTOR DE AMPLIFICACION SISMICA VERSUS PERIODO | | | | ACELERACION ESPECTRAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sistema Estructural: Muros de Corte | | Factor de Amplificación Sísmica: C 2.5 | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>T</th> <th>C</th> <th>Sa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>2.5000</td><td>0.3354</td></tr> <tr><td>0.1</td><td>2.5000</td><td>0.3354</td></tr> <tr><td>0.2</td><td>2.5000</td><td>0.3354</td></tr> <tr><td>0.3</td><td>2.5000</td><td>0.3354</td></tr> <tr><td>0.4</td><td>2.5000</td><td>0.3354</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>2.5000</td><td>0.3354</td></tr> <tr><td>0.6</td><td>2.5000</td><td>0.3354</td></tr> <tr><td>0.7</td><td>2.1429</td><td>0.2875</td></tr> <tr><td>0.8</td><td>1.8750</td><td>0.2516</td></tr> <tr><td>0.9</td><td>1.6667</td><td>0.2236</td></tr> <tr><td>1</td><td>1.5000</td><td>0.2013</td></tr> <tr><td>1.1</td><td>1.3636</td><td>0.1826</td></tr> <tr><td>1.2</td><td>1.2500</td><td>0.1677</td></tr> <tr><td>1.3</td><td>1.1538</td><td>0.1558</td></tr> <tr><td>1.4</td><td>1.0714</td><td>0.1457</td></tr> <tr><td>1.5</td><td>1.0000</td><td>0.1372</td></tr> <tr><td>1.6</td><td>0.9375</td><td>0.1292</td></tr> <tr><td>1.7</td><td>0.8824</td><td>0.1224</td></tr> <tr><td>1.9</td><td>0.7895</td><td>0.1094</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.7500</td><td>0.1029</td></tr> <tr><td>2.1</td><td>0.7143</td><td>0.0973</td></tr> <tr><td>2.3</td><td>0.6522</td><td>0.0918</td></tr> <tr><td>2.5</td><td>0.6000</td><td>0.0872</td></tr> <tr><td>2.7</td><td>0.5556</td><td>0.0834</td></tr> <tr><td>2.9</td><td>0.5172</td><td>0.0799</td></tr> <tr><td>3</td><td>0.5000</td><td>0.0772</td></tr> <tr><td>9</td><td>0.1667</td><td>0.0254</td></tr> <tr><td>9.2</td><td>0.1650</td><td>0.0251</td></tr> <tr><td>9.4</td><td>0.1596</td><td>0.0246</td></tr> <tr><td>9.6</td><td>0.1563</td><td>0.0242</td></tr> <tr><td>9.8</td><td>0.1531</td><td>0.0238</td></tr> <tr><td>10</td><td>0.1500</td><td>0.0234</td></tr> </tbody> </table> | | | | T | C | Sa | 0 | 2.5000 | 0.3354 | 0.1 | 2.5000 | 0.3354 | 0.2 | 2.5000 | 0.3354 | 0.3 | 2.5000 | 0.3354 | 0.4 | 2.5000 | 0.3354 | 0.5 | 2.5000 | 0.3354 | 0.6 | 2.5000 | 0.3354 | 0.7 | 2.1429 | 0.2875 | 0.8 | 1.8750 | 0.2516 | 0.9 | 1.6667 | 0.2236 | 1 | 1.5000 | 0.2013 | 1.1 | 1.3636 | 0.1826 | 1.2 | 1.2500 | 0.1677 | 1.3 | 1.1538 | 0.1558 | 1.4 | 1.0714 | 0.1457 | 1.5 | 1.0000 | 0.1372 | 1.6 | 0.9375 | 0.1292 | 1.7 | 0.8824 | 0.1224 | 1.9 | 0.7895 | 0.1094 | 2 | 0.7500 | 0.1029 | 2.1 | 0.7143 | 0.0973 | 2.3 | 0.6522 | 0.0918 | 2.5 | 0.6000 | 0.0872 | 2.7 | 0.5556 | 0.0834 | 2.9 | 0.5172 | 0.0799 | 3 | 0.5000 | 0.0772 | 9 | 0.1667 | 0.0254 | 9.2 | 0.1650 | 0.0251 | 9.4 | 0.1596 | 0.0246 | 9.6 | 0.1563 | 0.0242 | 9.8 | 0.1531 | 0.0238 | 10 | 0.1500 | 0.0234 |
| T | C | Sa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 2.5000 | 0.3354 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.1 | 2.5000 | 0.3354 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.2 | 2.5000 | 0.3354 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.3 | 2.5000 | 0.3354 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.4 | 2.5000 | 0.3354 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.5 | 2.5000 | 0.3354 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.6 | 2.5000 | 0.3354 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.7 | 2.1429 | 0.2875 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.8 | 1.8750 | 0.2516 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.9 | 1.6667 | 0.2236 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1.5000 | 0.2013 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 | 1.3636 | 0.1826 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.2 | 1.2500 | 0.1677 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.3 | 1.1538 | 0.1558 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4 | 1.0714 | 0.1457 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.5 | 1.0000 | 0.1372 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.6 | 0.9375 | 0.1292 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.7 | 0.8824 | 0.1224 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.9 | 0.7895 | 0.1094 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 0.7500 | 0.1029 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.1 | 0.7143 | 0.0973 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.3 | 0.6522 | 0.0918 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.5 | 0.6000 | 0.0872 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.7 | 0.5556 | 0.0834 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.9 | 0.5172 | 0.0799 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 0.5000 | 0.0772 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 0.1667 | 0.0254 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9.2 | 0.1650 | 0.0251 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9.4 | 0.1596 | 0.0246 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9.6 | 0.1563 | 0.0242 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9.8 | 0.1531 | 0.0238 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 0.1500 | 0.0234 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Factor de Amplificación Sísmica: C 2.5 | | Período fundamental de vibración de la estructura: T 3 | | $C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T}\right); C \leq 2.5$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Altura total de la edificación en metro: H_e 10.4 | | Período de Cedencia del Terreno: T_c 60 | | $C_1 = \frac{H_e}{C_2}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02 CARACTERIZACION DEL EDIFICIO | | | | 02.03 COEFICIENTE BASICO DE REDUCCION DE FUERZAS SISMICAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02.01 CATEGORIA DE LA EDIFICACION Y FACTOR DE USO | | | | Sistema estructural: Alhóvilera; Coeficiente básico de reducción: R0 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Categoría: - A | | | | Factor de Uso: U 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02.02 SISTEMA ESTRUCTURAL | | | | 02.04 FACTORES DE IRREGULARIDAD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Regularidad Estructural: Regular | | | | Irregularidad en altura: Irregularidad en Planta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Factor de Irregularidad: I_a | | | | Factor de Irregularidad: I_p | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02.05 COEFICIENTE DE REDUCCION DE LA FUERZA SISMICA | | | | Coficiente de reducción sísmica: R 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 SEPARACION ENTRE EDIFICIOS | | | | Material predominante: Concreto armado | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Máxima distorsión: Di/hai 0.007 | | | | Separación entre edificios/cm: s 6.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Observaciones: | | | | Observaciones: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RESPONSABLES | | ASESOR | | RESPONSABLES | | ASESOR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nombres: Mariamv Ocas, Willan Lopez | | Nombre: Ing. Miguel Mosquera Moreno | | Nombres: Mariamv Ocas, Willan Lopez | | Nombre: Ing. Miguel Mosquera Moreno | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha: Mayo 2021 | | Fecha: Mayo 2021 | | Fecha: Mayo 2021 | | Fecha: Mayo 2021 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Nota. Elaboración propia, (2021)

2.5.3. Análisis de datos

El análisis de datos se realiza desde los datos de la mecánica de suelos, el cual se calcula su capacidad portante y coeficiente de balasto. Además, a partir del modelamiento de la edificación en software SAP 2000 considerando los parámetros de las normas peruanas, se realiza el análisis sísmico y comparación estructural de periodos de vibración, derivas máximas y fuerza internas máximas con los siguientes métodos:

- ☐ Modelo con empotramiento en la base.
- ☐ Modelo con la base flexible D.D. Barkan - Savinov.
- ☐ Modelo con la base flexible Norma Rusa SNIP 2.02.05-87.

2.6. Procedimiento de la investigación

2.6.1. Mecánica de suelos

Se presentan los datos más importantes que se usa para el análisis del comportamiento estructural de la interacción suelo - estructura, datos que son del expediente técnico de Santa Bárbara: “Construcción del sistema de alcantarillado sanitario del centro poblado Santa Bárbara y anexos, distrito de los Baños del Inca - Cajamarca”.

a. Capacidad portante

Se calcula de siguiente manera:

$$q_{adm} = \frac{q_d}{FS} \dots \dots \dots \text{Ecuación 1. Capacidad Portante}$$

Donde:

q_d : Carga límite

q_{adm} : Carga admisible

FS: Factor de seguridad, Terzaghi recomienda FS no debe ser < 3

Tabla 6.
Capacidad portante del suelo.

| Capacidad portante del suelo | | |
|-------------------------------------|------------------|--------------------------|
| Carga Límite | qd | 2.10 kg/ cm ² |
| Carga admisible | q _{adm} | 0.70 kg/ cm ² |
| Factor de seguridad | FS | 3 |

Nota. Municipalidad Baños del Inca (2010).

b. Coeficiente de balasto

La clasificación según la Norma E.030 es S2 (suelos intermedios - suelo cohesivo compacto).

Para el coeficiente de balasto recurrimos la tabla 2 del libro de Interacción Sísmica suelo-estructura en edificaciones con zapatas aisladas de Genner Villareal (2006), obteniendo un $C_0 = \text{Balasto } 2.00 \text{ kg/cm}^3$, además se tiene el coeficiente de poisson del suelo $\mu = 0.30$, según tabla de Antonio Jaramillo (mayo 2018). Ver tablas en anexos.

2.6.2 Metrado de cargas de la edificación

a. Caracterización de la edificación

La edificación tiene las siguientes medidas:

Tabla 7.
Capacidad de áreas totales.

| Descripción | Área |
|--------------------------|-----------------------|
| Lote de terreno | 200.00 m ² |
| Área techada (4 niveles) | 564.00 m ² |
| Área libre | 56.00 m ² |

Nota. Elaboración propia (2021).

Tabla 8.
Ambientes y áreas de la edificación por nivel.

| Nivel | Distribución | Área Total Techada |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Primer | Sala, comedor, cocina, comedor del diario, estudio, garaje, 01 baño y lavandería. | 144.00 m ² |
| Segundo | 03 dormitorios, 01 estudio, 01 estar-TV y 03 baños | 140.00 m ² |
| Tercer | Sala, comedor, cocina, lavandería, 03 baños y 03 dormitorios. | 140.00 m ² |
| Cuarto | Sala, comedor, cocina, lavandería, 03 baños y 03 dormitorios. | 140.00 m ² |

Nota. Elaboración propia (2021).

b. Peso de la edificación considerando carga muerta y viva.

Se presentan los datos más importantes que se usa para el análisis sísmico de la edificación (interacción suelo-estructura). El detalle de los cálculos se muestra en anexos.

Tabla 9.
Cargas de la edificación por nivel.

| Nivel | Carga muerta | Carga viva | Peso (Tn) |
|----------------|--------------|------------|-----------------|
| Nivel 1 | 114,50 | 20,11 | 134.61 T |
| Nivel 2 | 123,68 | 20,63 | 144.31 T |
| Nivel 3 | 125,44 | 20,63 | 146.06 T |
| Nivel 4 | 125,44 | 10,31 | 135.75 T |
| Total | | | 560.73 T |

Nota. Elaboración propia (2021).

2.6.3 Modelamiento sísmico estático de la edificación

a. Periodo fundamental de vibración de la estructura.

Según Norma E.030-2019.

$$T = \frac{h_n}{c_T} \dots \dots \dots \text{Ecuación 2. Periodo fundamental de vibración de la estructura}$$

Donde:

h_n : Altura total de la edificación en metros

C_T : Coeficiente para estimar el periodo fundamental de una edificación

Calculamos:

$$h_n = (4 * 2.6) \text{ m} = 10.4 \text{ m}$$

$$C_T = 60 \quad \text{según Norma E.030-2019}$$

$$T = \frac{10.4}{60} = 0.173$$

b. Factor de ampliación sísmica

Según Norma E.030-2019, aplicamos la siguiente fórmula.

$$T < T_P, C = 2.5 \dots \dots \dots \text{Ecuación 3. Factor de ampliación sísmica}$$

Tenemos un tipo de suelo intermedio S2, los datos según E.030-2019 son:

$$T = 0.173 \text{ y } T_P = 0.6$$

$$1.173 < 0.6 \text{ entonces } C = 2.5$$

c. Fuerza cortante en la base de la estructura

Según Norma E.030-2019, aplicamos la siguiente fórmula.

$$V = \frac{Z * U * C * S}{R} * P \dots \dots \dots \text{Ecuación 4. Fuerza cortante en la base de la estructura}$$

Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas

$$R = R_0 * I_a * I \dots \dots \dots \text{Ecuación 5. Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas}$$

Donde:

Tabla 10.
Datos según norma E.30.

| Según norma E.30 | | |
|-------------------------|--------|----------------------------------|
| Z | 0.35 | Zona 3 (Baños del Inca) |
| U | 1 | Factor de uso (edificación) |
| C | 2.5 | Ampliación sísmica |
| S | 1.15 | Suelo S2 |
| P | 560.73 | Peso sísmico (toneladas) |
| R = R0 . Ia . Ip | 3 | Factor de reducción |
| R0 = | 3 | Coefficiente básico de reducción |
| Ia = | 1 | Regular en altura |
| Ip = | 1 | Regular en planta |

Nota. Elaboración propia (2021).

Por lo tanto:

$$\frac{C}{R} \geq 0.125$$

Calculamos:

$$V = \frac{0.35 * 1 * 2.5 * 1.15}{3} * 560.73$$

$$v = 188.078$$

Entonces:

$$\frac{C}{R} = 0.833$$

$$\frac{C}{R} = 0.833 \geq 0.125, \text{Cumple}$$

d. Cálculo de las fuerzas sísmicas por la altura de la edificación

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^m P_j(h_j)^k} \dots \dots \text{Ecuación 6. Cálculo de las fuerzas sísmicas por la altura de la edificación}$$

Tabla 11.
Cálculos de fuerzas sísmicas.

T= 0.173 < 0.5 Entonces k = 1

| | |
|--------------------------------|-------|
| α_1 = | 0.096 |
| α_2 = | 0.206 |
| α_3 = | 0.312 |
| α_4 = | 0.387 |

Fuerzas sísmicas

| | |
|-------------|----------|
| F1 = | 18.027 T |
| F2 = | 38.651 T |
| F3 = | 58.682 T |
| F4 = | 72.718 T |

Nota. Elaboración propia (2021).

e. Cálculo de la excentricidad accidental

Tabla 12.
Cálculos excentricidad de la edificación.

| | | | |
|------------------------|-------------|---|-----|
| e_x = | 0.05 x 20.1 | = | 1 |
| e_y = | 0.05 x 8 | = | 0.4 |

Nota. Elaboración propia (2021).

f. Especificaciones técnicas de los materiales

☐ Concreto

Resistencia a la compresión: $f'c$: 210 kg/cm².

Comportamiento estructural al incorporar la interacción suelo-estructura de una edificación de cuatro niveles en la Molina - Cajamarca.

Peso por unidad de volumen: $\gamma = 2.4 \text{ T/m}^3$.

Módulo de elasticidad: $E_c = 2173706.512 \text{ T/m}^2$.

Módulo de Poisson: $\mu=0.20$

☐ **Acero**

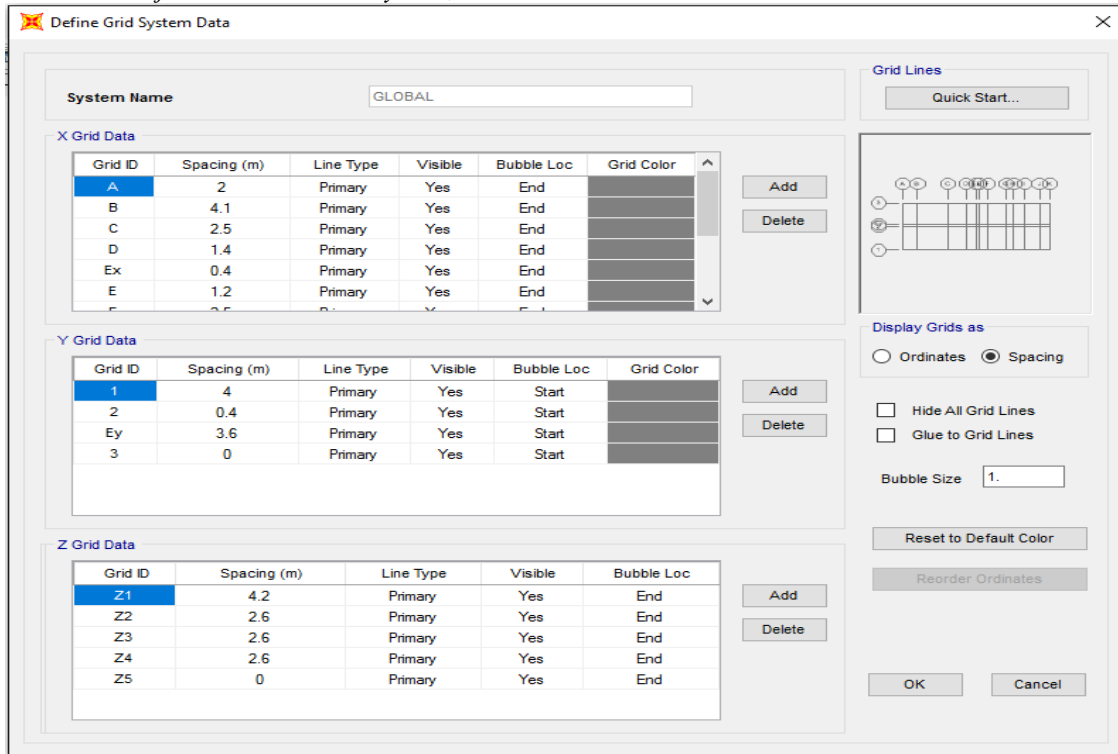
Esfuerzo de fluencia: $f_y=4200.00 \text{ kg/cm}^2$.

Módulo de elasticidad: $E_s=21 \times 10^6 \text{ Tn/m}^2$.

g. Modelamiento de la edificación empotrada en la base

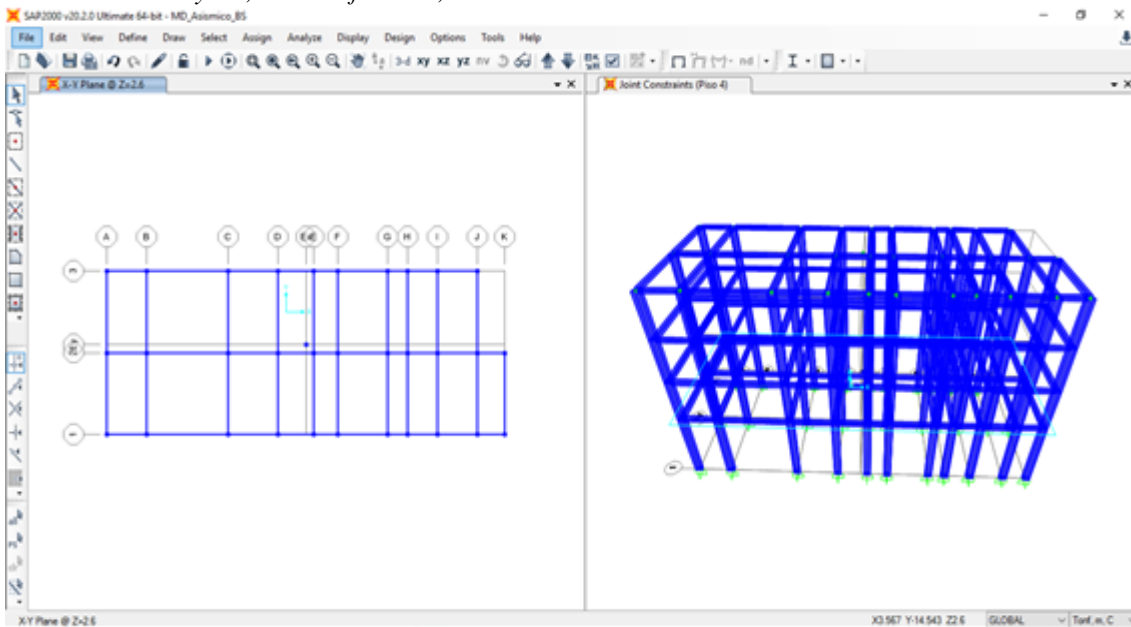
El modelado de la edificación se realiza en el software SAP 2000, direccionando los ejes.

Figura 7.
Edición de ejes en dirección “X” y “Y”; SAP2000.



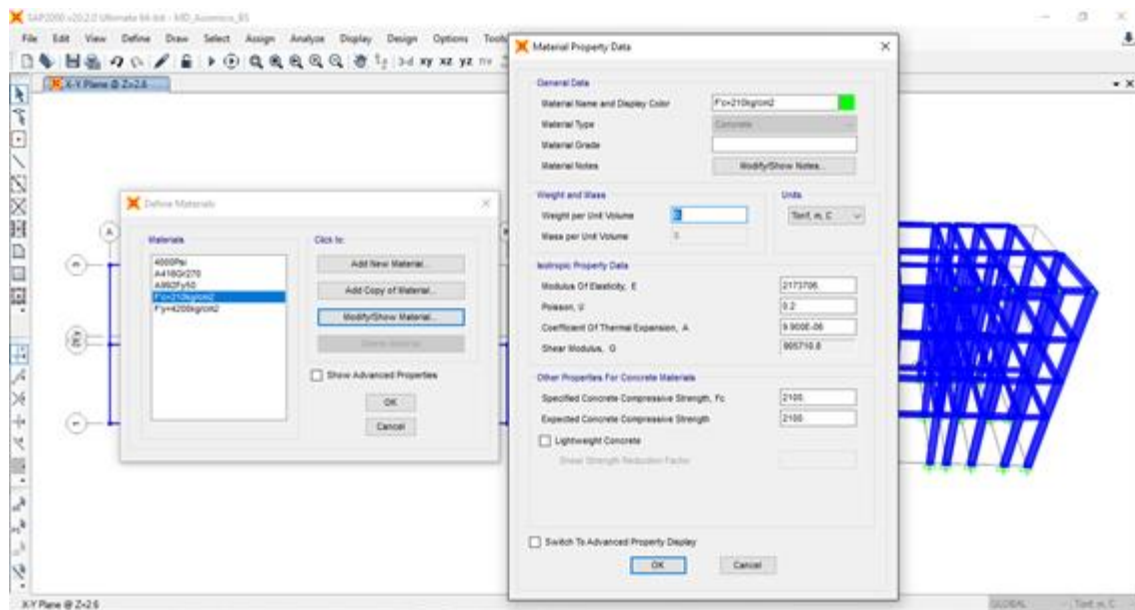
Nota. Elaboración propia, (2021)

Figura 8.
Vista en Planta y 3D, de la edificación; SAP2000.



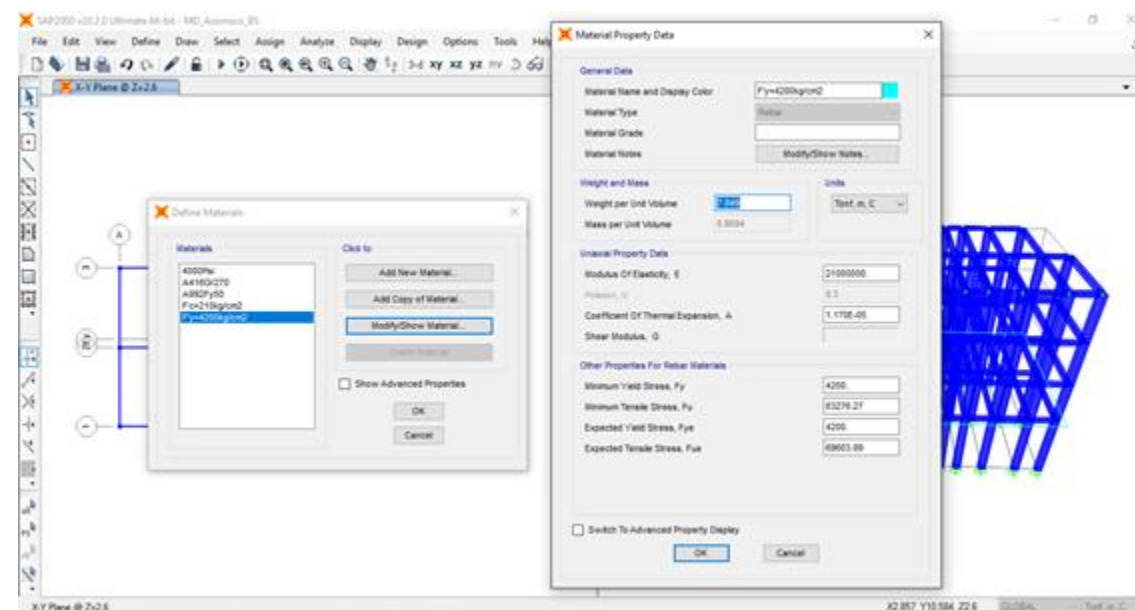
Nota. Elaboración propia, (2021)

Figura 9.
Definición de las propiedades del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$; SAP2000.



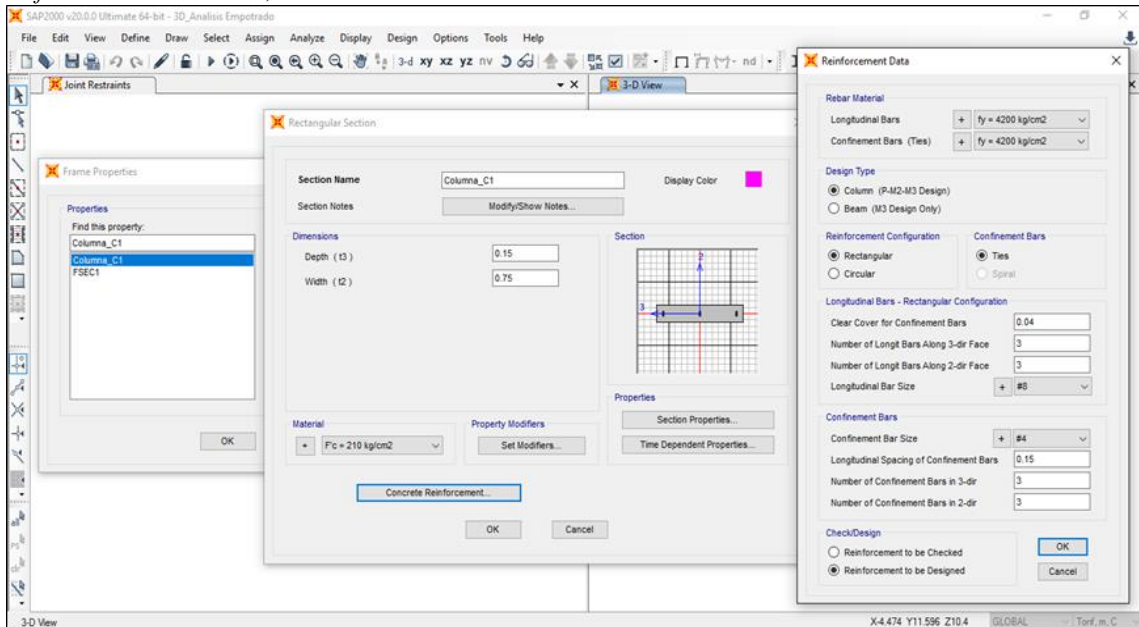
Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 10.
Definición de las propiedades del acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$; SAP2000.



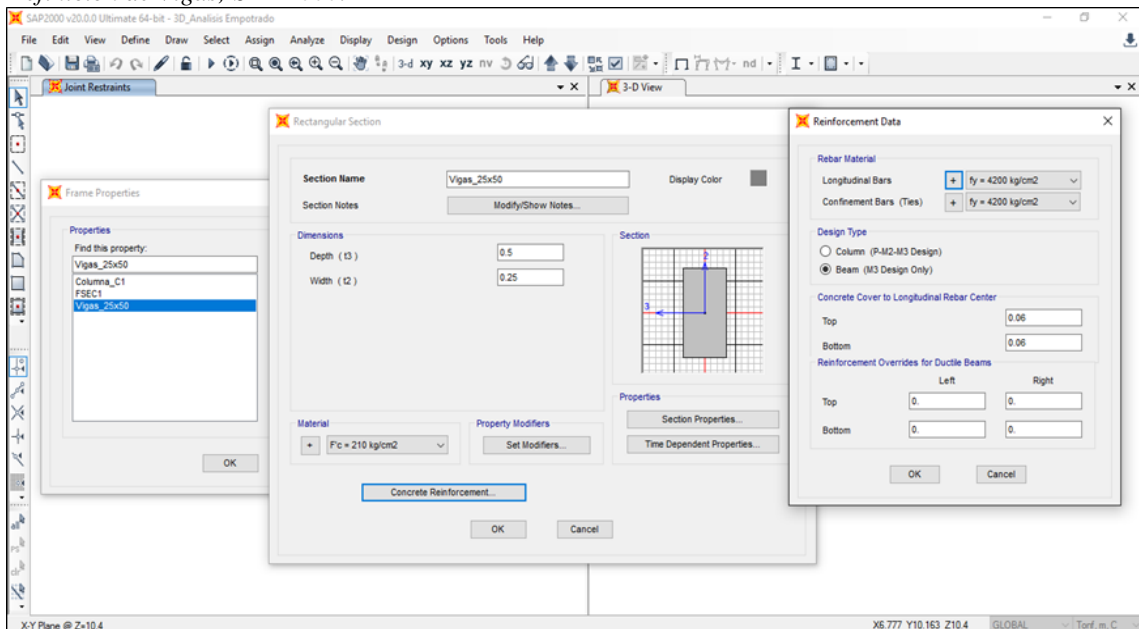
Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 11.
Definición de Columnas; SAP 2000.



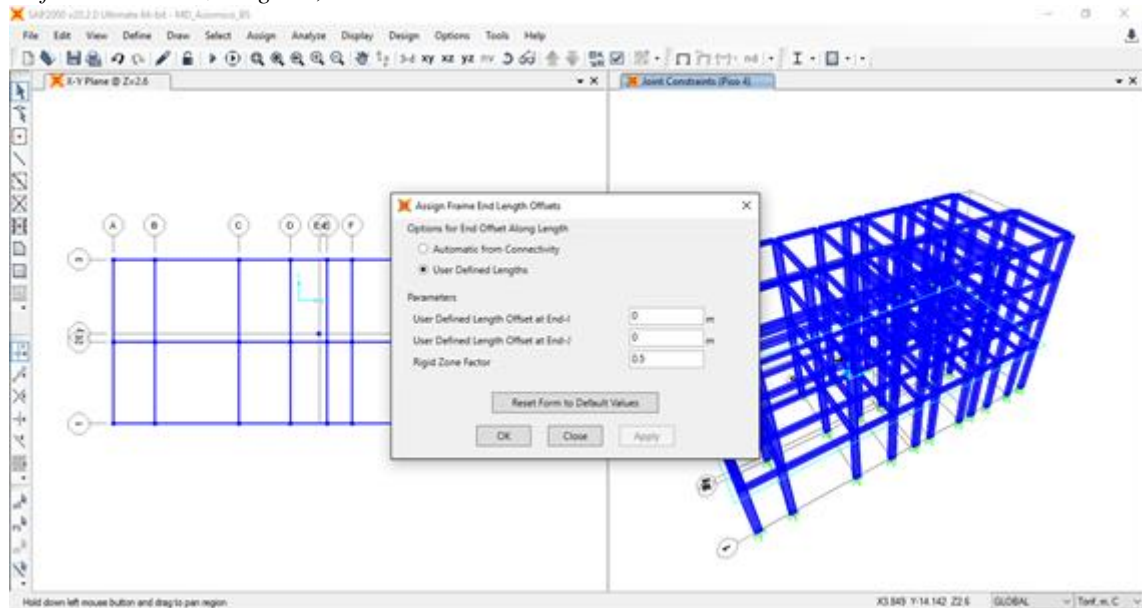
Nota. Elaboración Propia (2021)

Figura 12.
Definición de Vigas; SAP 2000.



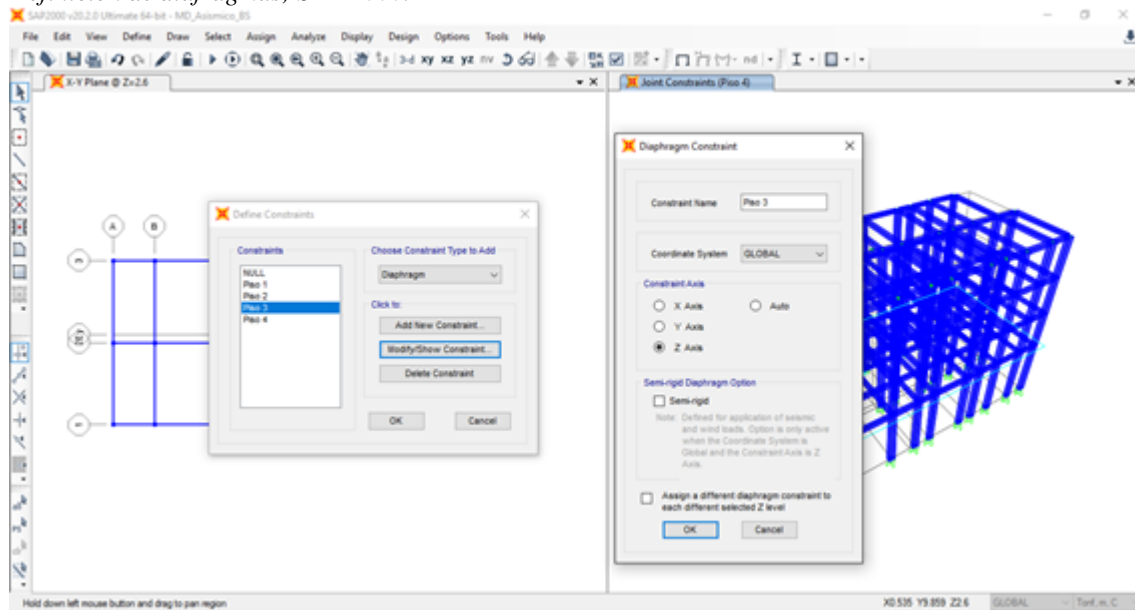
Nota. Elaboración Propia (2021)

Figura 13.
Definición de brazos rígidos; SAP2000.



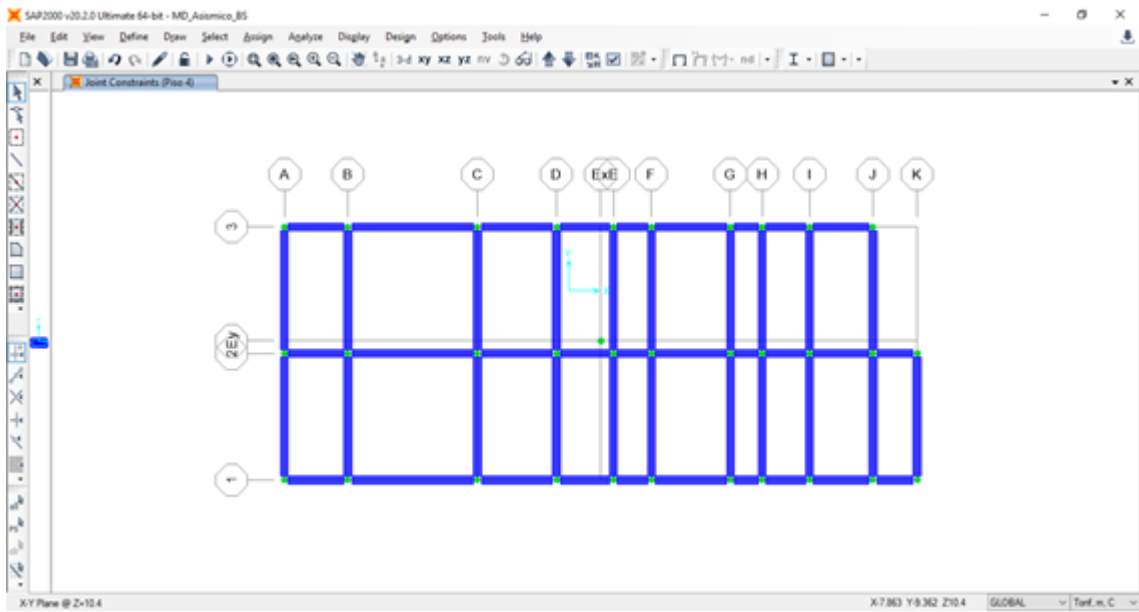
Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 14.
Definición de diafragmas; SAP 2000.



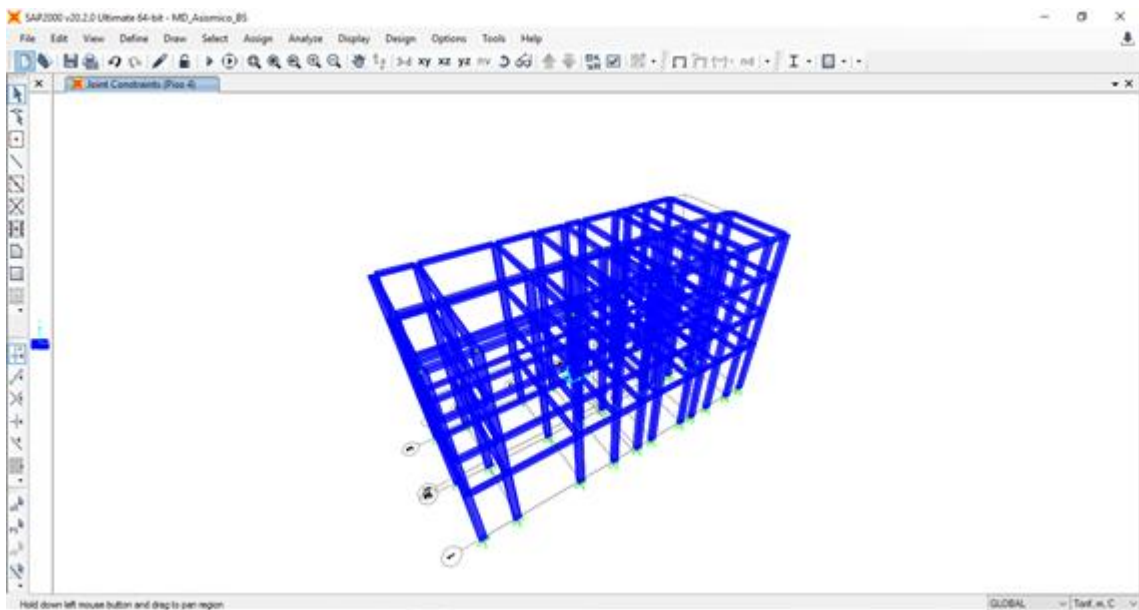
Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 15.
Vista planta de la edificación; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 16.
Vista 3D de la edificación; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

2.6.4 Modelamiento sísmico dinámico de la edificación

a. Cálculo de masas a nivel de entresijos

Tabla 13.

Cálculo de masas traslacionales y rotacionales de entresijos

| Nivel | Peso (Tn) | Masa traslacional (Tn.s ² /m) | Masa rotacional (Tn.s ² /m) |
|---------|--------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Nivel 1 | 134.61 | 13.722 | 612.214 |
| Nivel 2 | 144.31 | 14.71 | 656.293 |
| Nivel 3 | 146.06 | 14.889 | 664.29 |
| Nivel 4 | 135.75 | 13.838 | 617.382 |

Nota. Elaboración propia (2021).

b. Cálculo del factor de escala

$$F.E. = ZUSg/R$$

$$F.E. = 0.35 * 1.00 * 1.15 * 9.81/3$$

$$F.E. = 1.316$$

Siendo:

$$Z = 0.35 \text{ Zona 3 (Baños del Inca)}$$

$$U = 1.00 \text{ (Edificación)}$$

$$S = 1.15 \text{ (Suelo S2)}$$

$$g = 9.81 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p = 3 * 1 * 1 = 3$$

Donde:

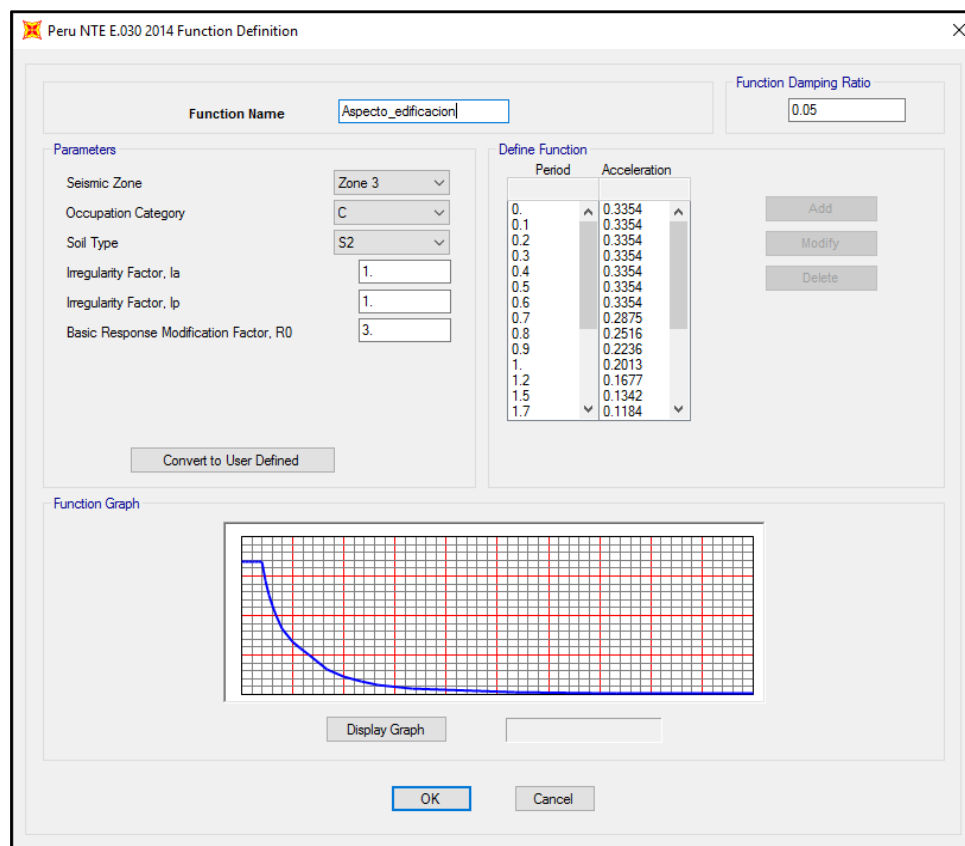
$R_o = 3$ Albañilería armada o confinada

$I_a = 1$ Regula la Altura

$I_p = 1$ Regular en planta

c. Cálculo del espectro de diseño según norma E.030

Figura 17.
Espectrograma; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

2.6.5 Modelamiento con base flexible D.D. Barkan – O.A. Savinov

a. Cálculo de masas traslacionales de zapatas según Barkan – Savinov.

Tabla 14.

Cálculo de masas traslacionales de zapatas según modelo Barkan.

| Zapata | a (m) | b (m) | c (m) | Peso (Tn) | Mx (Tn.s ² /m) | My (Tn.s ² /m) | Mz (Tn.s ² /m) |
|--------|-------|-------|-------|--------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Z-1 | 1.20 | 1.20 | 0.60 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-2 | 1.20 | 1.20 | 0.60 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-3 | 1.20 | 1.20 | 0.60 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-4 | 1.20 | 1.20 | 0.60 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-5 | 1.20 | 1.20 | 0.60 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-6 | 1.20 | 1.20 | 0.60 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-7 | 1.20 | 1.20 | 0.60 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-8 | 1.20 | 1.20 | 0.60 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-9 | 1.20 | 1.20 | 0.60 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-10 | 1.20 | 1.20 | 0.60 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-11 | 1.20 | 1.20 | 0.60 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-12 | 1.20 | 1.20 | 0.60 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-13 | 1.20 | 1.20 | 0.60 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-14 | 1.20 | 1.20 | 0.60 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-15 | 1.20 | 1.20 | 0.60 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-16 | 1.20 | 1.20 | 0.60 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-17 | 1.20 | 1.20 | 0.60 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-18 | 1.20 | 1.20 | 0.60 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-19 | 1.20 | 1.20 | 0.60 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-20 | 1.20 | 1.20 | 0.60 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-21 | 1.20 | 1.20 | 0.60 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-22 | 1.20 | 1.20 | 0.60 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-23 | 1.20 | 1.20 | 0.60 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-24 | 1.20 | 1.20 | 0.60 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-25 | 1.20 | 1.20 | 0.60 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-26 | 1.50 | 1.50 | 0.60 | 3.240 | 0.330 | 0.330 | 0.330 |
| Z-27 | 1.50 | 1.50 | 0.60 | 3.240 | 0.330 | 0.330 | 0.330 |
| Z-28 | 1.50 | 1.50 | 0.60 | 3.240 | 0.330 | 0.330 | 0.330 |

Nota. Elaboración propia (2021).

b. Cálculo de masas rotacionales de zapatas según Barkan – Savinov.

