



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

“Análisis estructural comparativo por elementos finitos de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles orientado a especificaciones estructurales normadas.”

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

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Bach. Tipula Yanapa, Carlos Gabriel (orcid.org/0000-0002-0147-8829)

**ASESOR:**

M. Sc. Clemente Condori, Luis Jimmy (orcid.org/0000-0002-0250-4363)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño sísmico y estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Apoyo a la reducción de brechas y **LIMA PERU** la educación en todos sus niveles

## **Dedicatoria**

La presente tesis está  
dedicado especialmente a la juventud  
investigadora,  
y a toda persona con deseos de superación que  
conlleve a un mejor futuro.

## **Agradecimiento**

A Dios principalmente por la bendición de la vida, por su guía, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

A mis padres: Hilario Tipula Mullisaca y Nora Yanapa Condori, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mi persona, por los consejos, valores y principios que me inculcaron.

A la Universidad César Vallejo, por brindarme la oportunidad de formarme como profesional en la Carrera de Ingeniería Civil.

A mi asesor M. Sc. Clemente Condori, Luis Jimmy por su colaboración y orientación durante la elaboración de este proyecto.

## Índice de contenido

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Declaratoria de autenticidad.....	iv
Índice de contenido .....	v
Índice de tablas .....	vi
Índice de figuras .....	viii
Índice de anexos .....	xi
Índice de abreviaturas .....	xii
Resumen.....	xiii
Abstract.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III. METODOLOGÍA.....	25
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	25
3.2. Variables y operacionalización.....	27
3.3. Población, muestra y muestreo.....	27
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	28
3.5. Procedimientos .....	31
3.6. Método de análisis de datos.....	87
3.7. Aspectos éticos .....	88
IV. RESULTADOS.....	89
V. DISCUSIÓN .....	108
VI. CONCLUSIONES .....	111
VII. RECOMENDACIONES.....	113
REFERENCIAS.....	114
ANEXOS .....	119

## Índice de tablas

Tabla 1. Coeficiente de Cronbach.....	30
Tabla 2. Datos obtenidos de confiabilidad.....	30
Tabla 3. Valores de n y P para el Predimensionamiento de columnas .....	33
Tabla 4. Predimensionamiento de columnas .....	34
Tabla 5. Resumen de predimensionamiento de columnas.....	34
Tabla 6. Predimensionamiento de vigas .....	37
Tabla 7. Predimensionamiento de losa aligerada.....	38
Tabla 8. Zona del distrito de Juliaca.....	44
Tabla 9. Factor de Zona del distrito de Juliaca.....	44
Tabla 10. Factor de Uso para una vivienda.....	45
Tabla 11. Factor de Suelo.....	46
Tabla 12. Límites de periodo.....	46
Tabla 13. Factor de reducción R.....	47
Tabla 14. Cálculo de pesos por nivel – Ram Elements.....	60
Tabla 15. Obtención de cortantes por niveles-Ram Elements.....	61
Tabla 16. Obtención de Distorsiones de entrepiso finales.....	62
Tabla 17. Cálculo de pesos por nivel – Staad Pro.....	71
Tabla 18. Obtención de cortantes por niveles-Staad Pro.....	72
Tabla 19. Obtención de cortantes por niveles-Etabs.....	86
Tabla 20. Periodos de vibración en el Software Ram Elements.....	89
Tabla 21. Periodos de vibración en el Software Staad Pro.....	89
Tabla 22. Periodos de vibración en el Software Etabs.....	90
Tabla 23. Masas participativas en el Software Ram Elements.....	91
Tabla 24. Masas participativas en el Software Staad Pro.....	91
Tabla 25. Masas participativas en el Software Etabs.....	92
Tabla 26. Fuerzas cortantes en X en el Software Ram Elements.....	93
Tabla 27. Fuerzas cortantes en Z en el Software Ram Elements.....	93
Tabla 28. Fuerzas cortantes en X en el Software Staad Pro.....	93
Tabla 29. Fuerzas cortantes en Z en el Software Staad Pro.....	94
Tabla 30. Fuerzas cortantes en X en el Software Etabs.....	94
Tabla 31. Fuerzas cortantes en Y en el Software Etabs.....	94
Tabla 32. Distorsión de entre En el Eje X – Ram Elements.....	96

Tabla 33. Distorsión de entre En el Eje Z – Ram Elements. ....	96
Tabla 34. Distorsión de entre En el Eje X – Staad Pro.....	96
Tabla 35. Distorsión de entre En el Eje Z – Staad Pro.....	97
Tabla 36. Distorsión de entre En el Eje X – Etabs.....	97
Tabla 37. Distorsión de entre En el Eje Y – Etabs.....	97

## Índice de figuras

Figura 1. Primer modelo: viga empotrada al lado izquierdo. ....	9
Figura 2. Segundo modelo: pórtico. ....	10
Figura 3. Elementos Estructurales en una vivienda. ....	22
Figura 4. Cortante basal de una Edificación.....	23
Figura 5. Áreas tributarias para el predimensionamiento de columnas.....	35
Figura 6. Plano de predimensionamiento de vigas.....	36
Figura 7. Plano de predimensionamiento de losas aligeradas .....	38
Figura 8. Escaleras .....	39
Figura 9. Configuración de Unidades. ....	48
Figura 10. Ingreso de coordendas – Ram Elements. ....	49
Figura 11. Definición de material – concreto 210 kg/cm <sup>2</sup> . ....	49
Figura 12. Definición de secciones de vigas y columnas. ....	50
Figura 13. Modelado de vigas y columnas. ....	50
Figura 14. Asignación de apoyos empotrados en la base. ....	51
Figura 15. Modelado de las losas aligeradas en una dirección.....	51
Figura 16. Asignación de diafragma rígido. ....	52
Figura 17. Creación de estados de carga y su categoría. ....	52
Figura 18. Asignación del centro de masa por pisos.....	53
Figura 19. Asignación de cargas muertas a la vivienda de 4 niveles. ....	53
Figura 20. Asignación de cargas vivas a la vivienda de 4 niveles. ....	54
Figura 21. Cargas vivas y muertas asignadas a la edificación. ....	54
Figura 22. Carga de escalera – Ram Elements.....	55
Figura 23. Definición del número de modos de vibración.....	55
Figura 24. Espectro de respuesta-Ram Elements.....	56
Figura 25. Combinaciones de carga según RNE. ....	56
Figura 26. Periodos de vibración en Ram Elements. ....	57
Figura 27. Peso total de la edificación.....	58
Figura 28. Peso de la edificación, excluyendo el cuarto nivel. ....	58
Figura 29. Peso de la edificación, excluyendo el tercer y cuarto nivel. ....	59
Figura 30. Peso de la edificación, excluyendo del 2do al 4to nivel.....	59
Figura 31. Peso de la edificación, excluyendo los 4 niveles. (solo columnas).....	60
Figura 32. Obtención de deformaciones en el Software Ram Elements. ....	61

Figura 33. Configuración de unidades de entrada.....	62
Figura 34. Ingreso de coordenadas – Staad Pro .....	63
Figura 35. Definición de material – concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	63
Figura 36. Definición de secciones – vigas y columnas. ....	64
Figura 37. Modelado de vigas y columnas. ....	64
Figura 38. Empotrado de los apoyos de la base. ....	65
Figura 39. Asignación de diafragma rígido. ....	65
Figura 40. Creación y asignación de carga viva y muerta. ....	66
Figura 41. Cargas vivas y cargas muertas. ....	66
Figura 42. Asignación de carga de escalera-Staad Pro. ....	67
Figura 43. Asignación del centro de masas.....	67
Figura 44. Creación de casos de carga en sismo y combinaciones.....	67
Figura 45. Espectro de respuesta en los ejes X y Z. ....	68
Figura 46. Periodos de vibración en Staad Pro. ....	68
Figura 47. Peso total de la edificación.....	69
Figura 48. Peso de la edificación, excluyendo el cuarto nivel. ....	69
Figura 49. Peso de la edificación, excluyendo el tercer y cuarto nivel. ....	70
Figura 50. Peso de la edificación, excluyendo del 2do al 4to nivel.....	70
Figura 51. Peso de la edificación, excluyendo los 4 niveles. (solo columnas).....	71
Figura 52. Obtención de la deformación del 1er nivel del eje X. ....	72
Figura 53. Obtención de la deformación del 1er nivel del eje Z.....	73
Figura 54. Obtención de la deformación del 2do nivel del eje X.....	73
Figura 55. Obtención de deformación del 2do nivel del eje Z.....	74
Figura 56. Obtención de deformación del 3er nivel del eje X. ....	74
Figura 57. Obtención de deformación del 3er nivel del eje Z. ....	75
Figura 58. Obtención de deformación del 4to nivel del eje X. ....	75
Figura 59. Obtención de deformación del 4to nivel del eje Z. ....	76
Figura 60. Configuración de unidades en el S.I.....	76
Figura 61. Ventana de edición de grillas en planta.....	77
Figura 62. Ventana de edición de grillas en altura por pisos. ....	77
Figura 63. Definición de material – concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ -Etabs. ....	78
Figura 64. Creación de sección de una columna de 30x30.....	78
Figura 65. Creación de secciones de columnas y vigas.....	79

Figura 66. Creación de sección para losa aligerada. ....	79
Figura 67. Modelado de vigas, columnas y losas.....	80
Figura 68. Empotrado de los apoyos de la base. ....	80
Figura 69. Asignación de diafragma rígido. ....	81
Figura 70. Definición de patrones de carga.....	81
Figura 71. Asignación de sobrecarga del uso de vivienda. ....	82
Figura 72. Cargas muertas actuantes en losas. ....	82
Figura 73. Asignación de carga de escalera-Etabs. ....	83
Figura 74. Definición de masas participativas. ....	83
Figura 75. Casos modales para la edificación de 4 niveles.....	84
Figura 76. Creación de combinaciones de carga según al RNE. ....	84
Figura 77. <i>Espectro de respuesta en los ejes X y Y</i> .....	85
Figura 78. Periodos de vibración en Etabs.....	85
Figura 79. Pesos por nivel en el Software Etabs.....	86
Figura 80. Pesos por nivel en el Software Etabs.....	87
Figura 81. Comparación de los periodos de vibración. ....	90
Figura 82. Comparación de las masas participativas. ....	92
Figura 83. Comparación de fuerzas cortantes.....	95
Figura 84. Comparación de deformaciones de entrepiso.....	98
Figura 85. Momentos flectores – Combinación de carga 1. ....	99
Figura 86. Momentos flectores – Combinación de carga 2. ....	100
Figura 87. Momentos flectores – Combinación de carga 3. ....	101
Figura 88. Momentos flectores – Combinación de carga 4. ....	102
Figura 89. Momentos flectores – Combinación de carga 5. ....	103
Figura 90. Momentos flectores – Combinación de carga 6. ....	104
Figura 91. Momentos flectores – Combinación de carga 7. ....	105
Figura 92. Momentos flectores – Combinación de carga 8. ....	106
Figura 93. Momentos flectores – Combinación de carga 9. ....	107

## Índice de anexos

- Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables.
- Anexo 2. Matriz de consistencia.
- Anexo 3. Reporte Turniting.
- Anexo 4. Validación de instrumentos de investigación.
- Anexo 5. Plano de arquitectura (planta) - primer nivel.
- Anexo 6. Plano de arquitectura (planta) - segundo al cuarto nivel.
- Anexo 7. Estructuración de la edificación de 4 niveles.
- Anexo 8. Vista pórtico de la edificación.
- Anexo 9. Tabla de variaciones porcentuales.

## Índice de abreviaturas

RNE	:	Reglamento Nacional de Edificaciones
Seg.	:	Segundos
Kgf	:	Kilogramos-fuerza
RNE	:	Reglamento Nacional de Edificaciones
BIM	:	Building Information Modeling
NTP	:	Norma Técnica Peruana
CM	:	Carga muerta
CV	:	Carga viva
SX	:	Sismo en X
SZ	:	Sismo en Z
NEC	:	Norma Ecuatoriana de la Construcción
F'c	:	Resistencia a la compresión del concreto

## Resumen

Las actividades relacionadas a esta investigación tienen por objetivo discriminar las respuestas y reacciones del comportamiento de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles sujetos a especificaciones normadas por medio del análisis estructural por elementos finitos, el método de investigación utilizado en el presente proyecto es el método analítico, el diseño de investigación fue no experimental, según el propósito el tipo de investigación es aplicada, porque centralizaremos el uso de los conocimientos aprendidos en el análisis estructural, dónde tomaremos como muestra una vivienda multifamiliar de cuatro niveles ubicada en la ciudad de Juliaca, el presente aporte científico tiene un enfoque cuantitativo y se desarrollará con Software que realizan su análisis por el método de elementos finitos, en la presente tesis se utilizó los Software Ram Elements, Staad Pro y Etabs.

Los datos se extrajeron de los planos de arquitectura, seguidamente se realizó el predimensionamiento de los elementos estructurales para posteriormente realizar el modelado de la estructura con los Software mencionados utilizando las mismas características en los tres Software, y finalmente se procederá a realizar la distinción de resultados y comparación con los límites y parámetros que nos indica la Norma Técnica Peruana.

Los resultados máximos que se obtuvieron respecto a los periodos de vibración, masas participativas, fuerzas cortantes, desplazamientos de entrepisos y momentos flexionantes modelados en los tres Software tuvieron una diferencia no significativa y en conclusión se llegó a modelar todos los elementos estructurales utilizados, asignando las mismas características: como secciones, materiales, cargas, etc., aplicando los Software Ram Elements, Staad Pro y Etabs, en dónde el comportamiento de la vivienda de cuatro niveles reacciona de manera similar en los tres Software mencionados.

**Palabras clave:** análisis estructural, elementos finitos, vivienda multifamiliar, especificaciones normadas, predimensionamiento.

## **Abstract**

The activities related to this research aim to discriminate the responses and reactions of the behavior of a multifamily housing of four levels subject to standard specifications by means of structural analysis by finite elements, the research method used in this project is the analytical method, the research design was non-experimental, according to the purpose the type of research is applied, because we will centralize the use of the knowledge learned in the structural analysis, where we will take as a sample a multifamily house of four levels located in the city of Juliaca, the present scientific contribution has a quantitative approach and will be developed with Software that perform their analysis by the finite element method, in the present thesis the Software Ram Elements, Staad Pro and Etabs were used.

The data were extracted from the architectural drawings, then the pre-dimensioning of the structural elements was carried out and then the modeling of the structure was performed with the mentioned software using the same characteristics in the three software, and finally we will proceed to make the distinction of results and comparison with the limits and parameters indicated by the Peruvian Technical Standard.

The maximum results obtained with respect to the vibration periods, participatory masses, shear forces, displacements of mezzanines and bending moments modeled in the three software had a non-significant difference and in conclusion it was possible to model all the structural elements used, assigning the same characteristics: such as sections, materials, loads, etc., applying the software Ram Elements, Staad Pro and Etabs, where the behavior of the four-story house reacts in a similar way in the three mentioned software.

**Keywords:** structural analysis, finite elements, multifamily housing, standardized specifications, pre-sizing.

## I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación denominado: “Análisis estructural comparativo por elementos finitos de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles orientado a especificaciones estructurales normadas” tiene por finalidad realizar una comparativa en el análisis estructural en una vivienda multifamiliar de cuatro niveles, en la cual primero se predimensionará los elementos estructurales de acuerdo al plano arquitectónico, luego se realizará el análisis estructural en base al método de elementos finitos con la ayuda de los software Ram Elements Connect Edition, Staad Pro Connect Edition y Etabs 19, los dos primeros son software corresponden a la empresa Bentley y el último de a la empresa CSI, el modelamiento y análisis estructural se realizó cumpliendo con las normas de estructuras del Reglamento Nacional de Edificaciones ,seguidamente se realizará una comparación de resultados como: momentos flectores, periodos de vibración, masas participativas, distorsiones de entrepiso y cortantes basales.

En el Perú las construcciones en su gran mayoría son construidos: sin supervisión técnica y en el caso que ocurra un sismo según antecedentes históricos y estadísticos se tendría pérdidas económicas e incluso se llegaría a pérdida de vidas humanas.

En la actualidad es muy importante utilizar diversas herramientas para la solución de problemas respecto al cálculo de estructuras y el método de elementos finitos es uno que a la cual se recurre con mayor frecuencia, porque hay soluciones muy complejas que no pueden ser realizados por el método tradicional debido a su complejidad, razón por la cual es que se crearon software de computadora, existen software poco conocidos en nuestro País y a la vez de gran utilidad, porque reducen tiempo en el análisis y diseño de estructuras como son los Software de la empresa bentley con los que vamos a realizar la comparación de resultados en la presente investigación.

La construcción de viviendas y edificios deben cumplir características como: seguridad, viable de habitar y agradable a las necesidades de las personas que la van habitar. La etapa en donde inicia un proyecto de construcción es en lo

arquitectónico y luego se procede a efectuar el análisis y diseño estructural de esta misma.

Uno de los métodos para realizar análisis estructural es el método de elementos finitos, este es un método numérico que intenta convertir una expresión matemática en varias ecuaciones algebraicas, que pueden ser solucionados por computadoras digitales, y se crearon programas que aplican este método de elementos finitos para el análisis de estructuras tales como son el Ram Elements, Staad Pro y Etabs que realizan cálculos estructurales.

En estructuras, cuando se realiza un diseño para que cumpla funciones para el uso público, se debe considerar la seguridad, estética y facilidad de mantenimiento también teniendo en cuenta factores económicos y ambientales, por lo cual el proceso de diseño de una estructura viene dado de aproximaciones en donde cada revolución necesita un análisis estructural. Hibbeler (2012)

El análisis de estructuras es el procedimiento en el cual se determina la acción de las cargas y fuerzas que actúan en una estructura, y sirve para garantizar una estructura para su utilización de cargas estimadas (cargas vivas, cargas muertas, peso propio, etc.).

Para la realización de esta tesis, utilizamos el análisis estructural respecto a elementos estructurales como columnas, vigas, losas, muros, etc.

La fase del análisis estructural se puede realizar de diversas maneras, actualmente contamos con software que nos permiten ahorrar tiempo en los cálculos, pero estos debemos comprobarlos para tener certeza de sus resultados.

Los softwares Ram Elements, Staad Pro y Etabs que trabajan en base al método de Elementos Finitos son Software Extranjeros que nos permiten realizar análisis y diseños estructurales y nos brinda el modelamiento de la estructura de la edificación, según sea el proyecto y análisis, estos softwares se vienen utilizando en diversos países con mucha aceptación respecto a sus resultados.

## **Formulación del problema**

### **Problema general:**

¿Cómo el análisis estructural por elementos finitos podría discriminar las respuestas y reacciones del comportamiento de una vivienda familiar de cuatro niveles sujetos a especificaciones normadas?

### **Problemas específicos:**

PE1. ¿Cómo el análisis estructural por elementos finitos en una vivienda de cuatro niveles podría verificar y comparar los periodos de vibración y masas participativas?

PE2. ¿Cómo el análisis estructural por elementos finitos en una vivienda de cuatro niveles podría comprobar y distinguir las cortantes basales?

PE3. ¿Cómo el análisis estructural por elementos finitos en una vivienda de cuatro niveles podría estimar y contrastar las deformaciones y los momentos flectores?

## **Justificación del estudio**

### **Justificación teórica**

Teóricamente, se justifica porque todo Análisis Estructural de cualquier Edificación debe cumplir con las Normas Vigentes en el RNE, estos pueden Analizarse mediante el uso de software confiables y vigentes respecto al avance tecnológico, en este caso con el uso de tres Softwares que utilizan el método de elementos finitos.

### **Justificación social**

Socialmente, se justifica porque esta investigación contribuye a profesionales y estudiantes en el rubro de construcciones de edificaciones en dar alternativas de análisis estructural mediante uso de software extranjeros poco conocidos.

### **Justificación metodológica**

Metodológicamente, se justifica porque se sistematizó un procedimiento de solución respecto al análisis estructural mediante la aplicación de los Software Ram Elements, Staad Pro y Etabs, y que sirve como referencia para nuevos análisis estructurales según las normas vigentes.

## **Justificación práctica**

Prácticamente, se justifica porque el estudio presente beneficia a Ingenieros y profesionales especialistas en el rubro de estructuras, porque permitió tener una alternativa más de análisis estructural y de esta manera elevar el grado de seguridad referido a los resultados de análisis estructural de edificaciones.

## **Justificación Tecnológica**

Tecnológicamente, se justifica porque los Software Ram Elements y Staad Pro son muy poco conocidos en el Perú y con la presente tesis se aporta a los procedimientos de estos Software para efectuar el análisis estructural de una edificación de cuatro niveles en la ciudad de Juliaca.

## **Objetivos**

### **Objetivo general:**

Discriminar las respuestas y reacciones del comportamiento de una vivienda familiar de cuatro niveles sujetos a especificaciones normadas por medio del análisis estructural por elementos finitos.

### **Objetivos específicos:**

OE1. Verificar y comparar los periodos de vibración y masas participativas por medio del análisis estructural por elementos finitos en una vivienda de cuatro niveles.

OE2. Comprobar y distinguir las cortantes basales mediante el análisis estructural por elementos finitos en una vivienda de cuatro niveles.

OE3. Estimar y contrastar las deformaciones y los momentos flectores a través del análisis estructural por elementos finitos en una vivienda de cuatro niveles.

## **Hipótesis**

El proyecto de tesis no implicó la contrastación de hipótesis esto debido a que el nivel de investigación es descriptivo.

Según Sampieri, Fernández y Baptista (1997), señala que, en términos de investigación descriptiva, estos buscan detallar características importantes de grupos o cualquier otra manifestación incluida para el análisis. Describir es dimensionar a partir de una opinión científica. Un estudio descriptivo selecciona un conjunto de interrogantes y cada afirmación cuantifica de forma independiente para describir el tema que se estudia.

Las investigaciones en nivel descriptivo que tienen por objetivo general recopilar datos no requieren hipótesis. Icart y Canela (1998)

Considerando lo mencionado por los autores anteriores, las investigaciones de nivel descriptivo tienden a orientarse a cuantificar con la precisión factible. Por lo cual el medir únicamente un fenómeno en nivel descriptivo no requiere de una hipótesis.

## **Delimitaciones**

### **Delimitación temporal**

Esta investigación se delimitó temporalmente al año 2022, se realizó la elaboración de la tesis y así también la demostración de resultados, el cual tuvo una duración de 4 meses, la cual inició en el mes de mayo del 2022 y culminó en el mes de agosto del 2022.

### **Delimitación espacial**

El estudio presente se delimitó a un modelamiento y análisis estructural de una edificación ubicada en el distrito de Juliaca, Provincia de San Román y en la Región Puno.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Echeverría y Suntaxi (2016), en su tesis “Análisis y diseño estructural de los edificios Loaiza Unach y Plus I, en los programas ETABS, STAAD PRO Y ROBOT considerando para el diseño la NEC 2015”, tiene como objetivos contrastar los resultados y los métodos de los Software Staad Pro, Etabs y Robot, mediante el modelado de tres edificaciones: Unach, Plus I y Loaiza, calificar la interfaz de cada Software utilizado, realizar el diseño de vigas y columnas que son elementos estructurales comunes y esto aplicando la normativa de la NEC 15 y ANSI/AISC y analizar las ventajas y desventajas de cada software, en la metodología aplicada se utilizaron los Software Robot, Etabs y Staad Pro, en la secuencia realizada de esta investigación primero se realizó la extracción de datos de los planos arquitectónicos para poder luego predimensionar los elementos estructurales de acuerdo a la normativa de la NEC 15 y ANSI/AISC 360-10, luego se realizó el modelado en los Software Robot, Etabs y Staad Pro, con las mismas características en cada Software, en las conclusiones se tuvo que en el peso total de la estructura se obtiene una variación menor al 1% para el Edificio Loaiza, en el Edificio Plus I con los Software Robot y Etabs se tiene un error de 5.97 %, el cortante basal varió porque se realizó de forma manual, en el periodo fundamental la mayor diferencia se encontró en el edificio UNACH con un 12,38 % con los Software Staad Pro y Robot Structural con diferencia al Software Etabs, respecto a las diferencias de los desplazamientos máximas inelásticos se dieron en el Edificio UNACH con un 34.68 % en desplazamientos en el sentido Y entre el programa Etabs y Robot structural, esto debido a la rigidez que cada Software considera y también esto varía debido a la excentricidad accidental que se considera en la distribución en forma horizontal del cortante (el Software Etabs define como  $\pm 5\%$  cumpliendo a la NEC 15 y en el Software Staad Pro y Robot esta definición no fue factible), en los valores de esfuerzos de elementos estructurales horizontales las diferencias fueron mínimas en cambio en las columnas no fue así, presentaron mayor diferencia en el Edificio UNACH con 29.35 % para el momento flexionante, este resultado obtenido en el Software Robot respecto al Software Etabs.

Quinchiguango y Taco (2016), desarrolló la tesis que lleva por título “Análisis Estructural de una edificación de hormigón armado a través de Software Robot Analysis Structural”, el cuál fue sustentado en la Universidad Central de Ecuador (Ecuador), planteó por objetivo elaborar una guía respecto al análisis estructural para una edificación de Concreto Armado aplicando el Software Robot , así como determinar parámetros requerido en el programa para no tener errores significativos, interpretar los datos obtenidos y comparar los resultados con el Software Etabs, el análisis estructural se realizó con el programa Robot en una vivienda multifamiliar de cinco pisos con el sistema viga peraltada mediante el análisis dinámico y estático acorde a la norma NEC 2015 y cumpliendo lo estipulado en la norma ACI 318-14, en las conclusiones se tuvo que el Software respecto al cálculo de pesos propios brinda un resultado de 709.57 Toneladas y en el Etabs 689.98 Toneladas, con una diferencia de 19.62 Ton (la cual es todavía aceptable), Respecto a las masas participativas obtenidas en el Software Robot es de 98.46 % y en el Etabs 99.50 %, lo cual indica los dos cálculos son válidos y que cumplen con lo requerido en el NEC-SE-DS, 2015, en los periodos de vibración en la en los dos programas indica que son en sentido traslacional en la dirección X y el segundo modo en la dirección Y, por lo cual ambos análisis con válidos, la frecuencia y también los periodos de vibración son muy cercanos haciendo apropiado los resultados obtenidos para el análisis modal, en los desplazamientos de piso (derivadas) los valores son menores a 0.02 en los dos Software y cumple con lo requerido por la normativa vigente, en el análisis para dimensionado de refuerzo de concreto armado en el Software Robot no se brinda resultados admisibles porque valores no fueron satisfactorios comparados con el Etabs y el programa Robot está realizado para estructuras que trabajen con la metodología BIM, ya que se interrelaciona con diferentes programas que utilizan esta metodología como el Revit.

Villena (2017), desarrolló la tesis titulada “Diseño y modelación de un edificio con una configuración en planta irregular, mediante la utilización del Software de diseño “Revit Structure” y su análisis mediante un Software especializado “Robot Structural Analysis” (BIM)”, planteó como objetivos permitir conocer la interacción entre dos programas especializados que utilizan la metodología BIM y realizar un análisis comparativo de resultados por el programa Robot Structural Analysis con un

programa de uso comercial (Etabs), para realizar el modelado se utilizó el Software Revit y para el análisis estructural el Software Robot Analysis en una edificación de 5 niveles, donde lo primero que se realizó fue el Predimensionamiento elementos estructurales (viga, losa, columnas), seguidamente se realizó la cuantificación de cargas y el diseño sísmico en el software Etabs y Robot Structural, en los resultados se tuvo que son muy similares presentando una diferencia entre el 1% y 6% en el caso de reacciones obtenidas, respecto al peso propio varían en un 5.2% en sus reacciones en dirección de la gravedad, el Software Robot Structural Analysis tiene la ventaja de plasmar de manera gráfica la representación de barras de acero y muestra un resumen de cuantificación de materiales de acero y concreto, respecto a las distinciones de resultados en derivas máximas es de 43 % provocado por la configuración de planta irregular, a pesar de la diferencias encontradas entre los Software Etabs y Robot Structural no se encontró diferencias en las secciones de diseño de la Estructura.

López (2015), en su tesis "Proyecto de revisión, reestructuración y ampliación de un edificio de forma cilíndrica, a base de estructura de concreto reforzado y acero estructural. Comparación de diseños con Staad y manual", se tuvo como objetivo realizar una comparación de los resultados de los diseños hechos por el Software Staad y manual para determinar la veracidad de los resultados del Software, también se tiene como objetivo identificar ventajas y desventajas del uso del concreto con refuerzo y acero estructural para la construcción de Edificaciones, el análisis Estructural se realizó en un edificio para oficinas y comedor, de tres niveles, lo primero que se realizó fue el análisis de carga, pre dimensionamiento, modelo estructural, análisis estático y análisis dinámico en el Software Staad Pro, en las conclusiones se tiene que el Software Staad Pro V8i, es un Software poco conocido el cual puede realizar análisis de sismos, viento y una de las desventajas son los códigos de diseño porque estas no son las de las últimas versiones, por lo que no se recomienda realizar memorias de cálculo en sus diseños, pero si se puede utilizar para ver con proximidad los armados para estructuras de concreto y estructuras de acero sin mucha iteraciones, los análisis sísmicos son los estáticos con ayuda de otros comandos y análisis dinámicos donde el espectro de diseño se inserta en el Staad Pro, realizando la comparación de los resultados del Software Staad Pro y manual se concluye que los resultados son admisibles.

Beltran (2016), en su tesina “Análisis Estructural Escuadrón 201 STAAD PRO V8i” sustentada en el Instituto Politécnico Nacional (México), tiene por objetivo realizar la modelación y diseño de una Edificación aplicando el programa Staad Pro V8i y evidenciar los resultados mediante la normatividad del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal y Normas Técnicas Complementarias, como parte de su metodología se utilizó el Software Staad Pro, el proyecto que se analizó tiene una planta baja, 4 niveles y azotea, y el sistema utilizado en la planta baja es de columnas y vigas de concreto armado, y en pisos superiores se utilizó el sistema tradicional de losas y muros de carga, una vez modelado la Edificación se analizó los desplazamientos, diagramas de cortante y momento flector, en los resultados se corroboró que los resultados del programa Staad Pro son viables en el análisis Estructural, y que el uso de nuevas tecnologías como este Software ahorra tiempo y se puede llegar a tener resultados más exactos y que además el programa Staad Pro nos permite visualizar el comportamiento del edificio ante diferentes fenómenos.

González, Hoyos y Andrade (2017), en su artículo científico denominado “Comparativa del análisis estructural realizado con el Software Staad y con métodos manuales tradicionales” (México), cuyo objetivo es realizar una comparación de resultados a través de métodos tradicionales y el Software Staad Pro en la resolución de sistemas de estructuras como vigas y pórticos, el análisis estructural comparativo se realizó para dos modelos: el primer modelo mostrado en la figura 1, es una viga continua con un empotramiento y tres apoyos articulados con una carga decreciente distribuida, tres cargas puntuales y una carga uniforme distribuida y el segundo modelo que se muestra en la figura 2 es un pórtico de tres miembros y una carga puntual en cada miembro y empotrado en dos puntos, las secciones transversales en ambos modelos son de concreto de 20x40cm y un módulo de elasticidad del concreto de  $14000\sqrt{250}$  kg/cm<sup>2</sup>.

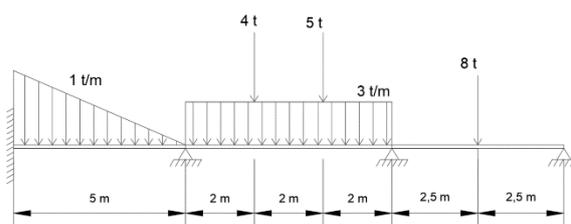
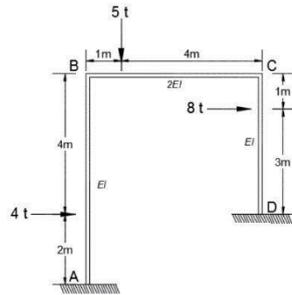


Figura 1. Primer modelo: viga empotrada al lado izquierdo.



*Figura 2.* Segundo modelo: pórtico.

Los métodos tradicionales utilizados fueron: el método de Cross, Flexibilidades y rigideces, y seguidamente se realizará el modelo y análisis con el Software Staad Pro, tanto con el Software Staad Pro y métodos tradicionales se procederá el cálculo de reacciones, fuerzas cortantes y momentos flectores, en las conclusiones para el primer modelo se tuvo que la variación de resultados entre en Software Staad Pro y método tradicionales solo tuvo una diferencia de décimas y en el segundo modelo los resultados fueron más dispersos y esto debido a factores como redondeo, los resultados que nos brindó el Software son confiables y su aproximación es más cerca a lo que se espera en la estructural real, la aplicación del Software facilita mucho el trabajo en la etapa del análisis estructural.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Perez (2019), desarrolló la tesis titulado “Análisis comparativo del diseño estructural de un edificio de concreto armado de 4 niveles, por el método clásico y los programas Etabs y Cypecad, Carapongo Chosica, Lima”, el cual fue sustentado en la Universidad César Vallejo, en donde tiene por objetivo utilizar los Software Etabs y Cypecad y el método clásico para verificar si habrá cambios en: el diseño de los elementos estructurales y en las propiedades dinámicas, otro objetivo que se tiene es determinar la respuesta estructural y comportamiento sísmico en una edificación de 4 niveles con los Software Etabs, Cypecad y método clásico, el método utilizado es no experimental y en el análisis y diseño se consideró las normas de Estructuras del Reglamento Nacional de Edificaciones, en el procedimiento en esta investigación se realizó la estructuración y el Predimensionamiento de elementos estructurales de una Vivienda de 4 niveles , y seguidamente se procedió a realizar el modelamiento de la estructura, análisis y diseño estructural en los Software Etabs y Cypecad y por el método clásico, para posteriormente realizar la comparación de estos resultados, en las conclusiones se tiene que los Software aplicados son eficientes y respecto a los resultados se obtuvo una variación mínima en los datos respecto a los elementos estructurales que fueron diseñados pero está en lo admisible, con respecto al método clásico si brindó una variación en el diseño estructural puesto que no se utilizó los elementos finitos, los resultados obtenidos están en el rango admisible según la norma E030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, y finalmente se concluye que las dimensiones de secciones de concreto armado y refuerzo de acero son similares utilizando los resultados de los dos Software, y respecto al comportamiento sísmico, las rigideces son eficientes en ambas direcciones.

Alvarado y Vásquez (2021), realizaron la tesis “Análisis comparativo del diseño estructural de un Edificio Residencial utilizando los Software Etabs y Sap2000, en la Urbanización Vista Alegre, Trujillo” sustentado en la Universidad César Vallejo, el cuál tiene por objetivo diferenciar los resultados de los programas Etabs y Sap 2000 en una Edificación, la metodología utilizada en el proyecto de investigación fueron el Software Etabs y Sap 2000, dónde el diseño que se realizó fue empleando la Norma E030 y E060 del Reglamento Nacional de Edificaciones, en el

procedimiento primero se realizó el diseño arquitectónico referente a un edificio de diez niveles con semisótano donde se utilizó las normas A0.10 y A0.20, seguidamente el Predimensionamiento de los elementos estructurales y Metrado de cargas, luego se procedió a modelar la Edificación en el Software Etabs y Sap 2000, para poder comparar resultados como cortante basal, análisis sísmico modal espectral, desplazamientos y cortantes, y por último se realizó el diseño de elementos estructurales, en las conclusiones se tiene que en el análisis sísmico utilizando métodos estáticos y dinámicos aplicando los Software Etabs y SAP 2000, el análisis es viable según la Norma E030 y la respuesta estructural que brinda rigidez a la edificación es inferior a la deriva máxima por lo cual es aceptable, en las variaciones de los resultados de los dos Software se tuvo que brindan valores idénticos referente al análisis sísmico, en cuanto al diseño de refuerzo el Software Sap 2000 brinda valores superiores en cuantías, esto debido a que el Sap 2000 halla las masas multiplicado por la gravedad y también diseña al eje del apoyo y por otro lado el Software Etabs calcula esfuerzos y diseña las caras internas de los elementos estructurales, por tanto respecto a Edificaciones o estructuras comunes el Software que agiliza el proceso es el Etabs.

Mamani (2021), realizó la tesis denominada “Análisis y diseño estructural utilizando Revit, para mejorar la vivienda multifamiliar de cuatro pisos, distrito de alto selva alegre, Arequipa” el cual fue sustentado en la Universidad César Vallejo, donde planteó como objetivos efectuar el análisis estructural Edificación de cuatro niveles utilizando los Software Revit y Robot para mejorar el diseño de la vivienda mencionada, y también para realizar el diseño estructural, en la metodología se utilizó los Software Revit y Robot Analysis, donde en el procedimiento se realizó la estructuración donde se vio la definición y ubicación de cada elemento estructural lineal (vigas y columnas) y plano (muros y losas), seguidamente se realizó el predimensionamiento de los elementos estructurales siguiendo la norma E060 del RNE, luego se realizó la creación del modelo analítico en el Software Revit para posteriormente exportarlo al Software Robot para realizar el análisis estructural, en las conclusiones se tiene que la estructura tenía una irregularidad en el plano, respecto a las secciones de las vigas obtenidas mediante el predimensionamiento y las secciones últimas luego de haber concretado el análisis estructural fueron

diferentes y como última conclusión se tiene que el programa Robot tiene la capacidad de realizar análisis y diseños estructurales de elementos estructurales.

Briones y Alvarez (2018), desarrollaron la tesis titulada “Comparación del modelamiento, análisis y diseño estructural en concreto armado utilizando los software Etabs y Robot Structural Analysis, para un edificio de cinco niveles (cuatro pisos y un semisótano)” el cual se sustentó en la Universidad Peruana Unión, donde se tuvo por objetivos anunciar cuáles son las diferencias entre los programas Etabs y Robot en el modelo, diseño sismorresistente y de concreto armado para servicio de alimentación y uso académico, la metodología aplicada fue la de los programas Etabs y Robot Structural Analysis, la estructuración se realizó según los planos arquitectónicos, donde se utilizará placas, columnas, vigas y losas, seguidamente se realizó el pre-dimensionamiento de los elementos estructurales, luego se realizó el modelamiento de la estructura, para seguidamente realizar el análisis estructural, para el diseño sismorresistente se aplicó la norma E030 del Reglamento Nacional de Edificaciones y para el diseño de concreto armado la norma E060 del RNE y el código ACI 318-14, en la investigación se concluyó que las diferencias en los resultados tienen poca significancia, lo cual nos brinda resultados con dimensiones y refuerzos de acero semejantes, se concluye también que en el Software Robot elaborar un proyecto estructural es más rápido que el Software Etabs, ya que cuenta con pestañas exclusivas en modelación, diseño, dibujo de planos y metrados, las diferencias, los resultados en el diseño sismorresistente en el Software Etabs y Robot tuvieron diferencias mínimas.

Reyna y Vargas (2021), efectuaron la tesis titulada “Diseño estructural de una vivienda multifamiliar sismo resistente utilizando Software, en el cp. alto Trujillo, El Porvenir”, tuvo como objetivos predimensionar y evaluar los elementos estructurales, efectuar el método de análisis lineal estático y dinámico aplicando el Software Etabs y tablas Excel, la metodología aplicada fueron los programas Etabs, Sap 2000 y Safe, con la ayuda de los planos arquitectónicos y parámetros de la zona se realizó el predimensionamiento, seguidamente se efectuó el análisis estructural, específicamente el análisis lineal estático y dinámico, utilizando el Etabs, luego se diseñó los muros de albañilería, vigas, columnas y losas con los Software Etabs y Sap 2000 y se diseñó la cimentación con el Software Safe, en las

Conclusiones se tiene que los resultados en el diseño de muros de albañilería cumplen lo establecido en la norma E070 del RNE, y realizó el diseño de los elementos estructurales más vulnerable de toda la edificación y esto se realizó con la intervención de fuerzas cortantes, momentos actuantes y cargas axiales, los investigadores tuvieron como conclusiones que los detalles fueron realizados para cada elemento estructural de la Edificio multifamiliar sismorresistente, con el programa ideal y según a las solicitudes del proyecto, también se calculó las secciones mínimas en bases a plantillas de cálculo, el análisis sísmico realizado se desarrolló con el Software Etabs 2016 , los elementos estructurales diseñados fueron los más críticos según fuerzas cortantes, momentos actuantes y cargas axiales, en el Software Etabs se diseñó las vigas, columnas y muros de corte y en el Software Sap las losas aligeradas, y como última conclusión se tiene que en el Software Safe se realizó el diseño de la cimentación con los datos obtenidos del Software Etabs.

