

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**FACULTAD ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL**

**Trabajo de Titulación Previo a la Obtención del Título de  
INGENIERIA CIVIL**

**Título del Trabajo de Titulación**

**“Comparativo de costos para unidad habitacional de 148.95 m<sup>2</sup> ubicado en el  
sector de Nayón de la ciudad Quito, entre estructura de acero y mampostería  
estructural.”**

**Realizado por:**

Esteban Iván Acevedo Montalvo

Quito, Junio 2025

## **DECLARACION JURAMENTADA**

Yo, Esteban Iván Acevedo Montalvo, con cédula de identidad # 171165112-3, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual que correspondan relacionados a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

D. M. Quito, junio 2025

---

Esteban Iván Acevedo Montalvo

Correo electrónico: [eiacevedo.civ@uisek.edu.ec](mailto:eiacevedo.civ@uisek.edu.ec)

## **DECLARATORIA**

El presente trabajo de investigación titulado:

**“Comparativo de costos para unidad habitacional de 148.95 m<sup>2</sup>  
ubicado en el sector de Nayón de la ciudad Quito, entre estructura de acero  
y mampostería estructural.”**

Realizado por:

**ESTEBAN ACEVEDO**

como Requisito para la Obtención del Título de:

**INGENIERIA CIVIL**

ha sido dirigido por el profesor

**LUIS ALBERTO SORIA NUÑEZ**

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

**FIRMA**

Título del trabajo de titulación

Por

Esteban Iván Acevedo Montalvo

Junio 2025

Aprobado:

Luis Soria N., Tutor

Luis Soria N., Presidente del Tribunal

Santiago Morales M., Miembro del Tribunal

Hugo Otáñez G., Miembro del Tribunal

Aceptado y Firmado: \_\_\_\_\_ día, mes, año  
Luis Soria N.

Aceptado y Firmado: \_\_\_\_\_ día, mes, año  
Hugo Otáñez G.

Aceptado y Firmado: \_\_\_\_\_ día, mes, año  
Santiago Morales M.

\_\_\_\_\_ día, mes, año

Luis Soria N.  
Presidente del Tribunal  
Universidad Internacional SEK

## **Dedicatoria**

El presente trabajo lo dedico en primer lugar a Doménica Velastegui, quien es mi esposa, madre de mis hermosos hijos y que, a lo largo de este viaje de una nueva carrera profesional, juntos con esfuerzo y dedicación hemos podido lograr un objetivo y sueño que nos planteamos como pareja, con el fin de darles el mejor futuro posible a nuestros hijos Felipe y Camilo.

## **Agradecimiento**

Primero a Dios, porque es quien me ha bendecido para poder tener una nueva carrera profesional y todo lo que sustentó para que esto sea posible, a mi esposa Doménica, mis hijos Felipe y Camilo, padres, suegros, hermanos, cuñada y a todos quienes participaron de una u otra manera para que esto sea una realidad y un agradecimiento especial a cada uno de los profesores y a la UISEK quienes siempre han estado apoyándonos durante este proceso.

## Resumen

Determinar la viabilidad económica entre estructura de acero y mampostería estructural para la construcción de unidades habitacionales con un área aproximada de 148.95m<sup>2</sup> de un conjunto habitacional ubicado en el sector de Nayón en la ciudad de Quito, lo cual permitirá establecer la disminución del costo del bien inmueble para la adquisición y promoción del proyecto.

El acero se ha usado en edificaciones por sus buenas propiedades mecánicas, como también por la rapidez en el proceso constructivo ahorrando así secciones y tiempos de construcción; así mismo, el uso de mampostería estructural se ha venido usando en edificaciones de hasta cuatro plantas manteniendo las características estructurales de seguridad y durabilidad, disminuyendo los costos de adquisición de materiales. Con base en estos sistemas estructurales, es necesario definir cuál genera menores costos para la construcción, reduciendo el precio de venta y a la vez generar la mayor rentabilidad.

Previamente se deberá contar con la siguiente información:

- Planos arquitectónicos del proyecto
- Estudio de suelos del sitio de implantación del proyecto.
- Diseños estructurales en acero y en mampostería estructural.
- Diseño eléctricos y sanitarios.

Para definir la viabilidad, se obtendrá:

- Volúmenes de obra (geometrías, pesos y cantidades)
- Precios unitarios: costo de equipos, materiales, mano de obra y

rendimientos y cantidad asociada a cada uno de los ítems que conforman un APU.

Adicional el cálculo de costos indirectos.

- Ruta crítica: conforme a la secuencia constructiva establecer el tiempo de construcción de una unidad habitacional y determinar la ruta crítica.

*Palabras clave:* precios unitarios, ruta crítica, volúmenes, estructura de acero, mampostería estructural, especificaciones técnicas.

## Abstract

Determine the economic feasibility between steel structure and structural masonry for the construction of houses with an area of 148.95m<sup>2</sup> for a housing complex located in Nayón, Quito, which will allow to establish the decrease the cost for the acquisition and promotion of the project.

Steel has been used in buildings for its good mechanical properties, as well as for its speed in the construction process, saving sections and construction time; likewise, the use of structural masonry has been used in buildings of up to four stories, maintaining the structural characteristics of safety and durability, reducing the costs of material. Based on these structural systems, it is necessary to define which one generates lower costs for the construction, reducing the sale price and at the same time generating the highest profitability.

Previously, the following information must be available:

- Architectural plans of the project
- Soil study of the project site.
- Structural designs in steel and structural masonry.
- Electrical and sanitary design.

To define feasibility, the following information will be obtained:

- Work volumes (geometries, weights and quantities).
- Unit prices: cost of equipment, materials, labor and performance and quantity

associated with each of the items. Define the indirect costs.

Critical route: according to the construction sequence, establish the construction time of a housing unit and determine the critical route.

*Keywords:* unit prices, critical path, volumes, steel structure, structural masonry, technical specifications.

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Capítulo 1: Introducción.....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1 Contextualización del problema .....  | 1         |
| 1.2 Justificación de la investigación.....                                      | 2         |
| 1.3 Planteamiento del problema .....  | 2         |
| 1.4 Objetivos principales de la investigación.....                              | 3         |
| 1.5 Objetivos específicos de la investigación.....                              | 3         |
| 1.6 Metodología.....  | 3         |
| 1.7 Alcance y limitaciones .....  | 4         |
| <b>Capítulo 2: Marco Teórico .....</b>  | <b>5</b>  |
| 2.1 Sistema estructural y proceso constructivo de mampostería estructural ..... | 5         |
| 2.2 Sistema estructural y proceso constructivo del acero.....                   | 14        |
| 2.3 Gestión de proyectos .....  | 24        |
| 2.3.1 Análisis de precios unitarios.....  | 24        |
| 2.3.2 Ruta crítica.....   | 28        |
| <b>Capítulo 3: Análisis .....</b>   | <b>30</b> |
| 3.1 Comprobación de diseño .....  | 30        |
| 3.1.1 Mampostería estructural .....   | 30        |
| 3.1.1.1 Comprobación de mampostería estructural - diseño base .....             | 31        |
| 3.1.1.1.1 Materiales de muros y losas .....                                     | 31        |
| 3.1.1.1.2 Secciones .....   | 34        |
| 3.1.1.1.3 Cargas.....   | 35        |
| 3.1.1.1.4 Carga sísmica.....  | 36        |
| 3.1.1.1.5 Combinaciones de carga.....   | 40        |

|  |    |
|--|----|
| 3.1.1.1.6 Derivas de piso .....                                  | 41 |
| 3.1.1.1.7 Modos de vibración .....                               | 42 |
| 3.1.1.1.8 Período dinámico.....                                  | 43 |
| 3.1.1.1.9 Ratio Torsión.....                                     | 44 |
| 3.1.1.1.10 Primer y segundo modo traslacional y rotacional ..... | 44 |
| 3.1.1.1.11 Escalamiento cortante.....                            | 45 |
| 3.1.1.1.12 Reacciones en la base .....                           | 47 |
| 3.1.1.1.13 Losa maciza de entrepisos .....                       | 47 |
| 3.1.1.1.14 Acero refuerzo viga .....                             | 49 |
| 3.1.1.2 Cimentación.....   | 51 |
| 3.1.1.2.1 Materiales .....                                       | 51 |
| 3.1.1.2.2 Secciones .....  | 52 |
| 3.1.1.2.3 Presión de suelo.....                                  | 53 |
| 3.1.1.2.4 Asentamientos .....                                    | 58 |
| 3.1.2 Estructura de acero .....                                  | 59 |
| 3.1.2.1 Comprobación de estructura de acero - diseño base .....  | 60 |
| 3.1.2.1.1 Materiales .....                                       | 60 |
| 3.1.2.1.2. Secciones .....                                       | 61 |
| 3.1.2.1.3 Cargas .....   | 65 |
| 3.1.2.1.4 Carga sísmica.....                                     | 66 |
| 3.1.2.1.5 Combinaciones de carga.....                            | 70 |
| 3.1.2.1.6 Derivas de piso .....                                  | 71 |

|  |     |
|--|-----|
| 3.1.2.1.7 Modos de vibración .....                               | 72  |
| 3.1.2.1.8 Período dinámico.....                                  | 73  |
| 3.1.2.1.9 Ratio Torsión.....                                     | 73  |
| 3.1.2.1.10 Primer y segundo modo traslacional y rotacional ..... | 74  |
| 3.1.2.1.11 Escalamiento cortante.....                            | 75  |
| 3.1.2.1.12 Reacciones en la base .....                           | 77  |
| 3.1.2.1.13 Comprobaciones de diseño.....                         | 77  |
| 3.1.2.2 Rediseño estructura de acero .....                       | 83  |
| 3.1.2.2.1 Materiales .....                                       | 83  |
| 3.1.2.2.2. Secciones .....                                       | 84  |
| 3.1.2.2.3 Cargas.....  | 88  |
| 3.1.2.2.4 Carga sísmica.....                                     | 89  |
| 3.1.2.2.5 Combinaciones de carga.....                            | 93  |
| 3.1.2.2.6 Derivas de piso .....                                  | 94  |
| 3.1.2.2.7 Modos de vibración .....                               | 95  |
| 3.1.2.2.8 Período dinámico.....                                  | 96  |
| 3.1.2.2.9 Ratio Torsión.....                                     | 96  |
| 3.1.2.2.10 Primer y segundo modo traslacional y rotacional ..... | 97  |
| 3.1.2.2.11 Escalamiento cortante.....                            | 98  |
| 3.1.2.2.12 Reacciones en la base .....                           | 100 |
| 3.1.2.2.13 Comprobaciones de diseño.....                         | 100 |

|   |            |
|---|------------|
| 3.1.2.3 Cimentación.....  | 113        |
| 3.1.2.3.1 Materiales .....  | 113        |
| 3.1.2.3.2 Secciones .....   | 113        |
| 3.1.2.3.3 Presión de suelo.....   | 115        |
| 3.1.2.3.4 Asentamiento.....   | 120        |
| 3.2 Cantidades de obra .....  | 121        |
| 3.2.1 Mampostería estructural .....                                     | 121        |
| 3.2.2 Estructura de acero .....   | 125        |
| 3.3 Análisis de precios unitarios.....                                  | 128        |
| 3.3.1 Mampostería estructural .....                                     | 128        |
| 3.3.2 Estructura de acero .....   | 132        |
| 3.4 Cronogramas y curva de inversión.....                               | 136        |
| 3.4.1 Mampostería estructural .....                                     | 136        |
| 3.4.1.1 Mampostería estructural: Diagrama de Gantt – ruta crítica ..... | 137        |
| 3.4.1.2 Mampostería estructural: Cronograma valorado .....              | 138        |
| 3.4.1.3 Mampostería estructural: Curva de inversión.....                | 144        |
| 3.4.2 Acero estructural .....   | 145        |
| 3.4.2.1 Acero estructural: Diagrama de Gantt – ruta crítica.....        | 146        |
| 3.4.2.2 Acero estructural: Cronograma valorado .....                    | 147        |
| 3.4.2.3 Acero estructural: Curva de inversión .....                     | 153        |
| <b>Capítulo 4: Conclusiones y Recomendaciones .....</b>                 | <b>154</b> |
| 4.1 Conclusiones.....   | 154        |
| 4.2 Recomendaciones .....   | 155        |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| <b>5. Bibliografía.....</b> | <b>156</b> |
| <b>6. Anexos.....</b>       | <b>158</b> |

## LISTA DE TABLAS

**Tabla 1.** Combinaciones de carga.

**Tabla 2.** Simbología de combinaciones de carga.

**Tabla 3.** Fórmula de Resistencia de diseño de mampostería.

**Tabla 4.** Valores de coeficiente de reducción de resistencia.

**Tabla 5.** Valores máximos de derivas de piso.

**Tabla 6.** Condición resistencia cargas axiales a compresión.

**Tabla 7.** Condición resistencia a flexión sin carga axial

**Tabla 8.** Condición resistencia a flexión con carga axial para diseño de muros en la dirección perpendicular a su plano.

**Tabla 9.** Resistencia mínima a flexión para diseño de muros en la dirección paralela a su plano.

**Tabla 10.** Resistencia a la flexocompresión para diseño de muros en la dirección paralela a su plano.

**Tabla 11.** Resistencia a cortante para diseño de muros en la dirección paralela a su plano.

**Tabla 12.** Módulo de elasticidad mampostería.

**Tabla 13.** Módulo elasticidad mortero.

**Tabla 14.** Módulo cortante.

**Tabla 15.** Altura efectiva.

**Tabla 16.** Área efectiva para cortante en la dirección perpendicular al plano del muro.

**Tabla 17.** Área efectiva para cortante en la dirección paralela al plano del muro.

**Tabla 18.** Resistencia de diseño DF<sub>CR</sub>.

**Tabla 19.** Resistencia de diseño DR<sub>A</sub>.

**Tabla 20.** Aceros ASTM.

- Tabla 21.** Esfuerzo fluencia probable.
- Tabla 22.** Resistencia a la fluencia probable.
- Tabla 23.** Resistencia a la tensión probable.
- Tabla 24.** Valores de  $R_y$  y  $R_t$ .
- Tabla 25.** Resumen de las Propiedades de las planchas de Acero.
- Tabla 26.** Propiedades a Tensión Especificadas por la Norma ASTM.
- Tabla 27.** Máximas Relaciones Ancho-Espesor para Elementos a Compresión.
- Tabla 28.** Razones ancho espesor elementos en compresión, miembros sujetos a compresión axial.
- Tabla 29.** Razones ancho – espesor elementos en compresión de miembros en flexión.
- Tabla 30.** Modelo de Tabla de Cantidades y Precios
- Tabla 31.** Modelo de Análisis de Precios Unitarios
- Tabla 32.** Ejemplo de diagrama de Grant y Ruta Crítica
- Tabla 33.** Ejemplo de Curva de Inversión.
- Tabla 34.** Hormigón losas – mampostería estructural.
- Tabla 35.** Bloque estructural – mampostería estructural
- Tabla 36.** Acero de refuerzo muros y losas.
- Tabla 37.** Malla electrosoldada – mampostería estructural.
- Tabla 38.** Muro de bloque simple 12.5cm– mampostería estructural.
- Tabla 39.** Muro de bloque doble 25cm– mampostería estructural.
- Tabla 40.** Losa maciza 20cm – mampostería estructural.
- Tabla 41.** Viga 35x25cm – mampostería estructural.
- Tabla 42.** Estados de carga – mampostería estructural,.
- Tabla 43.** Cargas adicionales – mampostería estructural.
- Tabla 44.** Valores para cálculo de carga sísmica – mampostería estructural.

- Tabla 45.** Cálculo de periodo fundamental – mampostería estructural.
- Tabla 46.** Coeficientes de perfil de suelo – mampostería estructural.
- Tabla 47.** Cálculo de período fundamental de vibración inicial y crítico – mampostería estructural.
- Tabla 48.** Espectro de respuesta elástico de aceleración – mampostería estructural.
- Tabla 49.** Cálculo de cortante – mampostería estructural.
- Tabla 50.** Coeficiente relacionado con el período de vibración de la estructura T – mampostería estructural.
- Tabla 51.** Cálculo de coeficiente K – mampostería estructural.
- Tabla 52.** Espectro de respuesta sísmico- mampostería estructural.
- Tabla 53.** Espectro de respuesta sísmico en el eje X – mampostería estructural.
- Tabla 54.** Espectro de respuesta sísmico en el eje Y - mampostería estructural.
- Tabla 55.** Combinaciones de carga– mampostería estructural.
- Tabla 56.** Deriva elástica en X – mampostería estructural.
- Tabla 57.** Deriva elástica en Y– mampostería estructural.
- Tabla 58.** Participación modal de masas – mampostería estructural.
- Tabla 59.** Carga de participación modal – mampostería estructural.
- Tabla 60.** Período dinámico – mampostería estructural.
- Tabla 61.** Ratio torsión – mampostería estructural.
- Tabla 62.** Traslación – mampostería estructural.
- Tabla 63.** Rotación – mampostería estructural.
- Tabla 64.** Escalamiento cortante - Dinámico X – mampostería estructural.
- Tabla 65.** Escalamiento cortante - Dinámico Y – mampostería estructural.
- Tabla 66.** Reacciones en la base – mampostería estructural.
- Tabla 67.** Diseño de losas macizas– mampostería estructural.

**Tabla 68.** Hormigón cimentación – mampostería estructural.

**Tabla 69.** Acero de refuerzo cimentación – mampostería estructural.

**Tabla 70.** Viga de cimentación – mampostería estructural.

**Tabla 71.** Contrapiso – mampostería estructural.

**Tabla 72.** Carga admisible – mampostería estructural.

**Tabla 73.** Carga de cimentación – mampostería estructural.

**Tabla 74.** Carga de servicio + sismo en X– mampostería estructural.

**Tabla 75.** Carga de servicio + sismo en Y - mampostería estructural.

**Tabla 76.** Hormigón losas deck – estructura acero.

**Tabla 77.** Acero estructural - estructura de acero.

**Tabla 78.** Columna 250x250x10 - estructura de acero.

**Tabla 79.** Columna 148.95x148.95x5 - estructura de acero.

**Tabla 80.** Viga 120x8; 300x6 - estructura de acero.

**Tabla 81.** Viga 100x5; 180x4 - estructura de acero.

**Tabla 82.** Viga 140x10; 400x6 - estructura de acero.

**Tabla 83.** Viga 100x5; 240x4 - estructura de acero.

**Tabla 84.** Arriostramiento 100x100x6 - estructura de acero.

**Tabla 85.** Deck - estructura de acero.

**Tabla 86.** Estados de carga - estructura de acero.

**Tabla 87.** Cargas adicionales - estructura de acero.

**Tabla 88.** Valores para cálculo de carga sísmica – estructura de acero.

**Tabla 89.** Cálculo de período fundamental de vibración – estructura de acero.

**Tabla 90.** Coeficientes de perfil de suelo – estructura de acero.

**Tabla 91.** Cálculo de período fundamental de vibración inicial y crítico – estructura de acero.

- Tabla 92.** Espectro de respuesta elástico de aceleración – estructura de acero.
- Tabla 93.** Cálculo de cortante – estructura de acero.
- Tabla 94.** Coeficiente relacionado con el período de vibración de la estructura T – estructura de acero.
- Tabla 95.** Cálculo de coeficiente K – estructura de acero.
- Tabla 96.** Espectro de respuesta sísmico- estructura de acero.
- Tabla 97.** Espectro de respuesta sísmico en el eje X – estructura de acero.
- Tabla 98.** Espectro de respuesta sísmico en el eje Y - estructura de acero.
- Tabla 99.** Combinaciones de carga– estructura de acero.
- Tabla 100.** Deriva elástica en X – estructura de acero.
- Tabla 101.** Deriva elástica en Y – estructura de acero.
- Tabla 102.** Participación modal de masas – estructura de acero.
- Tabla 103.** Carga de participación modal – estructura de acero.
- Tabla 104.** Período dinámico – estructura de acero.
- Tabla 105.** Ratio torsión – estructura de acero.
- Tabla 106.** Traslación – estructura de acero.
- Tabla 107.** Rotación – estructura de acero.
- Tabla 108.** Dinámico X – estructura de acero.
- Tabla 109.** Dinámico Y – estructura metálica.
- Tabla 110.** Reacciones en la base – estructura de acero.
- Tabla 111.** Hormigón losas deck – rediseño estructura de acero.
- Tabla 112.** Acero estructural - rediseño estructura de acero.
- Tabla 113.** Columna 350x200x15 - rediseño estructura de acero..
- Tabla 114.** Viga principal 160x10; 350x5 - - rediseño estructura de acero.
- Tabla 115.** Viga principal eje 1', 200x12; 450x5 - rediseño estructura de acero.

**Tabla 116.** Viga principal story 3 eje 1' de A - X, 160x12; 350x5 - rediseño estructura de acero.

**Tabla 117.** Viga secundaria 100x7; 230x4 - rediseño estructura de acero.

**Tabla 118.** Arriostramiento 100x100x8 - rediseño estructura de acero.

**Tabla 119.** Deck - estructura de acero - rediseño estructura de acero.

**Tabla 120.** Estados de carga - rediseño estructura de acero.

**Tabla 121.** Cargas adicionales - rediseño estructura de acero.

**Tabla 122.** Valores para cálculo de carga sísmica - rediseño estructura de acero.

**Tabla 123.** Cálculo de período fundamental de vibración – rediseño estructura de acero.

**Tabla 124.** Coeficientes de perfil de suelo – rediseño estructura de acero.

**Tabla 125.** Cálculo de período fundamental de vibración inicial y crítico – rediseño estructura de acero.

**Tabla 126.** Espectro de respuesta elástico de aceleración – rediseño estructura de acero.

**Tabla 127.** Cálculo de cortante – rediseño estructura de acero.

**Tabla 128.** Coeficiente relacionado con el periodo de vibración de la estructura T – rediseño estructura de acero.

**Tabla 129.** Cálculo de coeficiente K – rediseño estructura acero.

**Tabla 130.** Espectro de respuesta sísmico- rediseño estructura de acero.

**Tabla 131.** Espectro de respuesta sísmico en el eje X – rediseño estructura de acero.

**Tabla 132.** Espectro de respuesta sísmico en el eje Y – rediseño estructura de acero.

**Tabla 133.** Combinaciones de carga– rediseño estructura de acero.

Tabla 134. Deriva elástica en X – rediseño estructura de acero.

**Tabla 135.** Deriva elástica en Y – rediseño estructura de acero.

**Tabla 136.** Participación modal de masas – rediseño estructura de acero.

- Tabla 137.** Carga de participación modal – rediseño estructura de acero.
- Tabla 138.** Período dinámico – rediseño estructura de acero.
- Tabla 139.** Ratio torsión – rediseño estructura de acero.
- Tabla 140.** Traslación – rediseño estructura de acero.
- Tabla 141.** Rotación – rediseño estructura de acero.
- Tabla 142.** Dinámico X – rediseño estructura de acero.
- Tabla 143.** Dinámico Y – rediseño estructura de acero.
- Tabla 144.** Reacciones en la base – rediseño estructura de acero.
- Tabla 145.** Verificación de cuantía de acero, pedestal 50x50– rediseño estructura de acero.
- Tabla 146.** Verificación de cuantía de acero, pedestal 55x115– rediseño estructura de acero.
- Tabla 147.** Hormigón plintos y pedestales – estructura de acero.
- Tabla 148.** Pedestales – estructura de acero.
- Tabla 149.** Plinto – estructura de acero.
- Tabla 150.** Carga admisible – estructura de acero.
- Tabla 151.** Carga de servicio – estructura de acero.
- Tabla 152.** Carga de servicio más sismo en X– estructura de acero.
- Tabla 153.** Carga de servicio más sismo en Y– estructura de acero.
- Tabla 154.** Cantidades de obra mampostería estructural.
- Tabla 155.** Cantidades de obra estructura de acero.
- Tabla 156.** Cantidades y precios - mampostería estructural.
- Tabla 157.** Cantidades y precios – estructura acero.
- Tabla 158.** Ruta Crítica – mampostería estructural.
- Tabla 159.** Cronograma valorado – mampostería estructural.

**Tabla 160.** Curva de inversión – mampostería estructural.

**Tabla 161.** Ruta Crítica – estructura acero.

**Tabla 162.** Cronograma valorado – estructura acero.

**Tabla 163.** Curva de inversión – estructura acero.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Mampostería confinada.

**Figura 2.** Mampostería reforzada

**Figura 3.** Proceso constructivo mampostería estructural

**Figura 4.** Sistema de pórtico

**Figura 5.** Aporticadas.

**Figura 6.** Triangulares.

**Figura 7.** Abovedadas.

**Figura 8.** Colgantes.

**Figura 9.** Deformaciones inelásticas .

**Figura 10.** Proceso constructivo estructura de acero

**Figura 11.** Diseño 3D con mampostería estructural

**Figura 12.** Espectro sísmico elástico e inelástico - mampostería estructural.

**Figura 13.** Comprobación losa maciza Niv.-7.25 – mampostería estructural.

**Figura 14.** Comprobación losa maciza Niv.-4.19 – mampostería estructural.

**Figura 15.** Comprobación losa maciza Niv.-1.13 – mampostería estructural.

**Figura 16.** Cuantía de acero vigas Niv.-7.25 A' y 4 – mampostería estructural.

**Figura 17.** Momento último máximo viga Niv.-7.25 eje 4 – mampostería estructural.

**Figura 18.** Momento último máximo viga Niv.-7.25 eje A' – mampostería estructural.

**Figura 19.** Cimentación Nivel -10.31 – mampostería estructural .

**Figura 20.** Cimentación Nivel -7.25 – mampostería estructural.

**Figura 21.** Carga de cimentación - Nivel -10.31 – mampostería estructural.

**Figura 22.** Carga de servicio + sismo en X - Nivel -10.31 – mampostería estructural.

**Figura 23.** Carga de servicio + sismo en Y - Nivel -10.31 – mampostería estructural.

**Figura 24.** Carga de cimentación Nivel -7.25 – mampostería estructural.

- Figura 25.** Carga de servicio + sismo en X Nivel -7.25 – mampostería estructural.
- Figura 26.** Carga de servicio + sismo en Y - Nivel -7.25– mampostería estructural.
- Figura 27.** Asentamientos- cargas de servicio – Nivel -11.31- mampostería estructural.
- Figura 28.** Asentamientos- cargas de servicio – Nivel -7.25 - mampostería estructural.
- Figura 29.** Diseño 3D con estructura de acero
- Figura 30.** Espectro sísmico elástico e inelástico – estructura metálica
- Figura 31.** Comprobación de diseño de vigas principales Nivel -7.25 - estructura de acero.
- Figura 32.** Comprobación de diseño de vigas principales Nivel -4.19 - estructura de acero.
- Figura 33.** Comprobación de diseño de vigas principales Nivel -1.13- estructura de acero.
- Figura 34.** Comprobación de diseño vigas secundarias Nivel -7.25 - estructura de acero.
- Figura 35.** Comprobación de diseño vigas secundarias Nivel -4.19 - estructura de acero.
- Figura 36.** Comprobación de diseño vigas secundarias Nivel -1.13 - estructura de acero.
- Figura 37.** Comprobación de diseño columnas Nivel -7.25 - estructura de acero.
- Figura 38.** Comprobación de diseño columnas Nivel -4.19 - estructura de acero.
- Figura 39.** Comprobación de diseño columnas Nivel -1.13 - estructura de acero.
- Figura 40.** Comprobación de arriostramiento eje 1 - estructura de acero,
- Figura 41.** Comprobación de arriostramiento eje 2 - estructura de acero.
- Figura 42.** Espectro sísmico elástico e inelástico – rediseño estructura acero.
- Figura 43.** Comprobación de diseño de vigas principales Nivel -7.25 – rediseño estructura de acero.
- Figura 44.** Comprobación de diseño de vigas principales Nivel -4.19 – rediseño estructura de acero.

**Figura 45.** Comprobación de diseño de vigas principales Nivel -1.13– rediseño estructura de acero.

**Figura 46.** Comprobación de diseño vigas secundarias Nivel -7.25 – rediseño estructura de acero.

**Figura 47.** Comprobación de diseño vigas secundarias Nivel -4.19 – rediseño estructura de acero.

**Figura 48.** Comprobación de diseño vigas secundarias Nivel -1.13 – rediseño estructura de acero.

**Figura 49.** Comprobación de diseño columnas Nivel -7.25 – rediseño estructura de acero.

**Figura 50.** Comprobación de diseño columnas Nivel -4.19 – rediseño estructura de acero.

**Figura 51.** Comprobación de diseño columnas Nivel -1.13 – rediseño estructura de acero.

**Figura 52.** Comprobación de arriostramiento eje 1 – rediseño estructura de acero.

**Figura 53.** Comprobación de arriostramiento eje 2 – rediseño estructura de acero.

**Figura 54.** Comprobación de arriostramiento eje C – rediseño estructura de acero.

**Figura 55.** Comprobación de arriostramiento eje A – rediseño estructura de acero.

**Figura 56.** Fuerzas ejercidas en columna 1B – rediseño estructura de acero.

**Figura 57.** Fuerzas ejercidas en columna 1'A – rediseño estructura de acero.

**Figura 58.** Plintos y pedestales Nivel -11.81– estructura de acero.

**Figura 59.** Plintos y pedestales Nivel -8.25 – estructura de acero.

**Figura 60.** Carga de servicio - Nivel -11.81– estructura de acero.

**Figura 61.** Carga de servicio más sismo en X - Nivel -11.81 – estructura de acero.

**Figura 62.** Carga de servicio más sismo en Y - Nivel -11.81 – estructura de acero.

**Figura 63.** Carga de servicio - Nivel -8.25– estructura de acero.

**Figura 64.** Carga de servicio más sismo en X - Nivel -8.25 – estructura de acero.

**Figura 65.** Carga de servicio más sismo en Y - Nivel -8.25 – estructura de acero.

**Figura 66.** Asentamiento – Nivel -11.31- estructura de acero.

**Figura 67.** Asentamiento – Nivel -8.25- estructura de acero.

## LISTA DE ECUACIONES

**Ecuación 1.** Período fundamental de vibración.

**Ecuación 2.** Período fundamental de vibración inicial.

**Ecuación 3.** Período fundamental de vibración crítico.

**Ecuación 4.** Espectro de respuesta elástico de aceleración para  $0 \leq T \leq T_c$ .

**Ecuación 5.** Espectro de respuesta elástico de aceleración para  $T \geq T_c$ .

**Ecuación 6.** Cortante basal de diseño.

**Ecuación 7.** Deriva inelástica

**Ecuación 8.** Criterio de diseño para la comprobación de período dinámico.

**Ecuación 9.** Criterio de diseño para la comprobación rotación.

**Ecuación 10.** Peso total de estructura.

**Ecuación 11.** Fuerza horizontal.

**Ecuación 12.** Resultante.

**Ecuación 13.** Porcentaje sismo dinámico / estático.

**Ecuación 14.** Factor corrección escalamiento cortante.

**Ecuación 15.** Cuantía mínima acero.

**Ecuación 16.** Área de sección de acero.

**Ecuación 17.** Área de acero de estructura.

**Ecuación 18.** Cuantía de acero.

**Ecuación 19.** Carga admisible.

**Ecuación 20.** Condición de carga admisible.

**Ecuación 21.** Esfuerzo a la compresión máximo.

**Ecuación 22.** Carga por unidad de longitud máxima.

**Ecuación 23.** Excentricidad.

**Ecuación 24.** Excentricidad crítica

**Ecuación 25.** Longitud efectiva.

**Ecuación 26.** Esfuerzo por unidad de longitud.

**Ecuación 27.** Dimensión placa acero.

**Ecuación 28.** Espesor placa base.

**Ecuación 29.** Resistencia tracción última.

**Ecuación 30.** Capacidad resistencia de perno.

## **Capítulo 1: Introducción**

En el presente proyecto se expone una breve descripción de los sistemas constructivos en acero y mampostería estructural, tomado en cuenta los parámetros de diseño, ventajas y desventajas de cada uno; también se refiere, sobre la gestión en la construcción de obras civiles mediante análisis de precios unitarios y ruta crítica. El análisis permitirá comparar costos de construcción entre los dos sistemas y definir cuál de los dos sistemas genera un mejor rendimiento económico para el constructor y al mismo tiempo disminuir el precio de venta para promoción de un proyecto de construcción de unidades habitacional de 148.95 m<sup>2</sup>.

### **1.1 Contextualización del problema**

Actualmente en la ciudad de Quito, el mercado inmobiliario presenta una gran variedad de proyectos en promoción, lo cual hace que exista una mayor competencia para los constructores y promotores de proyectos por la oferta que existe en el mercado. Como información relevante desde el 2021 al 2023 se ha tenido un incremento de aproximadamente un 10% en el desarrollo de proyectos inmobiliarios. Teniendo en cuenta el contexto nacional actual, uno de los principales factores que inciden en la adquisición de una vivienda es la seguridad, por lo tanto la ubicación es un factor fundamental; con base a esto, el sector de Nayón es uno de los barrios donde existe menor índice y percepción de inseguridad en la ciudad de Quito lo que ha hecho que se desarrolle una gran cantidad de proyectos inmobiliarios.