Tabla 15.

Cálculo de masas rotacionales de zapatas según modelo Barkan

| Zapata | Mt (m) | b2+c2 | a2+c2 | a2+b2 | M ϕ_x (Tn.s2/m) | M ϕ_y (Tn.s2/m) | M ϕ_z (Tn.s2/m) |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Z-1 | 0.21 | 1.80 | 1.80 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-2 | 0.21 | 1.80 | 1.80 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-3 | 0.21 | 1.80 | 1.80 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-4 | 0.21 | 1.80 | 1.80 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-5 | 0.21 | 1.80 | 1.80 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-6 | 0.21 | 1.80 | 1.80 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-7 | 0.21 | 1.80 | 1.80 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-8 | 0.21 | 1.80 | 1.80 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-9 | 0.21 | 1.80 | 1.80 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-10 | 0.21 | 1.80 | 1.80 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-11 | 0.21 | 1.80 | 1.80 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-12 | 0.21 | 1.80 | 1.80 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-13 | 0.21 | 1.80 | 1.80 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-14 | 0.21 | 1.80 | 1.80 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-15 | 0.21 | 1.80 | 1.80 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-16 | 0.21 | 1.80 | 1.80 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-17 | 0.21 | 1.80 | 1.80 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-18 | 0.21 | 1.80 | 1.80 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-19 | 0.21 | 1.80 | 1.80 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-20 | 0.21 | 1.80 | 1.80 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-21 | 0.21 | 1.80 | 1.80 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-22 | 0.21 | 1.80 | 1.80 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-23 | 0.21 | 1.80 | 1.80 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-24 | 0.21 | 1.80 | 1.80 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-25 | 0.21 | 1.80 | 1.80 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-26 | 0.33 | 2.61 | 2.61 | 4.500 | 0.102 | 0.102 | 0.124 |
| Z-27 | 0.33 | 2.61 | 2.61 | 4.500 | 0.102 | 0.102 | 0.124 |
| Z-28 | 0.33 | 2.61 | 2.61 | 4.500 | 0.102 | 0.102 | 0.124 |

Nota. Elaboración propia (2021).

c. Cálculo de presión estática según Barkan – Savinov.

Tabla 16.

Cálculo de presión estática según modelo Barkan

| Zapata | Presión estática (kg/cm ²) | Zapata | Presión estática (kg/cm ²) |
|--------|----------------------------------------------|--------|----------------------------------------------|
| Z-1 | 1.535 | Z-15 | 1.535 |
| Z-2 | 1.535 | Z-16 | 1.535 |
| Z-3 | 1.535 | Z-17 | 1.535 |
| Z-4 | 1.535 | Z-18 | 1.535 |
| Z-5 | 1.535 | Z-19 | 1.535 |
| Z-6 | 1.535 | Z-20 | 1.535 |
| Z-7 | 1.535 | Z-21 | 1.535 |
| Z-8 | 1.535 | Z-22 | 1.535 |
| Z-9 | 1.535 | Z-23 | 1.535 |
| Z-10 | 1.535 | Z-24 | 1.535 |
| Z-11 | 1.535 | Z-25 | 1.535 |
| Z-12 | 1.535 | Z-26 | 1.616 |
| Z-13 | 1.535 | Z-27 | 1.616 |
| Z-14 | 1.535 | Z-28 | 1.616 |

Nota. Elaboración propia (2021).

d. Cálculo coeficiente D0 según Barkan – Savinov.

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$D0 = [(1-\mu)/(1-0.5\mu)]*C0 \dots \dots \dots \textit{Ecuación 7. Cálculo coeficiente D0 para Barkan – Savinov.}$$

Donde:

C0 = Balasto 2.00 kg/cm³ según la tabla N 2 del libro de Interacción Sísmica Suelo-Estructura en Edificaciones con Zapatas Aisladas del Genner Villareal (2006) y coeficiente de Poisson del suelo $\mu = 0.30$, según tabla de Antonio Jaramillo. Ver tablas en anexos.

Entonces calculamos:

$$D0 = 1.65 \text{ kg/cm}^3$$

Cálculo de rigideces para Barkan – Savinov.

e. Cálculo de coeficientes de rigidez según Barkan (C)

Tabla 17.

Cálculo de Coeficientes de Rigidez según modelo Barkan

| Zapata | Cx (kg/cm ³) | Cy (kg/cm ³) | Cz (kg/cm ³) | C ϕ x (kg/cm ³) | C ϕ y (kg/cm ³) |
|--------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Z-1 | 19.771 | 19.771 | 24.008 | 42.475 | 42.475 |
| Z-2 | 19.771 | 19.771 | 24.008 | 42.475 | 42.475 |
| Z-3 | 19.771 | 19.771 | 24.008 | 42.475 | 42.475 |
| Z-4 | 19.771 | 19.771 | 24.008 | 42.475 | 42.475 |
| Z-5 | 19.771 | 19.771 | 24.008 | 42.475 | 42.475 |
| Z-6 | 19.771 | 19.771 | 24.008 | 42.475 | 42.475 |
| Z-7 | 19.771 | 19.771 | 24.008 | 42.475 | 42.475 |
| Z-8 | 19.771 | 19.771 | 24.008 | 42.475 | 42.475 |
| Z-9 | 19.771 | 19.771 | 24.008 | 42.475 | 42.475 |
| Z-10 | 19.771 | 19.771 | 24.008 | 42.475 | 42.475 |
| Z-11 | 19.771 | 19.771 | 24.008 | 42.475 | 42.475 |
| Z-12 | 19.771 | 19.771 | 24.008 | 42.475 | 42.475 |
| Z-13 | 19.771 | 19.771 | 24.008 | 42.475 | 42.475 |
| Z-14 | 19.771 | 19.771 | 24.008 | 42.475 | 42.475 |
| Z-15 | 19.771 | 19.771 | 24.008 | 42.475 | 42.475 |
| Z-16 | 19.771 | 19.771 | 24.008 | 42.475 | 42.475 |
| Z-17 | 19.771 | 19.771 | 24.008 | 42.475 | 42.475 |
| Z-18 | 19.771 | 19.771 | 24.008 | 42.475 | 42.475 |
| Z-19 | 19.771 | 19.771 | 24.008 | 42.475 | 42.475 |
| Z-20 | 19.771 | 19.771 | 24.008 | 42.475 | 42.475 |
| Z-21 | 19.771 | 19.771 | 24.008 | 42.475 | 42.475 |
| Z-22 | 19.771 | 19.771 | 24.008 | 42.475 | 42.475 |
| Z-23 | 19.771 | 19.771 | 24.008 | 42.475 | 42.475 |
| Z-24 | 19.771 | 19.771 | 24.008 | 42.475 | 42.475 |
| Z-25 | 19.771 | 19.771 | 24.008 | 42.475 | 42.475 |
| Z-26 | 17.165 | 17.165 | 20.843 | 36.002 | 36.002 |
| Z-27 | 17.165 | 17.165 | 20.843 | 36.002 | 36.002 |
| Z-28 | 17.165 | 17.165 | 20.843 | 36.002 | 36.002 |

Nota. Elaboración propia (2021).

f. Cálculo de rigideces según Barkan (K)

Tabla 18.

Cálculo de rigideces según modelo Barkan

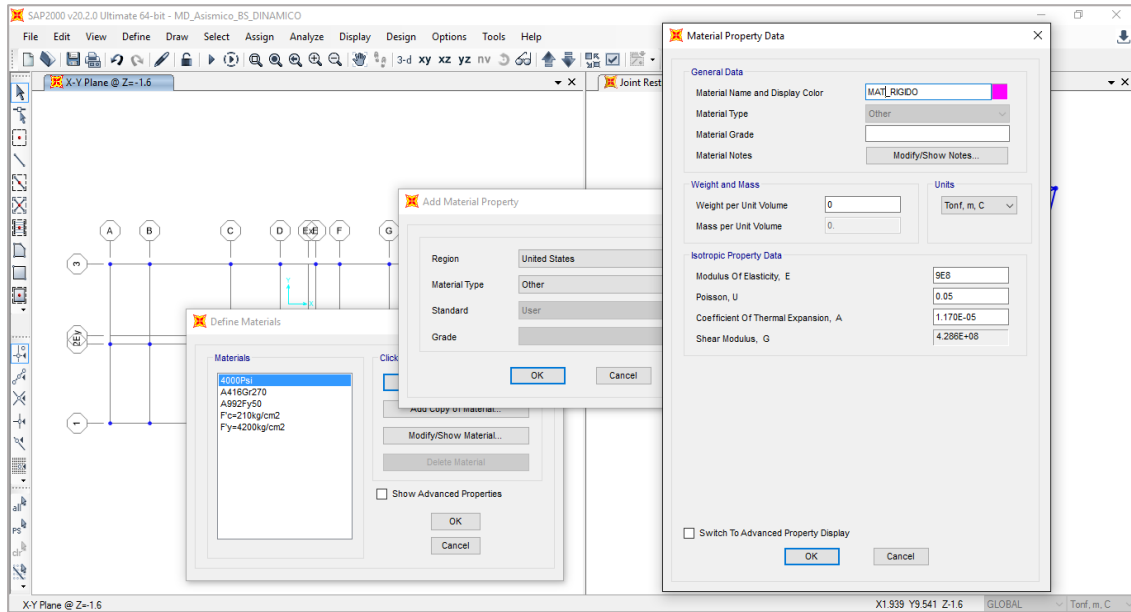
| Zapata | Kx (Tn/m) | Ky (Tn/m) | Kz (Tn/m) | K ϕ x (Tn/m) | K ϕ y (Tn/m) |
|--------|--------------|--------------|--------------|----------------------|----------------------|
| Z-1 | 28470.228 | 28470.228 | 34570.991 | 7339.687 | 7339.687 |
| Z-2 | 28470.228 | 28470.228 | 34570.991 | 7339.687 | 7339.687 |
| Z-3 | 28470.228 | 28470.228 | 34570.991 | 7339.687 | 7339.687 |
| Z-4 | 28470.228 | 28470.228 | 34570.991 | 7339.687 | 7339.687 |
| Z-5 | 28470.228 | 28470.228 | 34570.991 | 7339.687 | 7339.687 |
| Z-6 | 28470.228 | 28470.228 | 34570.991 | 7339.687 | 7339.687 |
| Z-7 | 28470.228 | 28470.228 | 34570.991 | 7339.687 | 7339.687 |
| Z-8 | 28470.228 | 28470.228 | 34570.991 | 7339.687 | 7339.687 |
| Z-9 | 28470.228 | 28470.228 | 34570.991 | 7339.687 | 7339.687 |
| Z-10 | 28470.228 | 28470.228 | 34570.991 | 7339.687 | 7339.687 |
| Z-11 | 28470.228 | 28470.228 | 34570.991 | 7339.687 | 7339.687 |
| Z-12 | 28470.228 | 28470.228 | 34570.991 | 7339.687 | 7339.687 |
| Z-13 | 28470.228 | 28470.228 | 34570.991 | 7339.687 | 7339.687 |
| Z-14 | 28470.228 | 28470.228 | 34570.991 | 7339.687 | 7339.687 |
| Z-15 | 28470.228 | 28470.228 | 34570.991 | 7339.687 | 7339.687 |
| Z-16 | 28470.228 | 28470.228 | 34570.991 | 7339.687 | 7339.687 |
| Z-17 | 28470.228 | 28470.228 | 34570.991 | 7339.687 | 7339.687 |
| Z-18 | 28470.228 | 28470.228 | 34570.991 | 7339.687 | 7339.687 |
| Z-19 | 28470.228 | 28470.228 | 34570.991 | 7339.687 | 7339.687 |
| Z-20 | 28470.228 | 28470.228 | 34570.991 | 7339.687 | 7339.687 |
| Z-21 | 28470.228 | 28470.228 | 34570.991 | 7339.687 | 7339.687 |
| Z-22 | 28470.228 | 28470.228 | 34570.991 | 7339.687 | 7339.687 |
| Z-23 | 28470.228 | 28470.228 | 34570.991 | 7339.687 | 7339.687 |
| Z-24 | 28470.228 | 28470.228 | 34570.991 | 7339.687 | 7339.687 |
| Z-25 | 28470.228 | 28470.228 | 34570.991 | 7339.687 | 7339.687 |
| Z-26 | 24717.746 | 24717.746 | 30014.406 | 6221.168 | 6221.168 |
| Z-27 | 24717.746 | 24717.746 | 30014.406 | 6221.168 | 6221.168 |
| Z-28 | 24717.746 | 24717.746 | 30014.406 | 6221.168 | 6221.168 |

Nota. Elaboración propia (2021)

g. Modelamiento de la edificación con base flexible según (modelo dinámico D.D.

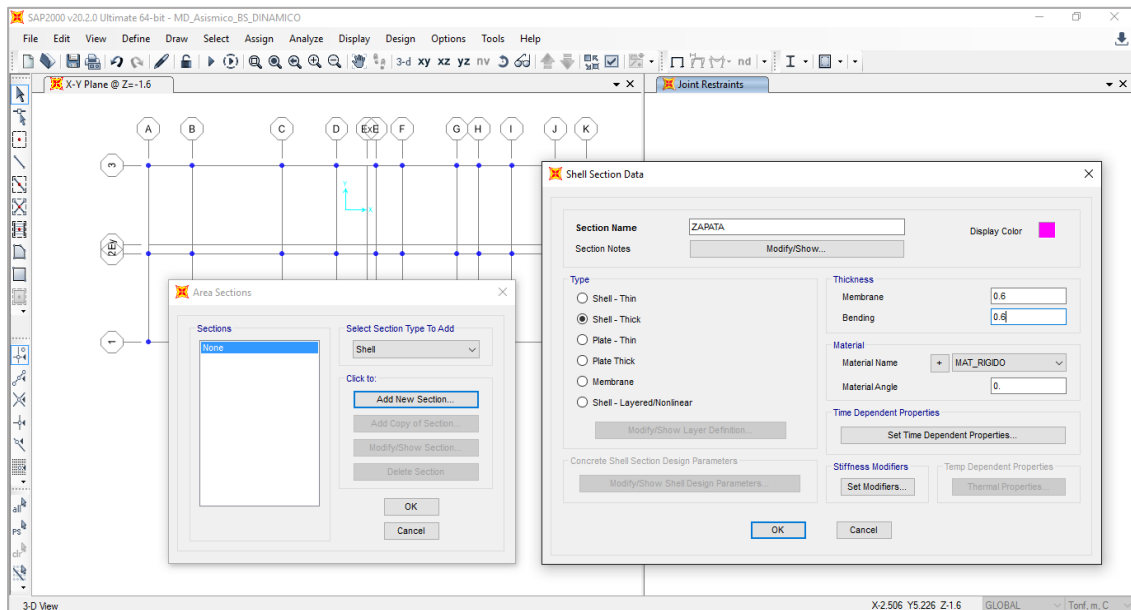
Barkan – O.A. Savinov.

Figura 18.
Definición del Material Rígido; según Barkan; SAP2000.



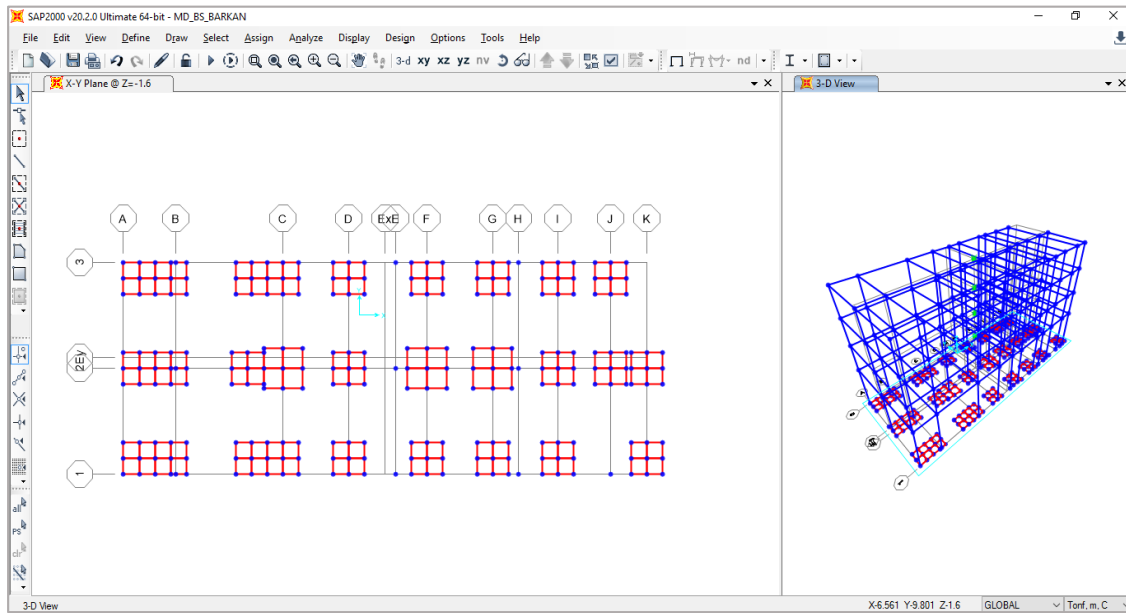
Nota. Elaboración propia (2021).

Figura 19.
Definición de Zapata Rígida; según Barkan.



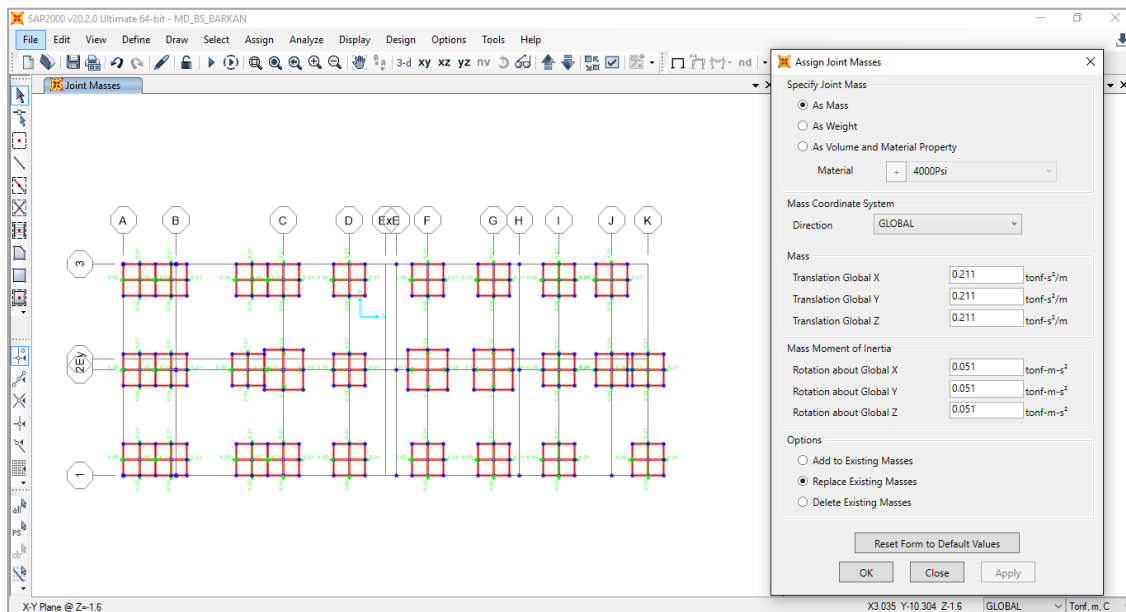
Nota. Elaboración propia (2021).

Figura 20.
Dibujo de zapatas en la base; según Barkan; SAP2000.



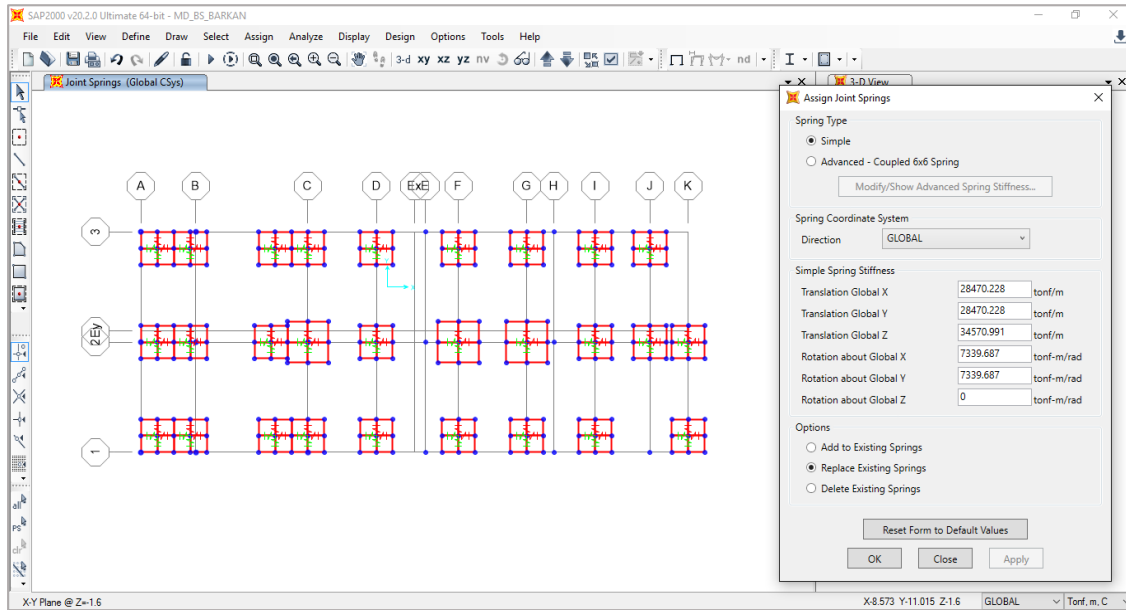
Nota. Elaboración propia (2021).

Figura 21.
Asignación de masas en zapatas; según Barkan, SAP2000.



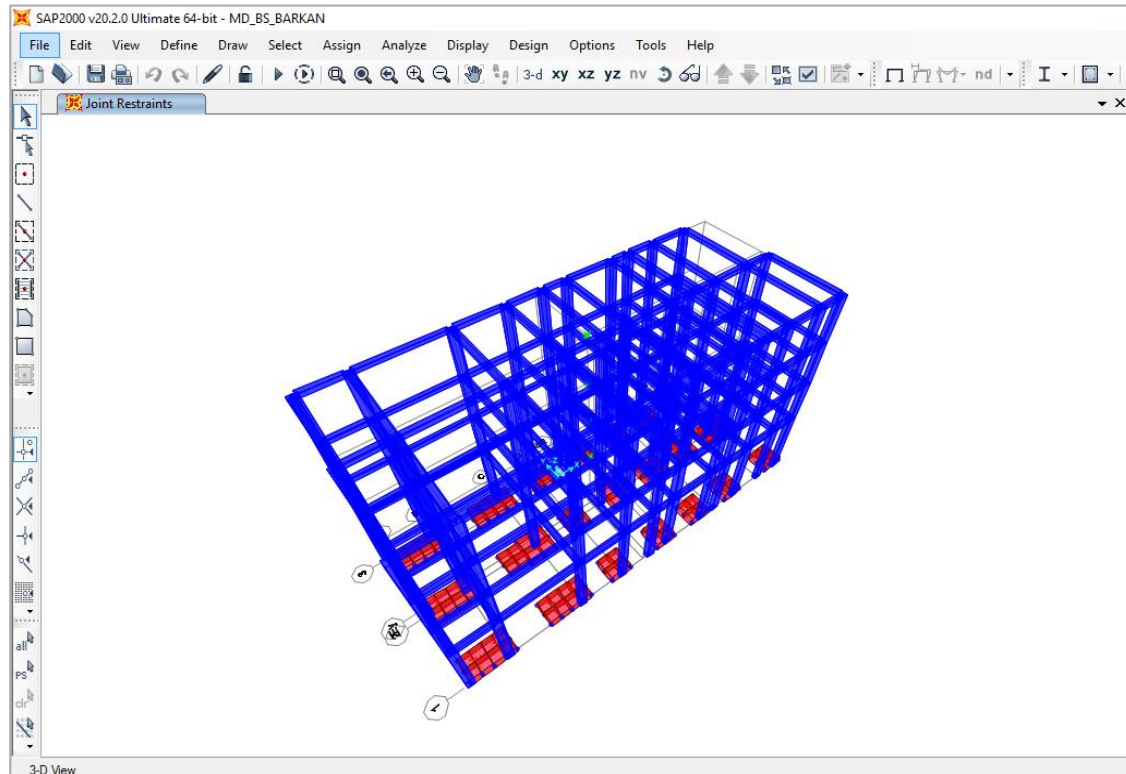
Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 22.
Asignamos coeficientes de rigidez a zapatas; según Barkan; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021).

Figura 23.
Vista 3D de la edificación con base flexible; según Barkan; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

2.6.6 Modelamiento con base flexible Norma Rusa

a. Cálculo de masas traslacionales de zapatas según Norma Rusa

Tabla 19.

Cálculo de masas traslacionales de zapatas según Norma Rusa

| Zapata | a (m) | b (m) | c (m) | Peso (Tn) | Mx (Tn.s ² /m) | My (Tn.s ² /m) | Mz (Tn.s ² /m) |
|--------|-------|-------|-------|-----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Z-1 | 1.200 | 1.200 | 0.600 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-2 | 1.200 | 1.200 | 0.600 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-3 | 1.200 | 1.200 | 0.600 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-4 | 1.200 | 1.200 | 0.600 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-5 | 1.200 | 1.200 | 0.600 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-6 | 1.200 | 1.200 | 0.600 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-7 | 1.200 | 1.200 | 0.600 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-8 | 1.200 | 1.200 | 0.600 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-9 | 1.200 | 1.200 | 0.600 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-10 | 1.200 | 1.200 | 0.600 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-11 | 1.200 | 1.200 | 0.600 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-12 | 1.200 | 1.200 | 0.600 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-13 | 1.200 | 1.200 | 0.600 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-14 | 1.200 | 1.200 | 0.600 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-15 | 1.200 | 1.200 | 0.600 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-16 | 1.200 | 1.200 | 0.600 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-17 | 1.200 | 1.200 | 0.600 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-18 | 1.200 | 1.200 | 0.600 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-19 | 1.200 | 1.200 | 0.600 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-20 | 1.200 | 1.200 | 0.600 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-21 | 1.200 | 1.200 | 0.600 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-22 | 1.200 | 1.200 | 0.600 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-23 | 1.200 | 1.200 | 0.600 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-24 | 1.200 | 1.200 | 0.600 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-25 | 1.200 | 1.200 | 0.600 | 2.074 | 0.211 | 0.211 | 0.211 |
| Z-26 | 1.500 | 1.500 | 0.600 | 3.240 | 0.330 | 0.330 | 0.330 |
| Z-27 | 1.500 | 1.500 | 0.600 | 3.240 | 0.330 | 0.330 | 0.330 |
| Z-28 | 1.500 | 1.500 | 0.600 | 3.240 | 0.330 | 0.330 | 0.330 |

Nota. Elaboración propia (2021).

b. Cálculo de masas rotacionales de zapatas según la Norma Rusa

Tabla 20.

Cálculo de masas rotacionales de zapatas según Norma Rusa.

| Zapata | Mt (m) | b2+c2 | a2+c2 | a2+b2 | M ϕ_x (Tn.s ² /m) | M ϕ_y (Tn.s ² /m) | M ϕ_z (Tn.s ² /m) |
|--------|--------|-------|-------|-------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Z-1 | 0.211 | 1.800 | 1.800 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-2 | 0.211 | 1.800 | 1.800 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-3 | 0.211 | 1.800 | 1.800 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-4 | 0.211 | 1.800 | 1.800 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-5 | 0.211 | 1.800 | 1.800 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-6 | 0.211 | 1.800 | 1.800 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-7 | 0.211 | 1.800 | 1.800 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-8 | 0.211 | 1.800 | 1.800 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-9 | 0.211 | 1.800 | 1.800 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-10 | 0.211 | 1.800 | 1.800 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-11 | 0.211 | 1.800 | 1.800 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-12 | 0.211 | 1.800 | 1.800 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-13 | 0.211 | 1.800 | 1.800 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-14 | 0.211 | 1.800 | 1.800 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-15 | 0.211 | 1.800 | 1.800 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-16 | 0.211 | 1.800 | 1.800 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-17 | 0.211 | 1.800 | 1.800 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-18 | 0.211 | 1.800 | 1.800 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-19 | 0.211 | 1.800 | 1.800 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-20 | 0.211 | 1.800 | 1.800 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-21 | 0.211 | 1.800 | 1.800 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-22 | 0.211 | 1.800 | 1.800 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-23 | 0.211 | 1.800 | 1.800 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-24 | 0.211 | 1.800 | 1.800 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-25 | 0.211 | 1.800 | 1.800 | 2.880 | 0.051 | 0.051 | 0.051 |
| Z-26 | 0.330 | 2.610 | 2.610 | 4.500 | 0.102 | 0.102 | 0.124 |
| Z-27 | 0.330 | 2.610 | 2.610 | 4.500 | 0.102 | 0.102 | 0.124 |
| Z-28 | 0.330 | 2.610 | 2.610 | 4.500 | 0.102 | 0.102 | 0.124 |

Nota. Elaboración propia (2021).

c. Cálculo de coeficientes de rigidez según Norma Rusa (C)

Tabla 21.

Cálculo de coeficientes de rigidez según Norma Rusa

| Zapata | Cx (kg/cm ³) | Cy (kg/cm ³) | Cz (kg/cm ³) | C _{φx} (kg/cm ³) | C _{φy} (kg/cm ³) | C _{φz} (kg/cm ³) |
|--------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
| Z-1 | 21.375 | 21.375 | 30.536 | 61.072 | 61.072 | 30.536 |
| Z-2 | 21.375 | 21.375 | 30.536 | 61.072 | 61.072 | 30.536 |
| Z-3 | 21.375 | 21.375 | 30.536 | 61.072 | 61.072 | 30.536 |
| Z-4 | 21.375 | 21.375 | 30.536 | 61.072 | 61.072 | 30.536 |
| Z-5 | 21.375 | 21.375 | 30.536 | 61.072 | 61.072 | 30.536 |
| Z-6 | 21.375 | 21.375 | 30.536 | 61.072 | 61.072 | 30.536 |
| Z-7 | 21.375 | 21.375 | 30.536 | 61.072 | 61.072 | 30.536 |
| Z-8 | 21.375 | 21.375 | 30.536 | 61.072 | 61.072 | 30.536 |
| Z-9 | 21.375 | 21.375 | 30.536 | 61.072 | 61.072 | 30.536 |
| Z-10 | 21.375 | 21.375 | 30.536 | 61.072 | 61.072 | 30.536 |
| Z-11 | 21.375 | 21.375 | 30.536 | 61.072 | 61.072 | 30.536 |
| Z-12 | 21.375 | 21.375 | 30.536 | 61.072 | 61.072 | 30.536 |
| Z-13 | 21.375 | 21.375 | 30.536 | 61.072 | 61.072 | 30.536 |
| Z-14 | 21.375 | 21.375 | 30.536 | 61.072 | 61.072 | 30.536 |
| Z-15 | 21.375 | 21.375 | 30.536 | 61.072 | 61.072 | 30.536 |
| Z-16 | 21.375 | 21.375 | 30.536 | 61.072 | 61.072 | 30.536 |
| Z-17 | 21.375 | 21.375 | 30.536 | 61.072 | 61.072 | 30.536 |
| Z-18 | 21.375 | 21.375 | 30.536 | 61.072 | 61.072 | 30.536 |
| Z-19 | 21.375 | 21.375 | 30.536 | 61.072 | 61.072 | 30.536 |
| Z-20 | 21.375 | 21.375 | 30.536 | 61.072 | 61.072 | 30.536 |
| Z-21 | 21.375 | 21.375 | 30.536 | 61.072 | 61.072 | 30.536 |
| Z-22 | 21.375 | 21.375 | 30.536 | 61.072 | 61.072 | 30.536 |
| Z-23 | 21.375 | 21.375 | 30.536 | 61.072 | 61.072 | 30.536 |
| Z-24 | 21.375 | 21.375 | 30.536 | 61.072 | 61.072 | 30.536 |
| Z-25 | 21.375 | 21.375 | 30.536 | 61.072 | 61.072 | 30.536 |
| Z-26 | 18.276 | 18.276 | 26.109 | 52.218 | 52.218 | 26.109 |
| Z-27 | 18.276 | 18.276 | 26.109 | 52.218 | 52.218 | 26.109 |
| Z-28 | 18.276 | 18.276 | 26.109 | 52.218 | 52.218 | 26.109 |

Nota. Elaboración propia (2021).

d. Cálculo de Rigideces según Norma Rusa (K)

Tabla 22.

Cálculo de Rigideces según Norma Rusa (K)

| Zapata | K _x (Tn/m) | K _y (Tn/m) | K _z (Tn/m) | K _{φx} (Tn.m) | K _{φy} (Tn.m) | K _{φz} (Tn.m) |
|--------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Z-1 | 30780.231 | 30780.231 | 43971.759 | 10553.222 | 10553.222 | 10553.222 |
| Z-2 | 30780.231 | 30780.231 | 43971.759 | 10553.222 | 10553.222 | 10553.222 |
| Z-3 | 30780.231 | 30780.231 | 43971.759 | 10553.222 | 10553.222 | 10553.222 |
| Z-4 | 30780.231 | 30780.231 | 43971.759 | 10553.222 | 10553.222 | 10553.222 |
| Z-5 | 30780.231 | 30780.231 | 43971.759 | 10553.222 | 10553.222 | 10553.222 |
| Z-6 | 30780.231 | 30780.231 | 43971.759 | 10553.222 | 10553.222 | 10553.222 |
| Z-7 | 30780.231 | 30780.231 | 43971.759 | 10553.222 | 10553.222 | 10553.222 |
| Z-8 | 30780.231 | 30780.231 | 43971.759 | 10553.222 | 10553.222 | 10553.222 |
| Z-9 | 30780.231 | 30780.231 | 43971.759 | 10553.222 | 10553.222 | 10553.222 |
| Z-10 | 30780.231 | 30780.231 | 43971.759 | 10553.222 | 10553.222 | 10553.222 |
| Z-11 | 30780.231 | 30780.231 | 43971.759 | 10553.222 | 10553.222 | 10553.222 |
| Z-12 | 30780.231 | 30780.231 | 43971.759 | 10553.222 | 10553.222 | 10553.222 |
| Z-13 | 30780.231 | 30780.231 | 43971.759 | 10553.222 | 10553.222 | 10553.222 |
| Z-14 | 30780.231 | 30780.231 | 43971.759 | 10553.222 | 10553.222 | 10553.222 |
| Z-15 | 30780.231 | 30780.231 | 43971.759 | 10553.222 | 10553.222 | 10553.222 |
| Z-16 | 30780.231 | 30780.231 | 43971.759 | 10553.222 | 10553.222 | 10553.222 |
| Z-17 | 30780.231 | 30780.231 | 43971.759 | 10553.222 | 10553.222 | 10553.222 |
| Z-18 | 30780.231 | 30780.231 | 43971.759 | 10553.222 | 10553.222 | 10553.222 |
| Z-19 | 30780.231 | 30780.231 | 43971.759 | 10553.222 | 10553.222 | 10553.222 |
| Z-20 | 30780.231 | 30780.231 | 43971.759 | 10553.222 | 10553.222 | 10553.222 |
| Z-21 | 30780.231 | 30780.231 | 43971.759 | 10553.222 | 10553.222 | 10553.222 |
| Z-22 | 30780.231 | 30780.231 | 43971.759 | 10553.222 | 10553.222 | 10553.222 |
| Z-23 | 30780.231 | 30780.231 | 43971.759 | 10553.222 | 10553.222 | 10553.222 |
| Z-24 | 30780.231 | 30780.231 | 43971.759 | 10553.222 | 10553.222 | 10553.222 |
| Z-25 | 30780.231 | 30780.231 | 43971.759 | 10553.222 | 10553.222 | 10553.222 |
| Z-26 | 41121.289 | 41121.289 | 58744.699 | 9023.186 | 9023.186 | 9023.186 |
| Z-27 | 41121.289 | 41121.289 | 58744.699 | 9023.186 | 9023.186 | 9023.186 |
| Z-28 | 41121.289 | 41121.289 | 58744.699 | 9023.186 | 9023.186 | 9023.186 |

Nota. Elaboración propia (2021).

3. RESULTADOS

3.1. Modelo de empotramiento de las bases

3.1.1. Análisis sísmico estático de la edificación

a. Desplazamiento con análisis estático

Tabla 23.
Desplazamiento con análisis estático

| Nivel | U _x | U _y |
|-------|----------------|----------------|
| | Desplazamiento | Desplazamiento |
| | X (mm) | Y (mm) |
| 4 | 14.477 | 35.995 |
| 3 | 13.25 | 32.977 |
| 2 | 11.033 | 27.523 |
| 1 | 8.165 | 20.465 |

Nota. Elaboración propia (2021).

b. Fuerzas internas máximas con análisis estáticos

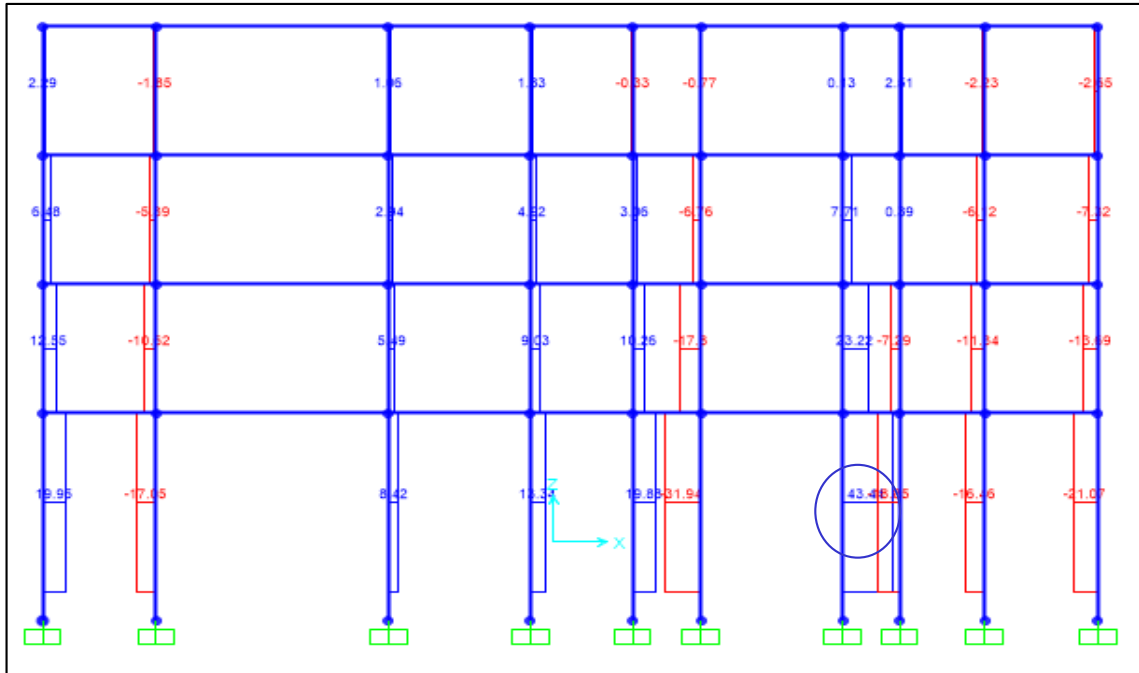
Tabla 24.
Fuerzas internas máximas estáticas

| Fuerza Interna | Sismo X (T*m) | Sismo Y (T*m) |
|------------------|---------------|---------------|
| N _{max} | 43.44 | 17.547 |
| V _{max} | 8.937 | 8.176 |
| M _{max} | 16.14 | 18.45 |

Nota. Elaboración propia (2021).

Figura 24.

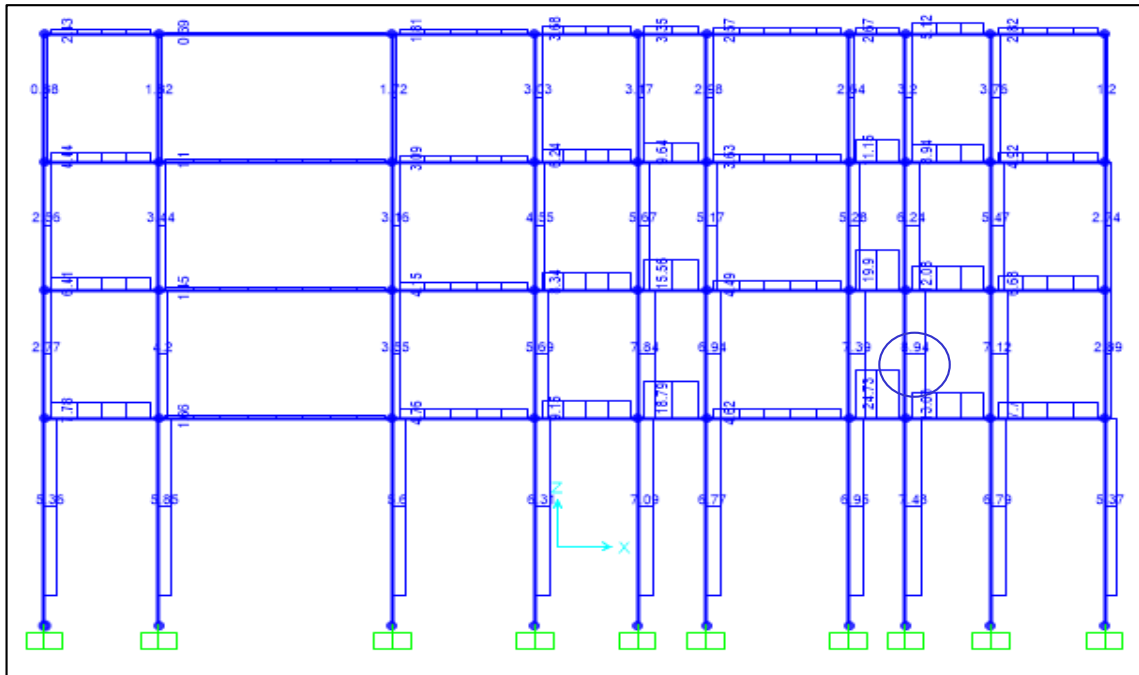
Fuerza normal máxima, para dirección X; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

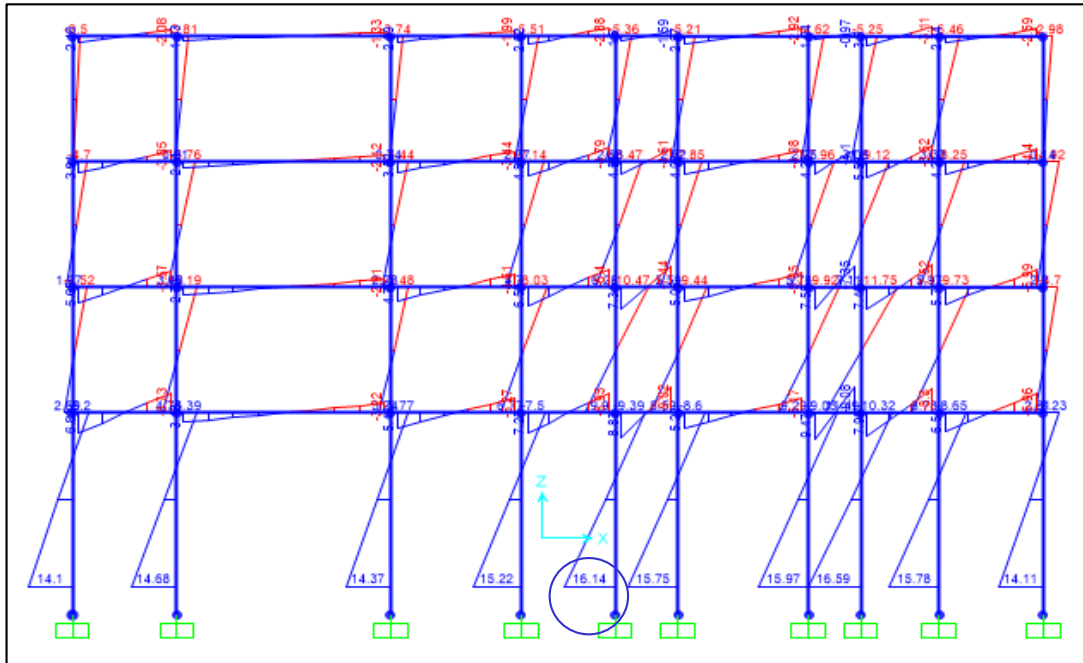
Figura 25.