Febres y Ñahuis (2019), realizaron la tesis titulada “Diseño sísmico de un edificio de 5 pisos con el uso del Cypecad y Etabs en Villa María del Triunfo – Lima 2019”, sustentado en la Universidad César Vallejo, esta investigación tiene por objetivo verificar si el Software de estructura Cypecad es viable en la fiabilidad de sus resultados en comparación del Software Etabs, la metodología utilizada son los programas Etabs y Cypecad, en dónde se realizaran los análisis estáticos y dinámicos para posteriormente comparar los datos y verificar resultados cumpliendo con el RNE, también se va a realizar la comparación de derivas por piso por el análisis dinámico modal espectral y así también los esfuerzos cortantes y momentos flexionantes, los investigadores concluyeron que el programa Cypecad utiliza el espectro elástico y que el Software Etabs con el espectro inelástico, el análisis realizado en ambos programas respecto al análisis estático brinda como resultados una fuerza cortante tanto para el eje X como para el eje Y de 1126.98 Ton en el Software Etabs y 1181.84 Ton en el Software Cypecad, de esta manera viabilizando los resultados debido a la gran proximidad, este anterior fue calculado por el constante basal y peso de la estructura teniendo una diferencia de 4.87 %, respecto a la resistencia de fuerza cortante en la base el porcentaje en el Software Etabs para un sismo en X es 9.22 % y 90.78% en columnas y muros estructurales respectivamente, y para un sismo en Y es 0.55 % y 99.45 % columnas y muros

estructurales respectivamente, para el Software Cypecad se tiene una resistencia para un sismo de X de 7.99%

Estrada y Verde (2020), efectuaron la tesis denominada "Análisis comparativo del diseño estructural con la aplicación del Software Etabs respecto al método tradicional de un edificio de cinco pisos con semisótano ubicado en el distrito de San Martín de Porres – Lima" sustentado en la Universidad San Martín de Porres, esta investigación tiene por objetivos realizar un análisis sobre como afecta la en el diseño estructural de una edificación de cinco niveles con sótano, factores como la estructuración, pre-dimensionamiento y metrado de cargas, se utilizó el Software Etabs referente a un método convencional, otro objetivo fue identificar que cambios en el diseño estructural se da en las respuestas sísmicas realizando la comparación del análisis estático y dinámico con el programa Etabs referente a un método convencional, y como último objetivo plantearon calcular las cuantías de acero en el diseño estructural con el programa Etabs referente a un método convencional, los investigadores para realizar su presente investigación utilizaron el programa Etabs y un método convencional, los investigadores tuvieron como conclusiones que la estructuración, predimensionamiento y metrado de carga influye levemente en el diseño estructural, y esto permitió ver que esa diferencia genera un cambio en las dimensiones de secciones de los elementos estructurales y en las cargas que actúan en la estructura, la diferencia en el análisis estático utilizando el programa Etabs y el método convencional fue de 4.51 %, se disminuyó un 10% en el calculo de las cuantías de acero utilizando el método convencional referente al programa Etabs, y el método convencional permitió una mejor distribución de acero de refuerzo, el método convencional es más trabajoso por lo cuál se utiliza más el Software Etabs, se puede realizar el diseño estructural de un edificio de diferentes maneras como las analizadas en esta investigación y cumpliendo con lo exigido en normas técnicas se logra una estructural segura.

Campana (2021), realizó la tesis denominada "Análisis estructural comparativo de una vivienda multifamiliar con el sistema aporricado entre los programas Etabs y Robot, Anta-Cusco" esta tesis fue sustentada en la Universidad César Vallejo, dónde se planteó como objetivo efectuar un análisis estructural comparativo aplicando los Software Etabs y Robot en una vivienda multifamiliar en la ciudad de

Anta, para esto se utilizó como metodología los Software Etabs y Robot Structural Analysis, y lo primero que se realizó fue efectuar el predimensionamiento de elementos estructurales en función al diseño arquitectónico, luego se procedió a modelar la estructura en los Software Etabs y Robot Structural Analysis, y seguidamente se procedió a realizar la comparación de resultados, la investigadora planteó como conclusiones que los periodos de vibración para la dirección X en el Software Etabs fue de 0.389 segundos y 0.412 para la dirección Y, y en el Software Robot fueron de 0.27 segundos en la dirección X y 0.23 segundos en la dirección Y, por ende los resultados son cercanos y los dos resultados están dentro de lo establecido en la norma que es entre los 0.5 segundos en X y Y, y en los resultados de sumatoria de masas participativas fueron: el Software Etabs de 98.81% en dirección X y 98.82% en dirección Y y en el Software Robot de 95.77% en dirección X y 95.68% en la dirección Y, realizando la comparación se tiene una diferencia de 3.17 5 en la dirección X y 3.18 % en la dirección Y, lo cual nos brinda una validez de los resultados de ambos Software ya que cumplen el parámetros que nos indica que ambos deben ser mayores al 90% según la Norma Técnica Peruana, respecto a los cortantes basales, el Software Etabs nos dio un resultado de 108.0537 tonf en X e Y, mientras que el Software Robot 112 tonf en X y 124.15 tonf en Y, realizando la comparación vemos que tenemos una diferencia de 3.52 % en la dirección X y 12.86% en la dirección Y, lo cual concluye que el Software Robot nos brinda mayores valores y podría llevarnos a incrementar las dimensiones de los elementos estructurales, en las deformaciones de entrepiso en la dirección X las deformaciones son mayores en el Software Robot referente al Etabs y en la dirección Y en el Software Etabs son mayores referente al Robot, las mayores variaciones son menores al 50% en ambos Software, y realizando las verificaciones de distorsión ambos Software cumplen siendo menores al límite permitido, y como última conclusión la investigadora planteó que referido a las diferentes combinaciones de cargas amplificadas, la diferencia entre los máximos valores numéricos obtenidos entre el Software Etabs y Robot Structural son desde 2.66% hasta 38.33%, y que se considera que son porcentajes que no presentan variaciones significativas.

Huaraca (2018), desarrolló la tesis nombrada "Análisis comparativo aplicando el Software Robot Structural Analysis y Etabs para evaluar el comportamiento

estructural de viviendas autoconstruidas” el cual fue sustentado en la Universidad Peruana los Andes, tiene por objetivos realizar el análisis dinámico y estático y realizar el diseño estructural utilizando el programa Robot y el programa Etabs para examinar el comportamiento de estructuras de viviendas, para realizar esta investigación se utilizó los Software Etabs y Robot, el autor concluye que según la evaluación realizada en el comportamiento estructural de una vivienda autoconstruida, esta no cumple los requerimientos mínimos de la Norma de Estructuras E030, E060 y E070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, en la comparación de resultados respecto a la cortante estática el programa Robot es mayor en 2.45% referente al programa Etabs y en la distribución de fuerzas en altura, las derivas exceden al máximo establecido (0.005) en los dos programas y estos no tienen una diferencia significativa, en el análisis dinámico los resultados no cumplen los parámetros de la Norma E030, y se menciona que la cortante dinámica en la base calculado con el programa Robot Analysis es mayor en 2.20% (en dirección X) y 1.45% (en dirección Y) referente al programa Etabs , y estos valores no cumplen con el parámetro mínimo establecido en la norma, la diferencia respecto a frecuencias y periodos de vibración es no significativa, la suma de masas participantes en dirección X en ambos software alcanzó el 98.87% en dirección Y, en el Software Robot llegó a una masa de 97.65% y en el programa Etabs a 97.51%; en cuanto a derivas ambos programas exceden al máximo (0.005), y respecto al análisis de reacción por acción de la fuerza sísmica en la dirección X el programa Robot nos dio un resultado mayor en 4.97 % referente al programa Etabs y en la dirección Y de igual manera el Software nos dio un resultado mayor en 3.20% referente al programa Etabs, se tiene como conclusión final que en ambos programas los resultados son similares y estos resultados no cumplen las exigencias de la Norma E060 porque los aceros existentes en la vivienda no son suficientes para el soporte de cargas actuantes.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Teoría de la resistencia de materiales**

Desde los inicios de la humanidad se ejecutaron construcciones grandes en dimensiones, pero desde la mitad del siglo XVII fue recién donde se empezó a utilizar conocimientos de la mecánica, en lo referente al análisis de estructuras ,entre los años 3400 y 600 A.C. los pueblos más representativos fueron los de Egipto en esta época debido a sus grandes estructuras antiguas como las pirámides egipcias y algunos templos construidos con vigas, muros y columnas en piedra y barro cocido, entre los años 600 A.C. y 476 D.C. las construcciones más representativas fueron estructuras como coliseos, acueductos, templos y puentes, entre los años 477 y 1492 D.C., Galileo Galilei (1564-1642) se le consideró como creador de la teoría de estructuras, porque este en su libro dos nuevas ciencias se propuso a realizar un análisis de los errores de estructuras simples como una viga en voladizo, aunque este tuvo algunos errores corregidos más adelante, Galileo Galilei puso la base para el desarrollo analítico en especial en la mecánica de materiales, Robert Hooke (1635-1703), estudió la ley de relaciones entre la deformación referida al material y la fuerza, la resistencia de materiales tuvo el mayor avance en desarrollo entre el siglo XIX y a mediados del siglo XX, dónde personajes importantes como Émile Clapeyron quien formuló la resolución de vigas continuas a través de la ecuación de tres momentos, James Maxwell formuló la deformación unitaria, círculos de Mohr, ley de deflexiones y deformaciones coherentes, A. Castigliano quien desarrolló el método de trabajo mínimo, Charles Green presentó el método de área de momentos, Muller-Breslau (1851-1925) propuso el principio para la construcción de líneas de influencia, George Maney (1888-1947) desarrolló el método de los giros y desplazamientos y Hardy Cross (1885-1959) quien planteó el método de momentos distribuidos.

La teoría de deformación de sólidos necesariamente se trabaja con tensiones y deformaciones, definidos sobre dominios tridimensionales, se puede analizar por cálculo de esfuerzo internos definidos sobre una línea para algunas geometrías unidimensionales como: vigas, columnas y entre otros; y bidimensionales como: planas, membranas, etc. Wikipedia (2022)

### **2.2.2. Teoría de las estructuras de acero**

Las construcciones más importantes se originaron a mitad del siglo XIX, dónde una de las construcciones más importantes fue el Palacio de Cristal de Joseph Paxton, , seguidamente en la primera mitad del siglo XX en países desarrollados como Estado Unidos, el acero se empezó a usar en gran cantidad, desde la Segunda Guerra Mundial el acero es un material que está siempre presente en la mayoría de Edificaciones, este material tiene una propiedades físicas y mecánicas tales son la resistencia a la elasticidad, ductilidad entre otros, lo cual hace que el acero sea útil para el sector de la construcción ,el acero se convirtió en un material útil para una construcción más acelerada y su costo es menor frente a materiales como el concreto armado. Ingenieros Asesores (2021)

### **2.2.3. Teoría de la Elasticidad**

No asume ninguna característica particular en la geometría del sólido que conduzca a una simplificación aproximada del modelo. Por lo tanto, su resultado es aplicable a sólidos de cualquier forma. A menudo, especialmente cuando se aborda el primer estudio, se suele asumir un conjunto de suposiciones que, por un lado, simplifica el modelo y, por otro lado, se adapta a cómo se comportan los aceros y aleaciones de otros metales. Más precisamente, supondremos que el material es homogéneo, comportamiento elástico y lineal pequeño desplazamiento y cambio de forma, y no tuvo impacto. Wiki Ciencias (2015)

## **2.3. Marco conceptual**

### **2.3.1. Elementos Finitos**

Es un método aplicado que en la actualidad bastantes Software hacen uso de ellas para obtener respuestas a varios problemas de ingeniería, este no sólo se aplica a la ingeniería civil, si no a varias áreas de la ingeniería, este método supera las soluciones analíticas, y es útil aplicarlo a muchos problemas numéricos como geométricos, de carga, entre otros. Valencia (2021)

El método de elementos finitos indica que un número infinito de variables que no se conocen, sean reemplazadas por una cantidad limitada de elementos y que tenga

la característica de ser un comportamiento definido, mientras las divisiones de los elementos sean más pequeñas, más precisos serán los resultados del análisis.

### **2.3.2. Staad Pro**

Es un Software de estructuras que realiza el análisis estructural aplicando el método de elementos finitos, el Software Staad Pro Connect Edition puede realizar análisis en materiales como concreto, acero, madera , acero, entre otros, el programa mencionado tiene aplicación en el rubro de la construcción como edificios, puentes, diseño y también permite realizar verificaciones de estructuras simples y complejas, el programa Staad Pro puede realizar análisis estructural en estructuras sujeta a respuestas dinámicas, sismo, viento y cargas, incluye códigos americanos, europeos entre otros, el Software dicho tiene funciones como análisis estático, cálculo de refuerzos para columnas, vigas, losas y muros de concreto y también genera verificaciones e informes para diagramas de desplazamientos, momentos flexionantes actuantes, diagramas de cortantes y tiene la opción de importar y exportar datos en formatos de programas populares para diseño de concreto armado, cimentaciones, etc. Echeverría y Suntaxi (2016).

### **2.3.2. Ram Elements**

Es un programa que tiene por fin realizar análisis y diseño en estructuras aplicado a muchos tipos de estructuras, en dónde el ingeniero o responsable que aplica el Software es el que indica las propiedades iniciales como secciones y materiales, este programa tiene la capacidad de verificar la condición de cada elemento, luego de cada periodo de verificación se puede confirmar si las propiedades con las que se realizó inicialmente son las adecuadas, el beneficio de este Software es que en los procedimientos para realizar el análisis y diseño se tiene un control y por lo tanto hay certeza en que se está cumpliendo con lo requerido y especificado en las Normas de Estructuras. López (2013)

### **2.3.3. ETABS**

El Software Etabs pertenece a la empresa CSI (Computer and Structures), el cual nos permite realizar análisis estructural lineal y no lineal, y posterior a esto también el Software nos permite realizar el diseño de estructuras, los comandos a utilizar son bastante intuitivos y permite fácilmente desplazarse de plantas, a elevaciones

o el modelo en 3d, el Software mencionado posee ventajas como utilizar muchos números de espectros de respuestas de diferentes países, en la cual está incluida la E030 del RNE del Perú, es el Software más usado en nuestro medio, y algunas desventajas del presente Software son que no permite el detallado automático de refuerzo en acero, y la interoperabilidad BIM es limitada. Huaraca (2018)

#### **2.3.4. Burj Alfardan, Lusail, Doha, Catar**

Es una torre de uso mixto, de 32 niveles, y geometría curva, se aplicó el Software Staad Pro en el modelado y análisis estructural de esta torre, donde se redujo casi el 30% en horas de recursos, lo que redujo costos de proyecto. Arab (s.f.)

#### **2.3.5. Edificio Libertad Romero, Santiago, Chile**

Es un complejo comercial de 21000 m<sup>2</sup>, el cual incluye un centro comercial, un centro de conferencias y un hotel, el Software Ram Elements permitió desarrollar rápidamente los tres modelos, y realizar los detalles estructurales lo que permitió trabajar con el equipo de proyecto de manera más eficiente, se tuvo una reducción del 17 % de horas de trabajo. Answer (s.f.)

#### **2.3.6. Análisis Estructural**

Para realizar el análisis de una estructura, se tiene que realizar la idealización de la misma, esto se refiere a transformar el modelo arquitectónico a un modelo analítico en donde se pueda realizar cálculos, las cargas actuantes que se tiene son estáticas y dinámicas, como también existen comportamientos que pueden ser elástico lineal. Tomás (1998)

Es la determinación de efectos de cargas y fuerzas internas en estructuras tales como la resistencia, rigidez y con el análisis estructural se busca brindar seguridad y durabilidad en estructuras, posteriormente se busca un diseño amigable económicamente y que sea seguro, en el análisis de estructuras se resuelven estructuras 2d (plano) y 3d (espacio), y también se divide en lineales y no lineales, los cuales se refieren a la no linealidad geométrica y física, si hablamos de análisis estructural tendemos a hablar de análisis estático y dinámico. Villareal (2009)

La Revista Arquys (2021), indica que para realizar un análisis idóneo se tiene que prevenir con mucha confiabilidad el comportamiento de la estructura a construir en

condición de servicio con cargas actuantes e interviniendo factores como cambios de humedad, cambios de temperatura, etc.

### 2.3.7. Diseño Estructural

Al referirnos a una estructura indicamos que es un conjunto de componentes ordenados que combinados deben cumplir la función especificada, para iniciar con el diseño se formula objetivos a alcanzar con optimización y si hay algún detalle en el diseño, ver las mejores soluciones posibles. Morales (2013)

### 2.3.2. Elementos Estructurales

Los más principales en Edificaciones son las Columnas, Vigas, Losas, Placas, Cimentación y Escaleras mostrados en la figura 3.

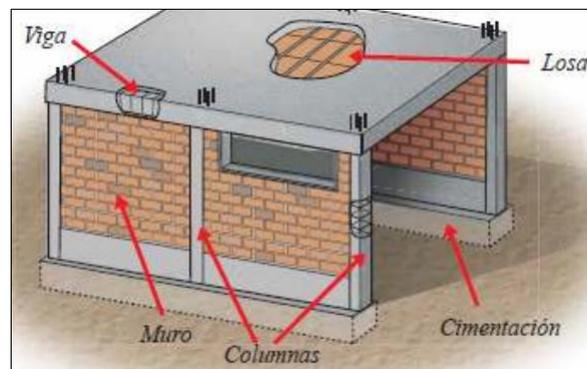


Figura 3. Elementos Estructurales en una vivienda.

Fuente: <https://bit.ly/3jSTNFn>

Las columnas se encargan de recibir las cargas de las vigas y transmitirlas a la cimentación para que esta última la transmita al suelo, respecto a las losas se considera las losas aligeradas, macizas y nervadas; respecto a las vigas son los que transmiten las cargas recibidas de las losas hacia las columnas o placas, las placas estructurales son de concreto reforzado con barras de acero que por su gran dimensión en un lado este genera gran rigidez y resistencia. Blasco (1994)

### 2.3.8. Análisis

Según se refiere a calcular las deformaciones, desplazamientos y esfuerzos internos que se originan en una estructural y esto debido a que actúan cargas sobre esta. Tomás (1998)

### 2.3.9. Estructuración

Una estructura mientras más complejidad posea más complejo será calcular el comportamiento sísmico de esa misma, por este motivo es recomendable que la estructuración no sea muy compleja, para poder facilitar la idealización para posteriormente realizar el análisis sísmico que se asemeje lo más posible a la estructural real. Blasco (1994)

### 2.3.10. Predimensionamiento

Dimensionamiento previo a las dimensiones finales, para verificarlas y reconocerlas si podrían ser usados en edificaciones dónde las cargas vivas no sean excesivas y teniendo en consideración la sismicidad de nuestro país. Blasco (1994)

### 2.3.11. Cortante basal de diseño

Es la fuerza total por cargas horizontales o laterales mostrada en la figura 4, esta está aplicada a la base de la Edificación como resultado de un sismo.

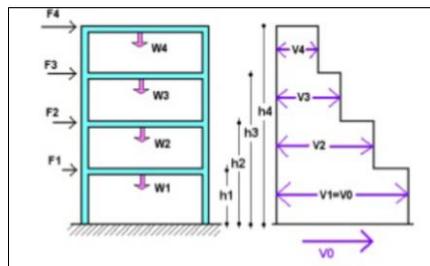


Figura 4. Cortante basal de una Edificación

Fuente: <https://bit.ly/3JTjO1R>

### 2.3.12. Periodo de vibración

Es un parámetro para el diseño sísmico estructural, los periodos de vibración son valores determinantes para puntualizar las condiciones actuales de seguridad estructural de una Edificación. Peralta, Sánchez y Arrollo (2014).

### 2.3.13. Esfuerzo-Deformación

Es un cambio en la dimensión o la forma de un objeto por acción de la tensión interna causada por una o más fuerzas que actúan sobre el objeto o debido a la expansión térmica.

Una varilla puesta a una fuerza de tracción axial incrementa su longitud original, se observa que con una carga equivalente pero mayor dimensión también aumenta este incremento, entonces la deformación ( $\varepsilon$ ) se define como la división entre el incremento ( $\delta$ ) y la longitud original ( $L$ ), indica que respecto a la barra de deformación es la misma porque si  $L$  se incrementa también se lo hace  $\delta$ , en forma matemática se expresa de la siguiente manera:

$$\varepsilon = \delta/L$$

Existen las siguientes deformaciones:

- Elástica: Material que vuelve a su dimensión y volumen original sin mayor esfuerzo, esta es una deformación transitoria y un ejemplo de cuando se produce es durante la propagación de ondas sísmicas.
- Plástica: Es en la cual se deforma de forma permanente y no puede volver al estado original en que se encontraba cuando esta sometido a tensiones por encima de su capacidad elástica.
- Por rotura: Es en la cual no los bloques no se desplazan entre ellos sino se aumenta la rotura. Rodríguez (2014)

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **Método de investigación**

De acuerdo a Lopera [et al] (2010) en el método analítico se diferencia las partes de un fenómeno y posteriormente se revisa ordenadamente cada uno de estos por separado, el método analítico se utiliza para la revisión de la literatura en la manera de interpretar los datos y usarlos en su análisis.

El método utilizado en la investigación presente es analítico porque se analizó y observó cuales son las diferencias y similitudes en los resultados, con la finalidad de evaluar su comportamiento estructural en una edificación, para posteriormente proceder a ver la relación que existe entre resultados que fueron obtenidos por los Software Ram Elements, Staad Pro y Etabs.

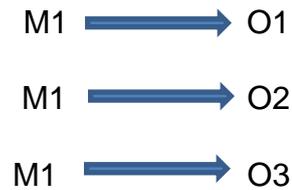
##### **Tipo de investigación**

De acuerdo a Vargas (2009), el tipo de investigación aplicada utiliza los conocimientos aprendidos en la práctica que se basa en la investigación, porque resuelve problemas de la realidad y orienta una aplicación adecuada a estándares de calidad.

Se utilizó el tipo de investigación aplicada porque centralizamos el uso de los conocimientos aprendidos para aplicarlos al análisis estructural.

##### **Diseño de investigación**

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), estos autores definen la investigación no experimental a la no distinción de la variable lo que se realiza en este diseño de investigación es efectuar la observación de fenómenos de la variable, pero en su contexto ya existente, para posteriormente analizarlo (p. 152). Por consiguiente, la presente investigación se encuentra en la investigación “no experimental”, porque se realizó un modelamiento de la estructura del contexto natural en el que se localiza la variable única, de esta manera fue posible analizar el comportamiento estructural en diversas disposiciones, utilizando tres distintos mecanismos de desarrollo.



Dónde:

M1: Muestra 1

O1: Observación 1

O2: Observación 2

O3: Observación 3

### **Enfoque de investigación**

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), definen al enfoque cuantitativo como una serie de procesos, secuencial y que posteriormente tiene que ser probado, es muy importante aplicar un orden riguroso y los objetivos e interrogantes van desde una idea delimitada, y de las interrogantes surgen hipótesis para luego comprobar su veracidad o falses y por último se extrae conclusiones.

En el estudio presente el enfoque es cuantitativo porque se estimó, midió y recolectó datos mediante uso y aplicación de operaciones matemáticas y aplicación de software de estudio para poder conocer diferentes tipos de Software en base a su eficiencia y tiempo de modelado.

### **Nivel de investigación**

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), definen el nivel de investigación descriptivo, al nivel que intenta determinar características y propiedades primordiales de un fenómeno que se busca analizar, describe las tendencias que tiene un conjunto o grupo.

En el presente estudio el nivel de investigación es descriptivo porque analizó y especificó la información teórica de informes de tesis y libros, y estos en función con el cumplimiento de la normatividad.

### **3.2. Variables y operacionalización**

**Variable única:** Análisis estructural

- Definición Conceptual: Para realizar el análisis de una estructural tiene que realizarse la idealización de la misma, esto se refiere a transformar el modelo a un modelo en dónde se pueda realizar cálculos, las cargas actuantes que se tiene son estáticas y dinámicas, como también existen comportamientos que pueden ser elástico lineal.
- Definición Operacional: Se aplicó el análisis de estructuras para poder determinar los esfuerzos de corte, momentos flexionantes, deformaciones, etc.
- Dimensión: Caracterización
- Indicadores: Identificación de factores

**Operacionalización de la variable:**

La matriz de Operacionalización se muestra y detalla en el anexo N° 01.

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

Según Borja (2016), define a la población al conjunto de componentes de estudio, un ejemplo podría ser, que si necesitamos saber cuáles son los problemas en las estructuras de las viviendas de la Ciudad de Chiclayo, en la población se consideran a todas las viviendas pertenecientes a esta ciudad (p.30).

La población considerada en la presente investigación está conformada por las Viviendas de la Ciudad de Juliaca.

#### **Muestra**

Según López (2004), se define a la muestra como el subconjunto de unidad de una población en la cual se realizará la investigación, la muestra indica ser una parte que representa a la población.

En la presente investigación se consideró como muestra a una vivienda multifamiliar de cuatro niveles ubicada en la ciudad de Juliaca.

## **Muestreo**

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), indican que el muestreo no probabilístico es el muestreo dónde la posibilidad que se seleccionen todas las unidades contenidas en la población no es la misma, utiliza métodos en que no interviene el azar y, por lo tanto, se desconoce la probabilidad asociada a cada unidad para formar parte de la muestra.

En este estudio se hizo uso del muestreo no probabilístico a conveniencia del investigador.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnicas de recolección de datos**

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), son formas diferentes de obtener información, que nos da alternativa de visualizar y entender mediante criterios las situaciones o hechos para poder lograr evidencias, la observación directa se trata sobre el registro sistemático, viable y confiable de comportamientos o conductas, dónde el investigador, a través de esta, obtiene y recoge datos mediante su propia observación, mientras que la observación indirecta consiste en adquirir datos a medida que los acontecimientos se presenten ante ojos del observador.

En la presente investigación la obtención de datos se realizó mediante la observación directa porque los datos para el análisis estructural fueron obtenidos del planos de arquitectura, luego se predimensionó los elementos estructurales y se modeló la estructura en los tres Software aplicados en la presente investigación, y también se utilizó la observación indirecta, porque mediante los Software aplicados se recopiló información, dónde para interpretar y analizar estos resultados se utilizó manuales, normas técnicas nacionales, libros y otras fuentes confiables para conseguir la fiabilidad esperada.

- Plano de arquitectura.
- Predimensionamiento de elementos estructurales.
- Modelamiento y análisis en tres Software que aplican el análisis por Elementos Finitos (Ram Elements, Staad Pro y Etabs)
- Análisis y comparación de resultados.

## **Instrumentos de recolección de datos**

Según Mendoza y Avila (2020), todo instrumento que se utilice para adquirir datos en una investigación científica debe ser confiable, objetivo y que tenga validez, si alguno de estos factores no se cumple, el instrumento quedará inservible y los resultados no serán probados.

Los instrumentos usados para el presente estudio fueron:

- Norma técnicas peruana.
- Software Ram Elements Connect Edition, Staad Pro Connect Edition y Etabs 19 (para el modelamiento y análisis por elementos finitos)
- Manual de los Software Ram Elements, Staad Pro y Etabs.
- Software Excel para realizar los procedimientos de cálculos y elaboración de tablas.
- Software AutoCAD para la realización de planos.

## **Validez y confiabilidad**

### **Validez**

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014) definen a la validez como el grado en que un instrumento mide efectivamente la variable que busca medir, la validez es la medición que se realiza a las variables por medio de instrumentos.

La validación de los instrumentos en la presente investigación, se realizó mediante un juicio de expertos.

### **Confiabilidad**

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), la validez la confiabilidad es el grado de consistencia o coherencia de diferentes referentes usados para una investigación.

En el presente estudio para la verificación de confiabilidad de los instrumentos empleados se aplicó la prueba de alfa de Cronbach.

El coeficiente de Cronbach es una escala dónde se ve la fiabilidad del instrumento, dónde cuanto más se aproxima al 1 tiene mayor grado de fiabilidad, esta se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1. Coeficiente de Cronbach.**

Rango	Magnitud
0.81 a 1.00	Muy alta
0.61 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a 0.20	Muy baja

Fuente: Hernández, Fernández y Baptista (2014)

A continuación, se detalla los datos obtenidos para calcular el coeficiente alfa de Cronbach, la cual se observa en la tabla 2.

**Tabla 2. Datos obtenidos de confiabilidad.**

Expertos	ITEMS								SUMA
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Experto 1	4	5	5	4	4	5	5	5	37
Experto 2	4	3	4	5	3	4	5	3	31
Experto 3	5	4	4	5	4	4	5	4	35
Varianza	0.22	0.22	0.22	0.22	0	0.22	0	0.22	8.67
Suma de Varianzas	2.444								
Varianza del total	8.667								

Fuente: Elaboración propia

Los datos de mostrado en la tabla 2, se obtuvieron del Anexo 4.

Para calcular el coeficiente de alfa de Cronbach se hizo uso de la fórmula siguiente:

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left[ 1 - \frac{\sum S_1^2}{S_T^2} \right]$$

Donde:

K : Cantidad de ítems

$\sum S_1^2$  : Sumatoria de varianzas individuales

$S_T^2$  : Varianza del total

$\alpha$  : Coeficiente de Alpha de Cronbach

Operando los datos se obtiene:

$$K = 8$$

$$\sum S_1^2 = 2.444$$

$$S_T^2 = 8.667$$

$$\alpha = 0.821$$

De acuerdo a los valores obtenidos en la tabla 2, el valor numérico del alfa de Cronbach es de 0.821, y de acuerdo a los parámetros indicados en la tabla1, se deduce que los instrumentos empleados en la presente tesis poseen una confiabilidad que se categoriza como “Muy alta”.

### **3.5. Procedimientos**

Para realizar los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación se realizó el diseño arquitectónico, luego se procedió a realizar el predimensionamiento de elementos estructurales, metrado de carga y luego se realizó el modelamiento de la misma estructura y con las mismas características en los Software Ram Elements, Staad Pro y Etabs.

Una vez obtenidos los resultados se realizó una comparación para posteriormente analizarlos y precisar sus similitudes y diferencias.

#### **3.5.1. Presentación de la edificación y procedimiento.**

Se presenta un plano de arquitectura de una edificación de 4 niveles con un área techada de 91.78 m<sup>2</sup> (ver anexo 4 y 5) , de dónde se realizó la estructuración en dónde en la estructuración se obtuvo una planta típica en los cuatro niveles (ver anexo 5) y también se realizó el dibujo de una vista en pórtico para apreciar mejor las alturas de los pisos (ver anexo 6), con una altura de primer nivel de 3.20 m y una altura típica del segundo al cuarto nivel de 2.70 m.

En sus materiales presenta un concreto de resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>, a continuación, se muestra el plano de arquitectura de la edificación de cuatro niveles.

## **Predimensionamiento de los elementos estructurales.**

Se efectuó en esta fase el Predimensionamiento de los elementos estructurales utilizados en la vivienda de cuatro niveles, estos son las columnas, vigas y losa aligerada.

### **- Predimensionamiento de Columnas:**

De acuerdo con Morales (2013), se aplica la ecuación mostrada a continuación:

$$n = \frac{P}{f'c * b * D}$$

Dónde indica que si:

$n > \frac{1}{3}$ , la estructura presenta falla frágil ocasionado por el exceso de cargas axiales

$n < \frac{1}{3}$ , la estructura presenta falla dúctil

Despejando la ecuación mostrada, se llega a la siguiente fórmula, que se utiliza para el Predimensionamiento de las columnas.

$$bD = \frac{p}{f'c * n}$$

Dónde:

D= Dimensión de la sección en la dirección de análisis

b= Dimensión perpendicular de la sección de la columna

P= Carga total soportada por la columna

n= factor se utiliza en función al tipo de columna

f'c= Resistencia a la compresión simple del concreto

En la tabla 3 se da a conocer los valores del factor “n” y el coeficiente multiplicado por el peso total de cargas de gravedad ( $P_G$ ) para poder calcular

la carga total soportada por la columna (P) los cuáles están en función al tipo de columna.

**Tabla 3.** Valores de  $n$  y  $P$  para el Predimensionamiento de columnas

Tipo C1 (para los primeros pisos)	Columna Interior	$P= 1.10 P_G$ $n= 0.30$
Tipo C1 (para los 4 últimos pisos superiores)	Columna Interior	$P= 1.10 P_G$ $n= 0.25$
Tipo C2, C3	Columnas Externas de pórticos superiores	$P= 1.25 P_G$ $n= 0.25$
Tipo C4	Columna de esquina	$P= 1.50 P_G$ $n= 0.20$

Fuente: Morales (2013),

Procedemos al cálculo de los valores numéricos requeridos para poder realizar el predimensionamiento:

Dónde:

- El número de niveles de la vivienda es de 4 pisos
- La sobrecarga (vivienda) es de  $200 \text{ kg/m}^2$
- La resistencia a la compresión del concreto ( $f'_c$ ) es de  $210 \text{ kg/cm}^2$

### **Cálculo del Peso total de cargas por gravedad ( $P_G$ )**

Es requerido conocer las cargas de servicio de los elementos estructurales y no estructurales para poder obtener las dimensiones preliminares del área de columnas en la fase del predimensionamiento.

#### ✓ Carga Muerta (CM)

Peso propio de losa aligerada (20 cm)	=	$350 \text{ kg/m}^2$
Peso propio de piso terminado	=	$100 \text{ kg/m}^2$
Peso propio de Tabiquería	=	$150 \text{ kg/m}^2$
Peso propio de Vigas	=	$100 \text{ kg/m}^2$
Peso propio de columnas	=	$60 \text{ kg/m}^2$
<b>Peso total de carga muerta</b>	<b>=</b>	<b><math>760 \text{ kg/m}^2</math></b>

#### ✓ Carga Viva (CV)

Peso de sobrecarga en viviendas	=	$200 \text{ kg/m}^2$
<b>Peso total de carga viva</b>	<b>=</b>	<b><math>200 \text{ kg/m}^2</math></b>

Sumando la carga viva más la carga muerta total tenemos:

$$P_G = CM + CV = 760 \text{ kg/m}^2 + 200 \text{ kg/m}^2 = 960 \text{ kg/m}^2$$

En la tabla 4 se da a conocer los resultados de los cálculos del predimensionamiento de columnas con las fórmulas mencionadas y las áreas tributarias de cada columna.

**Tabla 4.** *Predimensionamiento de columnas*

N° Columna	Ejes	Tipo de Col	Área Tributaria	Área Requerida	Lado 1	Lado 2	Área Colocada
			(m2)	(m2)	(m)	(m)	(m2)
1	Entre eje A-A y eje 1-1	Esquinada	2.75	0.04	0.30	0.45	0.14
2	Entre eje A-A y eje 2-2	Extrema	5.00	0.05	0.30	0.45	0.14
3	Entre eje A-A y eje 3-3	Esquinada	2.26	0.03	0.30	0.45	0.14
4	Entre eje B-B y eje 1-1	Extrema	2.75	0.03	0.30	0.45	0.14
5	Entre eje B-B y eje 2-2	Interna	6.98	0.06	0.40	0.40	0.16
6	Entre eje B-B y eje 3-3	Extrema	4.24	0.04	0.30	0.45	0.14
7	Entre eje C-C y eje 1-1	Extrema	5.12	0.05	0.30	0.40	0.12
8	Entre eje C-C y eje 2-2	Interna	10.02	0.09	0.40	0.40	0.16
9	Entre eje C-C y eje 3-3	Extrema	4.90	0.05	0.30	0.40	0.12
10	Entre eje D-D y eje 1-1	Extrema	4.05	0.07	0.30	0.30	0.09
11	Entre eje D-D y eje 2-2	Interna	8.14	0.08	0.40	0.40	0.16
12	Entre eje D-D y eje 3-3	Extrema	2.93	0.03	0.30	0.30	0.09
13	Entre eje D'-D' y eje 2-2	Interna	5.00	0.04	0.30	0.30	0.09
14	Entre eje D'-D' y eje 3-3	Extrema	1.39	0.02	0.30	0.30	0.09
15	Entre eje E-E y eje 1-1	Extrema	4.94	0.05	0.30	0.40	0.12
16	Entre eje E-E y eje 2-2	Interna	4.52	0.04	0.40	0.40	0.16
17	Entre eje E-E y eje 3-3	Extrema	1.38	0.02	0.30	0.40	0.12

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5 se muestra un resumen del predimensionamiento de columnas dónde se visualiza cuáles son las dimensiones escogidas de acuerdo al tipo de columna.

**Tabla 5.** *Resumen de predimensionamiento de columnas*

Nomenclatura	B	h
	(cm)	(cm)
C1	30	30
C2	40	40
C3	30	45
C4	30	40

Fuente: Elaboración propia

En la figura 5 se muestra el plano dónde se indica las áreas tributarias por columna.

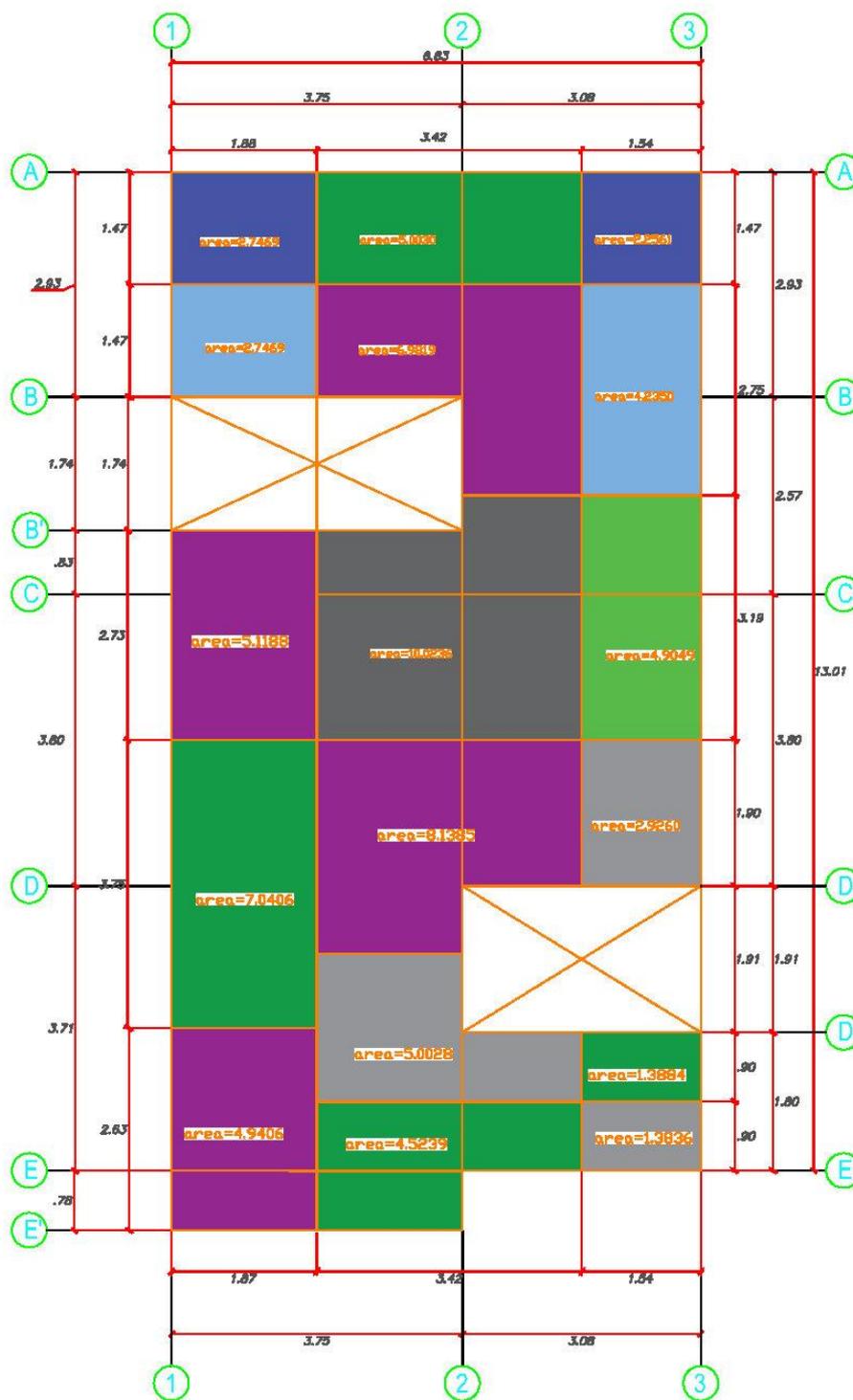


Figura 5. Áreas tributarias para el predimensionamiento de columnas  
Fuente: Elaboración propia – Autocad

- **Predimensionamiento de Vigas:**

De acuerdo con Blasco (1994), se aplica la ecuación mostrada a continuación para el cálculo de la base y el peralte de vigas.

$$\text{Peralte: } h = \frac{L}{12}; \frac{L}{10}$$

$$\text{Base: } b = \frac{h}{3}; \frac{3h}{4}$$

En la figura 6 se visualiza el plano elaborado en Autocad en el cual se ha dimensionado la luz de ejes para poder realizar el predimensionamiento de las vigas.