Con este contexto, es necesario desarrollar proyectos que tengan precios competitivos en el mercado y que al mismo tiempo generen una buena rentabilidad para el constructor o promotor, por lo tanto, el uso de sistemas constructivos más eficientes en el aspecto técnico y económico podrán generar una ventaja frente a la competencia.

## **1.2 Justificación de la investigación**

El comparativo entre las soluciones estructurales de acero y mampostería estructural, permitirá establecer cuál de las estructuras es más rentable y genere menor costo tanto en la construcción como para la venta, mejorando la promoción del proyecto y generando un mejor rendimiento económico de la inversión.

Se podrá determinar el costo por metro cuadrado de construcción para poder proyectarlo a un conjunto habitacional; así mismo, servirá como base para la elaboración de anteproyectos de similares características.

## **1.3 Planteamiento del problema**

Para el diseño se tiene una variedad de materiales que pueden dar a lugar a una misma solución estructural; sin embargo, la optimización en materiales, sistema constructivo, rendimiento de mano de obra y equipos utilizados, podrán determinar la viabilidad de un proyecto.

La falta de elaboración de un análisis comparativo entre diferentes tipos de soluciones estructurales que cumplen la misma función de servicialidad, que, en este caso, el análisis corresponde a estructura de acero y mampostería estructural para la construcción unidades habitacionales, pueden afectar la rentabilidad, generando costos de venta mayores y complicaciones en la promoción de un proyecto, poniendo así en riesgo la inversión.

Cuál de las dos soluciones estructurales, entre estructura de acero y mampostería estructural es más rentable para la construcción unidades habitacionales de 148.95 m<sup>2</sup>.

#### **1.4 Objetivo principal de la investigación.**

Comparar costos de construcción entre estructura de acero y mampostería estructural, mediante una evaluación económica, para unidades habitacionales de 148.95m<sup>2</sup> ubicadas en el sector de Nayón de la ciudad Quito.

#### **1.5 Objetivos específicos de la investigación**

A continuación, se describen los objetivos específicos de la investigación que permitirá realizar la comparativa entre los dos sistemas estructurales:

- Verificar el diseño de la superestructura (análisis estructural) de los dos sistemas, mediante el uso de software especializado, con base a los diseños previamente definidos, con el fin de comprobar que cumplan con requerimientos técnicos y normativos.
- Calcular para los dos sistemas estructurales, los volúmenes de obra, realizar el análisis de precios unitarios, elaborar cronograma y ruta crítica para la construcción de unidades habitacionales de 148.95m<sup>2</sup>, mediante el uso de hojas de cálculo y software especializados.

#### **1.6 Metodología**

El proyecto de investigación se realizará mediante un estudio correlacional, donde se evaluará los costos de construcción unidades habitacionales de 148.95m<sup>2</sup>, entre dos soluciones estructurales (acero y mampostería estructural), mismas que cumplen con normativa de diseño.

La modalidad de la presente investigación corresponde a un proyecto de desarrollo en el cual, se busca determinar cuál de los dos tipos de estructuras (acero o mampostería estructural), genera una mejor rentabilidad para la construcción y al mismo

tiempo la promoción de las unidades habitacionales de 148.95m<sup>2</sup> en el sector de Nayón en la ciudad de Quito, para esto se analizará el costo y rendimientos de mano de obra, materiales y equipos a ser utilizados en cada una de las soluciones estructurales de estudio en la presente investigación, también se analizarán los procesos constructivos a fin de definir los cronogramas.

Se utilizará el método hipotético - deductivo, donde se parte de la hipótesis planteada, la cual consiste en que construir en mampostería estructural es más rentable que hacerlo en acero, lo cual se sujetará a verificación conforme los comparativos de cada una de las soluciones estructurales en análisis.

### **1.7 Alcance y limitaciones**

El alcance de la presente investigación conlleva a determinar una comparativa de costos para la construcción de viviendas de 148.95 m<sup>2</sup> entre los sistemas de acero y mampostería estructural, con base a diseño arquitectónicos, estructurales, eléctricos e hidrosanitarios previamente definidos. Por lo tanto, la investigación se limita únicamente a la comprobación estructural de la superestructura, (que en caso de ser necesario se ajustarán para que cumplan con los requerimientos técnicos y normativos de diseño), además que, para un adecuado análisis de costos se verificarán cuantías de acero, placas y perno según el sistema de corresponda; siendo así, en relación a la infraestructura (cimentaciones y pedestales), mediante el uso de software especializado, únicamente se analizará que cumplan con los requerimientos de diseño, y se utilizarán las cuantías previamente definidas en los diseños originales para el análisis de costos (en caso de que estos se encuentren adecuadamente diseñados y no sea necesario ajustes).

## Capítulo 2: Marco Teórico

### 2.1 Sistema estructural y proceso constructivo de mampostería estructural

La mampostería, son un conjunto de bloques huecos de hormigón vibro comprimidos, unidos por medio de un mortero, que permiten el armado de muros o paredes, los cuales tienen la capacidad de soportar cargas, y que a su vez al estar conectados a otros elementos estructurales como lo son losas o diafragmas, tienden a distribuir y resistir las fuerzas laterales (viento, sismo) de manera adecuada.

Existen diferentes tipos de mampostería como lo son: mampostería confinada o encadenada por elementos estructurales como columnas y vigas; y mampostería reforzada con armadura (cuenta con armaduras verticales y horizontales distribuidas en el elemento, permitiendo que tanto que tanto la armadura como el bloque trabajen de manera simultánea).

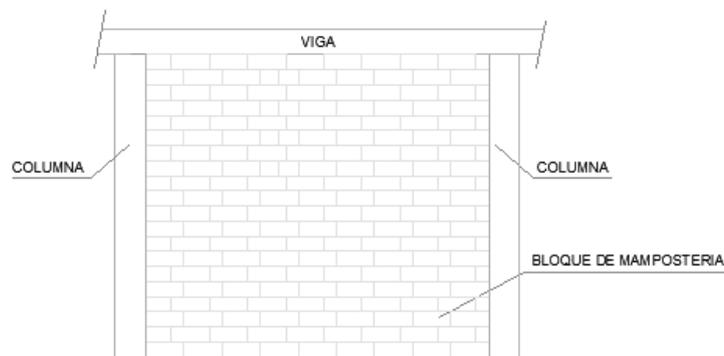


Figura 1. Mampostería confinada. Fuente: Elaboración propia

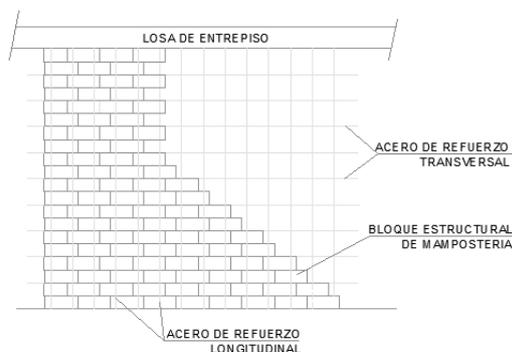


Figura 2. Mampostería reforzada. Fuente: Elaboración propia

Los beneficios de la mampostería estructural son: buen aislante térmico y acústico, alta resistencia (excelente comportamiento estructural), durabilidad (tienen una larga vida útil), costo (los bloques de hormigón son más baratos que otros sistemas además de que los sistemas van integrados en las paredes lo que ahorra en tiempo de construcción), y buena capacidad de resistencia al fuego.

La mampostería estructural para su diseño deberá cumplir resistencias a esfuerzos como lo son la compresión, corte, flexión, anclaje por adherencia, y desplazamiento; bajo condiciones de carga vivas (sobrecargas por ocupación), muertas (peso de la estructura), cargas accidentales (cargas sísmicas) y sus combinaciones, con base a esto, el máximo valor requerido para la mampostería de hormigón es de 12KN/m<sup>3</sup>.

A continuación, se presentan las combinaciones de carga conforme lo estipulado en la NEC-SE-CG:

Combinación 1

1.4 D

Combinación 2

1.2 D + 1.6 L + 0.5max[L<sub>r</sub> ; S ; R]

Combinación 3\*

1.2 D + 1.6 max[L<sub>r</sub> ; S ; R] + max[L ; 0.5W]

Combinación 4\*

1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 max[L<sub>r</sub> ; S ; R]

Combinación 5\*

1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S

Combinación 6

0.9 D + 1.0 W

Combinación 7

0.9 D + 1.0 E

Tabla 1. Combinaciones de carga. Fuente: NEC-SE-CG

|                |                                  |
|----------------|----------------------------------|
| D              | Carga permanente                 |
| E              | Carga de sismo                   |
| L              | Sobrecarga (carga viva)          |
| L <sub>r</sub> | Sobrecarga cubierta (carga viva) |
| S              | Carga de granizo                 |
| W              | Carga de viento                  |

Tabla 2. Simbología de combinaciones de carga. Fuente: NEC-SE-CG

El diseño se lo realiza mediante los métodos de estado límite o de esfuerzos admisibles. El método de estados límite se clasifica en últimos y de utilización, los estados límite últimos se refiere al fallo estructural o colapso (dado por fallas en equilibrio, deformaciones, rotura total o parcial de la estructura) poniendo en riesgo la seguridad de los ocupantes; en relación a los estados límite de utilización son fallos por deficiencia dado por el criterio de servicio de la estructura.

Como condición particular, se debe cumplir que la resistencia de diseño (momento flector, cortante, axial y torsión) deberá ser igual al coeficiente de reducción de resistencia (para la mampostería el valor está dado por la ubicación de la fuerza sea esta paralela o perpendicular al plano, y para el refuerzo dentro del mortero por el desarrollo y empalme) por la resistencia nominal y esto deberá ser mayor o igual a la resistencia requerida, para esto, se establecen diferentes criterios de diseño, para el caso de la compresión se establece que la sección es plana, tracción nula y la máxima deformación depende del material utilizado (tanto para la mampostería como para la armadura); el diagrama de tensión versus deformación para la mampostería será rectangular y de la armadura está dado por  $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ ; para la deformación unitaria se considera la misma de la mampostería y la armadura, el valor está en función de la compresión de la sección (esfuerzo normal de compresión es de 0,002, no totalmente

comprimidas será de 0.0035, e intermedias 0.002 y 3/7 de la altura de la sección desde la cara que está comprimida).

|   |  |
|---|--|
| Resistencia de Diseño = $\phi$ x Resistencia Nominal $\geq$ Resistencia Requerida = U |  |
| Dónde:  |  |
| $\phi$  | Coefficiente de reducción de resistencia |
| U   | Resistencia Requerida                    |

Tabla 3. Fórmula de Resistencia de diseño de mampostería. Fuente: NEC-SE-MP

| Fuerzas   | Coefficiente de reducción de resistencia $\phi$ |
|---|---|
| <b>Fuerzas horizontales perpendiculares al plano del muro</b> |   |
| Flexión y Flexo-compresión                                    | 0.80  |
| Cortante  | 0.60  |
| <b>Fuerzas horizontales paralelas al plano del muro</b>       |   |
| Flexión   | 0.85  |
| Compresión y Flexo-compresión                                 | 0.60  |

Tabla 4. Valores de coeficiente de reducción de resistencia. Fuente: NEC-SE-MP

| Estructuras de:                                    | $\Delta_M$ máxima (sin unidad) |
|--|--------------------------------|
| Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera | 0.02                           |
| De mampostería                                     | 0.01                           |

Tabla 5. Valores máximos de derivas de piso. Fuente: NEC-SE-DS

|   |  |
|---|--|
| $P_u \leq \phi P_n = \phi 0.80 P_o R_e$ |  |
| Dónde:                                  |  |
| $P_u$                                   | Fuerza axial de diseño solicitada en compresión sobre el muro (N). |
| $P_n$                                   | Resistencia nominal a carga axial (N).                             |
| $P_o$                                   | Máxima resistencia axial teórica (N).                              |

Tabla 6. Condición resistencia cargas axiales a compresión. Fuente: NEC-SE-MP

|  |
|--|
| $M_u \leq \phi M_n$ <p>Dónde:</p> <p><b>M<sub>n</sub></b> Momento resistente nominal del muro.</p> <p><b>M<sub>u</sub></b> Momento mayorado solicitado de diseño del muro.</p> |
|--|

Tabla 7. Condición resistencia a flexión sin carga axial. Fuente: NEC-SE-MP

|   |
|---|
| $M_u \leq \phi R_e M_n$ <p>Dónde:</p> <p><b>R<sub>e</sub></b> Coeficiente utilizado para tener en cuenta los efectos de esbeltez en elementos a compresión</p> <p><b>M<sub>n</sub></b> Momento resistente nominal del muro</p> <p><b>M<sub>u</sub></b> Momento mayorado solicitado de diseño del muro</p> |
|---|

Tabla 8. Condición resistencia a flexión con carga axial para diseño de muros en la dirección perpendicular a su plano. Fuente: NEC-SE-MP

|  |
|--|
| $M_n \geq \alpha M_{cr}$ $M_{cr} = \frac{bl_w^2}{6} f_r$ <p>Dónde:</p> <p><b>M<sub>cr</sub></b> Momento de agrietamiento que viene dado por la ecuación.</p> <p><b>M<sub>n</sub></b> Momento resistente nominal del muro.</p> <p><b>α</b> 1.8 para mampostería con todas sus celdas inyectadas con mortero de relleno.</p> <p><b>α</b> 3.0 para mampostería donde solo están inyectadas las celdas que contienen refuerzo.</p> <p><b>f<sub>r</sub></b> Módulo de ruptura de la mampostería</p> |
|--|

Tabla 9. Resistencia mínima a flexión para diseño de muros en la dirección paralela a su plano. Fuente: NEC-SE-MP

|  |
|--|
| $M_u \leq \phi M_n$ <p>Dónde:</p> <p><b>M<sub>u</sub></b> Momento mayorado solicitado de diseño del muro.</p> <p><b>M<sub>n</sub></b> Momento resistente nominal del muro.</p> |
|--|

Tabla 10. Resistencia a la flexocompresión para diseño de muros en la dirección paralela a su plano. Fuente: NEC-SE-MP

|                     |   |
|---------------------|---|
| $V_u \leq \phi V_n$ |   |
| Dónde:              |   |
| $V_u$               | Fuerza cortante mayorada solicitada de diseño del muro (en N).                        |
| $V_n$               | Fuerza cortante resistente nominal del muro (en N).                                   |
| $V_s$               | Resistencia nominal para fuerza cortante contribuida por el refuerzo cortante (en N). |

Tabla 11. Resistencia a cortante para diseño de muros en la dirección paralela a su plano. Fuente: NEC-SE-MP

El módulo de elasticidad del acero de refuerzo es de  $E=200000\text{MPa}$ , para la mampostería de hormigón es de  $E_h=900f_m$  que deberá ser menor o igual a  $20000\text{MPa}$ , donde  $f_m$  se refiere a la resistencia a la compresión de la mampostería, y para el mortero de relleno es de  $E_m=2500(f_{cr})^{0.5}$ , donde  $f_{cr}$  se refiere a la resistencia a la compresión del mortero. En relación a la cortante, para la mampostería es de  $G_m=0.4E_m$  (donde  $E_m$  se refiere al módulo de elasticidad de la mampostería) y para mortero de relleno es de  $G_r=0.5E_r$  (donde  $E_r$  es el módulo de elasticidad del mortero).

|  |  |
|--|--|
| <b>Mampostería en concreto: <math>E_m = 900 f'_m \leq 20000 \text{ MPa}</math></b> |  |
| <b>Mampostería en arcilla: <math>E_m = 750 f'_m \leq 20000 \text{ MPa}</math></b>  |  |
| Dónde:   |  |
| $E_m$  | Módulo de elasticidad de la mampostería    |
| $f'_m$   | Resistencia a compresión de la mampostería |

Tabla 12. Módulo de elasticidad mampostería. Fuente: NEC-SE-MP

|   |  |
|---|--|
| <b><math>E_r = 2500 (f'_{cr})^{1/2} \leq 20000 \text{ MPa}</math></b> |  |
| Dónde:  |  |
| $E_r$   | Módulo de elasticidad del mortero de relleno (MPa).      |
| $f'_{cr}$   | Resistencia a la compresión del mortero de relleno (MPa) |

Tabla 13. Módulo elasticidad mortero. Fuente: NEC-SE-MP

|                    |   |
|--------------------|---|
| Mampostería        | $G_m = 0.4E_m$                                      |
| Mortero de relleno | $G_r = 0.5E_r$                                      |
| Dónde:             |   |
| $E_m$              | Módulo de elasticidad de la mampostería (MPa).      |
| $E_r$              | Módulo de elasticidad del mortero de relleno (MPa). |
| $G_m$              | Módulo de cortante de la mampostería (MPa).         |
| $G_r$              | Módulo de cortante del mortero de relleno (MPa).    |

Tabla 14. Módulo cortante. Fuente: NEC-SE-MP

Las dimensiones efectivas están en función de: área efectiva para esfuerzos axiales, espesor y altura efectiva para el análisis del efecto de pandeo, ancho efectivo para determinar la flexión y área efectiva para los esfuerzos cortantes.

|                        |  |
|------------------------|--|
| $\frac{h'}{t} \leq 25$ |  |
| Dónde:                 |  |
| $h'$                   | Longitud de la diagonal del paño de muro entre elementos de confinamiento, o altura efectiva del elemento para evaluar efectos de pandeo (mm). |
| $t$                    | Espesor efectivo del elemento para evaluar efectos de pandeo, en mm.   |

Tabla 15. Altura efectiva. Fuente: NEC-SE-MP

|                       |  |
|-----------------------|--|
| $A_e (A_{mv} = A_e),$ |  |
| $A_{mv}$              | Área efectiva para determinar esfuerzos cortantes (mm <sup>2</sup> ) |
| $A_e$                 | Área efectiva de la sección de mampostería (mm <sup>2</sup> ).       |

Tabla 16. Área efectiva para cortante en la dirección perpendicular al plano del muro.  
Fuente: NEC-SE-MP

|                 |  |
|-----------------|--|
| $A_{mv} = bl_w$ |  |
| Dónde:          |  |
| $A_{mv}$        | Área neta del alma de la sección   |
| $b$             | Ancho efectivo del alma  |
| $l_w$           | Longitud horizontal total del muro, medida centro a centro entre columnas de confinamiento de borde. |

Tabla 17. Área efectiva para cortante en la dirección paralela al plano del muro. Fuente:  
NEC-SE-MP

El proceso constructivo del sistema de mampostería estructural, se detalla a continuación:

- **Plataforma:** conformación de la plataforma mediante la nivelación y compactación del área de implantación del proyecto.
- **Replanteo y nivelación:** implantación del proyecto en el terreno mediante la ubicación de ejes y niveles.
- **Cimentación de la estructura:** este tipo de estructuras se puede cimentar sobre losas o vigas de cimentación, en el primer caso el nivel de la plataforma deberá ser el necesario para poder colocar la armadura, en el segundo caso se deberá excavar al nivel requerido, colocar un hormigón ciclópeo como medida de mejoramiento de suelo y armar las vigas para posteriormente colocar el acero para el contrapiso, el armado de acero debe cumplir con los recubrimientos necesarios establecidos en los planos. Es importante que se impermeabilice el suelo natural previo a la colocación de la armadura con el fin de evitar filtraciones hacia la estructura. Posteriormente se coloca toda la armadura vertical en función de las celdas del bloque según el diseño estructural. En este punto del proceso se colocan las instalaciones hidrosanitarias y eléctricas que van embebidas en la cimentación. Finalmente, se coloca el encofrado perimetral y se realiza el hormigonado del elemento.
- **Muros de bloque:** se embona dentro de la varilla vertical y se coloca en hiladas a lo largo del eje del muro, posteriormente se coloca la varilla horizontal conforme lo establecido en el diseño estructural, esta varilla estará embebida en los bloques, adicionalmente, se coloca todas las instalaciones eléctricas y sanitarias que estén embebidas en el muro,

posteriormente se coloca un mortero de alta resistencia que debe tener características de fraguado rápido, autonivelante y expansivo, con lo cual se asegura que este rellene todos los espacios huecos de los bloques. Este procedimiento se repetirá hasta alcanzar la altura necesaria establecida en planos. Es importante que durante proceso se verifique plomadas y niveles tanto del muro de bloque como del acero de refuerzo vertical.

- Dinteles: en los sitios donde se ubican ventanas o puertas se conforman dinteles de hormigón prefabricado o echo en sitio.
- Losas entre piso y losa de cubierta: se encofra la losa, para posteriormente colocar el acero de refuerzo, en la parte superior de los muros se conformarán unas vigas y se puede tener otras vigas intermedias según el diseño estructural. Las varillas verticales que nacen en la cimentación deberán anclarse a la losa, formado un solo bloque en toda la estructura. Se coloca las instalaciones eléctricas y sanitarias correspondientes que quedarán embebidas en la losa y de ser el caso que exista un piso superior se coloca las varillas verticales donde embonarán los bloques para la conformación del siguiente nivel del muro.

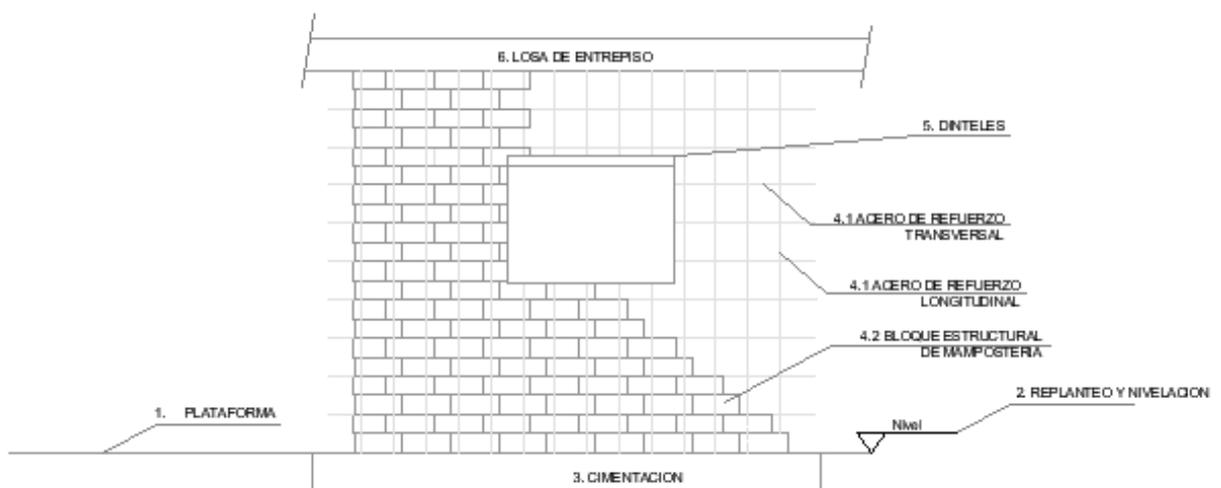


Figura 3. Proceso constructivo mampostería estructural. Fuente: Elaboración propia

## 2.2 Sistema estructural y proceso constructivo del acero

El sistema estructural está compuesto por un conjunto de perfiles que conforman un marco o esqueleto, conformado por columnas y vigas que permiten soportar las cargas o esfuerzos verticales y laterales de una edificación. La transmisión de cargas se realiza desde el plano horizontal hacia las vigas, posteriormente a columnas, estas transfieren a la cimentación y finalmente al terreno.

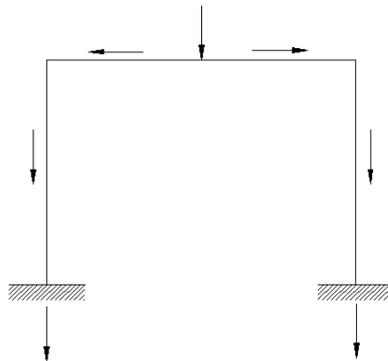


Figura 4. Sistema de pórtico. Fuente: Elaboración propia

Existen diferentes tipos de estructuras de acero como lo son las aporticadas o entramadas conformadas por pilar, columna y viga; los triangulares que por su geometría genera mayor rigidez y menos peso; abovedadas que con forma arqueada tienen la capacidad de soportar la compresión y peso de la edificación; colgantes conformados por pilares, cables o barras y finalmente las laminadas que son planchas de alta resistencia que conforman una estructura.

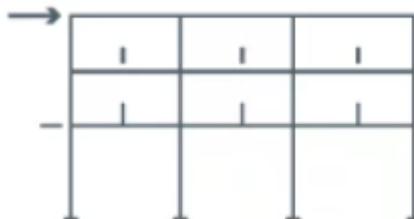


Figura 5. Aporticadas. Fuente: <https://www.construyendoseguro.com/tipos-de-perfiles-estructurales-y-tipos-de-estructuras-de-acero/>

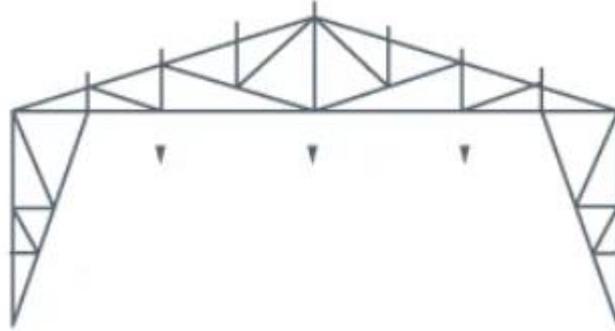


Figura 6. Triangulares. Fuente: <https://www.construyendoseguro.com/tipos-de-perfiles-estructurales-y-tipos-de-estructuras-de-acero/>



Figura 7. Abovedadas. Fuente: <https://www.construyendoseguro.com/tipos-de-perfiles-estructurales-y-tipos-de-estructuras-de-acero/>

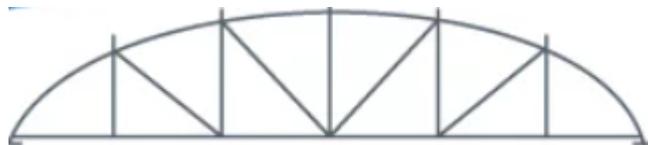


Figura 8. Colgantes. Fuente: <https://www.construyendoseguro.com/tipos-de-perfiles-estructurales-y-tipos-de-estructuras-de-acero/>

Los beneficios que representa construir edificaciones con este tipo de sistemas tenemos: alta resistencia y durabilidad dado por las propiedades mecánicas del acero, disminuye el peso de la edificación puesto que las secciones son menores a las de otros sistemas estructurales; velocidad en el proceso constructivo, ductilidad permitiendo soportar deformaciones y esfuerzos de tensión mediante la absorción de energía; formas de los elementos. Sin embargo, también presentan desventajas como lo son: tiene un alto

costo de mantenimiento, son sensibles a la torsión y se deterioran fácilmente al estar en contacto con factores ambientales.

Para el diseño, se sujetará como un diseño resistente a carga sísmica, por lo tanto, para el dimensionamiento de los elementos de una estructura de acero, se lo hace por medio de factores de carga y resistencia (DFCR o en sus siglas en inglés LRFD) o por resistencia admisible (DRA o ASD por sus siglas en inglés, como requerimiento en el diseño, tanto para las partes estructurales y las respectivas conexiones se deberá establecer el valor más alto entre la resistencia basada en las cargas y sus combinaciones (contando los factores de sobre resistencia) descritas en la Tabla 1 y las resistencias probables. En relación a las derivas de piso (desplazamiento lateral generado por una fuerza horizontal de un piso consecutivo, medida en línea vertical entre la diferencia del desplazamiento del punto superior e inferior) el máximo valor para estructuras de acero es de 0.02, conforme consta en la Tabla 5, estas derivas se calcularán para cada piso mediante el análisis elástico, para esto se incluye el cálculo de deflexiones, efectos de segundo orden (incremento de fuerzas internas) e índice de inestabilidad (este índice debe ser menor o igual a 0.30), cabe indicar que para este tipo de estructuras se debe tomar en cuenta la deformación en las conexiones.

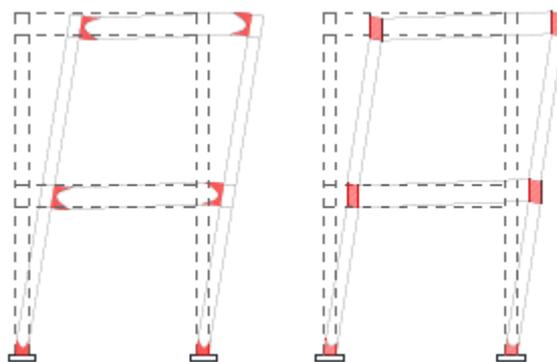


Figura 9. Deformaciones inelásticas . Fuente: NEC-SE-AC

$$Rd = \phi Rn$$

Donde:

Rd= Resistencia disponible

$\phi$  = factor de resistencia

Rn= Resistencia nominal

Tabla 18. Resistencia de diseño DFCR. Fuente: NEC-SE-AC

$$Rd = Rn/\Omega$$

Donde:

Rd= Resistencia disponible

$\phi$  = factor de seguridad

Rn= Resistencia nominal

Tabla 19. Resistencia de diseño DRA. Fuente: NEC-SE-AC

En relación a los materiales, el acero estructural para elementos estructurales que se espera tener un comportamiento inelástico el límite de fluencia no debe ser mayor a 345MPa, mientras que para columnas donde no se espera un comportamiento inelástico más que en la base, este esfuerzo debe no debe ser mayor a 450Mpa. Para esto, los aceros usados para sistemas resistentes a cargas sísmicas, deben cumplir con la norma ASTM, dado por las condiciones de soldabilidad y deformación.

| Clasificación de los aceros, según ASTM |                       | Límite elástico |     | Tensión de rotura |         |
|---|-----------------------|-----------------|-----|-------------------|---------|
|   |                       | Ksi             | MPa | Ksi               | Mpa     |
| ASTM A36                                |                       | 36              | 250 | 58-80             | 400-550 |
| ASTM A53                                | Grado B               | 35              | 240 | >60               | >415    |
| ASTM A106                               | Grado B               | 35              | 240 | >60               | >415    |
| ASTM A131                               | Gr A, B, CS, D, DS, E | 34              | 235 | 58-71             | 400-490 |
| ASTM A139                               | Grado B               | 35              | 240 | >60               | >415    |
| ASTM A381                               | Grado Y35             | 35              | 240 | >60               | >415    |
| ASTM A500                               | Grado A               | 33              | 228 | >45               | >310    |
|   | Grado B               | 42              | 290 | >58               | >400    |
| ASTM A501                               |                       | 36              | 250 | >58               | >400    |
| ASTM A516                               | Grado 55              | 30              | 205 | 55-75             | 380-515 |
|   | Grado 60              | 32              | 220 | 60-80             | 415-550 |
| ASTM A524                               | Grado I               | 35              | 240 | 60-85             | 415-586 |
|   | Grado II              | 30              | 205 | 55-80             | 380-550 |
| ASTM A529                               |                       | 42              | 290 | 60-85             | 415-550 |
| ASTM A570                               | Grado 30              | 30              | 205 | >49               | >340    |
|   | Grado 33              | 33              | 230 | >52               | >360    |
|   | Grado 36              | 36              | 250 | >53               | >365    |
|   | Grado 40              | 40              | 275 | >55               | >380    |
|   | Grado 45              | 45              | 310 | >60               | >415    |
|   | Grado 50              | 50              | 345 | >65               | >450    |
| ASTM A709                               | Grado 36              | 36              | 250 | 58-80             | 400-550 |
| API 5L                                  | Grado B               | 35              | 240 | 60                | 415     |
|   | Grado X42             | 42              | 290 | 60                | 415     |

Tabla 20. Aceros ASTM. Fuente: <https://ingemecanica.com/tutoriales/clasificacion-de-los-aceros.html>

Para la resistencia del material, el método de diseño por capacidad se puede aplicar a pórticos resistentes a momento, con arriostramientos concéntricos y excéntricos, permite verificar la ductilidad del material en miembros de la estructura considerados como cedentes, para esto se determina el esfuerzo de fluencia probable (que es la relación con el esfuerzo del material), resistencia a la fluencia probable (relaciona el esfuerzo de fluencia probable con el área del elemento en su sección transversal) y la resistencia a la tensión probable (relación con la resistencia a la tensión del material).

|                    |  |
|--------------------|--|
| $F_{yp} = R_y F_y$ |  |
| Dónde:             |  |
| $F_y$              | El mínimo esfuerzo de fluencia especificado del acero  |
| $R_y$              | El factor de esfuerzo de fluencia probable (la relación entre el esfuerzo de fluencia probable y el mínimo esfuerzo de fluencia especificado $F_y$ del material) |

Tabla 21. Esfuerzo fluencia probable. Fuente: NEC-SE-AC

|                       |  |
|-----------------------|--|
| $R_{fp} = F_{yp} A_g$ |  |
| Dónde:                |  |
| $F_{yp}$              | El esfuerzo de fluencia probable               |
| $A_g$                 | El área de la sección transversal del elemento |
| $R_{fp}$              | Resistencia a la Fluencia Probable             |

Tabla 22. Resistencia a la fluencia probable. Fuente: NEC-SE-AC

|                    |  |
|--------------------|--|
| $R_{tp} = R_t F_u$ |  |
| Dónde:             |  |
| $F_u$              | La resistencia mínima a la tensión especificada del acero  |
| $R_t$              | La relación ente la resistencia a la tensión probable y la resistencia mínima a la tensión especificada $F_u$ del material |
| $R_{tp}$           | Resistencia a la tensión probable  |

Tabla 23. Resistencia a la tensión probable. Fuente: NEC-SE-AC

| Especificación ASTM | Factor de Fluencia Probable ( $R_y$ ) | Factor de Tensión Probable ( $R_t$ ) |
|---------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| ASTM A36            | 1.3                                   | 1.15                                 |
| ASTM A572 Gr. 50    | 1.1                                   | 1.25                                 |
| ASTM A588 Gr. 50    | 1.15                                  | 1.15                                 |

Tabla 24. Valores de  $R_y$  y  $R_t$ . Fuente: NEC-SE-AC

| Especificación ASTM |                          | Mínimo (ksi) | Media (ksi) | Máximo (ksi) |
|---------------------|--------------------------|--------------|-------------|--------------|
| ASTMA36             | Esfuerzo de Fluencia     | 36.00        | 47.12       | 63.00        |
|                     | Resistencia a la Tensión | 51.00        | 64.76       | 84.00        |
|                     | $F_y/F_u$ (%)            | 56.00        | 73.00       | 98.00        |
| ASTMA572 Gr 50      | Esfuerzo de Fluencia     | 49.00        | 55.36       | 70.00        |
|                     | Resistencia a la Tensión | 67.00        | 82.26       | 94.00        |
|                     | $F_y/F_u$ (%)            | 59.00        | 67.00       | 82.00        |
| ASTMA588 Gr 50      | Esfuerzo de Fluencia     | 50.00        | 58.38       | 73.00        |
|                     | Resistencia a la Tensión | 71.00        | 81.26       | 90.00        |
|                     | $F_y/F_u$ (%)            | 62.00        | 72.00       | 87.00        |

Tabla 25. Resumen de las Propiedades de las planchas de Acero. Fuente: NEC-SE-AC

| Especificación ASTM | Esfuerzo de Fluencia ( $F_y$ ) (ksi) | Resistencia a la Tensión ( $F_u$ ) (ksi) |
|---------------------|--------------------------------------|--|
| ASTM A36            | 36                                   | 58 - 80                                  |
| ASTM A572 Gr 50     | 50                                   | 65                                       |
| ASTM A588 Gr 50     | 50                                   | 70                                       |

Tabla 26. Propiedades a Tensión Especificadas por la Norma ASTM. Fuente: NEC-SE-AC

Para el diseño de elementos a compresión se verifica la relación ancho espesor (esbeltez), para esto se utilizan tablas de la ANCI/AISC, donde se definen las relaciones y límites de diferentes tipos de elementos de acero. En el caso de los arriostramientos, estos permiten mejorar la estabilidad de las vigas que están sujetas a flexión restringiendo el pandeo torsional. En relación a las columnas se debe verificar la resistencia axial a la tensión y compresión.