Fuerza cortante máxima, para dirección X; SAP2000.



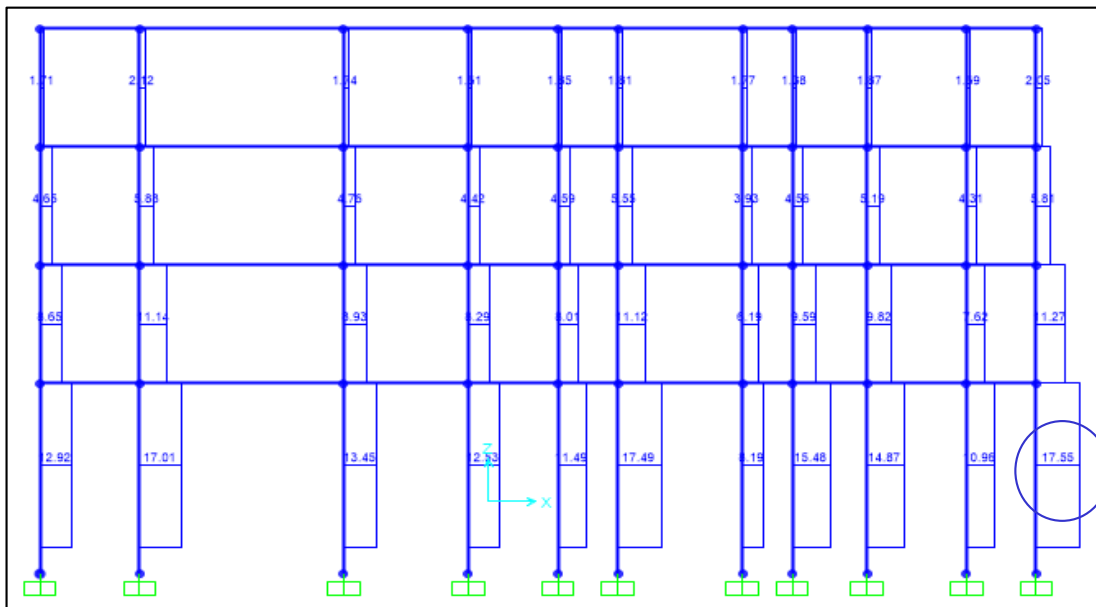
Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 26.
Momento máximo, para dirección X; SAP2000.



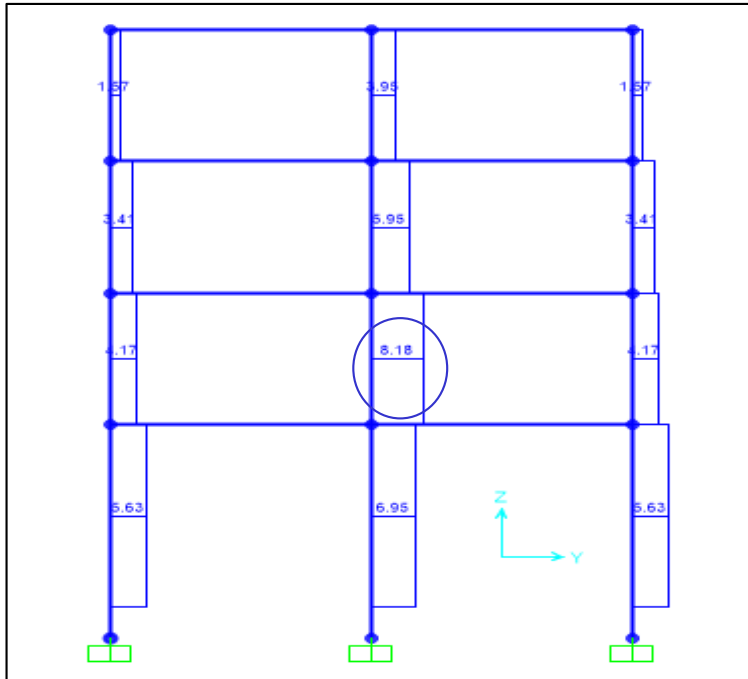
Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 27.
Fuerza normal máxima, para dirección Y; SAP 2000.



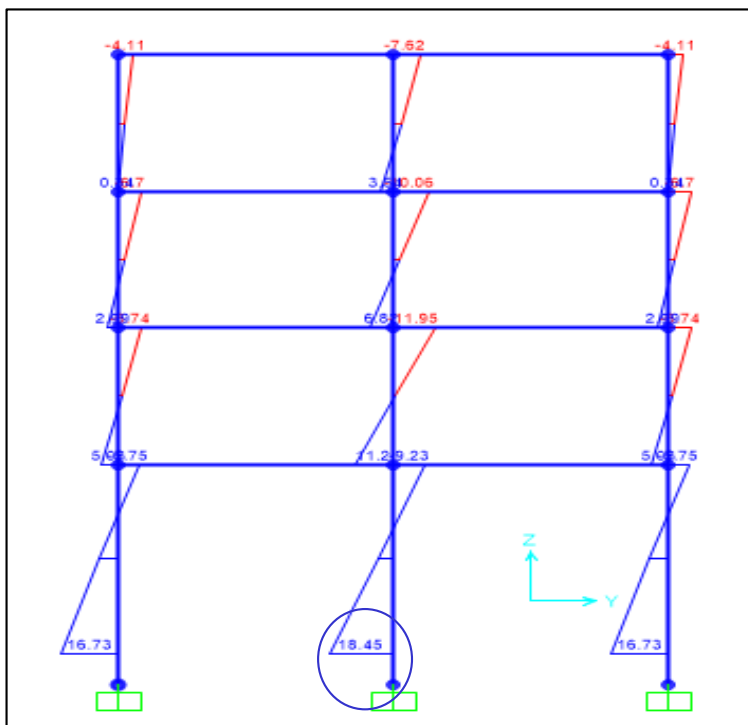
Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 28.
Fuerza cortante máxima, para dirección Y; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 29.
Momento máximo, para dirección Y; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

3.1.2. Análisis sísmico dinámico de la edificación

a. Periodo natural de vibración con empotramiento en las bases

Tabla 25.

Periodos de la estructura con base flexible empotrada en la base

| Caso | Modo | Periodo (s) |
|-------|------|-------------|
| Modal | 1 | 1.117 |
| Modal | 2 | 0.852 |
| Modal | 3 | 0.62 |
| Modal | 4 | 0.321 |
| Modal | 5 | 0.248 |
| Modal | 6 | 0.182 |
| Modal | 7 | 0.156 |
| Modal | 8 | 0.123 |
| Modal | 9 | 0.096 |
| Modal | 10 | 0.091 |
| Modal | 11 | 0.077 |
| Modal | 12 | 0.058 |

Nota. Elaboración propia (2021).

b. Modos de vibración de la estructura con modelo empotrado la base

Tabla 26.

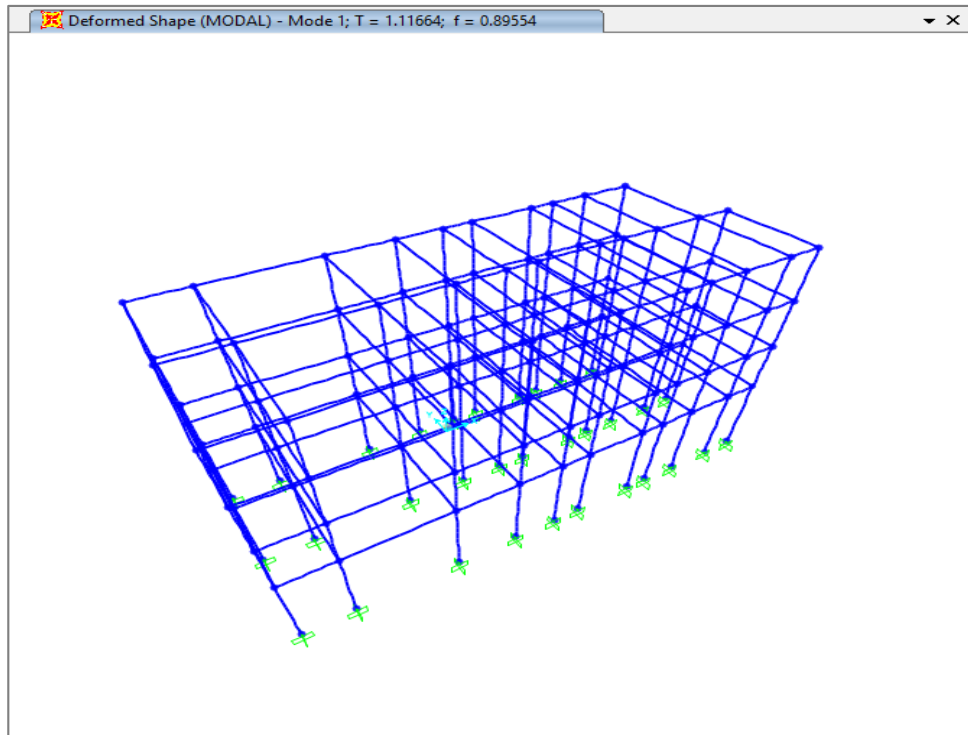
Modos de vibración según modelo empotrado en la base

| Caso | Modo | Periodo (s) | Desplazamientos | | | Rotaciones | | |
|-------|------|-------------|-----------------|----------|----|------------|----------|----------|
| | | | UX | UY | UZ | RX | RY | RZ |
| Modal | 1 | 1.116645 | 0.000436 | 0.856655 | 0 | 0.109086 | 5.30E-05 | 0.02808 |
| Modal | 2 | 0.852321 | 0.026796 | 0.027838 | 0 | 0.003927 | 0.003181 | 0.83577 |
| Modal | 3 | 0.620416 | 0.866644 | 7.00E-05 | 0 | 1.70E-05 | 0.100699 | 0.027179 |
| Modal | 4 | 0.321213 | 5.80E-05 | 0.085772 | 0 | 0.753096 | 0.00046 | 0.002927 |
| Modal | 5 | 0.248359 | 0.002559 | 0.003374 | 0 | 0.029178 | 0.024209 | 0.07993 |
| Modal | 6 | 0.181799 | 0.082496 | 7.53E-06 | 0 | 6.60E-05 | 0.7843 | 0.002597 |
| Modal | 7 | 0.15629 | 2.00E-05 | 0.020911 | 0 | 0.07392 | 8.50E-05 | 0.000822 |
| Modal | 8 | 0.123012 | 0.000556 | 0.001099 | 0 | 0.003849 | 0.001968 | 0.01831 |
| Modal | 9 | 0.095964 | 1.88E-06 | 0.003982 | 0 | 0.025057 | 1.50E-05 | 0.000219 |
| Modal | 10 | 0.090945 | 0.017079 | 4.31E-06 | 0 | 1.60E-05 | 0.061681 | 0.000561 |
| Modal | 11 | 0.076942 | 0.000111 | 0.000286 | 0 | 0.001781 | 0.000766 | 0.003488 |
| Modal | 12 | 0.0583008 | 0.003243 | 1.02E-06 | 0 | 6.19E-06 | 0.022583 | 0.000117 |

Nota. Elaboración propia, 2021.

Se presenta el primer modal de los 12 periodos de vibración de la edificación con modelo empotrado en las bases y partir del segundo modal se presentan en los anexos:

Figura 30.
Modal 1; Empotrado en la base; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

c. Desplazamiento y distorsiones con análisis dinámico

Tabla 27.
Desplazamiento y distorsiones en eje X, Y según modelo empotrado en la base

| Nivel | U _x | | U _y | |
|-------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| | Desplazamiento X (mm) | Distorsion X (mm) | Desplazamiento Y (mm) | Distorsion Y (mm) |
| 4 | 13.201 | 0.0002 | 22.626 | 0.001 |
| 3 | 11.521 | 0.0003 | 19.507 | 0.0001 |
| 2 | 9.012 | 0.0004 | 14.714 | 0.0002 |
| 1 | 5.737 | 0.001 | 8.548 | 0.0002 |

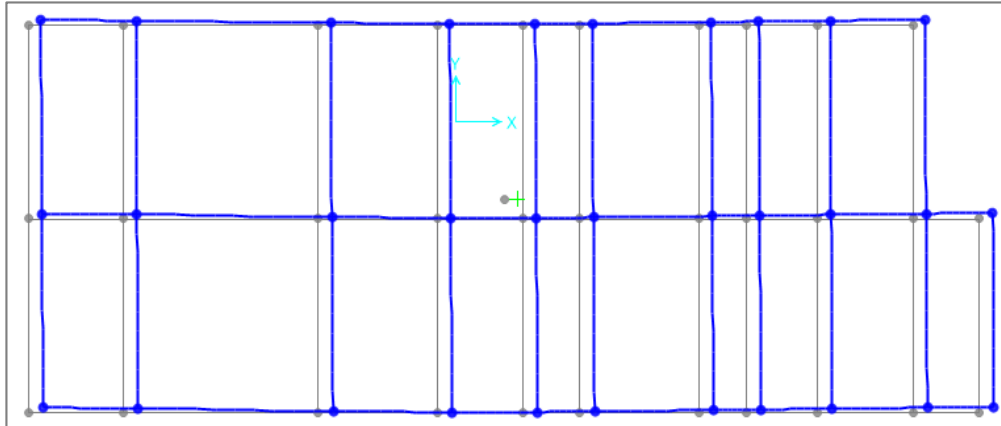
Nota. Elaboración propia (2021)

Distorsiones de entrepisos son ≤ 0.007 según la norma E.030, entonces cumple tanto para X y

Y

Figura 31.

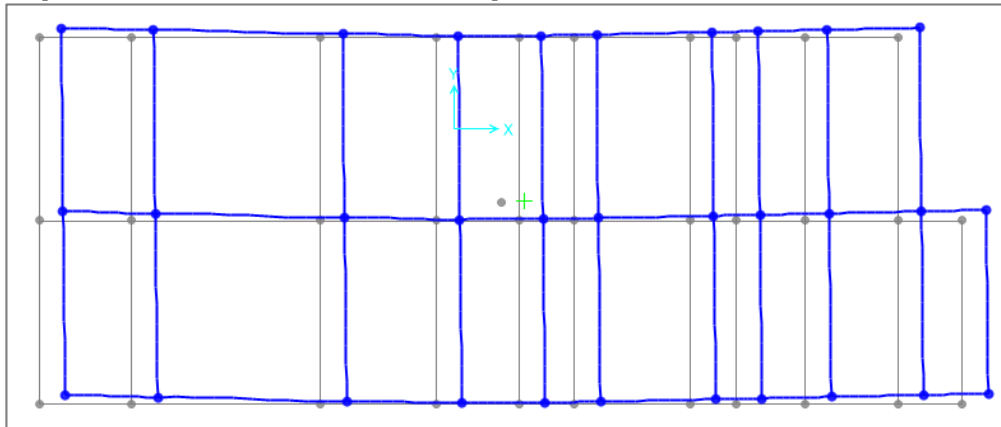
Desplazamiento de 1er nivel dirección X; Empotrado en la base; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 32.

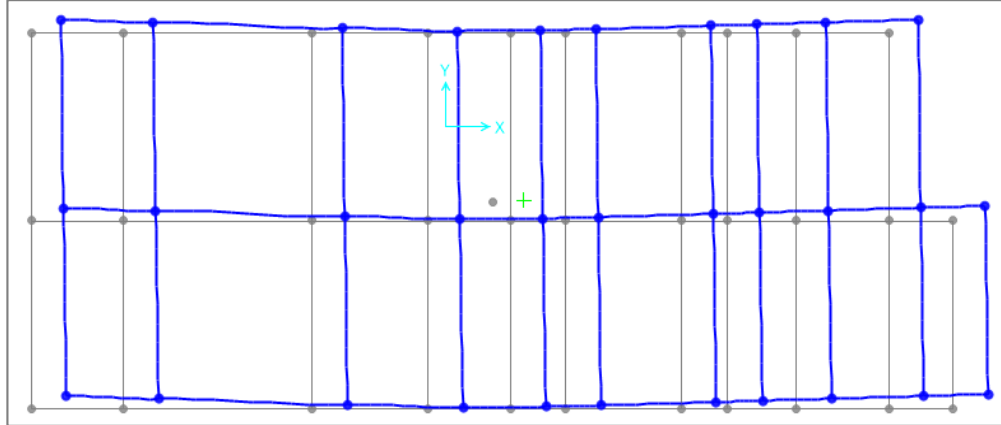
Desplazamiento de 2do nivel dirección X; Empotrado en la base; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021).

Figura 33.

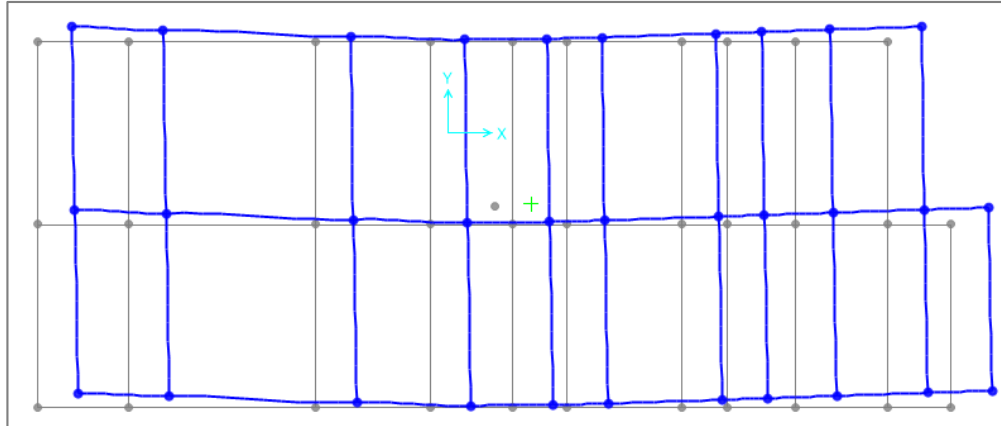
Desplazamiento de 3er nivel dirección X; Empotrado en la base; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 34.

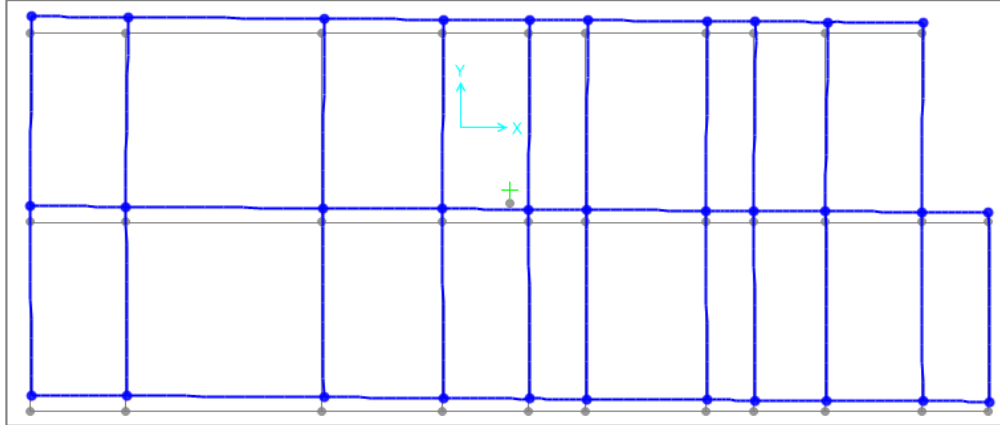
Desplazamiento de 4to nivel dirección X; Empotrado en la base; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021).

Figura 35.

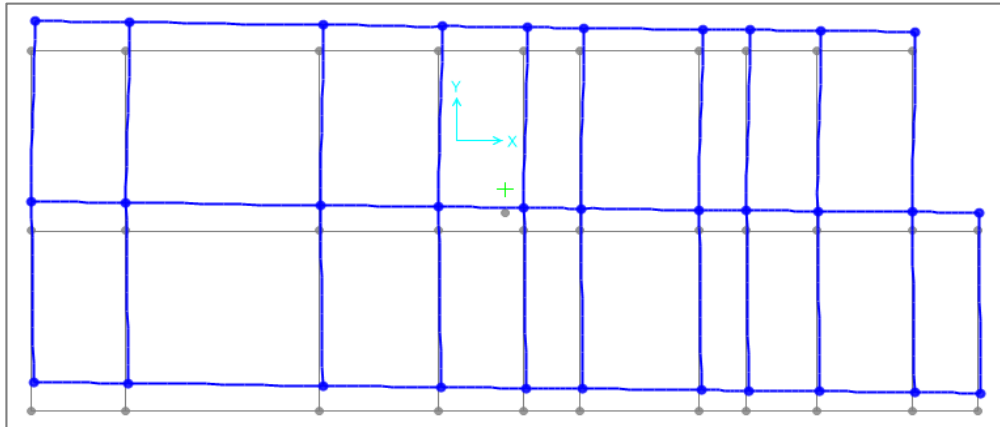
Desplazamiento de 1er nivel dirección Y; Empotrado en la base; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

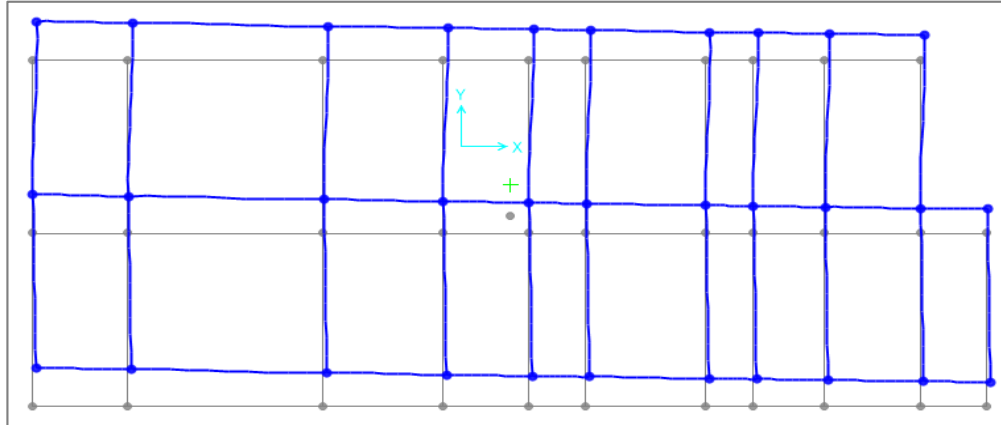
Figura 36.

Desplazamiento de 2do nivel dirección Y; Empotrado en la base; SAP2000.



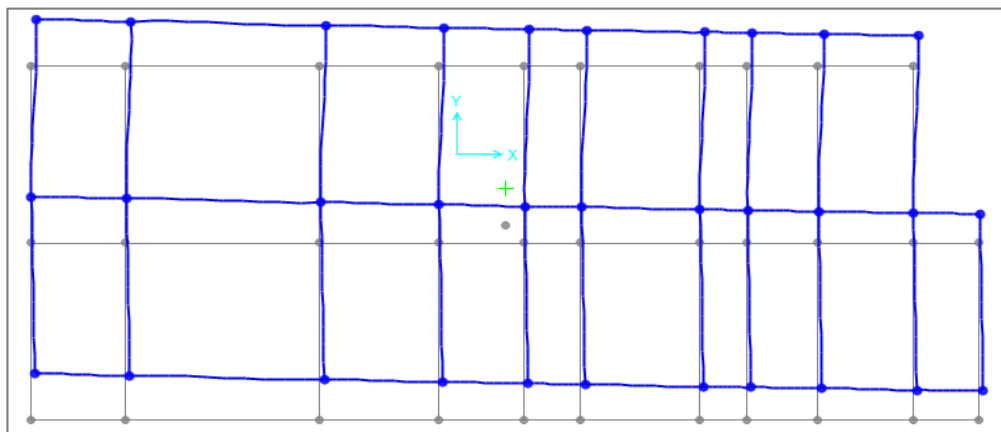
Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 37.
Desplazamiento de 3er nivel dirección Y; Empotrado en la base; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 38.
Desplazamiento de 4to nivel dirección Y; Empotrado en la base; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

d. Fuerzas internas máximas con análisis dinámico

Tabla 28.

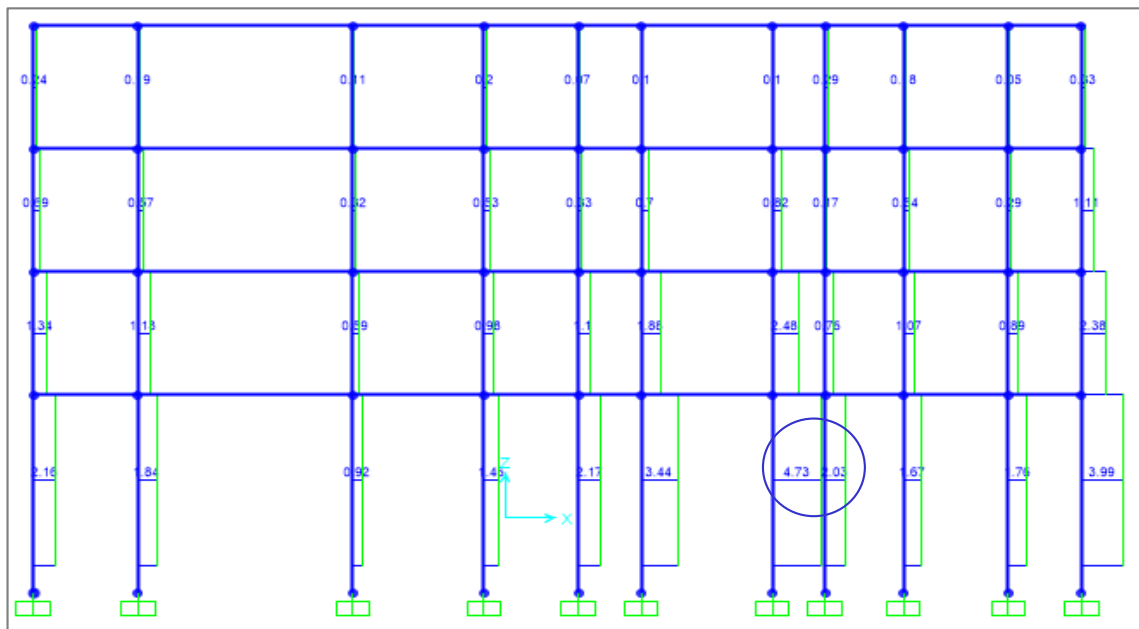
Fuerzas internas máximas según modelo empotrado en la base

| Fuerza Interna | Sismo X (T*m) | Sismo Y (T*m) |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|
| Nmax | 4.732 | 1.51 |
| Vmax | 0.985 | 0.498 |
| Mmax | 1.83 | 1.34 |

Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 39.

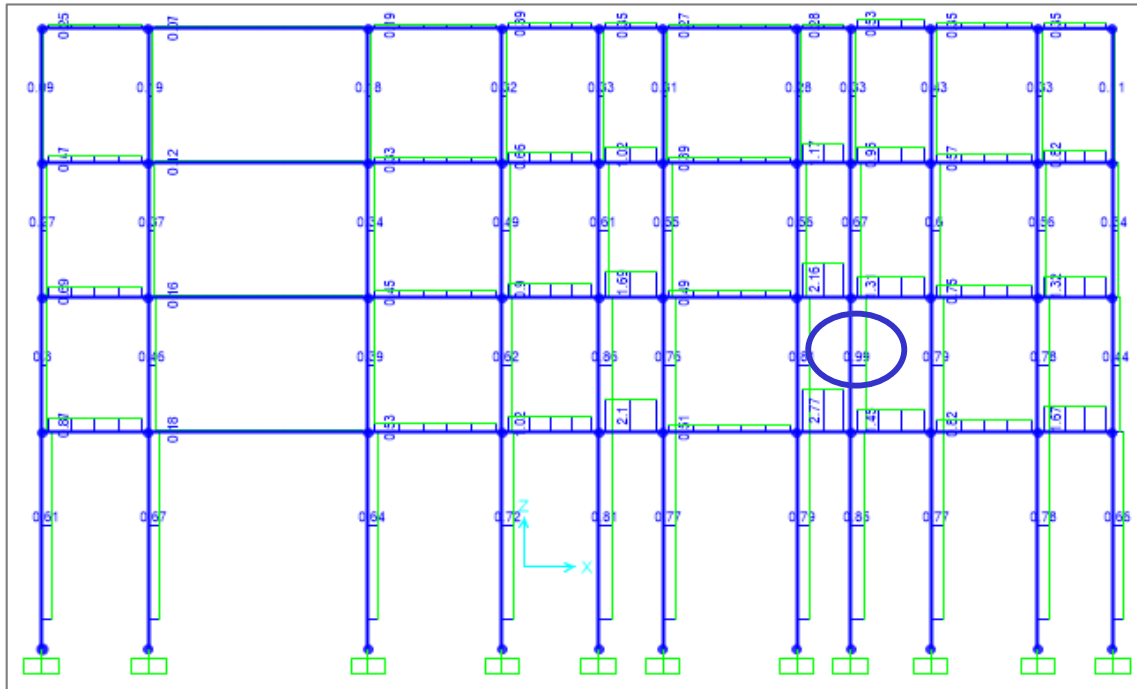
Fuerza normal máxima, para dirección X; Empotrado en la base; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021).

Figura 40.

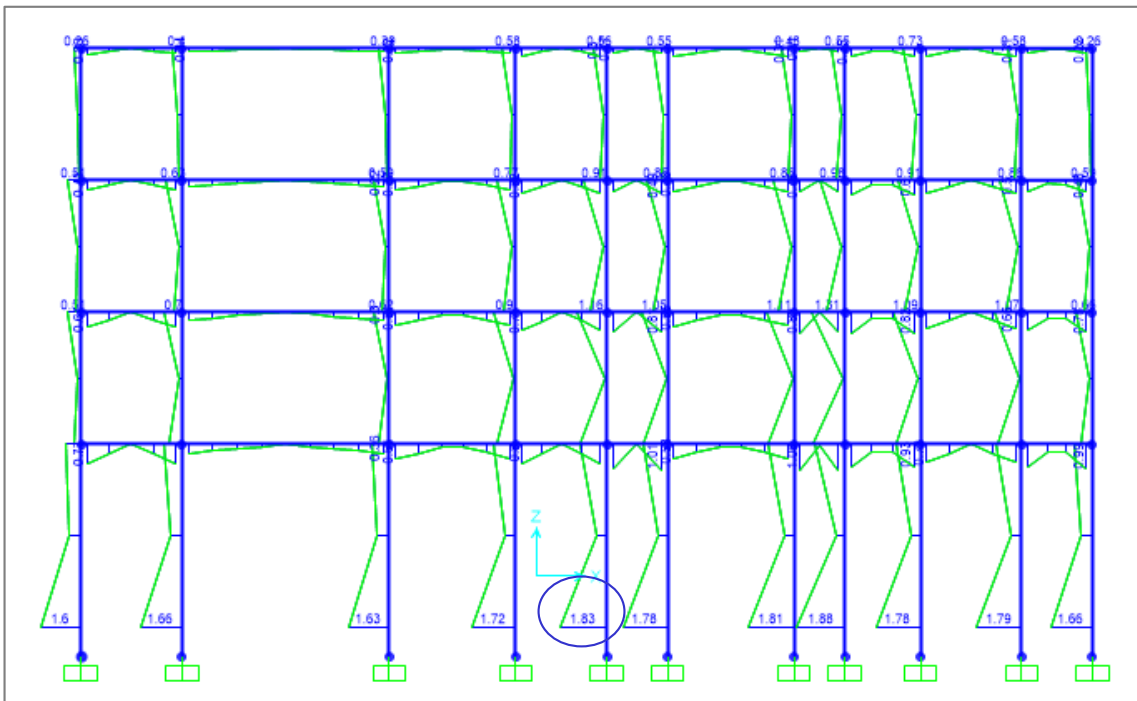
Fuerza cortante máxima, para dirección X; Empotrado en la base; SAP 2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 41.

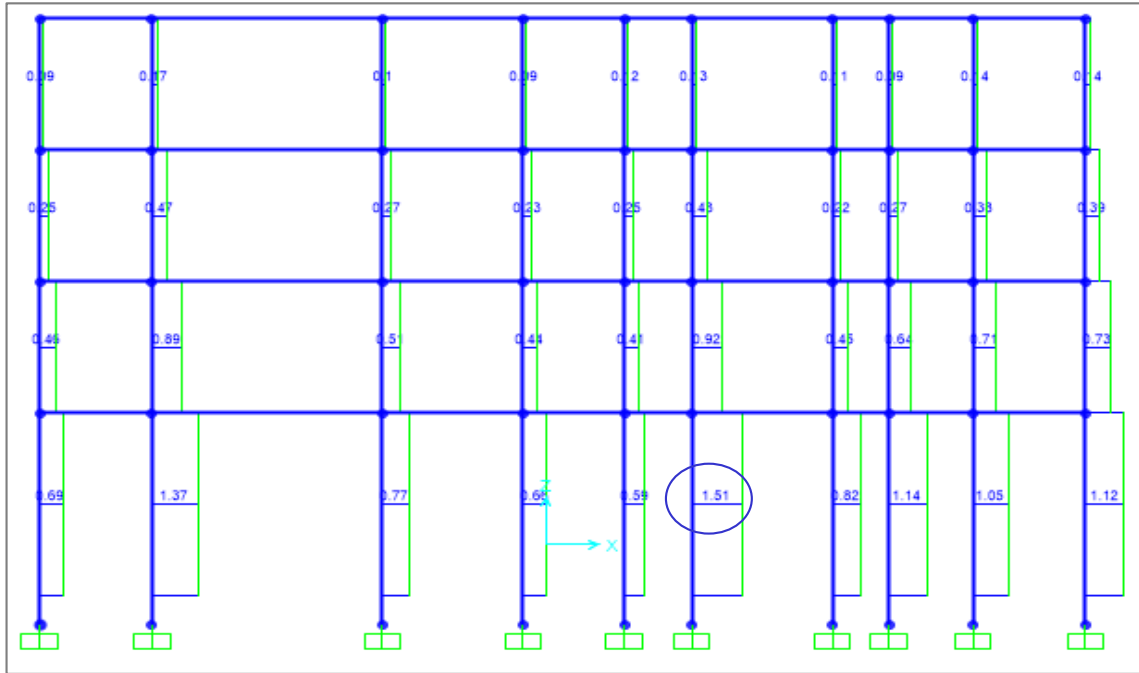
Momento máximo, para dirección X; Empotrado en la base; SAP 2000.



Nota. Elaboración propia (2021).

Figura 42.

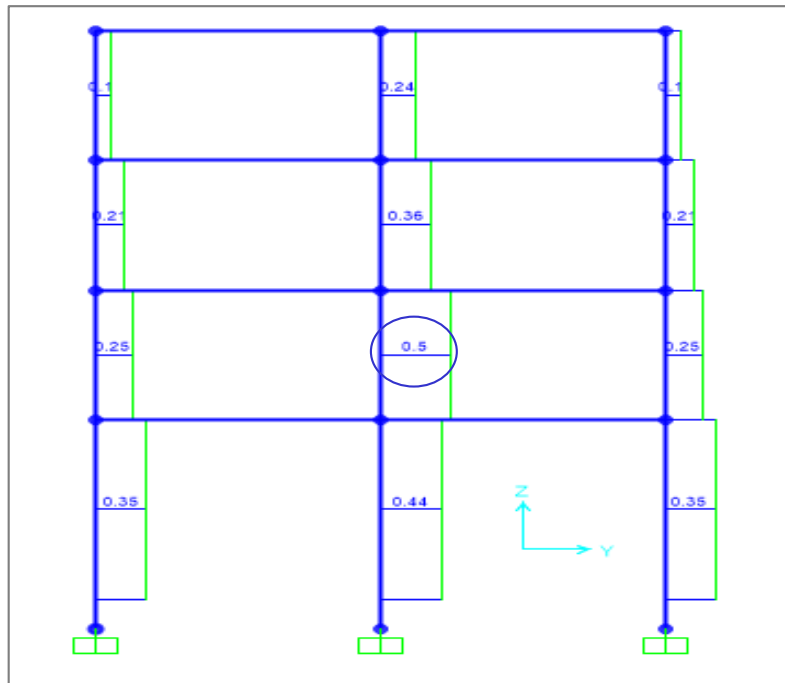
Fuerza normal máxima, para dirección Y; Empotrado en la base; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 43.

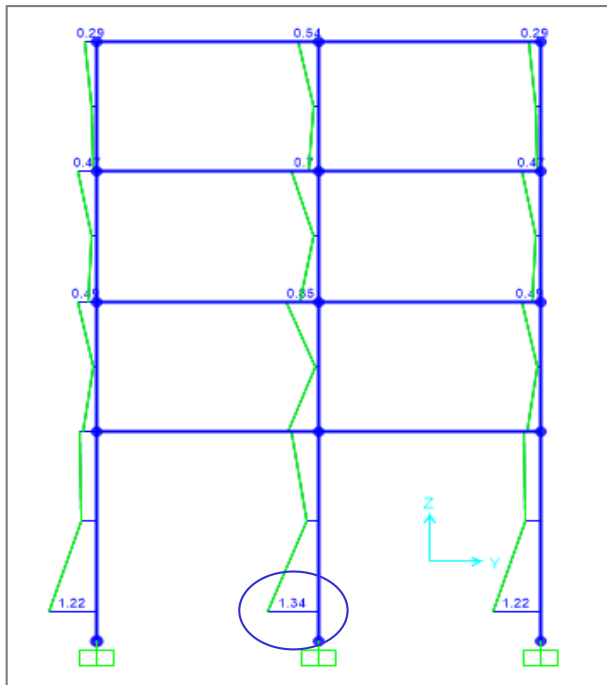
Fuerza cortante máxima, para dirección Y; Empotrado en la base; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 44.

Momento máximo, para dirección Y; Empotrado en la base; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

3.2. Modelo dinámico con base Flexible D.D. Barkan – O.A. Savinov.

a. Periodo natural de vibración según Barkan – Savinov.

Tabla 29.

Periodos de la estructura con base flexible según modelo Barkan

| Caso | Modo | Periodo (s) |
|-------|-------|-------------|
| Modal | 1.00 | 1.229 |
| Modal | 2.00 | 0.951 |
| Modal | 3.00 | 0.743 |
| Modal | 4.00 | 0.338 |
| Modal | 5.00 | 0.269 |
| Modal | 6.00 | 0.205 |
| Modal | 7.00 | 0.164 |
| Modal | 8.00 | 0.130 |
| Modal | 9.00 | 0.098 |
| Modal | 10.00 | 0.097 |
| Modal | 11.00 | 0.079 |
| Modal | 12.00 | 0.060 |

Nota. Elaboración propia (2021)

b. Modos de vibración de la estructura según Barkan – Savinov.

Tabla 30.

Modos de vibración de la estructura según modelo Barkan

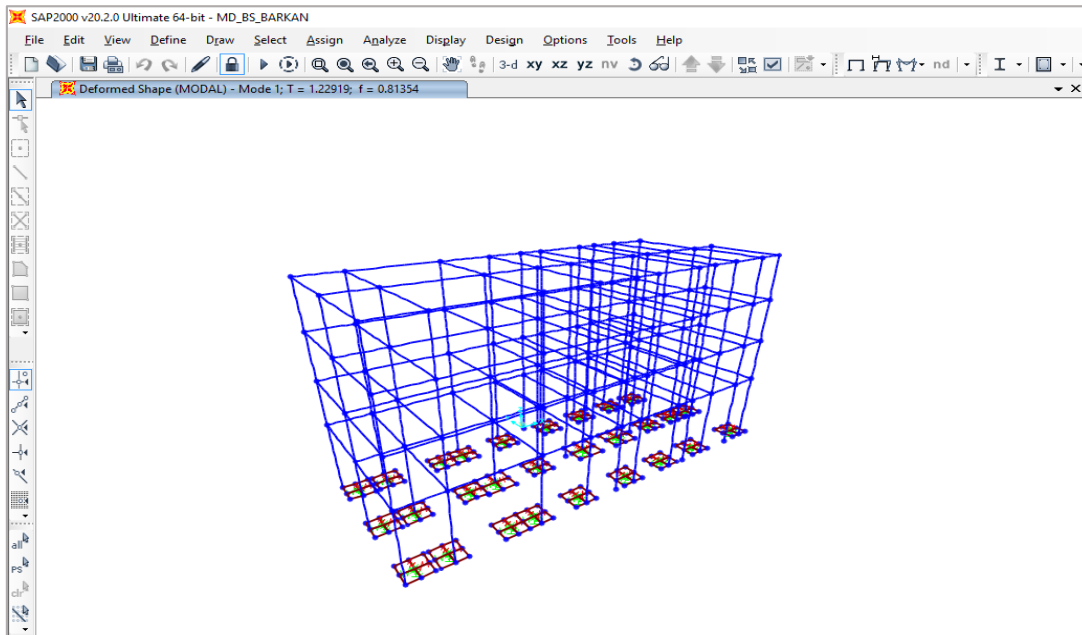
| Caso | Modo | Periodo (s) | Desplazamientos | | | Rotaciones | | |
|-------|------|-------------|-----------------|-----------|-----------|------------|----------|----------|
| | | | UX | UY | UZ | RX | RY | RZ |
| Modal | 1 | 1.229 | 0.000 | 0.811 | 2.63E-13 | 0.167 | 3.40E-05 | 0.008 |
| Modal | 2 | 0.951 | 0.030 | 0.010 | 1.243E-11 | 0.001 | 0.005 | 0.789 |
| Modal | 3 | 0.743 | 0.810 | 2.6E-05 | 2.815E-10 | 3.537E-06 | 0.117 | 0.028 |
| Modal | 4 | 0.338 | 3.30E-05 | 0.066 | 1.894E-11 | 0.366 | 0.000 | 0.002 |
| Modal | 5 | 0.269 | 0.002 | 0.001 | 2.609E-09 | 0.000 | 0.010 | 0.059 |
| Modal | 6 | 0.205 | 0.054 | 4.366E-06 | 2.078E-07 | 3.20E-05 | 0.325 | 0.002 |
| Modal | 7 | 0.164 | 4.481E-06 | 0.012 | 4.451E-12 | 0.0215 | 5.11E-06 | 0.001 |
| Modal | 8 | 0.130 | 0.000 | 0.000 | 1.23E-09 | 0.000 | 0.000 | 0.010 |
| Modal | 9 | 0.098 | 2.6E-05 | 0.002 | 4.496E-10 | 4.700E-05 | 3.50E-05 | 0.000 |
| Modal | 10 | 0.097 | 0.007 | 1.412E-06 | 9.81E-08 | 0.010 | 0.103 | 0.000 |
| Modal | 11 | 0.079 | 5.3E-05 | 5.3E-05 | 4.307E-09 | 0.000 | 0.000 | 0.002 |
| Modal | 12 | 0.060 | 0.001 | 9.531E-08 | 3.248E-08 | 0.005 | 0.005 | 3.50E-05 |

Nota. Elaboración propia (2021)

Se presenta el primer modal de los 12 periodos de vibración de la edificación con modelo D.D

Barkan – O.A Savinov y partir del segundo modal se presentan en los anexos:

Figura 45.
Primer modo de vibración; según Barkan; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

c. Desplazamiento y distorsiones según Barkan – Savinov

Tabla 31.

Desplazamiento y distorsiones de la edificación según modelo Barkan

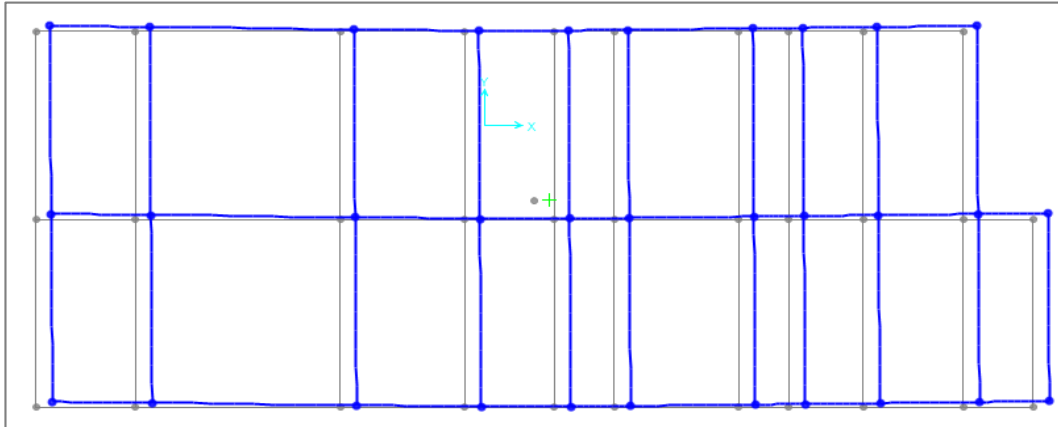
| Nivel | Desplazamiento | Distorsión | Desplazamiento | Distorsión |
|-------|----------------|------------|----------------|------------|
| | X (mm) | X (mm) | Y (mm) | Y (mm) |
| 4 | 11.665 | 0.0002 | 21.578 | 0.001 |
| 3 | 9.952 | 0.0003 | 18.363 | 0.0001 |
| 2 | 7.332 | 0.0004 | 13.35 | 0.0002 |
| 1 | 4.015 | 0.0005 | 7.023 | 0.0003 |

Nota. Elaboración propia (2021).