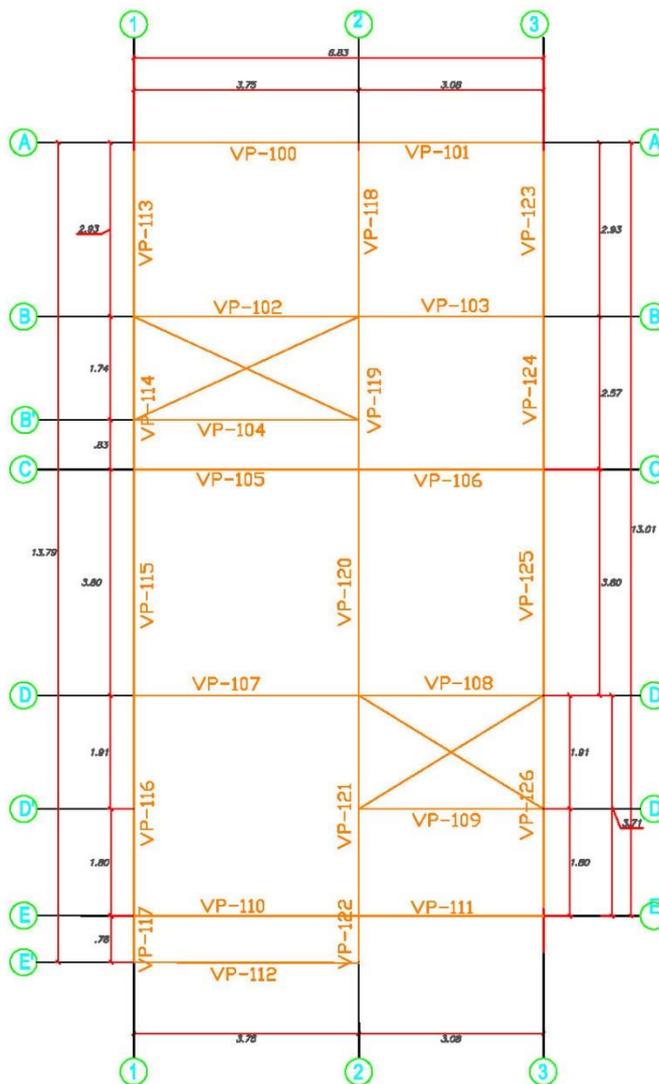


Figura 6. Plano de predimensionamiento de vigas

Fuente: Elaboración propia – Autocad

En la tabla 6 se puede apreciar el predimensionamiento de vigas en función a las fórmulas mencionadas según Blasco (1994) y según la NTP que nos indica que el ancho mínimo para considerar en vigas es de 25 cm.

**Tabla 6. Predimensionamiento de vigas**

Nomenclatura	Ejes	Luz (m)	Peralte			Base		
			L/10 (m)	L/12 (m)	h (m)	h/3 (m)	3h/4 (m)	b (m)
VP 100	Eje A-A entre los ejes 1 y 2	3.75	0.38	0.31	0.40	0.13	0.30	0.30
VP 101	Eje A-A entre los ejes 2 y 3	3.08	0.31	0.26	0.40	0.13	0.30	0.30
VP 102	Eje B-B entre los ejes 1 y 2	3.75	0.38	0.31	0.40	0.13	0.30	0.30
VP 103	Eje B-B entre los ejes 2 y 3	3.08	0.31	0.26	0.40	0.13	0.30	0.30
VP 104	Eje B'-B' entre los ejes 1 Y 2	3.75	0.38	0.31	0.40	0.13	0.30	0.30
VP 105	Eje C-C entre los ejes 1 y 2	3.75	0.38	0.31	0.40	0.13	0.30	0.30
VP 106	Eje C-C entre los ejes 2 y 3	3.08	0.31	0.26	0.40	0.13	0.30	0.30
VP 107	Eje D-D entre los ejes 1 y 2	3.75	0.38	0.31	0.40	0.13	0.30	0.30
VP 108	Eje D-D entre los ejes 2 y 3	3.08	0.31	0.26	0.40	0.13	0.30	0.30
VP 109	Eje D'-D' entre los ejes 2 y 3	3.08	0.31	0.26	0.40	0.13	0.30	0.30
VP 110	Eje E-E entre los ejes 1 y 2	3.75	0.38	0.31	0.40	0.13	0.30	0.30
VP 111	Eje E-E entre los ejes 2 y 3	3.08	0.31	0.26	0.40	0.13	0.30	0.30
VP 112	Eje E'-E' entre los ejes 1 Y 2	3.75	0.38	0.31	0.40	0.13	0.30	0.30
VP 113	Eje 1-1 entre los ejes A y B	2.93	0.29	0.24	0.45	0.15	0.34	0.35
VP 114	Eje 1-1 entre los ejes B y C	2.57	0.26	0.21	0.45	0.15	0.34	0.35
VP 115	Eje 1-1 entre los ejes C Y D	3.80	0.38	0.32	0.45	0.15	0.34	0.35
VP 116	Eje 1-1 entre los ejes D Y E	3.71	0.37	0.31	0.45	0.15	0.34	0.35
VP 117	Eje 1-1 entre los ejes E-E'	0.78	0.08	0.07	0.40	0.13	0.30	0.30
VP 118	Eje 2-2 entre los ejes A y B	2.93	0.29	0.24	0.45	0.15	0.34	0.35
VP 119	Eje 2-2 entre los ejes B y C	2.57	0.26	0.21	0.45	0.15	0.34	0.35
VP 120	Eje 2-2 entre los ejes C Y D	3.80	0.38	0.32	0.45	0.15	0.34	0.35
VP 121	Eje 2-2 entre los ejes D Y E	3.71	0.37	0.31	0.45	0.15	0.34	0.35
VP 122	Eje 2-2 entre los ejes E Y E'	0.78	0.08	0.07	0.40	0.13	0.30	0.30
VP 123	Eje 3-3 entre los ejes A y B	2.93	0.29	0.24	0.45	0.15	0.34	0.35
VP 124	Eje 3-3 entre los ejes B y C	2.57	0.26	0.21	0.45	0.15	0.34	0.35
VP 125	Eje 3-3 entre los ejes C Y D	3.80	0.38	0.32	0.45	0.15	0.34	0.35
VP 126	Eje 3-3 entre los ejes D Y E	3.71	0.37	0.31	0.45	0.15	0.34	0.35

Fuente: Elaboración propia

**- Predimensionamiento de Losa aligerada**

Para el pre-dimensionamiento de la losa aligerada en una dirección se utilizó 2 fórmulas mostradas a continuación y en función a estas se definió el espesor de la losa aligerada.

$$e_{\text{losa alig.}} = \frac{Ln}{20}, \quad e_{\text{losa alig.}} = \frac{Ln}{25}$$

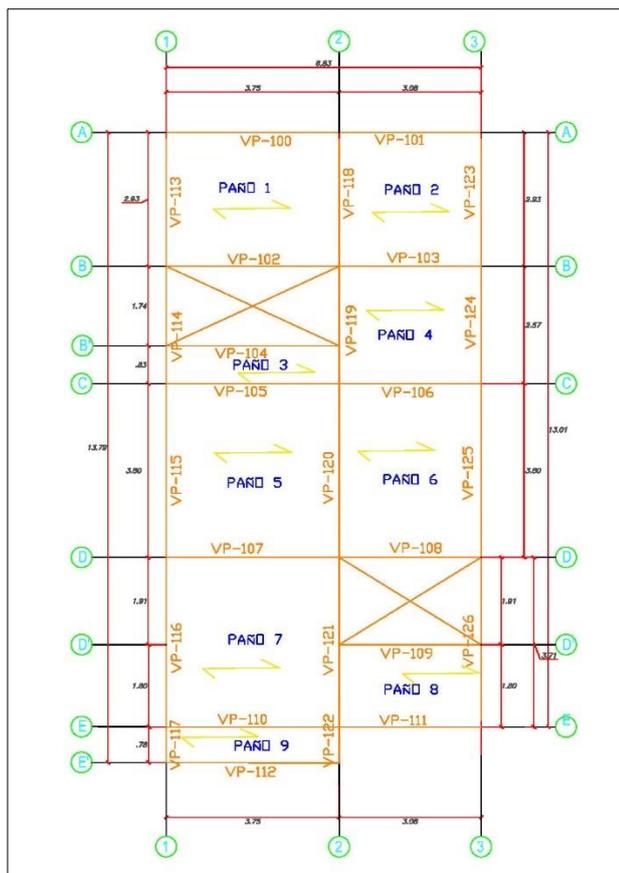
En la tabla 7 se puede apreciar el predimensionamiento de losas aligeradas utilizando las ecuaciones mencionadas anteriormente.

**Tabla 7. Predimensionamiento de losa aligerada**

Nomenclatura	Ln	Ln/20	Ln/25	Espeso de losa
Paño 1	3.75	0.19	0.15	0.2
Paño 2	3.10	0.16	0.12	0.2
Paño 3	3.75	0.19	0.15	0.2
Paño 4	3.10	0.16	0.12	0.2
Paño 5	3.75	0.19	0.15	0.2
Paño 6	3.10	0.16	0.12	0.2
Paño 7	3.75	0.19	0.15	0.2
Paño 8	3.10	0.16	0.12	0.2
Paño 9	3.75	0.19	0.15	0.2

Fuente: Elaboración propia

En la figura 7 se visualiza el predimensionamiento de losas aligeradas en una dirección, en dónde la luz libre esta representada por Ln.



**Figura 7. Plano de predimensionamiento de losas aligeradas**

Fuente: Elaboración propia – Autocad

- **Predimensionamiento de escalera.**

Se utilizó los parámetros establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones A.010 para poder definir las dimensiones de los pasos y contrapasos, y se utilizó la norma A.020 del RNE para establecer el ancho mínimo y con estos parámetros se procedió a realizar el predimensionamiento.

a) Paso (P)

Paso mínimo = 25cm

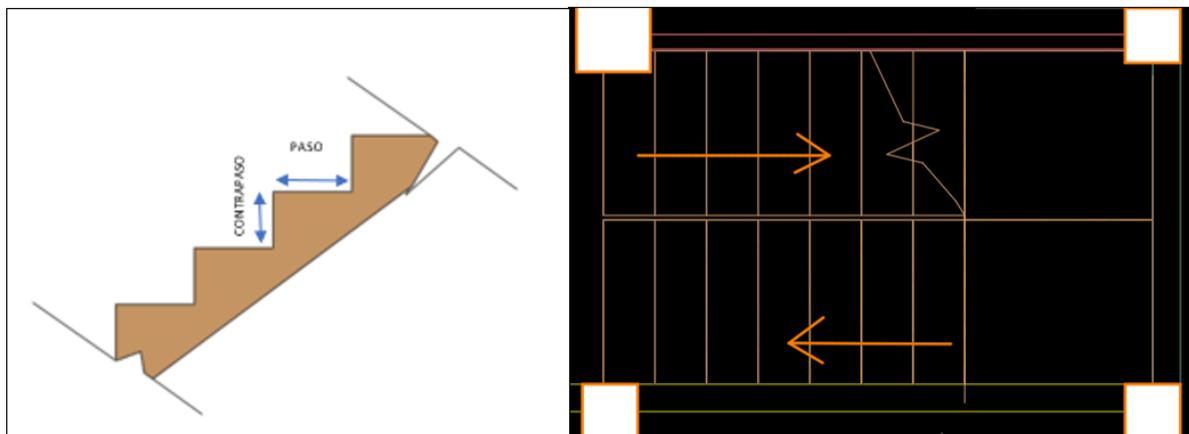
b) Contrapaso (CP)

Para viviendas se utiliza de 15 a 18 cm

c) Ancho mínimo de escalera (B)

Vivienda = 0.90 m

En la figura 8 se aprecia la escalera del plano de arquitectura de la vivienda a analizar y el paso (P) y contrapaso (CP)



*Figura 8. Escaleras*

Fuente: Elaboración propia – Autocad

**Espesor de la losa inclinada**

$e_{\text{losa inclinada}} = \frac{L}{20}, \frac{L}{25}$ ; L= Luz de ejes entre apoyos de la losa inclinada.

- Delimitación del contrapaso (CP)

$$2.70\text{m} / 2 = 1.35 \text{ m}$$

$1.35 \text{ m} / 0.18 = 7.5 \approx 8$  contrapasos

- Delimitación del paso (P)

$P = CP - 1 = 8 - 1 = 7$  pasos

- Definiendo la losa inclinada con la siguiente ecuación:

$$e_{\text{losa inclinada}} = \frac{L}{20}, \frac{L}{25}$$

$$\left(\frac{L}{20}\right) e_{\text{losa inclinada}} = 0.15 \text{ m}$$

$$\left(\frac{L}{25}\right) e_{\text{losa inclinada}} = 0.12 \text{ m}$$

De los valores obtenidos optamos por tomar 0.15 m por ser el mayor valor.

### **Medrado de cargas.**

- ✓ **Peso propio de los elementos estructurales:**

El peso propio se asignó en el modelamiento de la edificación en donde los programas a utilizar nos permiten obtener el peso propio considerado.

- ✓ **Peso de los acabados:**

En los acabados se utilizó un concreto simple en donde el peso específico es  $2300 \text{ kg/m}^3$  y un espesor de 5 cm.

$$2300 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} * 1 * 1 * 0.05 \text{ m} = 115 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

- ✓ **Peso de muros no portantes:**

El peso específico de las unidades de arcilla huecas es de  $1350 \text{ kgf/m}^3$ .

- Calculamos el peso de muros con altura de 1.20 m. (Para el parapeto de la azotea)

Consideramos un espesor de muro de 0.15 m.

$$1350 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} * 1.20 \text{ m} * 0.15 \text{ m} = 243 \text{ kgf/m}$$

- Calculamos el peso de muros con altura de 2.30 m. (altura de piso restándole la altura de la viga 40 cm)

Consideramos un espesor de muro de 0.15 m.

$$1350 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} * 2.30 \text{ m} * 0.15 \text{ m} = 466 \text{ kgf/m}$$

- Calculamos el peso de muros con altura de 2.25 m. (altura de piso restándole la altura de la viga 45 cm)

Consideramos un espesor de muro de 0.15 m.

$$1350 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} * 2.25 \text{ m} * 0.15 \text{ m} = 456 \text{ kgf/m}$$

- Consideramos un peso del 50% del peso de los muros con altura de 2.30 m para calcular el peso de muros en dónde se colocará las ventanas.

$$466 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} * 50\% = 233 \text{ kgf/m}$$

✓ **Peso de tabiquería móvil:**

Según el RNE norma E020 el peso de la tabiquería móvil es de 100 kgf/m<sup>2</sup>

✓ **Peso de la losa aligerada:**

Según el RNE norma E020 el peso de la losa aligerada para un espesor de 20 cm es de 300 kgf/m<sup>2</sup>.

✓ **Carga muerta de la escalera**

Espesor del descanso:

$$\left(\frac{L}{20}\right) e_{\text{descanso}} = 0.15 \text{ m}$$

$$\left(\frac{L}{25}\right) e_{\text{descanso}} = 0.12 \text{ m}$$

De los valores obtenidos optamos por tomar 0.15 m por ser el mayor valor.

Espesor del descanso:

$$hm = \frac{t * \sqrt{p^2 - cp^2}}{p} + \frac{cp}{2}$$

$$hm = \frac{0.15 * \sqrt{0.25^2 - 0.18^2}}{0.25} + \frac{0.18}{2}$$

$$hm = 0.194 \approx 0.20 \text{ m}$$

a) Descanso

$$\text{Peso propio de losa} = 2400 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} * 1.00 \text{ m} * 0.15 \text{ m} = 360 \text{ kgf/m}$$

$$\text{Peso propio piso} = 100 \text{ kgf/m}$$

$$\text{Total del peso descanso (W1)} = 460 \text{ kgf/m}$$

b) Parte inclinada

Calculamos un espesor equivalente para poder hallar la carga de la parte inclinada de la escalera.

$$\text{Tequivalente} = e' + \frac{CP}{2}$$

Utilizando el espesor de la losa inclinada = 15 cm

$$\sqrt{P^2 - CP^2} = \sqrt{25^2 + 18^2} = 30.81 \text{ cm}$$

$$\text{Cos}b = \frac{P}{30.81}, \text{ donde } P = \text{Paso} = 25 \text{ cm}$$

$$\text{Cos}b = 0.81$$

$e' = e / \text{cos}b$ ,  $e =$  espesor de la losa de la escalera = 15 cm

$$e' = 0.15 / 0.81 = 0.19$$

reemplazamos en la ecuación del Tequivalente

$$\text{Tequivalente} = e' + \frac{CP}{2} = 0.19 + \frac{0.18}{2} = 0.28 \text{ m}$$

$$\text{Peso propio de losa} = 2400 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} * 1.00 \text{ m} * 0.28 \text{ m} = 672 \text{ kgf/m}$$

$$\text{Peso propio piso} = 100 \text{ kgf/m}$$

$$\text{Total del peso parte inclinada (W2)} = 772 \text{ kgf/m}$$

Sumamos descanso (W1) y la parte inclinada (W2)

$$W1 + W2 = 460 \text{ kgf/m} + 772 \text{ kgf/m} = 1232 \text{ kg/m}^2$$

Esta carga multiplicamos por la base de la escalera

$$1232 \text{ kg/m}^2 * 1.50 \text{ m} = 1848 \text{ kgf/m}$$

✓ **Sobrecarga de la escalera:**

De acuerdo a la norma E020 del RNE indica que para una escalera en uso de vivienda la sobrecarga es de 200 kgf/m<sup>2</sup>

Esta carga multiplicamos por la base de la escalera

$$200 \text{ kgf/m}^2 * 1.50 \text{ m} = 300 \text{ kgf/m}$$

✓ **Sobrecarga:**

Según la norma E020 del RNE las cargas vivas mínimas para el uso de vivienda es de 200 kgf/m<sup>2</sup>

## **ANÁLISIS ESTÁTICO**

### **Cortante basal estática:**

De acuerdo a la norma E030 del RNE la cortante basal estática se determina mediante la siguiente ecuación:

$$V_{est} = \frac{ZUCS}{R} * P$$

### **Dónde:**

Z= Factor de Zona

U= Factor de Uso

C=Factor de amplificación sísmica

S= Factor de Suelo

R= Factor de Reducción

P= Peso sísmico de la estructura

- **Factor de Zona (Z):**

Conforme a la norma E030, para obtener el dato del factor se zona nos ubicamos en la parte de los anexos y para nuestra edificación nos

encontramos en la Ciudad de Juliaca a la cual le corresponde una zona 3, como se muestra en la tabla 8.

**Tabla 8.** Zona del distrito de Juliaca.

PUNO	SAN ROMÁN	JULIACA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CABANA		
		CABANILLAS		
		CARACOTO		

Fuente: RNE – Norma E030

Según la tabla 9 del RNE, la norma E030 indica que para una zona 3 le corresponde un factor de zona de 0.35.

**Tabla 9.** Factor de Zona del distrito de Juliaca

FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: RNE – Norma E030

- **Factor de Uso (U):**

Conforme a la tabla 10 extraída de la norma E030 del RNE, nos indica las categorías para los distintos tipos de edificaciones, para nuestra Edificación que es una vivienda pertenece a la categoría C, dónde el factor a considerar es de 1.

**Tabla 10. Factor de Uso para una vivienda.**

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud .	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado	1.5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1.3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Fuente: RNE – Norma E030

- **Factor de suelo (S):**

Para el factor de suelo la norma E030 del RNE muestra valores numéricos en función a la estratigrafía de suelos, en nuestro caso consideraremos que el edificio se apoyará en un suelo intermedio que corresponde a una arena densa y este suelo pertenece al tipo 2, para

obtener el factor de suelo es necesario adicionalmente disponer de la zona de la edificación, para nuestra edificación tenemos un factor de suelo igual a 1.15, mostrado en la tabla 11.

**Tabla 11. Factor de Suelo..**

ZONA \ SUELO	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: RNE – Norma E030

En la tabla 12 se muestra los límites de periodos según al tipo de suelo, de acuerdo a nuestra edificación estos valores son de T<sub>P</sub>=0.6 y T<sub>L</sub>=2.0.

**Tabla 12. Límites de periodo.**

	Perfil de suelo			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
T <sub>P</sub> (s)	0.3	0.4	0.6	1
T <sub>L</sub> (s)	3	2.5	2	1.6

Fuente: RNE – Norma E030

- **Factor de amplificación sísmica (C):**

Se hallará este factor de amplificación sísmica de acuerdo a los periodos tanto para la dirección X y para la dirección Y, y seguidamente se utilizaron las fórmulas siguientes:

Para  $T < T_p$  ;  $C = 2.5$

Para  $T_p < T < T_L$  ;  $C = 2.5 * (T_p/T)$

Para  $T_L < T$  ;  $C = 2.5 * (T_p * T_L / T^2)$

- **Factor de reducción (R):**

Para la obtención de este valor debemos de conocer el tipo de sistema estructural de la edificación, en nuestra edificación el sistema estructural utilizado es aporticado, de acuerdo a la tabla 13, nos muestra que el factor de Reducción es de 8.

**Tabla 13.** Factor de reducción R.

Sistema Estructural	Coficiente Básico de Reducción Ro(*)
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistente a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<b>Concreto Armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albañilería Armada o Confinada</b>	3
<b>Madera</b>	7 (**)

Fuente: RNE – Norma E030

Con los datos y ecuaciones mencionados se procede a obtener el espectro de respuesta sísmico para la Ciudad de Juliaca para los ejes horizontales X y Z (en caso del Staad Pro y Ram Elements) y X y Y (en caso del Etabs).

En dónde el valor numérico que obtenemos de calcular SUCZ/R es de 0.126.

## Modelado de la estructura en los tres Software.

### - Ram Elements Connect Edition.

En la figura 9 se observa la configuración de Unidades que utilizamos en el modelado de la vivienda de 4 niveles.

Propiedad	Unidad
Sistema de unidades:	Métrico
Longitudes:	m
Dimensiones de Sección:	cm
Área de Refuerzo de Acero:	cm <sup>2</sup>
Resistencias de Materiales:	Kg/m <sup>2</sup>
Pesos unitarios:	Kg/m <sup>3</sup>
Temperaturas:	C
Resortes Traslacionales:	Kg/cm
Resortes Rotacionales:	Kg*m/rad
Fuerzas/Cargas Puntuales:	Kg
Fuerzas/Cargas Distribuidas:	Kg/m
Cargas de Área:	Kg/m <sup>2</sup>
Esfuerzos:	Kg/m <sup>2</sup>
Esfuerzos en suelos:	Kg/m <sup>2</sup>
Momentos:	Kg*m
Deflexiones:	cm
Otros:	Kg-m

Unidades por defecto en sistema:

Inglés     SI     Métrico

Aceptar    Cancelar

Figura 9. Configuración de Unidades.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements.

En la figura 10 se visualiza la inserción de coordenadas de los nudos que utilizamos para la realización del modelo estructural, en dónde el eje “y” es el eje vertical y los ejes “x” y “z” son horizontales.

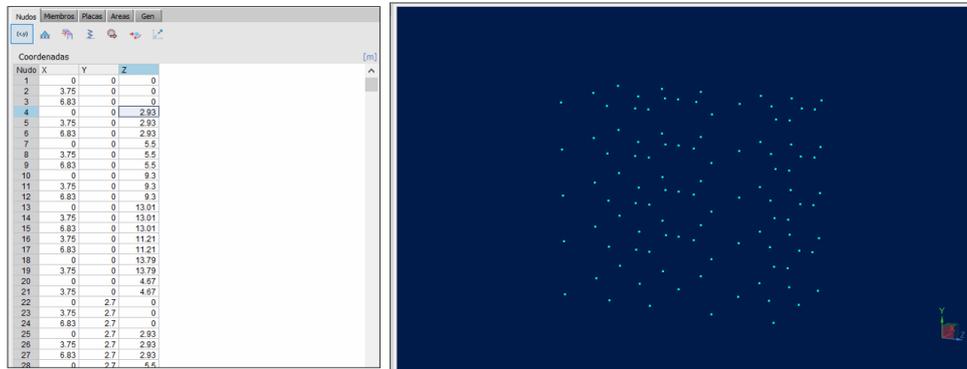


Figura 10. Ingreso de coordenadas – Ram Elements.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements.

En la figura 11 se observa la definición de materiales en nuestra edificación utilizando un concreto de resistencia la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

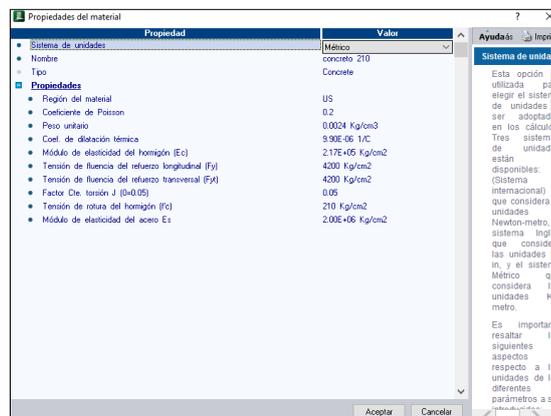
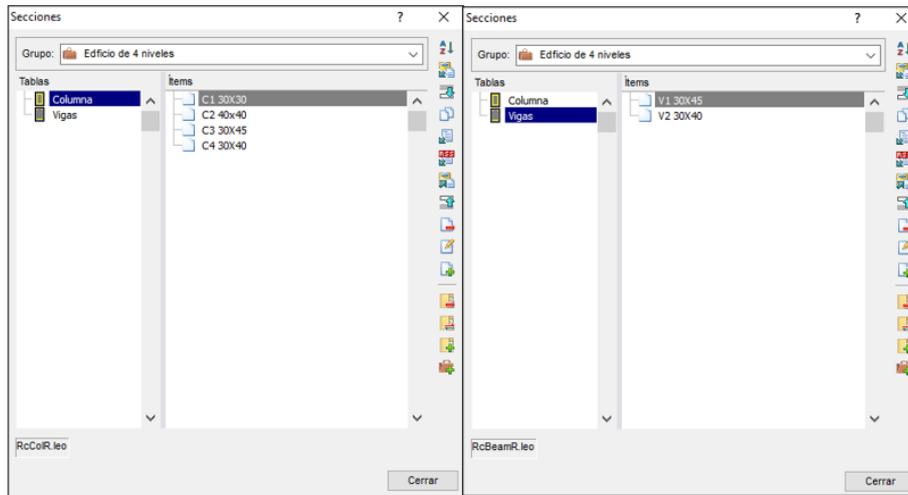


Figura 11. Definición de material – concreto 210 kg/cm<sup>2</sup>.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements.

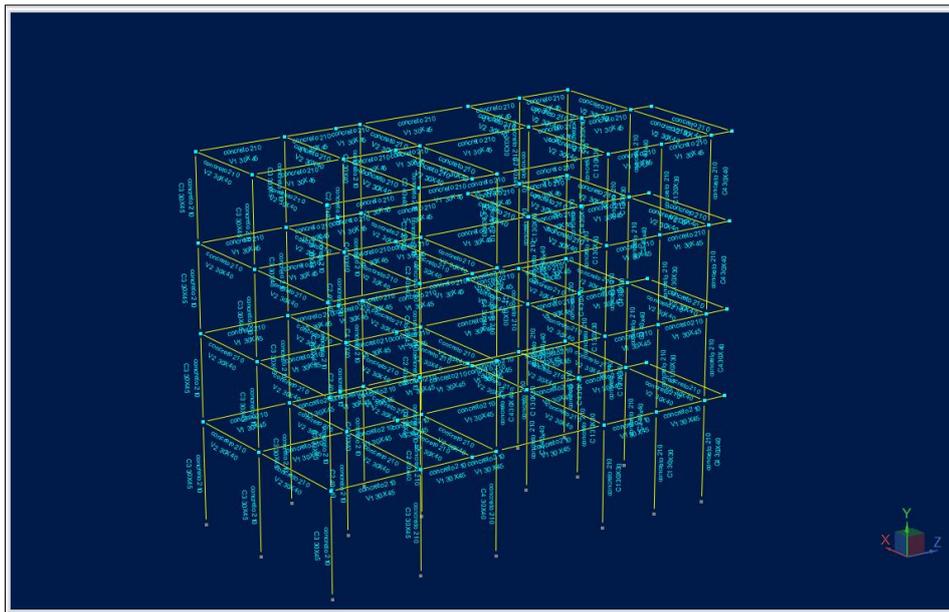
En la figura 12 se muestra la definición de las secciones a utilizar según a los datos del predimensionamiento de columnas y vigas.



*Figura 12.* Definición de secciones de vigas y columnas.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements.

En la figura 13 se muestra el modelado de las vigas y columnas con sus respectivas secciones y material.



*Figura 13.* Modelado de vigas y columnas.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements.

En la figura 14 se muestra la asignación de apoyos en los nudos de la base en donde para nuestra edificación son empotrados en los 6 grados de libertad.

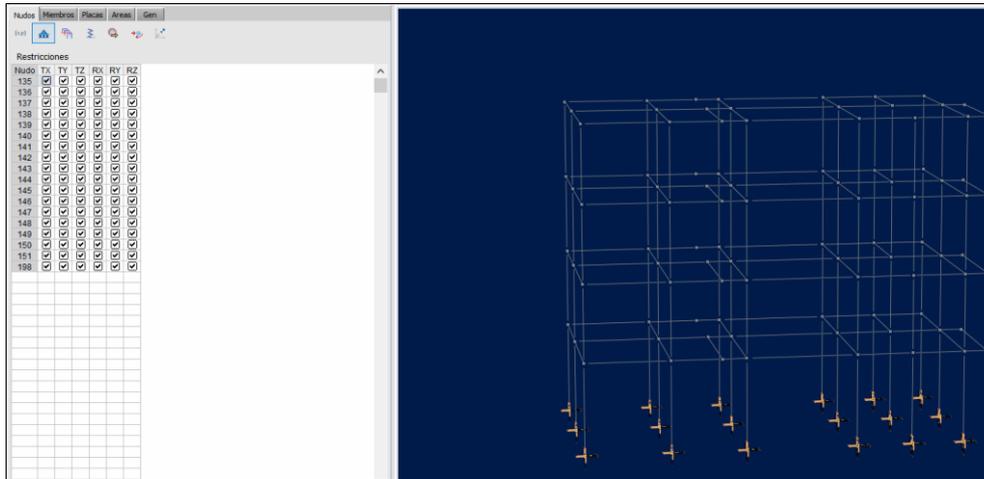


Figura 14. Asignación de apoyos empotrados en la base.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements.

En la figura 15 se observa el modelado de las losas considerándolo como un elemento de superficie en una dirección.

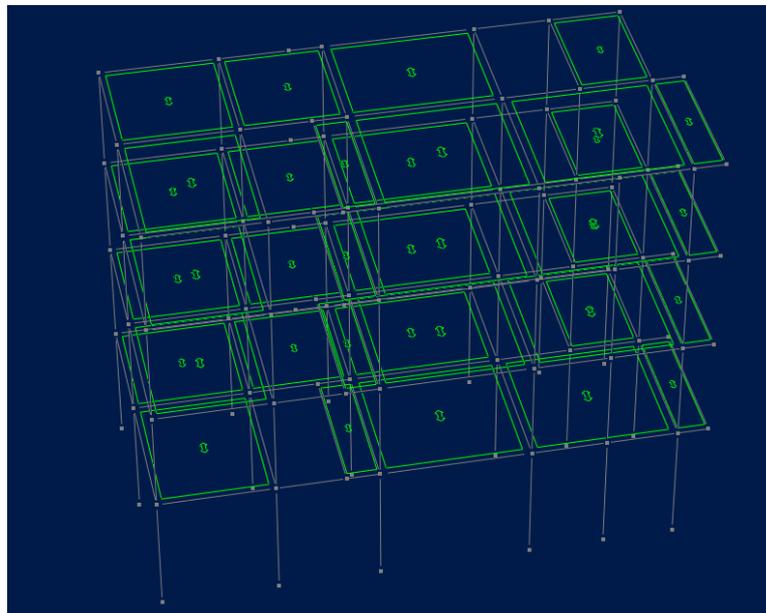


Figura 15. Modelado de las losas aligeradas en una dirección.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements.

En la figura 16 se muestra la asignación de diafragma rígido por nivel esto para que la estructura trabaje como un solo elemento por piso y que estos utilicen los mismos grados de libertad

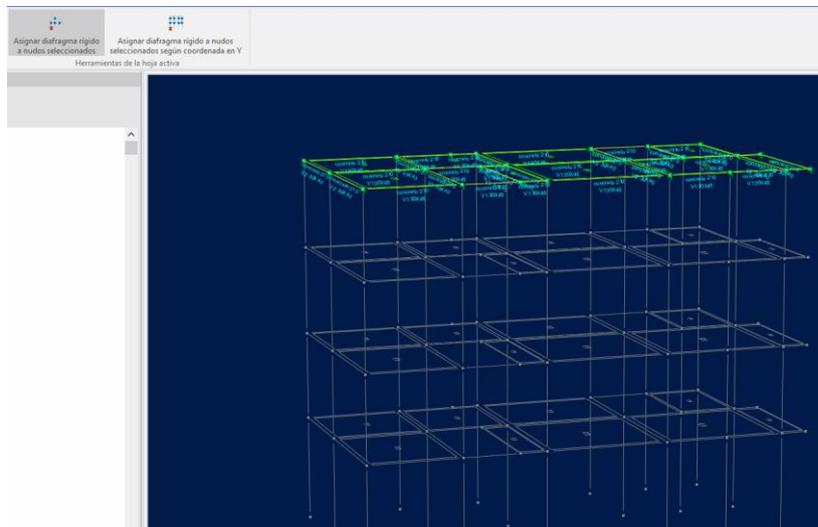


Figura 16. Asignación de diafragma rígido.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements.

En la figura 17 se observa la creación de estados de carga en dónde tenemos carga viva, carga muerta, carga de sismo en x y sismo en z.

Condiciones:			
Nro	ID	Descripción	Categoría
1	CM	Carga Muerta	DL
2	CV	Carga viva	LL
3	Ex	Sismo en X	EQ
4	Ez	Sismo en Z	EQ

Figura 17. Creación de estados de carga y su categoría.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements.

En la figura 18 se visualiza la asignación del centro de masa por piso con un factor de 1 para la carga muerta y de 0.25 para la carga viva de acuerdo a la norma E030 del RNE.

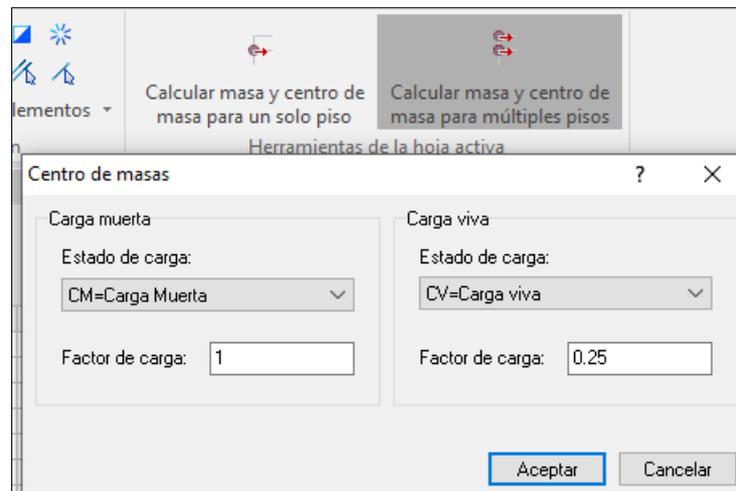


Figura 18. Asignación del centro de masa por pisos.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements.

En la figura 19 se muestra la asignación de cargas muertas que se calcularon en el metrado de cargas.

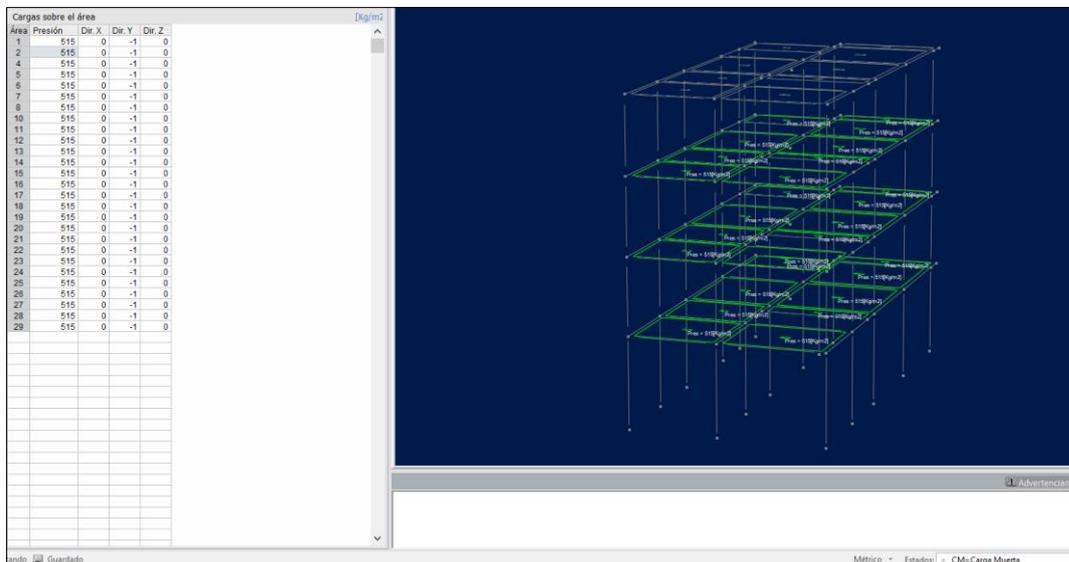


Figura 19. Asignación de cargas muertas a la vivienda de 4 niveles.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements.

En la figura 20 se muestra la asignación de cargas vivas que se calcularon en el metrado de cargas.

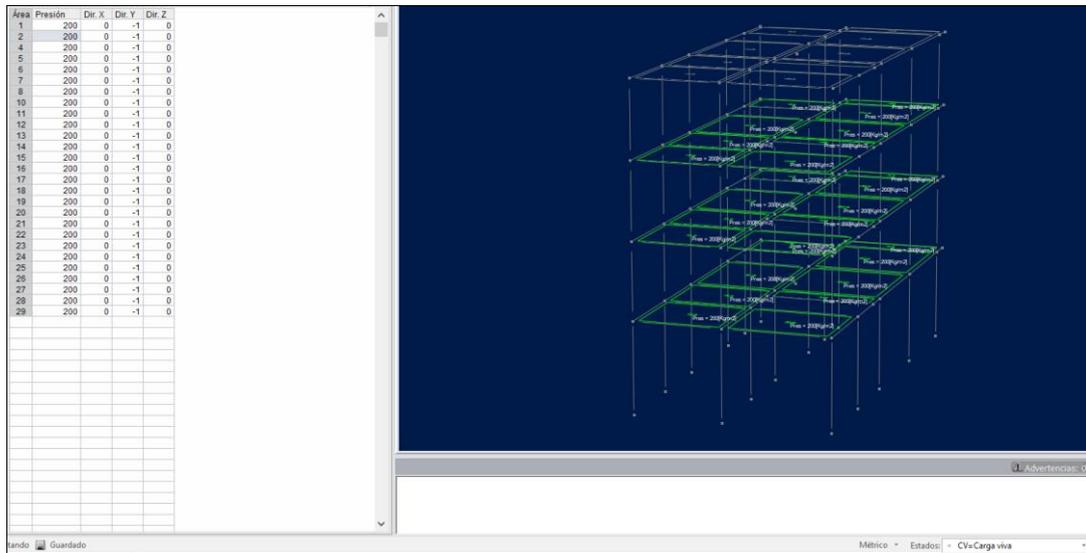


Figura 20. Asignación de cargas vivas a la vivienda de 4 niveles.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements.