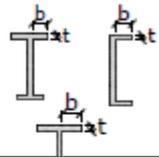
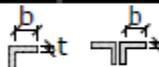
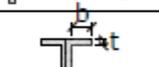
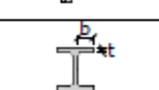
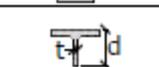
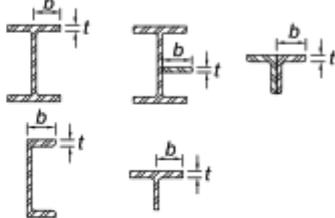
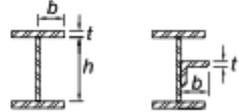
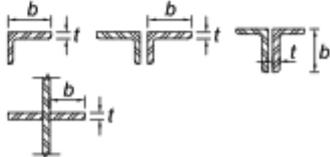
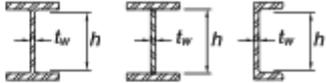
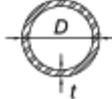
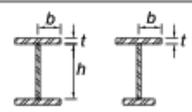
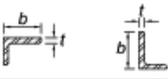
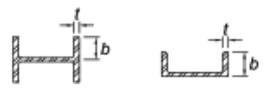
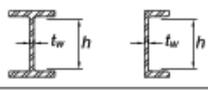
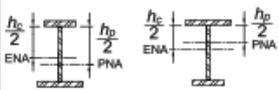
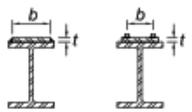
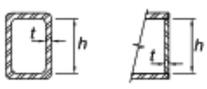
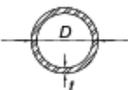
|   | Tipo de elemento  | Relación ancho-<br>espesor | Límites   | Ejemplo   |
|---|---|----------------------------|---|---|
|   |   |                            | $\lambda_{es}$  |   |
| Elementos no Rigidizados  | Flexión en alas de vigas "T" roladadas o armadas, canales y vigas "T"   | b/t                        | $0.30 \sqrt{E/F_y}$   |    |
|   | Lados de ángulos simples o dobles con separadores   |                            |   |    |
|   | Lados salientes de pares de ángulos en contacto continuo  |                            |   |    |
|   | Alas de secciones para pilotes "H"  | b/t                        | $0.45 \sqrt{E/F_y}$   |    |
|   | Alma de vigas "T"   | d/t                        | $0.30 \sqrt{E/F_y}^{(a)}$   |    |
|   | Barras planas   | b/t                        | 2.5   |   |
| Elementos Rigidizados   | Paredes de HSS rectangulares  | b/t                        | $0.55 \sqrt{E/F_y}^{(b)}$   |    |
|   | Alas de perfiles "I" encajonados, y secciones cajón armadas   | b/t                        |   |    |
|   | Placas laterales de secciones laminadas "I" encajonadas y paredes de perfiles armados encajonados usados como arriostramientos diagonales | h/t                        |   |    |
|   | Almas de perfiles "I" armados o roladados usados para vigas o columnas <sup>(c)</sup>   | h/t <sub>w</sub>           | Para $C_u \leq 0.125$<br>$2.45 \sqrt{E/F_y} (1 - 0.93 C_u)$<br><br>Para $C_u > 0.125$<br>$0.77 \sqrt{E/F_y} (2.93 - C_u)$<br>$\geq 1.49 \sqrt{E/F_y}$ |  |
|   | Placas laterales de secciones laminadas "I" encajonados usados como vigas o columnas  | h/t                        | donde:<br>$C_u = \frac{P_u}{\phi_t P_y}$ (DFCR)<br>$C_u = \frac{\Omega_c P_u}{P_y}$ (DRR)   |  |
|   | Almas de perfiles "I" roladados o armados usados como arriostramientos diagonales   | h/t <sub>w</sub>           | $1.49 \sqrt{E/F_y}$   |  |
|   | Almas de secciones para pilotes "H"   | h/t <sub>w</sub>           | $0.94 \sqrt{E/F_y}$   |  |
|   | Paredes de HSS de sección circular  | D/t                        | $0.038 E / F_y$   |  |
| <p>(a) Para perfiles T de miembros sujetos a compresión, la máxima relación ancho-espesor para miembros con gran ductilidad, para el alma de la "T" puede ser incrementada a <math>0.38 \sqrt{E/F_y}</math>, si se satisfacen las siguientes condiciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Pandeo en el miembro a compresión ocurre alrededor del plano del alma</li> <li>(2) La carga a compresión es transferida al final de la conexión, solo a la cara exterior del alma de la T, dando como resultado una conexión excéntrica que reduzca los esfuerzos de compresión en la punta del alma de la T.</li> </ol> <p>(b) La máxima relación ancho-espesor de las alas de una viga "T" rolada y una viga cajón armada para las columnas en un Pórtico Especial a Momento no debe exceder <math>0.60 \sqrt{E/F_y}</math></p> <p>(c) Para las vigas "I" roladadas usadas en sistemas PEM, donde <math>C_u</math> es menor o igual a 0.125, la máxima relación ancho-espesor <math>h/t_w</math> no debe exceder <math>2.45 \sqrt{E/F_y}</math>.</p> |   |                            |   |   |

Tabla 27. Máximas Relaciones Ancho-Espesor para Elementos a Compresión. Fuente NEC-SE-AC

| Casos                  | Descripción del Elemento | Razón Ancho Espesor   | Razón Ancho-Espesor Limite $\lambda$<br>(compacta / no compacta<br>(esbelto / no esbelto)) | Ejemplo  |   |
|------------------------|--------------------------|---|--|--|---|
| Elementos No-Atiesados | 1                        | Alas de perfiles laminados, planchas conectadas a perfiles laminados, alas de pares de ángulos conectados continuamente, alas de canales y alas de secciones T. | $b/t$  | $0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$                    |     |
|                        | 2                        | Alas de perfiles I soldados y planchas o ángulos conectados a secciones soldadas.   | $b/t$  | $0.64 \sqrt{\frac{k_c E}{F_y}}$ <sup>[a]</sup> |    |
|                        | 3                        | Alas de perfiles ángulo laminados; alas de pares de ángulos con separadores y todo tipo de elementos no atiesados.  | $b/t$  | $0.45 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$                    |     |
|                        | 4                        | Alma de Secciones T.  | $d/t$  | $0.75 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$                    |    |
| Elementos Atiesados    | 5                        | Almas de secciones I con doble simetría y secciones canal.  | $h/t_w$  | $1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$                    |    |
|                        | 6                        | Paredes de secciones HSS rectangulares y cajones de espesor uniforme  | $b/t$  | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$                    |  |
|                        | 7                        | Alas de sobre planchas y planchas diafragma entre líneas de conectores o soldadura  | $b/t$  | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$                    |  |
|                        | 8                        | Todo elemento atiesador.  | $b/t$  | $1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$                    |  |
|                        | 9                        | Tubos circulares.   | $D/t$  | $0.11 \frac{E}{F_y}$                           |  |

<sup>[a]</sup>  $k_c = 4/\sqrt{h/t_w}$ , no menor que 0,35, ni mayor que 0,76 para propósitos de cálculo.

Tabla 28. Razones ancho espesor elementos en compresión, miembros sujetos a compresión axial. Fuente: Especificación para construcción de acero ANSI/AISC 360-

| Casos                 | Descripción del Elemento | Razón Ancho Espesor  | Razón Ancho - Espesor Límite          |   | Ejemplo                         |   |
|-----------------------|--------------------------|--|---------------------------------------|---|---------------------------------|---|
|                       |                          |  | $\lambda$<br>(compacta / no compacta) | $\lambda$<br>(esbelto / no esbelto)   |                                 |   |
| Elementos No-Alisados | 10                       | Flexión en alas de perfiles I laminados, canales y tes.                            | $b/t$                                 | $0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$   | $1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$      |     |
|                       | 11                       | Alas de secciones I soldadas con doble y simple simetría.                          | $b/t$                                 | $0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$   | $0.95 \sqrt{\frac{k_c E}{F_y}}$ |     |
|                       | 12                       | Alas de ángulos simples.   | $b/t$                                 | $0.54 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$   | $0.91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$     |    |
|                       | 13                       | Alas de toda doble t y canal en torno a su eje más débil.                          | $b/t$                                 | $0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$   | $1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$      |     |
|                       | 14                       | Almas de tes.  | $d/t$                                 | $0.84 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$   | $1.52 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$     |    |
| Elementos Alisados    | 15                       | Almas de doble T simétricas y canales.   | $h/t_w$                               | $3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$   | $5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$     |     |
|                       | 16                       | Almas de secciones doble T con un solo eje de simetría.                            | $h_c/t_w$                             | $\frac{h_c}{h_p} \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ [c]<br>$\left(0.54 \frac{M_p}{M_y} - 0.09\right)^2 \leq \lambda_r$ | $5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$     |    |
|                       | 17                       | Alas de secciones tubulares y secciones cajón de espesor uniforme.                 | $b/t$                                 | $1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$   | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$     |  |
|                       | 18                       | Alas de sobreplanchas y planchas diafragma entre líneas de conectores y soldadura. | $b/t$                                 | $1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$   | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$     |  |
|                       | 19                       | Almas de tubos rectangulares y secciones cajón.                                    | $h/t$                                 | $2.42 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$   | $5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$     |   |
|                       | 20                       | Tubos circulares.  | $D/t$                                 | $0.07 \frac{E}{F_y}$  | $0.31 \frac{E}{F_y}$            |  |
|                       | 21                       | Alas de sección cajón.   | $b/t$                                 | $1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$   | $1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$     |  |

<sup>[a]</sup>  $k_c = 4\sqrt{h/t_w}$ , no menor que 0,35, ni mayor que 0,76 para propósitos de cálculo.  
<sup>[b]</sup>  $FL = 0.7F_y$ , para secciones doble te esbeltas de alma, y para secciones fabricadas de alma compacta y no compacta con flexión en el eje fuerte con  $S_x/S_y \geq 0.7$ ;  $FL = F_y S_x/S_y \geq 0.5F_y$  para miembros fabricados de sección doble te de alma compacta y no compacta con  $S_x/S_y < 0.7$ , donde  $S_x, S_y =$  módulo elástico de la sección referido a las alas en compresión y en tracción, respectivamente, mm<sup>3</sup> (in<sup>3</sup>).  
<sup>[c]</sup>  $M_y$  es el momento en fluencia de la fibra extrema,  $M_p = F_y Z_x$ , momento en flexión plástico, N-mm (kip-in), donde  $Z_x =$  módulo plástico de la sección tomado sobre el eje x, mm<sup>3</sup> (in<sup>3</sup>).  
 $E =$  módulo elástico del acero = (200000 MPa (29000 ksi)      ENA = eje neutro elástico  
 $F_y =$  tensión mínima de fluencia especificada, MPa (ksi)      PNA = eje neutro plástico

Tabla 29. Razones ancho – espesor elementos en compresión de miembros en flexión.  
Fuente: Especificación para construcción de acero. ANSI/AISC 360-16

Para las juntas de los elementos, se los realiza mediante juntas empernadas (se calcula mediante el cortante), juntas soldadas (se define mediante la tenacidad mediante un material de aporte) además se tienen placas de continuidad y rigidizadores, en relación a los empalmes de las columnas la resistencia será la misma que requiere la columna y las bases se calculan con la resistencia axial, cortante y flexión.

A continuación, se detalla el proceso constructivo del sistema:

- Plataforma: conformación de la plataforma mediante la nivelación y compactación del área de implantación del proyecto.
- Replanteo y nivelación: implantación del proyecto en el terreno mediante la ubicación de ejes y niveles.
- Cimentación de la estructura: para este tipo de estructuras puede aplicar cualquier tipo de cimiento (plinto asilado, vigas de cimentación, losas de cimentación o pilotes).
- Contrapiso: se coloca el acero de refuerzo conforme se encuentre especificado en los planos e instalaciones hidrosanitarias, se encofra perimetralmente y se procede al hormigonado.
- Placas base: mediante topografía se ubican las placas base de cada columna, y de ser el caso la ubicación de pernos de anclaje.
- Columnas: se procede al izaje de las columnas para ubicarlas en las placas base mediante soldadura o empernado, este procedimiento se lo hace a lo largo del eje completando todas las columnas en el mismo eje.
- Vigas: se colocan las vigas principales sobre cada una de las columnas para formar los pórticos, lo cual estabiliza la estructura al momento del montaje, posteriormente se colocan las vigas secundarias.

- Uniones: las uniones vigas principales – columna o vigas principales – vigas secundarias, se lo realiza mediante con una soldadura de punto o en el caso de pernos ensamblando de manera provisional, para posteriormente al momento de verificar plomos y niveles se realiza la soldadura de filete especificada en los planos, en el caso de pernos el ajuste de tuercas.
- Losas de entre pisos y de cubierta.: se coloca la placa colaborante, el acero de refuerzo y conectores de anclaje, se encofra perimetralmente y finalmente se hormigona.

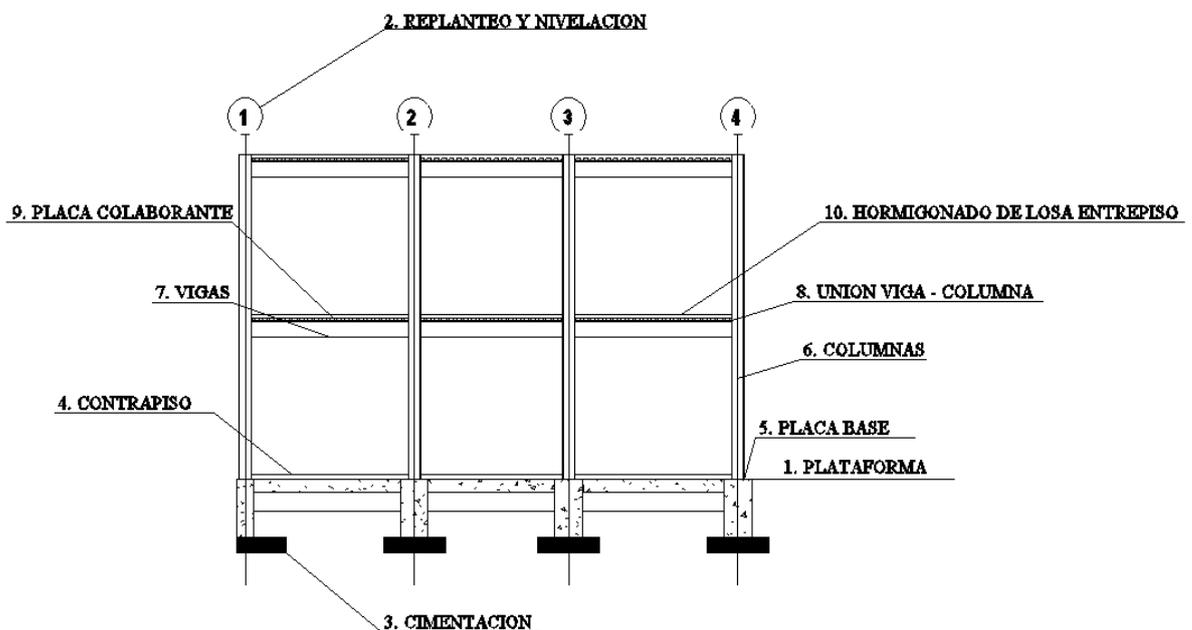


Figura 10. Proceso constructivo estructura de acero. Fuente: Propia

## 2.3 Gestión de proyectos

### 2.3.1 Análisis de precios unitarios.

El análisis de precios unitario o APUs como medida de gestión, permite planificar, controlar y administrar un proyecto, en concepción del mismo y durante el proceso de construcción. El análisis se realiza a de cada una de las actividades que son necesarias para la construcción de un proyecto, las cuales están en base a los diseños arquitectónicos, estructurales, especificaciones técnicas y condiciones particulares que

puedan existir, dando como resultado el costo unitario de cada una de las actividades o rubros en relación a una unidad de medida.

Está dividido en cuatro partes que son: equipos (que incluye maquinaria, herramientas y equipos menores), mano de obra, materiales y transporte; la sumatoria de estos, determina el costo directo que representa el hacer una actividad o rubro en relación a la unidad de medida establecida.

Los costos o tarifas contemplados en los APU son los que se encuentran determinados por el mercado, como también por entes de control nacional, principalmente en relación a la mano de obra donde se basa en los salarios mínimos establecidos por la ley, en función de la estructura ocupacional que corresponde.

Para determinar los rendimientos, se divide el tiempo para la unidad, es decir el tiempo que se demora en realizar una unidad de medida, estos se encuentran relacionados a los equipos y mano de obra, ya que estos dos componentes dependen de la efectividad en que se complete una unidad de medida en el tiempo.

La mano de obra en relación a la cantidad y tipo, se determina en función de la actividad, estableciendo cuadrillas tipo, operadores de equipos contemplados y la supervisión de ser el caso. A continuación, se describe la conformación de cada uno de los componentes de los APU:

- Equipos: descripción, cantidad, tarifa, costo hora (cantidad por tarifa), rendimiento y costo (rendimiento por costo hora).
- Mano de obra: descripción, cantidad, jornal/hora, costo hora (cantidad por tarifa), rendimiento y costo (rendimiento por costo hora).
- Materiales: descripción, unidad, cantidad, precio unitario y costo (cantidad por precio unitario).

- Transporte: descripción, unidad, distancia, cantidad, tarifa y costo (cantidad por tarifa).

Adicionalmente, se considera el costo indirecto y la utilidad esperada que representa hacer cada una de las actividades, este valor se lo representa en un porcentaje al costo indirecto y será el mismo cada unas de las actividades o rubros del presupuesto. Para calcular este porcentaje se debe contemplar la utilidad esperada, más otros costos que permiten la ejecución de un proyecto, entre estos tenemos los generados por pólizas, personal técnico no contemplado en el APU, personal administrativo, medidas de prevención de seguridad y salud ocupacional, mitigación ambiental, alimentación, transporte, impuestos, arriendos e imprevistos. Finalmente, para la concepción del presupuesto, se multiplica las cantidades de obra por los precios unitarios los cuales deben estar en la misma unidad de medida, se suman todos y da como resultado el costo general del proyecto.

Durante el proceso de construcción, la información generada en los APUs, sirven para gestionar y controlar los costos de adquisición de materiales y equipos, contratación de personal y ejecución de volúmenes de obra, que permitan alcanzar el rendimiento económico esperado en el proyecto.

| TABLA DE RUBROS Y CANTIDADES |       |        |              |                     |                      |
|------------------------------|-------|--------|--------------|---------------------|----------------------|
| Proyecto:                    |       |        |              |                     |                      |
| No.                          | RUBRO | UNIDAD | CANTIDAD (a) | PRECIO UNITARIO (b) | PRECIO TOTAL (c=a*b) |
|                              |       |        |              |                     |                      |
|                              |       |        |              |                     |                      |
|                              |       |        |              |                     |                      |
|                              |       |        |              |                     |                      |
|                              |       |        |              |                     |                      |
|                              |       |        |              |                     |                      |
|                              |       |        |              |                     |                      |
|                              |       |        |              |                     |                      |
| TOTAL USD:                   |       |        |              |                     |                      |

Tabla 30. Modelo de Tabla de Cantidades y Precios. Fuente: Elaboración propia

| <b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b> |              |                |                                |                 |               |
|--------------------------------------|--------------|----------------|--------------------------------|-----------------|---------------|
| OFERENTE:                            |              |                |                                |                 |               |
| PROYECTO:                            |              |                |                                |                 |               |
| FECHA:                               |              |                |                                |                 |               |
| RUBRO                                |              | HOJA           |                                | DE              |               |
| DETALLE                              |              |                | UNIDAD:                        |                 |               |
| EQUIPOS                              |              |                |                                |                 |               |
| DESCRIPCIÓN                          | CANTIDAD (a) | TARIFA (b)     | COSTO HORA (c=a*b)             | RENDIMIENTO (d) | COSTO (e=d*c) |
|                                      |              |                |                                |                 |               |
| SUBTOTAL (M)                         |              |                |                                |                 |               |
| MANO DE OBRA                         |              |                |                                |                 |               |
| DESCRIPCIÓN                          | CANTIDAD (a) | JORNAL /HR (b) | COSTO HORA (c=a*b)             | RENDIMIENTO (d) | COSTO (e=d*c) |
|                                      |              |                |                                |                 |               |
| SUBTOTAL (N)                         |              |                |                                |                 |               |
| MATERIALES                           |              |                |                                |                 |               |
| DESCRIPCIÓN                          | UNIDAD       | CANTIDAD (a)   | P. UNITARIO (b)                | COSTO (c=a*b)   |               |
|                                      |              |                |                                |                 |               |
| SUBTOTAL (O)                         |              |                |                                |                 |               |
| TRANSPORTE                           |              |                |                                |                 |               |
| DESCRIPCIÓN                          | UNIDAD       | CANTIDAD (a)   | TARIFA (b)                     | COSTO (c=a*b)   |               |
|                                      |              |                |                                |                 |               |
| SUBTOTAL (P)                         |              |                |                                |                 |               |
|                                      |              |                | TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)  |                 |               |
|                                      |              |                | INDIRECTOS Y UTILIDADES: %     |                 |               |
|                                      |              |                | OTROS INDIRECTOS:              |                 |               |
|                                      |              |                | COSTO TOTAL DEL RUBRO SIN IVA: |                 |               |

Tabla 31. Modelo de Análisis de Precios Unitarios. Fuente: Elaboración propia

### 2.3.2 Ruta crítica

La gestión de proyectos a través del método de la ruta crítica mediante el diagrama de Gantt, comprende en establecer una serie de actividades en secuencia desde el inicio hasta la finalización del mismo, generando la secuencia más larga de una o varias actividades en función del tiempo, por lo tanto, la ruta crítica identifica actividades importantes y sus dependientes y las separa de actividades individuales, lo cual permite gestionar y priorizar aquellas actividades que pueden generar el retraso en la entrega de un proyecto. A continuación, se detalla el proceso para establecer la ruta crítica de un proyecto:

- Determinar todos los rubros o actividades de un proyecto.
- A cada una de las actividades, establecer el tiempo de ejecución o duración
- Determinar la dependencia entre actividades, puesto que unas son secuenciales y otras pueden ser ejecutadas de manera simultánea.
- Con base a lo anterior, el resultado es un diagrama de flujo.

Entre los beneficios de la utilización de este método se tiene:

- Establece la duración de un proyecto.
- Permite planificar las actividades y la asignación de recursos para la ejecución del proyecto, mediante una curva de inversión.
- Identifica holguras en el cronograma, permitiendo entender que actividades tienen flexibilidad y no generan impacto en la entrega de un proyecto.
- Identifica rápidamente las actividades que no se están ejecutando y amenazan en la entrega del proyecto, para lo cual, permite establecer un plan de mejora para cumplir con los objetivos.

- Permite mantener el control del proyecto y mejora la eficiencia del mismo.

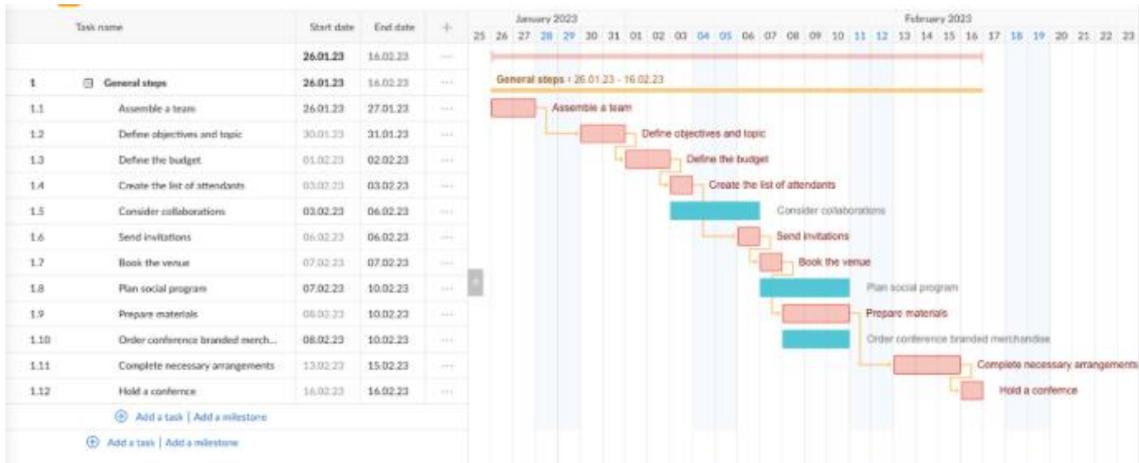


Tabla 32. Ejemplo de diagrama de Grant y Ruta Crítica. Fuente: <https://help.ganttpro.com/hc/es/articles/5593265704849-Ruta-cr%C3%ADtica>

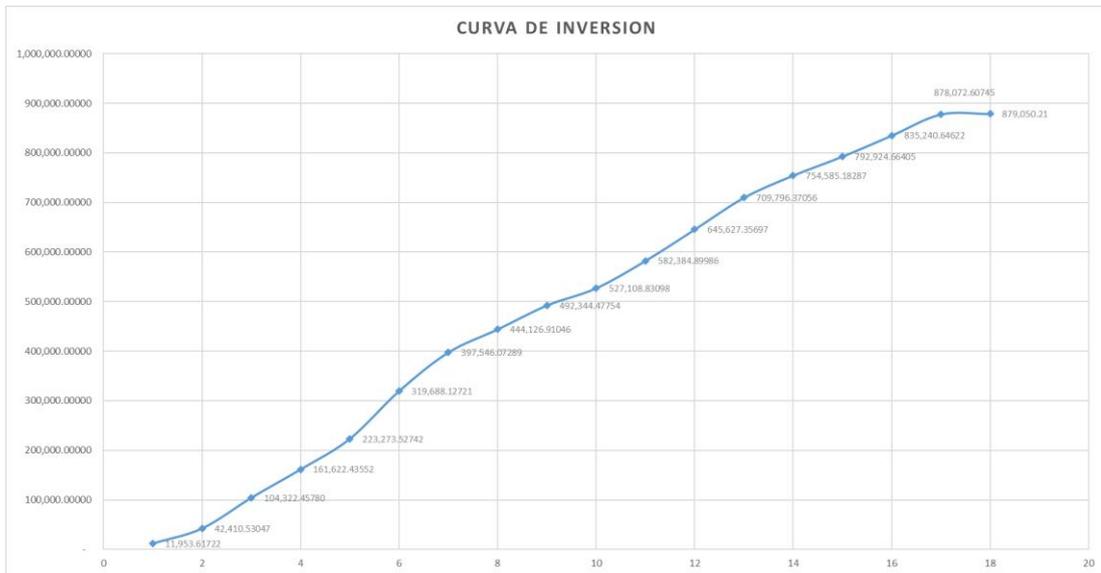


Tabla 33. Ejemplo de Curva de Inversión. Fuente: Elaboración propia

### Capítulo 3: Análisis

Para el análisis, se cuenta con el proyecto arquitectónico (Anexo No.1), estudio de suelos (Anexo No.2) y planos estructurales de los sistemas constructivos, información necesaria para la comprobación estructural, cálculo de cantidades de obra, análisis económico y cronograma.

#### 3.1 Comprobación de diseño

Se realiza la comprobación estructural de las dos opciones, mediante el uso de los softwares ETABS para la parte estructural; y software SAFE para la cimentación, verificando que cumpla con los requerimientos técnicos normativos que garantice estabilidad y resistencia frente a las solicitaciones y las cargas sísmicas.

##### 3.1.1 Mampostería estructural

La configuración estructural se encuentra conformada por muros portantes (bloque de hormigón) armados (refuerzos verticales y horizontales) y losas macizas para contrapiso, entrepiso y cubierta.