Distorsiones de entrepisos son ≤ 0.007 según la norma E.030, entonces cumple tanto para X y Y.

Figura 46.

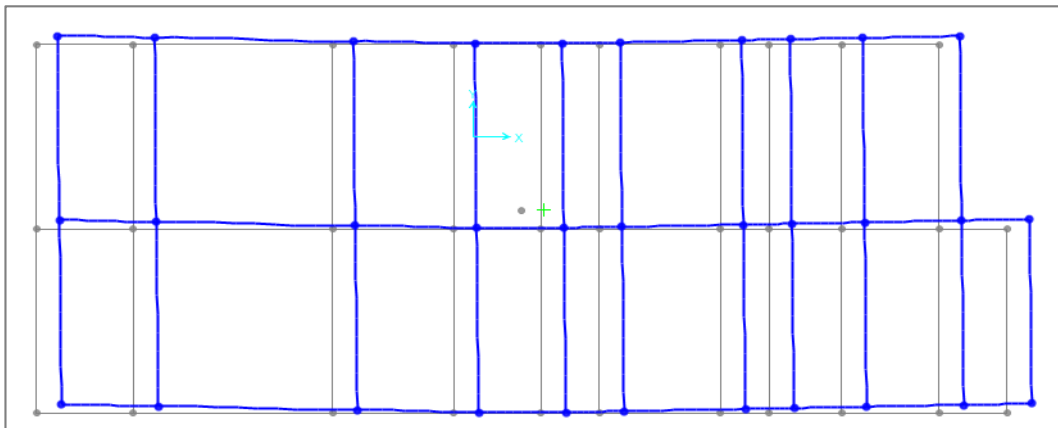
Desplazamiento primer nivel en dirección de X; según Barkan; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 47.

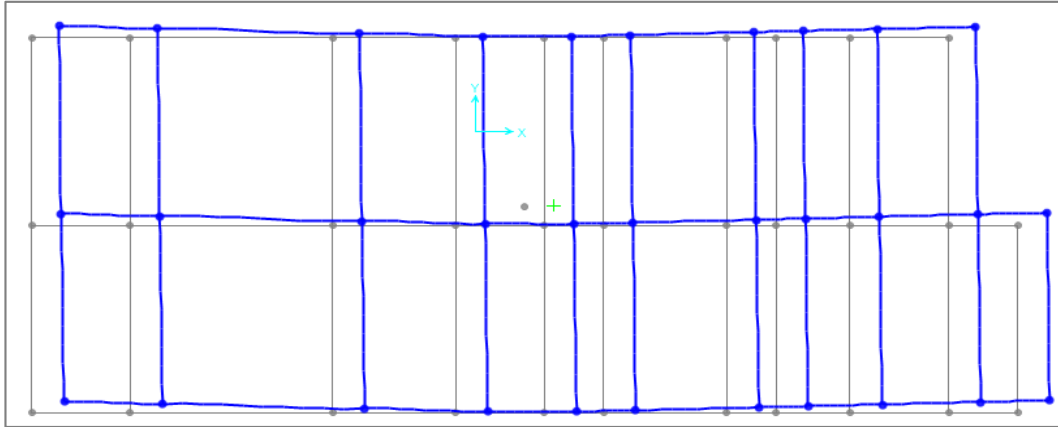
Desplazamiento segundo nivel en dirección de X; según Barkan; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 48.

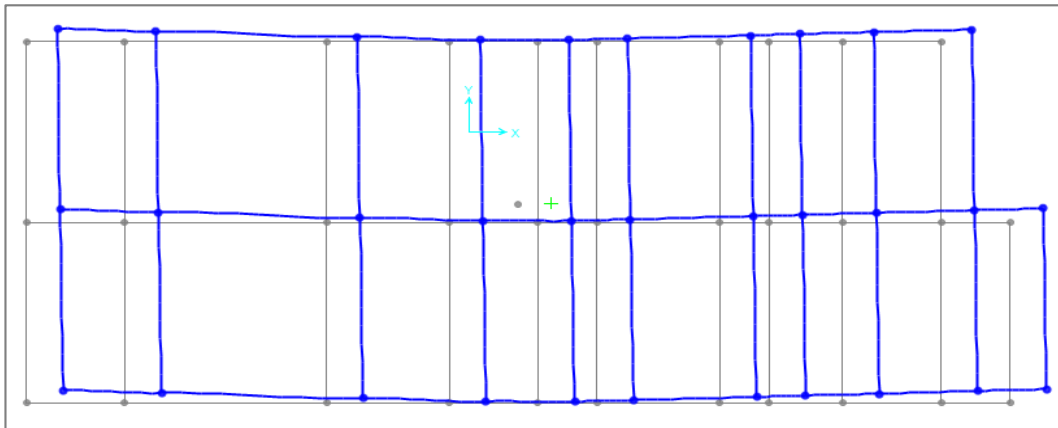
Desplazamiento tercer nivel en dirección de X; según Barkan; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 49.

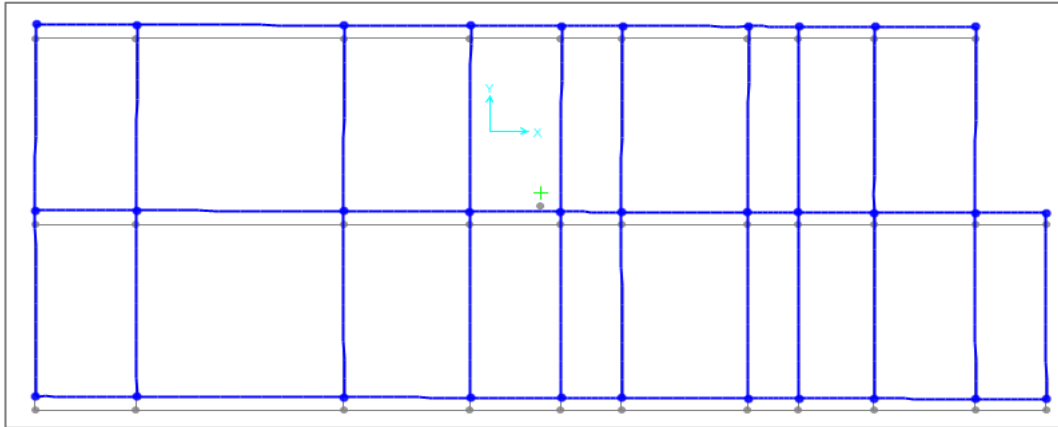
Desplazamiento cuarto nivel en dirección de X; según Barkan; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 50.

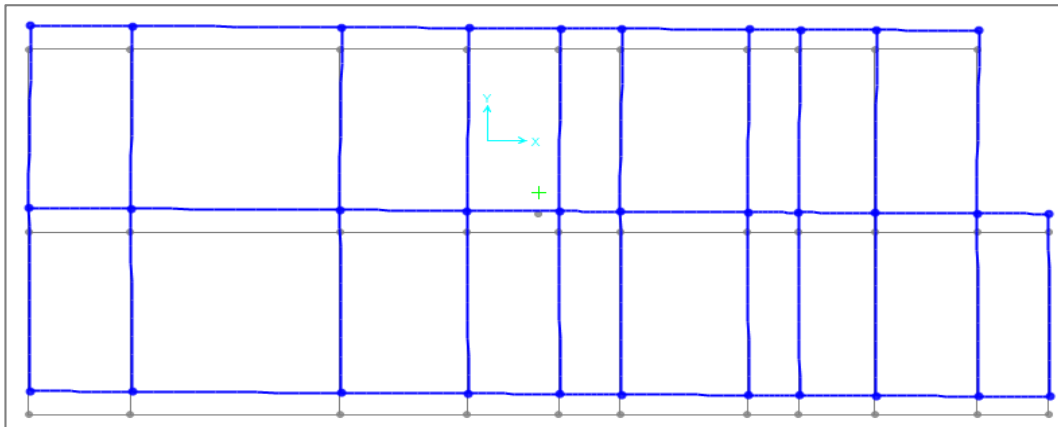
Desplazamiento 1er nivel en dirección de Y; según Barkan; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 51.

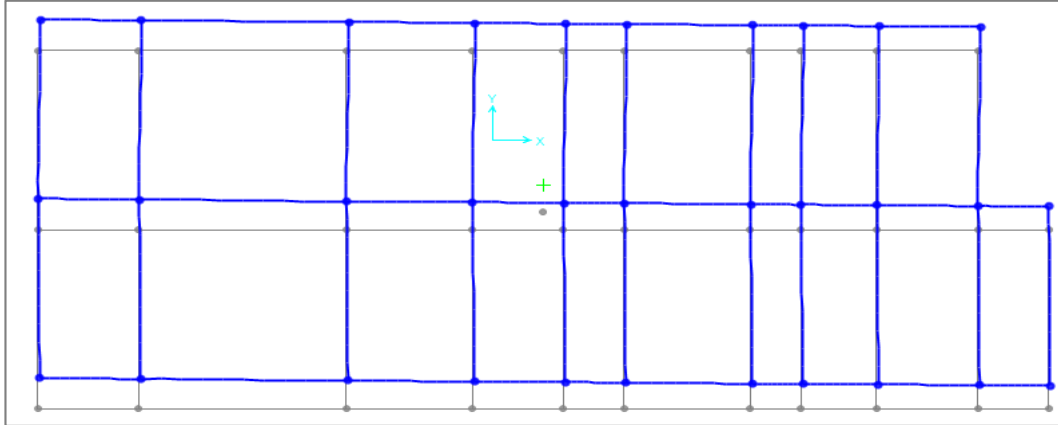
Desplazamiento segundo nivel en dirección de Y; según Barkan; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021).

Figura 52.

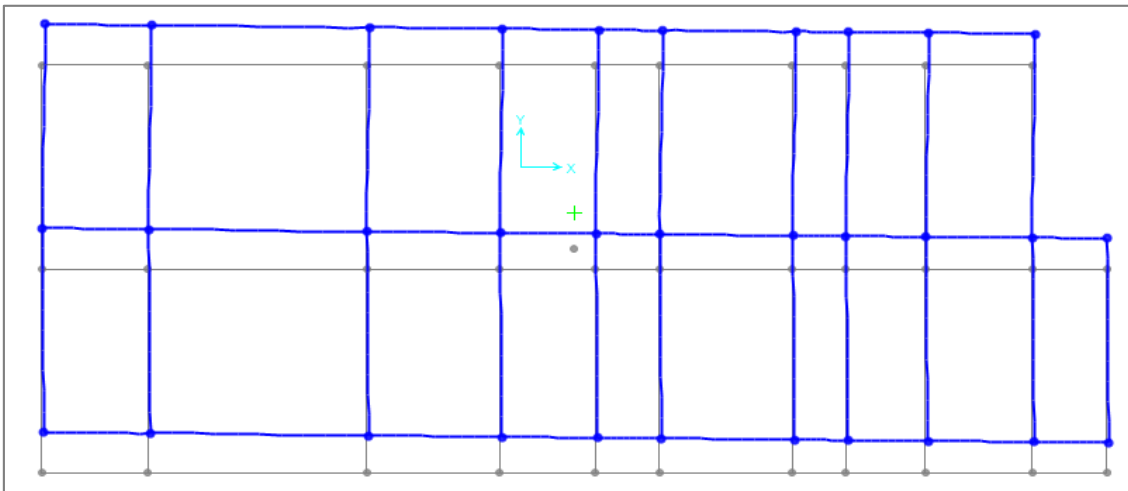
Desplazamiento tercer nivel en dirección de Y; según Barkan; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 53.

Desplazamiento cuarto nivel en dirección de Y; según Barkan; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

d. Fuerzas internas máximas según Barkan – Savinov

Tabla 32.

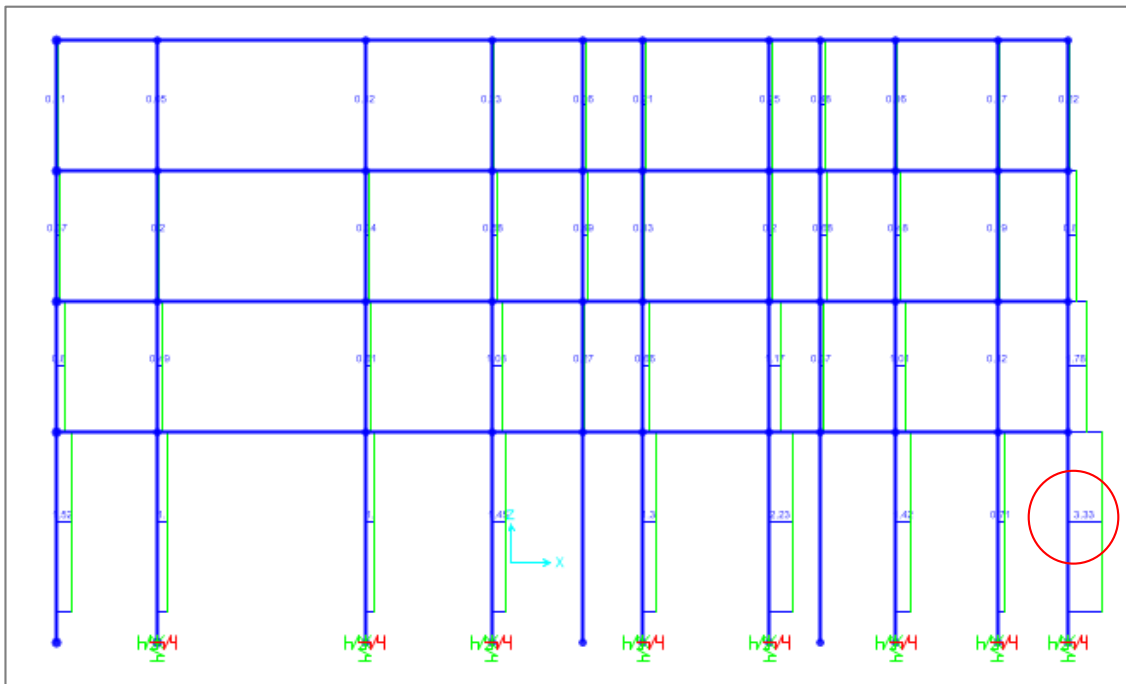
Fuerzas internas máximas según modelo Barkan

| Fuerza Interna | Sismo X (T*m) | Sismo Y (T*m) |
|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Nmax | 4.732 | 1.51 |
| Vmax | 0.985 | 0.498 |
| Mmax | 1.83 | 1.34 |

Nota. Elaboración propia (2021)

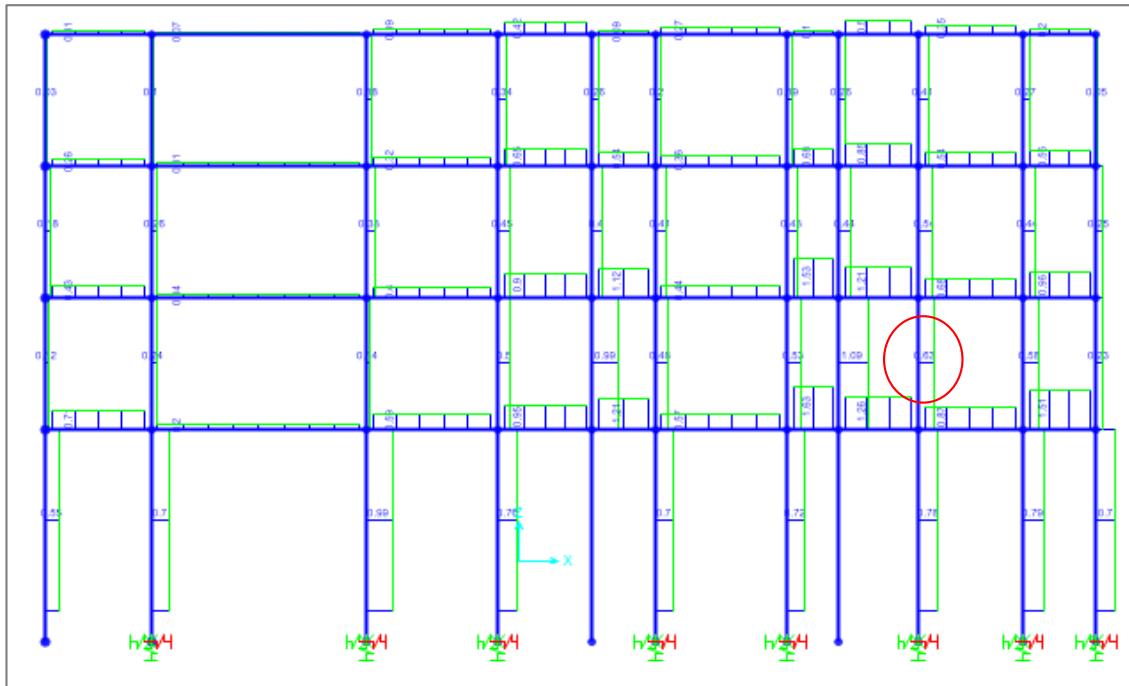
Figura 54.

Fuerza Normal máxima, para dirección X; según Barkan; SAP2000.



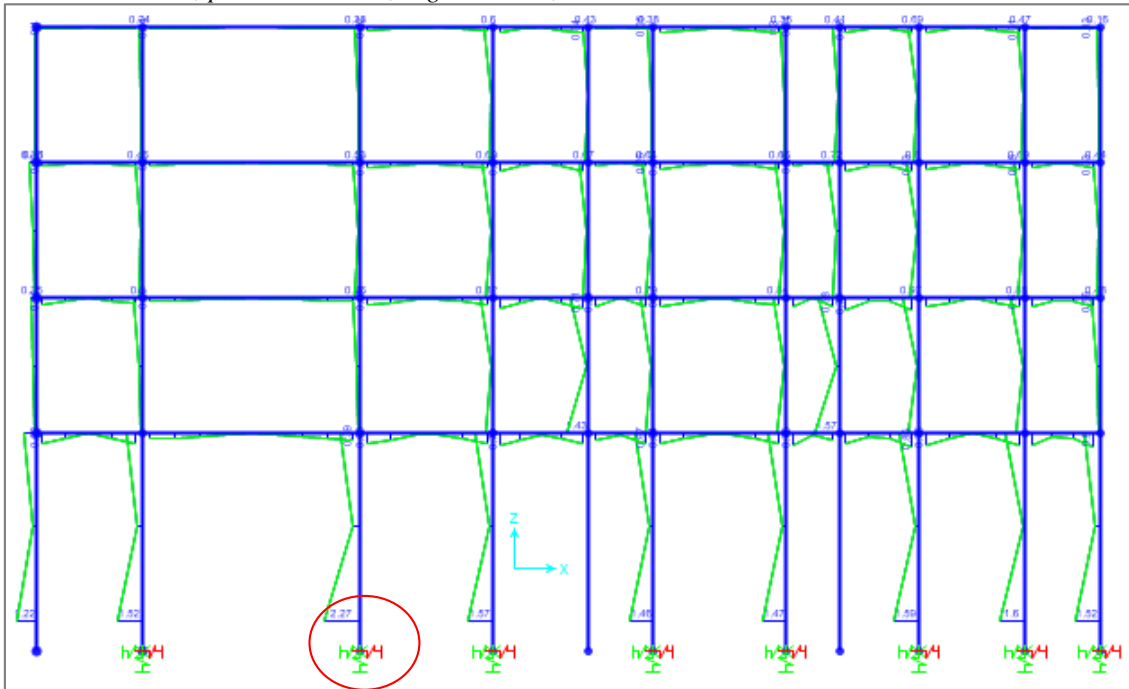
Nota. Elaboración propia (2021).

Figura 55.
Fuerza cortante máxima, para dirección X; según Barkan; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021).

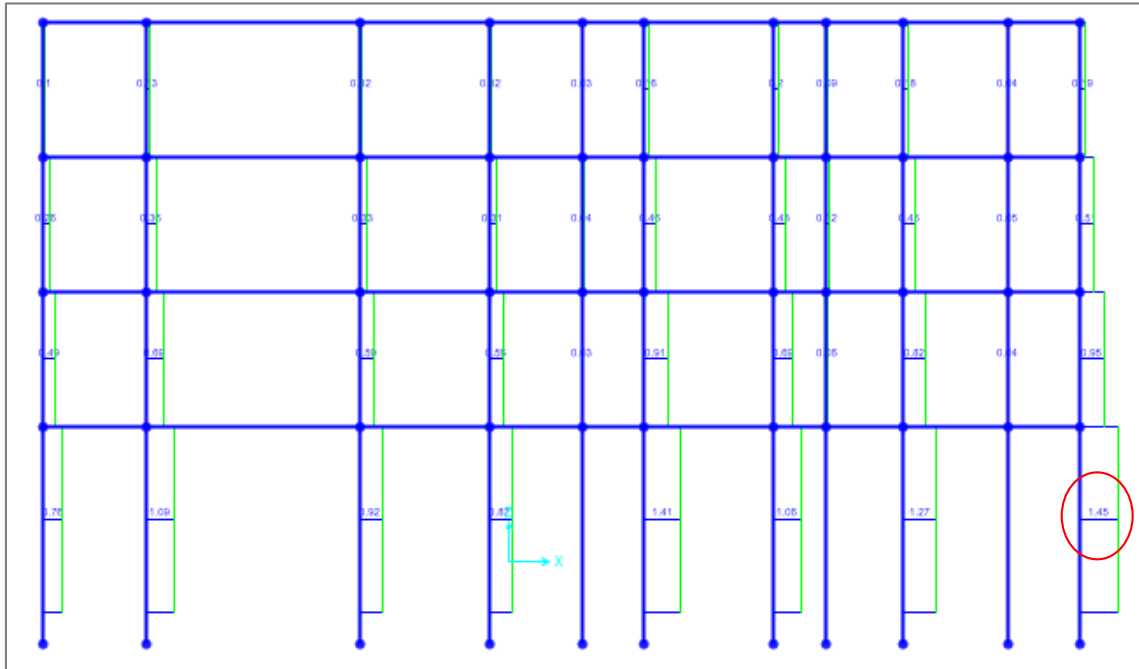
Figura 56.
Momento máximo, para dirección X; según Barkan; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021).

Figura 57.

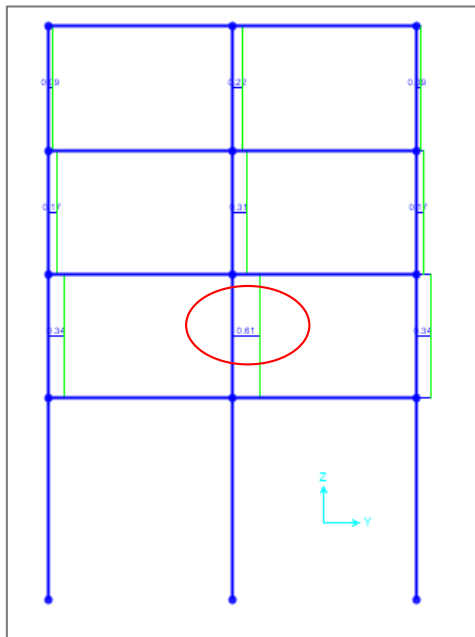
Fuerza normal máxima, para dirección Y; según Barkan; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 58.

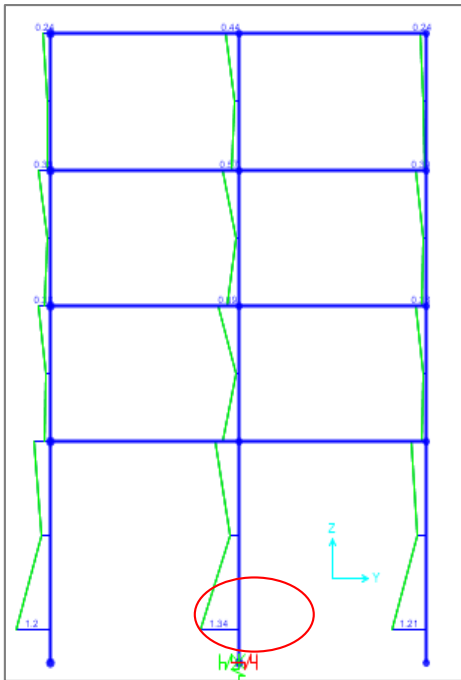
Fuerza cortante máxima, para dirección Y; según Barkan; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 59.

Momento máximo, para dirección Y; según Barkan; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

3.3. Modelo dinámico según la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87

a. Periodo natural de vibración según Norma Rusa

Tabla 33.

Periodos de la estructura con base flexible según Norma Rusa

| Caso | Modo | Periodo (s) |
|-------|------|-------------|
| Modal | 1 | 1.2085 |
| Modal | 2 | 0.9373 |
| Modal | 3 | 0.7236 |
| Modal | 4 | 0.3367 |
| Modal | 5 | 0.2665 |
| Modal | 6 | 0.1634 |
| Modal | 7 | 0.1292 |
| Modal | 8 | 0.0978 |
| Modal | 9 | 0.0962 |
| Modal | 10 | 0.0786 |
| Modal | 11 | 0.0596 |

Nota. Elaboración propia (2021)

b. Modos de vibración de la estructura según Norma Rusa.

Tabla 34.

Modos de la vibración de la estructura según Norma Rusa.

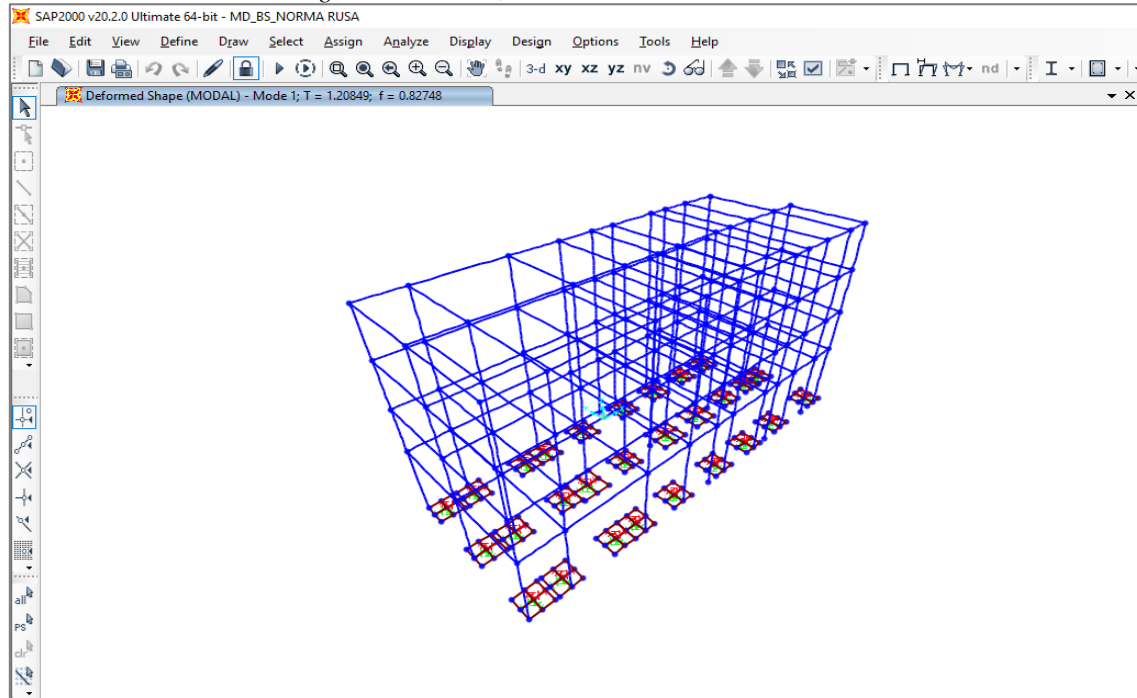
| Caso | Modo | Periodo (s) | Desplazamientos | | | Rotaciones | | |
|-------|------|-------------|-----------------|----------|----------|------------|----------|----------|
| | | | UX | UY | UZ | RX | RY | RZ |
| Modal | 1 | 1.208 | 0.000 | 0.807 | 1.01E-14 | 0.169 | 3.70E-05 | 0.009 |
| Modal | 2 | 0.094 | 0.028 | 0.011 | 5.28E-13 | 0.002 | 0.004 | 0.788 |
| Modal | 3 | 0.724 | 0.809 | 2.40E-05 | 1.55E-11 | 3.67E-06 | 0.120 | 0.026 |
| Modal | 4 | 0.337 | 3.40E-05 | 0.068 | 5.68E-13 | 0.362 | 0.000 | 0.002 |
| Modal | 5 | 0.267 | 0.002 | 0.001 | 7.93E-11 | 0.010 | 0.010 | 0.061 |
| Modal | 6 | 0.202 | 0.056 | 4.36E-06 | 6.59E-09 | 2.90E-05 | 0.033 | 0.002 |
| Modal | 7 | 0.163 | 5.10E-06 | 0.013 | 1.59E-13 | 0.022 | 5.84E-06 | 0.000 |
| Modal | 8 | 0.129 | 0.000 | 0.000 | 3.93E-11 | 0.005 | 0.000 | 0.011 |
| Modal | 9 | 0.098 | 2.00E-05 | 0.002 | 1.01E-11 | 0.008 | 3.60E-05 | 0.000 |
| Modal | 10 | 0.096 | 0.007 | 5.31E-07 | 3.08E-09 | 2.87E-06 | 0.011 | 0.000 |
| Modal | 11 | 0.077 | 5.90E-05 | 5.70E-05 | 1.34E-10 | 0.000 | 0.000 | 0.002 |
| Modal | 12 | 0.060 | 0.001 | 1.04E-07 | 1.04E-07 | 6.13E-07 | 0.005 | 3.80E-05 |

Nota. Elaboración propia (2021)

Se presenta el primer modal de los 12 periodos de vibración de la edificación con modelo Norma Rusa y partir del segundo modal se presentan en anexos:

Figura 60.

Primer modo de vibración según Norma Rusa, SAP 2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

c. Desplazamiento y distorsiones según la Norma Rusa

Tabla 35.

Desplazamiento y distorsiones de la edificación según Norma Rusa

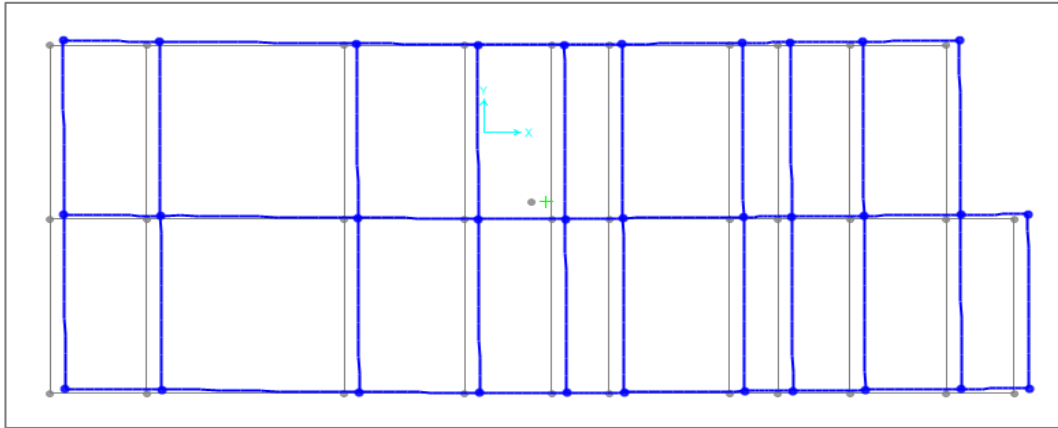
| Piso | U _x | | U _y | |
|------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| | Desplazamiento X (mm) | Distorsion X (mm) | Desplazamiento Y (mm) | Distorsion Y (mm) |
| 4 | 13.201 | 0.0002 | 22.626 | 0.001 |
| 3 | 11.521 | 0.0003 | 19.507 | 0.0001 |
| 2 | 9.012 | 0.0004 | 14.714 | 0.0002 |
| 1 | 5.737 | 0.001 | 8.548 | 0.0002 |

Nota. Elaboración propia (2021)

Distorsiones de entrepisos son ≤ 0.007 según la norma E.030 - 2019, entonces cumple tanto para X y Y.

Figura 61.

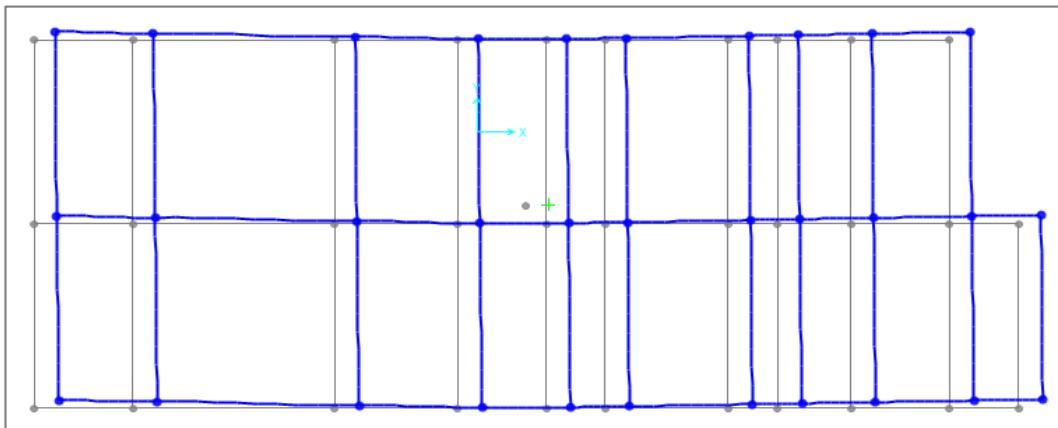
Desplazamiento primer nivel en dirección X, según Norma Rusa, SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 62.

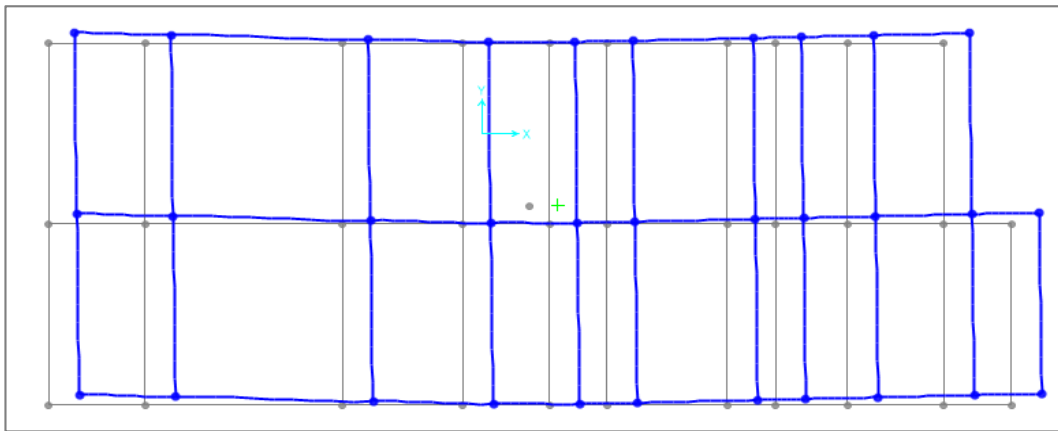
Desplazamiento segundo nivel en dirección X, según Norma Rusa, SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 63.

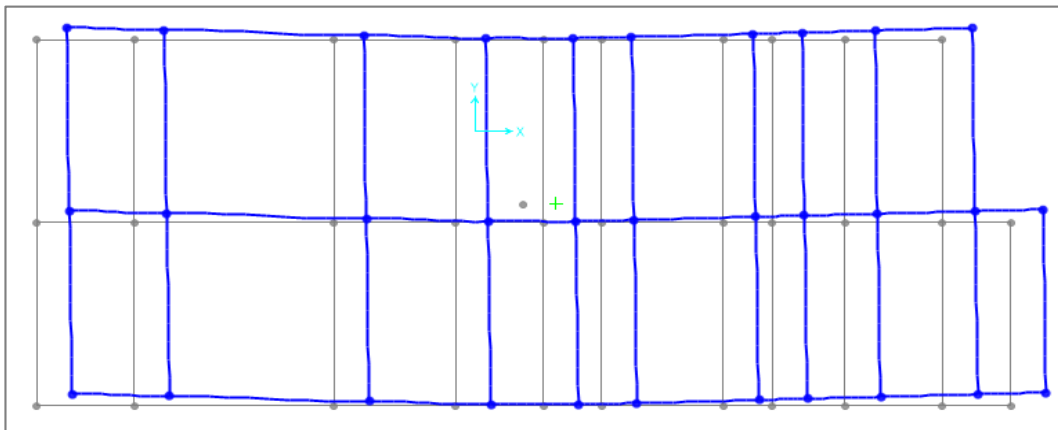
Desplazamiento tercer nivel en dirección X, según Norma Rusa, SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 64.

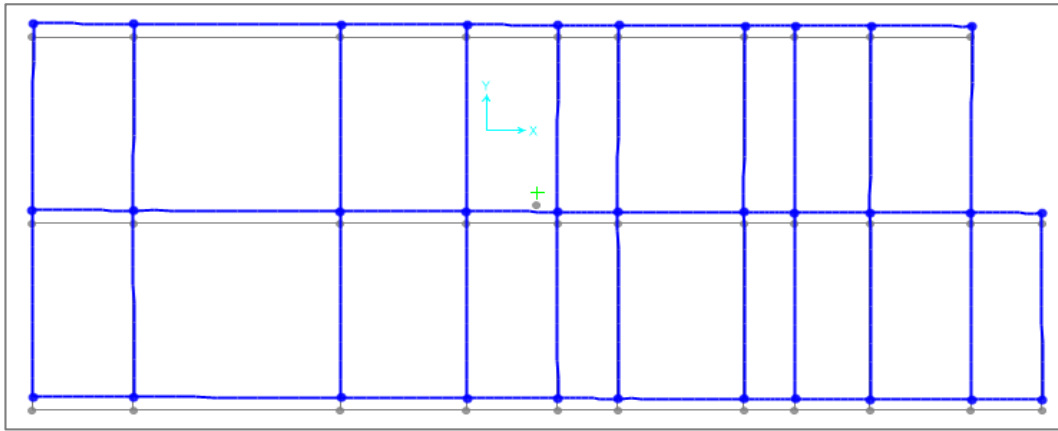
Desplazamiento cuarto nivel en dirección X, según Norma Rusa, SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 65.

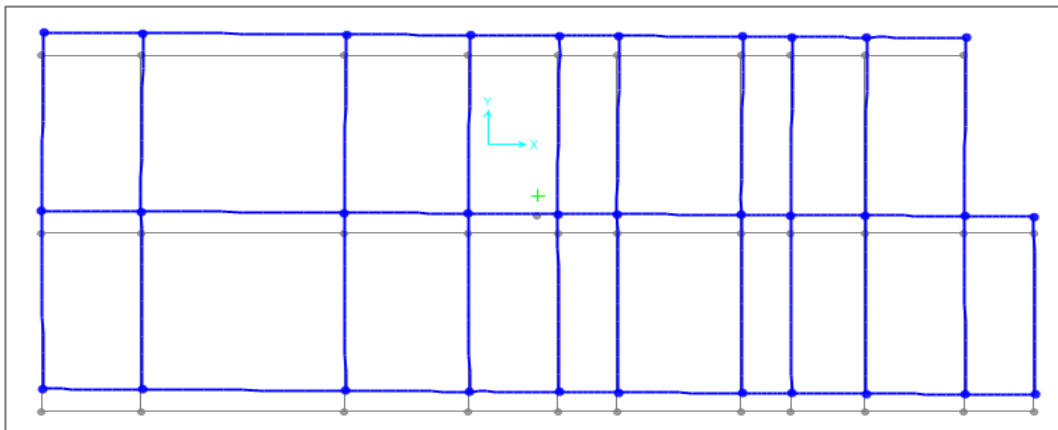
Desplazamiento primer nivel en dirección de Y, según Norma Rusa, SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021).

Figura 66.

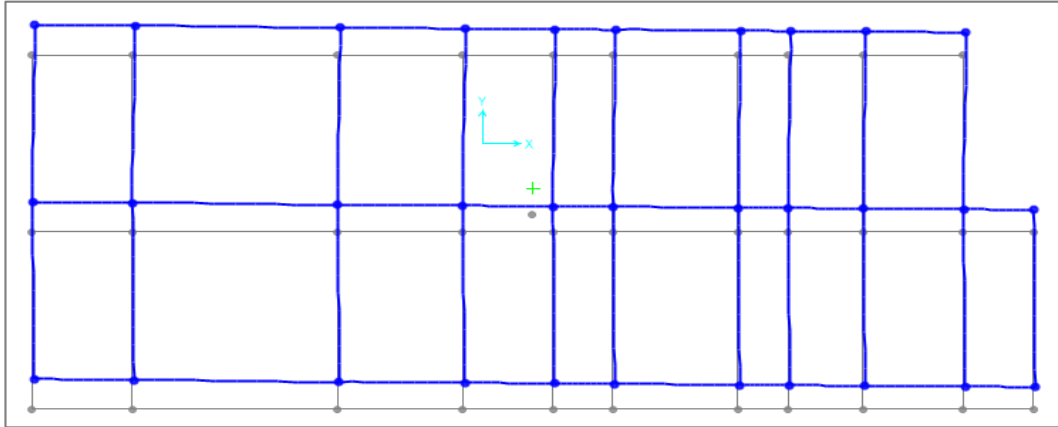
Desplazamiento 2do nivel en dirección de Y, según Norma Rusa, SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021).

Figura 67.

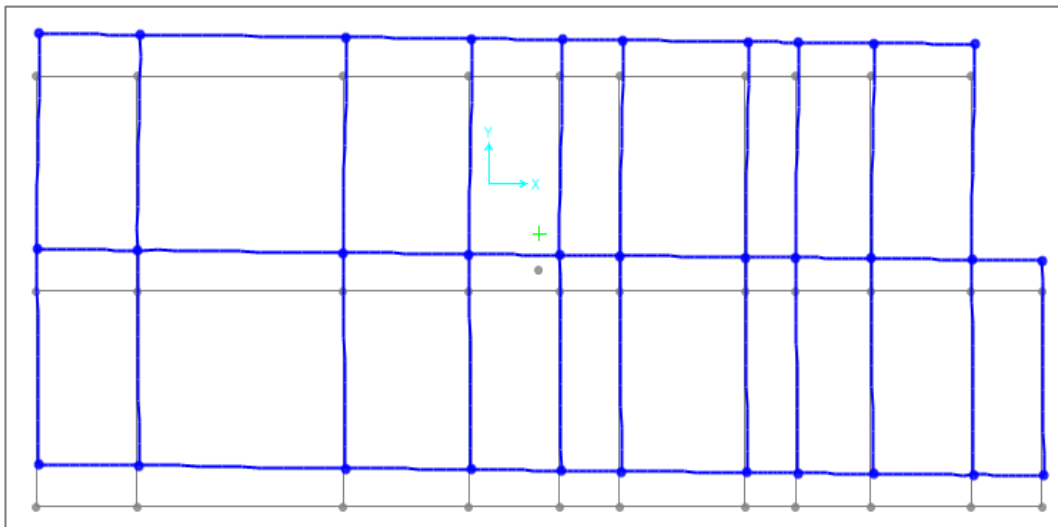
Desplazamiento tercer nivel en dirección de Y, según Norma Rusa, SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021).

Figura 68.

Desplazamiento cuarto nivel en dirección de Y; Norma Rusa; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021).

e. Fuerzas internas máximas según Norma Rusa

Tabla 36.