En la figura 21 se visualiza las cargas muertas y cargas vivas asignadas a la edificación.

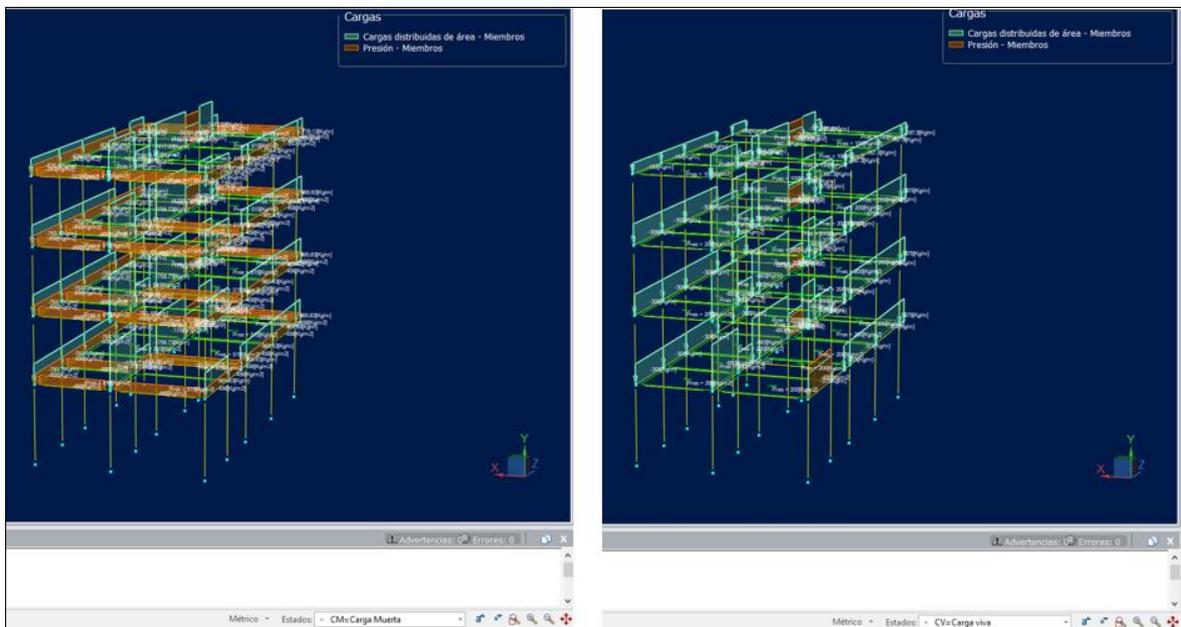
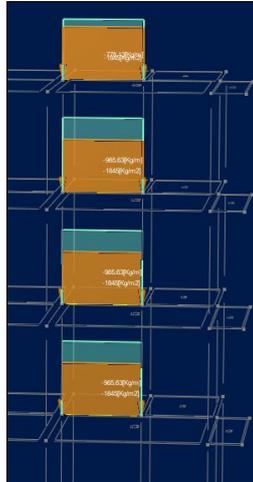


Figura 21. Cargas vivas y muertas asignadas a la edificación.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements.

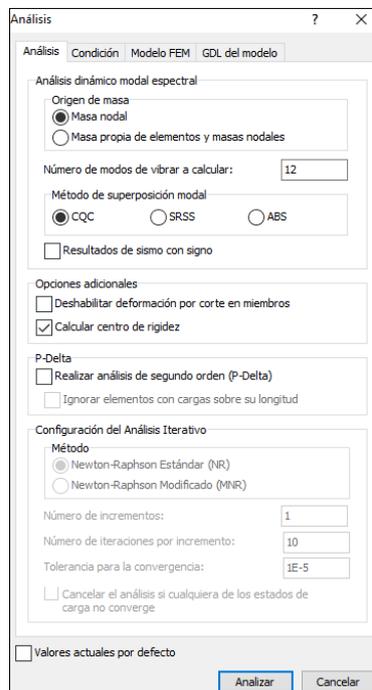
En la figura 22 se muestra la carga de la escalera asignada a las vigas en dónde se apoya, y esta calculada el valor numérico de su peso en el metrado de cargas.



*Figura 22.* Carga de escalera – Ram Elements

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements.

En la figura 23 se observa la definición del número de modos de vibrar a calcular en nuestra edificación es de 12 modos (3 modos de vibración por nivel)



*Figura 23.* Definición del número de modos de vibración.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements.

La figura 24 muestra el periodo y la aceleración del espectro de respuesta obtenidos con los datos del análisis estático.

T(período)	Acel (a/g)
0	1.234
0.02	1.234
0.04	1.234
0.06	1.234
0.08	1.234
0.1	1.234
0.12	1.234
0.14	1.234
0.16	1.234
0.18	1.234
0.2	1.234
0.25	1.234
0.3	1.234
0.35	1.234
0.4	1.234
0.45	1.234
0.5	1.234
0.55	1.234
0.6	1.234
0.65	1.139
0.7	1.058
0.75	0.987
0.8	0.925
0.85	0.871
0.9	0.823
0.95	0.779
1	0.74
1.1	0.673
1.2	0.617
1.3	0.569
1.4	0.529
1.5	0.494
1.6	0.463
1.7	0.435
1.8	0.411

Figura 24. Espectro de respuesta-Ram Elements.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements.

Podemos observar en la figura 25 la definición de las combinaciones de carga según la norma E060 del RNE.

Combinaciones:  
Formula:  $S1 = CM + 0.25CV$

Nro	ID	CM	CV	Ex	Ez	Tipo
1	S1	1	0.25	0	0	Servicio
2	Comb1	1.4	1.7	0	0	Diseño
3	Comb2	1.25	1.25	1	0	Diseño
4	Comb3	1.25	1.25	0	1	Diseño
5	Comb4	1.25	1.25	-1	0	Diseño
6	Comb5	1.25	1.25	0	-1	Diseño
7	Comb6	0.9	0	1	0	Diseño
8	Comb7	0.9	0	0	1	Diseño
9	Comb8	0.9	0	-1	0	Diseño
10	Comb9	0.9	0	0	-1	Diseño

Buttons: Aceptar, Cancelar

Figura 25. Combinaciones de carga según RNE.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements.

Luego se procede a obtener los periodos de vibración en el programa Ram Elements, tal como se muestra en la figura 26.

<b>FRECUENCIAS POR MODO:</b>		
<b>MODO</b>	<b>W [RAD/SEG]</b>	<b>T [SEG]</b>
1	19.62	0.32016
2	20.33	0.30908
3	24.46	0.25687
4	62.55	0.10045
5	65.06	0.09657
6	78.61	0.07993
7	112.66	0.05577
8	120.02	0.05235
9	145.42	0.04321
10	160.69	0.03910
11	177.32	0.03543
12	218.22	0.02879

<b>PORCENTAJE DE PARTICIPACION DE MASAS</b>						
<b>MODO</b>	<b>Participación Modal</b>					
	<b>Part.X</b>	<b>Part.Y</b>	<b>Part.Z</b>	<b>Rot.X</b>	<b>Rot.Y</b>	<b>Rot.Z</b>
1	10.61	0.00	76.09	0.00	6.04	0.00
2	69.58	0.00	15.31	0.00	6.42	0.00
3	10.63	0.00	1.69	0.00	79.07	0.00
4	0.64	0.00	5.07	0.00	0.43	0.00
5	5.91	0.00	0.76	0.00	0.70	0.00
6	1.09	0.00	0.09	0.00	5.90	0.00
7	0.03	0.00	0.81	0.00	0.04	0.00
8	1.04	0.00	0.04	0.00	0.10	0.00
9	0.26	0.00	0.01	0.00	1.10	0.00
10	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00
11	0.16	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
12	0.05	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00

*Figura 26.* Periodos de vibración en Ram Elements.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements.

Seguidamente realizamos a la obtención de los pesos por nivel en el Software Ram Elements con la consideración de indicar que se tome un 100% de la Carga muerta y un 25 % de la carga viva, como lo indica la norma E030 del RNE, en dónde calculamos el peso total y el peso por nivel.

En la figura 27 se observa el peso total de toda la edificación de 4 niveles.

Nudo	Fuerzas [Kg]			Momentos [Kg*m]		
	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Estado Carga=CM+0.25CV						
43	74.95522	14554.71900	100.57157	101.67950	0.05221	-85.58421
44	58.11331	18003.90400	-46.82956	-53.55845	0.05221	-72.52911
45	-18.27567	19384.96800	137.05478	137.60067	0.05221	11.03019
46	-51.76412	13034.88200	85.87718	81.64738	0.05221	45.73399
47	-47.08179	19311.78000	-26.19380	-36.38204	0.05221	36.48370
48	52.52850	22974.80800	90.74607	91.80263	0.04269	-66.12252
49	-27.98182	20967.64400	60.54280	55.94334	0.04269	17.82291
50	42.61688	22870.64600	-82.97142	-91.15085	0.04269	-63.70524
51	-30.60389	10113.76700	-44.23138	-54.40133	0.04269	12.63962
52	8.25958	28024.45900	-86.01806	-103.89111	0.07918	-20.13657
53	-8.66959	33929.84200	150.69493	142.92163	0.07918	-6.09758
54	-21.32161	32661.00600	-205.06610	-228.01854	0.07918	1.75285
55	-20.42144	23849.42800	0.79416	-13.37490	0.07918	-4.40063
56	21.07034	24974.29000	-10.26236	-13.63405	0.02505	-28.67010
57	-17.14116	14771.14000	-95.10043	-106.02034	0.02505	11.57298
58	19.71966	15841.92800	-18.07970	-23.53484	0.02505	-28.09708
59	-34.00240	9784.02980	-11.52871	-18.00539	0.02505	28.48120
SUM	0.00000	345053.24000	-0.00002	-130.37668	0.84876	-209.82560

Figura 27. Peso total de la edificación.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements.

En la figura 28 se observa el peso de la edificación excluyendo el cuarto nivel.

Nudo	Fuerzas [Kg]			Momentos [Kg*m]		
	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Estado Carga=CM+0.25CV						
43	75.14152	11995.37200	100.74648	101.84116	0.04070	-83.63095
44	57.76938	14547.36200	-51.62917	-58.63580	0.04070	-69.05734
45	-19.41035	16070.59800	138.10611	139.23656	0.04070	14.35236
46	-51.77130	10750.27900	85.88722	82.63936	0.04070	47.88774
47	-47.68801	15894.17600	-29.21639	-38.58393	0.04070	40.22727
48	52.23138	18602.84300	86.65431	87.47328	0.03329	-63.02773
49	-28.12169	17138.34700	60.56009	56.83391	0.03329	20.75374
50	43.41806	18287.91800	-81.65322	-89.78261	0.03329	-60.01116
51	-29.71888	8180.87210	-43.22197	-52.46589	0.03329	16.24629
52	6.18457	23021.38400	-93.11391	-110.17582	0.06174	-15.05568
53	-10.57164	27735.53100	151.67274	145.05507	0.06174	-0.40106
54	-20.55674	26371.16900	-202.36878	-224.09223	0.06174	5.84557
55	-19.75992	19051.14000	-0.41545	-13.52222	0.06174	0.94889
56	21.86434	20396.80400	-10.17076	-13.55262	0.01953	-27.95902
57	-16.30446	12213.34300	-91.27223	-101.33434	0.01953	12.23909
58	20.72367	13012.85500	-14.07046	-18.95999	0.01953	-27.42000
59	-33.42993	8035.40170	-6.49461	-12.04937	0.01953	29.61276
SUM	0.00000	281305.39000	-0.00001	-120.07547	0.66174	-158.44925

Figura 28. Peso de la edificación, excluyendo el cuarto nivel.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements.

En la figura 29 se observa el peso de la edificación excluyendo el cuarto nivel y el tercer nivel

Nudo	Fuerzas [Kg]			Momentos [Kg*m]		
	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Estado	Carga=CM+0.25CV					
43	63.49203	8243.41370	91.21926	91.41436	0.02578	-69.31069
44	47.54642	9884.48740	-52.68003	-60.13558	0.02578	-54.95810
45	-16.90606	11148.90600	125.47860	126.25983	0.02578	14.00517
46	-42.54224	7351.00020	76.94147	74.12752	0.02578	40.57173
47	-40.39451	10912.94000	-29.17880	-37.63481	0.02578	36.17434
48	44.05878	12676.85700	75.94426	75.84443	0.02108	-51.27004
49	-24.36203	11769.08500	56.50366	53.37029	0.02108	20.07006
50	38.10689	12369.30100	-71.70784	-79.65784	0.02108	-48.97366
51	-25.60312	5560.49180	-38.05031	-46.21080	0.02108	17.45464
52	3.89167	15851.13500	-86.33923	-102.43335	0.03910	-9.38246
53	-10.53727	19131.11100	134.88273	128.22740	0.03910	3.87830
54	-16.39057	18028.28200	-182.74992	-202.95757	0.03910	7.34381
55	-16.79001	12955.20900	4.23013	-7.99970	0.03910	5.18522
56	21.71243	14063.25900	-10.25103	-13.89919	0.01237	-25.95053
57	-15.19379	8538.86250	-83.76367	-92.82022	0.01237	12.91787
58	20.95221	9096.01270	-9.99280	-14.45078	0.01237	-25.56936
59	-31.04082	5506.77890	-0.48649	-5.11547	0.01237	29.18797
SUM	0.00000	193087.13000	0.00000	-114.07149	0.41911	-98.62573

Figura 29. Peso de la edificación, excluyendo el tercer y cuarto nivel.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements.

En la figura 30 se observa el peso de la edificación excluyendo el cuarto, tercero y segundo nivel.

Nudo	Fuerzas [Kg]			Momentos [Kg*m]		
	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Estado	Carga=CM+0.25CV					
43	92.21413	4564.05700	129.32027	130.61725	0.01745	-94.06397
44	65.63289	5441.34640	-83.08652	-93.08250	0.01745	-67.98820
45	-27.71917	6117.41960	177.14986	180.15353	0.01745	30.22192
46	-59.69519	4064.10110	106.49464	105.05495	0.01745	63.35839
47	-60.68813	5968.81050	-51.32002	-61.15019	0.01745	62.91723
48	62.06309	6729.11330	88.74944	88.50924	0.01427	-65.59809
49	-34.16975	6348.90710	73.37735	70.96600	0.01427	34.74069
50	57.66013	6531.86280	-95.34386	-105.37168	0.01427	-63.65378
51	-34.21998	3124.13200	-48.55376	-57.44778	0.01427	32.14655
52	-0.02516	8660.70110	-148.38202	-168.22895	0.02647	0.05117
53	-20.07891	10334.43800	195.30007	190.11690	0.02647	19.75299
54	-22.78683	9780.46190	-253.29205	-277.61514	0.02647	20.79096
55	-23.11049	7080.34260	8.62229	-4.52580	0.02647	19.38522
56	32.46106	7535.74470	-12.15223	-16.51735	0.00837	-35.12604
57	-19.72859	4754.56920	-96.52901	-106.39557	0.00837	19.83836
58	29.16101	4842.30390	-1.68959	-6.05596	0.00837	-31.93449
59	-36.97014	2990.55680	11.33514	7.20335	0.00837	37.71263
SUM	0.00000	104868.87000	0.00000	-123.76972	0.28372	-17.44845

Figura 30. Peso de la edificación, excluyendo del 2do al 4to nivel.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements.

En la figura 31 se observa el peso de la edificación excluyendo los niveles del primero al cuarto (solamente el peso de las columnas).

Nudo	Fuerzas [Kg]			Momentos [Kg*m]		
	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Estado Carga=CM+0.25CV						
43	0.00000	1036.80000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
44	0.00000	1036.80000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
45	0.00000	1036.80000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
46	0.00000	1036.80000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
47	0.00000	1036.80000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
48	0.00000	921.60000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
49	0.00000	921.60000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
50	0.00000	921.60000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
51	0.00000	921.60000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
52	0.00000	1228.80000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
53	0.00000	1228.80000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
54	0.00000	1228.80000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
55	0.00000	1228.80000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
56	0.00000	691.20000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
57	0.00000	691.20000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
58	0.00000	691.20000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
59	0.00000	691.20000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
SUM	0.00000	16550.40000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Figura 31. Peso de la edificación, excluyendo los 4 niveles. (solo columnas).

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements.

Una vez obtenidos los pesos, procedemos a calcular el peso de cada nivel realizando diferencias entre el peso total y los pesos de los niveles, como se muestra en la tabla 14.

Tabla 14. Cálculo de pesos por nivel – Ram Elements.

RAM ELEMENTS			
	KG		
PESO TOTAL	345053.24	PESOS (KG)	
P1	281305.39	Peso 4to nivel	63748
P2	193087.13	Peso 3er nivel	151966
P3	104848.87	Peso 2do nivel	240204
P4	16550.4	Peso 1er nivel	328503
			784421

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenido los pesos por nivel, realizamos el cálculo de las cortantes basales por niveles con la siguiente ecuación indicada en la norma E030 del RNE.

$$V = \frac{SUCZ}{R} * P$$

$$Fi = \alpha_i * V$$

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

Dónde calculando cada valor y reemplazando para cada piso tenemos los valores numéricos mostrados en la tabla 15.

**Tabla 15.** Obtención de cortantes por niveles-Ram Elements.

<b>RAM ELEMENTS</b>							
PISOS	PESO (KG)	hi	k	hi^k	p*hi^k	alfa	Fi=alfa*v
P4	63747.85	11.3	1	11.3	720350.705	0.16023197	15836.8577
P3	151966.11	8.6	1	8.6	1306908.55	0.29070358	28732.289
P2	240204.37	5.9	1	5.9	1417205.78	0.31523766	31157.1657
P1	328502.84	3.2	1	3.2	1051209.09	0.2338268	23110.7551
	784421				4495674.12		

Fuente: Elaboración propia

Luego se procede a realizar la obtención de las deformaciones de entrepiso en el Software Ram Elements, como se muestra en la figura 32, dónde según el RNE para una estructura regular este valor es 6.

<b>Resultados del Análisis</b>									
<b>Desplazamiento lateral relativo en nudos</b>									
Factor de amplificación : 6.00									
Nudo	ΔH [m]	En X				En Z			
		TX [m]	ΔTX [m]	Deriva [m]	Relación	TZ [m]	ΔTZ [m]	Deriva [m]	Relación
<b>Ex = Sismo en X</b>									
102	0.00	0.00133	0.00133	0.00799	0.00000	0.00027	0.00027	0.00161	0.00000
103	2.70	0.00228	0.00095	0.00570	0.00211	0.00042	0.00015	0.00092	0.00034
104	2.70	0.00298	0.00070	0.00420	0.00155	0.00053	0.00011	0.00065	0.00024
105	2.70	0.00341	0.00042	0.00255	0.00094	0.00059	0.00006	0.00034	0.00013
<b>Ez = Sismo en Z</b>									
102	0.00	0.00024	0.00024	0.00145	0.00000	0.00173	0.00173	0.01036	0.00000
103	2.70	0.00041	0.00017	0.00103	0.00038	0.00272	0.00099	0.00597	0.00221
104	2.70	0.00054	0.00013	0.00076	0.00028	0.00342	0.00070	0.00420	0.00156
105	2.70	0.00062	0.00008	0.00047	0.00018	0.00379	0.00037	0.00220	0.00081

**Figura 32.** Obtención de deformaciones en el Software Ram Elements.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements.

Para poder obtener las deformaciones específicamente de cada piso tenemos que obtener las distorsiones finales relativas realizando diferencias entre las distorsiones absolutas de los niveles, como se muestra en la tabla 16.

**Tabla 16.** Obtención de Distorsiones de entrepiso finales.

NIVEL	Dirección	$\Delta$ Absoluto (m)	$\Delta$ relativo(m)
Nivel 4	X	0.0042	0.00255
Nivel 3	X	0.00255	0.00165
Nivel 2	X	0.0057	0.00405
Nivel 1	X	0.00799	0.00394
NIVEL	Dirección	$\Delta$ Absoluto (m)	$\Delta$ relativo (m)
Nivel 4	Z	0.0022	0.0022
Nivel 3	Z	0.0042	0.002
Nivel 2	Z	0.00597	0.00397
Nivel 1	Z	0.01036	0.00639

Fuente: Elaboración propia

- **Staad Pro Connect Edition**

Podemos observar en la figura 33 la configuración de unidades de entrada para el modelamiento de la vivienda de cuatro niveles.

Input Units	
English	<u>Metric</u> Custom
Length	Force
Millimeter	Kilogram
Centimeter	Newton
Decimeter	DecaNewton
Meter	KiloNewton
Kilometer	MegaNewton
	Metric Ton
Apply	

*Figura 33.* Configuración de unidades de entrada.

Fuente: Elaboración propia – Staad Pro.

Se aprecia en la figura 34 la inserción de coordenadas de los nudos para el modelamiento de la edificación, donde el eje “Y” es el eje vertical y los ejes “X” y “Z” son horizontales.

Node	X m	Y m	Z m
1	0.000	0.000	0.0
2	3.750	0.000	0.0
3	6.830	0.000	0.0
4	0.000	0.000	2.9
5	3.750	0.000	2.9
6	6.830	0.000	2.9
7	0.000	0.000	5.5
8	3.750	0.000	5.5
9	6.830	0.000	5.5
10	0.000	0.000	9.3
11	3.750	0.000	9.3
12	6.830	0.000	9.3
13	0.000	0.000	13.0
14	3.750	0.000	13.0
15	6.830	0.000	13.0
16	3.750	0.000	11.2
17	6.830	0.000	11.2

Figura 34. Ingreso de coordenadas – Staad Pro .

Fuente: Elaboración propia – Staad Pro.

En la figura 35 se muestra la definición de materiales:  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con sus propiedades correspondientes.

Figura 35. Definición de material – concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

Fuente: Elaboración propia – Staad Pro.

Se observa en la figura 36 la creación de secciones con el material definido anteriormente, las primeras cuatro secciones son para las columnas (C1,C2,C3,C4) y los dos últimas para las vigas (V1,V2)

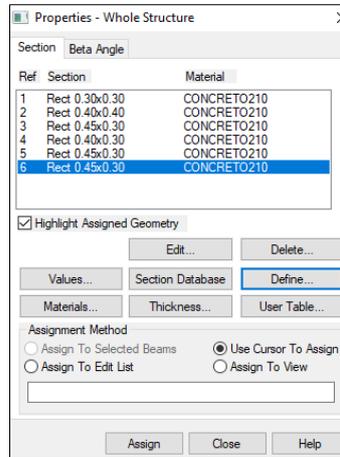


Figura 36. Definición de secciones – vigas y columnas.

Fuente: Elaboración propia – Staad Pro.

En la figura 37 se muestra el dibujo de las vigas y columnas utilizando la opción “Add Beam” con sus respectivas secciones y su respectivo material.

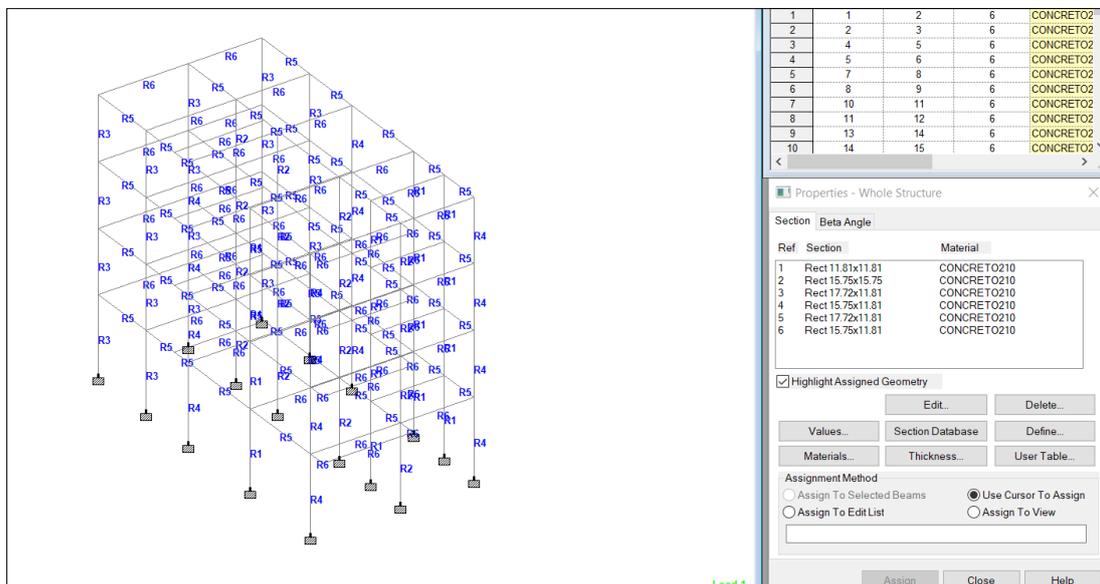


Figura 37. Modelado de vigas y columnas.

Fuente: Elaboración propia – Staad Pro.

En la figura 38 se muestra el empotrado en los seis grados de libertad de los apoyos en la base.

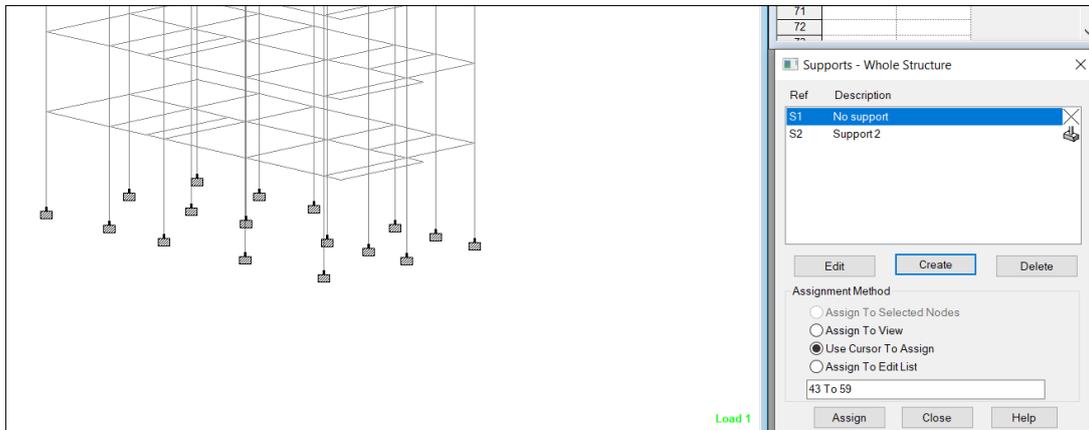


Figura 38. Empotrado de los apoyos de la base.

Fuente: Elaboración propia – Staad Pro.

Se observa en la figura 39 la asignación del diafragma rígido en cada nivel de la edificación de cuatro niveles.

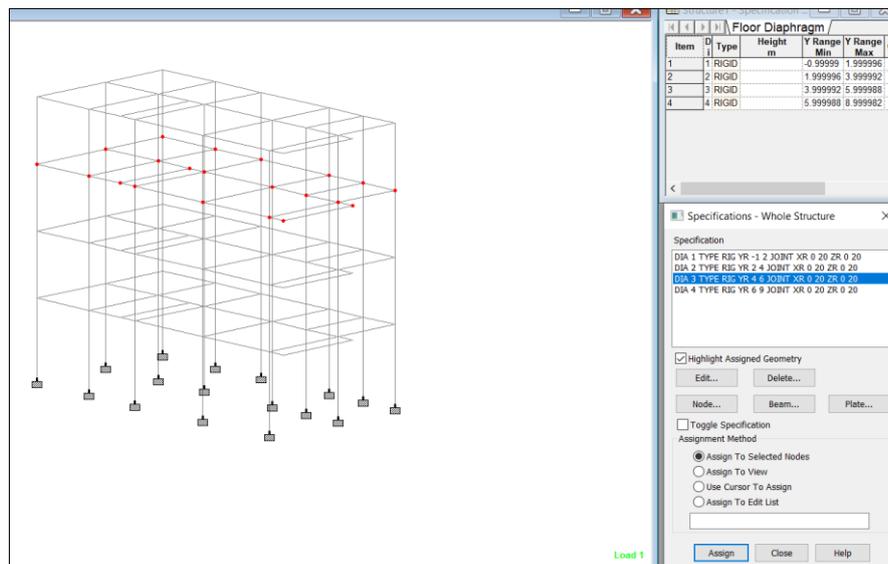


Figura 39. Asignación de diafragma rígido.

Fuente: Elaboración propia – Staad Pro.

Se observa en la figura 40 se visualiza la creación y asignación de casos de carga viva y carga muerta en la edificación de cuatro niveles.

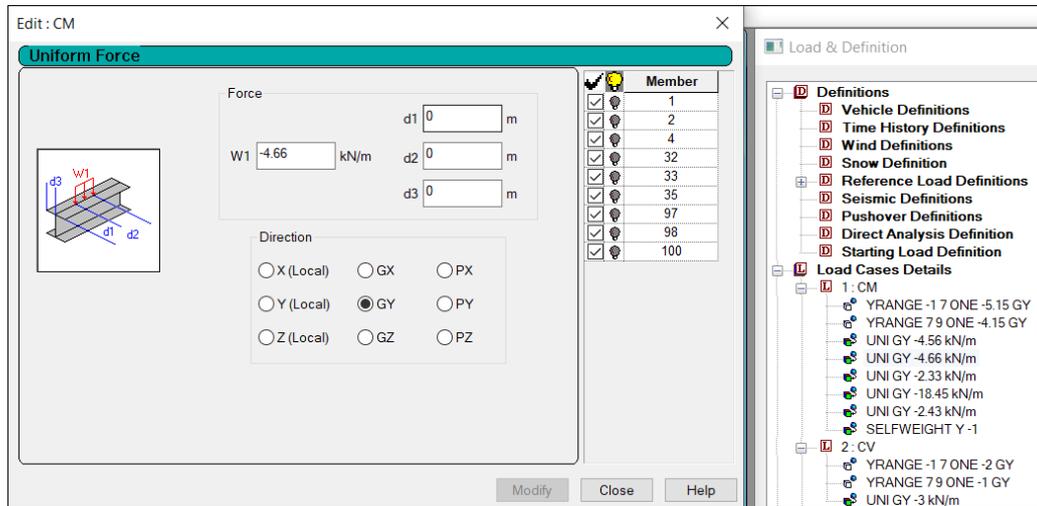


Figura 40. Creación y asignación de carga viva y muerta.

Fuente: Elaboración propia – Staad Pro.

Se observa en la figura 41 las cargas vivas y cargas muertas actuantes en vigas y losas en la vivienda de cuatro niveles.

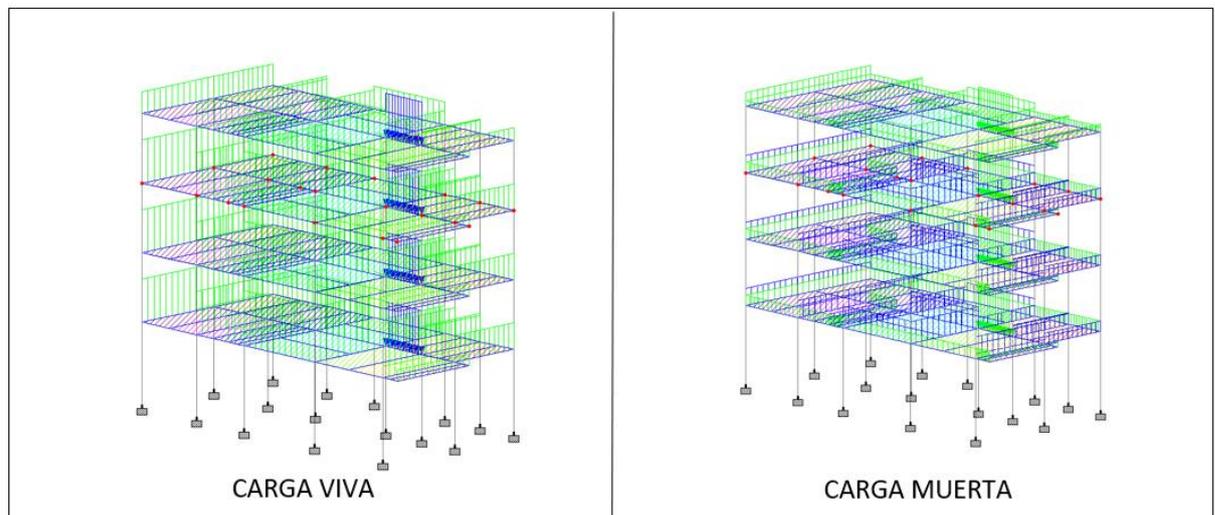


Figura 41. Cargas vivas y cargas muertas.

Fuente: Elaboración propia – Staad Pro.

Se observa en la figura 42, la carga de la escalera asignada a las vigas en dónde se apoya, y el valor numérico de su peso fue calculada en el metrado de cargas.

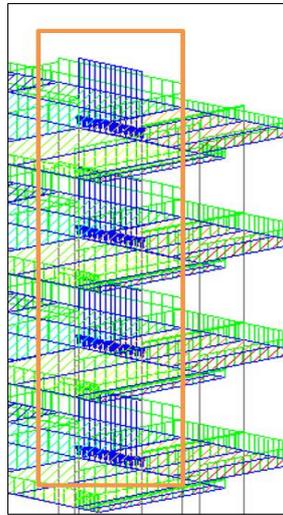


Figura 42. Asignación de carga de escalera-Staad Pro.

Fuente: Elaboración propia – Staad Pro.

Se observa en la figura 43 la creación del centro de masas la cual la consideramos en cargas referencias.

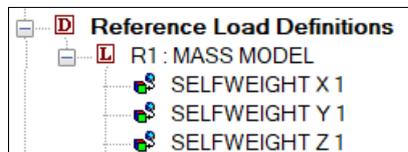


Figura 43. Asignación del centro de masas.

Fuente: Elaboración propia – Staad Pro.

Se visualiza en la figura 44 la creación cargas de sismo en X y sismo en Z, y las combinaciones de carga según la norma E060 del RNE.

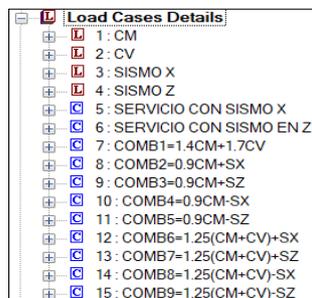


Figura 44. Creación de casos de carga en sismo y combinaciones.

Fuente: Elaboración propia – Staad Pro.

Se muestra en la figura 45 la inserción del periodo y aceleración del espectro de respuesta en los ejes X y Z.

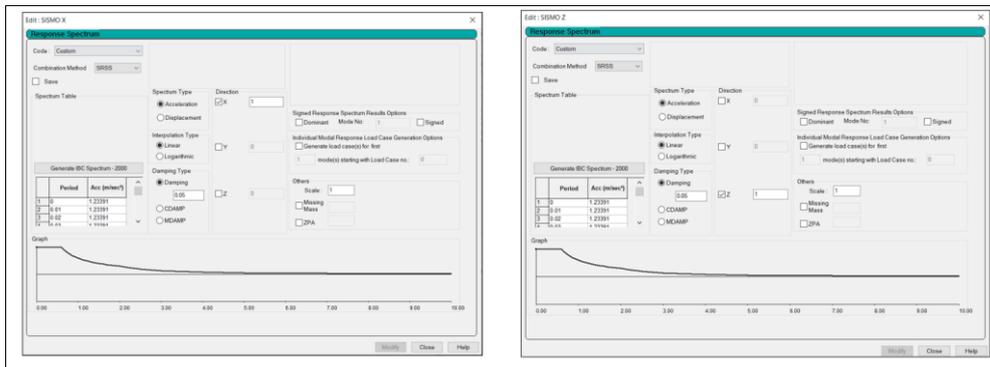


Figura 45. Espectro de respuesta en los ejes X y Z.

Fuente: Elaboración propia – Staad Pro.

Luego procedemos a obtener los periodos de vibración en el programa Staad Pro., tal como se muestra en la figura 46.

Mode	Frequency Hz	Period seconds	Participation X %	Participation Y %	Participation Z %	Type
1	2.982	0.335	56.945	0.001	24.455	Elastic
2	3.061	0.327	27.085	0.000	63.331	Elastic
3	3.703	0.270	4.730	0.000	3.584	Elastic
4	9.297	0.108	1.953	0.008	4.901	Elastic
5	9.578	0.104	6.033	0.004	2.030	Elastic
6	11.733	0.085	0.824	0.000	0.194	Elastic
7	15.747	0.064	0.063	0.003	1.185	Elastic
8	16.793	0.060	1.656	0.008	0.080	Elastic
9	20.504	0.049	0.214	0.002	0.158	Elastic
10	20.630	0.048	0.089	0.006	0.072	Elastic
11	23.088	0.043	0.330	0.087	0.004	Elastic
12	25.649	0.039	0.000	30.918	0.000	Elastic

Figura 46. Periodos de vibración en Staad Pro.

Fuente: Elaboración propia – Staad Pro.

Seguidamente realizamos a la obtención de los pesos por nivel en el Software Staad Pro con la consideración de indicar que se tome un 100% de la Carga muerta y un 25 % de la carga viva, como lo indica la norma E030 del RNE, en dónde calculamos el peso total y el peso por nivel.

En la figura 47 se observa el peso total de toda la edificación de 4 niveles.

Node	L/C	Horizontal			Moment		
		FX (kg)	FY (kg)	FZ (kg)	MX (kg'm)	MY (kg'm)	MZ (kg'm)
43	17:cm+0.25cv	300.625	19.2E+3	54.391	47.185	0.210	-324.019
44	17:cm+0.25cv	-77.971	26.2E+3	21.426	11.955	0.210	68.544
45	17:cm+0.25cv	-191.662	17.2E+3	62.719	55.041	0.210	186.429
46	17:cm+0.25cv	332.905	25.8E+3	14.711	5.385	0.210	-358.376
47	17:cm+0.25cv	-261.375	23.8E+3	-30.148	-42.788	0.210	257.828
48	17:cm+0.25cv	-45.915	36.7E+3	31.198	10.176	0.319	35.544
49	17:cm+0.25cv	-65.196	41.9E+3	163.599	148.290	0.319	54.929
50	17:cm+0.25cv	-119.559	45.7E+3	-261.987	-295.657	0.319	110.562
51	17:cm+0.25cv	-211.350	30.8E+3	93.597	75.267	0.319	205.262
52	17:cm+0.25cv	182.331	31.6E+3	91.437	87.334	0.172	-200.007
53	17:cm+0.25cv	305.522	27.8E+3	32.045	24.769	0.172	-330.107
54	17:cm+0.25cv	-97.675	12.2E+3	-59.109	-72.072	0.172	90.484
55	17:cm+0.25cv	-112.337	26.1E+3	120.352	116.978	0.172	107.374
56	17:cm+0.25cv	157.086	29.4E+3	-107.911	-120.419	0.101	-169.959
57	17:cm+0.25cv	-64.194	21.6E+3	-127.028	-141.169	0.101	63.145
58	17:cm+0.25cv	-111.789	14.4E+3	-38.650	-48.068	0.101	113.112
59	17:cm+0.25cv	80.553	19.5E+3	-60.641	-70.959	0.101	-89.507

Figura 47. Peso total de la edificación.

Fuente: Elaboración propia – Staad Pro.

En la figura 48 se observa el peso de la edificación excluyendo el cuarto nivel.