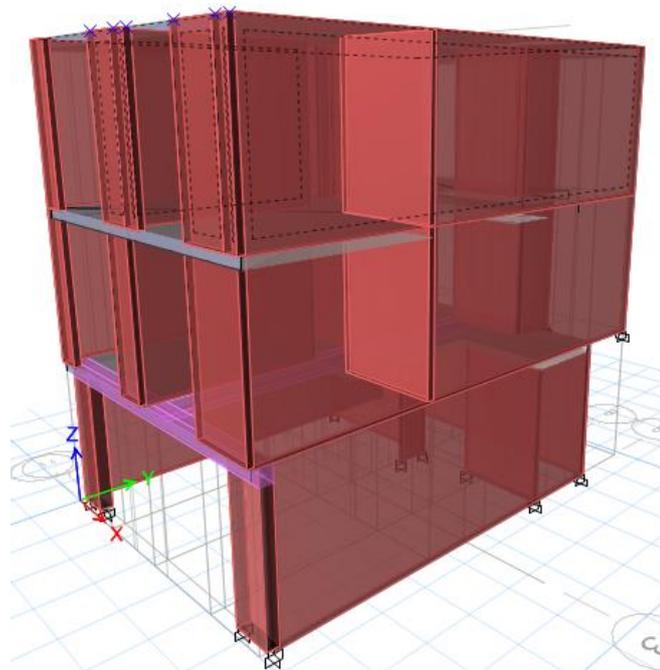


Figura 11. Diseño 3D con mampostería estructural. Fuente: Elaboración propia

### 3.1.1.1 Comprobación de mampostería estructural - diseño base

Se realiza la modelación de la estructura en mampostería estructural conforme un diseño base previamente obtenido, con el fin de comprobar los parámetros de diseño

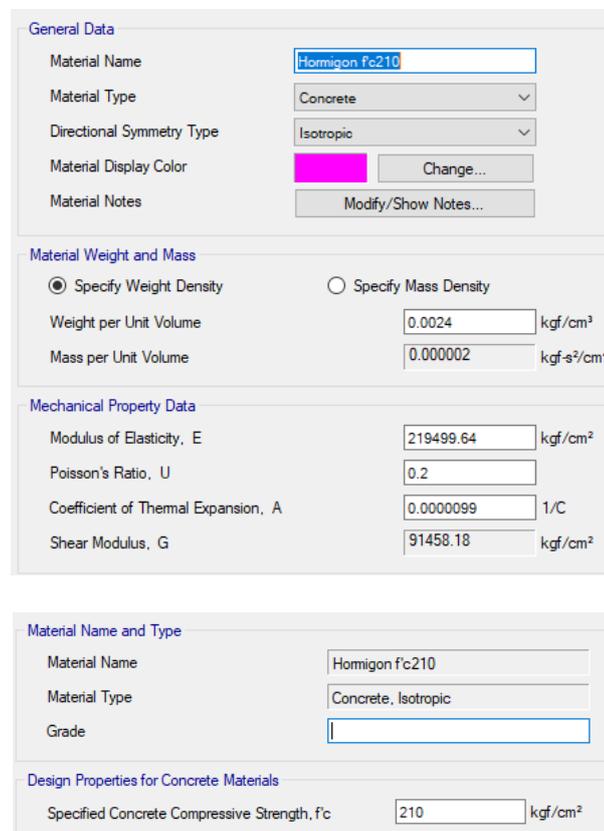
#### 3.1.1.1.1 Materiales de muros y losas

- Hormigón:

Peso específico = 0.0024 kg/cm<sup>3</sup>

Resistencia a los 28 días = 210 kg/cm<sup>2</sup>

Módulo de elasticidad = 219499.64 kg/cm<sup>2</sup>



| General Data  |  |
|---|--|
| Material Name   | Hormigon f'c210                              |
| Material Type   | Concrete                                     |
| Directional Symmetry Type                               | Isotropic                                    |
| Material Display Color                                  | [Color Selection] Change...                  |
| Material Notes  | Modify/Show Notes...                         |
| Material Weight and Mass                                |  |
| <input checked="" type="radio"/> Specify Weight Density | <input type="radio"/> Specify Mass Density   |
| Weight per Unit Volume                                  | 0.0024 kgf/cm <sup>3</sup>                   |
| Mass per Unit Volume                                    | 0.000002 kgf-s <sup>2</sup> /cm <sup>4</sup> |
| Mechanical Property Data                                |  |
| Modulus of Elasticity, E                                | 219499.64 kgf/cm <sup>2</sup>                |
| Poisson's Ratio, U                                      | 0.2  |
| Coefficient of Thermal Expansion, A                     | 0.0000099 1/C                                |
| Shear Modulus, G  | 91458.18 kgf/cm <sup>2</sup>                 |
| Material Name and Type                                  |  |
| Material Name   | Hormigon f'c210                              |
| Material Type   | Concrete, Isotropic                          |
| Grade   |  |
| Design Properties for Concrete Materials                |  |
| Specified Concrete Compressive Strength, f'c            | 210 kgf/cm <sup>2</sup>                      |

Tabla 34. Hormigón losas – mampostería estructural – ETABS. Fuente: Elaboración propia

- Mampostería estructural

Peso específico= 0.0022 kg/cm<sup>3</sup>

Resistencia = 10 Mpa

Módulo de elasticidad = 90000 kg/cm<sup>2</sup>

**General Data**

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

---

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density       Specify Mass Density

Weight per Unit Volume:  kgf/cm<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume:  kgf-s<sup>2</sup>/cm<sup>4</sup>

---

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E:  kgf/cm<sup>2</sup>

Poisson's Ratio, U:

Coefficient of Thermal Expansion, A:  1/C

Shear Modulus, G:  kgf/cm<sup>2</sup>

---

**Material Name and Type**

Material Name:

Material Type:

Grade:

---

**Design Properties for Concrete Materials**

Specified Compressive Strength, f'm:  kgf/cm<sup>2</sup>

Tabla 35. Bloque estructural – mampostería estructural – ETABS. Fuente: Elaboración propia

- Acero de refuerzo

Peso específico= 0.00785 kg/cm<sup>3</sup>

Límite de fluencia Fy= 4200 kg/cm<sup>2</sup>

Módulo de elasticidad, Es= 2100000 kg/cm<sup>2</sup>

**General Data**

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

---

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density       Specify Mass Density

Weight per Unit Volume:  kgf/cm<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume:  kgf-s<sup>2</sup>/cm<sup>4</sup>

---

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E:  kgf/cm<sup>2</sup>

Coefficient of Thermal Expansion, A:  1/C

| Material Name and Type |                   |
|------------------------|-------------------|
| Material Name          | ACERO DE REFUERZO |
| Material Type          | Rebar, Uniaxial   |
| Grade                  |                   |

| Design Properties for Rebar Materials |                             |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| Minimum Yield Strength, Fy            | 4200 kgf/cm <sup>2</sup>    |
| Minimum Tensile Strength, Fu          | 6300 kgf/cm <sup>2</sup>    |
| Expected Yield Strength, Fye          | 4640.26 kgf/cm <sup>2</sup> |
| Expected Tensile Strength, Fue        | 6960.39 kgf/cm <sup>2</sup> |

Tabla 36. Acero de refuerzo muros y losas – ETABS. Fuente: Elaboración propia

- Malla electrosoldada

Peso específico= 0.00785 kg/cm<sup>3</sup>

Límite de fluencia Fy= 5000 kg/cm<sup>2</sup>

Módulo de elasticidad, Es= 2038901 kg/cm<sup>2</sup>

| General Data              |   |
|---------------------------|---|
| Material Name             | MALLA ELECTROSOLDADA  |
| Material Type             | Rebar   |
| Directional Symmetry Type | Uniaxial  |
| Material Display Color    | <span style="background-color: blue; color: blue;"> </span> Change... |
| Material Notes            | Modify/Show Notes...  |

| Material Weight and Mass                                |  |
|---|--|
| <input checked="" type="radio"/> Specify Weight Density | <input type="radio"/> Specify Mass Density   |
| Weight per Unit Volume                                  | 0.00785 kgf/cm <sup>3</sup>                  |
| Mass per Unit Volume                                    | 0.000008 kgf-s <sup>2</sup> /cm <sup>4</sup> |

| Mechanical Property Data            |                                |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| Modulus of Elasticity, E            | 2038901.92 kgf/cm <sup>2</sup> |
| Coefficient of Thermal Expansion, A | 0.0000117 1/C                  |

| Material Name and Type |                      |
|------------------------|----------------------|
| Material Name          | MALLA ELECTROSOLDADA |
| Material Type          | Rebar, Uniaxial      |
| Grade                  |                      |

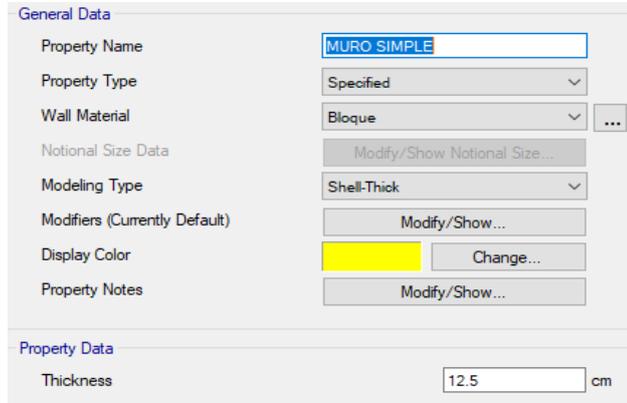
  

| Design Properties for Rebar Materials |                             |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| Minimum Yield Strength, Fy            | 5000 kgf/cm <sup>2</sup>    |
| Minimum Tensile Strength, Fu          | 7030.7 kgf/cm <sup>2</sup>  |
| Expected Yield Strength, Fye          | 5800.32 kgf/cm <sup>2</sup> |
| Expected Tensile Strength, Fue        | 7733.77 kgf/cm <sup>2</sup> |

Tabla 37. Malla electrosoldada – mampostería estructural – ETABS. Fuente: Elaboración propia

### 3.1.1.1.2 Secciones

- Muro de Bloque



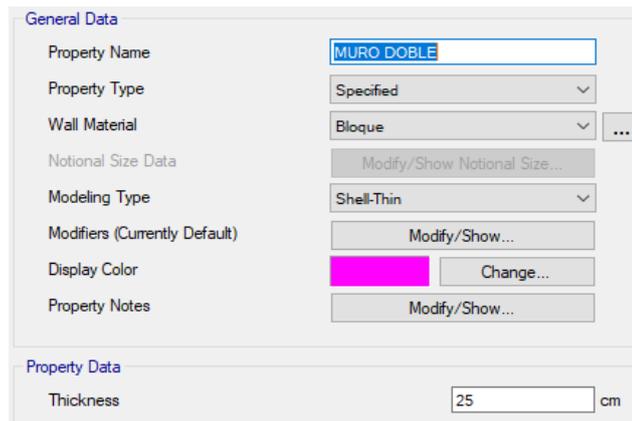
**General Data**

|                               |                              |
|-------------------------------|------------------------------|
| Property Name                 | MURO SIMPLE                  |
| Property Type                 | Specified                    |
| Wall Material                 | Bloque                       |
| Notional Size Data            | Modify/Show Notional Size... |
| Modeling Type                 | Shell-Thick                  |
| Modifiers (Currently Default) | Modify/Show...               |
| Display Color                 | Change...                    |
| Property Notes                | Modify/Show...               |

**Property Data**

|           |         |
|-----------|---------|
| Thickness | 12.5 cm |
|-----------|---------|

Tabla 38. Muro de bloque simple 12.5cm– mampostería estructural – ETABS. Fuente: Elaboración propia



**General Data**

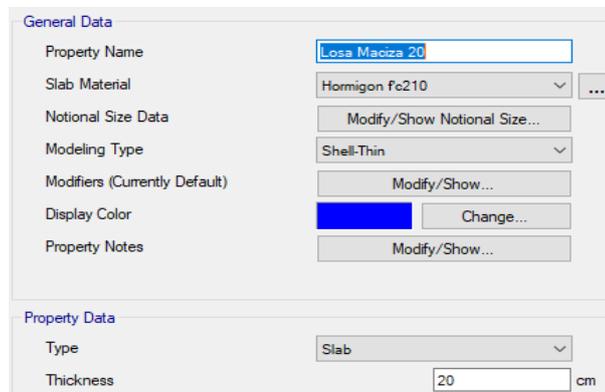
|                               |                              |
|-------------------------------|------------------------------|
| Property Name                 | MURO DOBLE                   |
| Property Type                 | Specified                    |
| Wall Material                 | Bloque                       |
| Notional Size Data            | Modify/Show Notional Size... |
| Modeling Type                 | Shell-Thin                   |
| Modifiers (Currently Default) | Modify/Show...               |
| Display Color                 | Change...                    |
| Property Notes                | Modify/Show...               |

**Property Data**

|           |       |
|-----------|-------|
| Thickness | 25 cm |
|-----------|-------|

Tabla 39. Muro de bloque doble 25cm– mampostería estructural – ETABS. Fuente: Elaboración propia

- Losa maciza



**General Data**

|                               |                              |
|-------------------------------|------------------------------|
| Property Name                 | Losa Maciza 20               |
| Slab Material                 | Hormigon Fc210               |
| Notional Size Data            | Modify/Show Notional Size... |
| Modeling Type                 | Shell-Thin                   |
| Modifiers (Currently Default) | Modify/Show...               |
| Display Color                 | Change...                    |
| Property Notes                | Modify/Show...               |

**Property Data**

|           |       |
|-----------|-------|
| Type      | Slab  |
| Thickness | 20 cm |

Tabla 40. Losa maciza 20cm – mampostería estructural – ETABS. Fuente: Elaboración propia

- Vigas

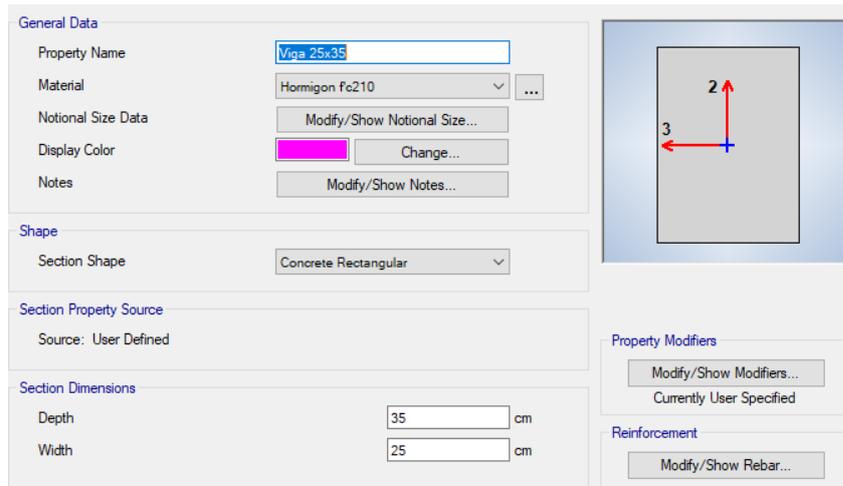


Tabla 41. Viga 35x25cm – mampostería estructural – ETABS. Fuente: Elaboración propia

### 3.1.1.1.3 Cargas

| Load Cases                |                   |
|---------------------------|-------------------|
| Load Case Name            | Load Case Type    |
| Modal                     | Modal - Eigen     |
| Dead                      | Linear Static     |
| Live                      | Linear Static     |
| Sobrecarga no estructural | Linear Static     |
| Carga Viva Cubierta       | Linear Static     |
| Sismo X                   | Linear Static     |
| Sismo Y                   | Linear Static     |
| Dx                        | Response Spectrum |
| Dy                        | Response Spectrum |

Tabla 42. Estados de carga – mampostería estructural - ETABS. Fuente: Elaboración propia

- Dead (Carga muerta) = Peso propio de la estructura
- Live (Carga Viva de entrepiso)
- Carga Viva de Cubierta
- Sobrecarga no estructural = Peso de mampostería y acabados
- Sismo X = Sismo en dirección X
- Sismo Y = Sismo en dirección Y
- DX = Sismo de espectro X
- DY = Sismo de espectro Y

| Story  | Label | Unique Name | Load Pattern              | Direction | Load kgf/m <sup>2</sup> |
|--------|-------|-------------|---------------------------|-----------|-------------------------|
| Story1 | F8    | 54          | Carga Viva Entrepiso      | Gravity   | 200                     |
| Story1 | F8    | 54          | Sobrecarga no estructural | Gravity   | 100                     |
| Story2 | F4    | 78          | Carga Viva Entrepiso      | Gravity   | 200                     |
| Story2 | F4    | 78          | Sobrecarga no estructural | Gravity   | 100                     |
| Story3 | F7    | 148         | Sobrecarga no estructural | Gravity   | 100                     |
| Story3 | F7    | 148         | Carga Viva Cubierta       | Gravity   | 100                     |

Tabla 43. Cargas adicionales – mampostería estructural – ETABS. Fuente: Elaboración propia

Losas Accesibles e inaccesibles: 100 kg/m<sup>2</sup> Carga muerta (recubrimientos)

Losas Accesibles: 200 kg/m<sup>2</sup> Carga Viva

Cubiertas inaccesibles: 100 kg/m<sup>2</sup> Carga Viva

#### 3.2.1.1.4 Carga sísmica

| <b>Ubicación</b>                    | NAYON   | <b>N de pisos</b>          | 3   |      |   |              |      |     |     |    |   |    |          |      |      |     |      |     |
|-------------------------------------|---|----------------------------|---|------|---|--------------|------|-----|-----|----|---|----|----------|------|------|-----|------|-----|
| <b>Factor Z</b>                     | 0.4   |                            | <b>Altura PB</b>  | 3.06 | m |              |      |     |     |    |   |    |          |      |      |     |      |     |
| <b>Tipo de uso de la estructura</b> | Otras estructuras   | <b>Altura de entrepiso</b> |   | 3.06 | m |              |      |     |     |    |   |    |          |      |      |     |      |     |
| <b>Factor I</b>                     | 1   |                            | <table border="1"> <thead> <tr> <th>ZONA SISMICA</th> <th>I</th> <th>II</th> <th>III</th> <th>IV</th> <th>V</th> <th>VI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>FACTOR Z</td> <td>0.15</td> <td>0.25</td> <td>0.3</td> <td>0.35</td> <td>0.4</td> <td>0.5</td> </tr> </tbody> </table> |      |   | ZONA SISMICA | I    | II  | III | IV | V | VI | FACTOR Z | 0.15 | 0.25 | 0.3 | 0.35 | 0.4 |
| ZONA SISMICA                        | I   | II                         |   |      |   | III          | IV   | V   | VI  |    |   |    |          |      |      |     |      |     |
| FACTOR Z                            | 0.15  | 0.25                       |   |      |   | 0.3          | 0.35 | 0.4 | 0.5 |    |   |    |          |      |      |     |      |     |
| <b>Tipo de suelo</b>                | D   |                            |   |      |   |              |      |     |     |    |   |    |          |      |      |     |      |     |
| <b>Zona sísmica.</b>                | V   |                            |   |      |   |              |      |     |     |    |   |    |          |      |      |     |      |     |
| <b>Configuración Estructural</b>    | Pórticos especiales de hormigón armado Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural |                            |   |      |   |              |      |     |     |    |   |    |          |      |      |     |      |     |
| <b>C<sub>t</sub>=</b>               | 0.055   |                            |   |      |   |              |      |     |     |    |   |    |          |      |      |     |      |     |
| <b>α=</b>                           | 0.75  |                            |   |      |   |              |      |     |     |    |   |    |          |      |      |     |      |     |
| <b>Hmax estructura</b>              | 9.18  | m                          |   |      |   |              |      |     |     |    |   |    |          |      |      |     |      |     |

Tabla 44. Valores para cálculo de carga sísmica -mampostería estructural. Fuente: NEC-SE-DS

- **Periodo Fundamental de vibración**

$$T = C_t h_n^\alpha$$

Ecuación 1 – Período fundamental de vibración. Fuente: NEC-SE-DS

|                           |                   |            |     |
|---------------------------|-------------------|------------|-----|
| Calculado NEC-15          | <b>T=</b>         | 0.29006458 | seg |
| Valor ETABS               | <b>T=</b>         | 0.107      | seg |
| Relación (NEC/ETABS) <1.3 | <b>0.36888337</b> | OK         |     |

Tabla 45. Cálculo de período fundamental de vibración – mampostería estructural. Fuente: Elaboración propia

- **Cálculo de aceleración**

|            |      |
|------------|------|
| <b>Fa=</b> | 1.2  |
| <b>Fd=</b> | 1.19 |
| <b>Fs=</b> | 1.28 |

Tabla 46. Coeficientes de perfil de suelo- – mampostería estructural.

Fuente: NEC-SE-DS

$$T_o = 0,1 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

Ecuación 2 – Período fundamental de vibración inicial.  
Fuente: NEC-SE-DS

$$T_c = 0,55 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

Ecuación 3 – Período fundamental de vibración crítico.  
Fuente: NEC-SE-DS

|            |      |     |
|------------|------|-----|
| <b>To=</b> | 0.13 | seg |
| <b>Tc=</b> | 0.70 | seg |

Tabla 47. Cálculo de período fundamental de vibración inicial y crítico – mampostería estructural. Fuente: Elaboración propia

$$S_a = \eta * z * F_a$$

Ecuación 4 – Espectro de respuesta elástico de aceleración para  $0 \leq T \leq T_c$ . Fuente: NEC-SE-DS

$$S_a = \eta * z * F_a \left(\frac{T_c}{T}\right)^r$$

Ecuación 5 – Espectro de respuesta elástico de aceleración para  $T \geq T_c$ . Fuente: NEC-SE-DS

| Razón entre Sa y el PGA | Provincias de la Sierra |
|-------------------------|-------------------------|
| <b>n=</b>               | 2.48                    |
| <b>r=</b>               | 1                       |
| <b>Sa=</b>              | 1.190                   |

Tabla 48. Espectro de respuesta elástico de aceleración – mampostería estructural. Fuente: NEC-SE-DS

- **Factor de reducción de resistencia sísmica. (Fuente: NEC-SE-DS)**

Muros estructurales portantes Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos.

|           |   |
|-----------|---|
| <b>R=</b> | 3 |
|-----------|---|

- **Configuración de elevación . (Fuente: NEC-SE-DS)**

La altura de entrepiso y la configuración vertical de sistemas aporticados, es constante en todos los niveles

|            |   |
|------------|---|
| <b>fE=</b> | 1 |
|------------|---|

- **Configuración de planta . (Fuente: NEC-SE-DS)**

Irregularidad torsional.

|            |     |
|------------|-----|
| <b>fP=</b> | 0.9 |
|------------|-----|

- **Cortante Basal**

$$V = \frac{I S_a}{R \phi_P \phi_E}$$

Ecuación 6 – Cortante basal de diseño.  
Fuente: NEC-SE-DS

|           |             |     |
|-----------|-------------|-----|
| <b>W=</b> | 1           | Ton |
| <b>V=</b> | 0.440888889 |     |

Tabla 49. Cálculo de cortante – mampostería estructural.  
Fuente: Elaboración propia

- Distribución vertical de fuerzas sísmicas laterales**

| Valores de T (s)   | k               |
|--------------------|-----------------|
| $\leq 0.5$         | 1               |
| $0.5 < T \leq 2.5$ | $0.75 + 0.50 T$ |
| $> 2.5$            | 2               |

Tabla 50. Coeficiente relacionado con el período de vibración de la estructura T – mampostería estructural. Fuente: NEC-SE-DS

| T               | K     |
|-----------------|-------|
| $T < 0,5$       | 1     |
| $0,5 < T < 2,5$ | 0.895 |
| $T > 2,5$       | 2     |

**K=** 1.0000

Tabla 51. Cálculo de coeficiente K – mampostería estructural.  
Fuente: Elaboración propia

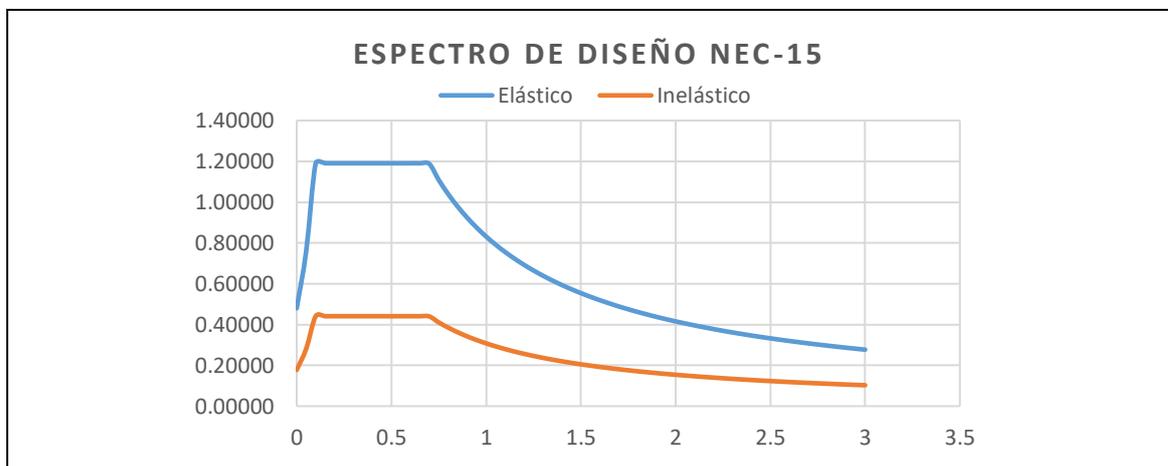


Figura 12. Espectro sísmico elástico e inelástico - mampostería estructural. Fuente: Elaboración propia

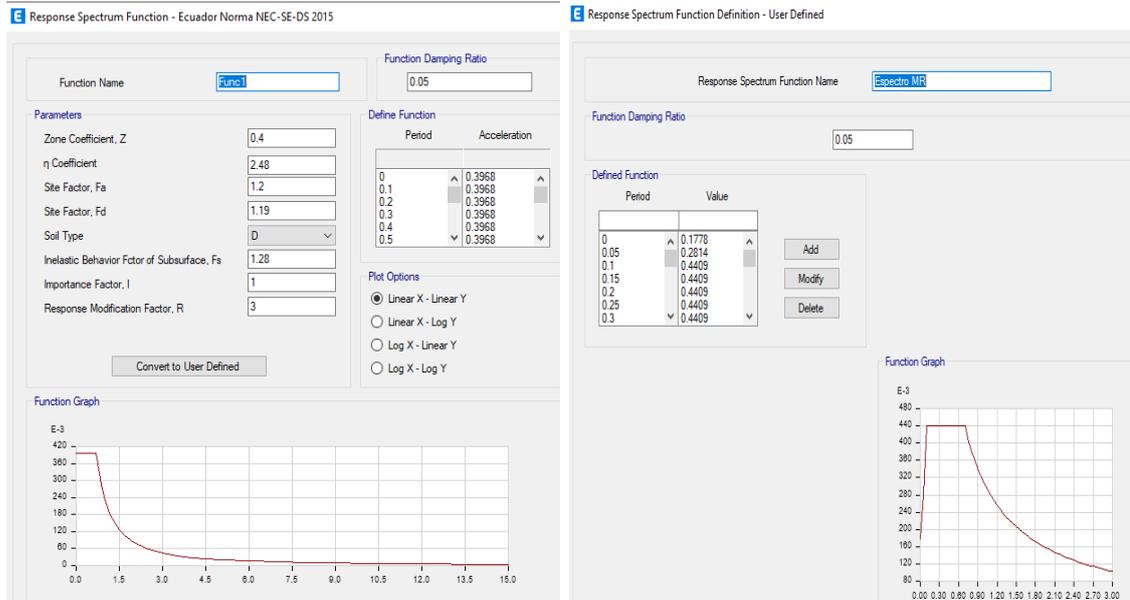


Tabla 52. Espectro de respuesta sísmico- mampostería estructural – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia

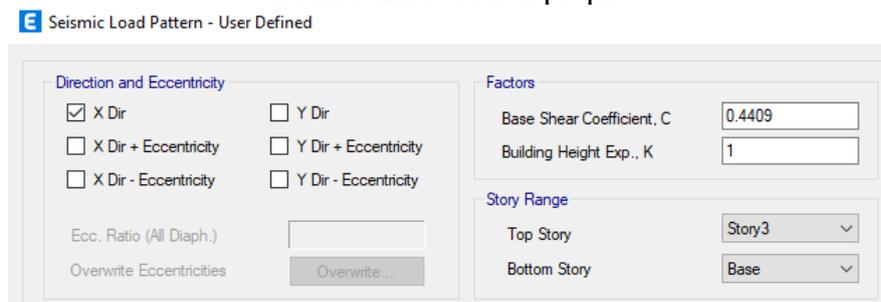


Tabla 53. Espectro de respuesta sísmico en el eje X – mampostería estructural – ETABS. Fuente: Elaboración propia



Tabla 54. Espectro de respuesta sísmico en el eje Y - mampostería estructural – ETABS. Fuente: Elaboración propia

### 3.1.1.1.5 Combinaciones de carga

| Name     | Type       | Is Auto | Load Name       | SF  |
|----------|------------|---------|-----------------|-----|
| Comb1    | Linear Add | No      | Carga Muerta    | 1.4 |
| Comb1    |            |         | Sobrecarga      | 1.4 |
| Comb2    | Linear Add | No      | Carga Muerta    | 1.2 |
| Comb2    |            |         | Sobrecarga      | 1.2 |
| Comb2    |            |         | Carga Viva d... | 1.6 |
| Comb2    |            |         | Carga Viva C... | 0.5 |
| Comb3    | Linear Add | No      | Carga Muerta    | 1.2 |
| Comb3    |            |         | Sobrecarga      | 1.2 |
| Comb3    |            |         | Carga Viva C... | 1.6 |
| Comb3    |            |         | Carga Viva d... | 1   |
| Comb4    | Linear Add | No      | Carga Muerta    | 1.2 |
| Comb4    |            |         | Sobrecarga      | 1.2 |
| Comb4    |            |         | Carga Viva d... | 1   |
| Comb4    |            |         | Carga Viva C... | 0.5 |
| Comb5DX  | Linear Add | No      | Carga Muerta    | 1.2 |
| Comb5DX  |            |         | Sobrecarga      | 1.2 |
| Comb5DX  |            |         | Dx              | 1   |
| Comb5DX  |            |         | Carga Viva d... | 1   |
| Comb5DX- | Linear Add | No      | Carga Muerta    | 1.2 |
| Comb5DX- |            |         | Sobrecarga      | 1.2 |
| Comb5DX- |            |         | Dx              | -1  |
| Comb5DX- |            |         | Carga Viva d... | 1   |

|          |            |    |                 |     |
|----------|------------|----|-----------------|-----|
| Comb5DY  | Linear Add | No | Carga Muerta    | 1.2 |
| Comb5DY  |            |    | Sobrecarga      | 1.2 |
| Comb5DY  |            |    | Dy              | 1   |
| Comb5DY  |            |    | Carga Viva d... | 1   |
| Comb5DY- | Linear Add | No | Carga Muerta    | 1.2 |
| Comb5DY- |            |    | Sobrecarga      | 1.2 |
| Comb5DY- |            |    | Dy              | -1  |
| Comb5DY- |            |    | Carga Viva d... | 1   |
| Comb5SX  | Linear Add | No | Carga Muerta    | 1.2 |
| Comb5SX  |            |    | Sobrecarga      | 1.2 |
| Comb5SX  |            |    | Sismo X         | 1   |
| Comb5SX  |            |    | Carga Viva d... | 1   |
| Comb5SX- | Linear Add | No | Carga Muerta    | 1.2 |
| Comb5SX- |            |    | Sobrecarga      | 1.2 |
| Comb5SX- |            |    | Sismo X         | -1  |
| Comb5SX- |            |    | Carga Viva d... | 1   |
| Comb5SY  | Linear Add | No | Carga Muerta    | 1.2 |
| Comb5SY  |            |    | Sobrecarga      | 1.2 |
| Comb5SY  |            |    | Sismo Y         | 1   |
| Comb5SY  |            |    | Carga Viva d... | 1   |
| Comb5SY- | Linear Add | No | Carga Muerta    | 1.2 |
| Comb5SY- |            |    | Sobrecarga      | 1.2 |
| Comb5SY- |            |    | Sismo Y         | -1  |
| Comb5SY- |            |    | Carga Viva d... | 1   |

|           |            |    |              |     |
|-----------|------------|----|--------------|-----|
| Comb6     | Linear Add | No | Carga Muerta | 0.9 |
| Comb6     |            |    | Sobrecarga   | 0.9 |
| Comb7 DX  | Linear Add | No | Carga Muerta | 0.9 |
| Comb7 DX  |            |    | Sobrecarga   | 0.9 |
| Comb7 DX  |            |    | Dx           | 1   |
| Comb7 DX- | Linear Add | No | Carga Muerta | 0.9 |
| Comb7 DX- |            |    | Sobrecarga   | 0.9 |
| Comb7 DX- |            |    | Dx           | -1  |
| Comb7 DY  | Linear Add | No | Carga Muerta | 0.9 |
| Comb7 DY  |            |    | Sobrecarga   | 0.9 |
| Comb7 DY  |            |    | Dy           | 1   |
| Comb7 DY- | Linear Add | No | Carga Muerta | 0.9 |
| Comb7 DY- |            |    | Sobrecarga   | 0.9 |
| Comb7 DY- |            |    | Dy           | -1  |
| Comb7 SX  | Linear Add | No | Carga Muerta | 0.9 |
| Comb7 SX  |            |    | Sobrecarga   | 0.9 |
| Comb7 SX  |            |    | Sismo X      | 1   |
| Comb7 SX- | Linear Add | No | Carga Muerta | 0.9 |
| Comb7 SX- |            |    | Sobrecarga   | 0.9 |
| Comb7 SX- |            |    | Sismo X      | -1  |
| Comb7 SY  | Linear Add | No | Carga Muerta | 0.9 |
| Comb7 SY  |            |    | Sobrecarga   | 0.9 |
| Comb7 SY  |            |    | Sismo Y      | 1   |
| Comb7 SY- | Linear Add | No | Carga Muerta | 0.9 |
| Comb7 SY- |            |    | Sobrecarga   | 0.9 |
| Comb7 SY- |            |    | Sismo Y      | -1  |

Tabla 55. Combinaciones de carga – mampostería estructural – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia

### 3.1.1.1.6 Derivas de piso

Para comprobación se toma en cuenta la Tabla 5. Valores máximos de derivas de piso.