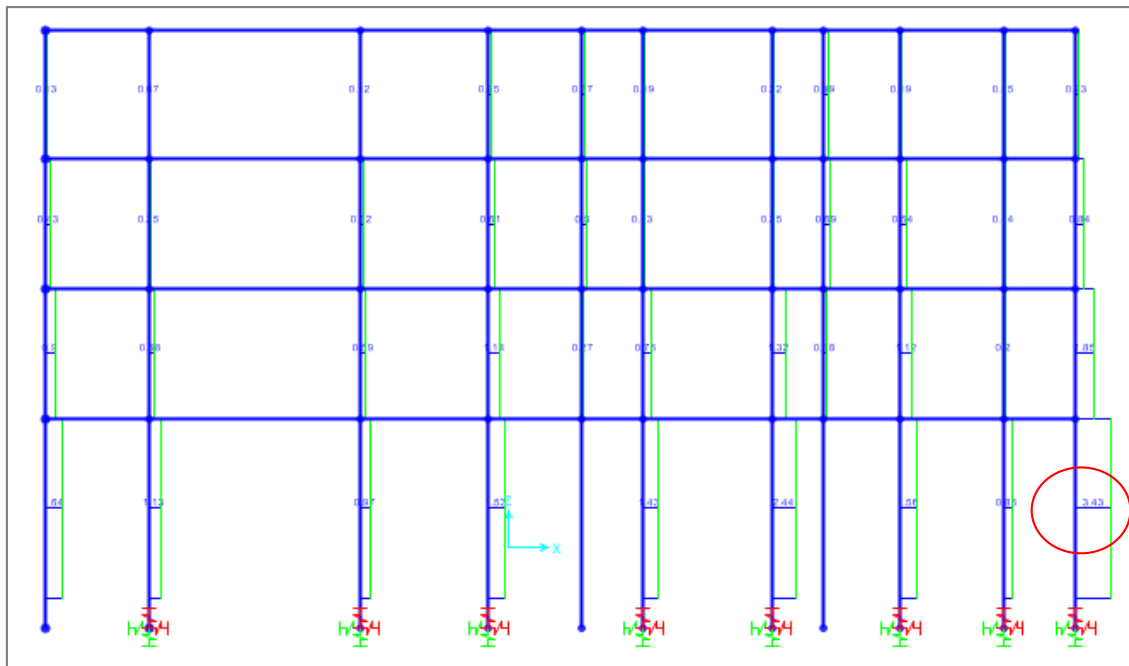
Fuerzas internas máximas aplicando Norma Rusa

| Fuerza Interna | Sismo X (T*m) | Sismo Y (T*m) |
|----------------|------------------|---------------|
| Nmax | 3.430 | 1.487 |
| Vmax | 1.116 | 0.611 |
| Mmax | 2.360 | 1.330 |

Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 69.

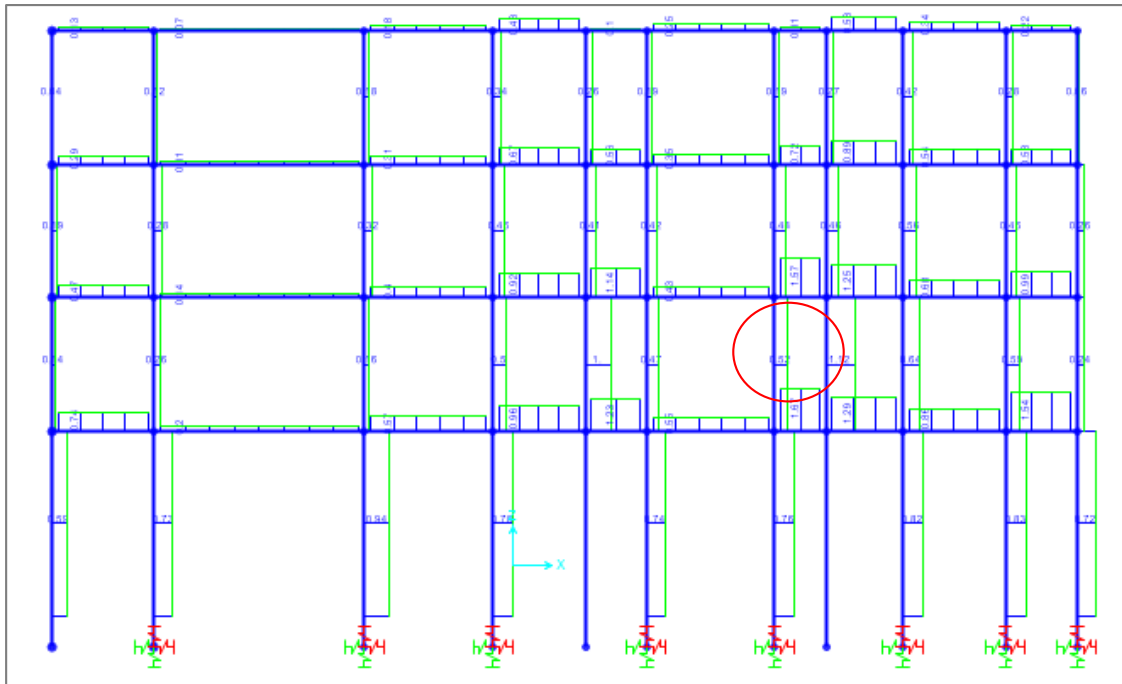
Fuerza normal máxima, dirección X; según Norma Rusa; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 70.

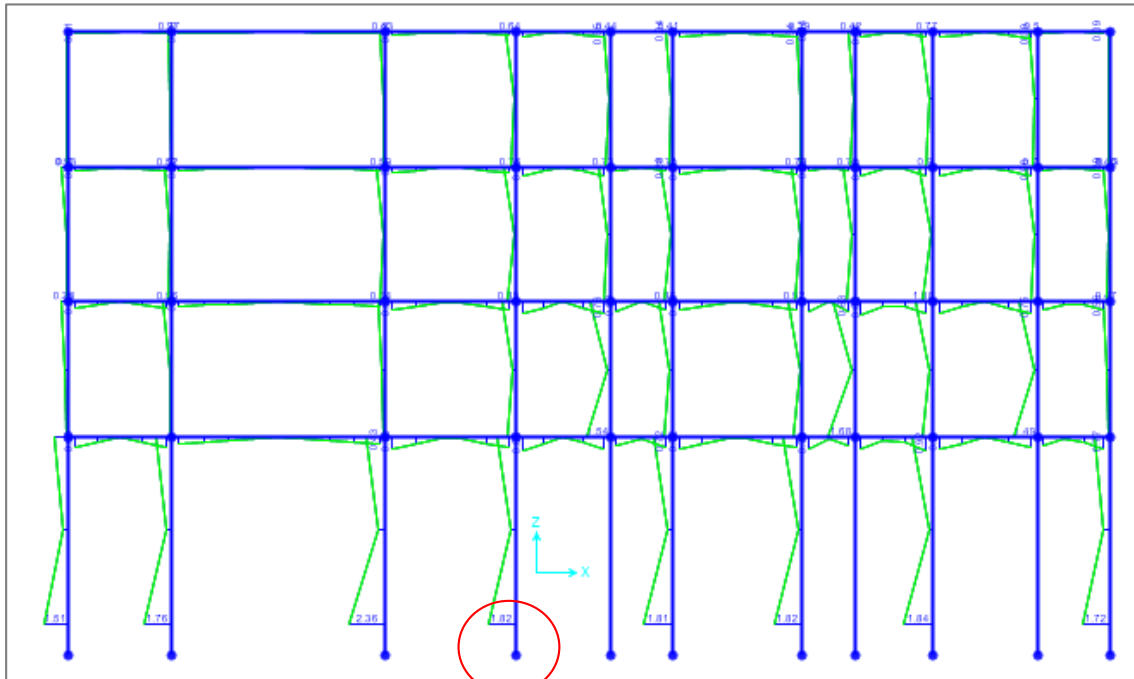
Fuerza cortante máxima, dirección X; según Norma Rusa; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021).

Figura 71.

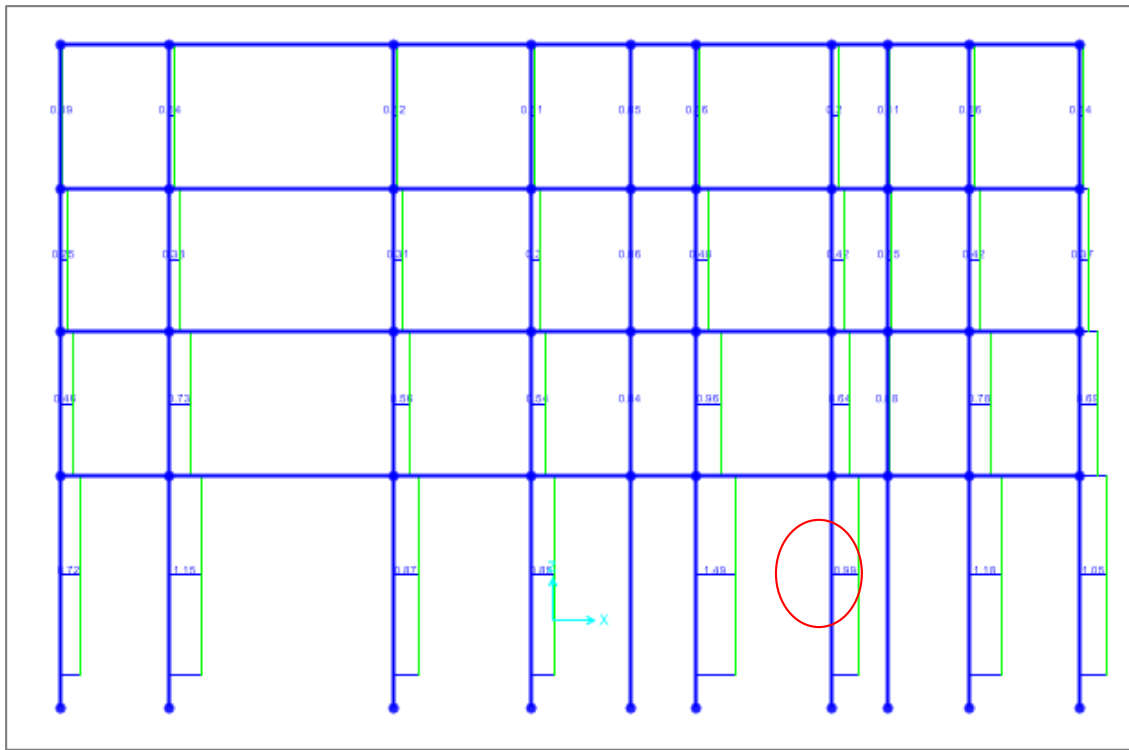
Momento máximo dirección X; según Norma Rusa, SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021).

Figura 72.

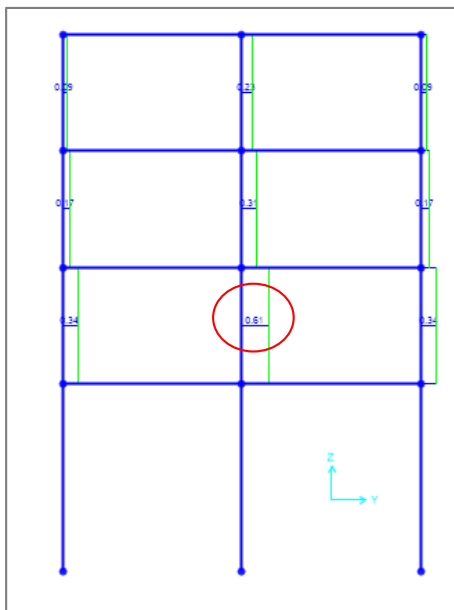
Fuerza Normal máxima, dirección Y; según Norma Rusa; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021).

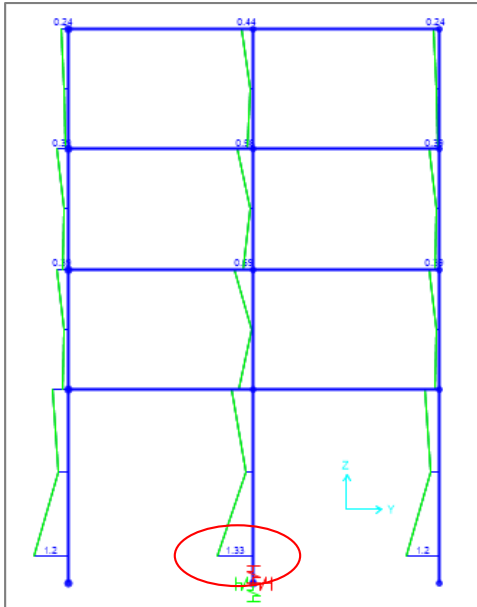
Figura 73.

Fuerza cortante máxima, dirección Y; según Norma Rusa; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021).

Figura 74.
Momento máximo, dirección Y; según Norma Rusa; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

3.4. Comparación de Modelos dinámicos

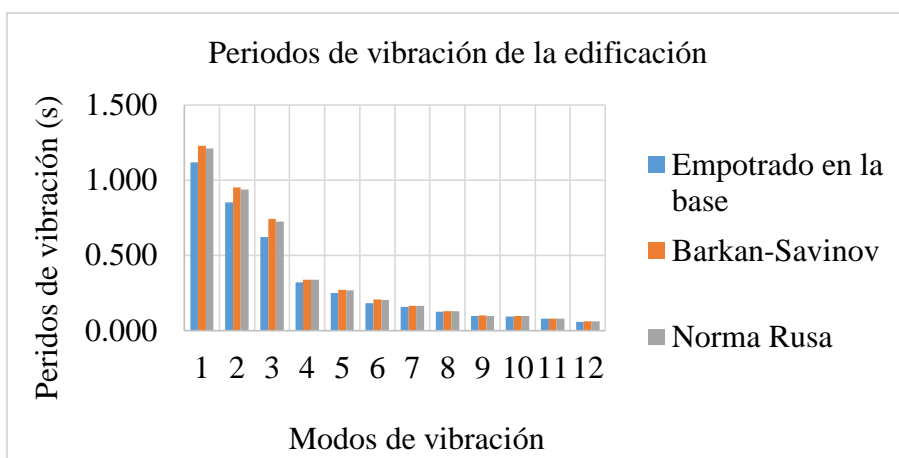
Se presenta la comparación de los modelos dinámicos (empotrado en la base, Barkan – Savinov y Norma Rusa) del comportamiento estructural al incorporar la Interacción Suelo – Estructura de la edificación de cuatro niveles en La Molina – Baños del Inca – Cajamarca.

Tabla 37.
Resumen de periodos de vibración de la edificación

| Modo | Empotrado en la Base | Barkan-Savinov | Norma Rusa |
|------|----------------------|----------------|------------|
| 1 | 1.117 | 1.229 | 1.208 |
| 2 | 0.852 | 0.951 | 0.937 |
| 3 | 0.62 | 0.743 | 0.724 |
| 4 | 0.321 | 0.338 | 0.337 |
| 5 | 0.248 | 0.269 | 0.267 |
| 6 | 0.182 | 0.205 | 0.202 |
| 7 | 0.156 | 0.164 | 0.163 |
| 8 | 0.123 | 0.13 | 0.129 |
| 9 | 0.096 | 0.098 | 0.098 |
| 10 | 0.091 | 0.097 | 0.096 |
| 11 | 0.077 | 0.079 | 0.079 |
| 12 | 0.058 | 0.06 | 0.06 |

Nota. Elaboración propia (2021)

Gráfico 1.
Comparación de Periodos de Vibración de la edificación.



Nota. Elaboración propia (2021)

La variación promedio del desplazamiento en la dirección X de la edificación para los modelos dinámicos se tiene:

Tabla 38.

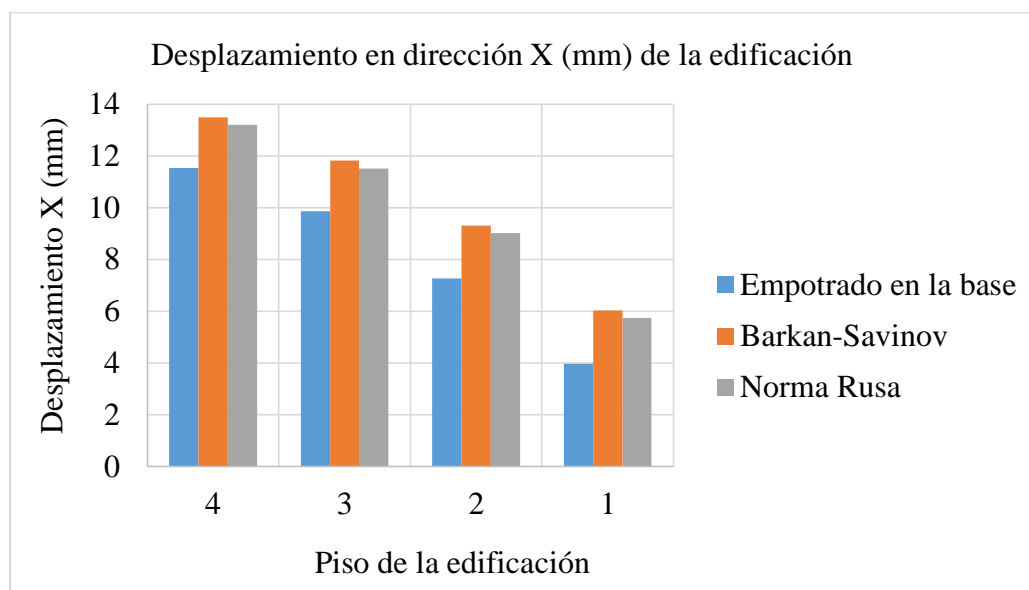
Resumen de desplazamiento en la dirección X (mm) de la edificación

| Nivel | Empotrado en la Base | Barkan-Savinov | Norma Rusa |
|-------|----------------------|----------------|------------|
| 4 | 11.543 | 13.501 | 13.201 |
| 3 | 9.865 | 11.814 | 11.521 |
| 2 | 7.268 | 9.314 | 9.012 |
| 1 | 3.98 | 6.038 | 5.737 |

Nota. Elaboración propia (2021)

Gráfico 2.

Comparación de desplazamiento en la dirección X (mm) de la edificación.



Nota. Elaboración propia (2021)

La variación promedio del desplazamiento en la dirección Y de la edificación para los modelos dinámicos se tiene:

Tabla 39.

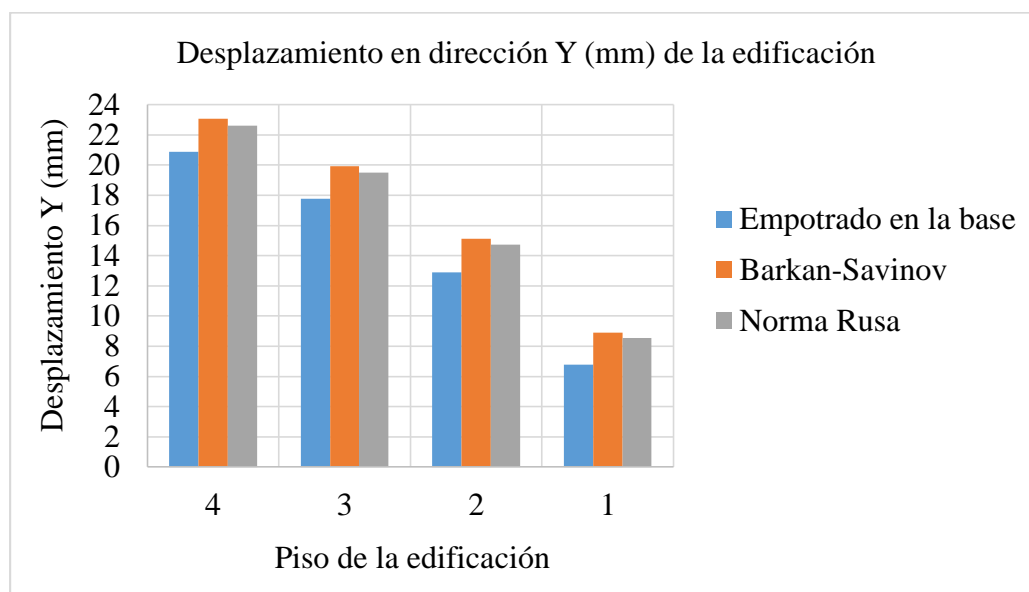
Resumen de desplazamiento en la dirección Y (mm) de la edificación

| Nivel | Empotrado en la Base | Barkan-Savinov | Norma Rusa |
|-------|----------------------|----------------|------------|
| 4 | 20.876 | 23.082 | 22.626 |
| 3 | 17.76 | 19.929 | 19.507 |
| 2 | 12.905 | 15.112 | 14.714 |
| 1 | 6.78 | 8.909 | 8.548 |

Nota. Elaboración propia (2021)

Gráfico 3.

Comparación de desplazamiento en la dirección Y (mm) de la edificación.



Nota. Elaboración propia (2021)

La variación promedio de la distorsión en la dirección X de la edificación para los modelos dinámicos se tiene:

Tabla 40.

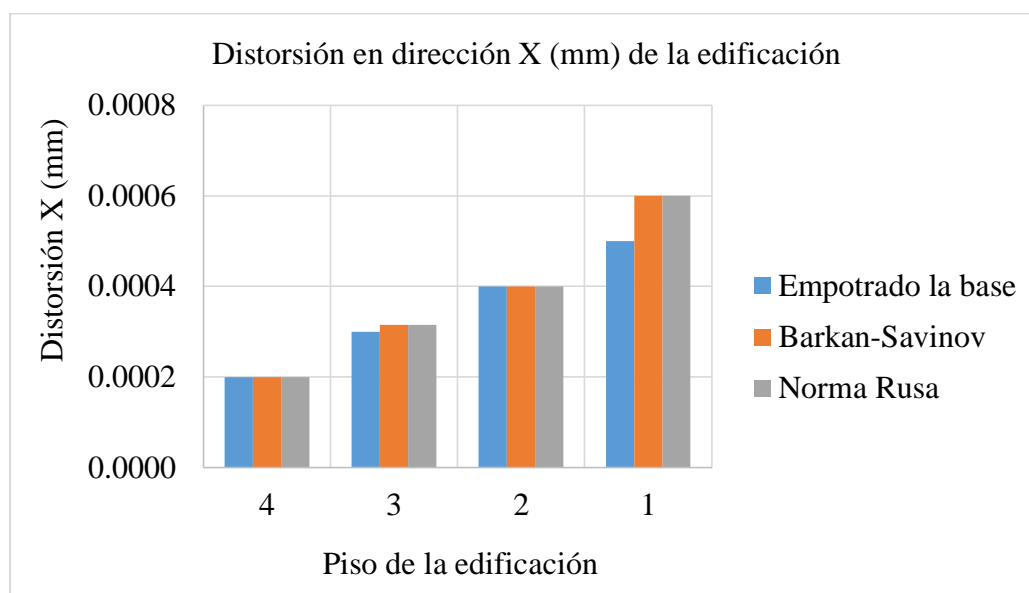
Resumen de distorsiones en la dirección X (mm) de la edificación

| Nivel | Empotrado en la Base | Barkan-Savinov | Norma Rusa |
|-------|----------------------|----------------|------------|
| 4 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0002 |
| 3 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0003 |
| 2 | 0.0004 | 0.0004 | 0.0004 |
| 1 | 0.0005 | 0.0006 | 0.0006 |

Nota. Elaboración propia (2021)

Gráfico 4.

Comparación de distorsiones en la dirección X (mm) de la edificación.



Nota. Elaboración propia (2021)

La variación promedio de la distorsión en la dirección Y de la edificación para los modelos dinámicos se tiene:

Tabla 41.

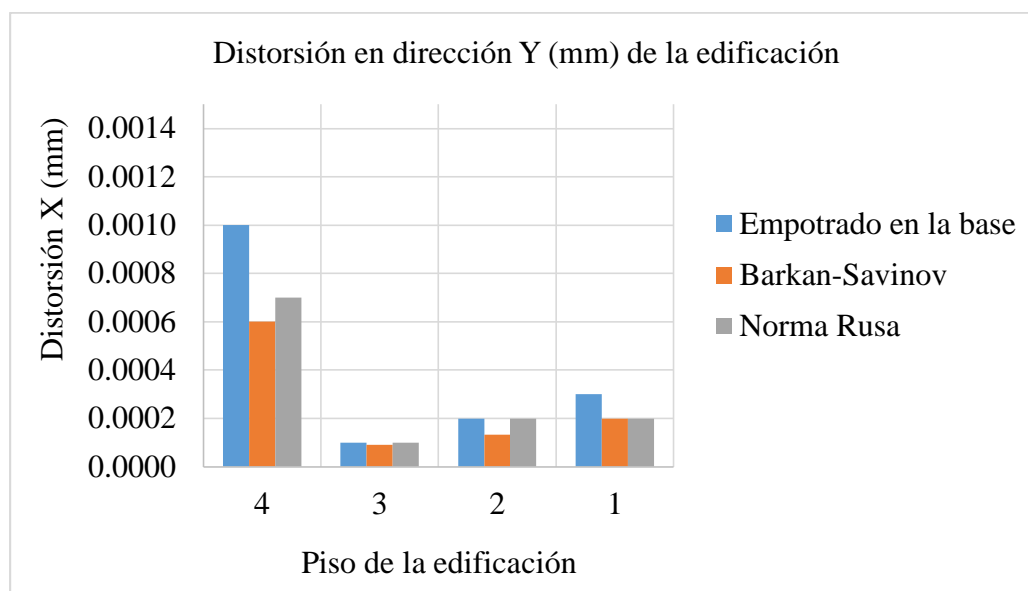
Resumen de distorsiones en la dirección Y (mm) de la edificación

| Nivel | Empotrado en la Base | Barkan-Savinov | Norma Rusa |
|-------|----------------------|----------------|------------|
| 4 | 0.001 | 0.0006 | 0.0007 |
| 3 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 |
| 2 | 0.0002 | 0.0001 | 0.0002 |
| 1 | 0.0003 | 0.0002 | 0.0002 |

Nota. Elaboración propia (2021).

Gráfico 5.

Comparación de distorsiones en la dirección Y (mm) de la edificación.



Nota. Elaboración propia (2021)

La variación promedio de las fuerzas internas máximas en la dirección X de la edificación para los modelos dinámicos se tiene:

Tabla 42.

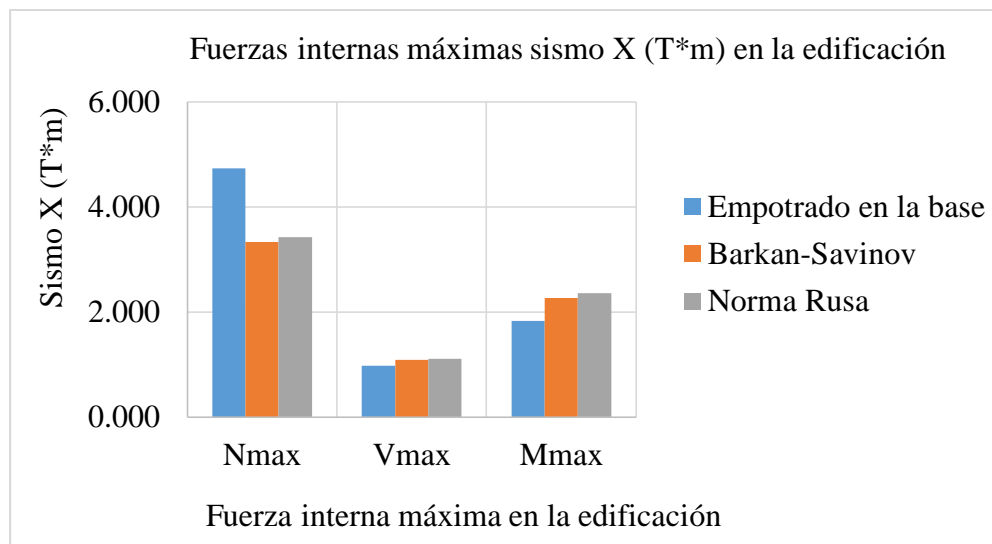
*Resumen de fuerzas internas máximas en la dirección sismo X (T^*m) en la edificación*

| Fuerza Interna | Empotrado en la Base | Barkan-Savinov | Norma Rusa |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------|
| Nmax | 4.732 | 3.334 | 3.43 |
| Vmax | 0.985 | 1.092 | 1.116 |
| Mmax | 1.83 | 2.27 | 2.36 |

Nota. Elaboración propia (2021)

Gráfico 6.

Comparación fuerzas internas en la dirección sismo X en la edificación.



Nota. Elaboración propia (2021)

La variación promedio de las fuerzas internas máximas en la dirección Y de la edificación para los modelos dinámicos se tiene:

Tabla 43.

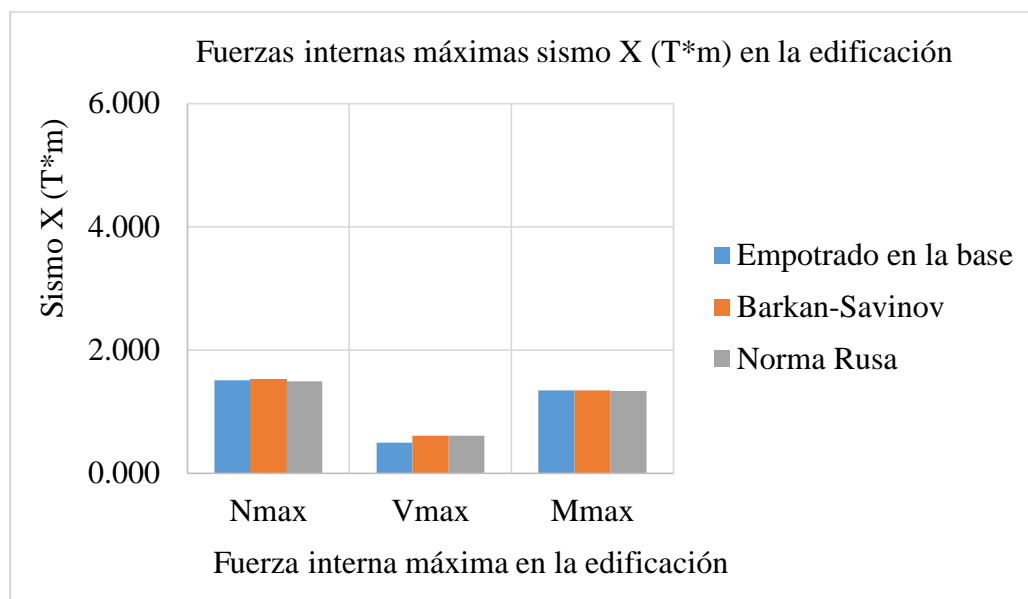
*Resumen de fuerzas internas máximas en la dirección sismo Y (T^*m) en la edificación*

| Fuerza Interna | Empotrado en la Base | Barkan-Savinov | Norma Rusa |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------|
| Nmax | 1.51 | 1.516 | 1.487 |
| Vmax | 0.498 | 0.607 | 0.611 |
| Mmax | 1.34 | 1.34 | 1.33 |

Nota. Elaboración propia (2021)

Gráfico 7.

Comparación fuerzas internas en la dirección sismo Y en la edificación.



Nota. Elaboración propia (2021)

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Por lo tanto, la hipótesis es verdadera porque se determina que las edificaciones construidas considerando los efectos de interacción suelo - estructura varía un 8%, aplicando los modelos dinámicos de Empotrado en la base, Barkan-Savinov y Norma Rusa es más seguro a una respuesta sísmica debido a que la parte de la energía liberada es absorbida por el suelo a través de las fundaciones.

Para la discusión se realizará a partir de la comparación del comportamiento estructural al incorporar la Interacción Suelo – Estructura de la edificación de cuatro niveles en la Molina – Baños del Inca – Cajamarca con los resultados obtenidos para los modelos dinámicos de empotrado en la base, Barkan – Savinov y Norma Rusa.

Según el gráfico 1: La variación promedio de los periodos de vibración para los modelos dinámicos se tiene:

- ☒ El modelo de empotramiento versus Barkan-Savinov tiene una variación de 8%, principalmente se observa del periodo 1 al 4.
- ☒ El modelo de empotramiento versus Norma Rusa presenta una variación de 7%, principalmente se observa del periodo 1 al 4, el cual es similar con Barkan.
- ☒ El modelo Barkan-Savinov versus Norma Rusa tiene una variación de 1%, se determina que son casi similares.

Según el gráfico 2: La variación promedio del desplazamiento en la dirección X de la edificación para los modelos dinámicos se tiene:

Comportamiento estructural al incorporar la interacción suelo-estructura de una edificación de cuatro niveles en la Molina - Cajamarca.

- ☐ El modelo de empotramiento versus Barkan-Savinov tiene una variación de 29%, el cual es notoria la diferencia, comportándose en mejores condiciones para la liberación de energía el modelo de Barkan.
- ☐ El modelo de empotramiento versus Norma Rusa tiene una variación de 25%, el cual es notoria se comporta el modelo de Norma Rusa.
- ☐ El modelo Barkan-Savinov versus Norma Rusa tiene una variación de 3%, se determina que son casi similares, con un comportamiento ligero para el modelo de Barkan.

Según el gráfico 3: La variación promedio del desplazamiento en la dirección Y de la edificación para los modelos dinámicos se tiene:

- ☐ El modelo de empotramiento versus Barkan-Savinov tiene una variación de 18%, el cual es notoria la diferencia, comportándose en mejores condiciones para la liberación de energía el modelo de Barkan.
- ☐ El modelo de empotramiento versus Norma Rusa tiene una variación de 15%, el cual es notoria se comporta el modelo de Norma Rusa.
- ☐ El modelo Barkan-Savinov versus Norma Rusa tiene una variación de 3%, se determina que son casi similares, con un comportamiento ligero para el modelo de Barkan.

Según el gráfico 4: La variación promedio de la distorsión en la dirección X de la edificación para los modelos dinámicos se tiene:

- ☐ El modelo de empotramiento versus Barkan-Savinov tiene una variación de 5%, el cual se comporta en mejores condiciones para la liberación de energía el modelo de Barkan.
- ☐ El modelo de empotramiento versus Norma Rusa tiene una variación de 5%, el cual es notoria se comporta el modelo de Norma Rusa.
- ☐ El modelo Barkan-Savinov versus Norma Rusa tiene una variación de 0%, se determina que son casi similares.

Según el gráfico 5: La variación promedio de la distorsión en la dirección Y de la edificación para los modelos dinámicos se tiene:

- ☐ El modelo de empotramiento versus Barkan-Savinov tiene una variación de 31%, el cual se comporta en mejores condiciones para la liberación de energía el modelo de Empotramiento.
- ☐ El modelo de empotramiento versus Norma Rusa tiene una variación de 16%, el cual es notoria se comporta el modelo de Empotramiento.
- ☐ El modelo Barkan-Savinov versus Norma Rusa tiene una variación de 29%, se determina que se comporta mejor Barkan.

Según el gráfico 6: La variación promedio de las fuerzas internas máximas en la dirección X de la edificación para los modelos dinámicos se tiene:

- ☐ El modelo de empotramiento versus Barkan para fuerza normal se tiene una variación de 30%, similar, fuerza cortante 11% y momento máximo 24%
- ☐ El modelo de empotramiento versus Norma Rusa para fuerza normal se tiene una variación de 28%, similar, fuerza cortante 13% y momento máximo 29%
- ☐ El modelo Barkan-Savinov versus Norma Rusa para fuerza normal se tiene una variación de 3%, similar, fuerza cortante 2% y momento máximo 4%

Según el gráfico 7: La variación promedio de las fuerzas internas máximas en la dirección Y de la edificación para los modelos dinámicos se tiene:

- ☐ El modelo de empotramiento versus Barkan para fuerza normal se tiene una variación de 0%, similar, fuerza cortante 2% y momento máximo 2%

- ☐ El modelo de empotramiento versus Norma Rusa para fuerza normal se tiene una variación de 22%, similar, fuerza cortante 23% y momento máximo 1%
- ☐ El modelo Barkan-Savinov versus Norma Rusa para fuerza normal se tiene una variación de 0%, similar, fuerza cortante 1% y momento máximo 1%

4.2. Conclusiones

- ☐ Los efectos de la incorporación suelo - estructura varían un 8% en el comportamiento estructural de la edificación considerando los modelos dinámicos Barkan-Savinov, Norma Rusa y Empotrado en la base, el cual corrobora la hipótesis como válida.
- ☐ La comparación de los períodos de vibración de la edificación presenta una variación entre modelos: Empotrado versus Barkan 8% y Norma Rusa 7%, Barkan versus norma rusa 1%.
- ☐ El desplazamiento en dirección X de la edificación la variación de los modelos dinámicos: Empotrado versus Barkan 29% y Norma Rusa 25%, Barkan versus Norma Rusa 3%. En dirección Y de la edificación la variación de los modelos dinámicos: Empotrado versus Barkan 18% y Norma Rusa 15%, Barkan versus Norma Rusa 3%.
- ☐ Las distorsiones en dirección X de la edificación la variación de los modelos dinámicos: Empotrado versus Barkan 5%, y Norma Rusa 5%, Barkan versus Norma Rusa 0%. En dirección Y de la edificación la variación de los modelos dinámicos: Empotrado versus Barkan 31% y Norma Rusa 16%, Barkan versus Norma Rusa 0%.
- ☐ Las fuerzas máximas normales en dirección X, tiene una variación de modelos: Empotrado versus Barkan 30% y Norma Rusa 28%, Barkan versus Norma Rusa 3%. Dirección Y, Empotrado versus Barkan 0% y Norma Rusa 2%, Barkan versus Norma Rusa 1%. Para las

Comportamiento estructural al incorporar la interacción suelo-estructura de una edificación de cuatro niveles en la Molina - Cajamarca.

fuerzas máximas cortantes en dirección X, tiene una variación de modelos: Empotrado versus Barkan 11%, Norma Rusa 13% y Barkan versus Norma Rusa 2%. Dirección Y, Empotrado versus Barkan 22% Y Norma Rusa 23% y Barkan versus Norma Rusa 1%.

- ☐ Los momentos máximos en dirección X, tiene una variación de modelos: Empotrado versus Barkan 24% y Norma Rusa 29%, Barkan versus Norma Rusa 4%. Dirección Y, Empotrado versus Barkan 0% y Norma Rusa 1%, Barkan versus Norma Rusa 1%.

REFERENCIAS

- Almazán, S. (2003). *Placas Tectónicas y generación de Sismos*.
- Garay, R. (2017). *INFLUENCIA DE LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 7 NIVELES DEL PROYECTO “MULTIFAMILIAR LOS BALCONES DEL VALLE” BARRIO COLUMBO-CAJAMARCA*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- INDECI, O. (2007). *COMPENDIO ESTADÍSTICO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES 2007*. 14.
- Juber, R. (2015). *ESCENARIO SÍSMICO EN BASE A LAS INTENSIDADES MÁXIMAS ESPERADAS EN UN PROBABLE SISMO FRENTE A LA ZONA COSTERA DE LIMA (Marzo 2015)/ Perú*.
- Rodriguez, R. (2016). *Método de Integración de la Carta Geológica del Ingemmet (1:100 000) y su Aplicación para la Poligonización Regional. Ejemplo Cuenca Cajamarca*. 3.
- Valderrama, C., & Meza, R. (2014). *INFLUENCIA DE LA INTERACCIÓN SUELO- ESTRUCTURA EN LA REDUCCIÓN DE ESFUERZOS DE UNA EDIFICACIÓN APORTICADA CON ZAPATAS AISLADAS*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Villareal, G. (2013). *INTERACCIÓN SÍSMICA SUELO-ESTRUCTURA Y SU IMPACTO AMBIENTAL EN EDIFICACIONES CON ZAPATAS AISLADAS*. 6.
- VILLARREAL CASTRO, G. (2009). “*Interacción sísmica suelo - estructura en edificaciones con zapatas aisladas*” (pág. 24 – 74). Lima-Perú.
- BRAJA M. DAS, (2013). “*Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*”, (pág. 49-90 y 228-260). USA.
- CRESPO VILLALAZ, C. (2008). “*Mecánica de suelos y cimentaciones*” (pág. 18 - 29). México: Limusa.
- ASLAM, K. (2015). “*Análisis Estructural*”, (pág. 17-48). México.

GONZÁLEZ CUEVAS, O. (2008). *Análisis estructural* (pág. 23). México: Limusa.

TEODORO, H. (2004). “*Diseño de estructuras de concreto armado*”, (pág.317-346). PUCP-Lima-Perú.

MORALES MORALES, R. (2006). “*Diseño en concreto armado*”. Lima-Perú: ICG.

ALVA HURTADO, J. (2015). “*Diseño de cimentaciones*”. Lima-Perú: ICG.

SALAZAR TRUJILLO, J. (2007). “*Resistencia de materiales básica para estudiantes de ingeniería*”. Colombia.

DELGADO CONTERAS, G (2012). “El ABC de los metrados y lectura de planos en edificaciones”. Lima – Perú: Edicivil.

NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E.060. (2016). “Concreto armado”. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E.050. (2016). “Suelos y cimentaciones”. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E.030. (2016). “Diseño sismorresistente”. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E.020. (2016). “Cargas”. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

NORMA RUSA- SNIP II-7-81 (1995). La construcción en zonas sísmicas. Actas de la IV Conferencia Internacional de Ingeniería Sísmica.

JINES CABEZAS, R (2017). “Tesis Magistral: Interacción sísmica suelo - estructura en edificaciones de sistema dual en la ciudad de Moquegua”. Tacna - Perú.

VALDERRAMA CARPIO, C (2014). “Tesis de grado: influencia de la interacción suelo estructura en la reducción de esfuerzos de una edificación aporticada con zapatas aisladas”. Lima – Perú

HERNÁNDEZ ROJAS, E. (2014), “Manual de Aplicación del Programa SAP2000 v14”. California.