Node	L/C	Horizontal			Moment		
		FX (kg)	FY (kg)	FZ (kg)	MX (kg'm)	MY (kg'm)	MZ (kg'm)
43	17:CM+0.25Cv	307.909	15.8E+3	51.887	44.543	0.062	-327.596
44	17:CM+0.25Cv	-82.087	21.9E+3	20.341	11.164	0.062	76.787
45	17:CM+0.25Cv	-196.179	14.3E+3	61.872	54.794	0.062	195.088
46	17:CM+0.25Cv	340.476	21E+3	8.715	-0.935	0.062	-361.625
47	17:CM+0.25Cv	-267.459	19.9E+3	-34.195	-46.407	0.062	268.737
48	17:CM+0.25Cv	-49.426	30.7E+3	25.105	4.562	0.094	43.516
49	17:CM+0.25Cv	-68.750	34.5E+3	160.073	145.353	0.094	63.460
50	17:CM+0.25Cv	-121.290	37.2E+3	-261.479	-294.385	0.094	117.951
51	17:CM+0.25Cv	-213.846	24.5E+3	101.222	83.963	0.094	214.191
52	17:CM+0.25Cv	184.427	26E+3	86.880	82.531	0.050	-198.576
53	17:CM+0.25Cv	310.811	22.3E+3	35.674	28.589	0.050	-330.879
54	17:CM+0.25Cv	-96.545	9.53E+3	-54.606	-66.755	0.050	94.050
55	17:CM+0.25Cv	-114.447	21.5E+3	118.381	115.476	0.050	113.192
56	17:CM+0.25Cv	158.167	24.1E+3	-107.832	-120.338	0.030	-169.331
57	17:CM+0.25Cv	-63.060	18.1E+3	-123.788	-137.326	0.030	63.718
58	17:CM+0.25Cv	-110.901	11.7E+3	-32.734	-41.406	0.030	114.065
59	17:CM+0.25Cv	82.201	15.2E+3	-55.518	-65.327	0.030	-89.355

Figura 48. Peso de la edificación, excluyendo el cuarto nivel.

Fuente: Elaboración propia – Staad Pro.

En la figura 49 se observa el peso de la edificación excluyendo el cuarto nivel y el tercer nivel

Node	L/C	Horizontal	Vertical	Horizontal	Moment		
		FX (kg)	FY (kg)	FZ (kg)	MX (kg'm)	MY (kg'm)	MZ (kg'm)
43	17:CM+0.25Cv	247.163	10.7E+3	44.313	35.927	-0.095	-260.321
44	17:CM+0.25Cv	-67.238	15.1E+3	15.208	5.495	-0.095	65.679
45	17:CM+0.25Cv	-157.662	9.71E+3	53.634	46.161	-0.095	159.439
46	17:CM+0.25Cv	280.824	14.1E+3	2.502	-8.118	-0.095	-294.823
47	17:CM+0.25Cv	-222.559	13.5E+3	-35.624	-47.867	-0.095	227.131
48	17:CM+0.25Cv	-40.998	21.1E+3	22.882	1.691	-0.144	39.360
49	17:CM+0.25Cv	-57.939	23.6E+3	141.712	125.648	-0.144	57.361
50	17:CM+0.25Cv	-103.971	25.8E+3	-235.509	-267.847	-0.144	105.865
51	17:CM+0.25Cv	-186.893	16.9E+3	101.318	83.510	-0.144	192.839
52	17:CM+0.25Cv	157.245	17.7E+3	74.635	69.064	-0.078	-166.337
53	17:CM+0.25Cv	269.252	15E+3	36.999	29.416	-0.078	-282.455
54	17:CM+0.25Cv	-83.844	6.36E+3	-43.675	-55.199	-0.078	85.874
55	17:CM+0.25Cv	-97.289	14.6E+3	110.480	107.194	-0.078	99.177
56	17:CM+0.25Cv	145.287	16.4E+3	-102.640	-115.294	-0.046	-153.870
57	17:CM+0.25Cv	-59.173	12.6E+3	-115.560	-128.628	-0.046	61.515
58	17:CM+0.25Cv	-102.878	7.88E+3	-22.786	-30.896	-0.046	107.633
59	17:CM+0.25Cv	80.673	10E+3	-47.889	-57.465	-0.046	-85.727

Figura 49. Peso de la edificación, excluyendo el tercer y cuarto nivel.

Fuente: Elaboración propia – Staad Pro.

En la figura 50 se observa el peso de la edificación excluyendo el cuarto, tercero y segundo nivel.

Node	L/C	Horizontal	Vertical	Horizontal	Moment		
		FX (kg)	FY (kg)	FZ (kg)	MX (kg'm)	MY (kg'm)	MZ (kg'm)
43	17:CM+0.25Cv	571.311	5.74E+3	65.013	54.672	0.178	-578.929
44	17:CM+0.25Cv	-167.087	8.34E+3	18.115	4.841	0.178	186.709
45	17:CM+0.25Cv	-352.804	5.19E+3	80.477	70.184	0.178	379.277
46	17:CM+0.25Cv	613.734	7.39E+3	-27.534	-42.821	0.178	-623.668
47	17:CM+0.25Cv	-480.219	7.08E+3	-79.685	-98.535	0.178	510.642
48	17:CM+0.25Cv	-109.483	11.4E+3	-12.784	-43.343	0.270	126.106
49	17:CM+0.25Cv	-138.252	12.7E+3	227.728	207.545	0.270	155.499
50	17:CM+0.25Cv	-211.566	14.1E+3	-374.845	-421.024	0.270	231.064
51	17:CM+0.25Cv	-350.305	9.5E+3	181.226	159.036	0.270	374.898
52	17:CM+0.25Cv	317.036	9.3E+3	96.799	89.692	0.146	-322.251
53	17:CM+0.25Cv	547.361	7.81E+3	80.471	72.492	0.146	-563.864
54	17:CM+0.25Cv	-147.100	3.42E+3	-55.294	-71.219	0.146	160.557
55	17:CM+0.25Cv	-199.722	7.69E+3	145.014	139.792	0.146	216.800
56	17:CM+0.25Cv	247.604	8.52E+3	-144.824	-161.772	0.086	-257.553
57	17:CM+0.25Cv	-91.837	6.85E+3	-144.056	-161.482	0.086	100.026
58	17:CM+0.25Cv	-163.330	4.07E+3	-9.511	-19.748	0.086	175.193
59	17:CM+0.25Cv	114.660	4.85E+3	-46.309	-58.278	0.086	-117.651

Figura 50. Peso de la edificación, excluyendo del 2do al 4to nivel.

Fuente: Elaboración propia – Staad Pro.

En la figura 51 se observa el peso de la edificación excluyendo los niveles del primero al cuarto (solamente el peso de las columnas).

Node	L/C	Horizontal		Vertical	Moment		
		FX (kg)	FY (kg)	FZ (kg)	MX (kg'm)	MY (kg'm)	MZ (kg'm)
43	17:CM+0.25Cv	0	1.06E+3	0	0	0	0
44	17:CM+0.25Cv	0	1.06E+3	0	0	0	0
45	17:CM+0.25Cv	0	1.06E+3	0	0	0	0
46	17:CM+0.25Cv	0	1.06E+3	0	0	0	0
47	17:CM+0.25Cv	0	1.06E+3	0	0	0	0
48	17:CM+0.25Cv	0	1.25E+3	0	0	0	0
49	17:CM+0.25Cv	0	1.25E+3	0	0	0	0
50	17:CM+0.25Cv	0	1.25E+3	0	0	0	0
51	17:CM+0.25Cv	0	1.25E+3	0	0	0	0
52	17:CM+0.25Cv	0	939.774	0	0	0	0
53	17:CM+0.25Cv	0	939.774	0	0	0	0
54	17:CM+0.25Cv	0	939.774	0	0	0	0
55	17:CM+0.25Cv	0	939.774	0	0	0	0
56	17:CM+0.25Cv	0	704.830	0	0	0	0
57	17:CM+0.25Cv	0	704.830	0	0	0	0
58	17:CM+0.25Cv	0	704.830	0	0	0	0
59	17:CM+0.25Cv	0	704.830	0	0	0	0

Figura 51. Peso de la edificación, excluyendo los 4 niveles. (solo columnas).

Fuente: Elaboración propia – Staad Pro.

Una vez obtenidos los pesos, procedemos a calcular el peso de cada nivel realizando diferencias entre el peso total y los pesos de los niveles, como se muestra en la tabla 17.

Tabla 17. Cálculo de pesos por nivel – Staad Pro.

CM+0.25CV		STAAD PRO	
	KG		
PESO TOTAL	449900	PESOS POR NIVEL(KG)	
P1	368230	Peso 4to nivel	81670
P2	251050	Peso 3er nivel	198850
P3	133950	Peso 2do nivel	315950
P4	16878.416	Peso 1er nivel	433022
			1029492

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenido los pesos por nivel, realizamos el cálculo de las cortantes basales por niveles con la siguiente ecuación indicada en la norma E030 del RNE.

$$V = \frac{SUCZ}{R} * P$$

$$Fi = \alpha_i * V$$

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

Dónde calculando cada valor y reemplazando para cada piso tenemos los valores numéricos mostrados en la tabla 18.

**Tabla 18. Obtención de cortantes por niveles-Staad Pro.**

<b>STAAD PRO</b>							
PISOS	PESO (KG)	hi	k	hi^k	p*hi^k	alfa	Fi=alfa*v
P4	81670	11.3	1	11.3	922871	0.15687735	20349.4923
P3	198850	8.6	1	8.6	1710110	0.29069883	37708.2715
P2	315950	5.9	1	5.9	1864105	0.31687619	41103.8924
P1	433022	3.2	1	3.2	1385669.07	0.23554764	30554.2833
	1029492				5882755.07		

Fuente: Elaboración propia

Luego se procede a realizar la obtención de las deformaciones de cada piso en el Software Staad Pro, para poder calcularlo tenemos que escoger el valor máximo de las deformaciones del sismo X y Z referido a cada nivel.

Obtención de la deformación en el primer nivel en el eje X (Xtrans) mostrado en la figura 52.

Bentley		Job No	Sheet No	Rev
Software licensed to only@: \LAV\team:ÁB CONNECTED User: user@edu Non commercial			1	
Job Title		Part		
Client		Ref		
		By Date07-Jul-22 Chd		
		File Structure1.STD Date/Time 08-Jul-2022 14:48		

Node	L/C	X-Trans (cm)	Y-Trans (cm)	Z-Trans (cm)	Absolute (cm)	X-Rotan (deg)	Y-Rotan (deg)	Z-Rotan (deg)
20	3	0.169	0.018	0.129	0.214	0.013	0.006	0.008
21	3	0.169	0.022	0.104	0.200	0.014	0.006	0.005
14	3	0.162	0.003	0.104	0.193	0.014	0.006	0.018
15	3	0.162	0.005	0.090	0.186	0.008	0.006	0.023
13	3	0.162	0.003	0.129	0.207	0.013	0.006	0.023
16	3	0.147	0.003	0.104	0.180	0.001	0.006	0.015
17	3	0.147	0.004	0.090	0.172	0.002	0.006	0.015
12	3	0.130	0.004	0.090	0.158	0.004	0.006	0.012
11	3	0.130	0.002	0.104	0.167	0.010	0.006	0.017
10	3	0.130	0.003	0.129	0.184	0.005	0.006	0.014
8	3	0.101	0.001	0.104	0.145	0.009	0.006	0.012
7	3	0.101	0.002	0.129	0.164	0.007	0.006	0.015
9	3	0.101	0.003	0.090	0.135	0.005	0.006	0.015
19	3	0.096	0.002	0.104	0.141	0.001	0.006	0.005
18	3	0.096	0.004	0.129	0.161	0.001	0.006	0.007
4	3	0.086	0.002	0.129	0.155	0.006	0.006	0.015
5	3	0.086	0.001	0.104	0.135	0.009	0.006	0.010
6	3	0.086	0.002	0.090	0.124	0.004	0.006	0.015
2	3	0.075	0.003	0.104	0.128	0.009	0.006	0.010
1	3	0.075	0.003	0.129	0.149	0.013	0.006	0.014
3	3	0.075	0.003	0.090	0.117	0.009	0.006	0.013

**Figura 52.** Obtención de la deformación del 1er nivel del eje X.

Fuente: Elaboración propia – Staad Pro.

Obtención de la deformación en el primer nivel en el eje Z (Ztrans) mostrado en la figura 53.

Bentley		Job No	Sheet No	Rev
Software licensed to only@-LA\Team:AB CONNECTED User: user@edu Non commercial			1	
Job Title		Part		
Client		Ref		
		By Date: 07-Jul-22 Chd		
		File: Structure1.STD Date/Time: 08-Jul-2022 14:48		

Node	L/C	X-Trans (cm)	Y-Trans (cm)	Z-Trans (cm)	Absolute (cm)	X-Rotan (deg)	Y-Rotan (deg)	Z-Rotan (deg)
1	4	0.085	0.002	0.138	0.163	0.014	0.004	0.015
10	4	0.104	0.002	0.138	0.173	0.005	0.004	0.011
20	4	0.126	0.024	0.138	0.188	0.015	0.004	0.006
4	4	0.086	0.002	0.138	0.163	0.007	0.004	0.015
18	4	0.089	0.003	0.138	0.165	0.001	0.004	0.007
7	4	0.091	0.003	0.138	0.166	0.008	0.004	0.013
13	4	0.122	0.004	0.138	0.184	0.015	0.004	0.017
5	4	0.086	0.001	0.126	0.153	0.011	0.004	0.010
2	4	0.085	0.003	0.126	0.153	0.012	0.004	0.011
11	4	0.104	0.001	0.126	0.164	0.012	0.004	0.014
16	4	0.113	0.002	0.126	0.169	0.001	0.004	0.012
8	4	0.091	0.001	0.126	0.156	0.012	0.004	0.011
19	4	0.089	0.003	0.126	0.155	0.002	0.004	0.004
14	4	0.122	0.004	0.126	0.175	0.016	0.004	0.014
21	4	0.126	0.025	0.126	0.180	0.016	0.004	0.004
17	4	0.113	0.004	0.120	0.165	0.003	0.004	0.012
9	4	0.091	0.002	0.120	0.151	0.007	0.004	0.014
6	4	0.086	0.002	0.120	0.148	0.006	0.004	0.015
3	4	0.085	0.004	0.120	0.147	0.012	0.004	0.015
12	4	0.104	0.004	0.120	0.159	0.005	0.004	0.010
15	4	0.122	0.004	0.120	0.171	0.010	0.004	0.017

Figura 53. Obtención de la deformación del 1er nivel del eje Z.

Fuente: Elaboración propia – Staad Pro.

Obtención de la deformación en el segundo nivel en el eje X (Xtrans) mostrado en la figura 54.

Bentley		Job No	Sheet No	Rev
Software licensed to only@-LA\Team:AB CONNECTED User: user@edu Non commercial			1	
Job Title		Part		
Client		Ref		
		By Date: 07-Jul-22 Chd		
		File: Structure1.STD Date/Time: 08-Jul-2022 14:48		

Node	L/C	X-Trans (cm)	Y-Trans (cm)	Z-Trans (cm)	Absolute (cm)	X-Rotan (deg)	Y-Rotan (deg)	Z-Rotan (deg)
41	3	0.315	0.014	0.226	0.388	0.009	0.010	0.006
42	3	0.315	0.018	0.180	0.363	0.010	0.010	0.005
35	3	0.302	0.004	0.180	0.352	0.010	0.010	0.015
36	3	0.302	0.008	0.154	0.339	0.006	0.010	0.018
34	3	0.302	0.005	0.226	0.378	0.010	0.010	0.018
38	3	0.274	0.006	0.154	0.314	0.002	0.010	0.013
39	3	0.274	0.004	0.180	0.328	0.002	0.010	0.013
33	3	0.245	0.006	0.154	0.290	0.003	0.010	0.011
32	3	0.245	0.003	0.180	0.304	0.007	0.010	0.014
31	3	0.245	0.005	0.226	0.334	0.004	0.010	0.012
29	3	0.194	0.002	0.180	0.285	0.007	0.010	0.010
28	3	0.194	0.004	0.226	0.298	0.006	0.010	0.012
30	3	0.194	0.005	0.154	0.248	0.004	0.010	0.012
40	3	0.185	0.001	0.180	0.258	0.001	0.010	0.004
37	3	0.185	0.004	0.226	0.292	0.001	0.010	0.006
25	3	0.167	0.003	0.226	0.281	0.005	0.010	0.012
27	3	0.167	0.004	0.154	0.227	0.004	0.010	0.012
26	3	0.167	0.001	0.180	0.245	0.007	0.010	0.009
23	3	0.148	0.004	0.180	0.233	0.007	0.010	0.009
22	3	0.148	0.005	0.226	0.271	0.010	0.010	0.011
24	3	0.148	0.004	0.154	0.213	0.007	0.010	0.011

Figura 54. Obtención de la deformación del 2do nivel del eje X.

Fuente: Elaboración propia – Staad Pro.

Obtención de la deformación en el segundo nivel en el eje Z (Ztrans) mostrado en la figura 55.

Bentley										
Software licensed to only@ :LA\Team:Á@ CONNECTED User: user@edu Non commercial										
Job Title										
Client										
Job No					Sheet No		Rev		1	1
Part										
Ref										
By					Date		Chd		07-Jul-22	08-Jul-2022 14:48
File					Structure1.STD		Date/Time		08-Jul-2022 14:48	08-Jul-2022 14:48
Node	L/C	X-Trans (cm)	Y-Trans (cm)	Z-Trans (cm)	Absolute (cm)	X-Rotan (deg)	Y-Rotan (deg)	Z-Rotan (deg)		
22	4	0.169	0.003	0.242	0.295	0.010	0.008	0.013		
37	4	0.173	0.004	0.242	0.298	0.001	0.008	0.005		
41	4	0.234	0.020	0.242	0.337	0.011	0.008	0.005		
25	4	0.169	0.003	0.242	0.295	0.006	0.008	0.012		
31	4	0.197	0.004	0.242	0.312	0.005	0.008	0.010		
28	4	0.176	0.005	0.242	0.300	0.006	0.008	0.011		
34	4	0.227	0.006	0.242	0.332	0.011	0.008	0.013		
39	4	0.211	0.003	0.218	0.304	0.002	0.008	0.010		
26	4	0.169	0.001	0.218	0.276	0.008	0.008	0.009		
32	4	0.197	0.002	0.218	0.294	0.009	0.008	0.011		
23	4	0.169	0.004	0.218	0.276	0.009	0.008	0.010		
29	4	0.176	0.002	0.218	0.281	0.009	0.008	0.009		
40	4	0.173	0.002	0.218	0.279	0.001	0.008	0.004		
35	4	0.227	0.006	0.218	0.315	0.011	0.008	0.012		
42	4	0.234	0.021	0.218	0.321	0.011	0.008	0.004		
38	4	0.211	0.005	0.206	0.295	0.003	0.008	0.010		
30	4	0.176	0.003	0.206	0.271	0.005	0.008	0.011		
27	4	0.169	0.004	0.206	0.266	0.005	0.008	0.012		
24	4	0.169	0.007	0.206	0.266	0.009	0.008	0.012		
33	4	0.197	0.007	0.206	0.285	0.004	0.008	0.009		
36	4	0.227	0.006	0.206	0.306	0.008	0.008	0.014		

Figura 55. Obtención de deformación del 2do nivel del eje Z.

Fuente: Elaboración propia – Staad Pro.

Obtención de la deformación en el tercer nivel en el eje X (Xtrans) mostrado en la figura 56.

Bentley										
Software licensed to only@ :LA\Team:Á@ CONNECTED User: user@edu Non commercial										
Job Title										
Client										
Job No					Sheet No		Rev		1	1
Part										
Ref										
By					Date		Chd		07-Jul-22	08-Jul-2022 14:48
File					Structure1.STD		Date/Time		08-Jul-2022 14:48	08-Jul-2022 14:48
Node	L/C	X-Trans (cm)	Y-Trans (cm)	Z-Trans (cm)	Absolute (cm)	X-Rotan (deg)	Y-Rotan (deg)	Z-Rotan (deg)		
79	3	0.419	0.010	0.294	0.512	0.006	0.014	0.004		
80	3	0.419	0.013	0.232	0.479	0.006	0.014	0.003		
73	3	0.403	0.005	0.232	0.465	0.006	0.014	0.010		
74	3	0.403	0.009	0.197	0.449	0.004	0.014	0.012		
72	3	0.403	0.006	0.294	0.499	0.006	0.014	0.011		
76	3	0.366	0.007	0.197	0.416	0.002	0.014	0.009		
77	3	0.366	0.004	0.232	0.433	0.002	0.014	0.009		
71	3	0.329	0.007	0.197	0.383	0.002	0.014	0.007		
70	3	0.329	0.003	0.232	0.402	0.004	0.014	0.009		
69	3	0.329	0.006	0.294	0.441	0.003	0.014	0.008		
67	3	0.262	0.002	0.232	0.350	0.004	0.014	0.007		
66	3	0.262	0.004	0.294	0.393	0.003	0.014	0.008		
68	3	0.262	0.005	0.197	0.328	0.002	0.014	0.008		
78	3	0.249	0.000	0.232	0.340	0.000	0.014	0.003		
75	3	0.249	0.004	0.294	0.385	0.000	0.014	0.004		
63	3	0.226	0.003	0.294	0.371	0.003	0.014	0.008		
65	3	0.226	0.004	0.197	0.300	0.002	0.014	0.008		
64	3	0.226	0.001	0.232	0.324	0.004	0.014	0.006		
61	3	0.201	0.004	0.232	0.307	0.004	0.014	0.006		
60	3	0.201	0.005	0.294	0.356	0.006	0.014	0.007		
62	3	0.201	0.005	0.197	0.282	0.004	0.014	0.007		

Figura 56. Obtención de deformación del 3er nivel del eje X.

Fuente: Elaboración propia – Staad Pro.

Obtención de la deformación en el tercer nivel en el eje Z (Ztrans) mostrado en la figura 57.

Bentley										
Software licensed to only@-LA\Name: Á&B CONNECTED User: user@edu Non commercial										
Job Title										
Client										
Job No	Sheet No	1								Rev
Part										
Ref										
By										
Date 07-Jul-22										
Chd										
File Structure1.STD										
Date/Time 08-Jul-2022 14:4										
Node	LIC	X-Trans (cm)	Y-Trans (cm)	Z-Trans (cm)	Absolute (cm)	X-Rotan (deg)	Y-Rotan (deg)	Z-Rotan (deg)		
60	4	0.229	0.004	0.314	0.388	0.006	0.010	0.008		
75	4	0.234	0.005	0.314	0.391	0.000	0.010	0.004		
79	4	0.312	0.015	0.314	0.442	0.007	0.010	0.003		
63	4	0.228	0.004	0.314	0.388	0.004	0.010	0.008		
69	4	0.264	0.004	0.314	0.410	0.003	0.010	0.006		
66	4	0.238	0.005	0.314	0.394	0.004	0.010	0.007		
72	4	0.302	0.007	0.314	0.436	0.007	0.010	0.009		
77	4	0.283	0.003	0.282	0.399	0.002	0.010	0.007		
64	4	0.228	0.001	0.282	0.363	0.005	0.010	0.006		
70	4	0.264	0.003	0.282	0.386	0.005	0.010	0.007		
61	4	0.229	0.004	0.282	0.363	0.005	0.010	0.006		
67	4	0.238	0.002	0.282	0.369	0.005	0.010	0.006		
78	4	0.234	0.000	0.282	0.366	0.000	0.010	0.003		
73	4	0.302	0.006	0.282	0.413	0.007	0.010	0.007		
80	4	0.312	0.016	0.282	0.420	0.007	0.010	0.002		
76	4	0.283	0.006	0.265	0.387	0.003	0.010	0.007		
68	4	0.238	0.004	0.265	0.356	0.003	0.010	0.007		
65	4	0.228	0.004	0.265	0.350	0.003	0.010	0.007		
62	4	0.229	0.008	0.265	0.350	0.005	0.010	0.007		
71	4	0.264	0.007	0.265	0.374	0.002	0.010	0.006		
74	4	0.302	0.007	0.265	0.402	0.005	0.010	0.009		

Figura 57. Obtención de deformación del 3er nivel del eje Z.

Fuente: Elaboración propia – Staad Pro.

Obtención de la deformación en el cuarto nivel en el eje X (Xtrans) mostrado en la figura 58.

Bentley										
Software licensed to only@-LA\Name: Á&B CONNECTED User: user@edu Non commercial										
Job Title										
Client										
Job No	Sheet No	1								Rev
Part										
Ref										
By										
Date 07-Jul-22										
Chd										
File Structure1.STD										
Date/Time 08-Jul-2022 14:48										
Node	LIC	X-Trans (cm)	Y-Trans (cm)	Z-Trans (cm)	Absolute (cm)	X-Rotan (deg)	Y-Rotan (deg)	Z-Rotan (deg)		
100	3	0.473	0.007	0.325	0.574	0.003	0.015	0.002		
101	3	0.473	0.009	0.256	0.538	0.003	0.015	0.002		
94	3	0.454	0.005	0.256	0.522	0.003	0.015	0.004		
95	3	0.454	0.009	0.218	0.504	0.003	0.015	0.006		
93	3	0.454	0.006	0.325	0.559	0.003	0.015	0.005		
97	3	0.413	0.007	0.218	0.467	0.001	0.015	0.004		
98	3	0.413	0.004	0.256	0.486	0.001	0.015	0.004		
92	3	0.371	0.007	0.218	0.431	0.001	0.015	0.004		
91	3	0.371	0.003	0.256	0.451	0.001	0.015	0.004		
90	3	0.371	0.006	0.325	0.494	0.001	0.015	0.003		
88	3	0.297	0.002	0.256	0.392	0.002	0.015	0.003		
87	3	0.297	0.004	0.325	0.440	0.001	0.015	0.004		
89	3	0.297	0.006	0.218	0.368	0.001	0.015	0.004		
99	3	0.282	0.001	0.256	0.381	0.000	0.015	0.001		
96	3	0.282	0.004	0.325	0.431	0.000	0.015	0.002		
84	3	0.257	0.004	0.325	0.414	0.002	0.015	0.004		
86	3	0.257	0.004	0.218	0.337	0.001	0.015	0.004		
85	3	0.257	0.001	0.256	0.362	0.002	0.015	0.003		
82	3	0.228	0.004	0.256	0.343	0.002	0.015	0.002		
81	3	0.228	0.006	0.325	0.397	0.003	0.015	0.003		
83	3	0.228	0.005	0.218	0.315	0.002	0.015	0.003		

Figura 58. Obtención de deformación del 4to nivel del eje X.

Fuente: Elaboración propia – Staad Pro.

Obtención de la deformación en el cuarto nivel en el eje Z (Ztrans) mostrado en la figura 59.

Bentley		Job No	Sheet No	Rev
Software licensed to only@... CONNECTED User: user@gedu Non commercial			1	
Job Title		Part		
Client		Ref		
		By Date: 07-Jul-22 Chd		
		File: Structure1.STD Date/Time: 08-Jul-2022 14:48		

Node	L/C	X-Trans (cm)	Y-Trans (cm)	Z-Trans (cm)	Absolute (cm)	X-Rotan (deg)	Y-Rotan (deg)	Z-Rotan (deg)
81	4	0.258	0.004	0.347	0.433	0.003	0.011	0.004
96	4	0.265	0.005	0.347	0.436	0.000	0.011	0.002
100	4	0.352	0.010	0.347	0.494	0.003	0.011	0.002
84	4	0.259	0.004	0.347	0.433	0.002	0.011	0.004
90	4	0.299	0.004	0.347	0.458	0.001	0.011	0.003
87	4	0.269	0.006	0.347	0.439	0.001	0.011	0.003
93	4	0.342	0.007	0.347	0.487	0.003	0.011	0.004
98	4	0.320	0.003	0.311	0.446	0.002	0.011	0.003
85	4	0.259	0.001	0.311	0.405	0.002	0.011	0.003
91	4	0.299	0.003	0.311	0.432	0.002	0.011	0.003
82	4	0.258	0.005	0.311	0.404	0.002	0.011	0.003
88	4	0.269	0.002	0.311	0.411	0.002	0.011	0.003
99	4	0.265	0.001	0.311	0.408	0.000	0.011	0.001
94	4	0.342	0.006	0.311	0.462	0.004	0.011	0.003
101	4	0.352	0.011	0.311	0.470	0.004	0.011	0.001
97	4	0.320	0.006	0.292	0.433	0.002	0.011	0.003
89	4	0.269	0.004	0.292	0.397	0.001	0.011	0.003
86	4	0.259	0.004	0.292	0.390	0.002	0.011	0.004
83	4	0.258	0.008	0.292	0.390	0.002	0.011	0.004
92	4	0.299	0.008	0.292	0.418	0.001	0.011	0.003
95	4	0.342	0.007	0.292	0.450	0.003	0.011	0.004

Figura 59. Obtención de deformación del 4to nivel del eje Z.

Fuente: Elaboración propia – Staad Pro.

- **Etabs 19**

Se visualiza en la figura 60 la configuración de unidades en el sistema internacional.

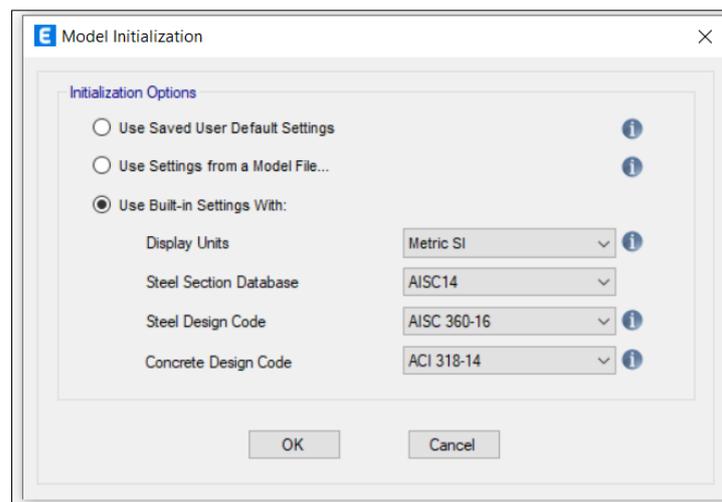
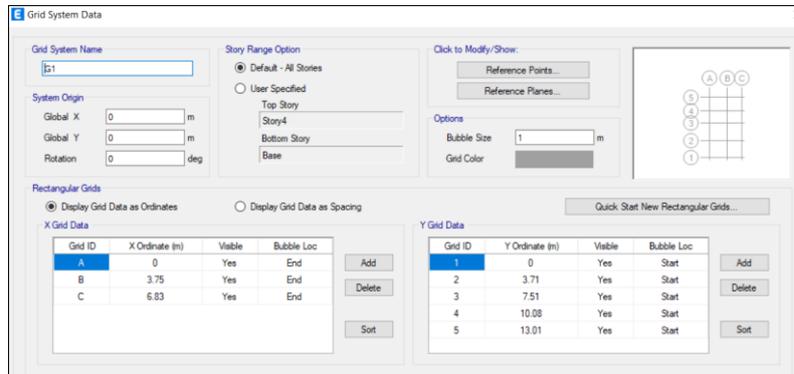


Figura 60. Configuración de unidades en el S.I.

Fuente: Elaboración propia – Etabs

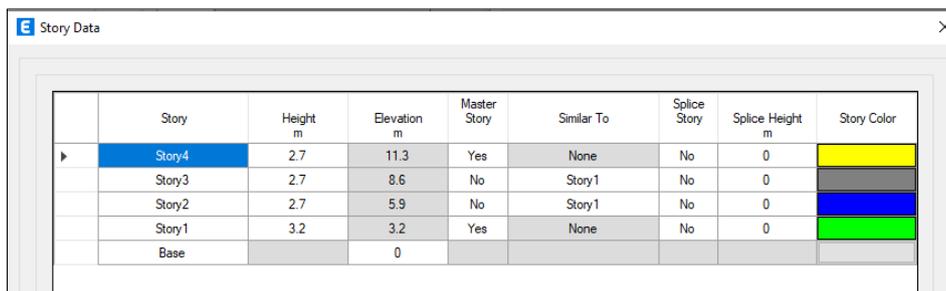
Se aprecia en la figura 61 la edición de grillas en planta de la vivienda de cuatro niveles, en la que se asigna cada distancia según el plano de arquitectura.



*Figura 61.* Ventana de edición de grillas en planta.

Fuente: Elaboración propia – Etabs.

En la figura 62 se muestra la edición de grillas en altura por pisos de la vivienda de cuatro niveles.



*Figura 62.* Ventana de edición de grillas en altura por pisos.

Fuente: Elaboración propia – Etabs.

Se observa en la figura 63 la definición de materiales:  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con sus propiedades correspondientes.

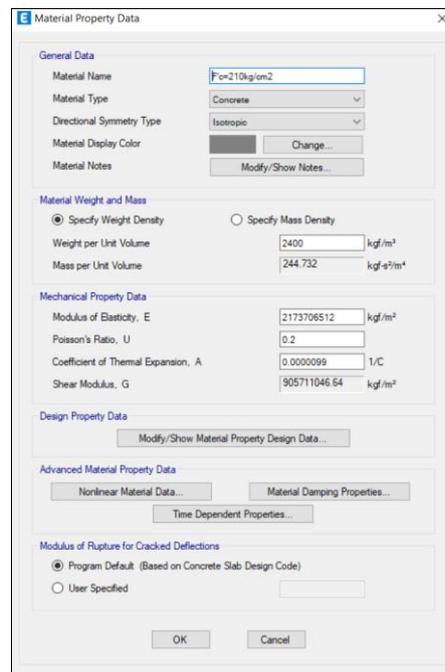


Figura 63. Definición de material – concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ -Etabs.

Fuente: Elaboración propia – Etabs.

En la figura 64, se observa la creación de sección de una columna 30x30 asignándole el material correspondiente ( $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ).

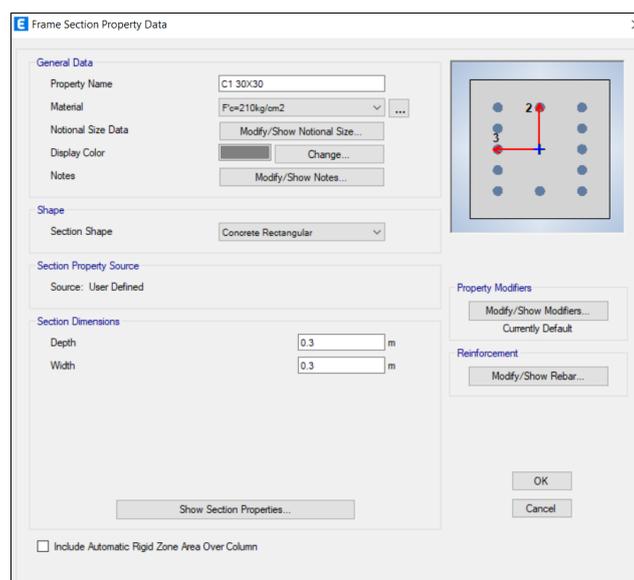
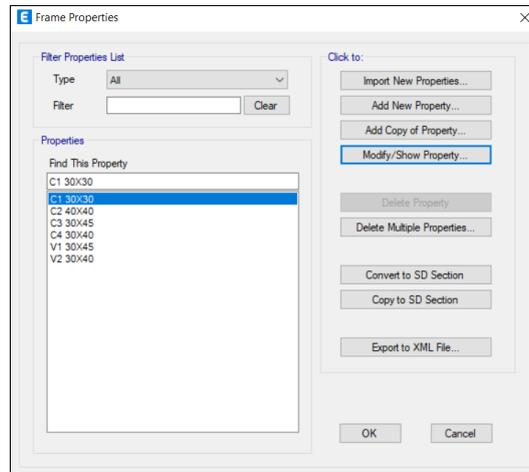


Figura 64. Creación de sección de una columna de 30x30

Fuente: Elaboración propia – Etabs.

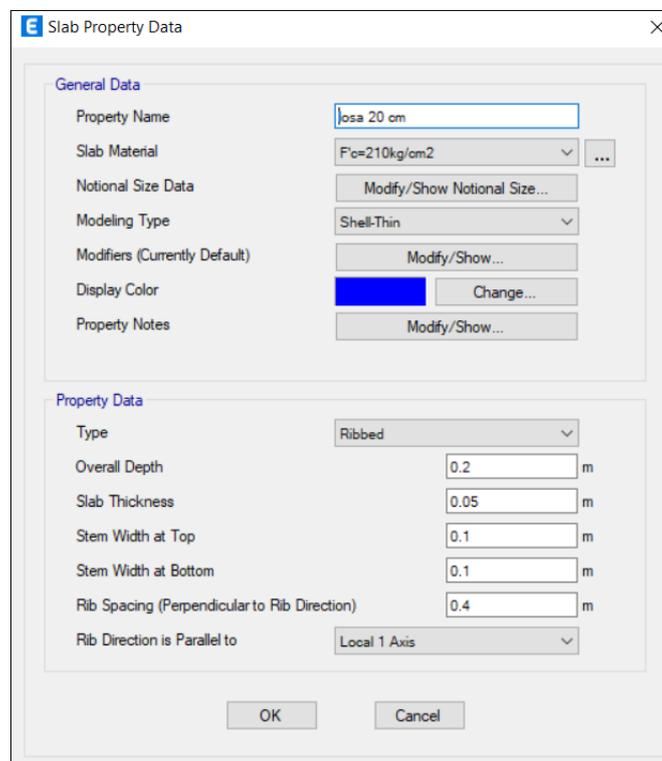
En la figura 65, se observa la creación de secciones para las columnas y vigas que se utilizó en el modelado de la edificación de cuatro niveles.



*Figura 65.* Creación de secciones de columnas y vigas.

Fuente: Elaboración propia – Etabs.

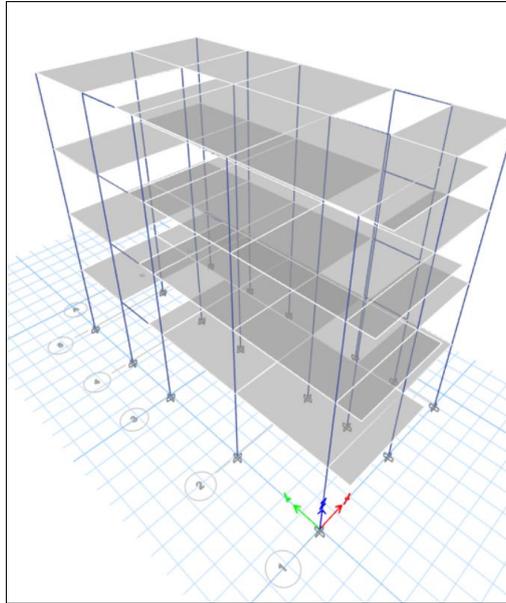
En la figura 66, se observa la creación de sección para una losa aligerada en una dirección de 20 cm., que fue predimensionada anteriormente.



*Figura 66.* Creación de sección para losa aligerada.

Fuente: Elaboración propia – Etabs.

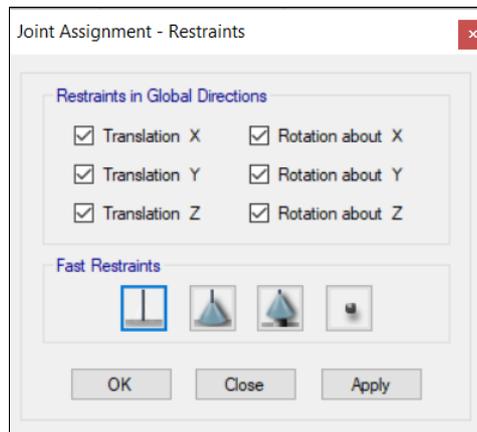
En la figura 67, observamos el modelado los elementos estructurales como las columnas, vigas y losas



*Figura 67.* Modelado de vigas, columnas y losas.

Fuente: Elaboración propia – Etabs.

En la figura 68, se muestra la asignación del empotrado en los seis grados de libertad de los apoyos en la base.



*Figura 68.* Empotrado de los apoyos de la base.

Fuente: Elaboración propia – Etabs.

Se observa en la figura 69 la asignación del diafragma rígido en cada nivel de la edificación de cuatro niveles.

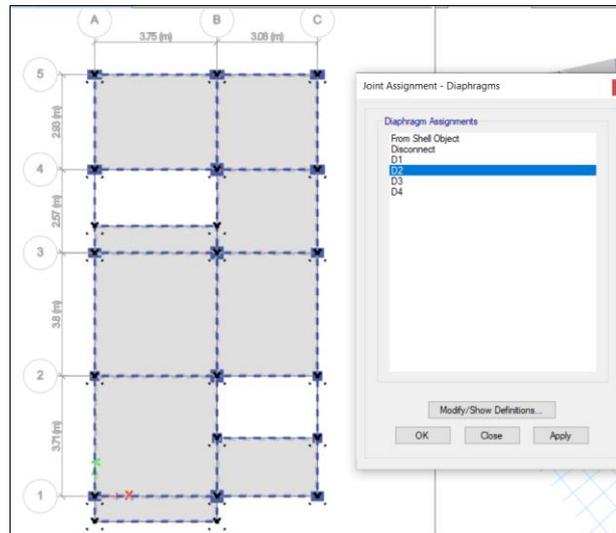


Figura 69. Asignación de diafragma rígido.

Fuente: Elaboración propia – Etabs.