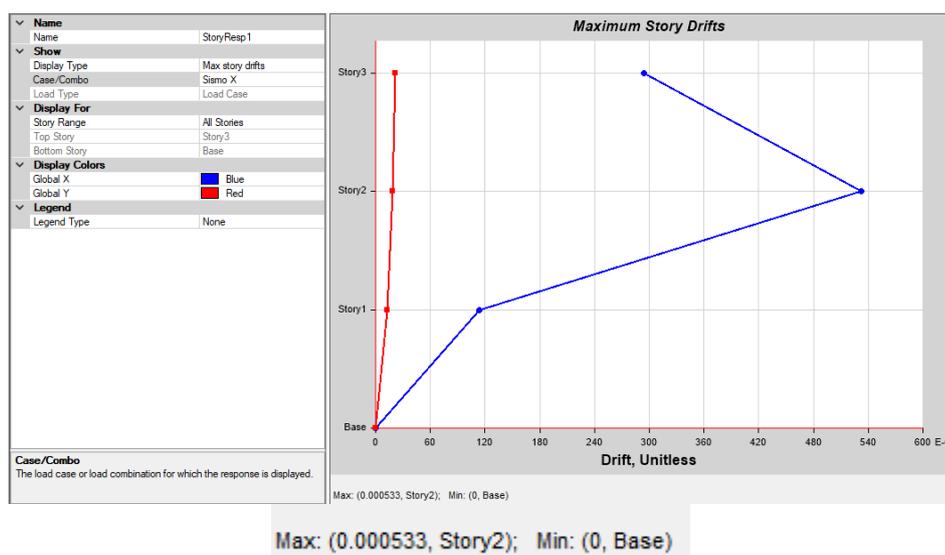


Tabla 56. Deriva elástica en X – mampostería estructural – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia

- Deriva elástica en X = 0.000533

- Deriva inelástica en X:

$$D_{I1} = \text{Deriva elástica } S_x \times R \times 0,75$$

Ecuación 7 – Deriva inelástica.  
Fuente: NEC-SE-DS

$$D_{I1} = 0,000533 \times 3 \times 0,75$$

$$D_{I1} = 0.001199 < 0.01$$

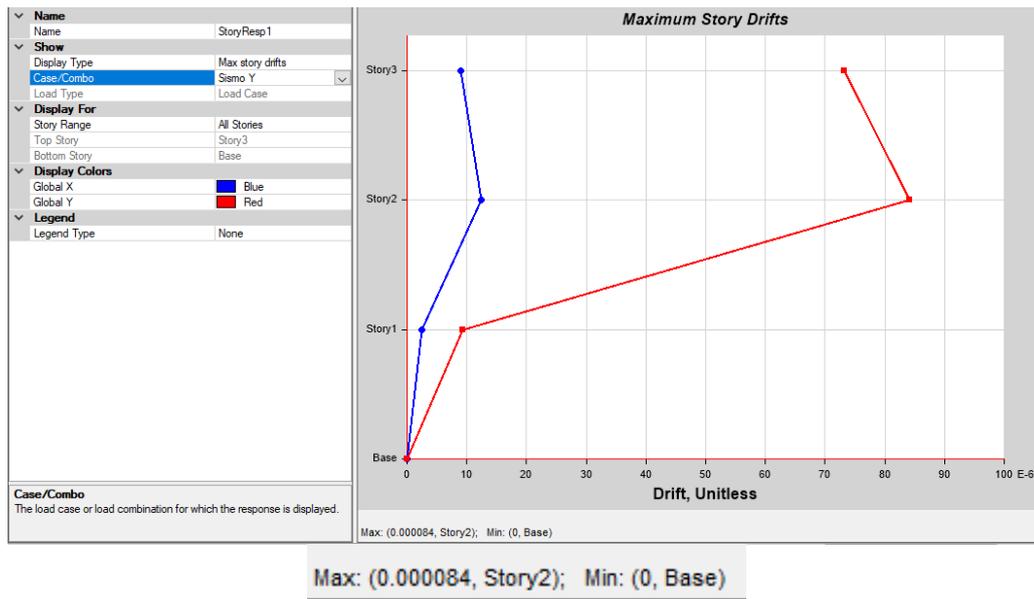


Tabla 57. Deriva elástica en Y– mampostería estructural – ETABS.

Fuente: Elaboración propia

- Deriva elástica en Y = 0.000084

- Deriva inelástica en Y:

$$D_{I1} = 0,000084 \times 3 \times 0,75$$

Ecuación 7 – Deriva inelástica.  
Fuente: NEC-SE-DS

$$D_{I1} = 0.00019 < 0.01$$

### 3.1.1.1.7 Modos de vibración

Se calcula los modos y períodos de vibración de la estructura, donde las masas modales son más del 90% de la masa participativa modal del sismo en la dirección horizontal.

| Case  | Mode | Period<br>sec | UX       | UY        | UZ | SumUX  | SumUY  |
|-------|------|---------------|----------|-----------|----|--------|--------|
| Modal | 1    | 0.107         | 0.7359   | 0.0005    | 0  | 0.7359 | 0.0005 |
| Modal | 2    | 0.072         | 0.0047   | 0.0001    | 0  | 0.7406 | 0.0006 |
| Modal | 3    | 0.056         | 0.0056   | 0.007     | 0  | 0.7463 | 0.0076 |
| Modal | 4    | 0.051         | 0.0015   | 0.6419    | 0  | 0.7478 | 0.6495 |
| Modal | 5    | 0.034         | 0.1701   | 0.0006    | 0  | 0.9179 | 0.6501 |
| Modal | 6    | 0.021         | 0.0389   | 0.0018    | 0  | 0.9568 | 0.6519 |
| Modal | 7    | 0.02          | 0.0327   | 0.0014    | 0  | 0.9894 | 0.6532 |
| Modal | 8    | 0.017         | 0        | 0.1086    | 0  | 0.9894 | 0.7619 |
| Modal | 9    | 0.012         | 0.01     | 0.0306    | 0  | 0.9994 | 0.7924 |
| Modal | 10   | 0.009         | 0.0006   | 0.2075    | 0  | 1      | 0.9999 |
| Modal | 11   | 0.007         | 0        | 7.942E-06 | 0  | 1      | 0.9999 |
| Modal | 12   | 0.005         | 1.14E-06 | 4.836E-05 | 0  | 1      | 1      |

Tabla 58. Participación modal de masas – mampostería estructural – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia

| Case  | ItemType     | Item | Static<br>% | Dynamic<br>% |
|-------|--------------|------|-------------|--------------|
| Modal | Acceleration | UX   | 100         | 100          |
| Modal | Acceleration | UY   | 100         | 100          |
| Modal | Acceleration | UZ   | 0           | 0            |

Tabla 59. Carga de participación modal – mampostería estructural – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia

### 3.1.1.1.8 Período dinámico

| Case  | Mode | Period<br>sec | Frequency<br>cyc/sec | CircFreq<br>rad/sec | Eigenvalue<br>rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup> |
|-------|------|---------------|----------------------|---------------------|--|
| Modal | 1    | 0.107         | 9.36                 | 58.8123             | 3458.8901  |
| Modal | 2    | 0.072         | 13.964               | 87.7357             | 7697.5528  |
| Modal | 3    | 0.056         | 17.745               | 111.4971            | 12431.6076                                       |
| Modal | 4    | 0.051         | 19.615               | 123.2477            | 15189.9961                                       |
| Modal | 5    | 0.034         | 29.725               | 186.7687            | 34882.5526                                       |
| Modal | 6    | 0.021         | 46.554               | 292.5056            | 85559.5494                                       |
| Modal | 7    | 0.02          | 50.744               | 318.837             | 101657.0632                                      |
| Modal | 8    | 0.017         | 58.637               | 368.4292            | 135740.0517                                      |
| Modal | 9    | 0.012         | 86.198               | 541.595             | 293325.1346                                      |
| Modal | 10   | 0.009         | 108.578              | 682.2156            | 465418.1557                                      |
| Modal | 11   | 0.007         | 144.025              | 904.9341            | 818905.6459                                      |
| Modal | 12   | 0.005         | 191.048              | 1200.3892           | 1440934.3031                                     |

Tabla 60. Período dinámico – mampostería estructural – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia

El período dinámico debe ser menor a 1.3 veces el período estático.

$Comprobación = T_{dinámico} / T_{estático}$

Ecuación 8 – Criterio de diseño para la comprobación de período dinámico Fuente: Curso Dinámica estructural UISEK

**T estático**= 0.29006458 seg

**T dinámico**= 0.107 seg

**Comprobación** =  $0.107 / 0.29006458 = 0.36$

**0.36 < 1.3**

### 3.1.1.1.9 Ratio Torsión

La resistencia a la torsión debe cumplir con el siguiente criterio de diseño:

- Deseable: < 1.2
- Máximo: < 1.4

| Story  | Load Case/Combo | Item       | Max Drift | Avg Drift | Ratio |
|--------|-----------------|------------|-----------|-----------|-------|
| Story3 | Sismo X         | Diaph D3 X | 0.000295  | 0.000215  | 1.376 |
| Story3 | Sismo Y         | Diaph D3 Y | 7.3E-05   | 7.1E-05   | 1.029 |
| Story2 | Sismo X         | Diaph D2 X | 0.000371  | 0.000327  | 1.136 |
| Story2 | Sismo Y         | Diaph D2 Y | 8.3E-05   | 7.9E-05   | 1.054 |
| Story1 | Sismo X         | Diaph D1 X | 0.000117  | 0.000102  | 1.15  |
| Story1 | Sismo Y         | Diaph D1 Y | 1E-05     | 9E-06     | 1.132 |

Tabla 61. Ratio torsión – mampostería estructural – ETABS.

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.1.1.10 Primer y segundo modo traslacional y rotacional

| TABLE: Modal Participating Mass Ratios |      |        |        |        |
|--|------|--------|--------|--------|
| Case                                   | Mode | Period | UX     | UY     |
|  |      | sec    |        |        |
| Modal                                  | 1    | 0.107  | 0.7383 | 0.0005 |
| Modal                                  | 2    | 0.072  | 0.0048 | 0.0001 |

Tabla 62. Traslación – mampostería estructural – ETABS. Fuente: Elaboración propia

Comprobación:

- Modo 1 (eje X): valores UY cercanos a cero;  $0.0005 \sim 0$
- Modo 2 (eje Y): valores UX cercanos a cero;  $0.0048 \sim 0$

| TABLE: Modal Participating Mass Ratios |      |        |        |        |
|--|------|--------|--------|--------|
| Case                                   | Mode | Period | RZ     | Sum RZ |
|  |      | sec    |        |        |
| Modal                                  | 1    | 0.107  | 0.0001 | 0.0001 |
| Modal                                  | 2    | 0.072  | 0.1891 | 0.1891 |
| Modal                                  | 3    | 0.056  | 0.4926 | 0.6817 |

Tabla 63. Rotación – mampostería estructural – ETABS. Fuente: Elaboración propia

Comprobación:

Ecuación 9 – Criterio de diseño para la comprobación de rotación. Fuente: Curso Dinámica estructural UISEK

$$Comprobación = RZ \times 100$$

- Modo 1 (eje X) <5% = 0.0001\*100 = 0.01% < 5%
- Modo 2 (eje Y): <20% = 0.1891\*100 = 18,91% <20%

### 3.1.1.1.11 Escalamiento cortante

El cortante dinámico debe alcanzar al menos el 80% del cortante estático.

Peso total de estructura= 181.7860000 Ton

*Peso total estructura = Carga muerta + sobrecarga* Ecuación 10 – Peso total de estructura. Fuente: Curso Dinámica estructural UISEK

Cortante Basal Inicial (V)= 0.4408888889

Fuerza horizontal calculada (Vo)= 80.1474275556 Ton

*Vo = Peso total estructura x V* Ecuación 11 – Fuerza horizontal. Fuente: Curso Dinámica estructural UISEK

|                | EJE X-X | EJE Y-Y | Resultante |
|----------------|---------|---------|------------|
| Fuerza Dx (F)= | 54.33   | 1.46    | 54.3496136 |
| Fuerza Dy (F)= | 54.33   | 4.46    | 54.5127553 |

*Resultante =  $\sqrt{D1 F1^2 + D1F2^2}$*  Ecuación 12 – Resultante Fuente: Curso Dinámica estructural UISEK

%sismo (Dinámico/Estático) (ε)= 67.81% 68.02%

*(ε) = Resultante/Vo* Ecuación 13 – Porcentaje sismo dinámico / estático. Fuente: Curso Dinámica estructural UISEK

Comprobación <80% <80%  
Factor de corrección = 11.56927125 11.5346476

*Factor corrección =  $\frac{Vo}{Resultante} \times 0.8 \times 9.8067$*  Ecuación 14 – Factor de corrección escalamiento. Fuente: Curso Dinámica estructural UISEK

Valor ingresado = 11.5700000 11.6000000

|  | EJE X-X        | EJE Y-Y        | Resultante  |
|--|----------------|----------------|-------------|
| Fuerza Dx (F)=                             | 64.0983        | 1.7198         | 64.121367   |
| Fuerza Dy (F)=                             | 64.2646        | 1.7243         | 64.287728 1 |
| %sismo (Dinámico/Estático) ( $\epsilon$ )= | <b>80.00%</b>  | <b>80.21%</b>  |             |
| Comprobación                               | <b>&gt;80%</b> | <b>&gt;80%</b> |             |

**E** Load Case Data

**General**

Load Case Name: U1 [Design...]

Load Case Type: Response Spectrum [Notes...]

Mass Source: Previous (MASA)

Analysis Model: Default

**Loads Applied**

| Load Type    | Load Name | Function    | Scale Factor |
|--------------|-----------|-------------|--------------|
| Acceleration | U1        | Espectro MR | 11.57        |

[Add] [Delete] [Advanced]

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: 1 cyc/sec

Rigid Frequency, f2: 0 cyc/sec

Periodic + Rigid Type: SRSS

Earthquake Duration, td: [ ]

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor: [ ]

Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms [Modify/Show...]

Tabla 64. Escalamiento cortante - Dinámico X – mampostería estructural – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia

**E** Load Case Data

**General**

Load Case Name: Dy [Design...]

Load Case Type: Response Spectrum [Notes...]

Mass Source: Previous (MASA)

Analysis Model: Default

**Loads Applied**

| Load Type    | Load Name | Function    | Scale Factor |
|--------------|-----------|-------------|--------------|
| Acceleration | U1        | Espectro MR | 11.6         |

[Add] [Delete] [Advanced]

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: [ ]

Rigid Frequency, f2: [ ]

Periodic + Rigid Type: [ ]

Earthquake Duration, td: [ ]

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor: [ ]

Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms [Modify/Show...]

Tabla 65. Escalamiento cortante - Dinámico Y – mampostería estructural – ETABS  
Fuente: Elaboración propia

### 3.1.1.1.12 Reacciones en la base

**E** Base Reactions

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None Base Reactions

Filter: None

|   | Output Case     | Case Type   | Step Type | FX tonf  | FY tonf  | FZ tonf  | MX tonf-m | MY tonf-m | MZ tonf-m |
|---|-----------------|-------------|-----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| ▶ | Dead            | LinStatic   |           | 0        | 0        | 166.9123 | 774.5147  | -509.463  | 0         |
|   | Live            | LinStatic   |           | 0        | 0        | 17.7921  | 80.7263   | -47.1425  | 0         |
|   | Sobrecarga n... | LinStatic   |           | 0        | 0        | 14.8737  | 68.9148   | -42.5654  | 0         |
|   | Carga Viva C... | LinStatic   |           | 0        | 0        | 5.9777   | 28.5517   | -18.9941  | 0         |
|   | Sismo X         | LinStatic   |           | -74.2709 | 0        | 0        | 0         | -515.7849 | 339.9415  |
|   | Sismo Y         | LinStatic   |           | 0        | -74.2709 | 0        | 515.7849  | 0         | -227.9858 |
|   | Dx              | LinRespSpec | Max       | 64.0983  | 1.7198   | 0        | 11.35     | 472.7987  | 295.1156  |
|   | Dy              | LinRespSpec | Max       | 64.2646  | 1.7243   | 0        | 11.3794   | 474.0246  | 295.8808  |

Tabla 66. Reacciones en la base – mampostería estructural – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia

### 3.1.1.1.13 Losa maciza de entrepisos

**E** Slab Design

Choose Display Type

Design Basis: Finite Element Based

Display Type: Enveloping Flexural Reinforcement

Impose Minimum Reinforcing

Contour Range

Minimum: 0 cm<sup>2</sup>/cm

Maximum: 0 cm<sup>2</sup>/cm

Contour Averaging at Nodes

None

by Objects

by Selected Groups

Set Groups...

Reinforcing Direction and Location

Direction 1 - Top Rebar

Direction 1 - Bottom Rebar

Direction 2 - Top Rebar

Direction 2 - Bottom Rebar

Show Rebar Above Specified Value

None

Typical Uniform Reinforcing Specified Below

Reinforcing Specified in Slab Rebar Objects

Typical Uniform Reinforcing

Define by Bar Size and Bar Spacing

Define by Bar Area and Bar Spacing

|        | Bar Size | Spacing (cm) |
|--------|----------|--------------|
| Top    | 8        | 15           |
| Bottom | 8        | 15           |

Tabla 67. Diseño de losas macizas – mampostería estructural – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia

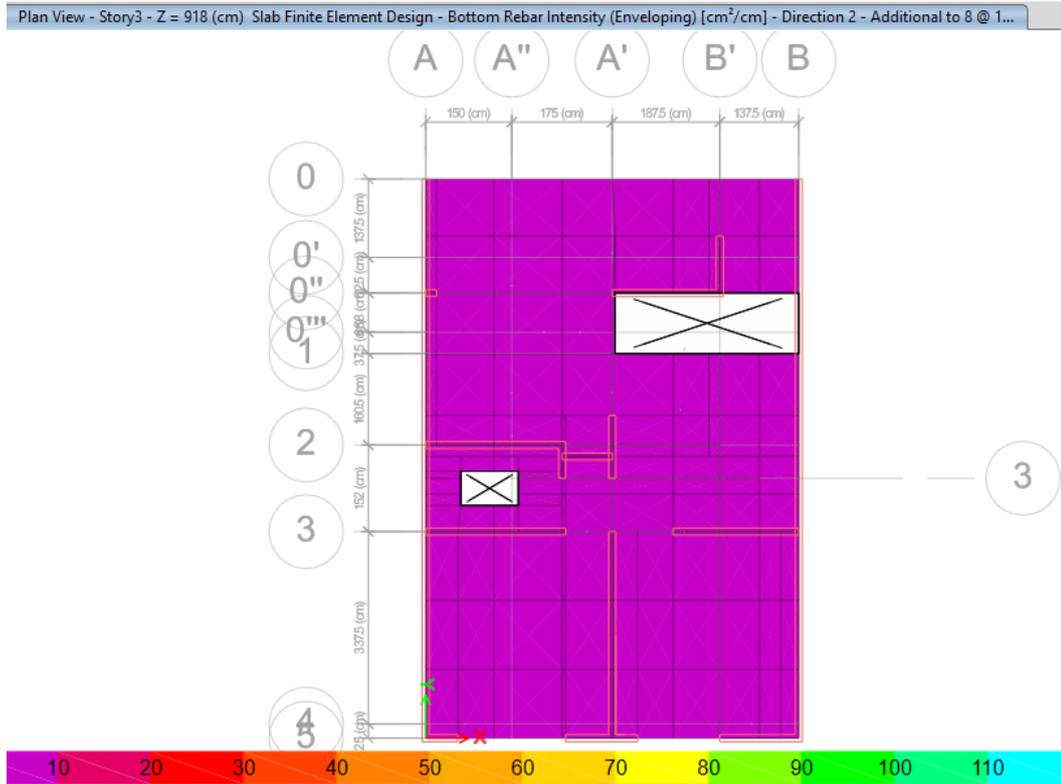


Figura 13. Comprobación losa maciza Niv.-7.25 – mampostería estructural – ETABS.  
 Fuente: Elaboración propia

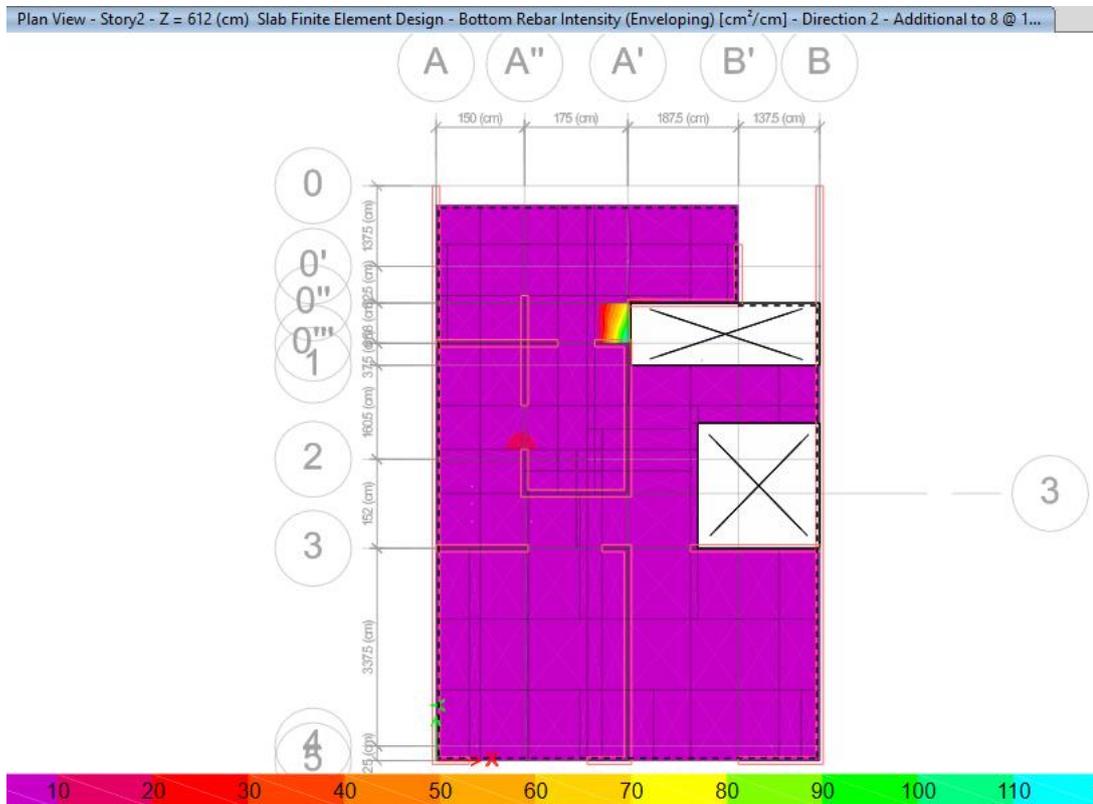


Figura 14. Comprobación losa maciza Niv.-4.19 – mampostería estructural – ETABS.  
 Fuente: Elaboración propia

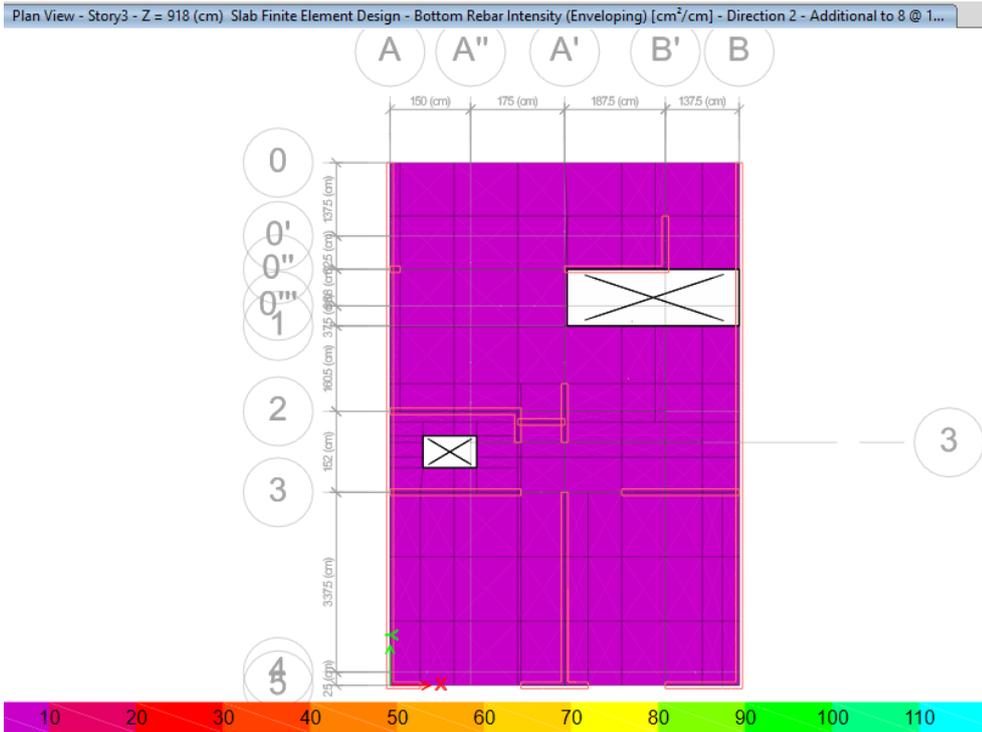


Figura 15. Comprobación losa maciza Niv.-1.13 – mampostería estructural – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia

3.1.1.1.14 Acero refuerzo viga

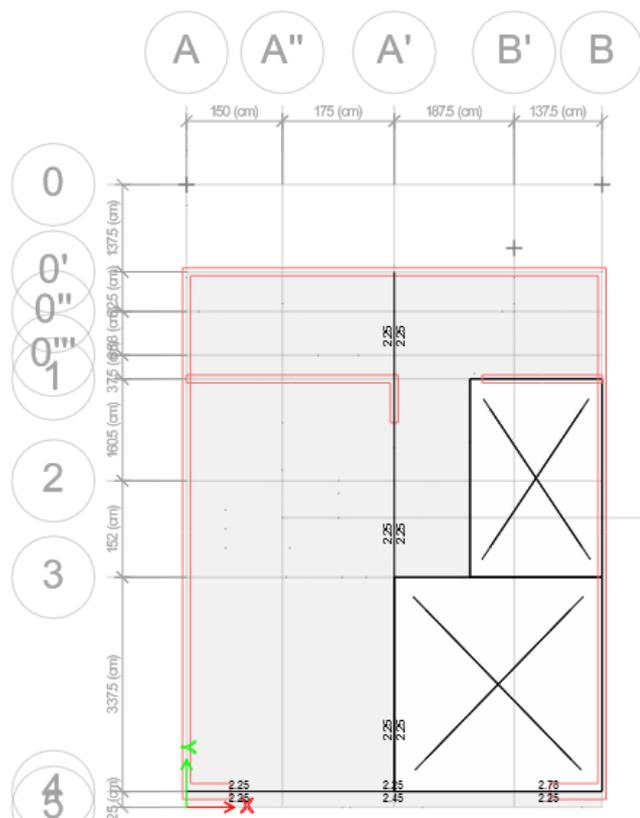


Figura 16. Cuantía de acero vigas Niv.-7.25 A' y 4 – mampostería estructural – ETABS. Fuente: Elaboración propia

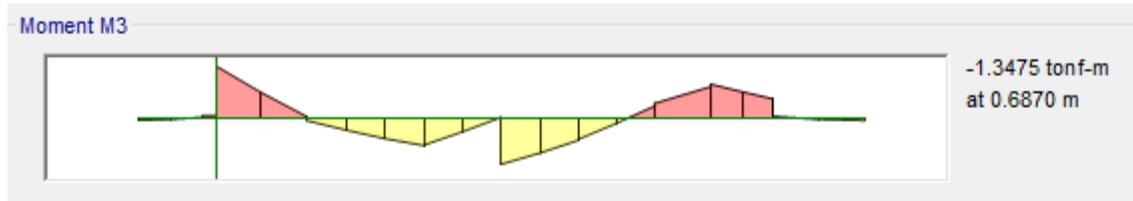


Figura 17. Momento último máximo viga Niv.-7.25 eje 4 – mampostería estructural – ETABS. Fuente: Elaboración propia

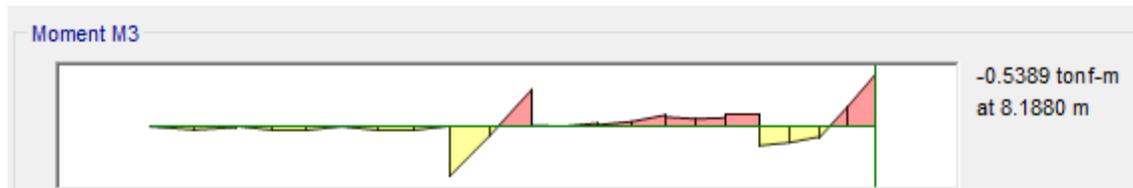


Figura 18. Momento último máximo viga Niv.-7.25 eje A' – mampostería estructural – ETABS. Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo cuantía acero viga eje 4:

h (altura) = 35cm; b (base) 25cm; d (longitud efectiva) = 31.5cm

Momento máximo = 1.3475 Ton\*m

Fy = 4200 kg/cm<sup>2</sup>; f'c= 210 kg/cm<sup>2</sup>, longitud viga = 6.50m

Cuantía de acero:

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y}$$

Ecuación 15 – Cuantía mínima de acero  
Fuente: Temas de Hormigón Armado ESPE

$$\rho_{min} = \frac{14}{4200} = 0.0033$$

Área de acero:

$$A_s = \rho \times b \times d$$

Ecuación 16 – Área de sección de acero.  
Fuente: Temas de Hormigón Armado ESPE

$$A_s = 0.0033 \times 25 \times 31.5 = 2.60 \text{ cm}^2$$

Diseño:

Cantidad de varillas = 3 unidades superiores y 3 unidades inferiores

Ø varilla = 12mm ; Área varilla = 1.13cm<sup>2</sup>

Cuantías requeridas: inicio 2.25/2.25; medio 2.25/2.45; extremo 2.78/2.25 (se escoge cuantía mínima)

$A = \text{Area varilla} \times \text{cantidad de varillas}$  Ecuación 17 – Área de acero estructura.  
Fuente: Temas de Hormigón Armado ESPE

$$A = 3 \times 1.13 = 3.39 \text{ cm}^2 > 2.60 \text{ cm}^2 \quad ; \text{ por lo tanto } 6 \Theta 12 \text{ mm}$$

- Cálculo cuantía acero viga eje A'

h (altura) = 35cm; b (base) 25cm; d (longitud efectiva) = 31.5cm

Momento máximo = 0.5389 Ton\*m

$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ;  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , longitud viga = 8.20m

Cuantía de acero:

$$\rho_{min} = \frac{14}{4200} = 0.0033 \quad \text{Ecuación 15 – Cuantía mínima de acero}$$

Fuente: Temas de Hormigón Armado ESPE

$\Theta$  varilla = 12mm ; Área varilla = 1.13cm<sup>2</sup>

Cuantías requeridas: inicio 2.25/2.25; medio 2.25/2.25; extremo 2.25/2.25 (se escoge cuantía mínima)

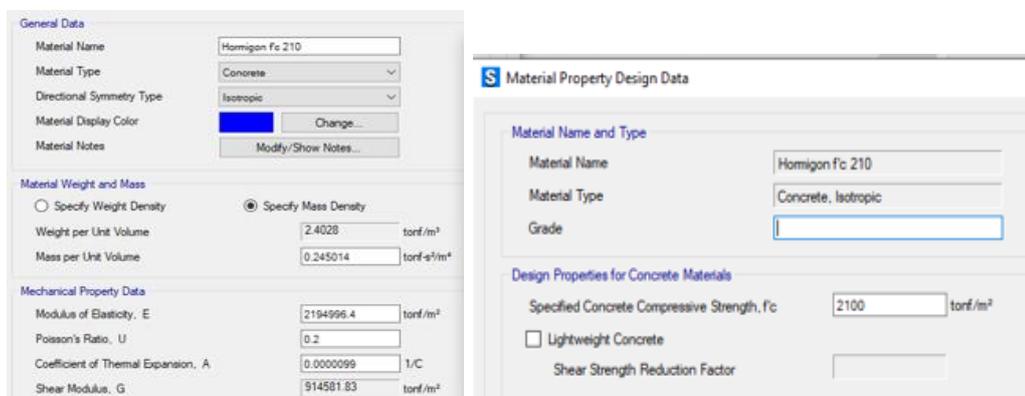
$A = \text{Area varilla} \times \text{cantidad de varillas}$  Ecuación 17 – Área de acero estructura.  
Fuente: Temas de Hormigón Armado ESPE

$$A = 3 \times 1.13 = 3.39 \text{ cm}^2 > 2.60 \text{ cm}^2 \quad ; \text{ por lo tanto } 6 \Theta 12 \text{ mm}$$

### 3.1.1.2 Cimentación

La configuración de la cimentación corresponde a vigas de cimentación y contrapiso donde se asienta los muros de bloque estructural.