ANEXOS

- ☐ Valores del Coeficiente de balasto, C_0 cuando $\rho_0 = 0,2 \text{ kg / cm}$.
- ☐ Valores orientativos del coeficiente de Poisson del suelo
- ☐ Cálculo de cargas de la edificación de primer nivel
- ☐ Cálculo de cargas de la edificación de segundo nivel
- ☐ Cálculo de cargas de la edificación de tercer nivel
- ☐ Cálculo de cargas de la edificación de cuarto nivel
- ☐ Estudio de mecánica de suelos
- ☐ Periodos de vibración modelo empotrado en las bases
- ☐ Periodos de vibración modelo D.D. Barkan - O.A. Savinov
- ☐ Periodos de vibración modelo Norma Rusa
- ☐ Plano A-1: Arquitectura primer nivel
- ☐ Plano A-2: Arquitectura segundo nivel
- ☐ Plano A-3: Arquitectura tercer y cuarto nivel
- ☐ Plano E-1: Cimentaciones de la edificación
- ☐ Plano E-2: Estructuras de la edificación

Tabla 2. Valores del Coeficiente de balasto, C_0 cuando $\rho_0 = 0,2 \text{ kg/cm}^3$.

| Tipo de Perfil | Características de la base de fundación | Suelo | C_0 (kg/cm ²) |
|----------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| S1 | Roca o suelos muy rígidos | Arcilla y arena arcillosa dura ($I_L < 0$) | 3.0 |
| | | Arena compacta ($I_L < 0$) | 2.2 |
| | | Cascajo, grava, canto rodado, arena densa | 2.6 |
| S2 | Suelos Intermedios | Arcilla y arena arcillosa plástica ($0.25 < I_L < 0.5$) | 2.0 |
| | | Arenas plástica ($0 < I_L < 0.5$) | 1.6 |
| | | Arena polvorosa medio densa y densa ($e \leq 0.80$) $I_L < 0$ | 1.4 |
| | | Arenas de grano fino, mediano y grueso. Independientes de su densidad y humedad | 1.8 |
| S3 | Suelos flexibles o con estratos de gran espesor | Arcilla y arena arcillosa de baja plasticidad ($0.5 < I_L < 0.75$) | 0.8 |
| | | Arena plástica ($0.5 < I_L < 0.75$) | 1.0 |
| | | Arena polvorosa, saturada, porosa ($e > 0.80$) | 1.2 |
| S4 | Condiciones excepcionales | Arcilla y arena arcillosa muy blanda ($I_L > 0.75$) | 0.6 |
| | | Arena movediza ($I_L > 1$) | 0.6 |

Nota. Libro del Dr. Genner V.C "Interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones con zapatas aisladas" (2006)

Tabla D.24: Valores orientativos del coeficiente de Poisson del suelo

| Tipo de suelo | Coeficiente de Poisson |
|-------------------------------------------|-------------------------------|
| Arcillas blandas normalmente consolidadas | 0.40 |
| Arcillas medias | 0.30 |
| Arcillas duras preconsolidadas | 0.15 |
| Arenas y suelos granulares | 0.30 |

Tema 2 Antonio Jaramillo Morilla E.T.S.A (mayo 2008)

Cálculo de cargas de la edificación de primer nivel

| Primer nivel | | Cantidad | Largo (m) | Ancho (m) | Altura (m) | γ (Tn/m ³) | Parcial (Tn) | Total (Tn) | |
|---------------------------|---------------------------|----------|-----------|-----------|------------|-------------------------------|--------------|---------------|--------------|
| C. M | 1. Columnas | | | | | | 18.01 | 114.50 | |
| | C1 | 1 | 0.75 | 0.15 | 2.70 | 2.40 | 0.73 | | |
| | C2 | 2 | 0.60 | 0.15 | 2.70 | 2.40 | 1.17 | | |
| | C3 | 4 | 0.45 | 0.20 | 2.70 | 2.40 | 2.33 | | |
| | C4 | 10 | 0.75 | 0.15 | 2.70 | 2.40 | 7.29 | | |
| | C5 | 6 | 0.45 | 0.15 | 2.70 | 2.40 | 2.62 | | |
| | C6 | 3 | 0.45 | 0.15 | 2.70 | 2.40 | 1.31 | | |
| | C7 | 2 | 0.25 | 0.25 | 2.70 | 2.40 | 0.81 | | |
| | C8 | 6 | 0.30 | 0.15 | 2.70 | 2.40 | 1.75 | | |
| | 2. Vigas | | | | | | | | 15.16 |
| | Longitudinales | | | | | | | | 8.65 |
| | Eje A: V.S. (0.25x0.20) | 1 | 16.35 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 1.96 | | |
| | Eje A/B: V.S. (0.25x0.20) | 1 | 2.90 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.35 | | |
| | Eje B: V.C. (0.25x0.20) | 1 | 13.30 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 1.60 | | |
| | Eje B: V.CH. (0.50x0.20) | 1 | 5.85 | 0.50 | 0.20 | 2.40 | 1.40 | | |
| | Eje B: V.E. (0.15x0.20) | 1 | 1.80 | 0.15 | 0.20 | 2.40 | 0.13 | | |
| | Eje B/C: V.S. (0.25x0.20) | 1 | 11.85 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 1.42 | | |
| | Eje C: V.S. (0.25x0.20) | 1 | 9.00 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 1.08 | | |
| | Eje C: V.E. (0.15x0.20) | 1 | 9.90 | 0.15 | 0.20 | 2.40 | 0.71 | | |
| | Transversales | | | | | | | | 6.50 |
| | Eje 1: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 5.35 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.64 | | |
| | Eje 2: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 8.00 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.96 | | |
| | Eje 3: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 8.00 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.96 | | |
| | Eje 4: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 4.23 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.51 | | |
| | Eje 4/5: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 1.63 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.20 | | |
| | Eje 4/5: V.E. (0.15X0.20) | 1 | 2.65 | 0.15 | 0.20 | 2.40 | 0.19 | | |
| | Eje 5: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 4.23 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.51 | | |
| | Eje 5/6: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 2.45 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.29 | | |
| | Eje 5/6: V.E. (0.15X0.20) | 1 | 4.15 | 0.15 | 0.20 | 2.40 | 0.30 | | |
| | Eje 6: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 4.10 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.49 | | |
| | Eje 6/7: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 4.00 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.48 | | |
| | Eje 7: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 4.10 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.49 | | |
| Eje 7/8: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 4.05 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.49 | | | |
| 3. Escalera | | | | | | | 7.94 | | |

| Primer nivel | Cantidad | Largo (m) | Ancho (m) | Altura (m) | γ (Tn/m ³) | Parcial (Tn) | Total (Tn) |
|--------------------------------|----------|-----------|-----------|------------|------------------------|--------------|------------|
| Escalera pasadizo | | | | | | 4.33 | |
| Tramo 1-2 rampa | 1 | 4.28 | 1.20 | 0.10 | 2.40 | 1.23 | |
| (Contrapasos tramo 1-2)/2 | 14 | 0.25 | 1.20 | 0.18 | 2.40 | 0.88 | |
| Descanso | 1 | 2.40 | 1.20 | 0.18 | 4.40 | 2.22 | |
| Escalera interior | | | | | | 3.61 | |
| Tramo 1-2 rampa | 1 | 4.28 | 1.00 | 0.10 | 2.40 | 1.03 | |
| (Contrapasos tramo 1-2)/2 | 14 | 0.25 | 1.00 | 0.18 | 2.40 | 0.74 | |
| Descanso | 1 | 2.40 | 1.00 | 0.18 | 4.40 | 1.85 | |
| 4. Muros de albañilería | | | | | | 43.22 | |
| Longitudinales | | | | | | 32.59 | |
| Eje A | 1 | 14.90 | 0.15 | 2.70 | 1.80 | 10.86 | |
| Eje B | 1 | 10.35 | 0.15 | 2.70 | 1.80 | 7.55 | |
| Eje B-C | 1 | 3.15 | 0.15 | 2.70 | 1.80 | 2.30 | |
| Eje C | 1 | 16.30 | 0.15 | 2.70 | 1.80 | 11.88 | |
| Transversales | | | | | | 10.64 | |
| Eje 1 | 1 | 1.50 | 0.15 | 1.05 | 1.80 | 0.43 | |
| | 1 | 0.55 | 0.15 | 2.70 | 1.80 | 0.40 | |
| Eje 3 | 1 | 1.65 | 0.15 | 2.70 | 1.80 | 1.20 | |
| Eje 4 | 1 | 0.45 | 0.15 | 2.70 | 1.80 | 0.33 | |
| Eje 4-5 | | 1.90 | 0.15 | 2.70 | 1.80 | 1.39 | |
| Eje 5 | 1 | 1.60 | 0.15 | 1.00 | 1.80 | 0.43 | |
| | 1 | 0.35 | 0.15 | 2.70 | 1.80 | 0.26 | |
| Eje 5-6 | 1 | 4.05 | 0.15 | 2.70 | 1.80 | 2.95 | |
| | 1 | 0.80 | 0.15 | 1.80 | 1.80 | 0.39 | |
| Eje 6 | 1 | 0.30 | 0.15 | 1.80 | 1.80 | 0.15 | |
| Eje 6-7 | 1 | 2.70 | 0.15 | 1.80 | 1.80 | 1.31 | |
| Eje 7 | 1 | 1.75 | 0.15 | 0.90 | 1.80 | 0.43 | |
| Eje 7-8 | 2 | 0.68 | 0.15 | 2.70 | 1.80 | 0.98 | |
| 5. losa e=0.20 m | | | | | | 30.16 | |
| Ejes A-B a 1-2 | 1 | 1.30 | 3.60 | | 0.30 | 1.40 | |
| Ejes A-B a 2-3 | 1 | 4.10 | 3.60 | | 0.30 | 4.43 | |
| Ejes A-B a 3-4 | 1 | 2.30 | 3.48 | | 0.30 | 2.40 | |
| Ejes A-B a 4-5 | 1 | 2.40 | 0.98 | | 0.30 | 0.70 | |
| Ejes A-B a 5-6 | 1 | 3.50 | 3.60 | | 0.30 | 3.78 | |
| Ejes A-B a 6-7 | 1 | 3.40 | 3.60 | | 0.30 | 3.67 | |
| Ejes B-C a 1-2 | 1 | 1.30 | 1.00 | | 0.30 | 0.39 | |
| Ejes B-C a 1-2 | 1 | 0.53 | 2.40 | | 0.30 | 0.38 | |

| Primer nivel | | Cantidad | Largo (m) | Ancho (m) | Altura (m) | γ (Tn/m ³) | Parcial (Tn) | Total (Tn) |
|------------------------------------|--------------------|----------|-----------|-----------|------------|------------------------|--------------|---------------|
| | Ejes B-C a 2-3 | 1 | 4.10 | 3.65 | | 0.30 | 4.49 | |
| | Ejes B-C a 3-4 | 1 | 1.20 | 2.50 | | 0.30 | 0.90 | |
| | Ejes B-C a 3-4/5 | 1 | 4.05 | 0.88 | | 0.30 | 1.06 | |
| | Ejes B-C a 4/5-6 | 1 | 3.70 | 1.45 | | 0.30 | 1.61 | |
| | Ejes B-C a 5-6 | 1 | 1.10 | 2.05 | | 0.30 | 0.68 | |
| | Ejes B-C a 5/6-7 | 1 | 2.00 | 1.10 | | 0.30 | 0.66 | |
| | Ejes B-C a 6/7-7/8 | 1 | 3.30 | 3.65 | | 0.30 | 3.61 | |
| 6. losa e=0.20 m (Vivienda) | | | | | | | 20.11 | 20.11 |
| C.V | Ejes A-B a 1-2 | 1 | 1.30 | 3.60 | | 0.20 | 0.94 | |
| | Ejes A-B a 2-3 | 1 | 4.10 | 3.60 | | 0.20 | 2.95 | |
| | Ejes A-B a 3-4 | 1 | 2.30 | 3.48 | | 0.20 | 1.60 | |
| | Ejes A-B a 4-5 | 1 | 2.40 | 0.98 | | 0.20 | 0.47 | |
| | Ejes A-B a 5-6 | 1 | 3.50 | 3.60 | | 0.20 | 2.52 | |
| | Ejes A-B a 6-7 | 1 | 3.40 | 3.60 | | 0.20 | 2.45 | |
| | Ejes B-C a 1-2 | 1 | 1.30 | 1.00 | | 0.20 | 0.26 | |
| | Ejes B-C a 1-2 | 1 | 0.53 | 2.40 | | 0.20 | 0.25 | |
| | Ejes B-C a 2-3 | 1 | 4.10 | 3.65 | | 0.20 | 2.99 | |
| | Ejes B-C a 3-4 | 1 | 1.20 | 2.50 | | 0.20 | 0.60 | |
| | Ejes B-C a 3-4/5 | 1 | 4.05 | 0.88 | | 0.20 | 0.71 | |
| | Ejes B-C a 4/5-6 | 1 | 3.70 | 1.45 | | 0.20 | 1.07 | |
| | Ejes B-C a 5-6 | 1 | 1.10 | 2.05 | | 0.20 | 0.45 | |
| | Ejes B-C a 5/6-7 | 1 | 2.00 | 1.10 | | 0.20 | 0.44 | |
| | Ejes B-C a 6/7-7/8 | 1 | 3.30 | 3.65 | | 0.20 | 2.41 | |
| Total Peso del 1er Nivel | | | | | | | | 134.61 |

Nota. Elaboración propia (2021)

Cálculo de cargas de la edificación de segundo nivel

| Segundo nivel | | Cantidad | Largo (m) | Ancho (m) | Altura (m) | y (Tn/m ³) | Parcial (Tn) | Total (Tn) | |
|---------------------------|---------------------------|----------|-----------|-----------|------------|------------------------|--------------|---------------|--------------|
| C. M | 1. Columnas | | | | | | 15.50 | 123.68 | |
| | C1 | 1 | 0.75 | 0.15 | 2.55 | 2.40 | 0.69 | | |
| | C2 | 2 | 0.60 | 0.15 | 2.55 | 2.40 | 1.10 | | |
| | C3 | 4 | 0.45 | 0.20 | 2.55 | 2.40 | 2.20 | | |
| | C4 | 10 | 0.75 | 0.15 | 2.55 | 2.40 | 6.89 | | |
| | C5 | 5 | 0.45 | 0.15 | 2.55 | 2.40 | 2.07 | | |
| | C6 | 1 | 0.45 | 0.15 | 2.55 | 2.40 | 0.41 | | |
| | C7 | 2 | 0.25 | 0.25 | 2.55 | 2.40 | 0.77 | | |
| | C8 | 5 | 0.30 | 0.15 | 2.55 | 2.40 | 1.38 | | |
| | 2. Vigas | | | | | | | | 15.79 |
| | Longitudinales | | | | | | | | 9.26 |
| | Eje A: V.S. (0.25x0.20) | 1 | 16.35 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 1.96 | | |
| | Eje A/B: V.A. (0.25x0.20) | 1 | 1.80 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.22 | | |
| | Eje A/B: V.S. (0.25x0.20) | 1 | 2.90 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.35 | | |
| | Eje B: V.C. (0.25x0.20) | 1 | 7.40 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.89 | | |
| | Eje B: V.CH. (0.50x0.20) | 1 | 11.55 | 0.50 | 0.20 | 2.40 | 2.77 | | |
| | Eje B: V.E. (0.15x0.20) | 1 | 1.80 | 0.15 | 0.20 | 2.40 | 0.13 | | |
| | Eje B/C: V.A. (0.25x0.20) | 1 | 1.80 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.22 | | |
| | Eje B/C: V.S. (0.25x0.20) | 1 | 7.30 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.88 | | |
| | Eje C: V.S. (0.25x0.20) | 1 | 12.95 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 1.55 | | |
| | Eje C: V.E. (0.15x0.20) | 1 | 4.15 | 0.15 | 0.20 | 2.40 | 0.30 | | |
| | Transversales | | | | | | | | 6.53 |
| | Eje 1: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 8.00 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.96 | | |
| | Eje 2: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 8.00 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.96 | | |
| | Eje 3: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 8.00 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.96 | | |
| | Eje 4: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 4.15 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.50 | | |
| | Eje 4/5: V.E. (0.15X0.20) | 1 | 2.90 | 0.15 | 0.20 | 2.40 | 0.21 | | |
| | Eje 5: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 4.10 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.49 | | |
| | Eje 5/6: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 4.15 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.50 | | |
| | Eje 6: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 4.10 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.49 | | |
| | Eje 6/7: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 4.00 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.48 | | |
| | Eje 7: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 4.10 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.49 | | |
| Eje 7/8: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 4.05 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.49 | | | |
| 3. Escalera | | | | | | | 4.33 | | |

| Segundo nivel | | Cantidad | Largo (m) | Ancho (m) | Altura (m) | γ (Tn/m ³) | Parcial (Tn) | Total (Tn) |
|--------------------------------|--|----------|-----------|-----------|------------|------------------------|--------------|------------|
| Escalera pasadiso | | | | | | | 4.33 | |
| Tramo 1-2 rampa | | 1 | 4.28 | 1.20 | 0.10 | 2.40 | 1.23 | |
| (Contrapasos tramo 1-2)/2 | | 14 | 0.25 | 1.20 | 0.18 | 2.40 | 0.88 | |
| Descanso | | 1 | 2.40 | 1.20 | 0.18 | 4.40 | 2.22 | |
| 4. Muros de albañilería | | | | | | | 57.12 | |
| Longitudinales | | | | | | | 36.19 | |
| Eje A | | 1 | 15.45 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 10.64 | |
| Eje A-B | | 1 | 0.30 | 0.15 | 0.90 | 1.80 | 0.07 | |
| | | 1 | 0.60 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 0.41 | |
| | | 1 | 1.00 | 0.15 | 1.80 | 1.80 | 0.49 | |
| Eje B | | 1 | 9.90 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 6.82 | |
| Eje B-C | | 1 | 8.95 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 6.16 | |
| Eje C | | 1 | 16.85 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 11.60 | |
| Transversales | | | | | | | 20.93 | |
| Eje 1 | | 1 | 0.30 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 0.21 | |
| | | 1 | 1.50 | 0.15 | 0.90 | 1.80 | 0.36 | |
| | | 1 | 1.05 | 0.15 | 0.90 | 1.80 | 0.26 | |
| | | 1 | 1.20 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 0.83 | |
| Eje 1-2 | | 1 | 0.90 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 0.62 | |
| | | 1 | 1.60 | 0.15 | 1.80 | 1.80 | 0.78 | |
| Eje 2-3 | | 1 | 5.45 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 3.75 | |
| Eje 3 | | 1 | 2.20 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 1.51 | |
| Eje 4 | | 1 | 1.60 | 0.15 | 0.90 | 1.80 | 0.39 | |
| | | 1 | 1.75 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 1.20 | |
| Eje 4-5 | | 1 | 1.90 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 1.31 | |
| Eje 5 | | 1 | 1.60 | 0.15 | 0.90 | 1.80 | 0.39 | |
| | | 1 | 1.60 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 1.10 | |
| Eje 5-6 | | 1 | 3.45 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 2.38 | |
| | | 1 | 0.80 | 0.15 | 1.80 | 1.80 | 0.39 | |
| Eje 6 | | 1 | 2.90 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 2.00 | |
| Eje 6-7 | | 1 | 0.60 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 0.41 | |
| Eje 7 | | 1 | 1.60 | 0.15 | 0.90 | 1.80 | 0.39 | |
| | | 1 | 1.65 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 1.14 | |
| Eje 7-8 | | 2 | 0.58 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 0.79 | |
| | | 1 | 3.00 | 0.15 | 0.90 | 1.80 | 0.73 | |
| 5. losa e=0.20 m | | | | | | | 30.94 | |
| Ejes A-B a 1-2 | | 1 | 0.80 | 3.15 | | 0.30 | 0.76 | |

| Segundo nivel | | Cantidad | Largo (m) | Ancho (m) | Altura (m) | γ (Tn/m ³) | Parcial (Tn) | Total (Tn) |
|------------------------------------|--------------------|----------|-----------|-----------|------------|------------------------|---------------|--------------|
| | Ejes A-B a 2-3 | 1 | 4.10 | 3.41 | | 0.30 | 4.19 | |
| | Ejes A-B a 3-4 | 1 | 2.30 | 3.41 | | 0.30 | 2.35 | |
| | Ejes A-B a 4-5 | 1 | 2.40 | 0.91 | | 0.30 | 0.65 | |
| | Ejes A-B a 5-6 | 1 | 3.50 | 3.60 | | 0.30 | 3.78 | |
| | Ejes A-B a 6-7 | 1 | 3.40 | 3.60 | | 0.30 | 3.67 | |
| | Ejes B-C a 1-2 | 1 | 0.80 | 3.34 | | 0.30 | 0.80 | |
| | Ejes B-C a 2-3 | 1 | 4.10 | 3.60 | | 0.30 | 4.43 | |
| | Ejes B-C a 3-4 | 1 | 1.20 | 2.50 | | 0.30 | 0.90 | |
| | Ejes B-C a 3-4/5 | 1 | 4.30 | 0.94 | | 0.30 | 1.21 | |
| | Ejes B-C a 4/5-6 | 1 | 2.35 | 1.45 | | 0.30 | 1.02 | |
| | Ejes B-C a 5/6-6/7 | 1 | 3.25 | 3.65 | | 0.30 | 3.56 | |
| | Ejes B-C a 6/7-7/8 | 1 | 3.30 | 3.65 | | 0.30 | 3.61 | |
| 6. losa e=0.20 m (Vivienda) | | | | | | | 20.63 | 20.63 |
| C.V | Ejes A-B a 1-2 | 1 | 0.80 | 3.15 | | 0.20 | 0.50 | |
| | Ejes A-B a 2-3 | 1 | 4.10 | 3.41 | | 0.20 | 2.79 | |
| | Ejes A-B a 3-4 | 1 | 2.30 | 3.41 | | 0.20 | 1.57 | |
| | Ejes A-B a 4-5 | 1 | 2.40 | 0.91 | | 0.20 | 0.44 | |
| | Ejes A-B a 5-6 | 1 | 3.50 | 3.60 | | 0.20 | 2.52 | |
| | Ejes A-B a 6-7 | 1 | 3.40 | 3.60 | | 0.20 | 2.45 | |
| | Ejes B-C a 1-2 | 1 | 0.80 | 3.34 | | 0.20 | 0.53 | |
| | Ejes B-C a 2-3 | 1 | 4.10 | 3.60 | | 0.20 | 2.95 | |
| | Ejes B-C a 3-4 | 1 | 1.20 | 2.50 | | 0.20 | 0.60 | |
| | Ejes B-C a 3-4/5 | 1 | 4.30 | 0.94 | | 0.20 | 0.81 | |
| | Ejes B-C a 4/5-6 | 1 | 2.35 | 1.45 | | 0.20 | 0.68 | |
| | Ejes B-C a 5/6-6/7 | 1 | 3.25 | 3.65 | | 0.20 | 2.37 | |
| | Ejes B-C a 6/7-7/8 | 1 | 3.30 | 3.65 | | 0.20 | 2.41 | |
| Total Peso del 2do Nivel | | | | | | | 144.31 | |

Nota. Elaboración propia (2021)

Cálculo de Cargas de la Edificación de Tercer Nivel

| Tercer Nivel | | Cantidad | Largo (m) | Ancho (m) | Altura (m) | γ (Tn/m ³) | Parcial (Tn) | Total (Tn) | |
|---------------------------|---------------------------|----------|-----------|-----------|------------|------------------------|--------------|---------------|--------------|
| C. M | 1. Columnas | | | | | | 14.95 | 125.44 | |
| | C1 | 1 | 0.75 | 0.15 | 2.55 | 2.40 | 0.69 | | |
| | C2 | 2 | 0.60 | 0.15 | 2.55 | 2.40 | 1.10 | | |
| | C3 | 4 | 0.45 | 0.20 | 2.55 | 2.40 | 2.20 | | |
| | C4 | 10 | 0.75 | 0.15 | 2.55 | 2.40 | 6.89 | | |
| | C5 | 5 | 0.45 | 0.15 | 2.55 | 2.40 | 2.07 | | |
| | C6 | 1 | 0.45 | 0.15 | 2.55 | 2.40 | 0.41 | | |
| | C7 | 2 | 0.25 | 0.25 | 2.55 | 2.40 | 0.77 | | |
| | C8 | 3 | 0.30 | 0.15 | 2.55 | 2.40 | 0.83 | | |
| | 2. Vigas | | | | | | | | 15.79 |
| | Longitudinales | | | | | | | | 9.26 |
| | Eje A: V.S. (0.25x0.20) | 1 | 16.35 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 1.96 | | |
| | Eje A/B: V.A. (0.25x0.20) | 1 | 1.80 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.22 | | |
| | Eje A/B: V.S. (0.25x0.20) | 1 | 2.90 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.35 | | |
| | Eje B: V.C. (0.25x0.20) | 1 | 7.40 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.89 | | |
| | Eje B: V.CH. (0.50x0.20) | 1 | 11.55 | 0.50 | 0.20 | 2.40 | 2.77 | | |
| | Eje B: V.E. (0.15x0.20) | 1 | 1.80 | 0.15 | 0.20 | 2.40 | 0.13 | | |
| | Eje B/C: V.A. (0.25x0.20) | 1 | 1.80 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.22 | | |
| | Eje B/C: V.S. (0.25x0.20) | 1 | 7.30 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.88 | | |
| | Eje C: V.S. (0.25x0.20) | 1 | 12.95 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 1.55 | | |
| | Eje C: V.E. (0.15x0.20) | 1 | 4.15 | 0.15 | 0.20 | 2.40 | 0.30 | | |
| | Transversales | | | | | | | | 6.53 |
| | Eje 1: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 8.00 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.96 | | |
| | Eje 2: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 8.00 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.96 | | |
| | Eje 3: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 8.00 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.96 | | |
| | Eje 4: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 4.15 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.50 | | |
| | Eje 4/5: V.E. (0.15X0.20) | 1 | 2.90 | 0.15 | 0.20 | 2.40 | 0.21 | | |
| | Eje 5: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 4.10 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.49 | | |
| | Eje 5/6: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 4.15 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.50 | | |
| | Eje 6: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 4.10 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.49 | | |
| | Eje 6/7: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 4.00 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.48 | | |
| | Eje 7: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 4.10 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.49 | | |
| Eje 7/8: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 4.05 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.49 | | | |
| 3. Escalera | | | | | | | 4.33 | | |

| Tercer Nivel | | Cantidad | Largo (m) | Ancho (m) | Altura (m) | γ (Tn/m ³) | Parcial (Tn) | Total (Tn) |
|--------------------------------|--|----------|-----------|-----------|------------|------------------------|--------------|------------|
| Escalera pasadizo | | | | | | | 4.33 | |
| Tramo 1-2 rampa | | 1 | 4.28 | 1.20 | 0.10 | 2.40 | 1.23 | |
| (Contrapasos tramo 1-2)/2 | | 14 | 0.25 | 1.20 | 0.18 | 2.40 | 0.88 | |
| Descanso | | 1 | 2.40 | 1.20 | 0.18 | 4.40 | 2.22 | |
| 4. Muros de albañilería | | | | | | | 59.43 | |
| Longitudinales | | | | | | | 38.29 | |
| Eje A | | 1 | 15.45 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 10.64 | |
| Eje A-B | | 1 | 0.30 | 0.15 | 0.90 | 1.80 | 0.07 | |
| | | 1 | 4.00 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 2.75 | |
| | | 1 | 0.90 | 0.25 | 1.80 | 1.80 | 0.73 | |
| Eje B | | 1 | 9.60 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 6.61 | |
| Eje B-C | | 1 | 8.40 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 5.78 | |
| Eje C | | 1 | 17.00 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 11.70 | |
| Transversales | | | | | | | 21.14 | |
| Eje 1 | | 1 | 2.05 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 1.41 | |
| | | 1 | 2.65 | 0.15 | 0.90 | 1.80 | 0.64 | |
| Eje 1-2 | | 1 | 0.80 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 0.55 | |
| Eje 2-3 | | 1 | 4.40 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 3.03 | |
| Eje 3 | | 1 | 1.45 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 1.00 | |
| | | 1 | 0.75 | 0.15 | 1.80 | 1.80 | 0.36 | |
| Eje 4 | | 1 | 1.30 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 0.90 | |
| | | 1 | 1.90 | 0.15 | 1.00 | 1.80 | 0.51 | |
| Eje 4-5 | | 1 | 1.90 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 1.31 | |
| Eje 5 | | 1 | 1.60 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 1.10 | |
| | | 1 | 1.60 | 0.15 | 0.90 | 1.80 | 0.39 | |
| Eje 5-6 | | 1 | 3.65 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 2.51 | |
| | | 1 | 0.85 | 0.15 | 1.80 | 1.80 | 0.41 | |
| Eje 6 | | 1 | 2.90 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 2.00 | |
| Eje 6-7 | | 1 | 2.85 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 1.96 | |
| Eje 7 | | 1 | 1.60 | 0.15 | 0.90 | 1.80 | 0.39 | |
| | | 1 | 1.65 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 1.14 | |
| Eje 7-8 | | 2 | 0.58 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 0.79 | |
| | | 1 | 3.00 | 0.15 | 0.90 | 1.80 | 0.73 | |
| 5. losa e=0.20 m | | | | | | | 30.94 | |
| Ejes A-B a 1-2 | | 1 | 0.80 | 3.15 | | 0.30 | 0.76 | |
| Ejes A-B a 2-3 | | 1 | 4.10 | 3.41 | | 0.30 | 4.19 | |
| Ejes A-B a 3-4 | | 1 | 2.30 | 3.41 | | 0.30 | 2.35 | |

| Tercer Nivel | | Cantidad | Largo (m) | Ancho (m) | Altura (m) | γ (Tn/m ³) | Parcial (Tn) | Total (Tn) |
|------------------------------------|--------------------|----------|-----------|-----------|------------|------------------------|--------------|---------------|
| | Ejes A-B a 4-5 | 1 | 2.40 | 0.91 | | 0.30 | 0.65 | |
| | Ejes A-B a 5-6 | 1 | 3.50 | 3.60 | | 0.30 | 3.78 | |
| | Ejes A-B a 6-7 | 1 | 3.40 | 3.60 | | 0.30 | 3.67 | |
| | Ejes B-C a 1-2 | 1 | 0.80 | 3.34 | | 0.30 | 0.80 | |
| | Ejes B-C a 2-3 | 1 | 4.10 | 3.60 | | 0.30 | 4.43 | |
| | Ejes B-C a 3-4 | 1 | 1.20 | 2.50 | | 0.30 | 0.90 | |
| | Ejes B-C a 3-4/5 | 1 | 4.30 | 0.94 | | 0.30 | 1.21 | |
| | Ejes B-C a 4/5-6 | 1 | 2.35 | 1.45 | | 0.30 | 1.02 | |
| | Ejes B-C a 5/6-6/7 | 1 | 3.25 | 3.65 | | 0.30 | 3.56 | |
| | Ejes B-C a 6/7-7/8 | 1 | 3.30 | 3.65 | | 0.30 | 3.61 | |
| 5. losa e=0.20 m (Vivienda) | | | | | | | 20.63 | 20.63 |
| C.V | Ejes A-B a 1-2 | 1 | 0.80 | 3.15 | | 0.20 | 0.50 | |
| | Ejes A-B a 2-3 | 1 | 4.10 | 3.41 | | 0.20 | 2.79 | |
| | Ejes A-B a 3-4 | 1 | 2.30 | 3.41 | | 0.20 | 1.57 | |
| | Ejes A-B a 4-5 | 1 | 2.40 | 0.91 | | 0.20 | 0.44 | |
| | Ejes A-B a 5-6 | 1 | 3.50 | 3.60 | | 0.20 | 2.52 | |
| | Ejes A-B a 6-7 | 1 | 3.40 | 3.60 | | 0.20 | 2.45 | |
| | Ejes B-C a 1-2 | 1 | 0.80 | 3.34 | | 0.20 | 0.53 | |
| | Ejes B-C a 2-3 | 1 | 4.10 | 3.60 | | 0.20 | 2.95 | |
| | Ejes B-C a 3-4 | 1 | 1.20 | 2.50 | | 0.20 | 0.60 | |
| | Ejes B-C a 3-4/5 | 1 | 4.30 | 0.94 | | 0.20 | 0.81 | |
| | Ejes B-C a 4/5-6 | 1 | 2.35 | 1.45 | | 0.20 | 0.68 | |
| | Ejes B-C a 5/6-6/7 | 1 | 3.25 | 3.65 | | 0.20 | 2.37 | |
| | Ejes B-C a 6/7-7/8 | 1 | 3.30 | 3.65 | | 0.20 | 2.41 | |
| Total Peso del 3er Nivel | | | | | | | | 146.06 |

Nota. Elaboración propia (2021)

Cálculo de Cargas de la Edificación de Cuarto Nivel

| Cuarto Nivel | | Cantidad | Largo (m) | Ancho (m) | Altura (m) | γ (Tn/m ³) | Parcial (Tn) | Total (Tn) | |
|---------------------------|---------------------------|----------|-----------|-----------|------------|------------------------|--------------|---------------|--------------|
| C. M | 1. Columnas | | | | | | 14.95 | 125.44 | |
| | C1 | 1 | 0.75 | 0.15 | 2.55 | 2.40 | 0.69 | | |
| | C2 | 2 | 0.60 | 0.15 | 2.55 | 2.40 | 1.10 | | |
| | C3 | 4 | 0.45 | 0.20 | 2.55 | 2.40 | 2.20 | | |
| | C4 | 10 | 0.75 | 0.15 | 2.55 | 2.40 | 6.89 | | |
| | C5 | 5 | 0.45 | 0.15 | 2.55 | 2.40 | 2.07 | | |
| | C6 | 1 | 0.45 | 0.15 | 2.55 | 2.40 | 0.41 | | |
| | C7 | 2 | 0.25 | 0.25 | 2.55 | 2.40 | 0.77 | | |
| | C8 | 3 | 0.30 | 0.15 | 2.55 | 2.40 | 0.83 | | |
| | 2. Vigas | | | | | | | | 15.79 |
| | Longitudinales | | | | | | | | 9.26 |
| | Eje A: V.S. (0.25x0.20) | 1 | 16.35 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 1.96 | | |
| | Eje A/B: V.A. (0.25x0.20) | 1 | 1.80 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.22 | | |
| | Eje A/B: V.S. (0.25x0.20) | 1 | 2.90 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.35 | | |
| | Eje B: V.C. (0.25x0.20) | 1 | 7.40 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.89 | | |
| | Eje B: V.CH. (0.50x0.20) | 1 | 11.55 | 0.50 | 0.20 | 2.40 | 2.77 | | |
| | Eje B: V.E. (0.15x0.20) | 1 | 1.80 | 0.15 | 0.20 | 2.40 | 0.13 | | |
| | Eje B/C: V.A. (0.25x0.20) | 1 | 1.80 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.22 | | |
| | Eje B/C: V.S. (0.25x0.20) | 1 | 7.30 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.88 | | |
| | Eje C: V.S. (0.25x0.20) | 1 | 12.95 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 1.55 | | |
| | Eje C: V.E. (0.15x0.20) | 1 | 4.15 | 0.15 | 0.20 | 2.40 | 0.30 | | |
| | Transversales | | | | | | | | 6.53 |
| | Eje 1: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 8.00 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.96 | | |
| | Eje 2: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 8.00 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.96 | | |
| | Eje 3: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 8.00 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.96 | | |
| | Eje 4: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 4.15 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.50 | | |
| | Eje 4/5: V.E. (0.15X0.20) | 1 | 2.90 | 0.15 | 0.20 | 2.40 | 0.21 | | |
| | Eje 5: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 4.10 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.49 | | |
| | Eje 5/6: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 4.15 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.50 | | |
| | Eje 6: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 4.10 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.49 | | |
| | Eje 6/7: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 4.00 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.48 | | |
| | Eje 7: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 4.10 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.49 | | |
| Eje 7/8: V.A. (0.25X0.20) | 1 | 4.05 | 0.25 | 0.20 | 2.40 | 0.49 | | | |
| 3. Escalera | | | | | | | 4.33 | | |

| Cuarto Nivel | Cantidad | Largo (m) | Ancho (m) | Altura (m) | Y (Tn/m3) | Parcial (Tn) | Total (Tn) |
|--------------------------------|----------|-----------|-----------|------------|-----------|--------------|------------|
| Escalera pasadizo | | | | | | 4.33 | |
| Tramo 1-2 rampa | 1 | 4.28 | 1.20 | 0.10 | 2.40 | 1.23 | |
| (Contrapasos tramo 1-2)/2 | 14 | 0.25 | 1.20 | 0.18 | 2.40 | 0.88 | |
| Descanso | 1 | 2.40 | 1.20 | 0.18 | 4.40 | 2.22 | |
| 4. Muros de albañilería | | | | | | 59.43 | |
| Longitudinales | | | | | | 38.29 | |
| Eje A | 1 | 15.45 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 10.64 | |
| Eje A-B | 1 | 0.30 | 0.15 | 0.90 | 1.80 | 0.07 | |
| | 1 | 4.00 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 2.75 | |
| | 1 | 0.90 | 0.25 | 1.80 | 1.80 | 0.73 | |
| Eje B | 1 | 9.60 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 6.61 | |
| Eje B-C | 1 | 8.40 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 5.78 | |
| Eje C | 1 | 17.00 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 11.70 | |
| Transversales | | | | | | 21.14 | |
| Eje 1 | 1 | 2.05 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 1.41 | |
| | 1 | 2.65 | 0.15 | 0.90 | 1.80 | 0.64 | |
| Eje 1-2 | 1 | 0.80 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 0.55 | |
| Eje 2-3 | 1 | 4.40 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 3.03 | |
| Eje 3 | 1 | 1.45 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 1.00 | |
| | 1 | 0.75 | 0.15 | 1.80 | 1.80 | 0.36 | |
| Eje 4 | 1 | 1.30 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 0.90 | |
| | 1 | 1.90 | 0.15 | 1.00 | 1.80 | 0.51 | |
| Eje 4-5 | 1 | 1.90 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 1.31 | |
| Eje 5 | 1 | 1.60 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 1.10 | |
| | 1 | 1.60 | 0.15 | 0.90 | 1.80 | 0.39 | |
| Eje 5-6 | 1 | 3.65 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 2.51 | |
| | 1 | 0.85 | 0.15 | 1.80 | 1.80 | 0.41 | |
| Eje 6 | 1 | 2.90 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 2.00 | |
| Eje 6-7 | 1 | 2.85 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 1.96 | |
| Eje 7 | 1 | 1.60 | 0.15 | 0.90 | 1.80 | 0.39 | |
| | 1 | 1.65 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 1.14 | |
| Eje 7-8 | 2 | 0.58 | 0.15 | 2.55 | 1.80 | 0.79 | |
| | 1 | 3.00 | 0.15 | 0.90 | 1.80 | 0.73 | |
| 5. losa e=0.20 m | | | | | | 30.94 | |
| Ejes A-B a 1-2 | 1 | 0.80 | 3.15 | | 0.30 | 0.76 | |
| Ejes A-B a 2-3 | 1 | 4.10 | 3.41 | | 0.30 | 4.19 | |
| Ejes A-B a 3-4 | 1 | 2.30 | 3.41 | | 0.30 | 2.35 | |

| Cuarto Nivel | | Cantidad | Largo (m) | Ancho (m) | Altura (m) | γ (Tn/m ³) | Parcial (Tn) | Total (Tn) |
|-------------------------------------------|--------------------|----------|-----------|-----------|------------|------------------------|--------------|---------------|
| | Ejes A-B a 4-5 | 1 | 2.40 | 0.91 | | 0.30 | 0.65 | |
| | Ejes A-B a 5-6 | 1 | 3.50 | 3.60 | | 0.30 | 3.78 | |
| | Ejes A-B a 6-7 | 1 | 3.40 | 3.60 | | 0.30 | 3.67 | |
| | Ejes B-C a 1-2 | 1 | 0.80 | 3.34 | | 0.30 | 0.80 | |
| | Ejes B-C a 2-3 | 1 | 4.10 | 3.60 | | 0.30 | 4.43 | |
| | Ejes B-C a 3-4 | 1 | 1.20 | 2.50 | | 0.30 | 0.90 | |
| | Ejes B-C a 3-4/5 | 1 | 4.30 | 0.94 | | 0.30 | 1.21 | |
| | Ejes B-C a 4/5-6 | 1 | 2.35 | 1.45 | | 0.30 | 1.02 | |
| | Ejes B-C a 5/6-6/7 | 1 | 3.25 | 3.65 | | 0.30 | 3.56 | |
| | Ejes B-C a 6/7-7/8 | 1 | 3.30 | 3.65 | | 0.30 | 3.61 | |
| 5. losa e=0.20 m (Azotea-vivienda) | | | | | | | 10.31 | 10.31 |
| C.V | Ejes A-B a 1-2 | 1 | 0.80 | 3.15 | | 0.10 | 0.25 | |
| | Ejes A-B a 2-3 | 1 | 4.10 | 3.41 | | 0.10 | 1.40 | |
| | Ejes A-B a 3-4 | 1 | 2.30 | 3.41 | | 0.10 | 0.78 | |
| | Ejes A-B a 4-5 | 1 | 2.40 | 0.91 | | 0.10 | 0.22 | |
| | Ejes A-B a 5-6 | 1 | 3.50 | 3.60 | | 0.10 | 1.26 | |
| | Ejes A-B a 6-7 | 1 | 3.40 | 3.60 | | 0.10 | 1.22 | |
| | Ejes B-C a 1-2 | 1 | 0.80 | 3.34 | | 0.10 | 0.27 | |
| | Ejes B-C a 2-3 | 1 | 4.10 | 3.60 | | 0.10 | 1.48 | |
| | Ejes B-C a 3-4 | 1 | 1.20 | 2.50 | | 0.10 | 0.30 | |
| | Ejes B-C a 3-4/5 | 1 | 4.30 | 0.94 | | 0.10 | 0.40 | |
| | Ejes B-C a 4/5-6 | 1 | 2.35 | 1.45 | | 0.10 | 0.34 | |
| | Ejes B-C a 5/6-6/7 | 1 | 3.25 | 3.65 | | 0.10 | 1.19 | |
| | Ejes B-C a 6/7-7/8 | 1 | 3.30 | 3.65 | | 0.10 | 1.20 | |
| Total Peso del 4to Nivel | | | | | | | | 135.75 |

Nota. Elaboración propia (2021)

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

RECOLECCION, TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS LIQUIDOS (Aguas Servidas) DE LA LOCALIDAD DE SANTA BARBARA – BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA

1.0 GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

Por encargo de la Municipalidad Distrital de Los Baños del Inca, se realizó el Estudio de Mecánica de Suelos, para el proyecto: “CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CENTRO POBLADO SANTA BARBARA Y ANEXOS, DISTRITO DE LOS BANOS DEL INCA - CAJAMARCA – CAJAMARCA”.

6.3 Cálculo de la Capacidad Portante admisible

Se ha determinado la capacidad portante admisible del terreno en base a las características del subsuelo y se han propuesto dimensiones recomendables para la cimentación.

El factor de capacidad de carga se obtendrá:

| | | | |
|------------|---------------------------------------|--------------|-----------------|
| C | = 0.30 (kg/cm ²) | | |
| Φ | = 0° | | |
| FS | = 3 | | |
| D_f | = 1.40m | $N_c = 5.14$ | $S_c = 1.00$ |
| B | = 1.20m | $N_\tau = 0$ | $S_\tau = 0.60$ |
| δ_1 | = 0.90 gr/cm ³ (sumergido) | $N_q = 1.00$ | $S_q = 1.19$ |
| δ_2 | = 1.80 gr/cm ³ | | |

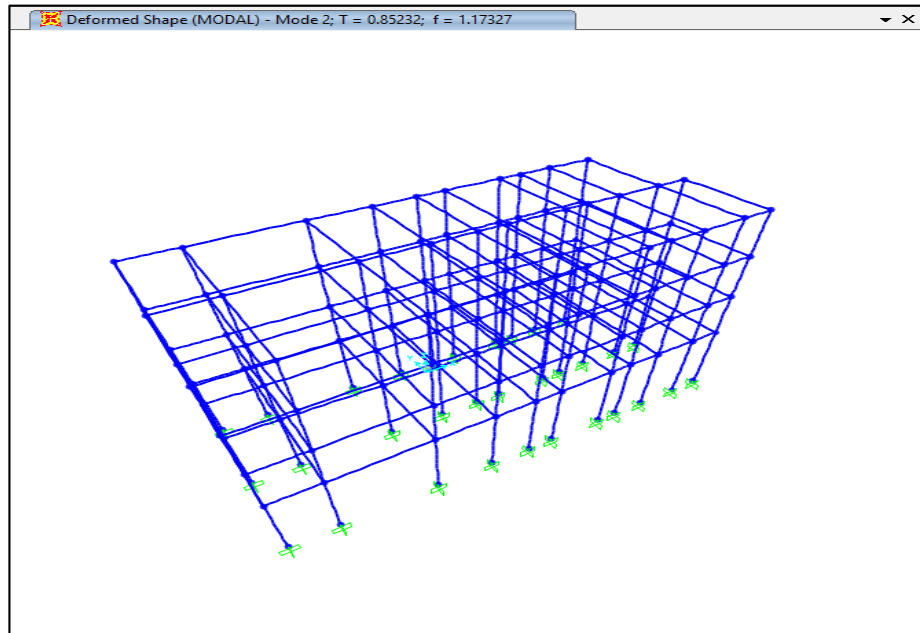
De (1) se tiene:

| | |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------|
| q_{ul} | = 2,10 kg/cm ² |
| q_{ad} | = 0,70 kg/cm ² (trabajar con $q_{adm} = 0.70$ kg/cm ²) |

Periodos de vibración modelo empotrado en las bases

Figura 75.

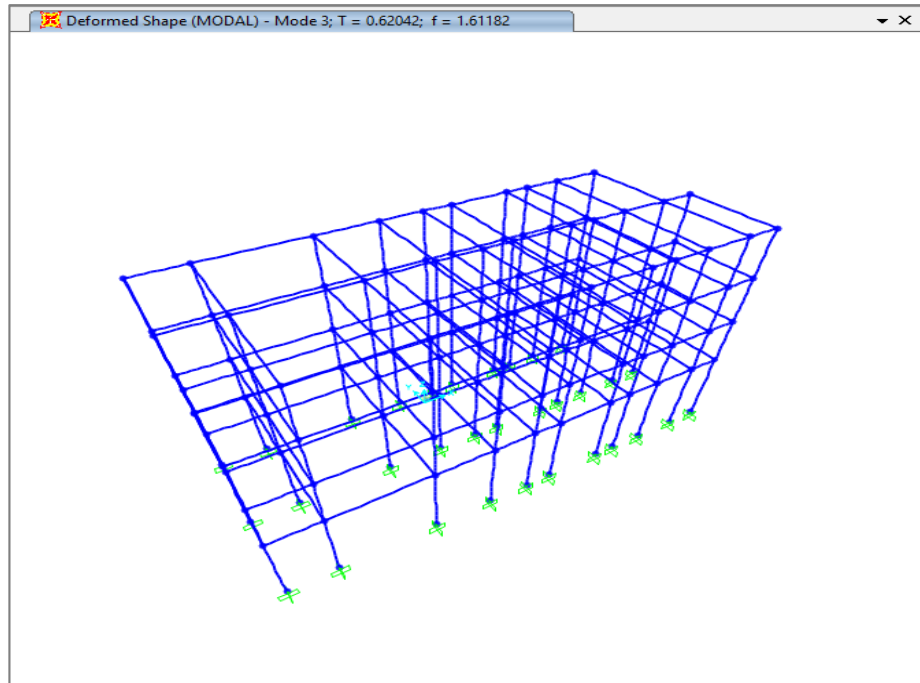
Modal 2; Empotrado en la base; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021).