Se observa en la figura 70, se visualiza la creación de patrones de carga, en dónde consideramos la carga muerta, carga viva, sismo en dirección X y sismo en dirección Y.

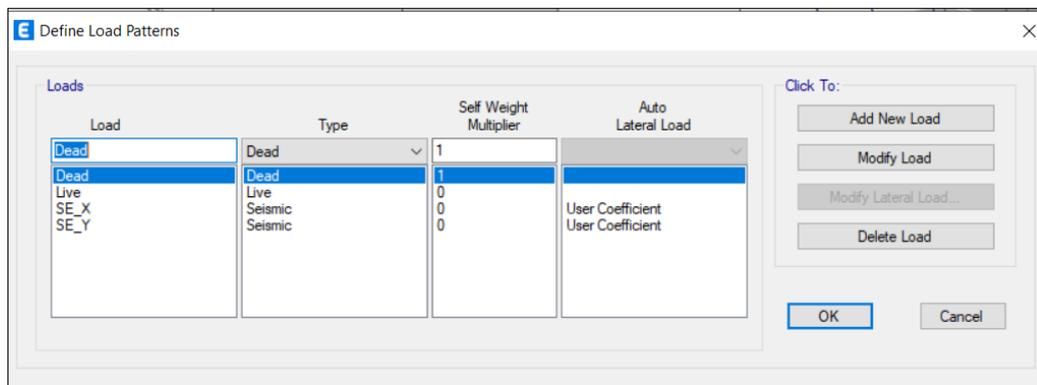
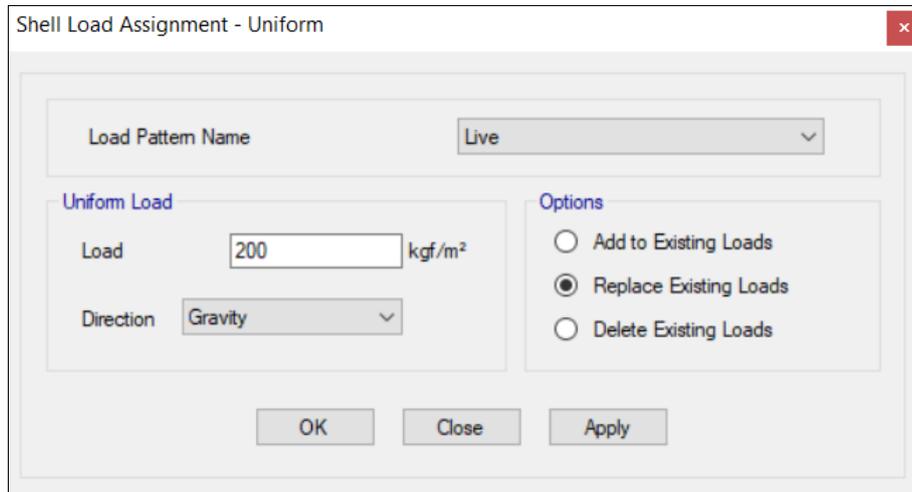


Figura 70. Definición de patrones de carga.

Fuente: Elaboración propia – Etabs.

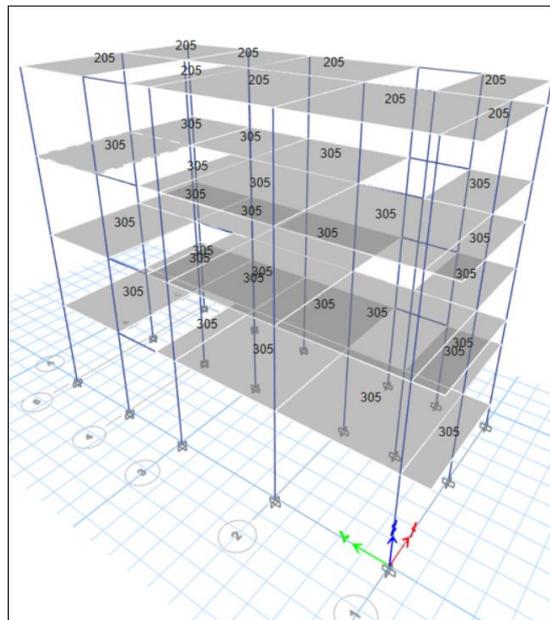
Visualizamos en la figura 71, la asignación de la sobrecarga del uso de vivienda que según el RNE es de 200 kg/m<sup>2</sup>.



*Figura 71.* Asignación de sobrecarga del uso de vivienda.

Fuente: Elaboración propia – Etabs.

Debemos de asignar todas las cargas muertas y vivas tanto en las vigas como en las losas, estos valores son los que se obtuvieron en el metrado de carga, se observa en la figura 72, las cargas muertas actuantes en losas en la vivienda de cuatro niveles.



*Figura 72.* Cargas muertas actuantes en losas.

Fuente: Elaboración propia – Etabs.

Se observa en la figura 73, la carga de la escalera asignada a las vigas en dónde se apoya, y está calculada el valor numérico de su peso en el metrado de cargas.

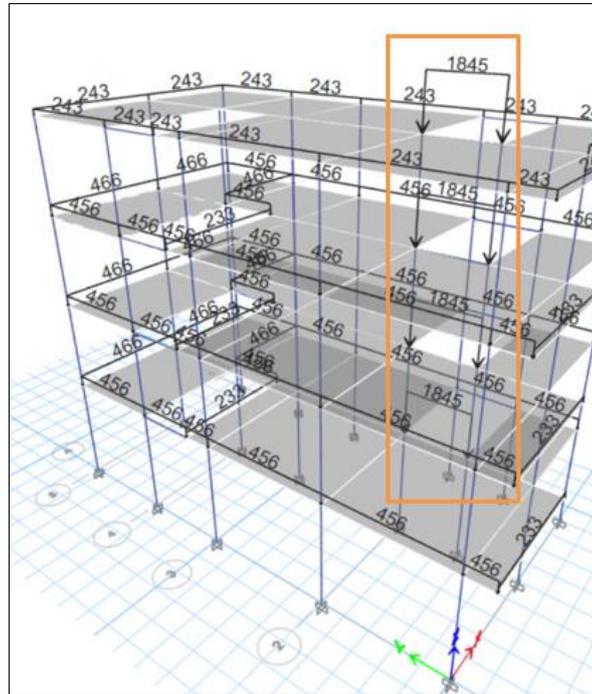


Figura 73. Asignación de carga de escalera-Etabs.

Fuente: Elaboración propia – Etabs.

Se observa en la figura 74, la definición del centro de masas en dónde se considera en las masas participativas la carga muerta y un 25% de la carga viva según la norma E030 del RNE.

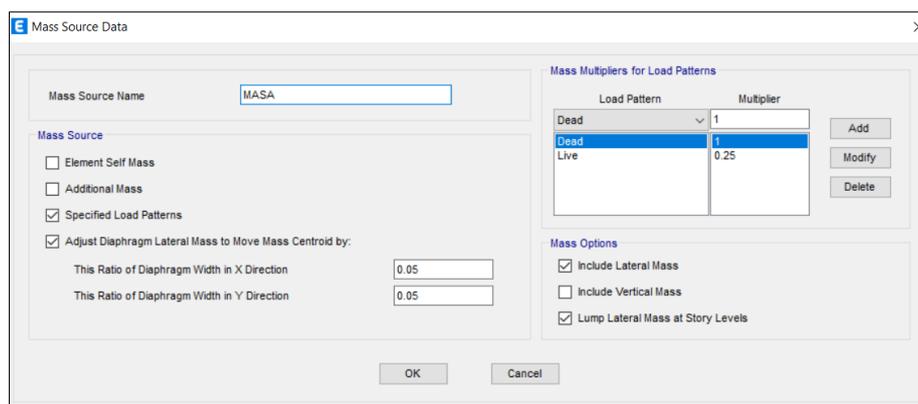


Figura 74. Definición de masas participativas.

Fuente: Elaboración propia – Etabs.

Luego procedemos a asignar los casos modales en donde según la norma E030 del RNE se utiliza mínimo 3 por piso, en nuestra edificación se estaría asignando un total de 12 modos de vibración. Se muestra en la figura 75, los casos modales de la edificación de 4 niveles.

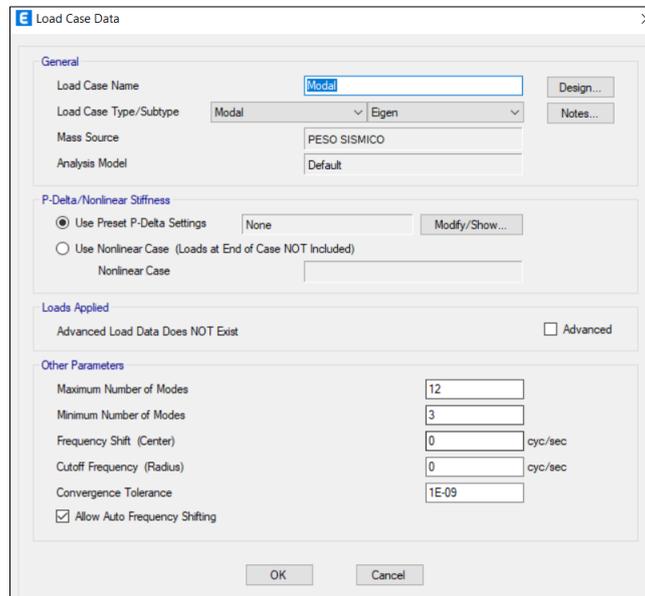


Figura 75. Casos modales para la edificación de 4 niveles.

Fuente: Elaboración propia – Etabs.

Seguidamente se procede a crear las combinaciones de carga según a lo indicado en la norma E060 del RNE, en la figura 76, se observa la creación cargas de combinaciones carga de nuestra edificación de 4 niveles.

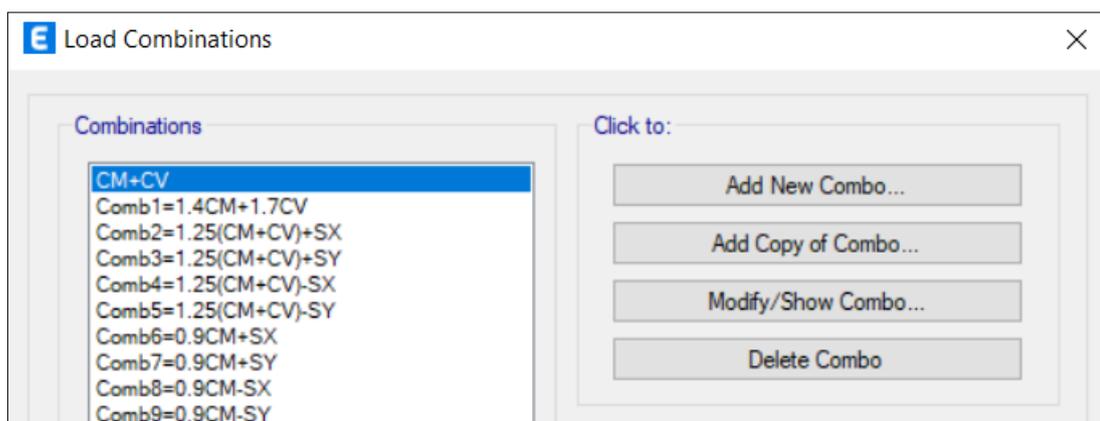


Figura 76. Creación de combinaciones de carga según al RNE.

Fuente: Elaboración propia – Etabs.

Luego se procede a insertar el periodo de vibración y la aceleración del espectro de respuesta, importando un archivo de texto en formato txt., se muestra en la figura 77 la inserción del periodo y aceleración del espectro de respuesta en los ejes X y Y.

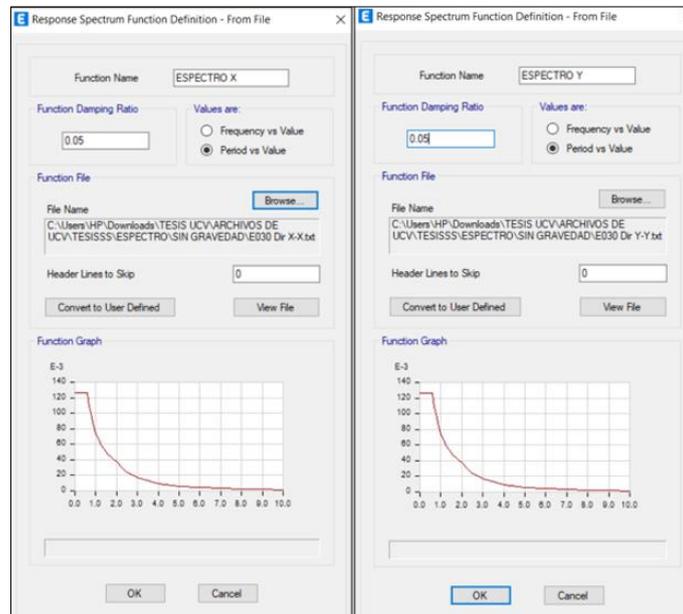


Figura 77. Espectro de respuesta en los ejes X y Y.

Fuente: Elaboración propia – Etabs.

Luego realizamos la obtención de los periodos de vibración en el programa Etabs, tal como se muestra en la figura 78.

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal 1		0.405	0.1127	0.7734	0	0.1127	0.7734	0	0.0947	0.0179	0.025	0.0947	0.0179	0.025
Modal 2		0.403	0.7727	0.1213	0	0.8853	0.8947	0	0.0148	0.1187	0.0007	0.1094	0.1366	0.0257
Modal 3		0.396	0.0082	0.0193	0	0.8916	0.9141	0	0.0021	0.0003	0.8744	0.1115	0.1399	0.9001
Modal 4		0.131	0.0005	0.0704	0	0.8921	0.9845	0	0.8236	0.0046	0.0013	0.9351	0.1415	0.9014
Modal 5		0.128	0.0643	0.0006	0	0.9763	0.9851	0	0.0074	0.7727	0.0013	0.9425	0.9143	0.9027
Modal 6		0.117	0.0024	0.0009	0	0.9767	0.995	0	0.0107	0.0174	0.0776	0.9533	0.9317	0.9884
Modal 7		0.076	1.332E-05	0.0119	0	0.9787	0.9979	0	0.0272	3.699E-05	0.0002	0.9804	0.9318	0.9806
Modal 8		0.071	0.0162	3.18E-05	0	0.9949	0.998	0	0.0001	0.0407	0.0009	0.9805	0.9725	0.9815
Modal 9		0.066	0.0017	0.0001	0	0.9966	0.998	0	0.0002	0.004	0.0155	0.9807	0.9765	0.9969
Modal 10		0.056	0	0.002	0	0.9966	1	0	0.0193	2.78E-06	1.896E-05	1	0.9765	0.997
Modal 11		0.05	0.0026	1.539E-06	0	0.9993	1	0	1.851E-05	0.0188	0.0004	1	0.9953	0.9973
Modal 12		0.046	0.0007	1.903E-06	0	1	1	0	2.41E-05	0.0047	0.0027	1	1	1

Figura 78. Periodos de vibración en Etabs

Fuente: Elaboración propia – Etabs.

Seguidamente realizamos a la obtención de los pesos por nivel en el Software Etabs con la consideración de indicar que se tome un 100% de la Carga muerta y un 25 % de la carga viva, como lo indica la norma E030 del RNE, en dónde el Etabs

nos permite obtener directamente los pesos por nivel, dónde debemos tomar los valores de la parte de abajo (bottom), como se muestra en la figura 79.

Story	Output Case	Case Type	Location	P kgf	VX kgf	VY kgf	T kgf-m	MX kgf-m	MY kgf-m
Story4	P_100CM+25...	Combination	Top	71763.18	0	0	0	433943	-241594.76
Story4	P_100CM+25...	Combination	Bottom	85727.58	0	0	0	525912.67	-293152.56
Story3	P_100CM+25...	Combination	Top	176771.18	0	0	0	1107396.65	-599539.11
Story3	P_100CM+25...	Combination	Bottom	190735.58	0	0	0	1199366.31	-651096.9
Story2	P_100CM+25...	Combination	Top	281779.18	0	0	0	1780850.29	-957483.45
Story2	P_100CM+25...	Combination	Bottom	295743.57	0	0	0	1872819.96	-1009041.24
Story1	P_100CM+25...	Combination	Top	386787.17	0	0	0	2454303.93	-1315427.79
Story1	P_100CM+25...	Combination	Bottom	403337.57	0	0	0	2563305.02	-1376533.33

Figura 79. Pesos por nivel en el Software Etabs

Fuente: Elaboración propia – Etabs.

Una vez obtenido los pesos por nivel, realizamos el cálculo de las cortantes basales por niveles con la siguiente ecuación indicada en la norma E030 del RNE.

$$V = \frac{SUCZ}{R} * P$$

$$Fi = \alpha_i * V$$

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

Dónde calculando cada valor y reemplazando para cada piso tenemos los valores numéricos mostrados en la tabla 19.

Tabla 19. Obtención de cortantes por niveles-Etabs.

<b>ETABS</b>							
PISOS	PESO (KG)	hi	k	hi^k	p*hi^k	alfa	Fi=alfa*v
P4	85727.58	11.3	1	11.3	968721.654	0.17161952	21095.1626
P3	190732.58	8.6	1	8.6	1640300.19	0.29059692	35719.6508
P2	295743.57	5.9	1	5.9	1744887.06	0.30912561	37997.1648
P1	403337.57	3.2	1	3.2	1290680.22	0.22865796	28106.2255
	975541.3				5644589.13		

Fuente: Elaboración propia

Luego procedemos a la obtención de las deformaciones de cada piso en el Software Etabs, para poder calcularlo tenemos que escoger el valor máximo de las deformaciones del sismo X y Y referido a cada nivel, mostrados en la figura 80.

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m
Story4	Deriva_SDY	Combination	Max	X	0.001957	22	0	-0.78	11.3
Story4	Deriva_SDY	Combination	Min	X	0.001957	22	0	-0.78	11.3
Story4	Deriva_SDX	Combination	Max	X	0.00034	22	0	-0.78	11.3
Story4	Deriva_SDX	Combination	Min	X	0.00034	22	0	-0.78	11.3
Story4	Deriva_SDX	Combination	Max	Y	0.001659	22	0	-0.78	11.3
Story4	Deriva_SDX	Combination	Min	Y	0.001659	22	0	-0.78	11.3
Story4	Deriva_SDX	Combination	Max	X	0.00034	22	0	-0.78	11.3
Story4	Deriva_SDX	Combination	Min	X	0.00034	22	0	-0.78	11.3
Story4	Deriva_SDX	Combination	Max	Y	0.001659	22	0	-0.78	11.3
Story4	Deriva_SDX	Combination	Min	Y	0.001659	22	0	-0.78	11.3
Story3	Deriva_SDX	Combination	Max	X	0.003378	22	0	-0.78	8.6
Story3	Deriva_SDX	Combination	Min	X	0.003378	22	0	-0.78	8.6
Story3	Deriva_SDX	Combination	Max	X	0.000636	22	0	-0.78	8.6
Story3	Deriva_SDX	Combination	Min	X	0.000636	22	0	-0.78	8.6
Story3	Deriva_SDX	Combination	Max	Y	0.003083	2	0	13.01	8.6
Story3	Deriva_SDX	Combination	Min	Y	0.003083	2	0	13.01	8.6
Story3	Deriva_SDX	Combination	Max	X	0.000636	22	0	-0.78	8.6
Story3	Deriva_SDX	Combination	Min	X	0.000636	22	0	-0.78	8.6
Story3	Deriva_SDX	Combination	Max	Y	0.003083	2	0	13.01	8.6
Story3	Deriva_SDX	Combination	Min	Y	0.003083	2	0	13.01	8.6
Story2	Deriva_SDX	Combination	Max	X	0.004473	22	0	-0.78	5.9
Story2	Deriva_SDX	Combination	Min	X	0.004473	22	0	-0.78	5.9
Story2	Deriva_SDX	Combination	Max	X	0.000883	22	0	-0.78	5.9
Story2	Deriva_SDX	Combination	Min	X	0.000883	22	0	-0.78	5.9
Story2	Deriva_SDX	Combination	Max	Y	0.004282	22	0	-0.78	5.9
Story2	Deriva_SDX	Combination	Min	Y	0.004282	22	0	-0.78	5.9
Story2	Deriva_SDX	Combination	Max	X	0.000883	22	0	-0.78	5.9
Story2	Deriva_SDX	Combination	Min	X	0.000883	22	0	-0.78	5.9
Story2	Deriva_SDX	Combination	Max	Y	0.004282	22	0	-0.78	5.9
Story2	Deriva_SDX	Combination	Min	Y	0.004282	22	0	-0.78	5.9
Story1	Deriva_SDX	Combination	Max	X	0.004657	15	6.83	0	3.2
Story1	Deriva_SDX	Combination	Min	X	0.004657	15	6.83	0	3.2
Story1	Deriva_SDX	Combination	Max	Y	0.005122	13	0	0	3.2
Story1	Deriva_SDX	Combination	Min	Y	0.005122	13	0	0	3.2

Figura 80. Pesos por nivel en el Software Etabs

Fuente: Elaboración propia – Etabs.

### 3.6. Método de análisis de datos

Según Hernández (2012), Indica que el análisis de datos se encarga de revisar con grupo de datos con la finalidad de obtener conclusiones respecto a una información y esto para poder tomar decisiones o incrementar los conocimientos sobre un tema.

En la presente investigación

- Se obtuvo los resultados de distorsiones de entresijos de la vivienda multifamiliar mediante los Ram Elements, Staad Pro y Etabs para posteriormente realizar la comparación de estos.
- Se obtuvo y se realizó la comparación de las cortantes basales con los Software Staad Pro y Ram Elements usados en una vivienda multifamiliar.
- Se diferenciaron los periodos de vibración utilizando los Software Staad Pro y Ram Elements para posteriormente realizar una diferenciación.
- Se distinguió los resultados de las deformaciones y momentos flexionantes mediante los Software Staad Pro y Ram Elements.

### **3.7. Aspectos éticos**

El presente estudio se realizó respetando y cumpliendo las normas de ética en investigación de la Universidad César Vallejo, se verificó todos los lineamientos que se han establecido como la honestidad, el respeto al esfuerzo ajeno, justicia, competitividad profesional y científica, como también, esta investigación fue sometida al software antiplagio Turnitin y todos los autores fueron adecuadamente citados según la norma ISO-690. Asimismo, los datos fueron obtenidos mediante el uso de dos softwares y estos no fueron manipulados para la debida validez de los resultados.

Según Salazar, Icaza y Alejo (2018), la ética se orienta a los valores, consecuencias y causas de cómo se comporta el ser humano, se le atribuye a la ética como una ciencia de normas, en dónde está indica leyes para que la sociedad pueda tomar decisiones correctas, tanto personas como los científicos que realizan investigaciones como las personas que aplican estos conocimientos deben ser éticos, para evitar procedimientos o daños graves en valores, por esta razón el uso de la ética en nuestros tiempos es de vital importancia y esta generará valores y principios positivos.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Los periodos de vibración que se obtuvieron del modelamiento con los Software Ram Elements, Staad Pro y Etabs fueron:

Se muestra en la tabla 20 los periodos de vibración obtenidos con el Software Ram Elements el cuál fue exportado a una tabla Excel, en la parte inferior indica el máximo % de participación de masas y el periodo al que pertenece.

**Tabla 20.** *Periodos de vibración en el Software Ram Elements.*

RAM ELEMENTS			
Modos	Periodo (seg)	Part. de masas en X	Part. de masas en Z
1	0.320	10.61 %	76.09 %
2	0.309	69.58 %	15.31 %
3	0.257	10.63 %	1.69 %
4	0.100	0.64 %	5.07 %
5	0.097	5.91 %	0.76 %
6	0.080	1.09 %	0.09 %
7	0.056	0.03 %	0.81 %
8	0.052	1.04 %	0.04 %
9	0.043	0.26 %	0.01 %
10	0.039	0.00 %	0.12 %
11	0.035	0.16 %	0.00 %
12	0.029	0.05 %	0.00 %
	Part. de masas	Periodo (seg)	
Máximo en X	69.58 %	0.309	
Máximo en Z	76.09 %	0.320	

Fuente: Elaboración propia

Se muestra en la tabla 21 los periodos de vibración obtenidos con el Software Staad Pro el cuál fue exportado a una tabla Excel, en la parte inferior indica el máximo % de participación de masas y el periodo al que pertenece.

**Tabla 21.** *Periodos de vibración en el Software Staad Pro.*

STAAD PRO			
Modos	Periodo (seg)	Part. de masas en X	Part. de masas en Z
1	0.335	56.95 %	24.46 %
2	0.327	27.09 %	63.33 %
3	0.270	4.73 %	3.58 %
4	0.108	1.95 %	4.90 %
5	0.104	6.03 %	2.03 %
6	0.085	0.82 %	0.19 %
7	0.064	0.06 %	1.19 %
8	0.060	1.67 %	0.08 %
9	0.049	0.21 %	0.16 %
10	0.048	0.09 %	0.07 %
11	0.043	0.33 %	0.00 %
12	0.039	0.00 %	0.00 %
	Part. de masas	Periodo (seg)	
Máximo en X	56.95 %	0.335	
Máximo en Z	63.33 %	0.327	

Fuente: Elaboración propia

Se muestra en la tabla 22 los periodos de vibración obtenidos con el Software Etabs el cuál fue exportado a una tabla Excel, en la parte inferior indica el máximo % de participación de masas y el periodo al que pertenece.

**Tabla 22.** *Periodos de vibración en el Software Etabs.*

ETABS			
Modos	Periodo (seg)	Part. de masas en X	Part. de masas en Y
1	0.405	11.27 %	77.34 %
2	0.403	77.27 %	12.13 %
3	0.366	0.62 %	1.93 %
4	0.131	0.05 %	7.04 %
5	0.128	8.43 %	0.06 %
6	0.117	0.24 %	0.09 %
7	0.076	0.00 %	1.19 %
8	0.071	1.62 %	0.00 %
9	0.066	0.17 %	0.01 %
10	0.056	0.00 %	0.20 %
11	0.05	0.26 %	0.00 %
12	0.046	0.07 %	0.00 %

	Part. de masas	Periodo (seg)
Máximo en X	77.27 %	0.403
Máximo en Y	77.34 %	0.405

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la figura 81, un resumen de los periodos de vibración obtenidos en los 3 Software en los ejes X y Z.



**Figura 81.** Comparación de los periodos de vibración.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 23 se observa la suma del porcentaje de masas participativas de los 12 modos de vibración en el Software Ram Elements, en dónde este es mayor al 90%, lo cual indica que cumple lo establecido según la norma E030 del RNE.

**Tabla 23. Masas participativas en el Software Ram Elements.**

RAM ELEMENTS			
Modos	Periodo (seg)	Part. de masas en X	Part. de masas en Z
1	0.320	10.61 %	76.09 %
2	0.309	69.58 %	15.31 %
3	0.257	10.63 %	1.69 %
4	0.100	0.64 %	5.07 %
5	0.097	5.91 %	0.76 %
6	0.080	1.09 %	0.09 %
7	0.056	0.03 %	0.81 %
8	0.052	1.04 %	0.04 %
9	0.043	0.26 %	0.01 %
10	0.039	0.00 %	0.12 %
11	0.035	0.16 %	0.00 %
12	0.029	0.05 %	0.00 %
		100.00 %	99.99 %

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 24 se observa la suma del porcentaje de masas participativas de los 12 modos de vibración en el Software Staad Pro, en dónde este es mayor al 90%, lo cual indica que cumple lo establecido según la norma E030 del RNE.

**Tabla 24. Masas participativas en el Software Staad Pro.**

STAAD PRO			
Modos	Periodo (seg)	Part. de masas en X	Part. de masas en Z
1	0.335	56.95 %	24.46 %
2	0.327	27.09 %	63.33 %
3	0.270	4.73 %	3.58 %
4	0.108	1.95 %	4.90 %
5	0.104	6.03 %	2.03 %
6	0.085	0.82 %	0.19 %
7	0.064	0.06 %	1.19 %
8	0.060	1.67 %	0.08 %
9	0.049	0.21 %	0.16 %
10	0.048	0.09 %	0.07 %
11	0.043	0.33 %	0.00 %
12	0.039	0.00 %	0.00 %
		99.93 %	100.00 %

Fuente: Elaboración propia

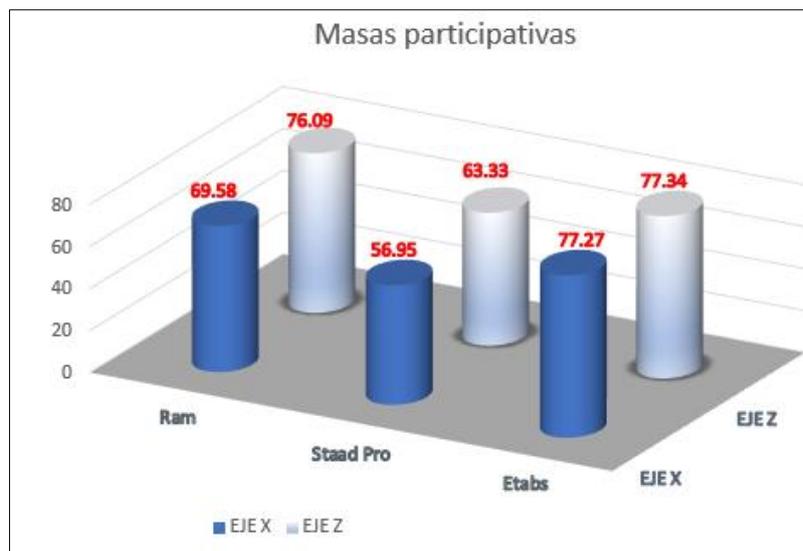
En la tabla 25 se observa la suma del porcentaje de masas participativas de los 12 modos de vibración en el Software Etabs, en dónde este es mayor al 90%, lo cual indica que cumple lo establecido según la norma E030 del RNE.

**Tabla 25. Masas participativas en el Software Etabs.**

ETABS			
Modos	Periodo (seg)	Part. de masas en X	Part. de masas en Y
1	0.405	11.27 %	77.34 %
2	0.403	77.27 %	12.13 %
3	0.366	0.62 %	1.93 %
4	0.131	0.05 %	7.04 %
5	0.128	8.43 %	0.06 %
6	0.117	0.24 %	0.09 %
7	0.076	0.00 %	1.19 %
8	0.071	1.62 %	0.00 %
9	0.066	0.17 %	0.01 %
10	0.056	0.00 %	0.20 %
11	0.05	0.26 %	0.00 %
12	0.046	0.07 %	0.00 %
		100.00 %	99.99 %

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la figura 82, un resumen de las masas participativas máximas respecto a cada Software y en los ejes X y Z.



*Figura 82. Comparación de las masas participativas.*

Fuente: Elaboración propia.

**4.2. Del modelamiento en los Software Ram Elements, Staad Pro y Etabs se obtuvieron las siguientes fuerzas cortantes:**

Se aprecia en la tabla 26, las fuerzas cortantes por nivel respecto al análisis sísmico estático en X, los cuáles fueron calculados con el Software Ram Elements.

**Tabla 26.** Fuerzas cortantes en X en el Software Ram Elements.

Sismo en X

NIVELES	Caso de carga	Fuerza cortante en X
		Kg
4	Sismo en X	15836.86
3	Sismo en X	28732.29
2	Sismo en X	31157.17
1	Sismo en X	23110.76

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia en la tabla 27, las fuerzas cortantes por nivel respecto al análisis sísmico estático en Z, los cuáles fueron calculados con el Software Ram Elements.

**Tabla 27.** Fuerzas cortantes en Z en el Software Ram Elements.

Sismo en Z

NIVELES	Caso de carga	Fuerza cortante en Z
		Kg
4	Sismo en Z	15836.86
3	Sismo en Z	28732.29
2	Sismo en Z	31157.17
1	Sismo en Z	23110.76

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia en la tabla 28, las fuerzas cortantes por nivel respecto al análisis sísmico estático en X, los cuáles fueron calculados con el Staad Pro.

**Tabla 28.** Fuerzas cortantes en X en el Software Staad Pro.

Sismo en X

NIVELES	Caso de carga	Fuerza cortante en X
		Kg
4	Sismo en X	20349.49228
3	Sismo en X	37708.27152
2	Sismo en X	41103.89243
1	Sismo en X	30554.28334

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia en la tabla 29, las fuerzas cortantes por nivel respecto al análisis sísmico estático en Z, los cuáles fueron calculados con el Software Staad Pro.

**Tabla 29.** *Fuerzas cortantes en Z en el Software Staad Pro.*

Sismo en Z

NIVELES	Caso de carga	Fuerza cortante en Z
		Kg
4	Sismo en Z	20349.49228
3	Sismo en Z	37708.27152
2	Sismo en Z	41103.89243
1	Sismo en Z	30554.28334

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia en la tabla 30, las fuerzas cortantes por nivel respecto al análisis sísmico estático en X, los cuáles fueron calculados con el Etabs.

**Tabla 30.** *Fuerzas cortantes en X en el Software Etabs.*

Sismo en X

NIVELES	Caso de carga	Fuerza cortante en X
		Kg
4	Sismo en X	21095.16
3	Sismo en X	35719.65
2	Sismo en X	37997.16
1	Sismo en X	28106.23

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia en la tabla 31, las fuerzas cortantes por nivel respecto al análisis sísmico estático en Y, los cuáles fueron calculados con el Software Etabs.

**Tabla 31.** *Fuerzas cortantes en Y en el Software Etabs.*

Sismo en Y

NIVELES	Caso de carga	Fuerza cortante en Y
		Kg
4	Sismo en Z	21095.16
3	Sismo en Z	35719.65
2	Sismo en Z	37997.16
1	Sismo en Z	28106.23

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la figura 83, un resumen de las fuerzas cortantes en los ejes horizontales.

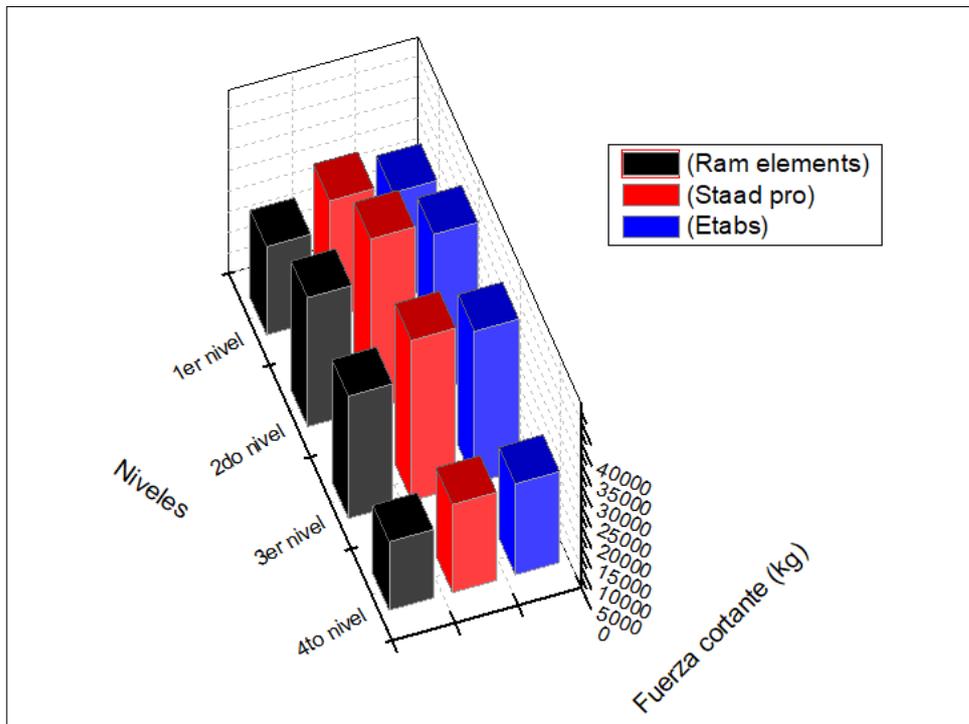


Figura 83. Comparación de fuerzas cortantes.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3. Las distorsiones de entrepiso del sismo estático horizontal obtenidos con los Software Ram Elements, Staad Pro y Etabs fueron:

Se observa en la tabla 32, los valores numéricos de distorsiones de entrepiso en el análisis del eje X, verificando estos valores con la norma E030 del RNE, estas distorsiones son menores al límite indicado.

**Tabla 32.** *Distorsión de entre En el Eje X – Ram Elements.*

NIVEL	Dirección	Maximo (m)
Nivel 4	X	0.00255
Nivel 3	X	0.00165
Nivel 2	X	0.00405
Nivel 1	X	0.00394

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la tabla 33, los valores numéricos de distorsiones de entrepiso en el análisis del eje Z, verificando estos valores con la norma E030 del RNE, estas distorsiones son menores al límite indicado.

**Tabla 33.** *Distorsión de entre En el Eje Z – Ram Elements.*

NIVEL	Dirección	Maximo (m)
Nivel 4	Z	0.0022
Nivel 3	Z	0.002
Nivel 2	Z	0.00397
Nivel 1	Z	0.00639

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la tabla 34, los valores numéricos de distorsiones de entrepiso en el análisis del eje X, verificando estos valores con la norma E030 del RNE, estas distorsiones son menores al límite indicado.

**Tabla 34.** *Distorsión de entre En el Eje X – Staad Pro.*

NIVEL	Dirección	Maximo (m)
Nivel 4	X	0.00473
Nivel 3	X	0.00400
Nivel 2	X	0.00315
Nivel 1	X	0.00169

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la tabla 35, los valores numéricos de distorsiones de entrepiso en el análisis del eje Z, verificando estos valores con la norma E030 del RNE, estas distorsiones son menores al límite indicado.

**Tabla 35.** *Distorsión de entre En el Eje Z – Staad Pro.*

NIVEL	Dirección	Maximo (m)
Nivel 4	Z	0.00347
Nivel 3	Z	0.00314
Nivel 2	Z	0.00242
Nivel 1	Z	0.00138

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la tabla 36, los valores numéricos de distorsiones de entrepiso en el análisis del eje X, verificando estos valores con la norma E030 del RNE, estas distorsiones son menores al límite indicado.

**Tabla 36.** *Distorsión de entre En el Eje X – Etabs.*

NIVEL	Dirección	Maximo (m)
Nivel 4	X	0.001957
Nivel 3	X	0.003378
Nivel 2	X	0.004473
Nivel 1	X	0.004657

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la tabla 37, los valores numéricos de distorsiones de entrepiso en el análisis del eje Y, verificando estos valores con la norma E030 del RNE, estas distorsiones son menores al límite indicado.

**Tabla 37.** *Distorsión de entre En el Eje Y – Etabs.*

NIVEL	Dirección	Maximo (m)
Nivel 4	Y	0.001659
Nivel 3	Y	0.003083
Nivel 2	Y	0.004262
Nivel 1	Y	0.005122

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia en la figura 84, un resumen de las deformaciones de entre piso en los ejes horizontales.