#### 3.1.1.2.1 Materiales



The image shows two screenshots of a software interface for defining material properties. The left screenshot shows the 'General Data' and 'Mechanical Property Data' sections. The right screenshot shows the 'Material Property Design Data' section.

| Section                                  | Property  | Value                            | Unit                                |
|--|---|----------------------------------|-------------------------------------|
| General Data                             | Material Name   | Hormigon Fc 210                  |                                     |
|  | Material Type   | Concrete                         |                                     |
|  | Directional Symmetry Type                               | Isotropic                        |                                     |
|  | Material Display Color                                  | [Blue Box]                       |                                     |
| Material Weight and Mass                 | Specify Mass Density                                    | <input checked="" type="radio"/> |                                     |
|  | Weight per Unit Volume                                  | 2.4026                           | tonf/m <sup>3</sup>                 |
|  | Mass per Unit Volume                                    | 0.245014                         | tonf-s <sup>3</sup> /m <sup>4</sup> |
| Mechanical Property Data                 | Modulus of Elasticity, E                                | 2194996.4                        | tonf/m <sup>2</sup>                 |
|  | Poisson's Ratio, U                                      | 0.2                              |                                     |
|  | Coefficient of Thermal Expansion, A                     | 0.000099                         | 1/C                                 |
|  | Shear Modulus, G  | 914581.83                        | tonf/m <sup>2</sup>                 |
| Material Property Design Data            | Material Name   | Hormigon Fc 210                  |                                     |
|  | Material Type   | Concrete, Isotropic              |                                     |
|  | Grade   |                                  |                                     |
| Design Properties for Concrete Materials | Specified Concrete Compressive Strength, f <sub>c</sub> | 2100                             | tonf/m <sup>2</sup>                 |
|  | Lightweight Concrete                                    | <input type="checkbox"/>         |                                     |

Tabla 68. Hormigón cimentación – mampostería estructural – SAFE.  
Fuente: Elaboración propia

| General Data  |   |
|---|---|
| Material Name   | A615Gr75  |
| Material Type   | Rebar   |
| Directional Symmetry Type                               | Uniaxial  |
| Material Display Color                                  |  Change... |
| Material Notes  | Modify/Show Notes...  |
| Material Weight and Mass                                |   |
| <input checked="" type="radio"/> Specify Weight Density | <input type="radio"/> Specify Mass Density  |
| Weight per Unit Volume                                  | 7.849 tonf/m <sup>3</sup>   |
| Mass per Unit Volume                                    | 0.80038 tonf-s <sup>2</sup> /m <sup>4</sup>   |
| Mechanical Property Data                                |   |
| Modulus of Elasticity, E                                | 20389019.16 tonf/m <sup>2</sup>   |
| Coefficient of Thermal Expansion, A                     | 0.0000117 1/C   |

Tabla 69. Acero de refuerzo cimentación – mampostería estructural – SAFE.  
Fuente: Elaboración propia

### 3.1.1.2.2 Secciones

| General Data                  |   |
|-------------------------------|---|
| Property Name                 | Canoa   |
| Slab Material                 | Hormigon Fc 210   |
| Notional Size Data            | Modify/Show Notional Size...  |
| Modeling Type                 | Shell-Thick   |
| Modifiers (Currently Default) | Modify/Show...  |
| Display Color                 |  Change... |
| Property Notes                | Modify/Show...  |
| Property Data                 |   |
| Type                          | Drop  |
| Thickness                     | 0.25 m  |

Tabla 70. Viga de cimentación – mampostería estructural – SAFE.  
Fuente: Elaboración propia

| General Data                  |   |
|-------------------------------|---|
| Property Name                 | Contrapiso  |
| Slab Material                 | Hormigon Fc 210   |
| Notional Size Data            | Modify/Show Notional Size...  |
| Modeling Type                 | Shell-Thin  |
| Modifiers (Currently Default) | Modify/Show...  |
| Display Color                 |  Change... |
| Property Notes                | Modify/Show...  |
| Property Data                 |   |
| Type                          | Mat   |
| Thickness                     | 0.1 m   |

Tabla 71. Contrapiso – mampostería estructural – SAFE. Fuente: Elaboración propia

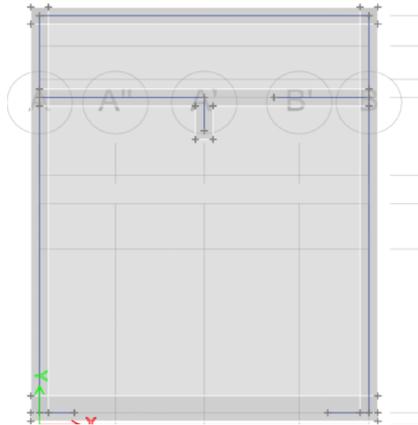


Figura 19. Cimentación Nivel -10.31 – mampostería estructural – SAFE. Fuente: Elaboración propia

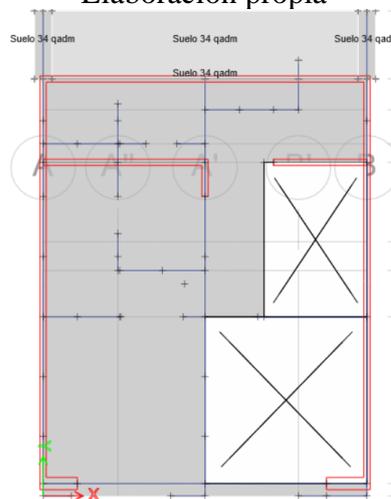


Figura 20. Cimentación Nivel -7.25 – mampostería estructural – SAFE. Fuente: Elaboración propia

3.1.1.2.3 Presión de suelo

- Carga admisible

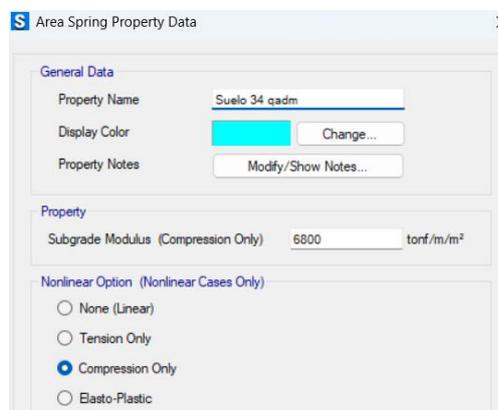


Tabla 72. Carga admisible – mampostería estructural – SAFE. Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta una tabla el coeficiente de K a partir del esfuerzo admisible según Guerra, M. (2013). “Diseño de cimentaciones sismo resistentes utilizando SAFE”. Para este caso el Esfuerzo admisible es de 34 Ton/m<sup>2</sup> y el coeficiente K es de 6800 Ton/m<sup>3</sup>

- Cargas de servicio o carga de cimentación Nivel -10.31

General Data

Load Combination Name: Cimentación

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

| Load Name                 | Scale Factor |
|---------------------------|--------------|
| Dead                      | 1            |
| Live                      | 1            |
| Sobrecarga no estructural | 1            |
| Carga Viva Cubierta       | 1            |

Add

Delete

Tabla 73. Carga de cimentación – mampostería estructural – SAFE.  
Fuente: Elaboración propia

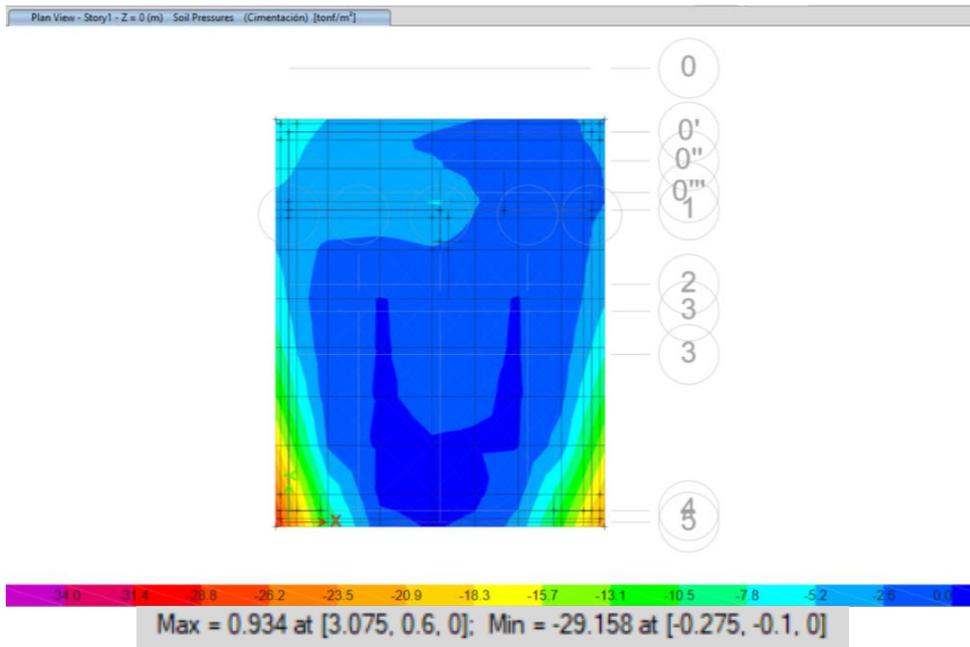


Figura 21. Carga de cimentación - Nivel -10.31 – mampostería estructural – SAFE/  
Fuente: Elaboración propia  
Comprobación. Carga calculada < Carga admisible: 29.158 Ton/m<sup>2</sup> < 34 Ton/m<sup>2</sup>

- Cargas de servicio + sismo en X - Nivel -10.31

**General Data**

Load Combination Name:

Combination Type:

Notes:

Auto Combination:

---

**Define Combination of Load Case/Combo Results**

| Load Name                 | Scale Factor |
|---------------------------|--------------|
| Dead                      | 1            |
| Live                      | 1            |
| Sobrecarga no estructural | 1            |
| Carga Viva Cubierta       | 1            |
| Sismo X                   | 1            |

Tabla 74. Carga de servicio + sismo en X– mampostería estructural – SAFE.  
Fuente: Elaboración propia

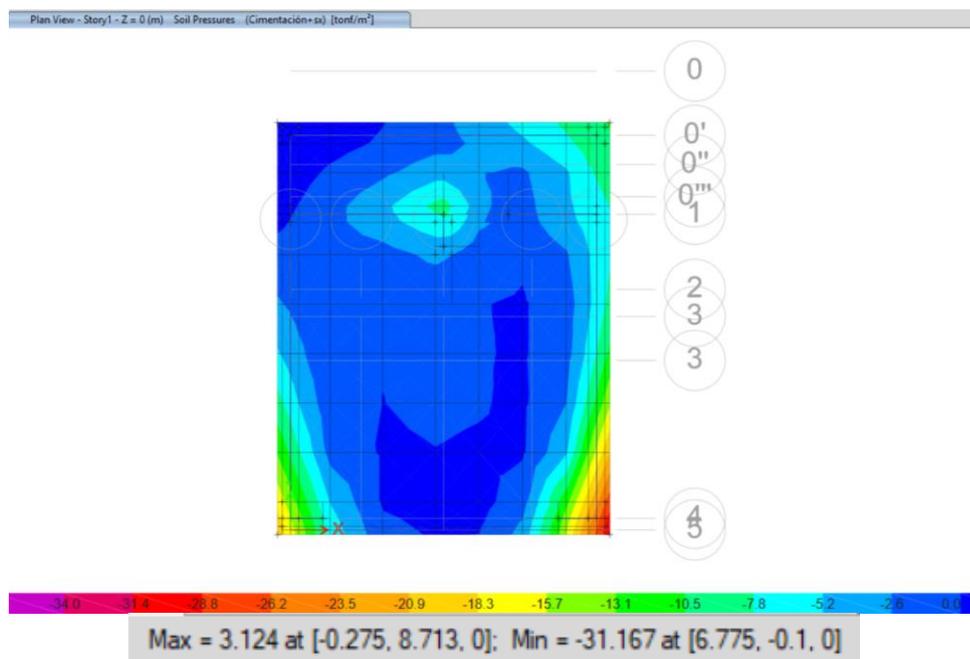


Figura 22. Carga de servicio + sismo en X - Nivel -10.31 – mampostería estructural – SAFE. Fuente: Elaboración propia

Comprobación. Carga calculada < Carga admisible: 31.167 Ton/m<sup>2</sup> < 34 Ton/m<sup>2</sup>

- Cargas de servicio + sismo en Y - Nivel -10.31

**General Data**

Load Combination Name:

Combination Type:

Notes:

Auto Combination:

**Define Combination of Load Case/Combo Results**

| Load Name                 | Scale Factor |
|---------------------------|--------------|
| Dead                      | 1            |
| Sobrecarga no estructural | 1            |
| Live                      | 1            |
| Carga Viva Cubierta       | 1            |
| Sismo Y                   | 1            |

Tabla 75. Carga de servicio + sismo en Y - mampostería estructural – SAFE.  
Fuente: Elaboración propia

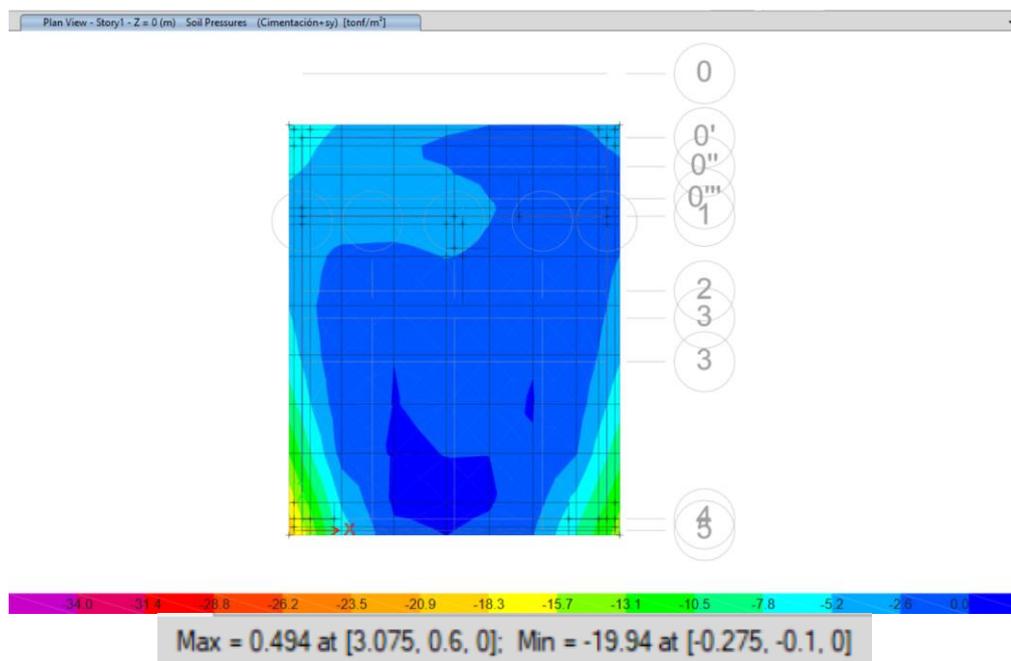


Figura 23. Carga de servicio + sismo en Y - Nivel -10.31– mampostería estructural – SAFE. Fuente: Elaboración propia

Comprobación. Carga calculada < Carga admisible: 19.94 Ton/m<sup>2</sup> < 34 Ton/m<sup>2</sup>

- Cargas de servicio o carga de cimentación Nivel -7.25

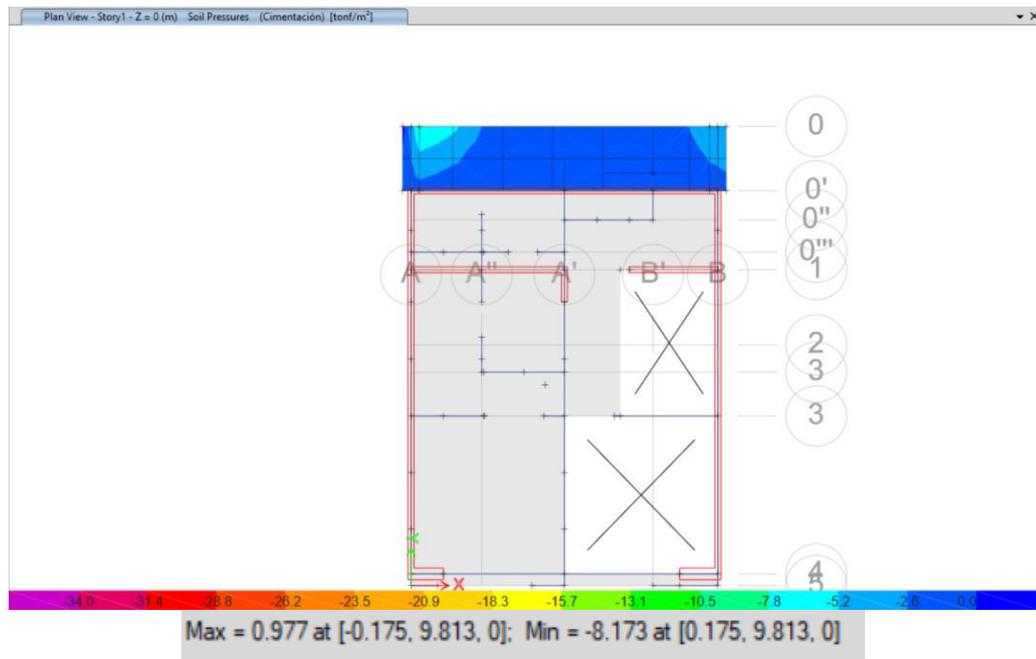


Figura 24. Carga de cimentación Nivel -7.25 – mampostería estructural – SAFE.  
Fuente: Elaboración propia

Comprobación. Carga calculada < Carga admisible: 8.713 Ton/m<sup>2</sup> < 34 Ton/m<sup>2</sup>

- Cargas de servicio + sismo en X – Nivel -7.25

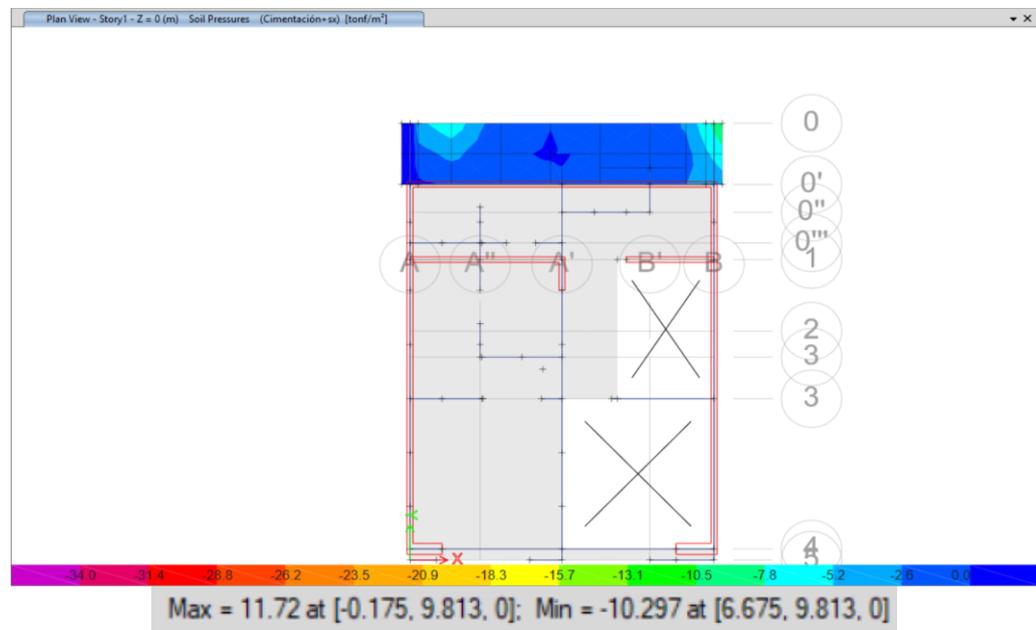


Figura 25. Carga de servicio + sismo en X Nivel -7.25 – mampostería estructural – SAFE. Fuente: Elaboración propia

Comprobación. Carga calculada < Carga admisible: 10.297 Ton/m<sup>2</sup> < 34 Ton/m<sup>2</sup>

- Cargas de servicio + sismo en Y – Nivel -7.25

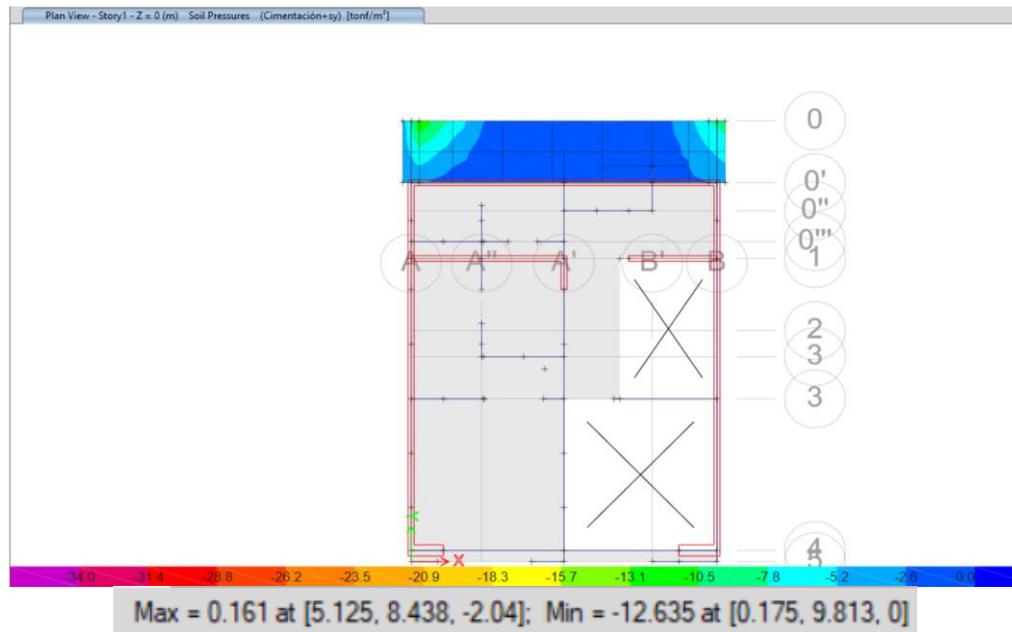


Figura 26. Carga de servicio + sismo en Y - Nivel -7.25– mampostería estructural – SAFE. Fuente: Elaboración propia

Comprobación. Carga calculada < Carga admisible: 12.635 Ton/m<sup>2</sup> < 34 Ton/m<sup>2</sup>

#### 3.1.1.2.4 Asentamientos

- Cargas de servicio – Nivel -11.31

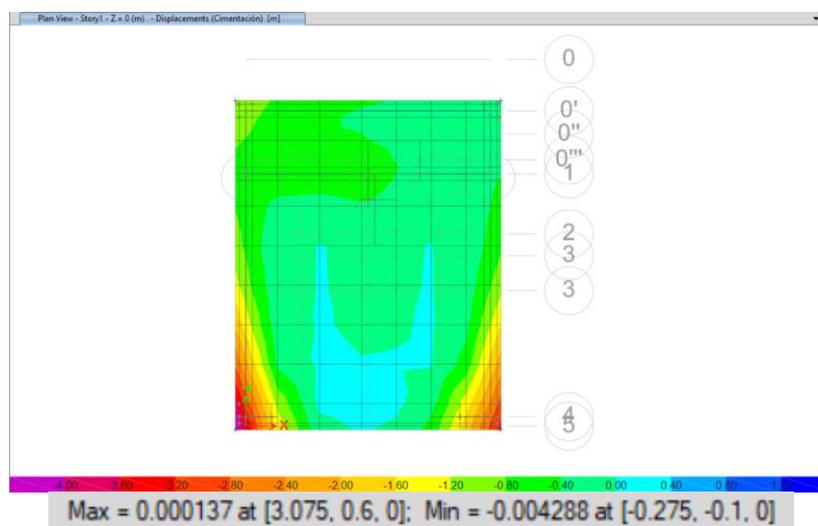


Figura 27. Asentamientos- cargas de servicio – Nivel -11.31- mampostería estructural – SAFE. Fuente: Elaboración propia

Comprobación. (NEC-SE-GC-Capítulo 6- 6.3.4 Asentamientos tolerables para edificaciones); Valor calculado < 20cm = 0.004288 < 0.2

- Cargas de servicio – Nivel -7.25

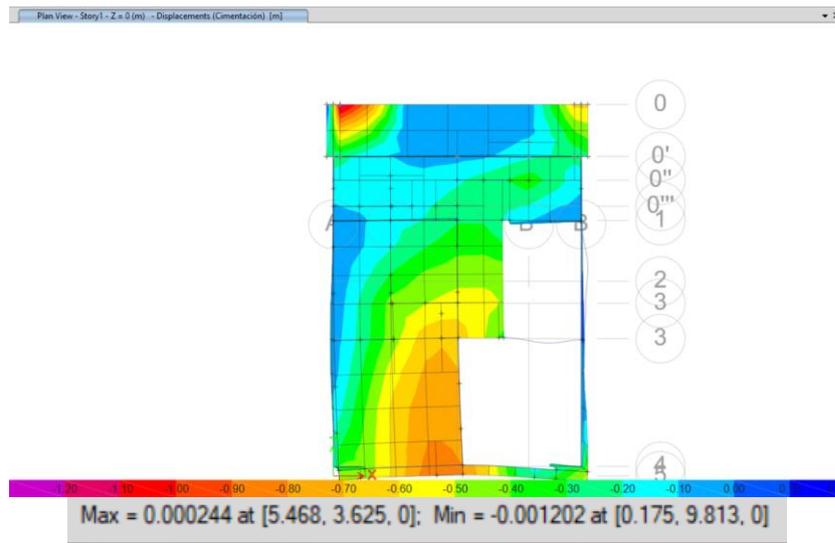


Figura 28. Asentamientos- cargas de servicio – Nivel -7.25 - mampostería estructural – SAFE. Fuente: Elaboración propia

Comprobación. (NEC-SE-GC-Capítulo 6- 6.3.4 Asentamientos tolerables para edificaciones); Valor calculado  $< 20\text{cm} = 0.0012 < 0.2$

### 3.1.2 Estructura de acero

La configuración estructural se encuentra por pórticos resistentes a momentos, lo que significa que tendrá vigas principales, vigas secundarias y columnas de acero. Con arriostramientos específicos en la estructura.

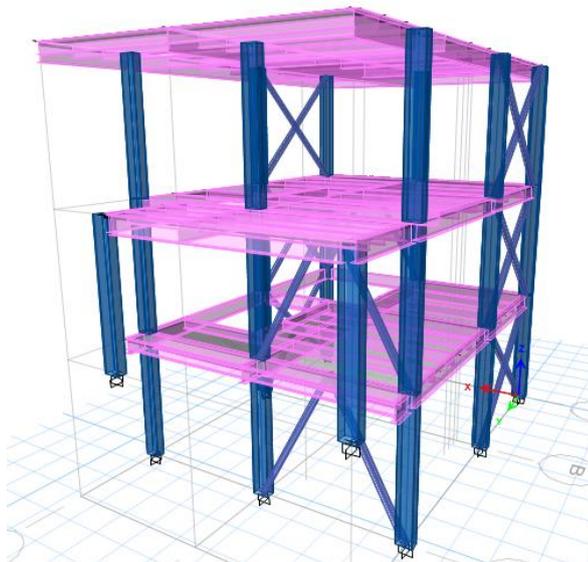


Figura 29. Diseño 3D con estructura de acero. Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2.1 Comprobación de estructura de acero - diseño base

Se realiza la modelación de la estructura de acero conforme un diseño base previamente obtenido, con el fin de comprobar los parámetros de diseño.

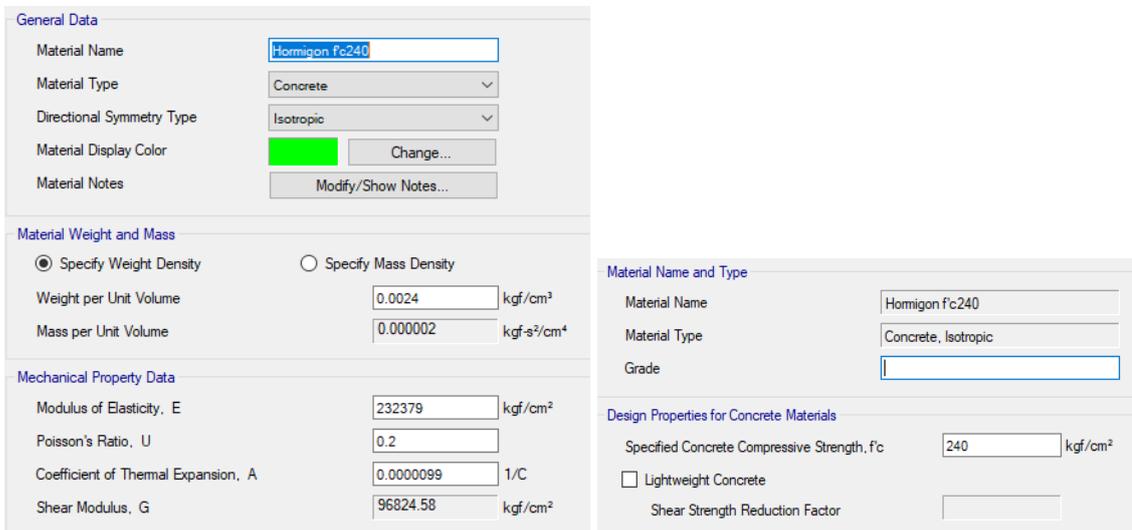
#### 3.1.2.1.1 Materiales

- Hormigón:

Peso específico = 0.0024 kg/cm<sup>3</sup>

Resistencia a los 28 días = 240 kg/cm<sup>2</sup>

Módulo de elasticidad = 232379 kg/cm<sup>2</sup>



The image shows two panels from the ETABS software interface for defining material properties for concrete. The left panel is titled 'General Data' and includes fields for Material Name (Hormigon f'c240), Material Type (Concrete), Directional Symmetry Type (Isotropic), Material Display Color (green), and Material Notes. The middle panel is titled 'Material Weight and Mass' and shows 'Specify Weight Density' selected with values of 0.0024 kg/cm<sup>3</sup> and 0.000002 kgf-s<sup>3</sup>/cm<sup>4</sup>. The bottom-left panel is titled 'Mechanical Property Data' and shows values for Modulus of Elasticity (E = 232379 kgf/cm<sup>2</sup>), Poisson's Ratio (U = 0.2), Coefficient of Thermal Expansion (A = 0.0000099 1/C), and Shear Modulus (G = 96824.58 kgf/cm<sup>2</sup>). The right panel is titled 'Material Name and Type' and shows Material Name (Hormigon f'c240), Material Type (Concrete, Isotropic), and Grade. Below it, the 'Design Properties for Concrete Materials' section shows 'Specified Concrete Compressive Strength, f<sub>c</sub>' set to 240 kgf/cm<sup>2</sup>, with options for 'Lightweight Concrete' and 'Shear Strength Reduction Factor'.

Tabla 76. Hormigón losas deck – estructura acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia.

- Acero estructural A572 GR50

Peso específico: 0.00785 kg/cm<sup>3</sup>

Límite de fluencia: F<sub>y</sub>= 3520 kg/cm<sup>2</sup>

Módulo de elasticidad: E<sub>s</sub>= 2100000 kg/cm<sup>2</sup>

**E** Material Property Data

**General Data**

Material Name: Acero estructural A572GR50  
 Material Type: Steel  
 Directional Symmetry Type: Isotropic  
 Material Display Color: [Change...]  
 Material Notes: [Modify/Show Notes...]

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density  Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 0.00785 kgf/cm<sup>3</sup>  
 Mass per Unit Volume: 0.000008 kgf-s<sup>2</sup>/cm<sup>4</sup>

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 2100000 kgf/cm<sup>2</sup>  
 Poisson's Ratio, U: 0.3  
 Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C  
 Shear Modulus, G: 807692.31 kgf/cm<sup>2</sup>

**E** Material Property Design Data

**Material Name and Type**

Material Name: Acero estructural A572GR50  
 Material Type: Steel, Isotropic  
 Grade: [ ]

**Design Properties for Steel Materials**

Minimum Yield Stress, Fy: 3520 kgf/cm<sup>2</sup>  
 Minimum Tensile Strength, Fu: 4570 kgf/cm<sup>2</sup>  
 Expected Yield Stress, Fye: 3872 kgf/cm<sup>2</sup>  
 Effective Tensile Strength, Fue: 5027 kgf/cm<sup>2</sup>

Tabla 77. Acero estructural - estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.2.1.2. Secciones

- Columnas

**E** Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name: 250x250x10  
 Material: Acero estructural A572GR50  
 Display Color: [Change...]  
 Notes: [Modify/Show Notes...]

**Shape**

Section Shape: Filled Steel Tube

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Total Depth: 0.25 m  
 Total Width: 0.25 m  
 Flange Thickness: 0.01 m  
 Web Thickness: 0.01 m  
 Corner Radius: 0 m

**Property Modifiers**

[Modify/Show Modifiers...]  
Currently Default

**Reinforcement**

[Modify/Show Rebar...]

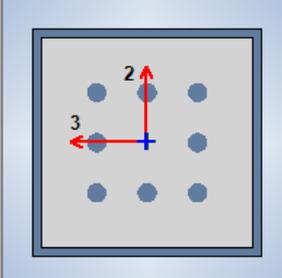
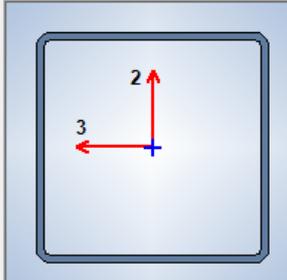


Tabla 78. Columna 250x250x10 - estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia.

**E** Frame Section Property Data

| General Data            |                            |
|-------------------------|----------------------------|
| Property Name           | C150x150x5                 |
| Material                | Acero estructural A572GR50 |
| Display Color           | Change...                  |
| Notes                   | Modify/Show Notes...       |
| Shape                   |                            |
| Section Shape           | Steel Tube                 |
| Section Property Source |                            |
| Source:                 | User Defined               |
| Section Dimensions      |                            |
| Total Depth             | 0.15 m                     |
| Total Width             | 0.15 m                     |
| Flange Thickness        | 0.005 m                    |
| Web Thickness           | 0.005 m                    |
| Comer Radius            | 0.01 m                     |



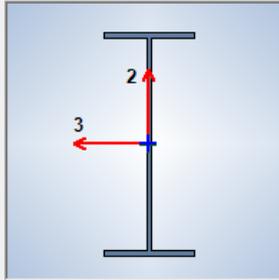
Property Modifiers  
Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

Tabla 79. Columna 150x150x5 - estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia.