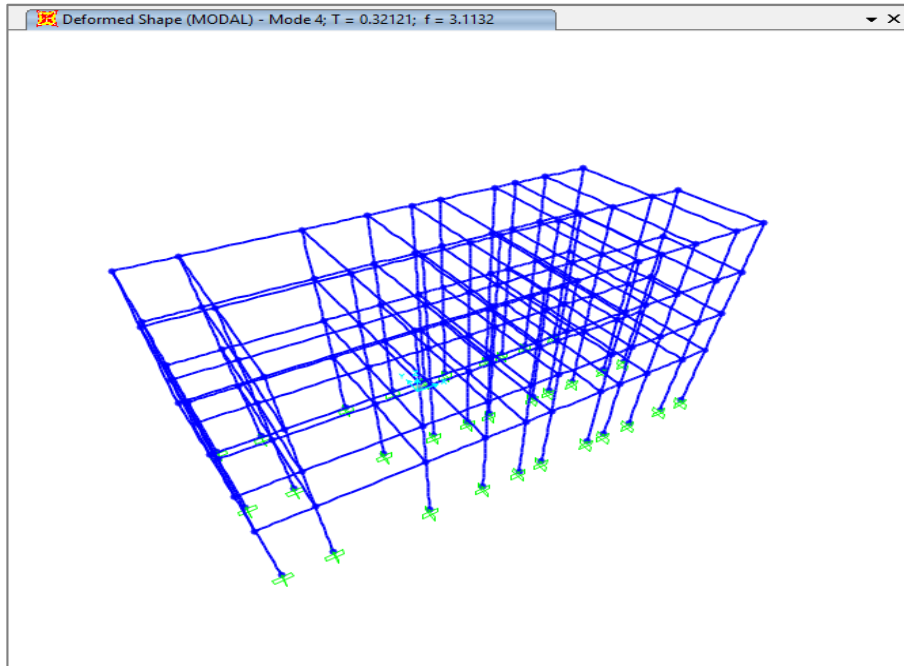
Figura 76.

Modal 3; Empotrado en la base; SAP2000.



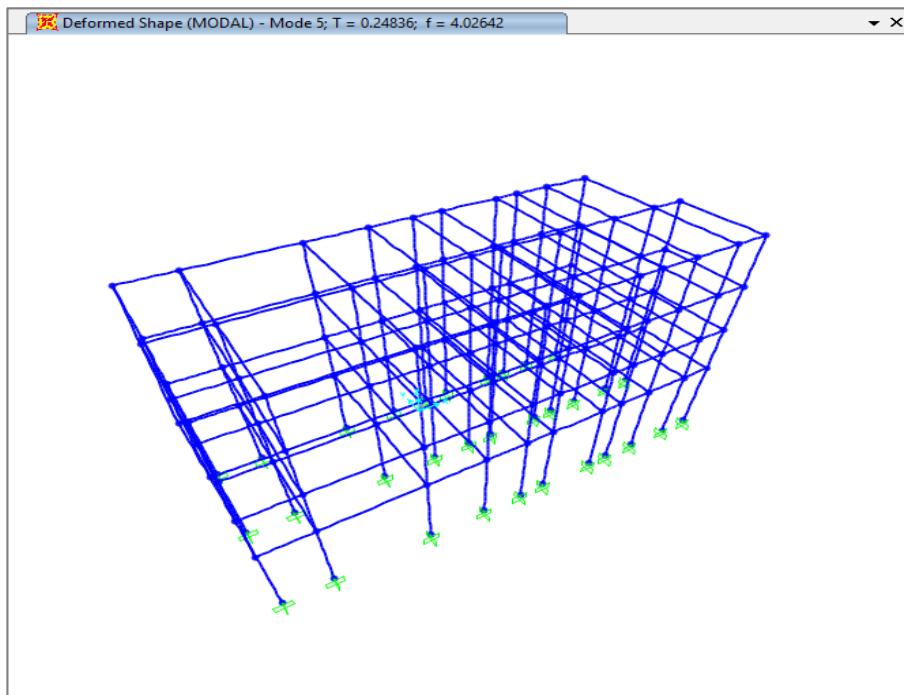
Nota. Elaboración propia (2021).

Figura 77.
Modal 4; Empotrado en la base; SAP2000.



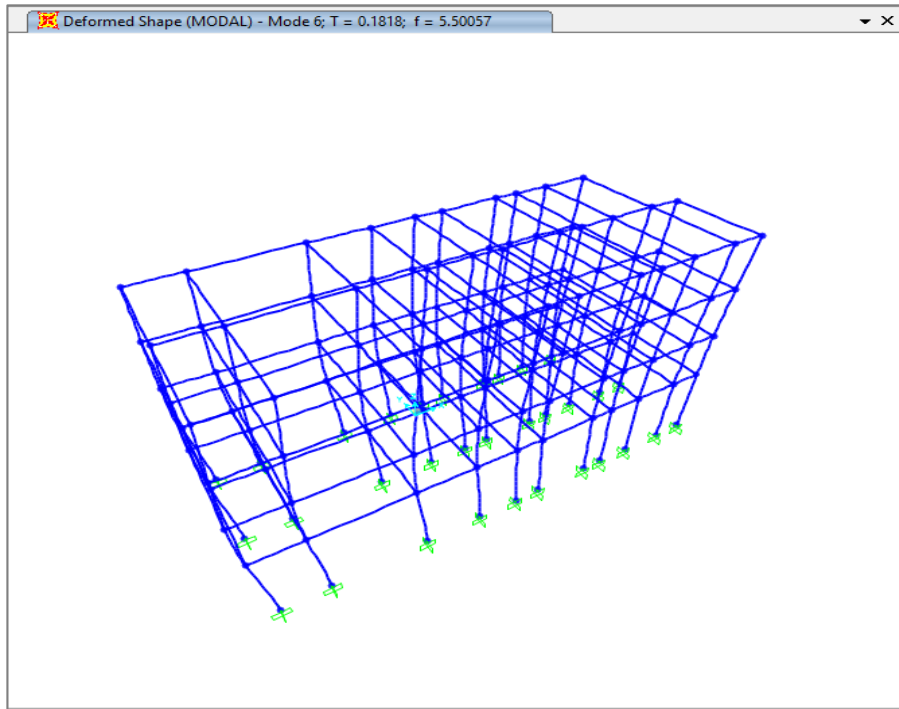
Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 78.
Modal 5; Empotrado en la base; SAP2000.



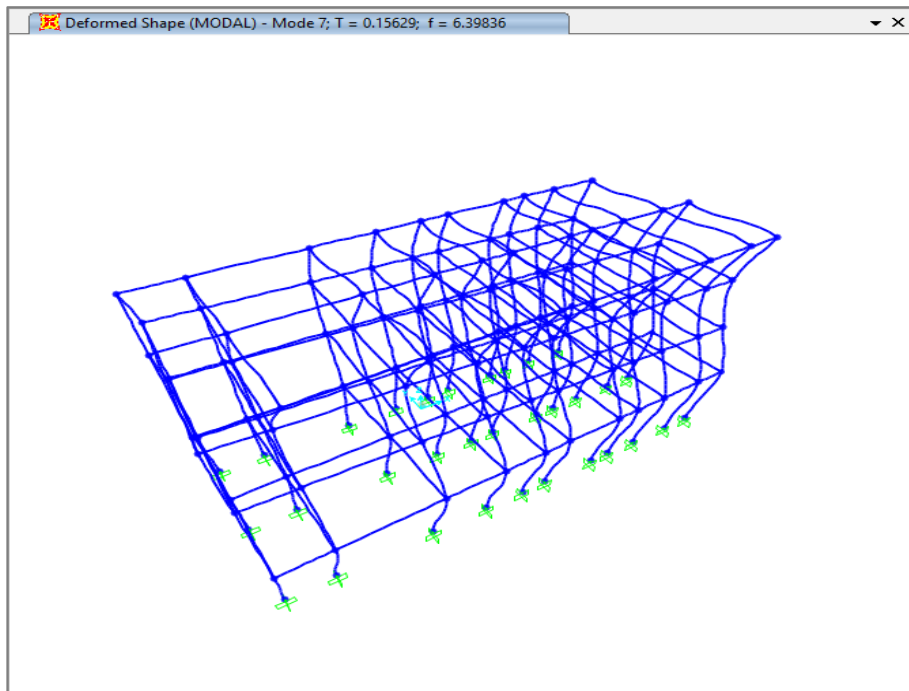
Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 79.
Modal 6; Empotrado en la base; SAP2000.



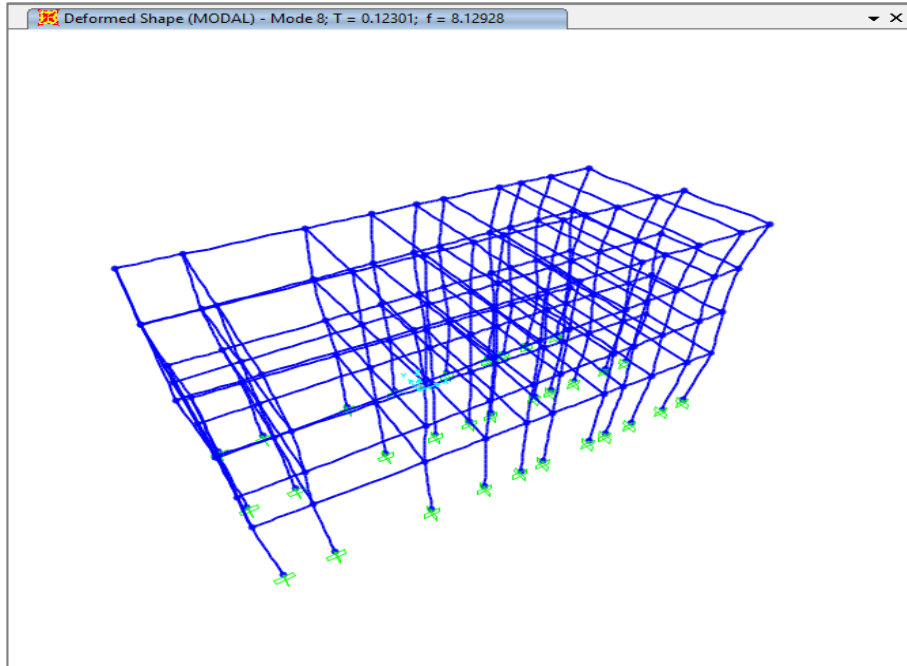
Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 80.
Modal 7; Empotrado en la base; SAP2000.



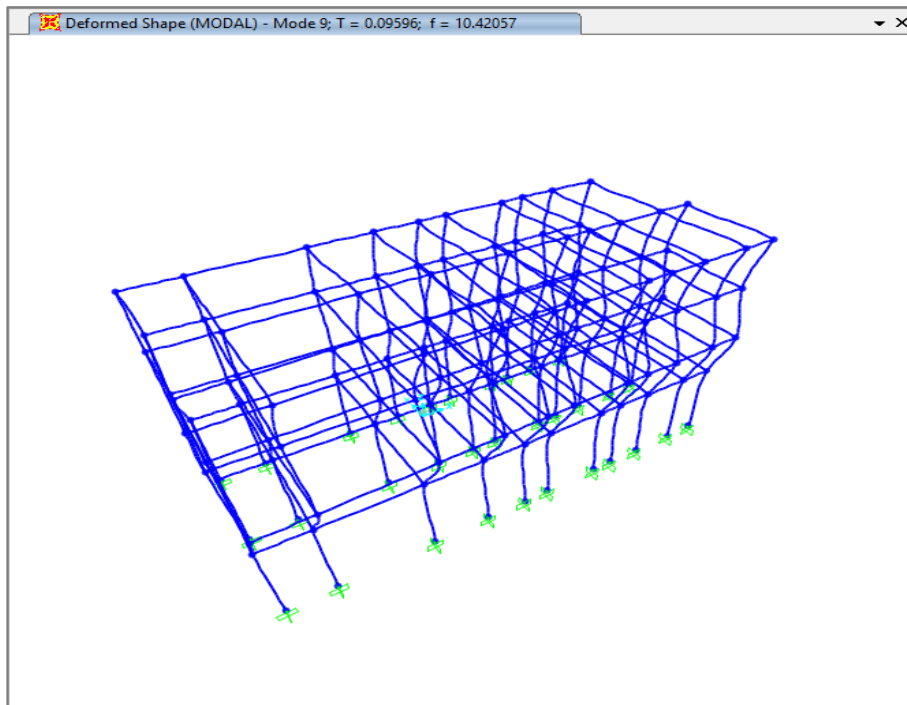
Nota. Elaboración propia (2021).

Figura 81.
Modal 8; Empotrado en la base; SAP2000.



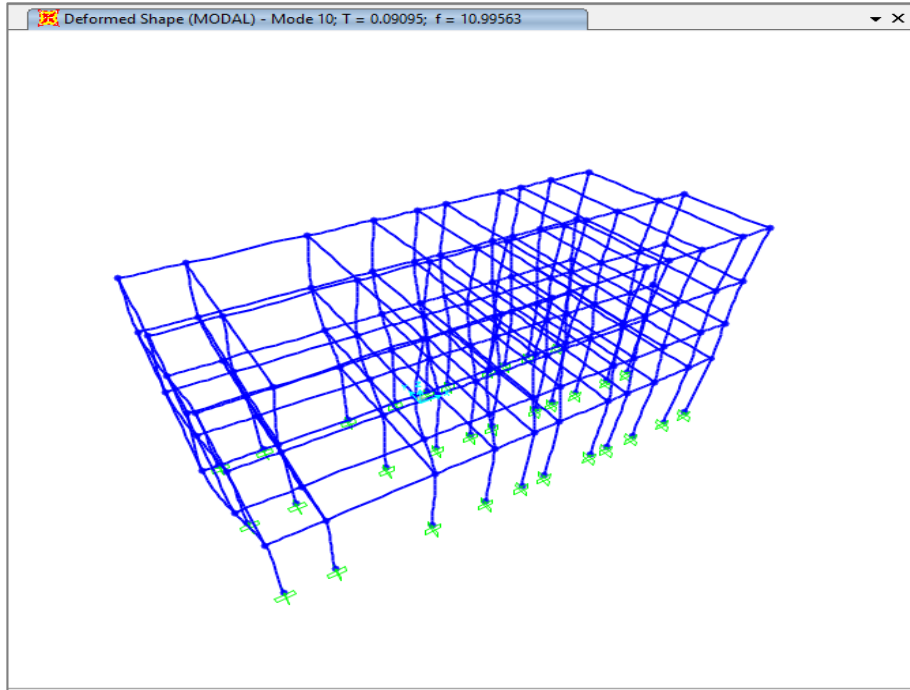
Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 82.
Modal 9; Empotrado en la base; SAP2000.



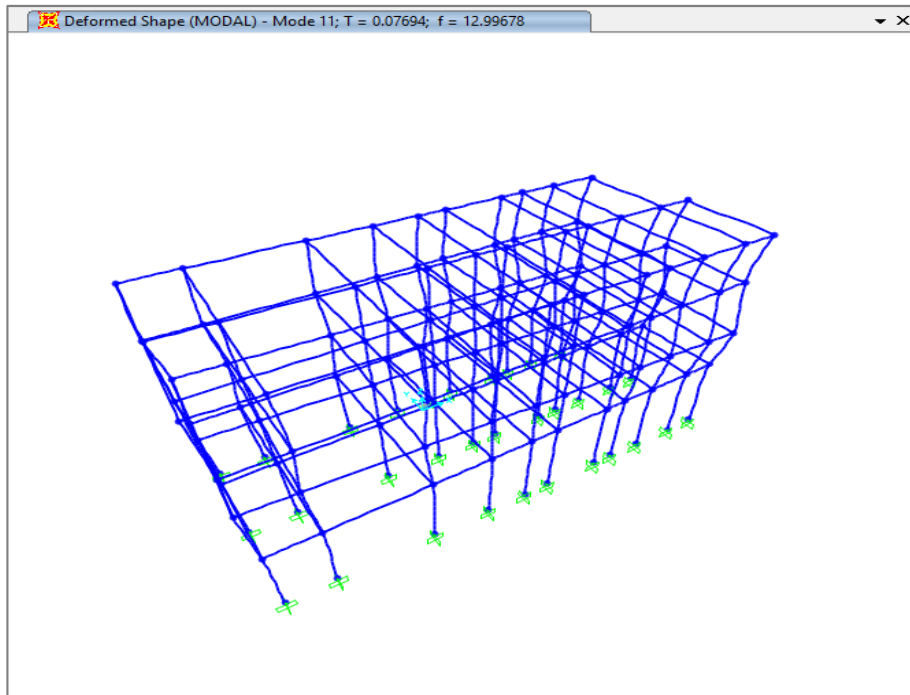
Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 83.
Modal 10; Empotrado en la base; SAP2000.



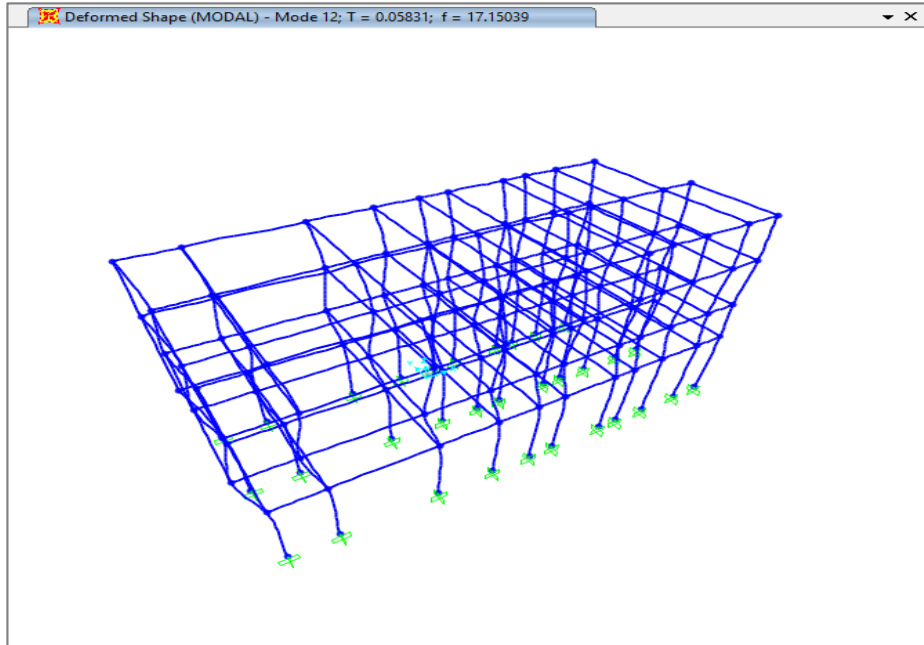
Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 84.
Modal 11; Empotrado en la base; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021).

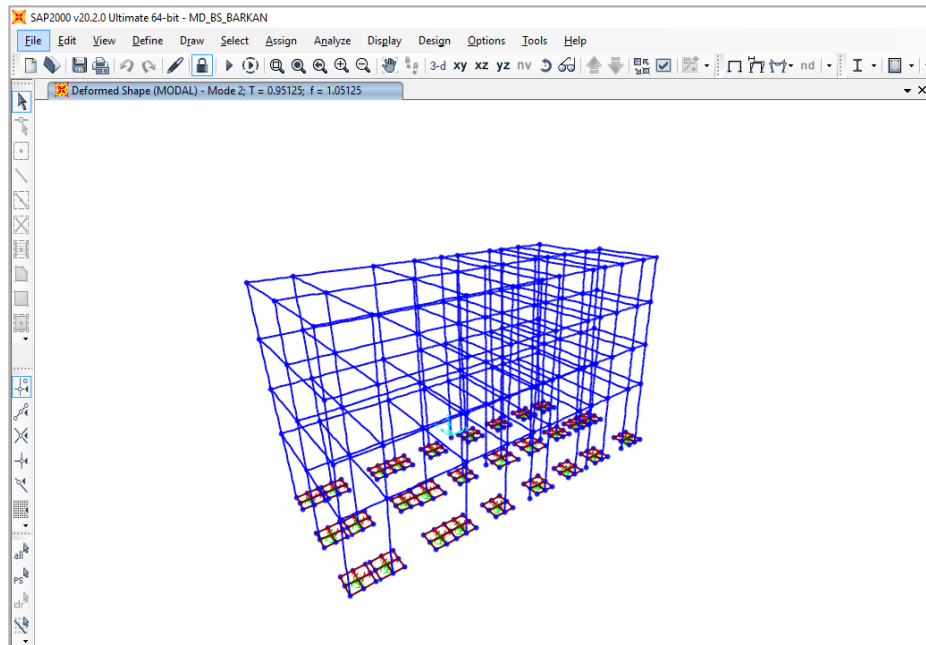
Figura 85.
Modal 12; Empotrado en la base; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

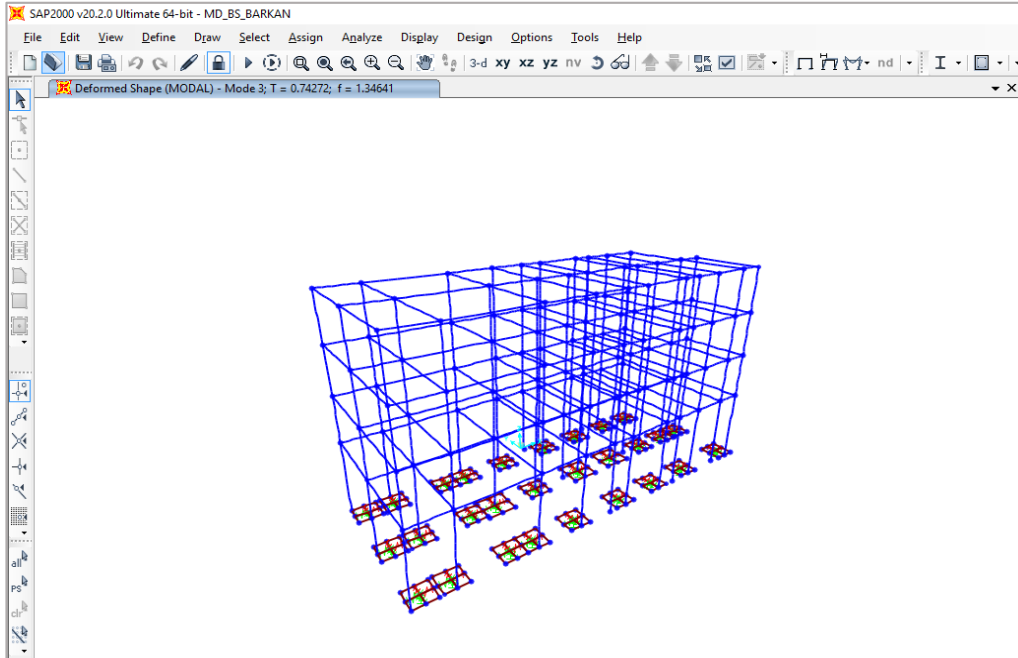
Periodos de vibración modelo D.D. Barkan - O.A. Savinov

Figura 86.
Segundo modo de vibración; según Barkan; SAP200.



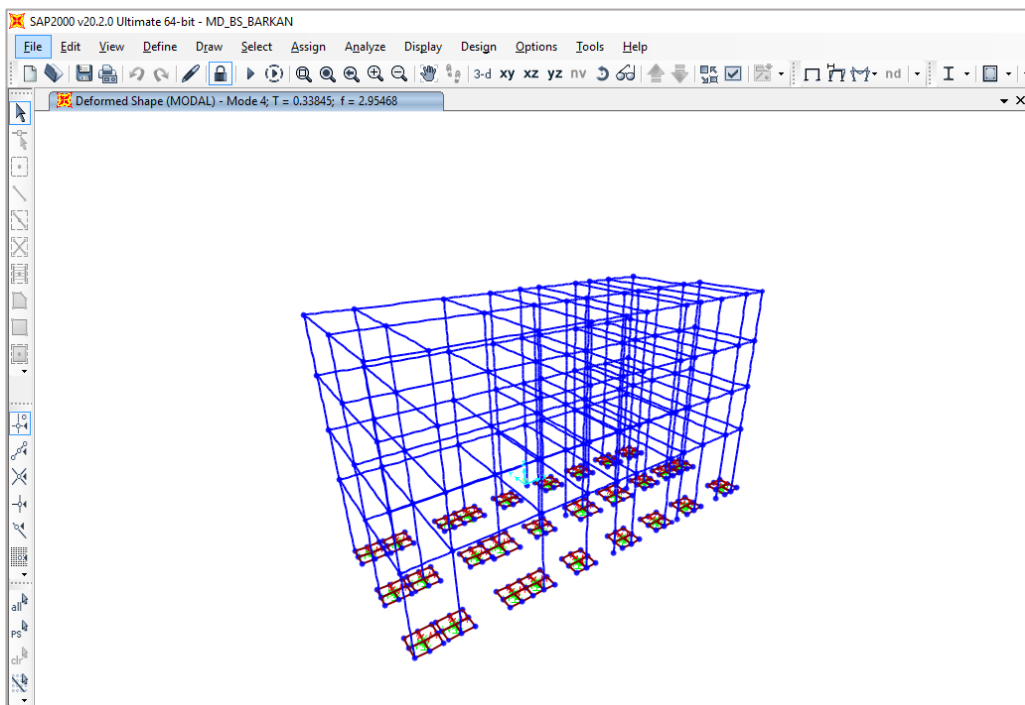
Nota. Elaboración propia (2021).

Figura 87.
Tercer modo de vibración; según Barkan; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

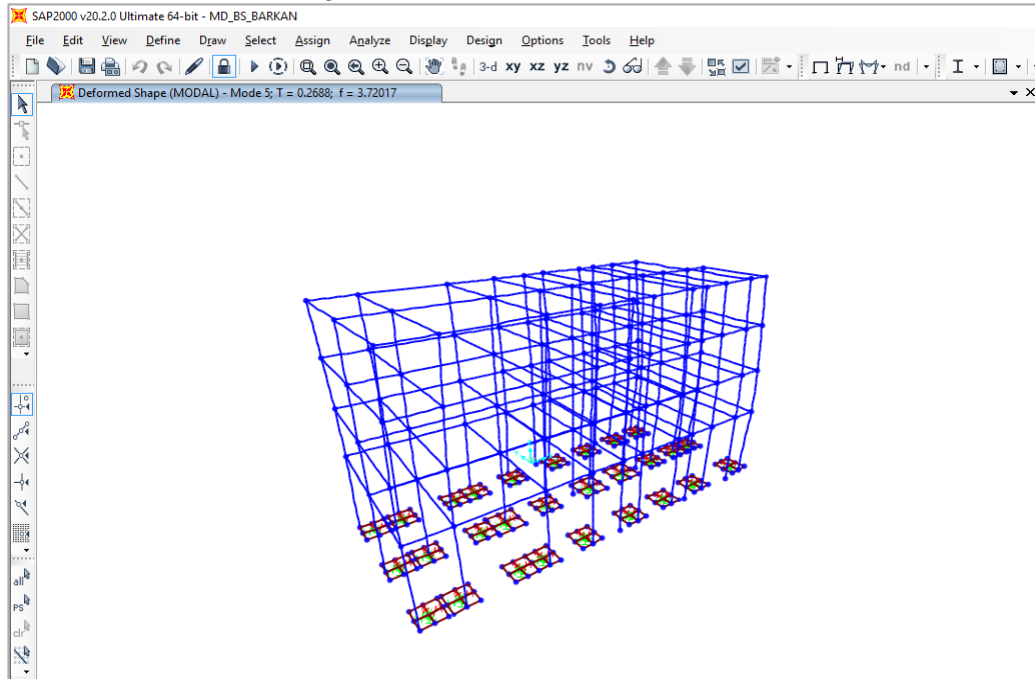
Figura 88.
Cuarto modo de vibración; según Barkan; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021).

Figura 89.

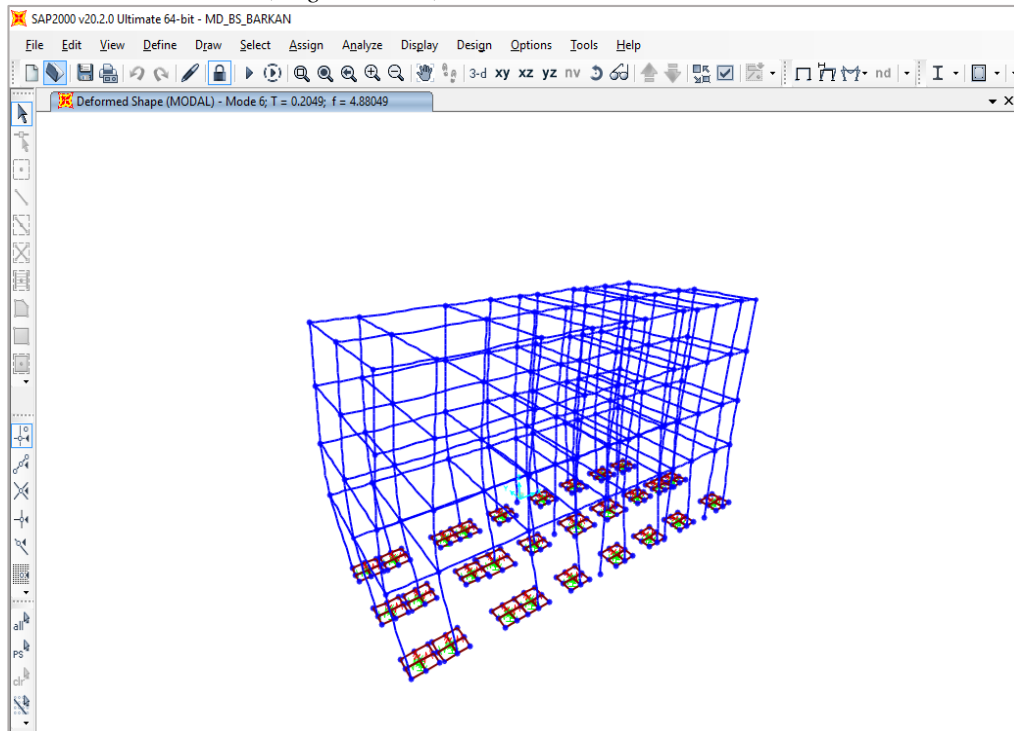
Quinto modo de vibración; según Barkan; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 90.

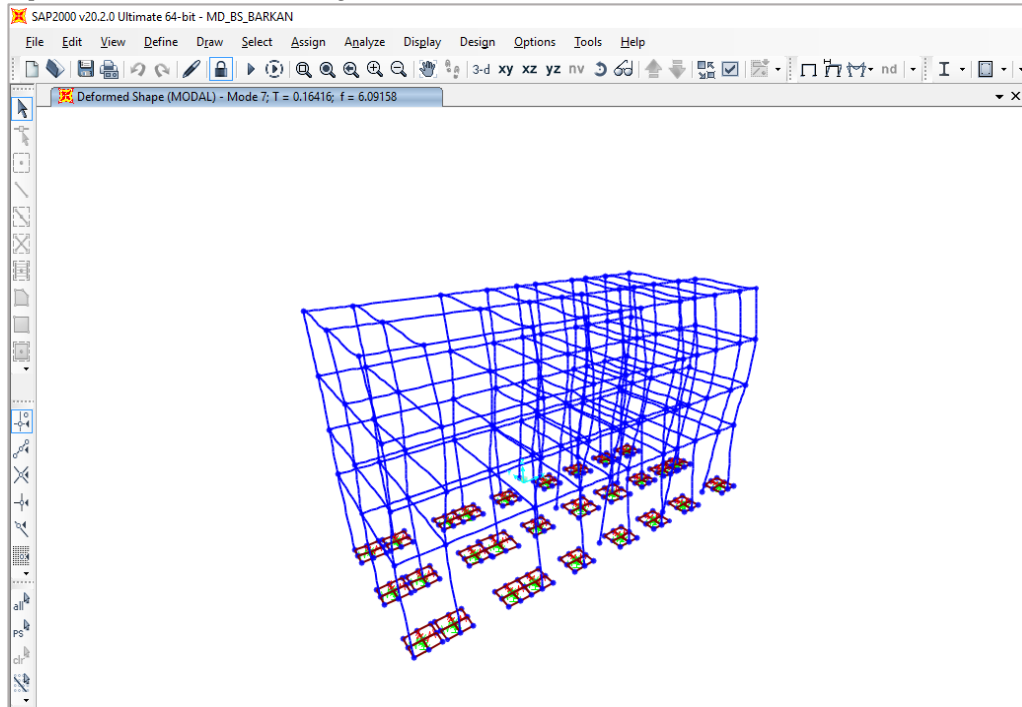
Sexto modo de vibración; según Barkan; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021).

Figura 91.

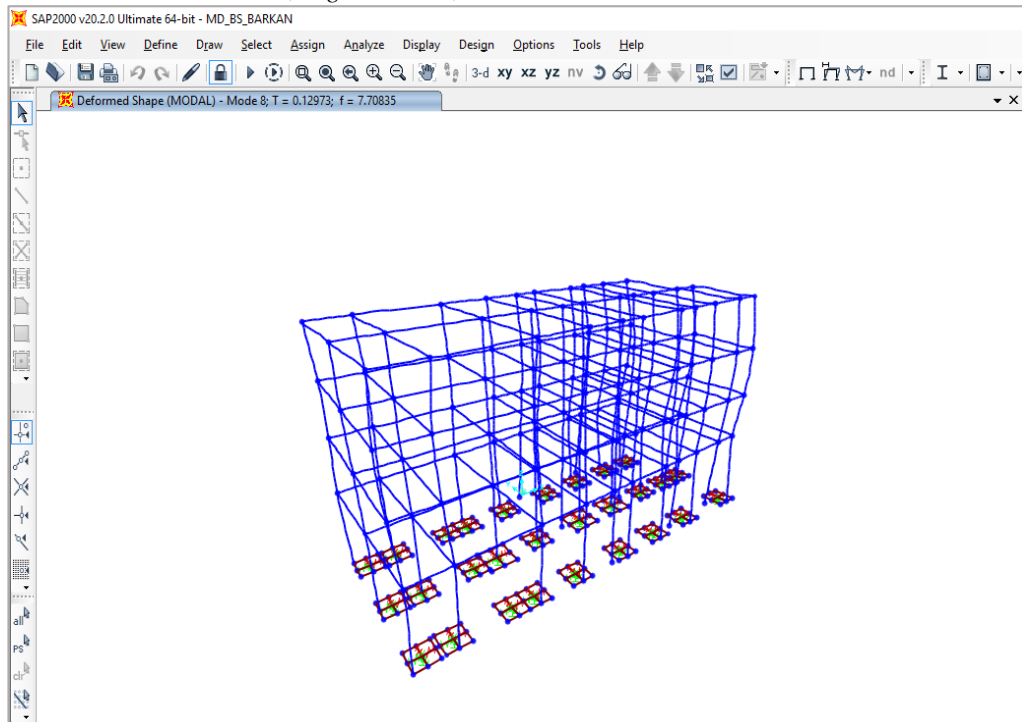
Séptimo modo de vibración; según Barkan; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 92.

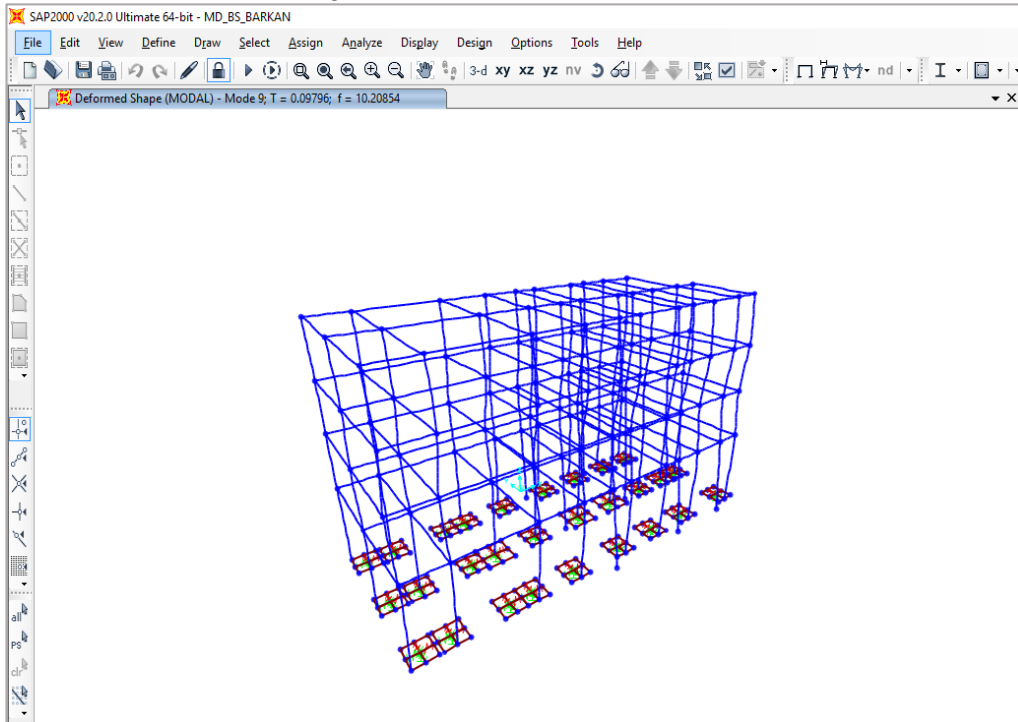
Octavo modo de vibración; según Barkan; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 93.

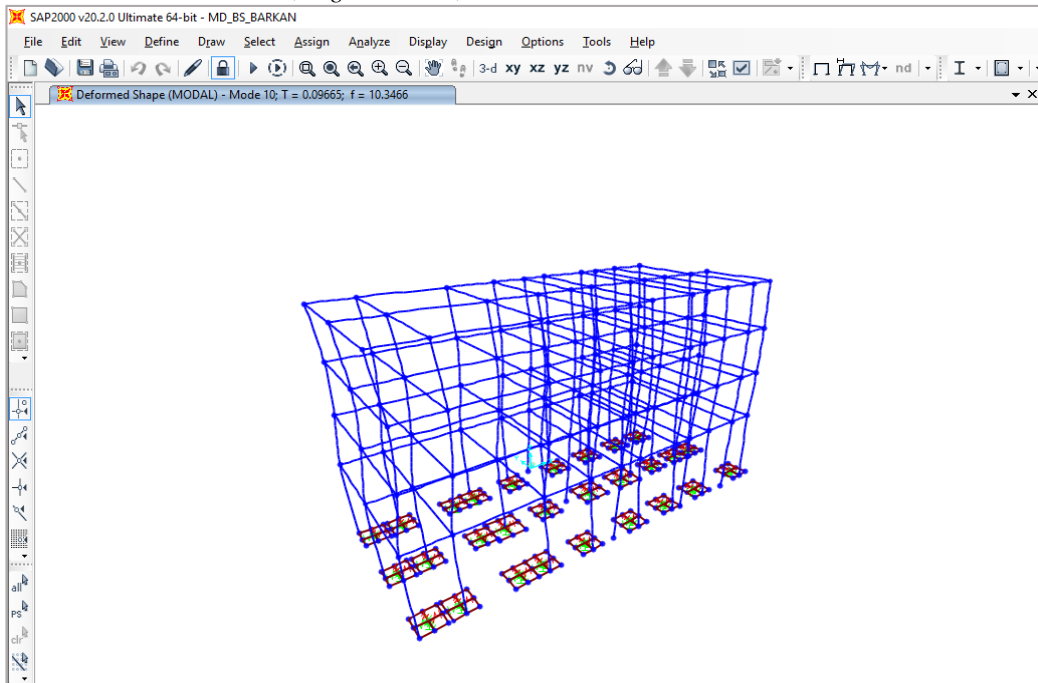
Noveno modo de vibración; según Barkan; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

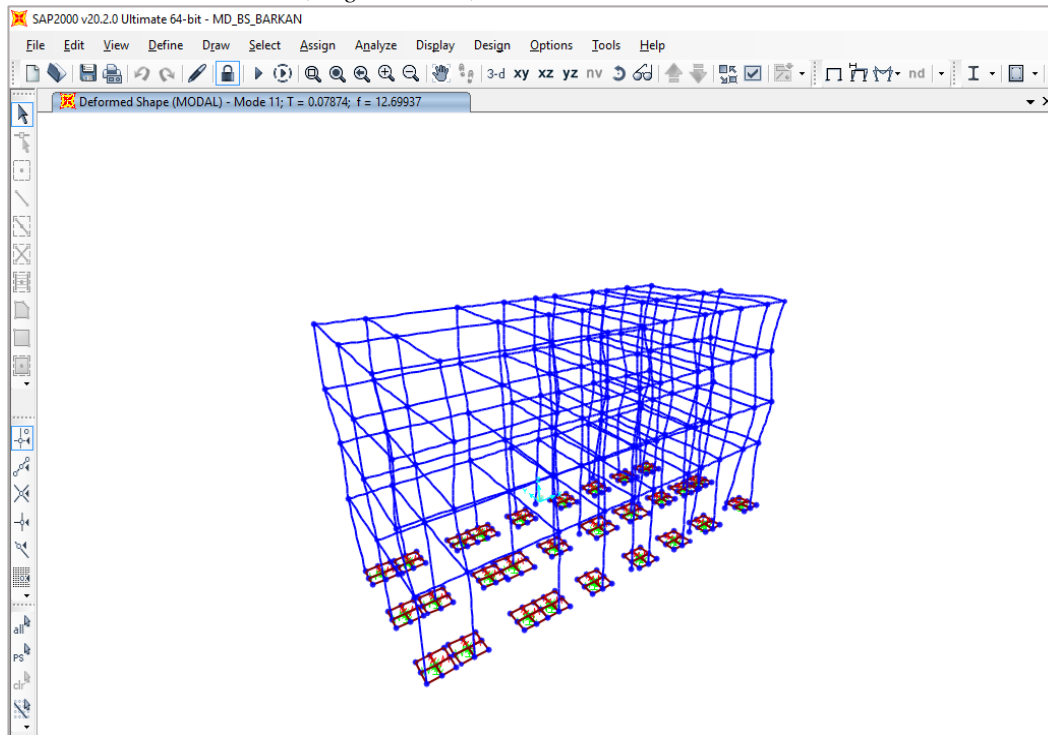
Figura 94.

Decimo modo de vibración; según Barkan; SAP2000.



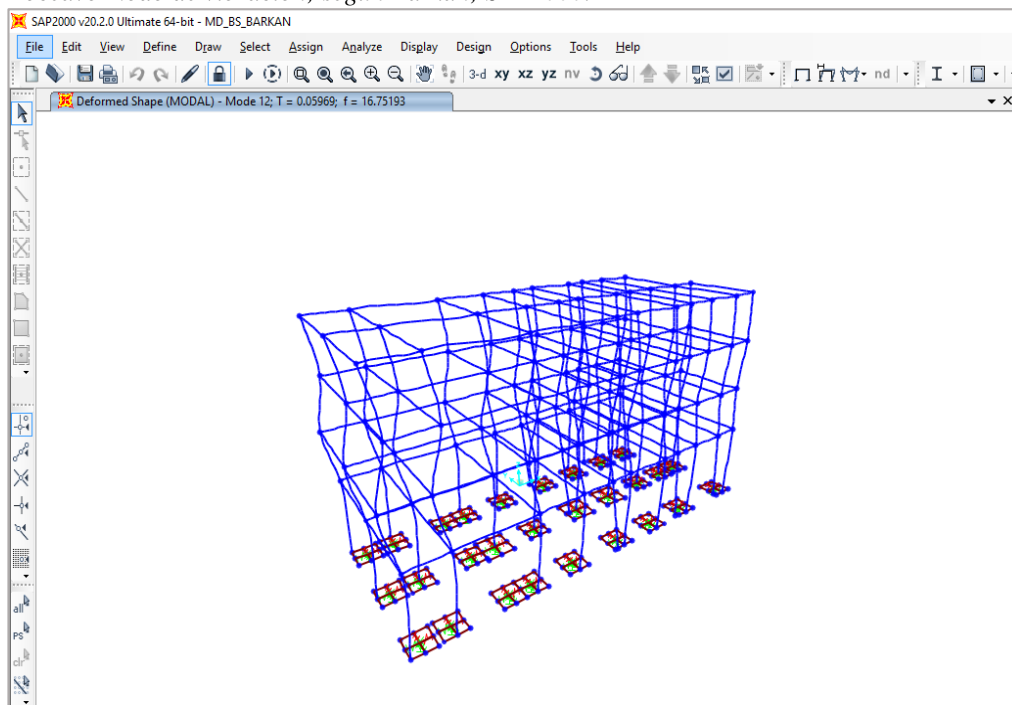
Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 95.
Onceavo modo de vibración; según Barkan; SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 96.
Doceavo modo de vibración; según Barkan; SAP2000.