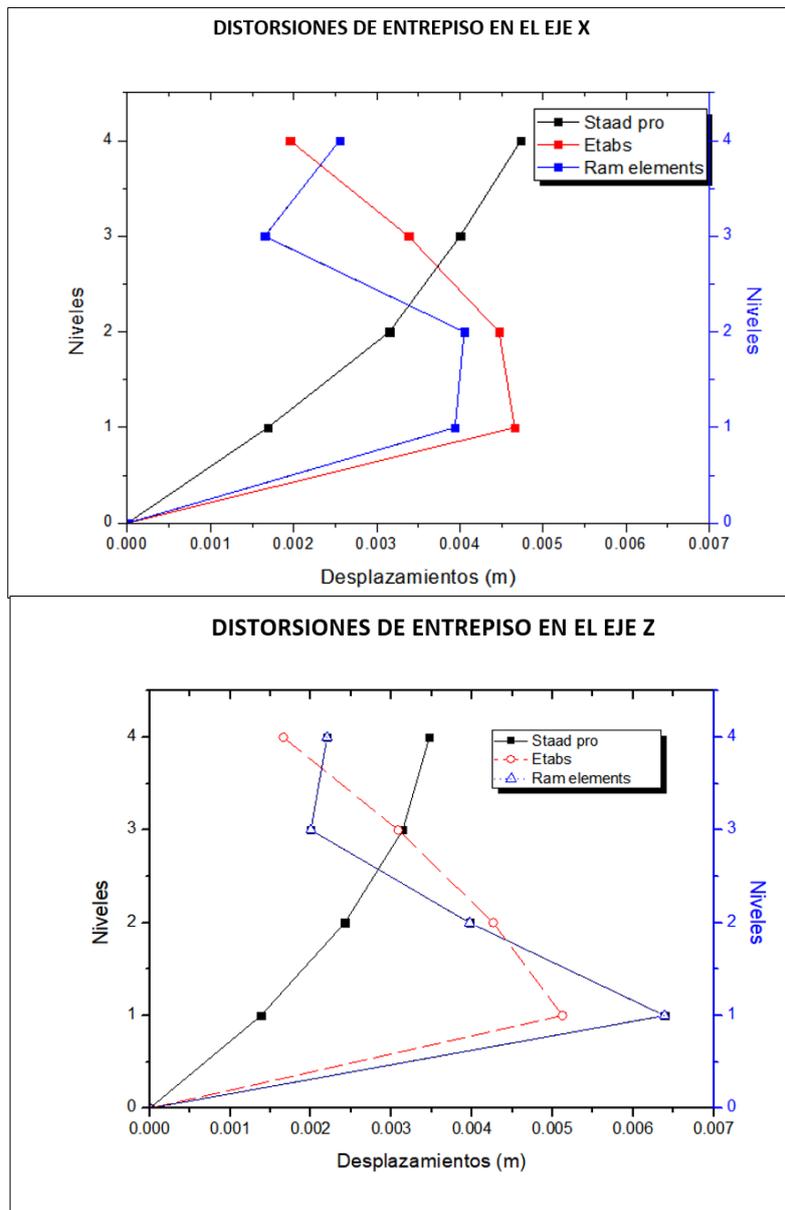


Figura 84. Comparación de deformaciones de entre piso.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4. Los momentos flectores obtenidos con los Software Ram Elements, Staad Pro y Etabs fueron:

En la figura 85 se observa la distinción de los momentos flectores en el pórtico 3-3, en la cual se usa la combinación amplificada de 1.4CM+1.7CV, dónde los Software usados Ram Elements, Staad Pro y Etabs están mostrados respectivamente.

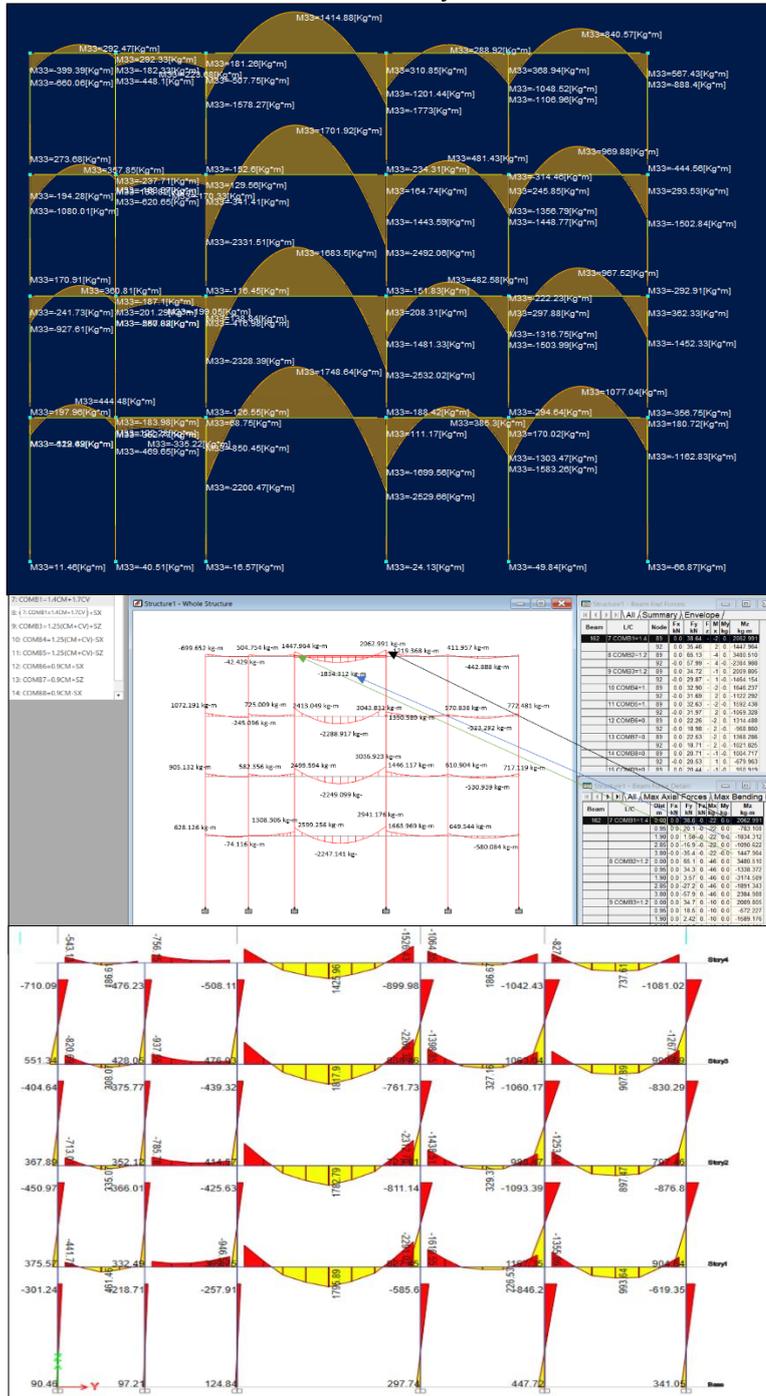


Figura 85. Momentos flectores – Combinación de carga 1.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements, Staad Pro, Etabs.

En la figura 86 se observa la distinción de los momentos flectores en el pórtico 3-3, en la cual se usa la combinación amplificada de  $1.25(CM+CV)+SX$ , dónde los Software Ram Elements, Staad Pro y Etabs están mostrados respectivamente.

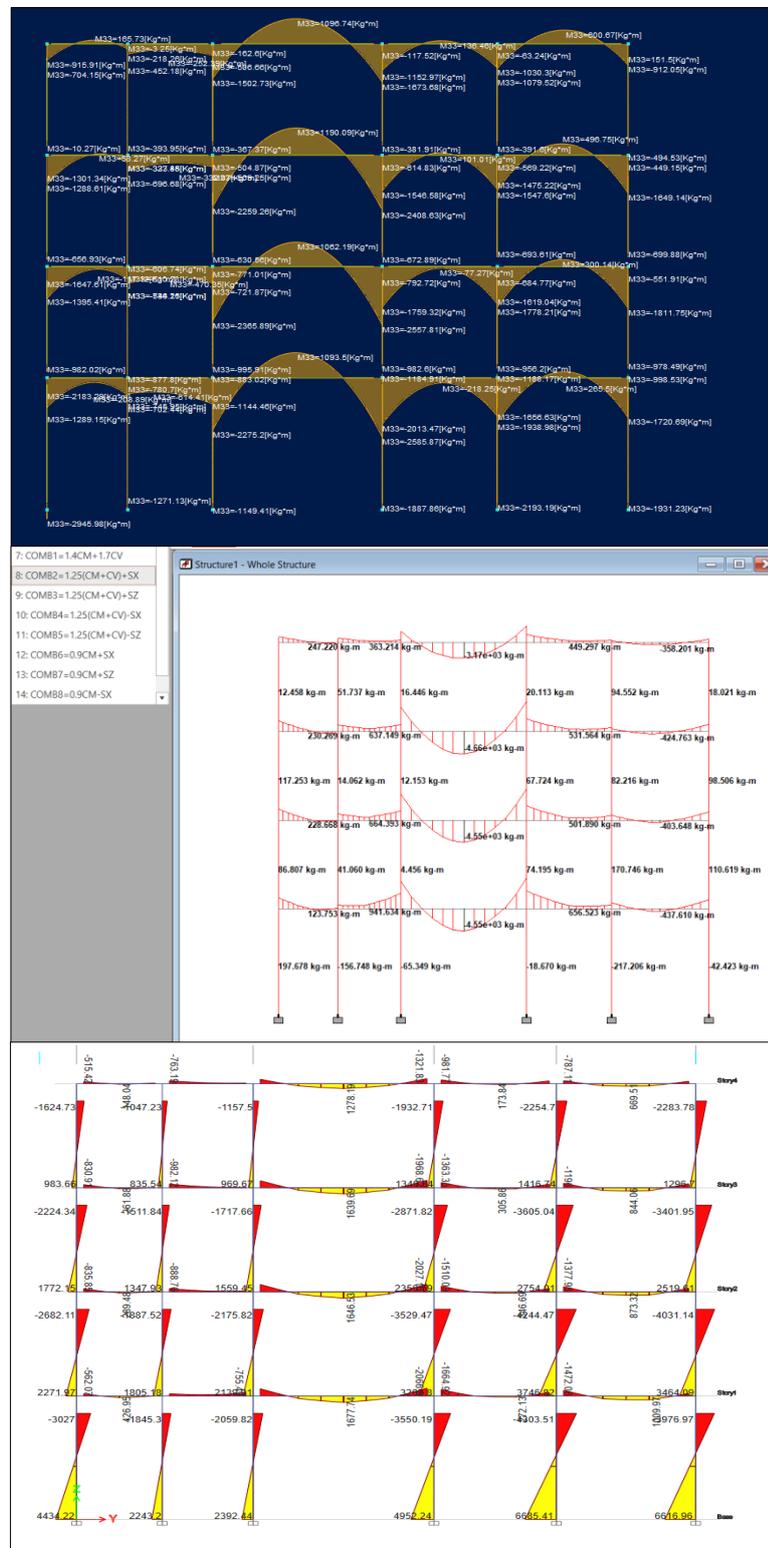


Figura 86. Momentos flectores – Combinación de carga 2.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements, Staad Pro, Etabs.

En la figura 87 se observa la distinción de los momentos flectores en el pórtico 3-3, en la cual se usa la combinación amplificada de  $1.25(CM+CV)+SZ$ , dónde los Software Ram Elements, Staad Pro y Etabs están mostrados respectivamente.

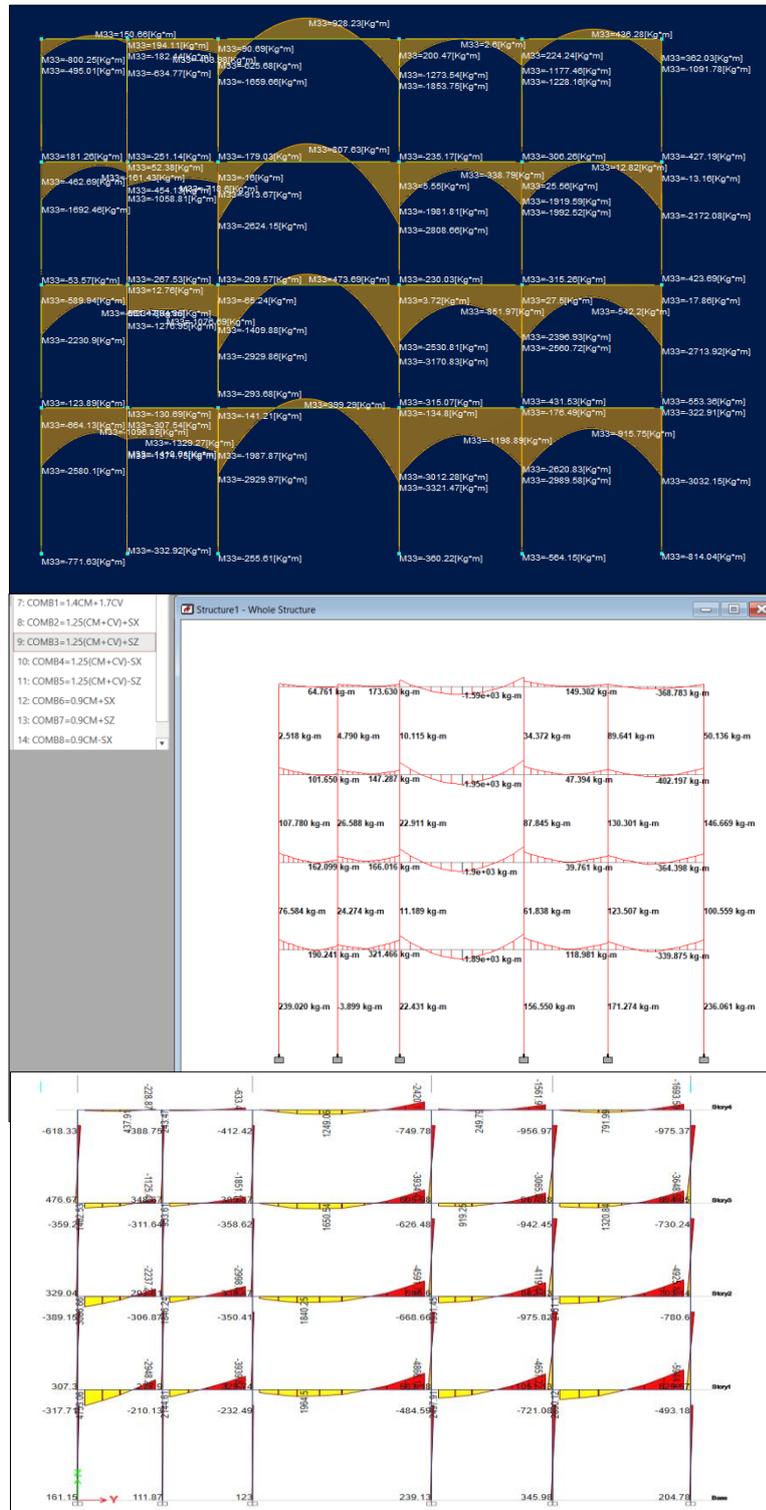


Figura 87. Momentos flectores – Combinación de carga 3.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements, Staad Pro, Etabs.

En la figura 88 se observa la distinción de los momentos flectores en el pórtico 3-3, en la cual se usa la combinación amplificada de 1.25(CM+CV)-SX, dónde los Software Ram Elements, Staad Pro y Etabs están mostrados respectivamente.

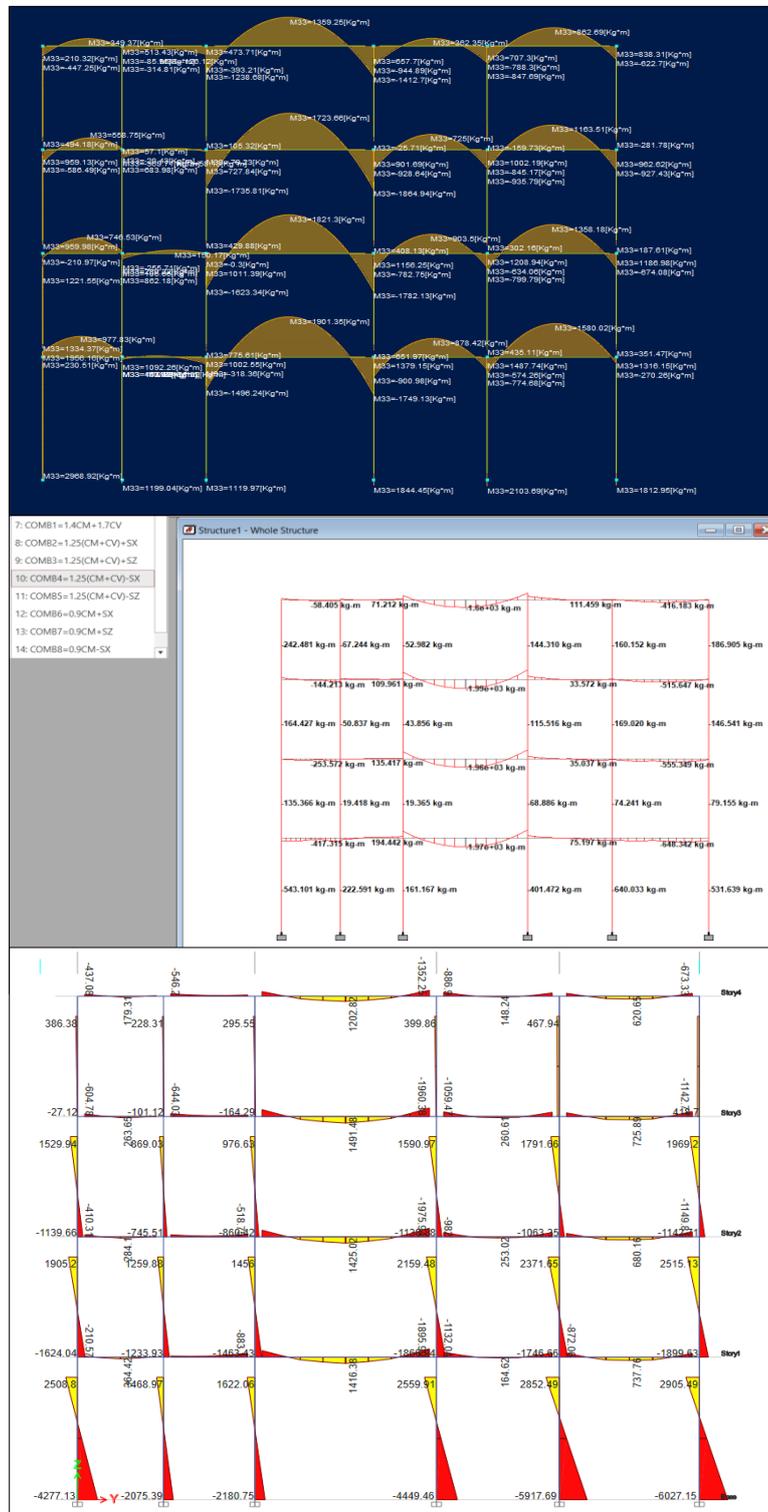


Figura 88. Momentos flectores – Combinación de carga 4.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements, Staad Pro, Etabs

En la figura 89 se observa la distinción de los momentos flectores en el pórtico 3-3, en la cual se usa la combinación amplificada de 1.25(CM+CV)-SZ, dónde los Software Ram Elements, Staad Pro y Etabs están mostrados respectivamente.

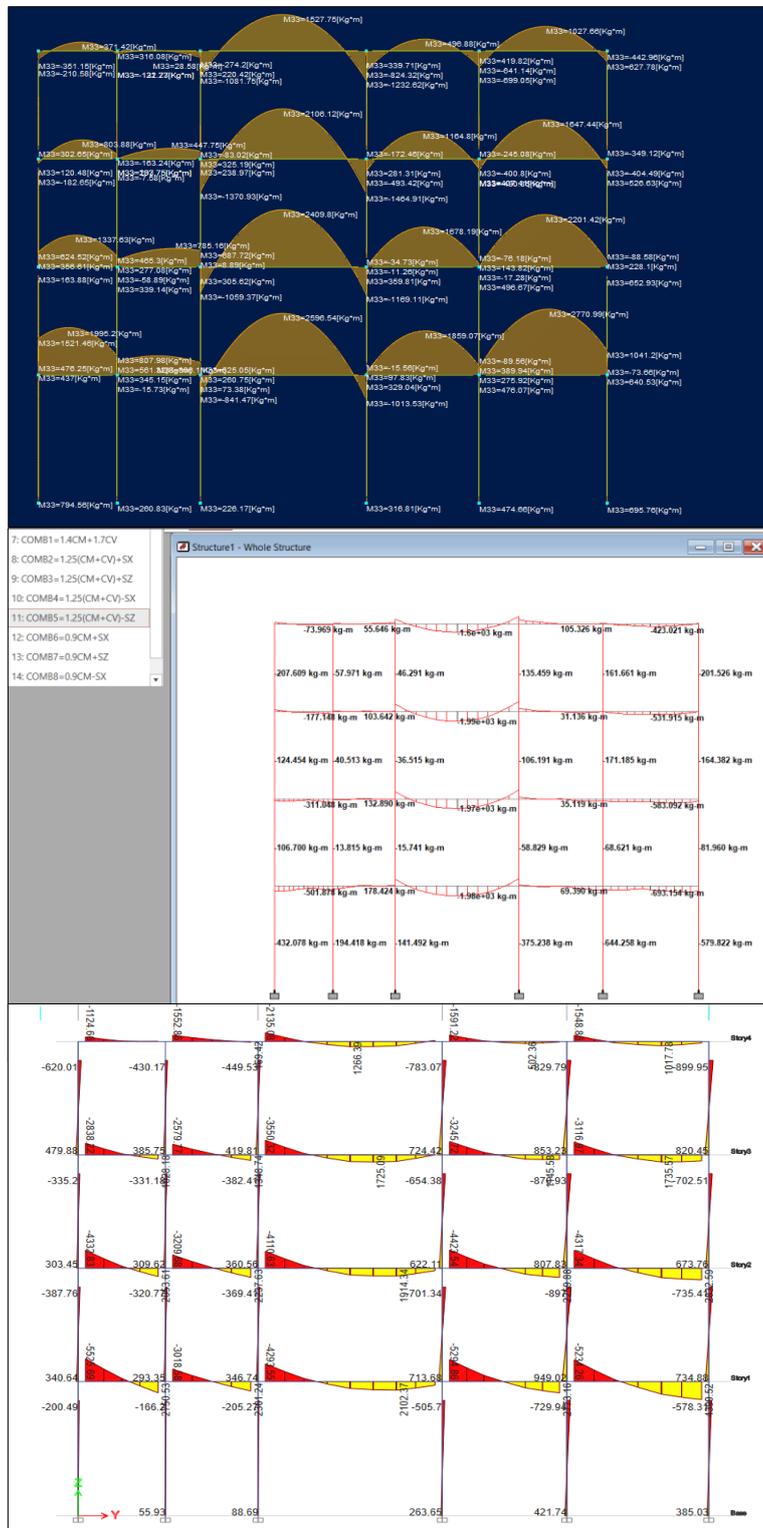


Figura 89. Momentos flectores – Combinación de carga 5.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements, Staad Pro, Etabs

En la figura 90 se observa la distinción de los momentos flectores en el pórtico 3-3, en la cual se usa la combinación amplificada de 0.9CM+SX, dónde los Software Ram Elements, Staad Pro y Etabs están mostrados respectivamente.

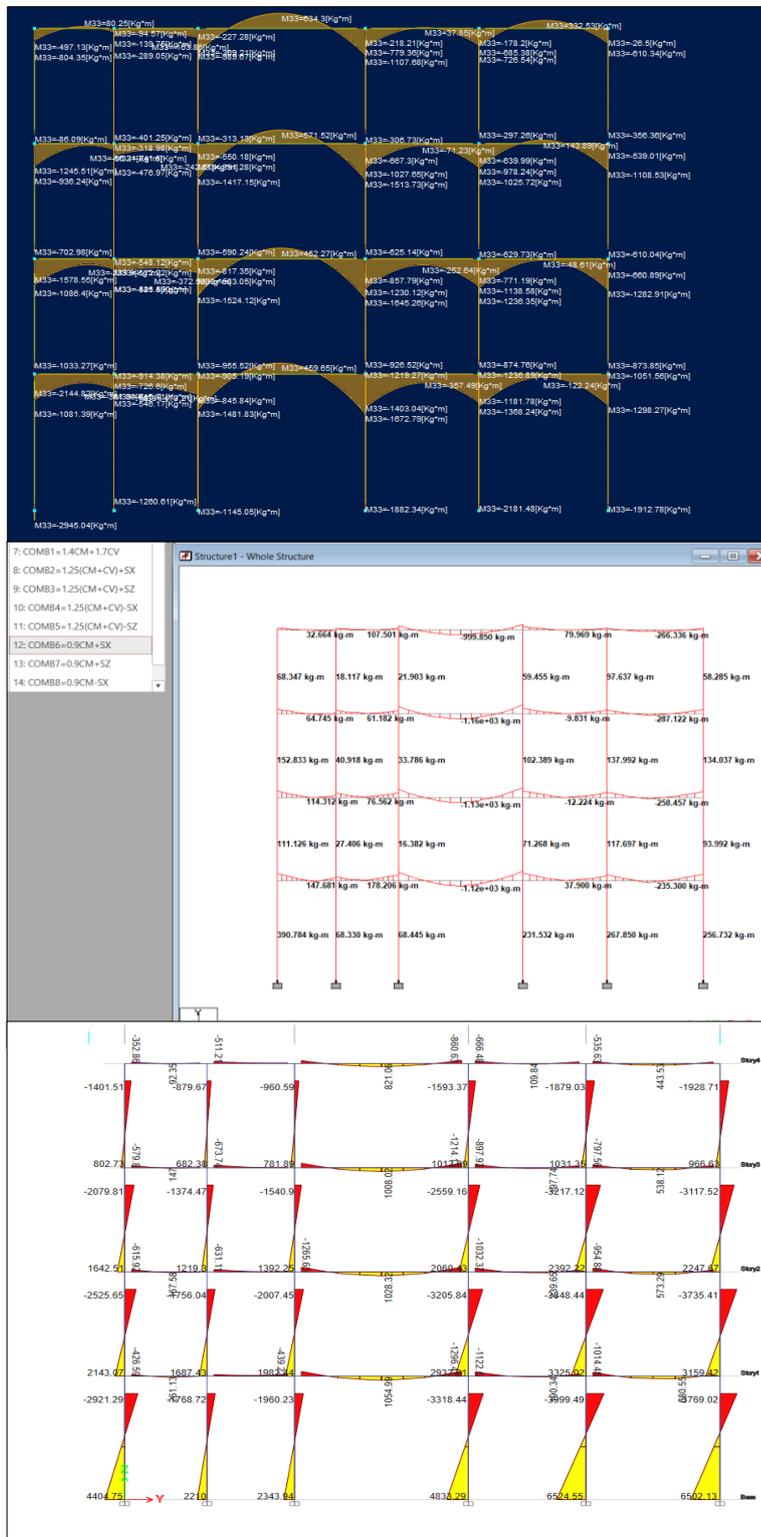


Figura 90. Momentos flectores – Combinación de carga 6.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements, Staad Pro, Etabs

En la figura 91 se observa la distinción de los momentos flectores en el pórtico 3-3, en la cual se usa la combinación amplificada de 0.9CM+SZ, dónde los Software Ram Elements, Staad Pro y Etabs están mostrados respectivamente.

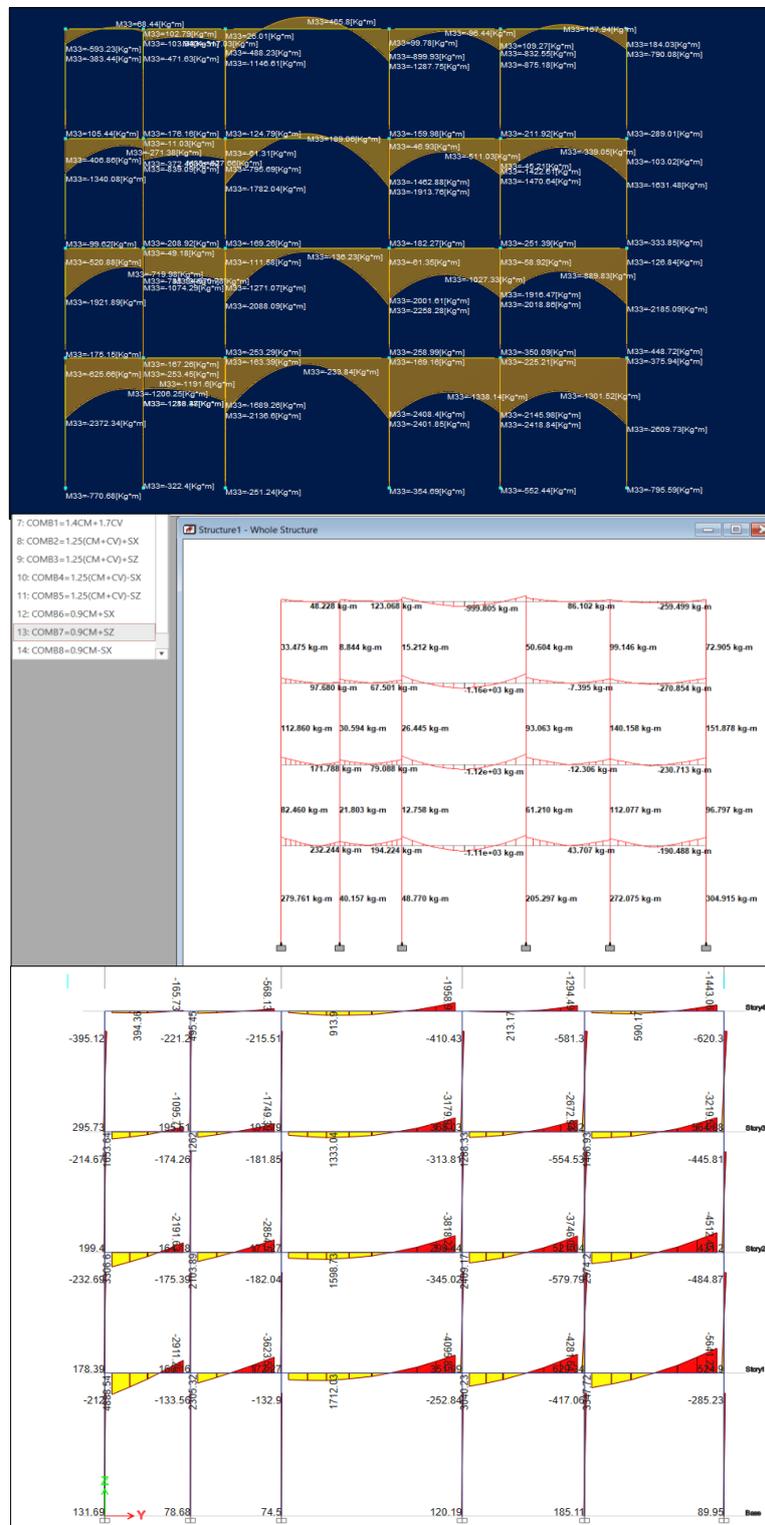


Figura 91. Momentos flectores – Combinación de carga 7.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements, Staad Pro, Etabs

En la figura 92 se observa la distinción de los momentos flectores en el pórtico 3-3, en la cual se usa la combinación amplificada de 0.9CM-SX, dónde los Software Ram Elements, Staad Pro y Etabs están mostrados respectivamente.



Figura 92. Momentos flectores – Combinación de carga 8.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements, Staad Pro, Etabs

En la figura 93 se observa la distinción de los momentos flectores en el pórtico 3-3, en la cual se usa la combinación amplificada de 0.9CM-SZ, dónde los Software Ram Elements, Staad Pro y Etabs están mostrados respectivamente.



Figura 93. Momentos flectores – Combinación de carga 9.

Fuente: Elaboración propia – Ram Elements, Staad Pro, Etabs

## V. DISCUSIÓN

En la presente tesis se realizó el modelamiento y análisis estructural de una vivienda de 4 niveles en los Software Ram Elements, Staad Pro y Etabs, en los tres Software se realizó el mismo modelado con iguales características (secciones y materiales, etc.), la finalidad de esta tesis es evaluar el cómo se comportan cada Software ante una misma modelación y análisis.

Respecto a los periodos de vibración, de acuerdo a la norma E030 del RNE indica que el mínimo número de periodos de vibración por piso es de tres, y éstos deben de tener como mínimo el 90% de la masa participativa en el total de periodos de vibraciones aplicadas, para la edificación de 4 niveles se usaron 12 periodos de vibración en los Software Ram Elements, Staad Pro y Etabs, teniendo en cuenta que respecto a los ejes globales el Software Ram Elements y Staad Pro trabajan con el eje Y como eje vertical y respecto al Software Etabs utiliza el eje Z como eje vertical, para poder realizar la comparación de resultados vamos a considerar el eje Y del Software Etabs como eje Z, según a los resultados que se obtuvieron en la tesis se indica que en el Software Ram Elements en el eje X el periodo de vibración es de 0.309 seg. Y en el eje Z es de 0.320 seg.; por otro lado el Software Staad Pro en el eje X fue de 0.335 seg. y en el eje Z es de 0.327 seg.; y respecto al Software Etabs en el eje X fue de 0.403 seg., y en el eje Z es de 0.405 seg.; las diferencias entre estos resultados entre el Software Ram Elements y Staad Pro son de 7.74 % en el eje X y de 2.09 % en el eje Z, respecto a los Software Ram Elements y Etabs estos difieren en 23.31 % en el eje X y 20.95 % en el eje Z; y respecto a los Software Staad Pro y Etabs los periodos de vibración en el eje X difiere en 16.87 % y en el eje Z de 16.26 %, dónde los resultados más cercanos respecto a los periodos de vibración están entre los Software Ram Elements y Staad Pro con una variación muy despreciable, la mayor diferencia de estos se da entre los Software Ram Elements y Etabs, los menores periodos de vibración nos lo brinda el Software Ram Elements y los mayores periodos obtenidos fueron del Software Etabs, de acuerdo a Echeverría y Suntaxi (2016), en el Edificio Loaiza el mayor periodo de vibración es de 0.36 seg. en el Software Staad Pro V8i y en el Software Etabs versión 15 obtiene 0.327 seg., existiendo una variación del 9.17 %, valor que no difiere en gran

medida respecto a nuestra investigación, todos los valores obtenidos cumplen los límites para el análisis estructural según a la norma E030 del RNE.

Acerca de los resultados de la participación de masas, en nuestra vivienda de 4 niveles se obtuvo en el Software Ram Elements un 100% para el eje X y un 99.99 % para el eje Z, en el Software Staad Pro se obtuvo un 99.93 % para el eje X y 100% para el eje Z y en el Software Etabs se obtuvo 100 % en el eje X y 99.99 % en el eje Z, coincidiendo los resultados del Software Etabs y Ram Elements, podemos coincidir en que los resultados obtenidos son demasiado cercanos con una variación insignificante para la aplicación de cualquiera de los tres Softwares.

Respecto a las fuerzas cortantes los máximos resultados de nuestra edificación se obtuvieron con el Software Staad Pro el cual está indicado en la tabla 26 y tabla 27, estos fueron de 41103.89 kgf en los ejes X y Z, para el Software Etabs los mayores valores de las fuerzas cortantes fueron de 37997.16 kgf en los ejes X y Z, y para el Software Ram elementos los resultados fueron de 31157.17 kgf en los ejes X y Z, la menor variación porcentual se da entre Software Staad Pro y Etabs habiendo una variación de 7.56 % en los ejes X y Z, la variación porcentual entre los Software Ram Elements y Etabs fue de 18.00 % en los ejes X y Z, y la mayor diferencia se da entre los Software Ram Elements y Staad Pro con una variación porcentual de 24.20 % en los ejes X y Z.

En cuanto a las deflexiones de entrepiso, refiriéndonos a los valores numéricos máximos conseguidos para el último nivel, los mayores valores de entrepiso en nuestro proyecto obtenido con el Software Etabs fueron de 0.001957 m y 0.001659 m en el eje X y Z respectivamente, en el Software Ram Elements los mayores valores del cuarto nivel fueron de 0.00255 m en el eje X y 0.0022 m en el eje Z, y en el Software Staad Pro estos valores fueron de 0.00476 m y 0.00347 m en los ejes X y Z respectivamente, la variación porcentual entre el Software Staad Pro y Ram Elements fue de 46.09 %, en el caso de los Software Staad Pro y Etabs esta variación fue de 58.63 % y respecto a los Software Ram Elements y Etabs fue de 23.25 %, Echeverría y Suntaxi (2016) también encontró mayor distorsión en el último nivel utilizando el Software Staad Pro en comparación del Software Etabs, en el Edificio Loaiza encontró una variación en el último nivel de 1.84 % en el eje X y 5.36 % en el eje Z, y en el Edificio Unach encontró una variación en el último nivel

de 19.45 % en el eje X y de 28.73 % en el eje Z, no obstante que los resultados obtenidos en nuestra edificación difiere más que el de Echeverría y Suntaxi (2016), al verificar los resultados según la norma E030 del RNE, estamos por debajo del límite máximo permitido, las distorsiones obtenidas de los tres Software están dentro del rango permitido.

En los resultados obtenidos de los momentos flectores en el eje 3-3 para las combinaciones de carga establecidas por la norma E060 del RNE, observamos que en los Software Ram Elements, Staad Pro y Etabs los resultados son cercanos, la variación porcentual de los resultados entre el Software Staad Pro y Ram Elements es desde 4.45 % hasta un máximo de 74.76 %, con respecto a la variación entre los Software Staad Pro y Etabs es desde 0.74 % hasta 64 %, y la variación porcentual entre los Software Ram Elements y Etabs es desde 3.81% hasta 72.79 %, lo cual los resultados obtenidos de los momentos flectores en los tres Software indican que son similares.

Con la modelación y análisis realizada de la vivienda de cuatro niveles, se pudo observar que los Software Ram Elements y Staad Pro tienen una manera similar de realizar el modelado de los elementos estructurales, que es a través del ingreso de coordenadas de cada nodo, adicionalmente el Software Staad Pro tiene la opción de dibujar grillas (en la opción de Structure Wizard) lo cual reduce el tiempo de modelado, Según Echeverría y Suntaxi (2016), indica que el Software Staad Pro tiene una interfaz similar a la de Excel, y permite la opción de agregar nudos y miembros a través de coordenadas.

El Software Staad Pro cuenta con la operación de interoperabilidad con el entorno BIM, el Software Ram Elements genera una lista rápida y completa de reportes respecto a los resultados en comparación del Software Staad Pro y Etabs, el uso tecnológico debe ir en paralelo al desarrollo profesional, el ingeniero civil debe de utilizar las herramientas que hay en el entorno, esto permite el aprendizaje y aplicación de distintos Software que le dará la garantía de tener resultados confiables y verificables, la mejor forma de realizar una comparación y comprobación de resultados es utilizando mínimamente dos herramientas, en la presente tesis se hizo uso de tres Software para ver la fiabilidad de resultados.

## VI. CONCLUSIONES

Con la tesis presente, se llegó a las conclusiones mencionadas a continuación:

1. En respuesta al objetivo general, se concluye que se llegó a modelar todos los elementos estructurales utilizados, asignando las mismas características: como secciones, materiales, cargas, etc., aplicando los Software Ram Elements, Staad Pro y Etabs, en dónde el comportamiento de la vivienda de cuatro niveles reacciona de manera similar en los tres Software mencionados.
2. En respuesta al objetivo específico 1, se lograron obtener los periodos de vibración en los Software Ram Elements, Staad Pro y Etabs, los cuales los mayores respecto a las masas participativas fueron las siguientes: en el Software Ram Elements para el eje X el periodo de vibración fue de 0.309 seg., y en el eje Z fue de 0.320 seg.; con el Software Staad Pro en el eje X el periodo de vibración fue de 0.335 seg., y en el eje Z fue de 0.327 seg., y respecto al Software Etabs en el eje X el periodo de vibración fue de 0.403 seg., y en el eje Z fue de 0.405 seg, los resultados de los tres Software son muy cercanos y los resultados de los tres Software cumplen con lo establecido en la norma E030 del RNE que indica que debe estar entre los 0.5 seg. para los ejes horizontales, y respecto a la sumatoria de masas participantes estas fueron: en el Software Ram Elements de un 100% para el eje X y un 99.99 % para el eje Z, en el Software Staad Pro se obtuvo un 99.93 % para el eje X y 100% para el eje Z y en el Software Etabs se obtuvo 100 % en el eje X y 99.99 % en el eje Z, coincidiendo los resultados del Software Etabs y Ram Elements, los resultados de los tres Software tienen una variación muy poco significativa lo cual nos indica que podemos confiar en los resultados de los tres Software, y adicionalmente cumplen con lo establecido en la norma E030 del RNE, que indica que la sumatoria de las masas participativas deben de ser mayores al 90%.
3. En respuesta al objetivo general 2, las fuerzas cortantes máximos de nuestra edificación se obtuvieron con el Software Staad Pro los cuales fueron de 41103.89 kgf en los ejes X y Z, para el Software Etabs los mayores valores de las fuerzas cortantes fueron de 37997.16 kgf en los ejes X y Z, y para el

Software Ram elementos los resultados fueron de 31157.17 kgf en los ejes X y Z, la menor variación porcentual se da entre Software Staad Pro y Etabs habiendo una variación de 7.56 % en los ejes X y Z, la variación porcentual entre los Software Ram Elements y Etabs fue de 18.00 % en los ejes X y Z, y la mayor diferencia se da entre los Software Ram Elements y Staad Pro con una variación porcentual de 24.20 % en los ejes X y Z, los resultados obtenidos nos indican que el Software Ram Elements es un poco más conservador respecto a los Software Staad Pro y Etabs, estos últimos tienen una variación poco significativa, con el Software Ram podríamos obtener dimensiones menores de los elementos estructurales, pero no son alto en significancia para la edificación analizada.