- Vigas

**E** Frame Section Property Data

| General Data            |                            |
|-------------------------|----------------------------|
| Property Name           | VI 120x8 - 300x6           |
| Material                | Acero estructural A572GR50 |
| Display Color           | Change...                  |
| Notes                   | Modify/Show Notes...       |
| Shape                   |                            |
| Section Shape           | Steel I/Wide Flange        |
| Section Property Source |                            |
| Source:                 | User Defined               |
| Section Dimensions      |                            |
| Total Depth             | 0.3 m                      |
| Top Flange Width        | 0.12 m                     |
| Top Flange Thickness    | 0.008 m                    |
| Web Thickness           | 0.006 m                    |
| Bottom Flange Width     | 0.12 m                     |
| Bottom Flange Thickness | 0.008 m                    |
| Fillet Radius           | 0 m                        |



Property Modifiers  
Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

OK

Tabla 80. Viga 120x8 – 300x6 - estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia.

**E** Frame Section Property Data

| General Data             |                            |
|--------------------------|----------------------------|
| Property Name            | VS 100X5 - 180X4           |
| Material                 | Acero estructural A572GR50 |
| Display Color            | Change...                  |
| Notes                    | Modify/Show Notes...       |
| Shape                    |                            |
| Section Shape            | Steel I/Wide Flange        |
| Section Property Source  |                            |
| Source:                  | User Defined               |
| Section Dimensions       |                            |
| Total Depth              | 0.18 m                     |
| Top Flange Width         | 0.1 m                      |
| Top Flange Thickness     | 0.005 m                    |
| Web Thickness            | 0.004 m                    |
| Bottom Flange Width      | 0.1 m                      |
| Bottom Flange Thickness  | 0.005 m                    |
| Fillet Radius            | 0 m                        |
| Property Modifiers       |                            |
| Modify/Show Modifiers... |                            |
| Currently Default        |                            |
| OK                       |                            |

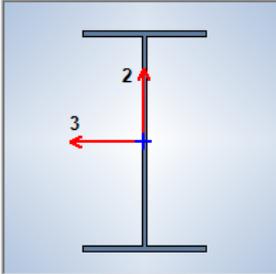


Tabla 81. Viga 100x5 – 180x4 - estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia.

**E** Frame Section Property Data

| General Data             |                            |
|--------------------------|----------------------------|
| Property Name            | VI 140x10 400x6            |
| Material                 | Acero estructural A572GR50 |
| Display Color            | Change...                  |
| Notes                    | Modify/Show Notes...       |
| Shape                    |                            |
| Section Shape            | Steel I/Wide Flange        |
| Section Property Source  |                            |
| Source:                  | User Defined               |
| Section Dimensions       |                            |
| Total Depth              | 0.4 m                      |
| Top Flange Width         | 0.14 m                     |
| Top Flange Thickness     | 0.01 m                     |
| Web Thickness            | 0.006 m                    |
| Bottom Flange Width      | 0.14 m                     |
| Bottom Flange Thickness  | 0.01 m                     |
| Fillet Radius            | 0 m                        |
| Property Modifiers       |                            |
| Modify/Show Modifiers... |                            |
| Currently Default        |                            |
| OK                       |                            |

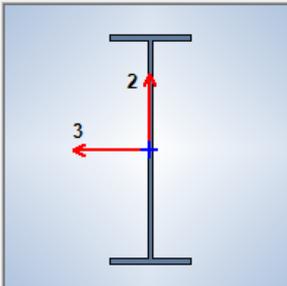
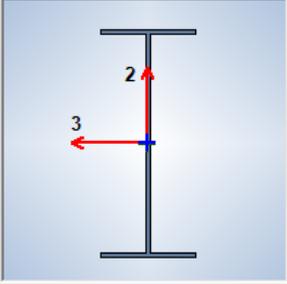


Tabla 82. Viga 140x10 – 400x6 - estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia.

**E** Frame Section Property Data

| General Data            |                            |
|-------------------------|----------------------------|
| Property Name           | 100x5 240x4                |
| Material                | Acero estructural A572GR50 |
| Display Color           | Change...                  |
| Notes                   | Modify/Show Notes...       |
| Shape                   |                            |
| Section Shape           | Steel IWide Flange         |
| Section Property Source |                            |
| Source:                 | User Defined               |
| Section Dimensions      |                            |
| Total Depth             | 0.24 m                     |
| Top Flange Width        | 0.1 m                      |
| Top Flange Thickness    | 0.005 m                    |
| Web Thickness           | 0.004 m                    |
| Bottom Flange Width     | 0.1 m                      |
| Bottom Flange Thickness | 0.005 m                    |
| Fillet Radius           | 0 m                        |



Property Modifiers  
Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

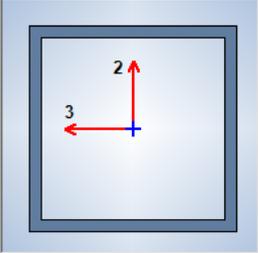
OK

Tabla 83. Viga 100x5 – 240x4 - estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia.

- Arriostramiento

**E** Frame Section Property Data

| General Data            |                            |
|-------------------------|----------------------------|
| Property Name           | T100x100x6                 |
| Material                | Acero estructural A572GR50 |
| Display Color           | Change...                  |
| Notes                   | Modify/Show Notes...       |
| Shape                   |                            |
| Section Shape           | Steel Tube                 |
| Section Property Source |                            |
| Source:                 | User Defined               |
| Section Dimensions      |                            |
| Total Depth             | 0.1 m                      |
| Total Width             | 0.1 m                      |
| Flange Thickness        | 0.006 m                    |
| Web Thickness           | 0.006 m                    |
| Comer Radius            | 0 m                        |



Property Modifiers  
Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

Tabla 84. Arriostramiento 100x100x6 - estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia.

- Losa tipo Deck

**E Deck Property Data**

**General Data**

Property Name: Losa Deck 0.76 mm

Type: Filled

Slab Material: Hormigon Fc240

Deck Material: Acero estructural A572G

Modeling Type: Membrane

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color:  Change...

Property Notes: Modify/Show...

---

**Property Data**

Slab Depth, tc: 0.065 m

Rib Depth, hr: 0.055 m

Rib Width Top, wrt: 0.123 m

Rib Width Bottom, wrb: 0.173 m

Rib Spacing, sr: 0.3 m

Deck Shear Thickness: 0.0076 m

Deck Unit Weight: 1.916 tonf/m<sup>2</sup>

Shear Stud Diameter: 0.016 m

Shear Stud Height, hs: 0.1 m

Shear Stud Tensile Strength, Fu: 4200 tonf/m<sup>2</sup>

Tabla 85. Deck - estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia.  
3.1.2.1.3 Cargas

**Load Cases**

| Load Case Name            | Load Case Type    |
|---------------------------|-------------------|
| Modal                     | Modal - Eigen     |
| Dead                      | Linear Static     |
| Live                      | Linear Static     |
| Sobrecarga no estructural | Linear Static     |
| Carga Viva Cubierta       | Linear Static     |
| Sismo X                   | Linear Static     |
| Sismo Y                   | Linear Static     |
| Dx                        | Response Spectrum |
| Dy                        | Response Spectrum |

Tabla 86. Estados de carga - estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia.

- Dead (Carga muerta) = Peso propio de la estructura
- Live (Carga Viva de entepiso)
- Carga Viva de Cubierta
- Sobrecarga no estructural = Peso de mampostería y acabados

- Sismo X = Sismo en dirección X
- Sismo Y = Sismo en dirección Y
- DX = Sismo de espectro X
- DY = Sismo de espectro Y

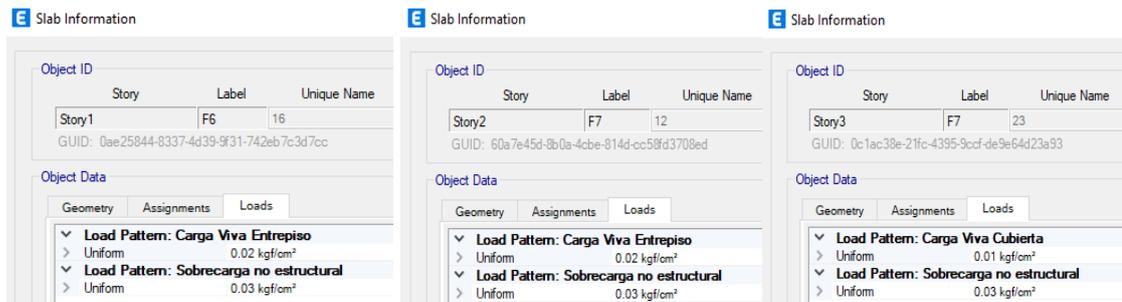


Tabla 87. Cargas adicionales - estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia.

Sobrecarga no estructural = 300 kg/m<sup>2</sup>

Cubierta de entrepiso = 200 kg/m<sup>2</sup>

Cubiertas inaccesibles = 100 kg/m<sup>2</sup>

### 3.1.2.1.4 Carga sísmica

|                                     |  |   |                            |  |      |      |     |      |     |     |
|-------------------------------------|--|---|----------------------------|--|------|------|-----|------|-----|-----|
| <b>Ubicación</b>                    | NAYON                                    |   | <b>N de pisos</b>          |  | 3    |      |     |      |     |     |
| <b>Factor Z</b>                     | 0.4                                      |   | <b>Altura PB</b>           |  | 3.06 | m    |     |      |     |     |
| <b>Tipo de uso de la estructura</b> | Otras estructuras                        |   | <b>Altura de entrepiso</b> |  | 3.06 | m    |     |      |     |     |
| <b>Factor I</b>                     | 1  |   | <b>ZONA SISMICA</b>        |  | I    | II   | III | IV   | V   | VI  |
| <b>Tipo de suelo</b>                | D  |   | <b>FACTOR Z</b>            |  | 0.15 | 0.25 | 0.3 | 0.35 | 0.4 | 0.5 |
| <b>Zona sísmica</b>                 | V  |   |                            |  |      |      |     |      |     |     |
| <b>Configuración Estructural</b>    | Estructura de acero con arriostramientos |   |                            |  |      |      |     |      |     |     |
| <b>Ct=</b>                          | 0.073                                    |   |                            |  |      |      |     |      |     |     |
| <b>α=</b>                           | 0.75                                     |   |                            |  |      |      |     |      |     |     |
| <b>Hmax estructura</b>              | 9.18                                     | m |                            |  |      |      |     |      |     |     |

Tabla 88. Valores para cálculo de carga sísmica – estructura de acero.  
Fuente: NEC-SE-DS

- **Periodo Fundamental de vibración**

$$T = C_t h_n^\alpha$$

Ecuación 1 – Período fundamental de vibración. Fuente: NEC-SE-DS

|                           |              |                             |     |
|---------------------------|--------------|-----------------------------|-----|
| Calculado NEC-15          | <b>T=</b>    | 0.384050806                 | seg |
| Valor ETABS               | <b>T=</b>    | 1.19                        | seg |
| Relación (NEC/ETABS) <1.3 | <b>3.099</b> | <i>Rigidizar estructura</i> |     |

Tabla 89. Cálculo de período fundamental de vibración – estructura de acero.  
Fuente: Elaboración propia

- **Cálculo de aceleración**

|            |      |
|------------|------|
| <b>Fa=</b> | 1.2  |
| <b>Fd=</b> | 1.19 |
| <b>Fs=</b> | 1.28 |

Tabla 90. Coeficientes de perfil de suelo – estructura de acero.  
Fuente: NEC-SE-DS

$$T_o = 0,1 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

Ecuación 2 – Período fundamental de vibración inicial.  
Fuente: NEC-SE-DS

$$T_c = 0,55 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

Ecuación 3 – Período fundamental de vibración crítico.  
Fuente: NEC-SE-DS

|            |      |     |
|------------|------|-----|
| <b>To=</b> | 0.13 | seg |
| <b>Tc=</b> | 0.70 | seg |

Tabla 91. Cálculo de período fundamental de vibración inicial y crítico – estructura de acero. Fuente: Elaboración propia

$$S_a = \eta * z * F_a$$

Ecuación 4 – Espectro de respuesta elástico de aceleración para  $0 \leq T \leq T_c$ . Fuente: NEC-SE-DS

$$S_a = \eta * z * F_a \left(\frac{T_c}{T}\right)^r$$

Ecuación 5 – Espectro de respuesta elástico de aceleración para  $T \geq T_c$ . Fuente: NEC-SE-DS

| Razón entre Sa y el PGA | Provincias de la Sierra |
|-------------------------|-------------------------|
| <b>n=</b>               | 2.48                    |
| <b>r=</b>               | 1                       |
| <b>Sa=</b>              | 1.190                   |

Tabla 92. Espectro de respuesta elástico de aceleración – estructura de acero. Fuente: NEC-SE-DS

- **Factor de reducción de resistencia sísmica (Fuente: NEC-SE-DS)**

Pórticos resistentes a momentos Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas..

|           |   |
|-----------|---|
| <b>R=</b> | 5 |
|-----------|---|

- **Configuración de elevación (Fuente: NEC-SE-DS)**

La altura de entrepiso y la configuración vertical de sistemas aporticados, es constante en todos los niveles

|            |   |
|------------|---|
| <b>fE=</b> | 1 |
|------------|---|

- **Configuración de planta (Fuente: NEC-SE-DS)**

Irregularidad torsional.

|            |     |
|------------|-----|
| <b>fP=</b> | 0.9 |
|------------|-----|

- **Cálculo del cortante Basal**

|           |           |     |                                    |   |
|-----------|-----------|-----|------------------------------------|---|
| <b>W=</b> | 1         | Ton | $V = \frac{I Sa}{R \phi_P \phi_E}$ | Ecuación 6 – Cortante basal de diseño.<br>Fuente: NEC-SE-DS |
| <b>V=</b> | 0.2645333 |     |                                    |   |

Tabla 93. Cálculo de cortante – estructura de acero.  
Fuente: Elaboración propia

- **Distribución vertical de fuerzas sísmicas laterales**

| Valores de T (s) | k             |
|------------------|---------------|
| ≤ 0.5            | 1             |
| 0.5 < T ≤ 2.5    | 0.75 + 0.50 T |
| > 2.5            | 2             |

Tabla 94. Coeficiente relacionado con el período de vibración de la estructura T – estructura de acero. Fuente: NEC-SE-DS

| T             | K     | K= | 1.0000 |
|---------------|-------|----|--------|
| T < 0,5       | 1     |    |        |
| 0,5 < T < 2,5 | 0.942 |    |        |
| T > 2,5       | 2     |    |        |

Tabla 95. Cálculo de coeficiente K – estructura acero.  
Fuente: Elaboración propia

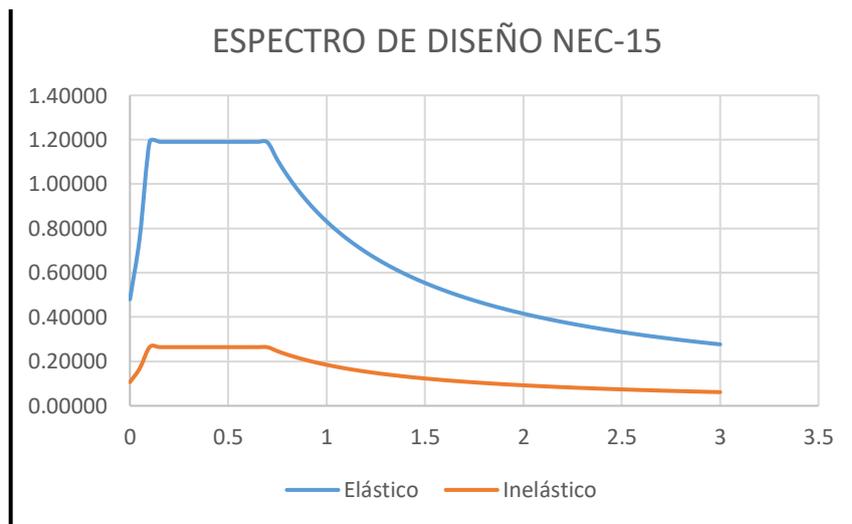


Figura 30. Espectro sísmico elástico e inelástico – estructura metálica.  
Fuente: Elaboración propia

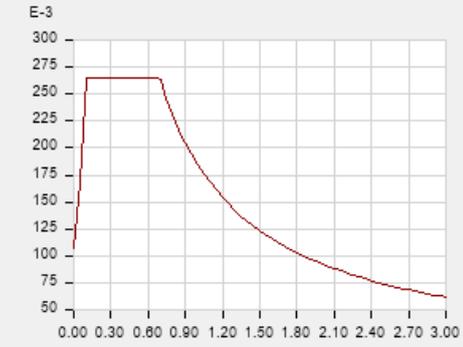
**E** Response Spectrum Function Definition - From File

Response Spectrum Function Name:

Function Damping Ratio:

Values are:  
 Frequency vs Value  
 Period vs Value

Function Graph



Function File

File Name:

File Loaded From:

Header Lines to Skip:

Tabla 96. Espectro de respuesta sísmico- estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia

**E** Seismic Load Pattern - User Defined

Direction and Eccentricity

X Dir  Y Dir  
 X Dir + Eccentricity  Y Dir + Eccentricity  
 X Dir - Eccentricity  Y Dir - Eccentricity

Ecc. Ratio (All Diaph.):

Overwrite Eccentricities:

Factors

Base Shear Coefficient, C:

Building Height Exp., K:

Story Range

Top Story:

Bottom Story:

Tabla 97. Espectro de respuesta sísmico en el eje X – estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia

**E** Seismic Load Pattern - User Defined

Direction and Eccentricity

X Dir  Y Dir  
 X Dir + Eccentricity  Y Dir + Eccentricity  
 X Dir - Eccentricity  Y Dir - Eccentricity

Ecc. Ratio (All Diaph.):

Overwrite Eccentricities:

Factors

Base Shear Coefficient, C:

Building Height Exp., K:

Story Range

Top Story:

Bottom Story:

Tabla 98. Espectro de respuesta sísmico en el eje Y - estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2.1.5 Combinaciones de carga

|           |            |    |                 |     |
|-----------|------------|----|-----------------|-----|
| Comb5DY   | Linear Add | No | Carga Muerta    | 1.2 |
| Comb5DY   |            |    | Sobrecarga      | 1.2 |
| Comb5DY   |            |    | Dy              | 1   |
| Comb5DY   |            |    | Carga Viva d... | 1   |
| Comb5DY-  | Linear Add | No | Carga Muerta    | 1.2 |
| Comb5DY-  |            |    | Sobrecarga      | 1.2 |
| Comb5DY-  |            |    | Dy              | -1  |
| Comb5DY-  |            |    | Carga Viva d... | 1   |
| Comb5SX   | Linear Add | No | Carga Muerta    | 1.2 |
| Comb5SX   |            |    | Sobrecarga      | 1.2 |
| Comb5SX   |            |    | Sismo X         | 1   |
| Comb5SX   |            |    | Carga Viva d... | 1   |
| Comb5SX-  | Linear Add | No | Carga Muerta    | 1.2 |
| Comb5SX-  |            |    | Sobrecarga      | 1.2 |
| Comb5SX-  |            |    | Sismo X         | -1  |
| Comb5SX-  |            |    | Carga Viva d... | 1   |
| Comb5SY   | Linear Add | No | Carga Muerta    | 1.2 |
| Comb5SY   |            |    | Sobrecarga      | 1.2 |
| Comb5SY   |            |    | Sismo Y         | 1   |
| Comb5SY   |            |    | Carga Viva d... | 1   |
| Comb5SY-  | Linear Add | No | Carga Muerta    | 1.2 |
| Comb5SY-  |            |    | Sobrecarga      | 1.2 |
| Comb5SY-  |            |    | Sismo Y         | -1  |
| Comb5SY-  |            |    | Carga Viva d... | 1   |
| Comb6     | Linear Add | No | Carga Muerta    | 0.9 |
| Comb6     |            |    | Sobrecarga      | 0.9 |
| Comb7 DX  | Linear Add | No | Carga Muerta    | 0.9 |
| Comb7 DX  |            |    | Sobrecarga      | 0.9 |
| Comb7 DX  |            |    | Dx              | 1   |
| Comb7 DX- | Linear Add | No | Carga Muerta    | 0.9 |
| Comb7 DX- |            |    | Sobrecarga      | 0.9 |
| Comb7 DX- |            |    | Dx              | -1  |
| Comb7 DY  | Linear Add | No | Carga Muerta    | 0.9 |
| Comb7 DY  |            |    | Sobrecarga      | 0.9 |
| Comb7 DY  |            |    | Dy              | 1   |
| Comb7 DY- | Linear Add | No | Carga Muerta    | 0.9 |
| Comb7 DY- |            |    | Sobrecarga      | 0.9 |
| Comb7 DY- |            |    | Dy              | -1  |
| Comb7 SX  | Linear Add | No | Carga Muerta    | 0.9 |
| Comb7 SX  |            |    | Sobrecarga      | 0.9 |
| Comb7 SX  |            |    | Sismo X         | 1   |
| Comb7 SX- | Linear Add | No | Carga Muerta    | 0.9 |
| Comb7 SX- |            |    | Sobrecarga      | 0.9 |
| Comb7 SX- |            |    | Sismo X         | -1  |
| Comb7 SY  | Linear Add | No | Carga Muerta    | 0.9 |
| Comb7 SY  |            |    | Sobrecarga      | 0.9 |
| Comb7 SY  |            |    | Sismo Y         | 1   |
| Comb7 SY- | Linear Add | No | Carga Muerta    | 0.9 |
| Comb7 SY- |            |    | Sobrecarga      | 0.9 |
| Comb7 SY- |            |    | Sismo Y         | -1  |

Tabla 99. Combinaciones de carga– estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2.1.6 Derivas de piso

Para comprobación se toma en cuenta la Tabla 5. Valores máximos de derivas de piso.

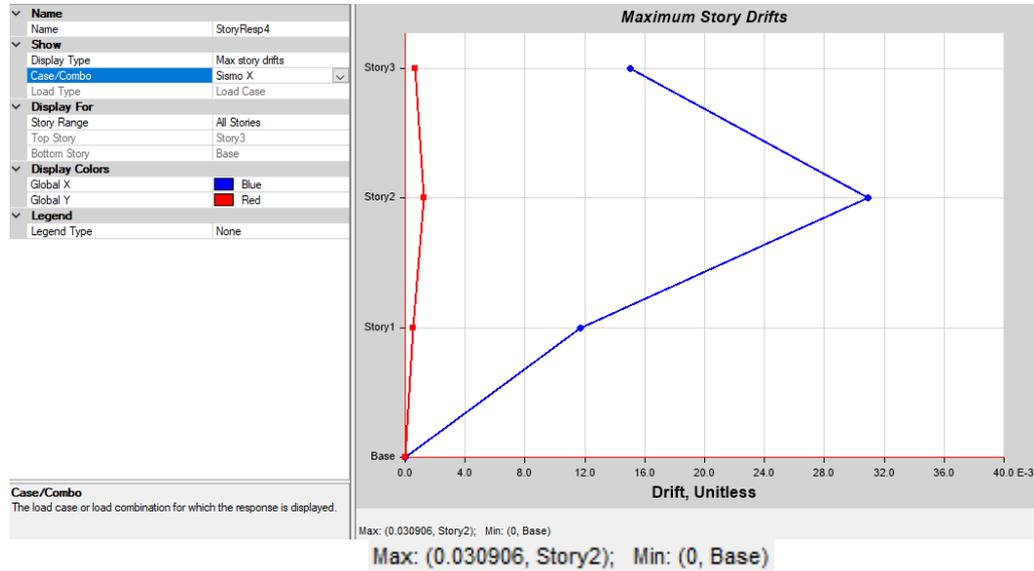


Tabla 100. Deriva elástica en X – estructura de acero – ETABS.

Fuente: Elaboración propia

- Deriva elástica en X = 0.030906
- Deriva inelástica en X:

$$D_{I1} = 0,030906 \times 5 \times 0,75$$

Ecuación 7 – Deriva inelástica.  
Fuente: NEC-SE-DS

$$D_{I1} = 0.1158 > 0.02 \text{ No cumple condición de diseño}$$

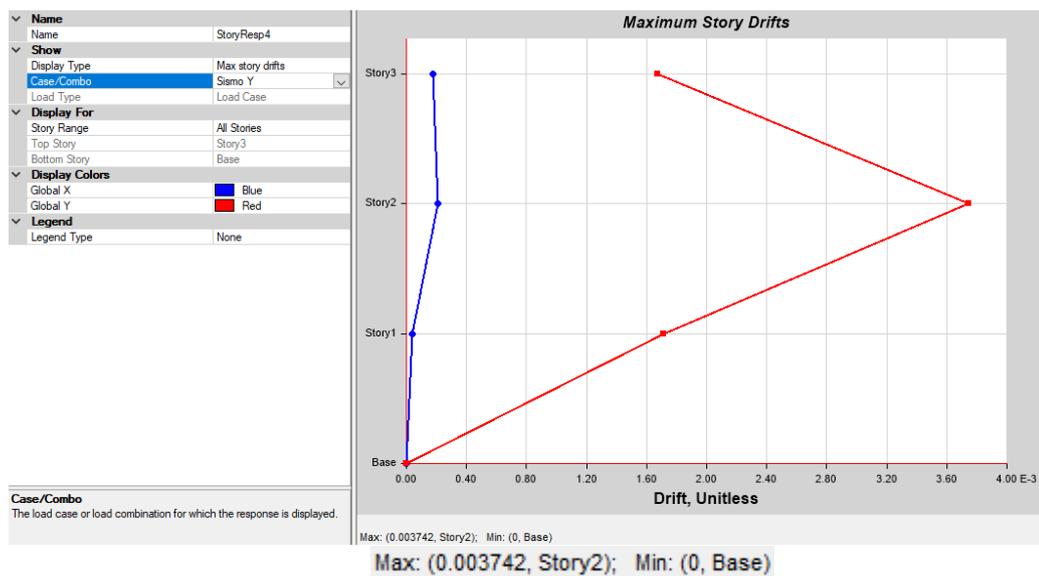


Tabla 101. Deriva elástica en Y – estructura de acero – ETABS.

Fuente: Elaboración propia

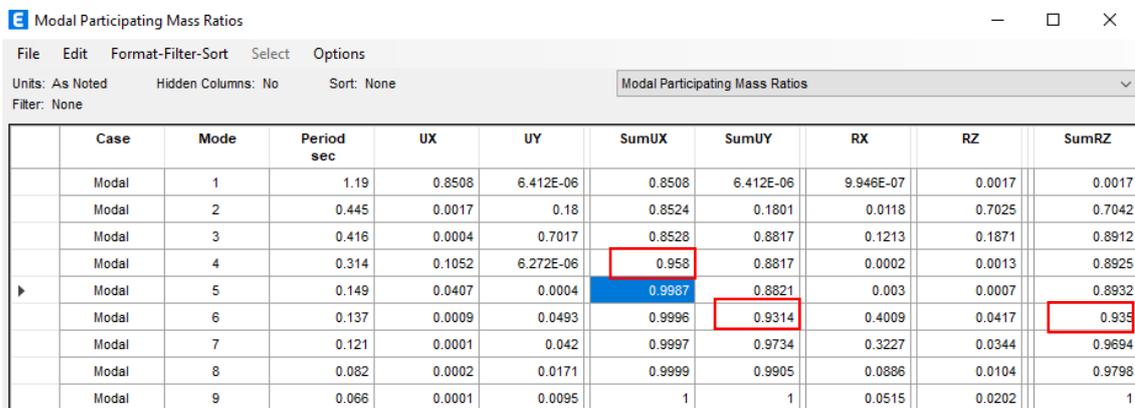
- Deriva elástica en Y = 0,003742
- Deriva inelástica en Y:

$$D_{I1} = 0,003742 \times 5 \times 0,75 \quad \text{Ecuación 7 – Deriva inelástica. Fuente: NEC-SE-DS}$$

$$D_{I1} = 0.014 < 0.02$$

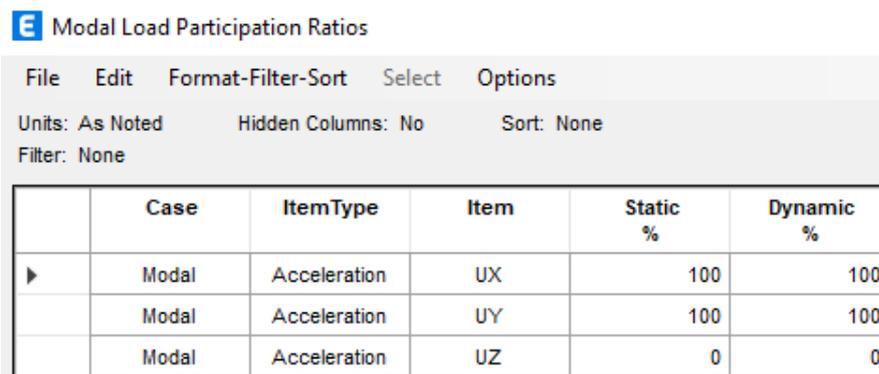
### 3.1.2.1.7 Modos de vibración

Se calcula los modos y períodos de vibración de la estructura, donde las masas modales son más del 90% de la masa participativa modal del sismo en la dirección horizontal.



| Case  | Mode | Period sec | UX     | UY        | SumUX  | SumUY     | RX        | RZ     | SumRZ  |
|-------|------|------------|--------|-----------|--------|-----------|-----------|--------|--------|
| Modal | 1    | 1.19       | 0.8508 | 6.412E-06 | 0.8508 | 6.412E-06 | 9.946E-07 | 0.0017 | 0.0017 |
| Modal | 2    | 0.445      | 0.0017 | 0.18      | 0.8524 | 0.1801    | 0.0118    | 0.7025 | 0.7042 |
| Modal | 3    | 0.416      | 0.0004 | 0.7017    | 0.8528 | 0.8817    | 0.1213    | 0.1871 | 0.8912 |
| Modal | 4    | 0.314      | 0.1052 | 6.272E-06 | 0.958  | 0.8817    | 0.0002    | 0.0013 | 0.8925 |
| Modal | 5    | 0.149      | 0.0407 | 0.0004    | 0.9987 | 0.8821    | 0.003     | 0.0007 | 0.8932 |
| Modal | 6    | 0.137      | 0.0009 | 0.0493    | 0.9996 | 0.9314    | 0.4009    | 0.0417 | 0.935  |
| Modal | 7    | 0.121      | 0.0001 | 0.042     | 0.9997 | 0.9734    | 0.3227    | 0.0344 | 0.9694 |
| Modal | 8    | 0.082      | 0.0002 | 0.0171    | 0.9999 | 0.9905    | 0.0886    | 0.0104 | 0.9798 |
| Modal | 9    | 0.066      | 0.0001 | 0.0095    | 1      | 1         | 0.0515    | 0.0202 | 1      |

Tabla 102. Participación modal de masas – estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia



| Case  | ItemType     | Item | Static % | Dynamic % |
|-------|--------------|------|----------|-----------|
| Modal | Acceleration | UX   | 100      | 100       |
| Modal | Acceleration | UY   | 100      | 100       |
| Modal | Acceleration | UZ   | 0        | 0         |

Tabla 93. Carga de participación modal – estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2.1.8 Período dinámico

**E** Modal Periods And Frequencies

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None Modal Periods

Filter: None

|   | Case  | Mode | Period sec | Frequency cyc/sec | CircFreq rad/sec | Eigenvalue rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup> |
|---|-------|------|------------|-------------------|------------------|---|
| ▶ | Modal | 1    | 1.19       | 0.841             | 5.2817           | 27.8963                                       |
|   | Modal | 2    | 0.445      | 2.247             | 14.1158          | 199.255                                       |
|   | Modal | 3    | 0.416      | 2.406             | 15.1203          | 228.6236                                      |
|   | Modal | 4    | 0.314      | 3.189             | 20.0376          | 401.5038                                      |
|   | Modal | 5    | 0.149      | 6.721             | 42.2296          | 1783.3432                                     |
|   | Modal | 6    | 0.137      | 7.303             | 45.8892          | 2105.8173                                     |
|   | Modal | 7    | 0.121      | 8.261             | 51.908           | 2694.4447                                     |
|   | Modal | 8    | 0.082      | 12.257            | 77.0144          | 5931.2177                                     |
|   | Modal | 9    | 0.066      | 15.131            | 95.0707          | 9038.4298                                     |

Tabla 104. Período dinámico – estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia

El período dinámico debe ser menor a 1.3 veces el período estático.