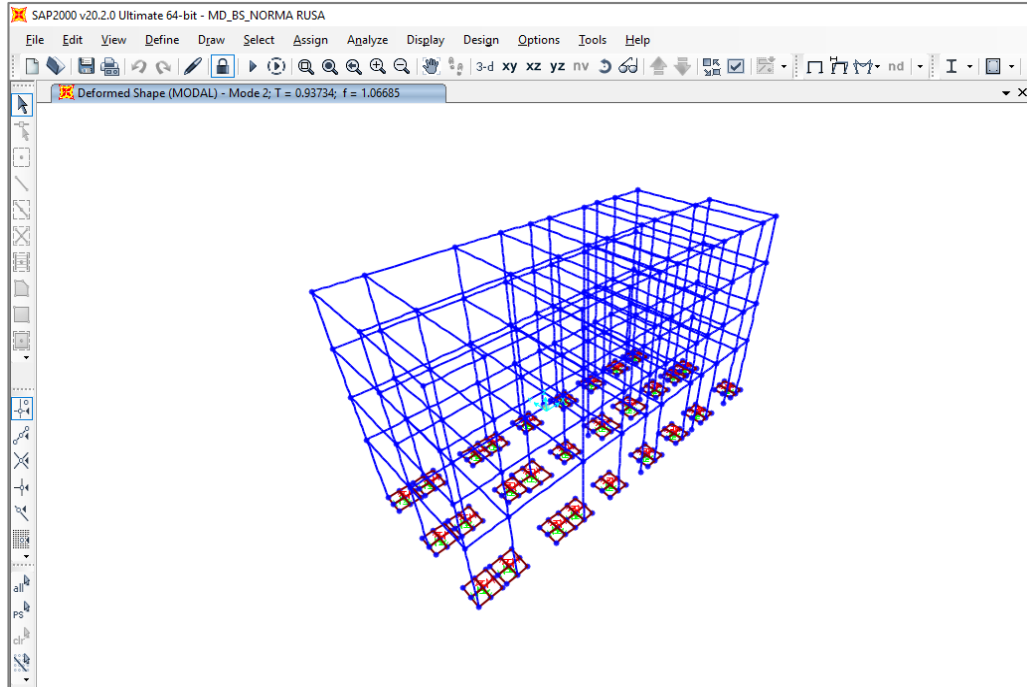


Nota. Elaboración propia (2021).

Periodos de vibración modelo Norma Rusa.

Figura 97.

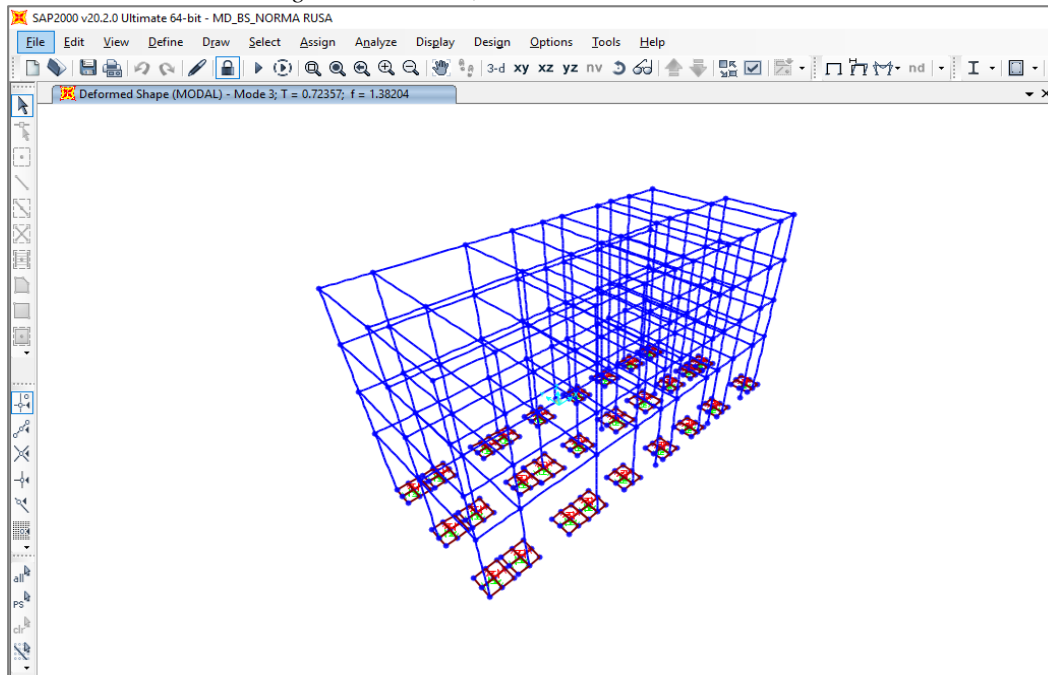
Segundo modo de vibración según Norma Rusa, SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

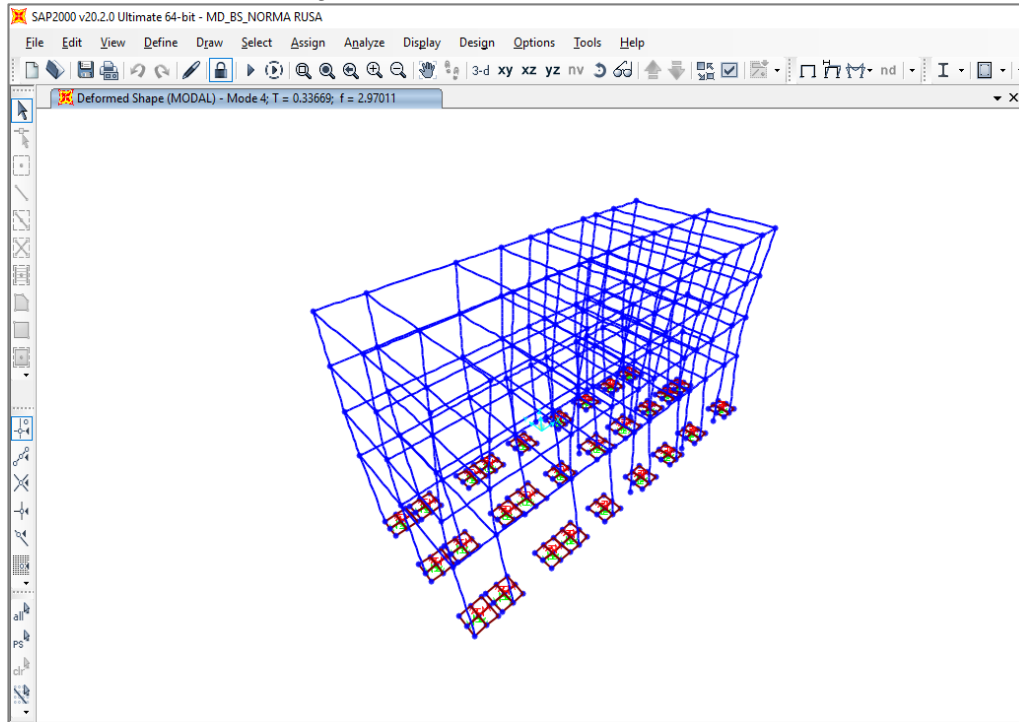
Figura 98.

Tercer modo de vibración según Norma Rusa, SAP2000.



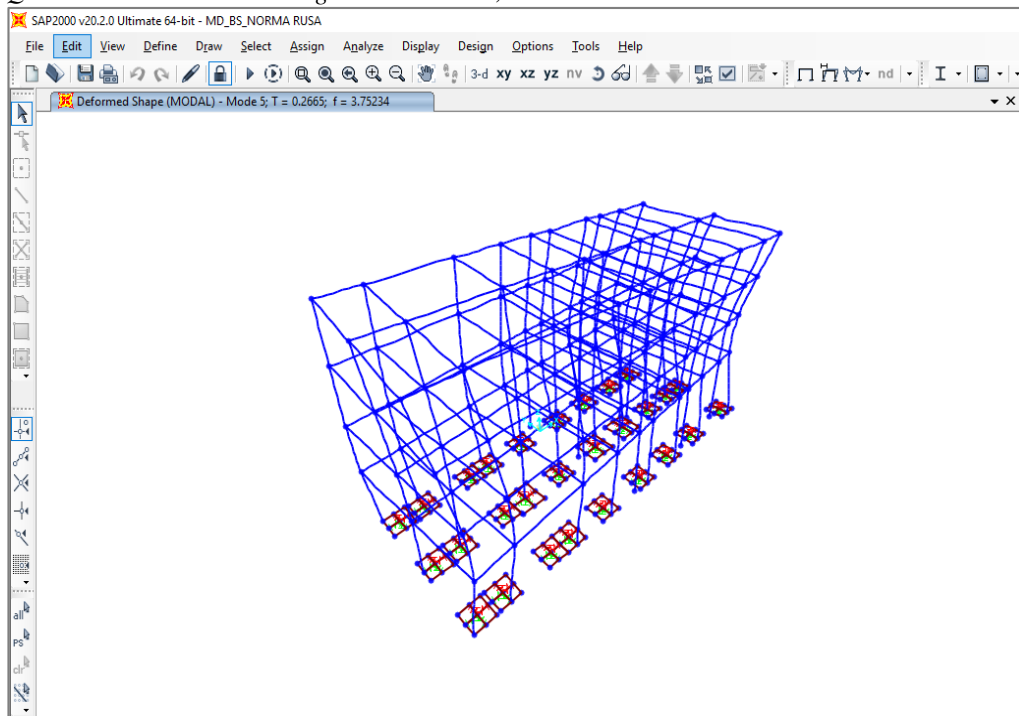
Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 99.
Cuarto modo de vibración según Norma Rusa, SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

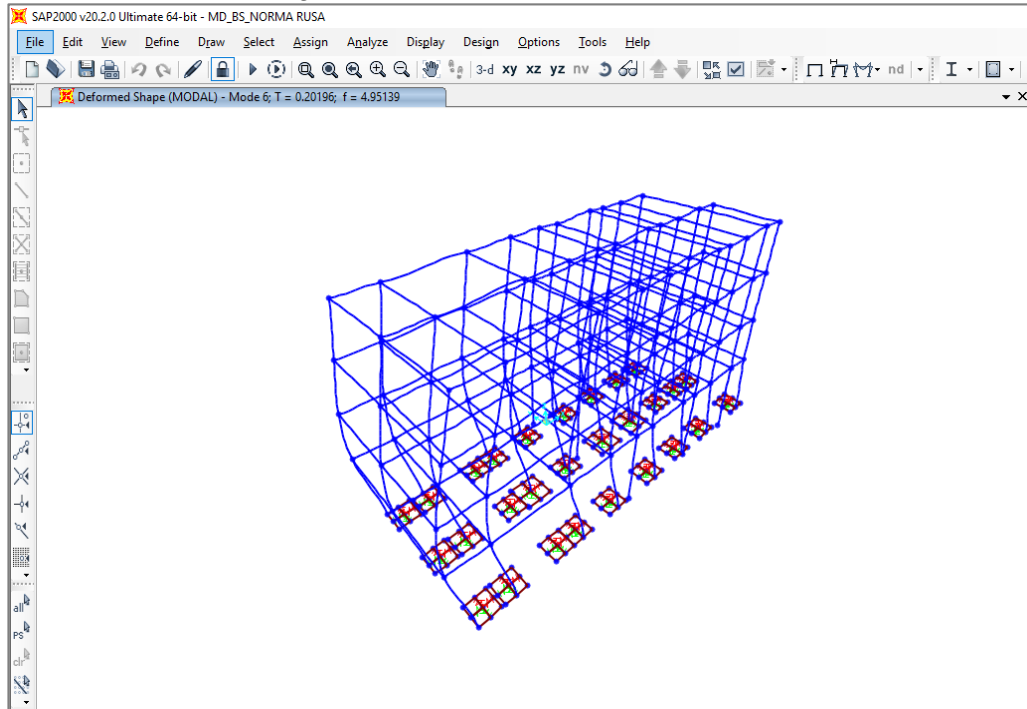
Figura 100.
Quinto modo de vibración según Norma Rusa, SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021).

Figura 101.

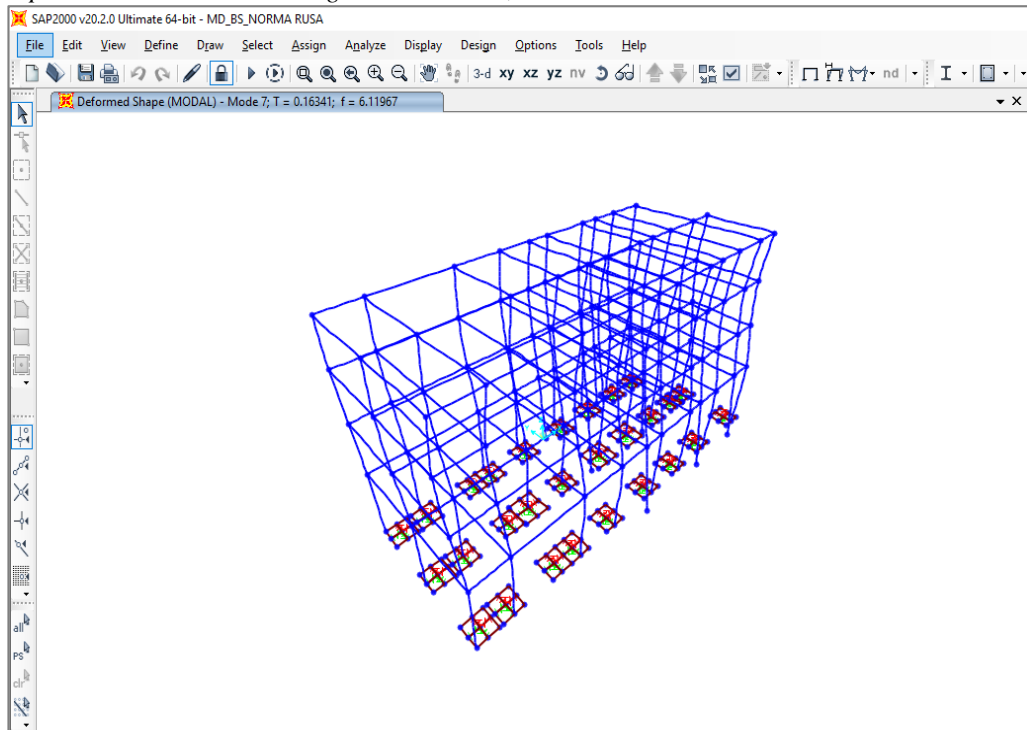
Sexto modo de vibración según Norma Rusa, SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 102.

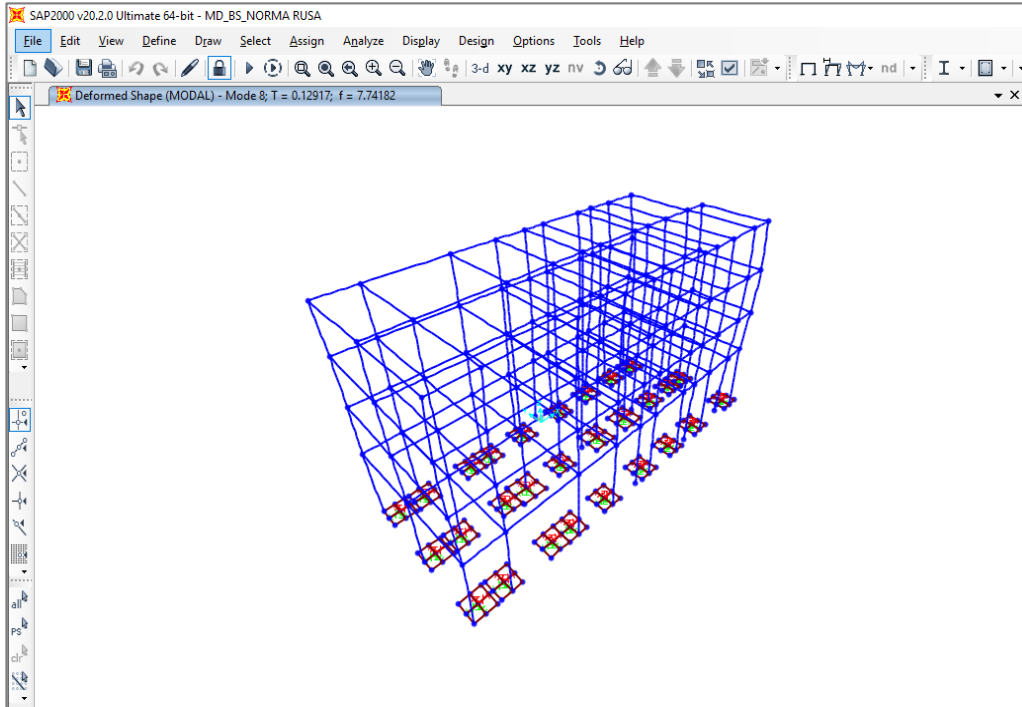
Séptimo modo de vibración según Norma Rusa, SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 103.

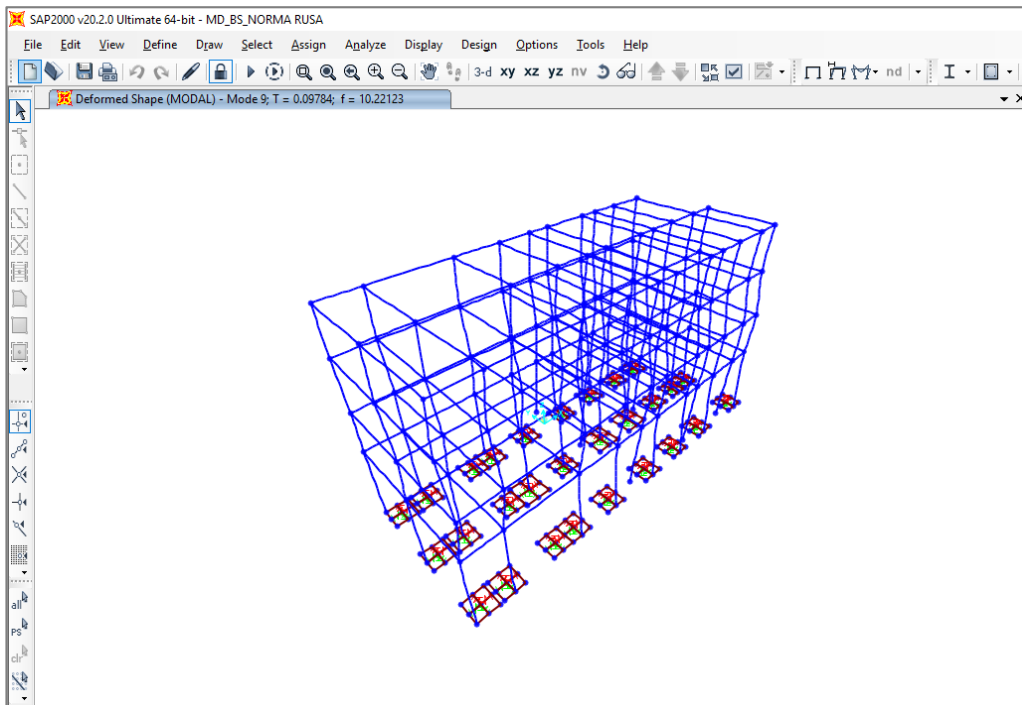
Octavo modo de vibración según Norma Rusa, SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 104.

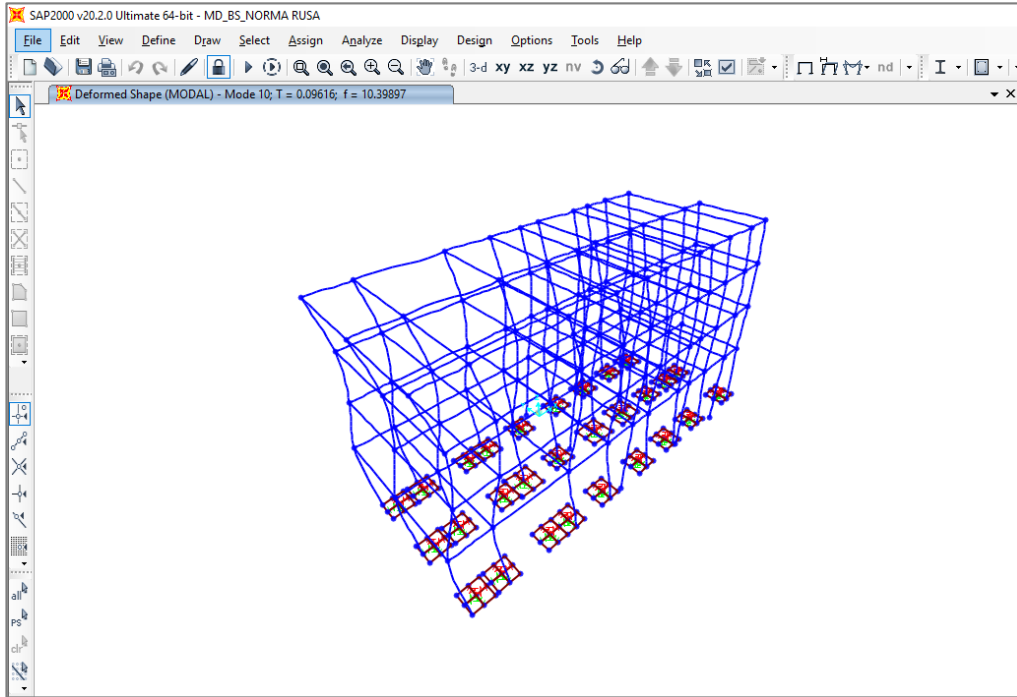
Noveno modo de vibración según Norma Rusa, SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 105.

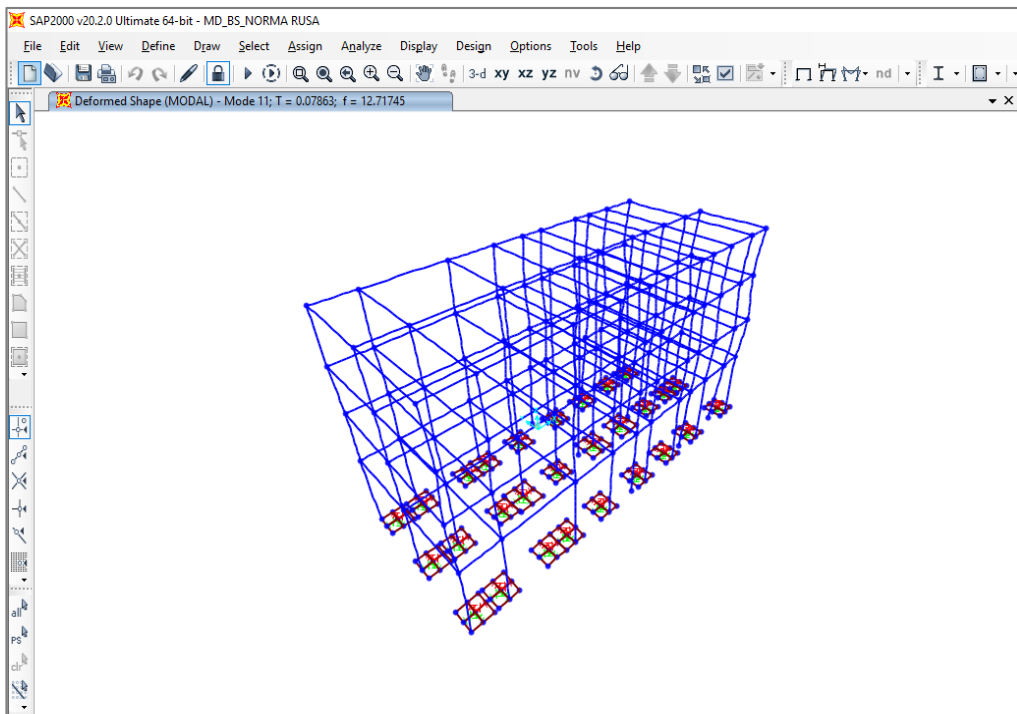
Decimo modo de vibración según Norma Rusa, SAP2000.



Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 106.

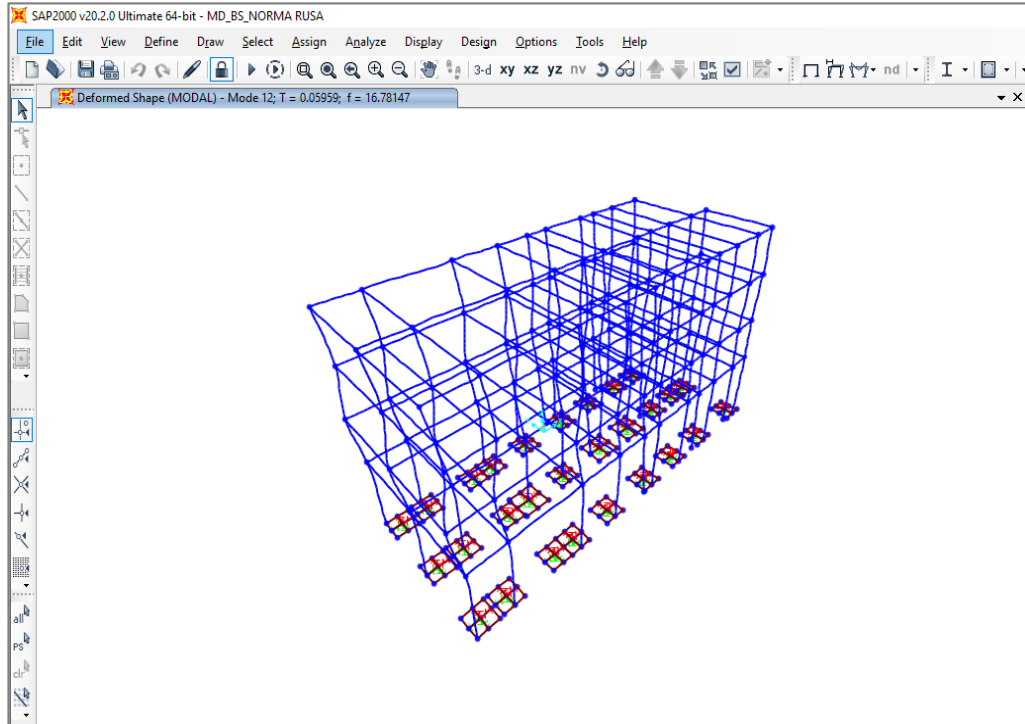
Onceavo modo de vibración según Norma Rusa, SAP2000.



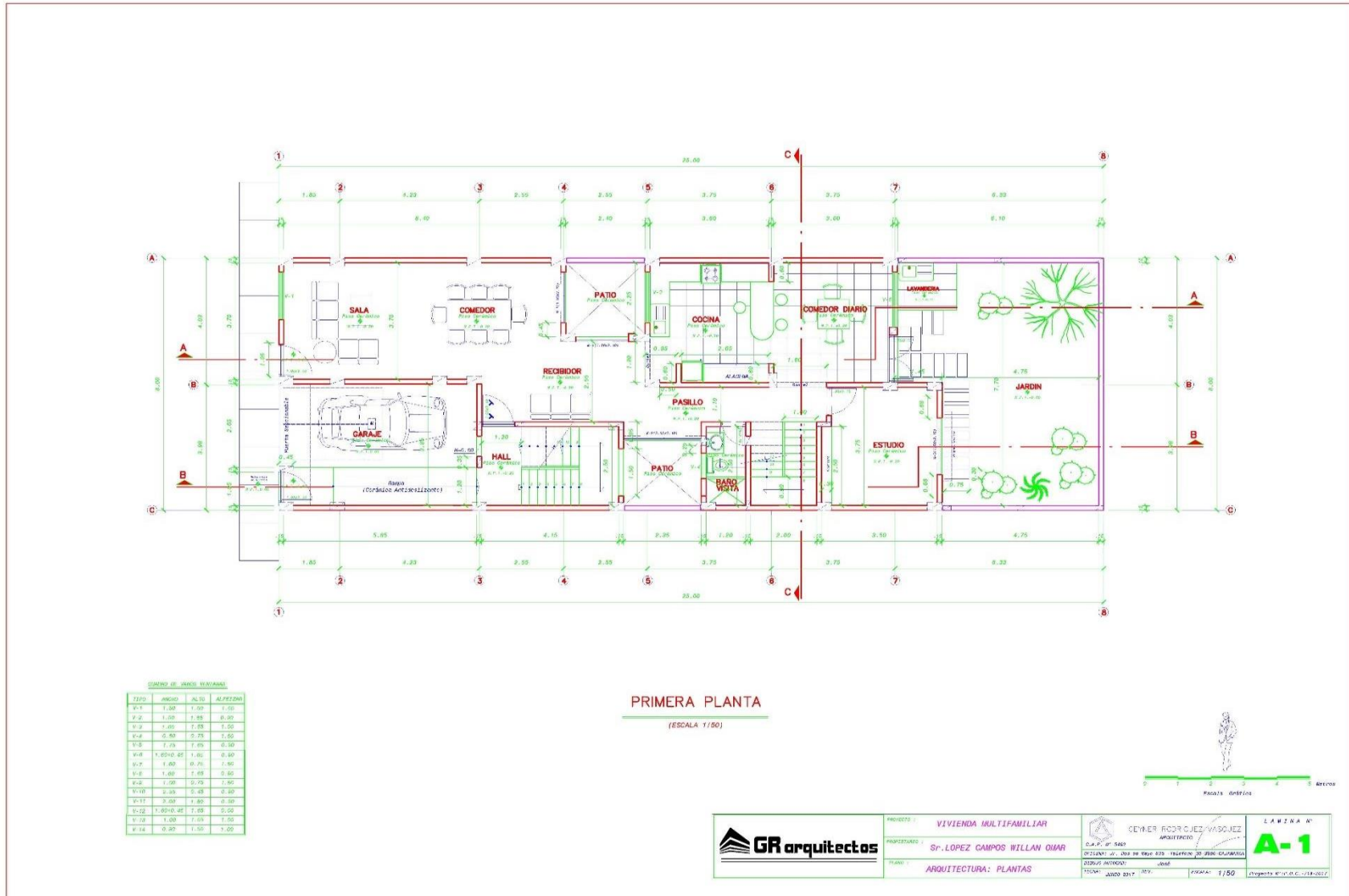
Nota. Elaboración propia (2021)

Figura 107.

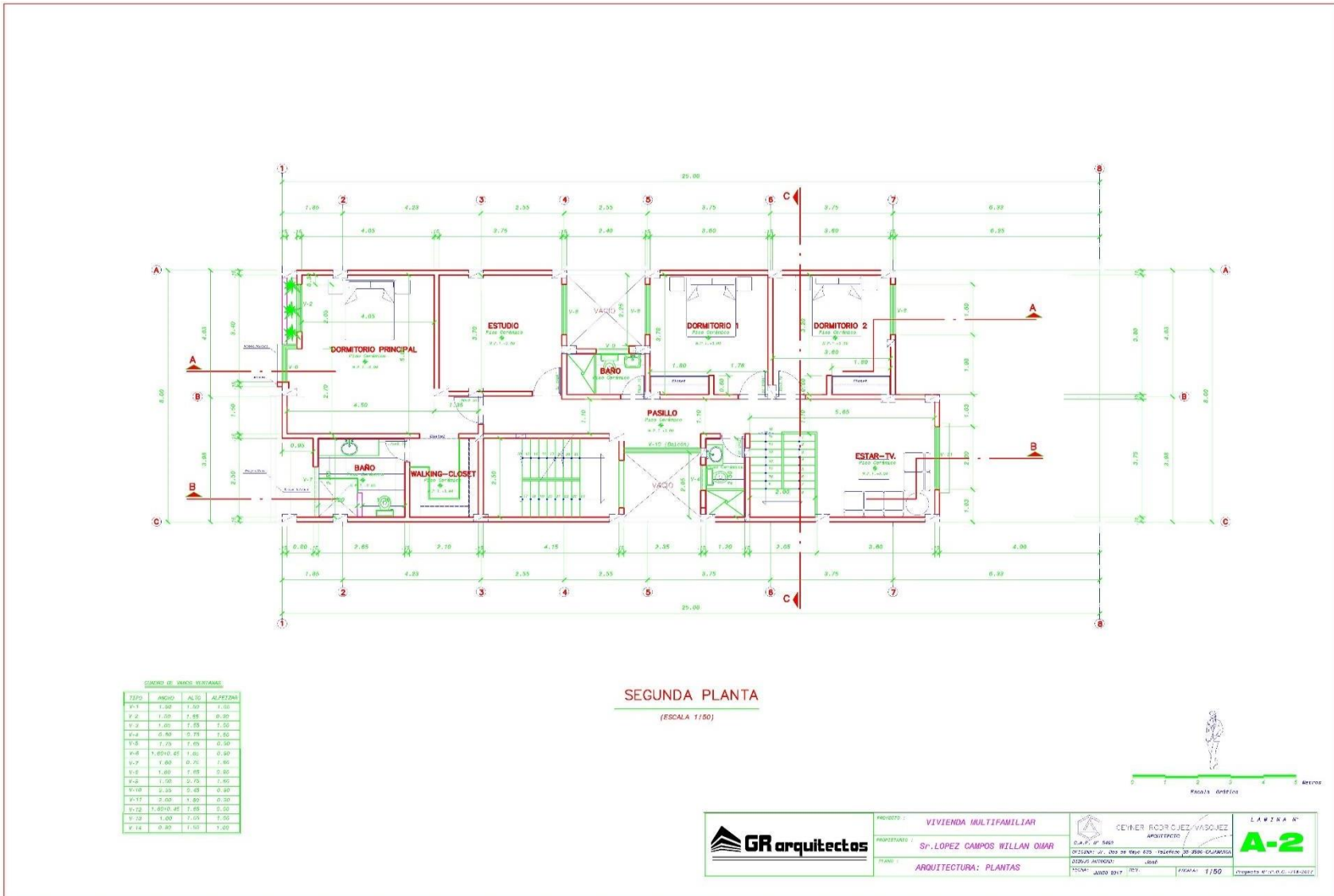
Doceavo modo de vibración según Norma Rusa, SAP2000.



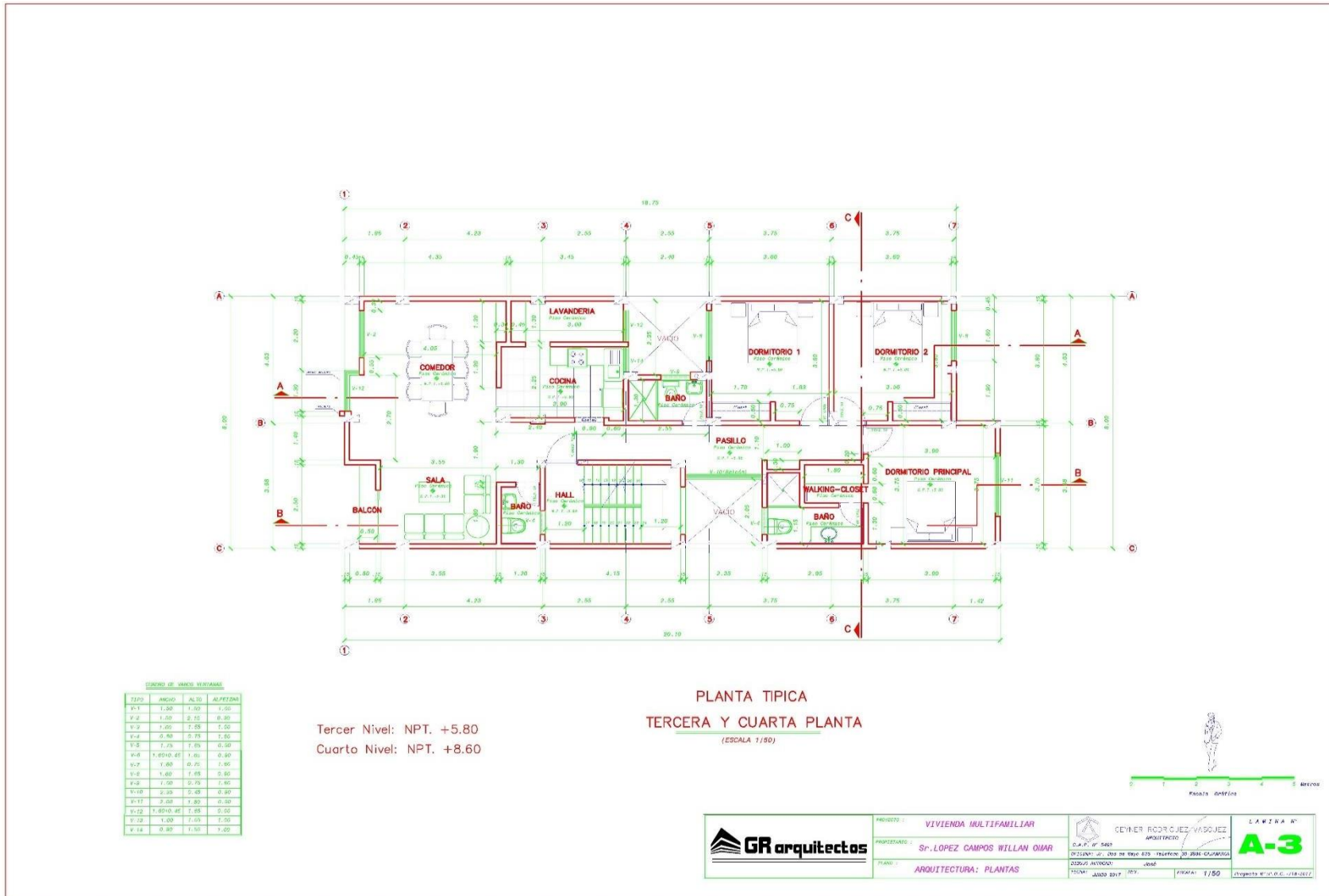
Nota. Elaboración propia (2021)



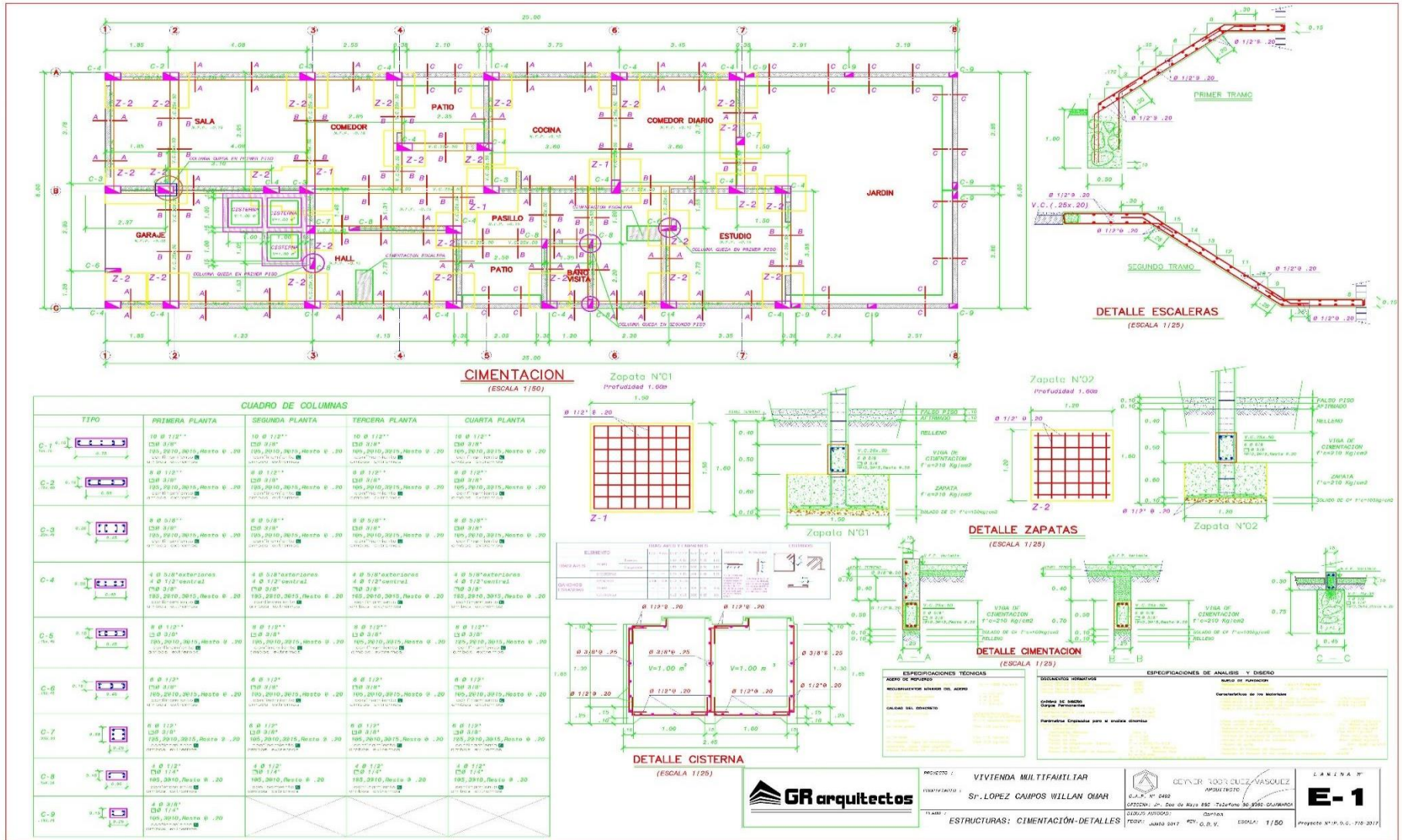
Plano A-1: Arquitectura primer nivel



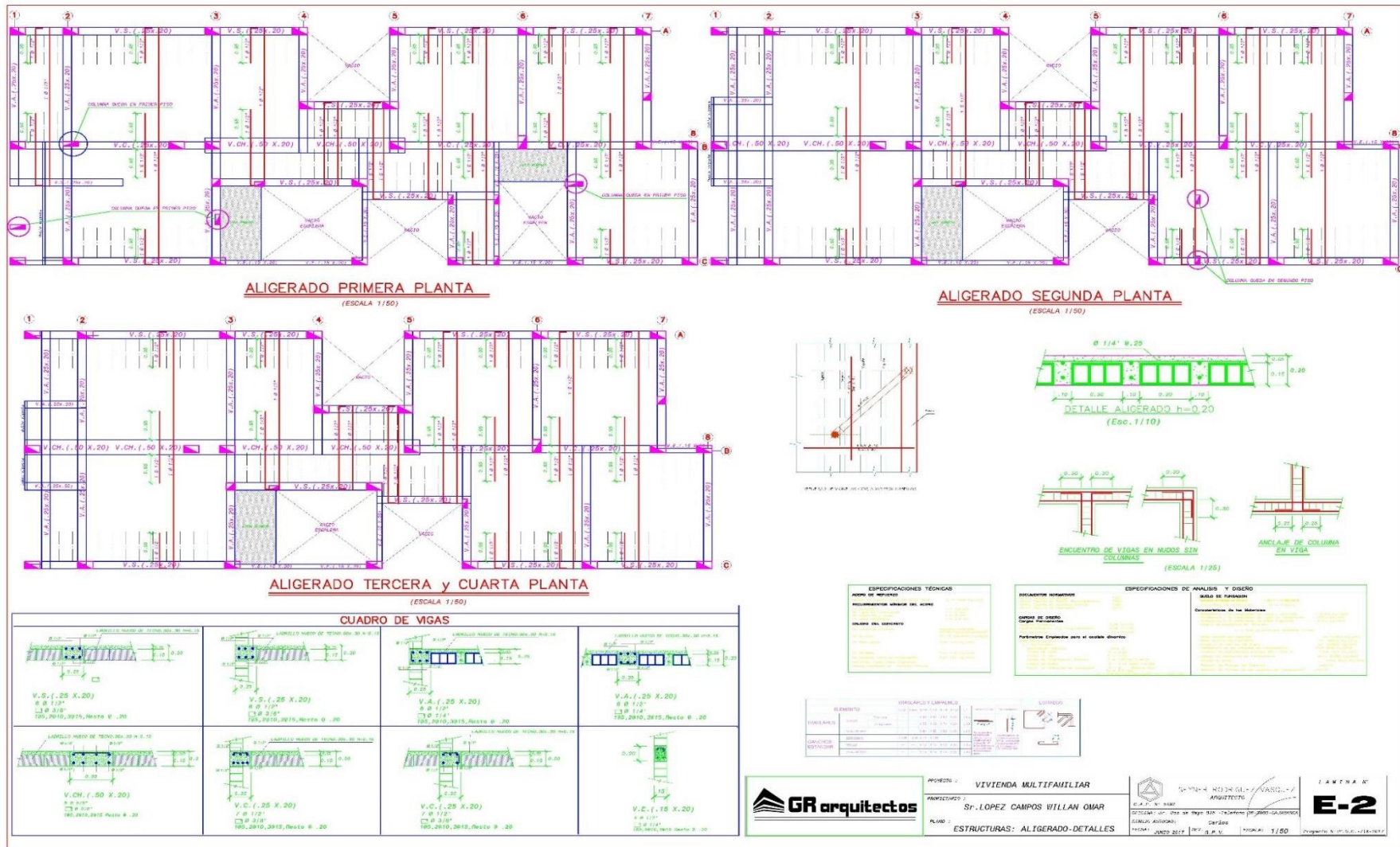
Plano A-2: Arquitectura segundo nivel



Plano A-3: Arquitectura tercer y cuarto nivel



Plano E-1: Cimentaciones de la edificación



Plano E-2: Estructuras de la edificación



Diseño: Fachada de la edificación.