4. En respuesta al objetivo específico 3, las mayores deformaciones de entrepiso del cuarto nivel que se obtuvieron fueron con el Software Etabs fueron de 0.001957 m y 0.001659 m en el eje X y Z respectivamente, en el Software Ram Elements los mayores valores del cuarto nivel fueron de 0.00255 m en el eje X y 0.0022 m en el eje Z, y en el Software Staad Pro estos valores fueron de 0.00476 m y 0.00347 m en los ejes X y Z respectivamente, esto indica que los mayores valores se obtuvieron con el Software Staad Pro en los ejes X y Z, y los menores valores se dan en el Software Etabs en los ejes X y Z, en las mayores variaciones se encuentran en menos del 60% entre los 3 Software, y realizando la verificación de deformación de entrepiso según la norma E030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, nos indica que no debe de superar 0.007, en conclusión los resultados de los Software son válidos y están dentro de los límites permitidos, refiriéndonos a los gráficos de los momentos flexionantes que se obtuvo en los tres Software del pórtico 3-3, en donde se utilizó las combinaciones indicadas en la norma E060 del RNE, la variación porcentual de los valores máximos que se obtuvieron en los tres Software estos son desde 0.74 % hasta un 64 %, este último entre los Software Staad Pro y Ram Elements, en las variaciones porcentuales más del 50% de los datos nos brindan valores que tienen una variación porcentual menor al 30 % esto en los tres Software utilizados.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los investigadores que antes de utilizar los Software Ram Elements, Staad Pro o el Etabs, deben poseer conocimientos relacionados a los cursos de análisis estructural para tener un criterio respecto a los resultados que estos Software nos brindan y siempre trabajar cumpliendo lo establecido en las normas de cada país, en el caso del Perú aplicando el Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Los Software Ram Elements, Staad Pro y Etabs cuentan con la capacidad de realizar diseños estructurales, por lo cual se recomienda a futuras investigaciones realizar un análisis y diseño estructural de una edificación comparando los resultados de los Software mencionados.
- El ingeniero estructural debe estar en constante aprendizaje de diversas herramientas ya que éstas pueden permitirle que su trabajo sea más eficiente, de mayor confiabilidad y realizado en menor tiempo y adicionalmente el ingeniero estructural debe estar actualizado respecto a la norma más vigente,
- Cada profesional debe de trabajar los Softwares que mejor conoce y que más se adaptan a su modo de funcionamiento y manejo.

## REFERENCIAS

### Libros

- HIBBELER, R.C. Análisis Estructural. 8.<sup>a</sup> ed. México: Pearson Education, 2012.  
ISBN: 9786073210621
- TOMÁS, Juan. Análisis Estructural. 1.<sup>a</sup> ed. Pamplona: Ediciones Universidad de Navarra, 1998.  
ISBN: 9788431316129
- VILLAREAL, Genner. Análisis Estructural. 1.<sup>a</sup> ed. Lima: Editor Independiente, 2009.
- MORALES, Roberto. Diseño en concreto armado. 10.<sup>a</sup> ed. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia, 2013.
- BLASCO, Antonio. Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado. 1.<sup>a</sup> ed. Lima: Capítulo de Ingeniería Civil y consejo departamental de Lima, 1994.
- HERNÁNDEZ R., FERNÁNDEZ C. Y BAPTISTA M. Metodología de la investigación. 6.<sup>a</sup> ed. México: Interamericana editores, 2014.  
ISBN: 9781456223960
- BORJA, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo-Perú: Universidad César Vallejo, 2016.
- HERNÁNDEZ, Zenaida. Métodos de análisis de datos. México: Universidad de la Rioja. 172p,2012.  
ISBN: 9788461575794

### Artículos científicos

- GONZÁLES, Alberto, HOYOS, Carlos y ANDRADE, Damián. Comparativa del Análisis Estructural realizado con Software Staad y con métodos manuales tradicionales, Nayarit-México: Instituto Tecnológico de Tepic, 5 (10):6, diciembre 2017.  
ISSN: 2387-0893.

- SALAZAR, María, ICAZA, María y ALEJO, Oscar. La importancia de la ética en la investigación, Guayaquil -Ecuador: Revista Universidad y Sociedad, 10 (1), 305-311. Marzo de 2018.  
ISSN: 2218-3620
- ICART, MT y CANELA J. El uso de hipótesis en la investigación científica, Published by Elsevier. Vol. 21, issue 3, 1998.  
ISSN: 0212-6567
- LOPERA, Juan [et al], Colombia: Universidad de Antioquia. Revista crítica de ciencias sociales y jurídicas. 6-27, 2010.  
ISSN: 1578-6730
- VARGAS, Zoila. La investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica, Montes de Oca-Costa Rica. Revista de Educación, 33(1), 155-165, 2009.  
ISSN: 0379-7082
- LÓPEZ, Luis. Población muestra y muestreo. Cochabamba: Punto Cero, v. 09n. 08. 2004.  
ISSN: 1815-0273
- MENDOZA, Luz y AVILA, Danae. Técnicas e instrumentos de recolección de datos Data collection techniques and instruments. Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA, vol. 9, no. 17, pp. 51-53. 2020.  
ISSN: 2007-4913
- PERALTA, Hermenegildo, SÁNCHEZ, Sulpicia y ARROYO, Roberto. Incertidumbre en la evaluación de periodos de edificios de mampostería tipo INFONAVIT ubicados en Chilpancingo, Guerrero. México. Investigación y ciencia de la Universidad Autónoma de Aguas Calientes. 63:32-39. diciembre 2014.  
ISSN: 1665-4412

## Electrónicos

- ARQUYS-Portal de arquitectura, 2012. Análisis estructural. Escrito por: Arqhys Construcción [en línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3Kx4CZv>
- RODRIGUEZ, Yohandry. Esfuerzo y Deformación. Mérida, Venezuela: Instituto Universitario Politécnico “Santiago Mariño”, 2014. Disponible en: <https://bit.ly/3rwyP3j>
- WIKI CIENCIAS. Cohesión del terreno. Wiki Red.2015. Disponible en: <https://www.wikiciencias.net/cohesion-del-terreno>.
- INGENIEROS ASESORES. Arquitectura y Edificación. Evolución de las estructuras de acero. 2021. Disponible en: <https://bit.ly/3L1VWdK>
- WIKIPEDIA. Resistencia de materiales.16 de feb.2022. Disponible en <https://bit.ly/3uO3Pho>
- ARAB, Bureau (s.f.). Arab Engineering Bureau, Burj Alfardan, Lusail, Doha, Qatar. Bentley [Fecha de consulta: 15 de Junio de 2022]  
Disponible en <https://bit.ly/3cGT6P9>
- ANSWER, Ingeniería (s.f.). Edificio Libertad Romero, Santiago, Chile. Bentley [Fecha de consulta: 15 de Junio de 2022]  
Disponible en <https://bit.ly/3zmYjmP>

## Trabajos de investigación

- ECHEVERRÍA, María y SUNTAXI Byron. Análisis y diseño estructural de los edificios Loaiza Unach y Plus I, en los programas ETABS, STAAD PRO Y ROBOT considerando para el diseño la NEC 2015. TESIS (Ingeniería Civil). Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2016. Disponible en <https://bit.ly/3lswUm7>
- BELTRAN, Ana Karen. Análisis Estructural Escuadrón 201 STAAD PRO V8i. TESINA (Ingeniería y Arquitectura). México: Instituto Politécnico Nacional, 2016. Disponible en <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/25214>
- QUINCHIGUANGO, Marco y TACO, Doris. Análisis Estructural de una edificación de hormigón armado a través de Software Robot Analysis Structural. TESIS (Ingeniería Civil). Quito: Universidad Central del Ecuador, 2016. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6931>

- VILLENNA, Mario. Diseño y modelación de un Edificio con una configuración en planta irregular, mediante la utilización del software de diseño Revit Structure y su análisis mediante un software especializado Robot Structural Analysis (BIM). TESIS (Ingeniería Civil). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2017. Disponible en <https://bit.ly/3ECt0ac>
- LÓPEZ, Erick. Proyecto de revisión, reestructuración y ampliación de un edificio de forma cilíndrica a base de estructura de concreto reforzado y acero estructural. Comparación de diseños con Staad y manual. TESIS (Ingeniería Civil). México: Instituto Politécnico Nacional, 2015. Disponible en <https://tesis.ipn.mx/jspui/handle/123456789/15238>
- PEREZ, Luis. Análisis Comparativo del Diseño Estructural de un edificio de concreto armado de 4 niveles, por el método clásico y los programas Etabs y Cypecad, Carapongo Chosica, Lima 2019. TESIS (Ingeniería Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2019. Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/44890>
- ALVARADO, Juan y VÁSQUEZ, Cesar. Análisis comparativo del diseño estructural de un edificio Residencial utilizando los softwares Etabs y Sap2000, en la Urbanización Vista Alegre, Trujillo. TESIS (Ingeniería Civil). Trujillo: Universidad César Vallejo, 2021. Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/69169>
- MAMANI, Eder. Análisis y diseño estructural utilizando Revit, para mejorar la vivienda multifamiliar de cuatro pisos, distrito de Alto Selva Alegre, Arequipa. TESIS (Ingeniería Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2021. Disponible en <https://bit.ly/36rryKZ>
- BRIONES, Pool y ALVAREZ, Jamil. Comparación del modelamiento, análisis y diseño estructural en concreto armado utilizando los softwares Etabs y Robot Structural Analysis, para un edificio de cinco niveles (cuatro pisos y un semisótano). TESIS (Ingeniería Civil). Juliaca: Universidad Peruana Unión, 2018. Disponible en <https://bit.ly/3Le5T7J>
- MONROY, Joel. Comparación de resultados del análisis estructural obtenidos según Etabs y Robot para una vivienda multifamiliar de albañilería confinada, Marcapata-Cusco-2021. TESIS (Ingeniería Civil). Callao: Universidad César Vallejo, 2021. Disponible en <https://bit.ly/3iB8aOg>

- REYNA, Alexander y VARGAS, Andy, borrar. Diseño estructural de una vivienda multifamiliar sismo resistente utilizando software, en el cp. Alto Trujillo, el porvenir, Trujillo - La Libertad. TESIS (Ingeniería Civil). Trujillo: Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, 2021. Disponible en <https://bit.ly/3D9RXJb>
- FEBRES, Keveen y ÑAHUIS, Rony, borrar. Diseño sísmico de un edificio de 5 pisos con el uso del Cypecad y Etabs en Villa María del Triunfo - Lima 2019. TESIS (Ingeniería Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2019. Disponible en <https://bit.ly/3D9CtVq>
- ESTRADA, Sofia y VERDE, Jhosep, borrar. Análisis comparativo del diseño estructural con la aplicación del software Etabs respecto al método tradicional de un edificio de cinco pisos con semisótano ubicado en el distrito de San Martín de Porres - Lima. TESIS (Ingeniería Civil). Lima: Universidad San Martín de Porres, 2020. Disponible en <https://bit.ly/3uvKi3U>
- HUARACA, Anibal. Análisis comparativo aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas. TESIS (Ingeniería Civil). Huancayo: Universidad Peruana los Andes, 2018. Disponible en <https://bit.ly/3Nhzsr3>
- LÓPEZ, Emilia. Diseño de edificio de estructura metálica con perfiles w y cubierta de Steel deck. ID Ingeniería y Diseño. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, 2013. Disponible en <https://bit.ly/37hUk0D>
- CAMPANA, Ibeth. Análisis estructural comparativo de una vivienda multifamiliar con el sistema aporticado entre los programas Etabs y Robot, Anta - Cusco - 2021. TESIS (Ingeniería Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2021. Disponible en <https://bit.ly/3JW36jz>
- VALENCIA, Mariela. Análisis estructural por elementos finitos de una vivienda familiar con deficiencias de diseño para reforzamiento con técnicas de variación volumétrica. TESIS (Ingeniería Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2021. Disponible en <https://bit.ly/3uVRITK>

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Escala de medición
<b>Variable Única:</b> Análisis estructural	Para realizar el análisis de una estructura se debe de realizar la idealización de la misma, esto se refiere a transformar el modelo a un modelo analítico en dónde se pueda realizar cálculos con las cargas actuantes en la misma, al realizar un análisis puede ser estático o dinámico, y también existen comportamientos que pueden ser elástico lineal y no lineal. Tomás (1998)	Se aplicó el análisis de estructuras para poder determinar los periodos de vibración, masas participativas, esfuerzos de corte horizontal, momentos flectores y distorsiones de entrepisos.	- Análisis	-Periodos de vibración y masas participativas. - Fuerzas cortantes -cortantes basales -momentos flectores -deformaciones de entrepiso	Razón

## Anexo 2. Matriz de consistencia

“Análisis Estructural comparativo por Elementos Finitos de una Vivienda Multifamiliar de cuatro niveles orientado a Especificaciones Estructurales Normadas”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSION	INDICADORES	METODOLOGIA
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b> ¿Cómo el análisis estructural por elementos finitos podría discriminar las respuestas y reacciones del comportamiento de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles sujetos a especificaciones normadas?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b> Discriminar las respuestas y reacciones del comportamiento de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles sujetos a especificaciones normadas por medio del análisis estructural por elementos finitos.</p>					<p><b>METODO DE INVESTIGACION:</b> Método analítico</p> <p><b>DISEÑO DE INVESTIGACION:</b> No Experimental</p> <p>M1  O1 M1  O2 M1  O3</p> <p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b> Investigación Aplicada</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b> Descriptivo</p> <p><b>POBLACIÓN</b> Viviendas en la Ciudad de Juliaca</p> <p><b>MUESTRA</b> Vivienda multifamiliar de cuatro pisos ubicada en la ciudad de Juliaca.</p> <p><b>MUESTREO</b> No probabilístico.</p> <p><b>TECNICAS DE OBTENCION DE DATOS:</b> 1. Método científico 2. Técnicas de investigación. - Predimensionamiento - Modelamiento en tres Software que aplican para su análisis el método de Elementos Finitos - Análisis comparativo de resultados entre los Softwares.</p> <p><b>INSTRUMENTOS DE OBTENCIÓN DE DATOS:</b> - Norma técnica peruana - Softwares de modelamiento - Manual y Software de Ram Elements, Staad Pro y Etabs. - Software Excel y AutoCAD</p>
<p><b>PROBLEMA ESPECÍFICO N.º 1</b> ¿Cómo el análisis estructural por elementos finitos en una vivienda de cuatro niveles podría verificar y comparar los periodos de vibración y masas participativas?</p>	<p><b>OBJETIVO ESPECÍFICO N.º 1</b> Verificar y comparar los periodos de vibración y masas participativas por medio del análisis estructural por elementos finitos en una vivienda de cuatro niveles.</p>		<p><b>Variable única:</b></p>		<p>- Periodos de vibración</p> <p>- Masas Participativas</p>	
<p><b>PROBLEMA ESPECÍFICO N.º 2</b> ¿Cómo el análisis estructural por elementos finitos en una vivienda de cuatro niveles podría comprobar y distinguir las cortantes basales?</p>	<p><b>OBJETIVO ESPECÍFICO N.º 2</b> Comprobar y distinguir las cortantes basales mediante el análisis estructural por elementos finitos en una vivienda de cuatro niveles</p>	NO APLICA	1. Análisis estructural	Análisis	<p>- Cortantes basales</p> <p>- Deformaciones</p> <p>- Momentos</p> <p>flectores</p>	
<p><b>PROBLEMA ESPECÍFICO N.º 3</b> ¿Cómo el análisis estructural por elementos finitos en una vivienda de cuatro niveles podría estimar y contrastar las deformaciones y los momentos flectores?</p>	<p><b>OBJETIVO ESPECÍFICO N.º 3</b> Estimar y contrastar las deformaciones y los momentos flectores a través del análisis estructural por elementos finitos en una vivienda de cuatro niveles.</p>					

### Anexo 3. Reporte Turniting

## TESIS - TIPULA YANAPA CARLOS GABRIEL

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>23%</b> INDICE DE SIMILITUD	<b>23%</b> FUENTES DE INTERNET	<b>2%</b> PUBLICACIONES	<b>8%</b> TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>8%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.unj.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>Submitted to Universidad Ricardo Palma</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.urp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>Submitted to Universidad Continental</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.usmp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>9</b>	<b>vsip.info</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

## Anexo 4. Validación de instrumentos de investigación.

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**VALIDACIÓN POR EXPERTOS**

"Análisis estructural comparativo por elementos finitos de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles orientado a especificaciones estructurales normadas".

### Parte A: Datos del experto

- Apellidos y Nombres : *QUISPE CANAZAS LIZBETH GERALDINE*
- Grado o título profesional: *INGENIERO CIVIL*
- N° de registro CIP : *152107*

### Parte B: Validación

INDICADORES	CRITERIOS	VALORACIÓN				
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Está formulada con lenguaje comprensible y adecuado.				X	
OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.					X
ESTRUCTURA	El contenido tiene un orden lógico.					X
SUFICIENCIA	Comprende aspectos necesarios de cantidad y calidad.				X	
INTENCIONALIDAD	Es adecuado para valorar aspectos estratégicos planteados.				X	
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos y científicos para identificar y determinar lo requerido en la investigación.					X
COHERENCIA	El instrumento de juicio relaciona la variable única de estudio con su respectivo indicador, unidades e incidencia.					X
METODOLOGÍA	La estrategia a emplear responde una metodología para lograr cumplir los objetivos planteados.					X
<b>TOTAL</b>						<b>37</b>

Nota. 0-20 (DEFICIENTE), 21-30 (REGULAR), 31-36 (BUENO) y 37-40 (EXCELENTE)

La valoración obtenida fue de *37* está dentro del rango de valoración de *37-40* su validación fue *EXCELENTE*

  
Lizbeth Geraldine Quispe Canazas  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 152107

Juliaca, 20 de Junio del 2022

Firma y sello

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**Facultad de Ingeniería Civil**

**VALIDACIÓN POR EXPERTOS**

**“Análisis estructural comparativo por elementos finitos de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles orientado a especificaciones estructurales normadas”.**

**Parte A: Datos del experto**

- **Apellidos y Nombres** : Aracayo Valencia, Tomas Jacinto
- **Grado o título profesional:** INGENIERO CIVIL
- **N° de registro** : 78604

**Parte B: Validación**

INDICADORES	CRITERIOS	VALORACIÓN				
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Está formulada con lenguaje comprensible y adecuado.				X	
OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.			X		
ESTRUCTURA	El contenido tiene un orden lógico.				X	
SUFICIENCIA	Comprende aspectos necesarios de cantidad y calidad.				X	
INTENCIONALIDAD	Es adecuado para valorar aspectos estratégicos planteados.			X		
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos y científicos para identificar y determinar lo requerido en la investigación.				X	
COHERENCIA	El instrumento de juicio relaciona la variable única de estudio con su respectivo indicador, unidades e incidencia.					X
METODOLOGÍA	La estrategia a emplear responde una metodología para lograr cumplir los objetivos planteados.			X		
<b>TOTAL</b>		<b>31</b>				

Nota. 0-20 (DEFICIENTE), 21-30 (REGULAR), 31-36 (BUENO) y 37-40 (EXCELENTE)

La valoración obtenida fue de 31 Y está dentro del rango de valoración de 31-36 y su validación fue BUENO



Tomas Jacinto Aracayo Valencia  
INGENIERO CIVIL  
C.I.F. N° 78604

Juliaca, 20 de Junio del 2022

Firma y sello

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

Facultad de Ingeniería Civil

**VALIDACIÓN POR EXPERTOS**

"Análisis estructural comparativo por elementos finitos de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles orientado a especificaciones estructurales normadas".

**Parte A: Datos del experto**

- Apellidos y Nombres : Apaza Juarez Toribio.
- Grado o título profesional: Ingeniero Civil
- N° de registro CIP : 68151

**Parte B: Validación**

INDICADORES	CRITERIOS	VALORACIÓN				
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Está formulada con lenguaje comprensible y adecuado.					X
OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.				X	
ESTRUCTURA	El contenido tiene un orden lógico.				X	
SUFICIENCIA	Comprende aspectos necesarios de cantidad y calidad.					X
INTENCIONALIDAD	Es adecuado para valorar aspectos estratégicos planteados.				X	
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos y científicos para identificar y determinar lo requerido en la investigación.				X	
COHERENCIA	El instrumento de juicio relaciona la variable única de estudio con su respectivo indicador, unidades e incidencia.					X
METODOLOGÍA	La estrategia a emplear responde una metodología para lograr cumplir los objetivos planteados.				X	
<b>TOTAL</b>						<b>35</b>

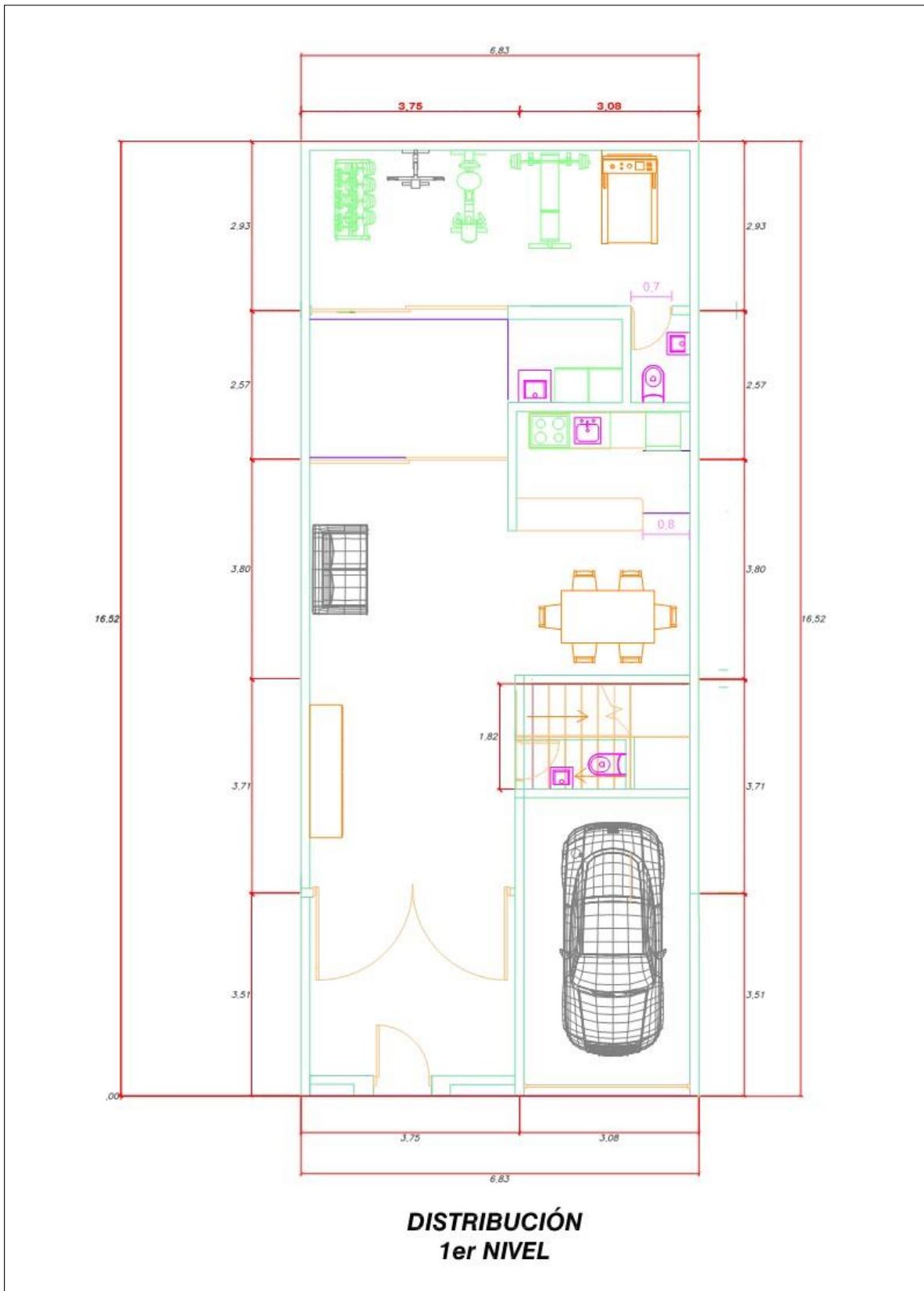
Nota. 0-20 (DEFICIENTE), 21-30 (REGULAR), 31-36 (BUENO) y 37-40 (EXCELENTE)

La valoración obtenida fue de 35. Y está dentro del rango de valoración de 31-36 y su validación fue Bueno

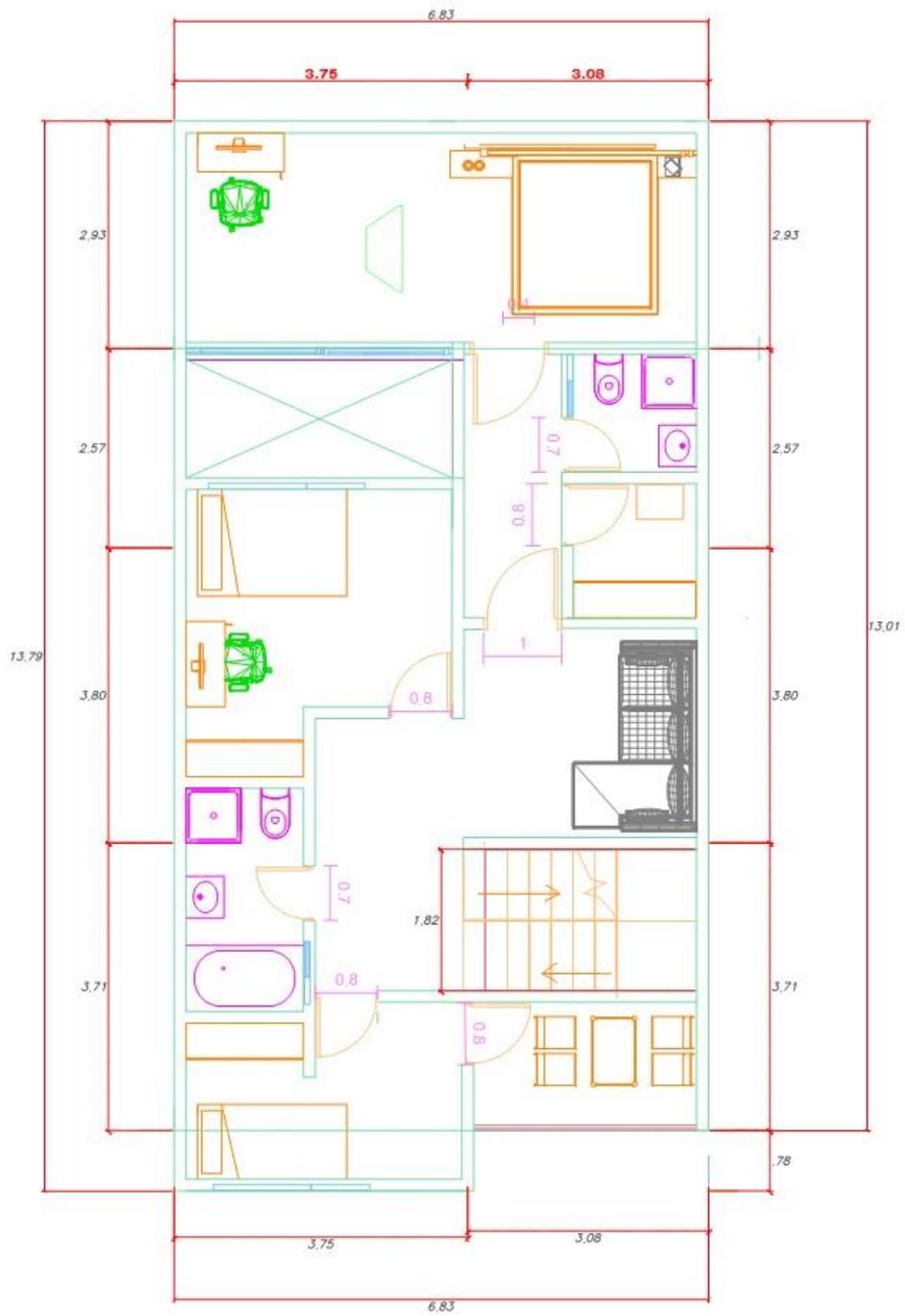
Juliaca, 20 de Junio del 2022

Firma y sello

**Anexo 5. Plano de arquitectura (planta) – primer nivel.**

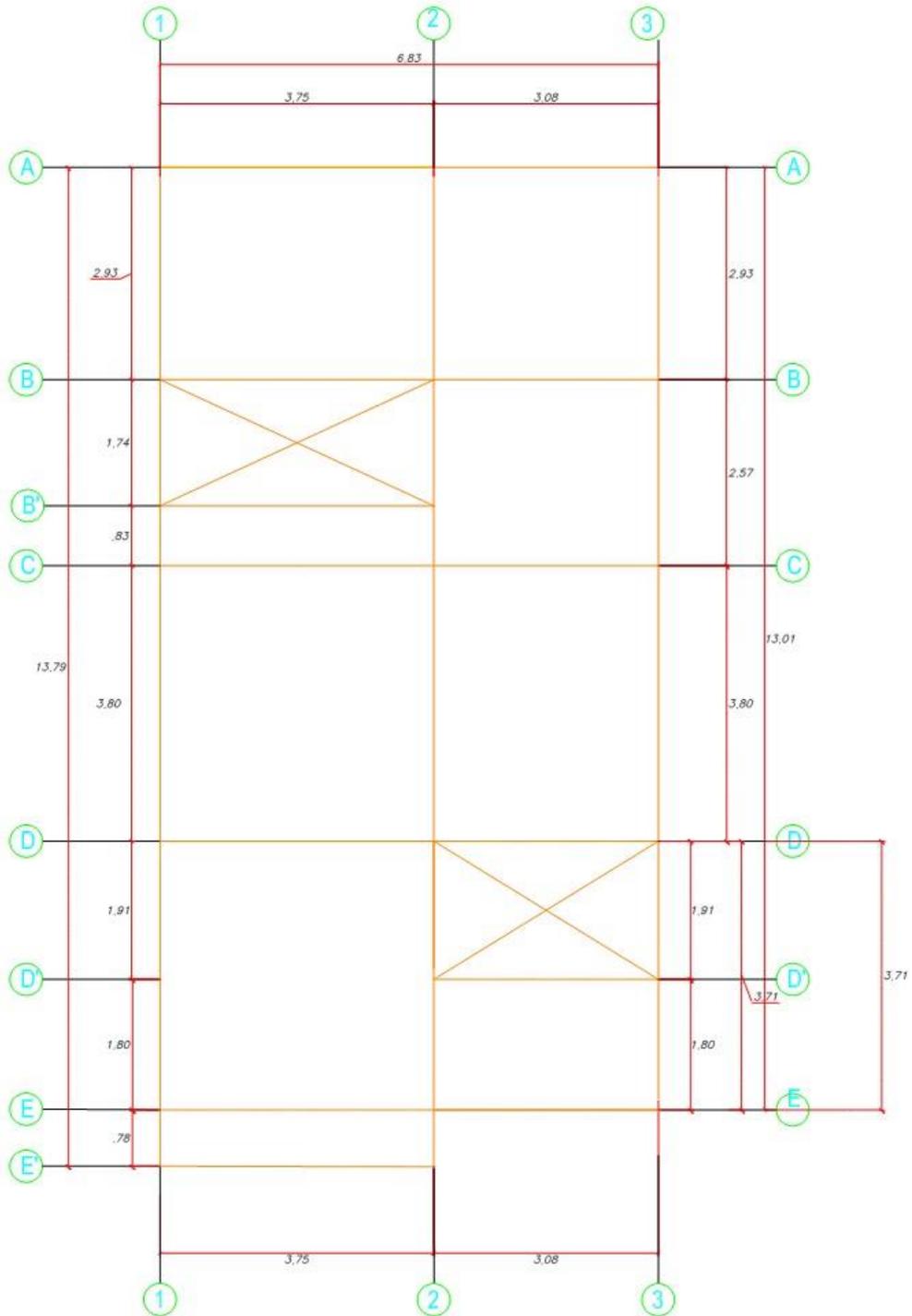


**Anexo 6. Plano de arquitectura (planta) – segundo al cuarto nivel.**



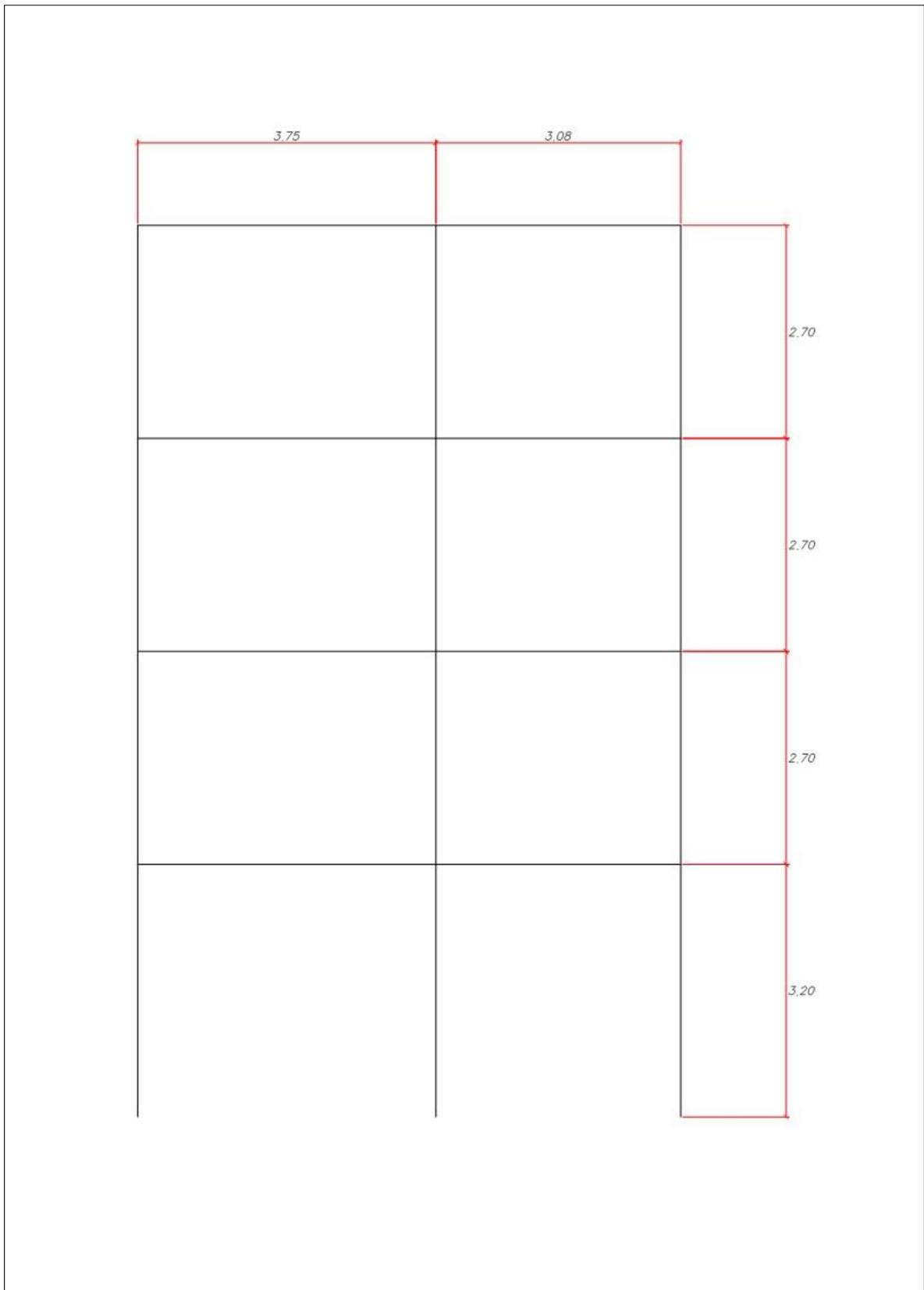
**DISTRIBUCIÓN  
2do al 4to NIVEL**

**Anexo 7. Estructuración de la edificación de 4 niveles.**



**ESTRUCTURACIÓN - 1er al 4to Nivel**

**Anexo 8. Vista de pórtico de la edificación.**



## Anexo 9. Tabla de Variaciones Porcentuales.

Se observa en la siguiente tabla las variaciones porcentuales de los resultados de los desplazamientos de entresijos en el sentido X y Z, de los Software Staad Pro, Ram Elements y Etabs.

### EJE X

NIVEL	Staad Pro	Ram Elements	Etabs	Variación Staad Pro y Ram Elements	Variación Staad Pro y Etabs	Variación Ram Elements y Etabs
Nivel 4	0.00473	0.00255	0.001957	46.09%	58.63%	23.25%
Nivel 3	0.00400	0.00165	0.003378	58.75%	15.55%	51.15%
Nivel 2	0.00315	0.00405	0.004473	22.22%	29.58%	9.46%
Nivel 1	0.00169	0.00394	0.004657	57.11%	63.71%	15.40%

### EJE Z

NIVEL	Staad Pro	Ram Elements	Etabs	Variación Staad Pro y Ram Elements	Variación Staad Pro y Etabs	Variación Ram Elements y Etabs
Nivel 4	0.00347	0.00220	0.00166	36.60%	52.19%	24.59%
Nivel 3	0.00314	0.00200	0.00308	36.31%	1.82%	35.13%
Nivel 2	0.00242	0.00397	0.00426	39.04%	43.22%	6.85%
Nivel 1	0.00138	0.00639	0.00512	78.40%	73.06%	19.84%

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la siguiente tabla las variaciones porcentuales de los resultados de las fuerzas cortantes en el sentido X y Z, de los Software Staad Pro, Ram Elements y Etabs.

### EJE X

NIVEL	Staad Pro	Ram Elements	Etabs	Variación Staad Pro y Ram Elements	Variación Staad Pro y Etabs	Variación Ram Elements y Etabs
Nivel 4	20349.49	15836.86	21095.16	22.18%	3.53%	24.93%
Nivel 3	37708.27	28732.29	35719.65	23.80%	5.27%	19.56%
Nivel 2	41103.89	31157.17	37997.16	24.20%	7.56%	18.00%
Nivel 1	30554.28	23110.76	28106.23	24.36%	8.01%	17.77%

### EJE Z

NIVEL	Staad Pro	Ram Elements	Etabs	Variación Staad Pro y Ram Elements	Variación Staad Pro y Etabs	Variación Ram Elements y Etabs
Nivel 4	20349.49	15836.86	21095.16	22.18%	3.53%	24.93%
Nivel 3	37708.27	28732.29	35719.65	23.80%	5.27%	19.56%
Nivel 2	41103.89	31157.17	37997.16	24.20%	7.56%	18.00%
Nivel 1	30554.28	23110.76	28106.23	24.36%	8.01%	17.77%

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la siguiente tabla las variaciones porcentuales de los resultados de los momentos flectores de los Software Staad Pro, Ram Elements y Etabs.

Combinaciones	Descripción	Staad Pro (kg.m)	Ram Elements (kg.m)	Etabs (kg.m)	Variación Staad Pro y Ram Elements	Variación Staad Pro y Etabs	Variación Ram Elements y Etabs
Comb 1	1.4CM+1.7CV	2288.917	1748.64	1817.9	23.60%	20.58%	3.81%
Comb 2	1.25(CM+CV)+SX	4660	1190.09	1677.74	74.46%	64.00%	29.07%
Comb 3	1.25(CM+CV)+SZ	1950	928.23	1964.5	52.40%	0.74%	52.75%
Comb 4	1.25(CM+CV)-SX	1990	1901.35	1425.02	4.45%	28.39%	25.05%
Comb 5	1.25(CM+CV)-SZ	1990	2596.54	2102.37	23.36%	5.34%	19.03%
Comb 6	0.9CM+SX	1160	634.3	1054.99	45.32%	9.05%	39.88%
Comb 7	0.9CM+SZ	1160	465.8	1712.03	59.84%	32.24%	72.79%
Comb 8	0.9CM-SX	1190	1267.5	859.78	6.11%	27.75%	32.17%
Comb 9	0.9CM-SZ	1190	2385.18	1903.33	50.11%	37.48%	20.20%

staad y ram	staad y etabs	ram y etabs	VARIACIÓN MÍNIMA Y MÁXIMA
74.46%	64.00%	72.79%	max
4.45%	0.74%	3.81%	min

Fuente: Elaboración propia