$Comprobación = T \text{ dinámico} / T \text{ estático}$  Ecuación 8. Comprobación de período

**T estático**= 0.384050806 seg

**T dinámico**= 1.19 seg

**Comprobación** = 1.19 / 0.3840 = 3.099

*3.099 > 1.3 No cumple condición de diseño*

### 3.1.2.1.9 Ratio Torsión

Los rangos deben cumplir con el siguiente criterio de diseño:

- Deseable: < 1.2
- Máximo: < 1.4

**E** Diaphragm Max Over Avg Drifts

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None Diaphragm Max Over Avg Drifts

Filter: ([Output Case] = 'Sismo X' OR [Output Case] = 'Sismo Y')

|   | Story  | Output Case | Case Type | Item       | Max Drift | Avg Drift | Ratio |
|---|--------|-------------|-----------|------------|-----------|-----------|-------|
| ▶ | Story3 | Sismo X     | LinStatic | Diaph D3 X | 0.015044  | 0.014075  | 1.069 |
|   | Story3 | Sismo Y     | LinStatic | Diaph D3 Y | 0.001674  | 0.001581  | 1.059 |
|   | Story2 | Sismo X     | LinStatic | Diaph D2 X | 0.030906  | 0.02379   | 1.299 |
|   | Story2 | Sismo Y     | LinStatic | Diaph D2 Y | 0.003742  | 0.00283   | 1.322 |
|   | Story1 | Sismo X     | LinStatic | Diaph D1 X | 0.011718  | 0.011056  | 1.06  |
|   | Story1 | Sismo Y     | LinStatic | Diaph D1 Y | 0.001713  | 0.001682  | 1.019 |

Tabla 105. Ratio torsión – estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2.1.10 Primer y segundo modo traslacional y rotacional

**E** Modal Participating Mass Ratios

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None

Filter: None

|   | Case  | Mode | Period<br>sec | UX     | UY        |
|---|-------|------|---------------|--------|-----------|
| ▶ | Modal | 1    | 1.19          | 0.8508 | 6.412E-06 |
|   | Modal | 2    | 0.445         | 0.0017 | 0.18      |

Tabla 106. Traslación – estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia

Comprobación:

- Modo 1 (eje X): valores UY cercanos a cero;  $6.41E-06 \sim 0$
- Modo 2 (eje Y): valores UX igual a cero;  $0,0017 \sim 0$

**E** Modal Participating Mass Ratios

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None

Filter: None

|   | Case  | Mode | Period<br>sec |  | RZ     | SumRZ  |
|---|-------|------|---------------|--|--------|--------|
| ▶ | Modal | 1    | 1.19          |  | 0.0017 | 0.0017 |
|   | Modal | 2    | 0.445         |  | 0.7025 | 0.7042 |
|   | Modal | 3    | 0.416         |  | 0.1871 | 0.8912 |

Tabla 107. Rotación – estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia

Comprobación:

*Criterio de diseño* =  $RZ \times 100$  Ecuación 9. Comprobación rotación

- Modo 1 (eje X)  $< 5\% = 0.0017 \times 100 = 0.17\% < 5\%$
- Modo 2 (eje Y):  $< 20\% = 0.7042 \times 100 = 70.42\% > 20\%$  *No cumple criterio de diseño*
- Modo 3 = 0.8912 (ya existe rotación)

### 3.1.2.1.11 Escalamiento cortante

El cortante dinámico debe alcanzar al menos el 80% del cortante estático.

Peso total de estructura= 386.0337 Ton  
*Peso total estructura = Carga muerta + sobrecarga*  
 Ecuación 10 – Peso total de estructura.  
 Fuente: Curso Dinámica estructural UISEK

Cortante Basal Inicial (V)= 0.2645333

Fuerza horizontal calculada (Vo)= 102.12 Ton  
*Vo = Peso total estructura x V*  
 Ecuación 11 – Fuerza horizontal.  
 Fuente: Curso Dinámica estructural UISEK

|                | EJE X-X | EJE Y-Y | Resultante  |
|----------------|---------|---------|-------------|
| Fuerza Dx (F)= | 51.9891 | 1.4807  | 52.01018161 |
| Fuerza Dy (F)= | 1.4807  | 85.0527 | 85.06558793 |

$$Resultante = \sqrt{D1 F1^2 + D1F2^2}$$

Ecuación 12 – Resultante  
 Fuente: Curso Dinámica estructural UISEK

%sismo (Dinámico/Estático) ( $\epsilon$ )= 50.93%  
 $(\epsilon) = Resultante / Vo$

83.30%

Ecuación 13 – Porcentaje sismo dinámico / estático. Fuente: Curso Dinámica estructural UISEK

Comprobación **<80%**  
 Factor de corrección = **15.40388**

**>80%**

$$Factor\ corrección = \frac{Vo}{Resultante} \times 0.8 \times 9.8067$$

Ecuación 14 – Factor de corrección escalamiento. Fuente: Curso Dinámica estructural UISEK

Valor ingresado = 15.50

|  | EJE X-X        | EJE Y-Y        | Resultante  |
|--|----------------|----------------|-------------|
| Fuerza Dx (F)=                             | 82.1715        | 2.3403         | 82.20481991 |
| Fuerza Dy (F)=                             | 1.4807         | 85.0527        | 85.06558793 |
| %sismo (Dinamico/Estatico) ( $\epsilon$ )= | <b>80.50%</b>  | <b>83.30%</b>  |             |
| Comprobación                               | <b>&gt;80%</b> | <b>&gt;80%</b> |             |

**E** Load Case Data

**General**

Load Case Name:  Design...

Load Case Type: Response Spectrum Notes...

Mass Source: Previous (MASA)

Analysis Model: Default

---

**Loads Applied**

| Load Type    | Load Name | Function    | Scale Factor |
|--------------|-----------|-------------|--------------|
| Acceleration | U1        | espectro R5 | 15.5         |

+ Add - Delete  Advanced

---

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms Modify/Show...

Tabla 108. Dinámico X – estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia

**E** Load Case Data

**General**

Load Case Name:  Design...

Load Case Type: Response Spectrum Notes...

Mass Source: Previous (MASA)

Analysis Model: Default

---

**Loads Applied**

| Load Type    | Load Name | Function    | Scale Factor |
|--------------|-----------|-------------|--------------|
| Acceleration | U2        | espectro R5 | 9.8067       |

+ Add - Delete  Advanced

---

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms Modify/Show...

Tabla 109. Dinámico Y – estructura metálica – ETABS. Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2.1.12 Reacciones en la base

#### E Base Reactions

| Output Case     | Case Type   | Step Type | FX tonf   | FY tonf   | FZ tonf  |
|-----------------|-------------|-----------|-----------|-----------|----------|
| Dead            | LinStatic   |           | 0         | 0         | 341.2627 |
| Live            | LinStatic   |           | 0         | 0         | 17.852   |
| Sobrecarga n... | LinStatic   |           | 0         | 0         | 44.771   |
| Sismo X         | LinStatic   |           | -101.5994 | 0         | 0        |
| Sismo Y         | LinStatic   |           | 0         | -101.5994 | 0        |
| Dx              | LinRespSpec | Max       | 82.1715   | 2.3403    | 0        |
| Dy              | LinRespSpec | Max       | 1.4807    | 85.0527   | 0        |

Tabla 110. Reacciones en la base – estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2.1.13 Comprobaciones de diseño

- Vigas principales – *No cumple condición de diseño, valores > 1*

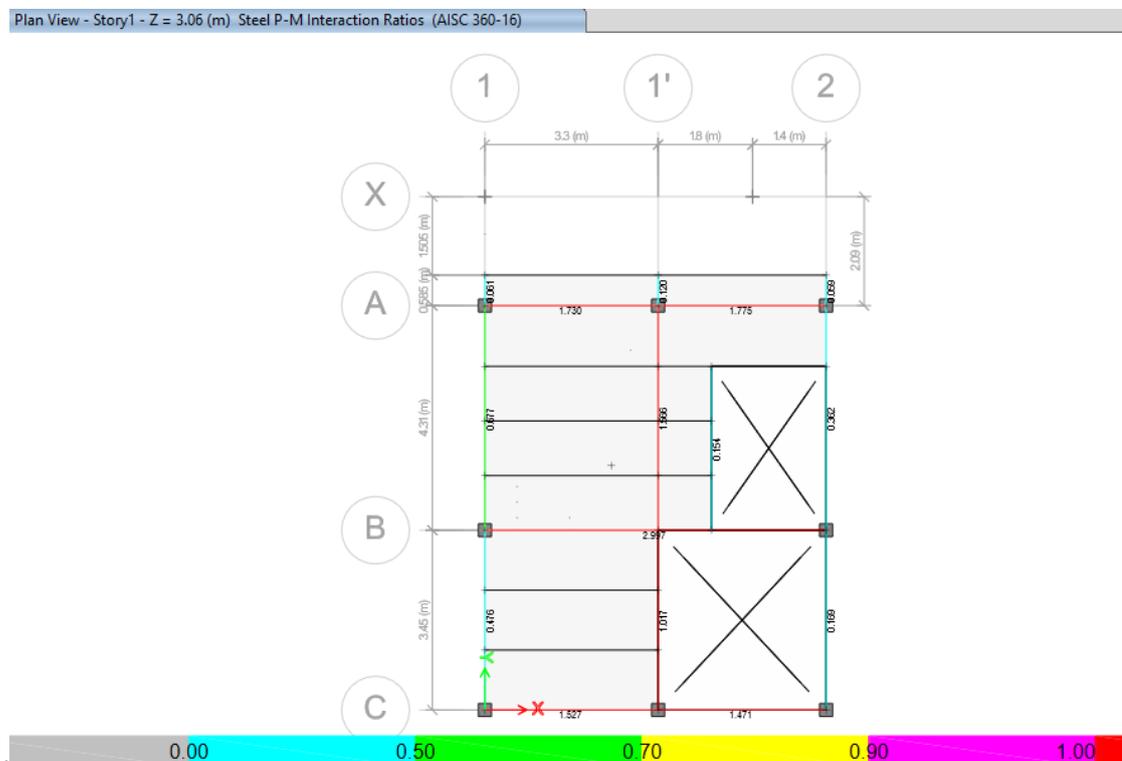


Figura 31. Comprobación de diseño de vigas principales Nivel -7.25 - estructura de acero – ETABS/ Fuente: Elaboración propia

Plan View - Story2 - Z = 6.12 (m) Steel P-M Interaction Ratios (AISC 360-16)

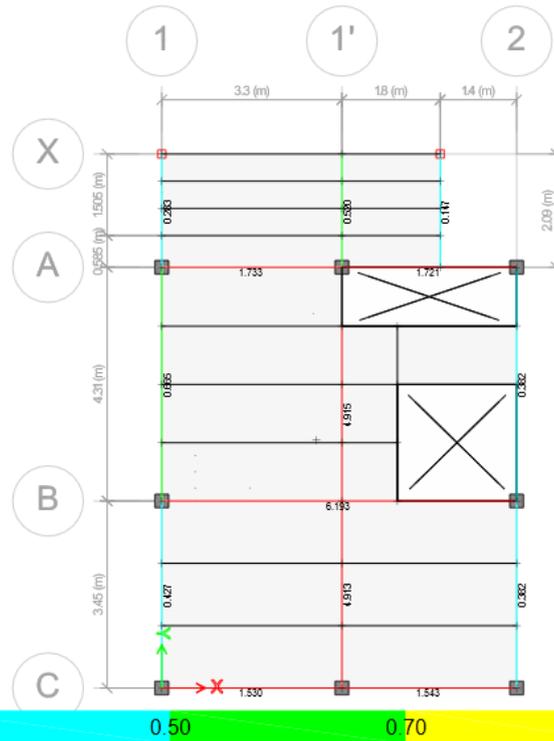


Figura 32. Comprobación de diseño de vigas principales Nivel -4.19 - estructura de acero – ETABS

Plan View - Story3 - Z = 9.18 (m) Steel P-M Interaction Ratios (AISC 360-16)

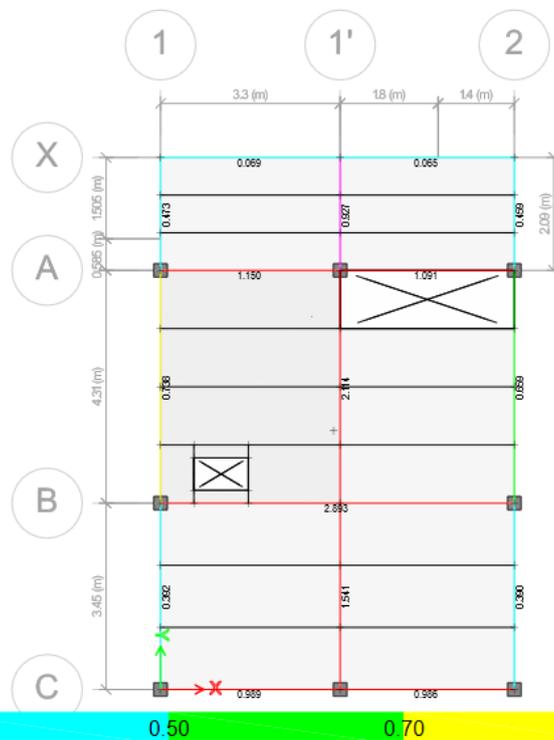


Figura 33. Comprobación de diseño de vigas principales Nivel -1.13- estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia

- Vigas secundarias – *No cumple condición de diseño, valores > 1*

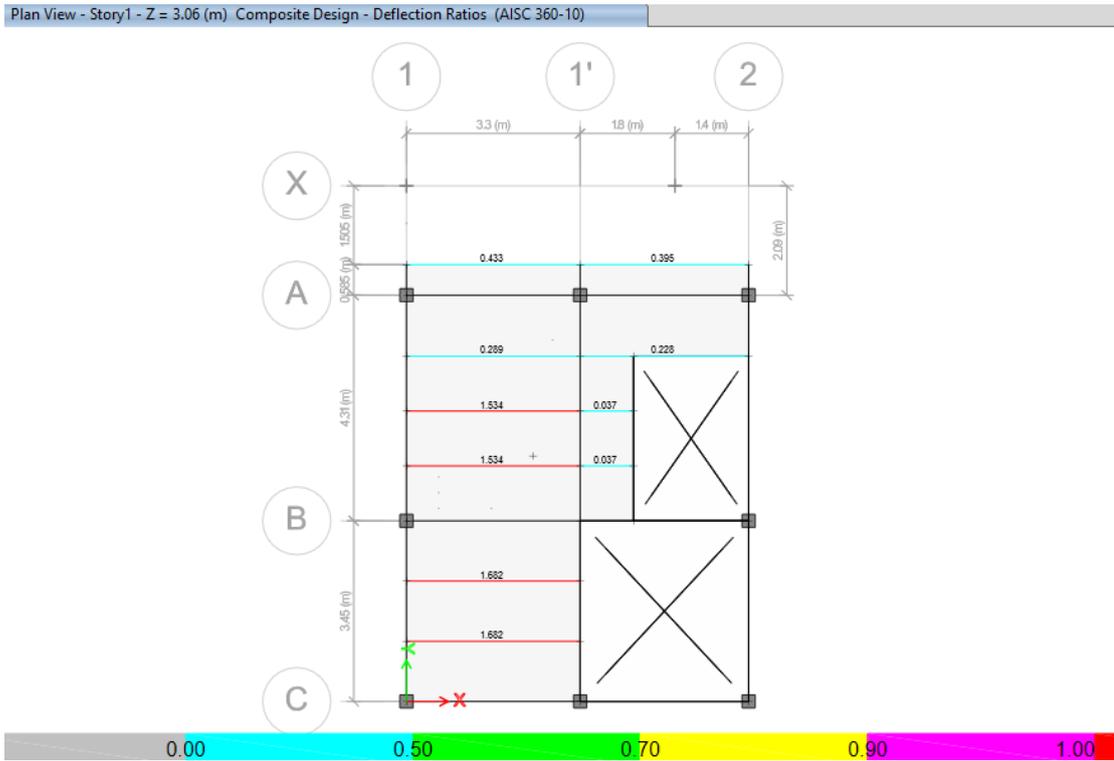


Figura 34. Comprobación de diseño vigas secundarias Nivel -7.25 - estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia

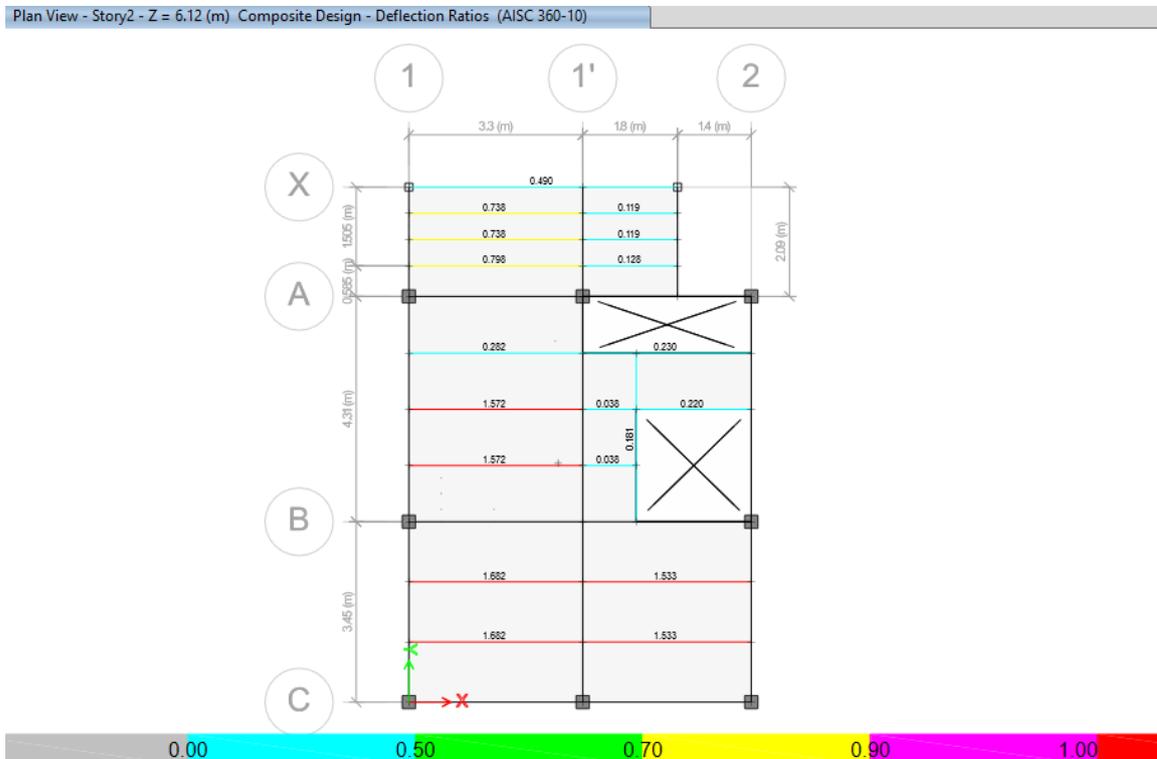


Figura 35. Comprobación de diseño vigas secundarias Nivel -4.19 - estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia

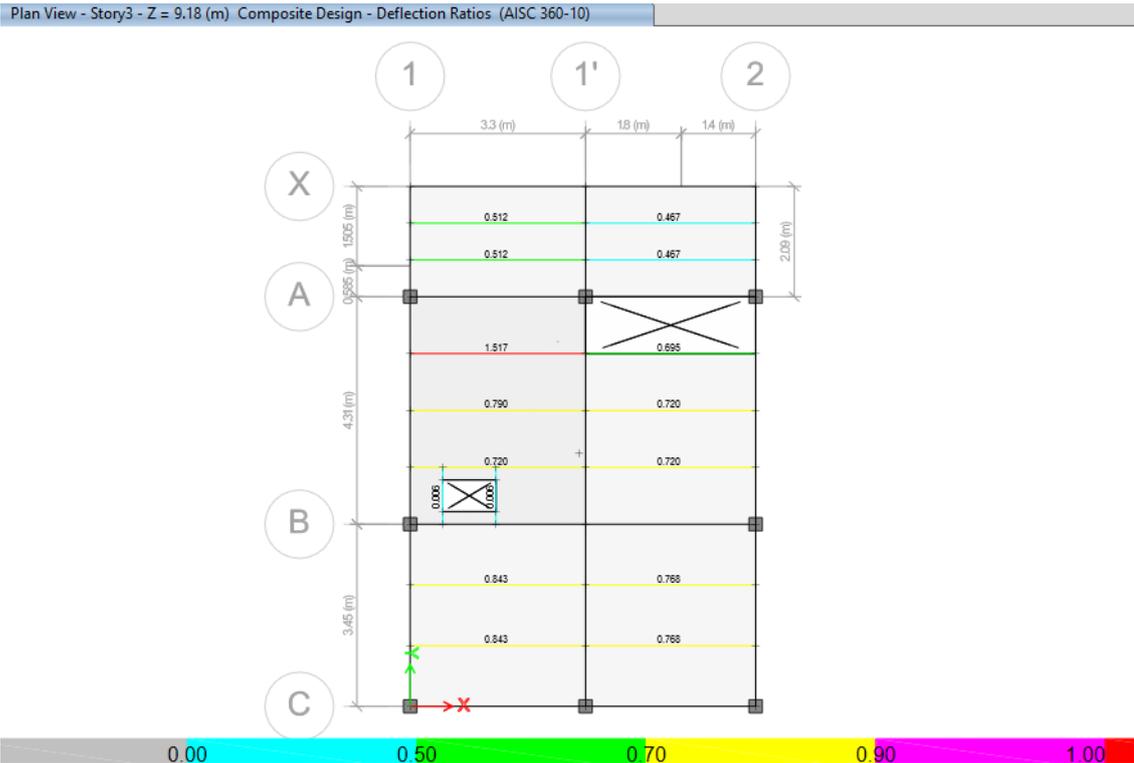


Figura 36. Comprobación de diseño vigas secundarias Nivel -1.13 - estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia

- Columnas - *No cumple condición de diseño, valores > 0.95*

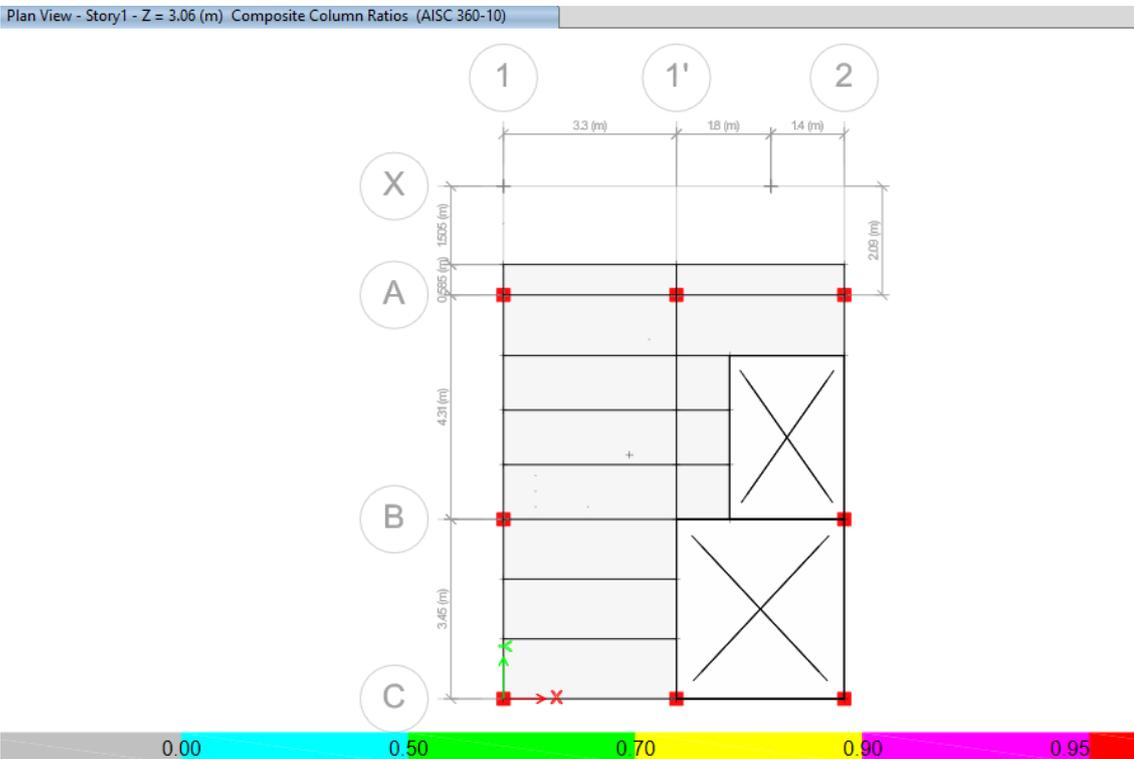


Figura 37. Comprobación de diseño columnas Nivel -7.25 - estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia

Plan View - Story2 - Z = 6.12 (m) Composite Column Ratios (AISC 360-10)

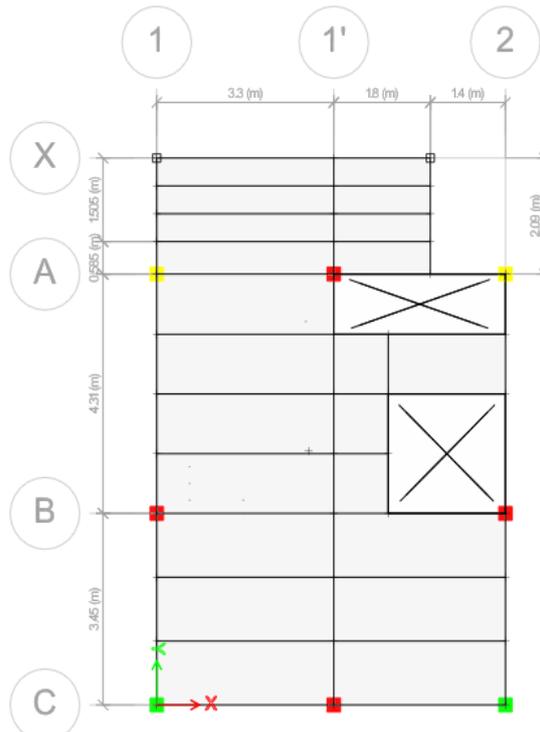


Figura 38. Comprobación de diseño columnas Nivel -4.19 - estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia

Plan View - Story3 - Z = 9.18 (m) Composite Column Ratios (AISC 360-10)

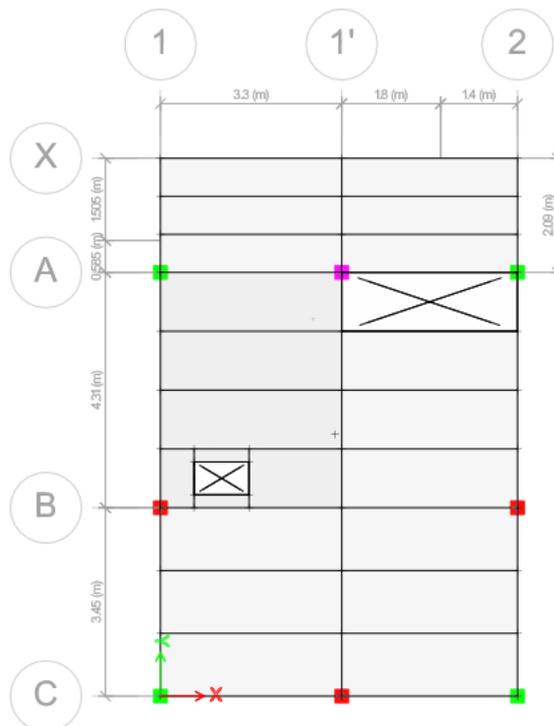


Figura 39. Comprobación de diseño columnas Nivel -1.13 - estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia

- Arriostramiento *No cumple condición de diseño, valores > 1*

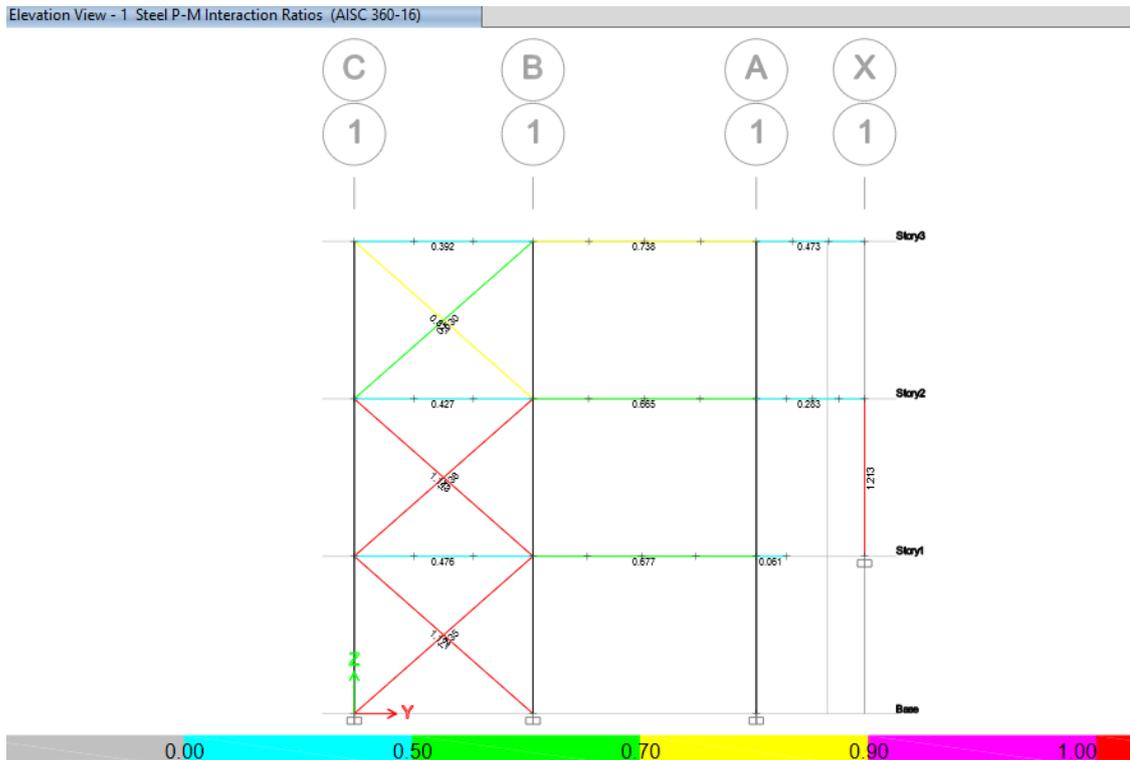


Figura 40. Comprobación de arriostramiento eje 1 - estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia

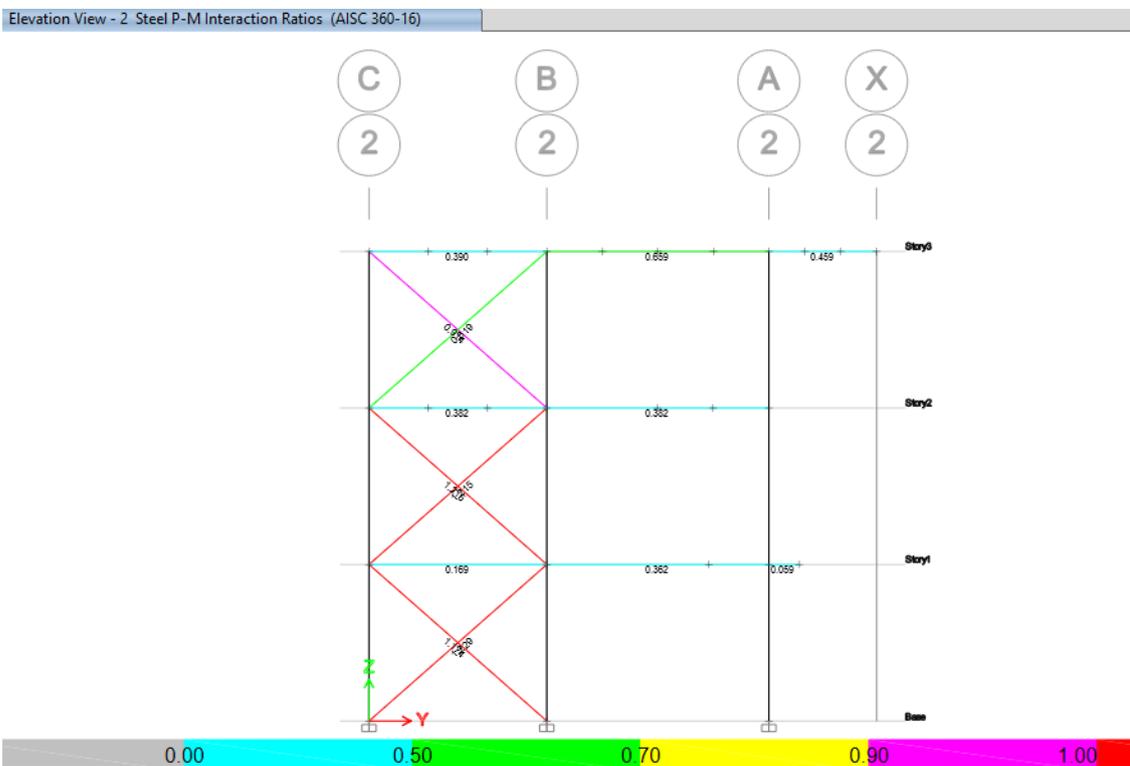


Figura 41. Comprobación de arriostramiento eje 2 - estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2.2 Rediseño estructura de acero

Dados los resultados obtenidos del diseño base, se realiza el rediseño de la estructura con el fin de que cumpla con parámetros y criterios de diseño.

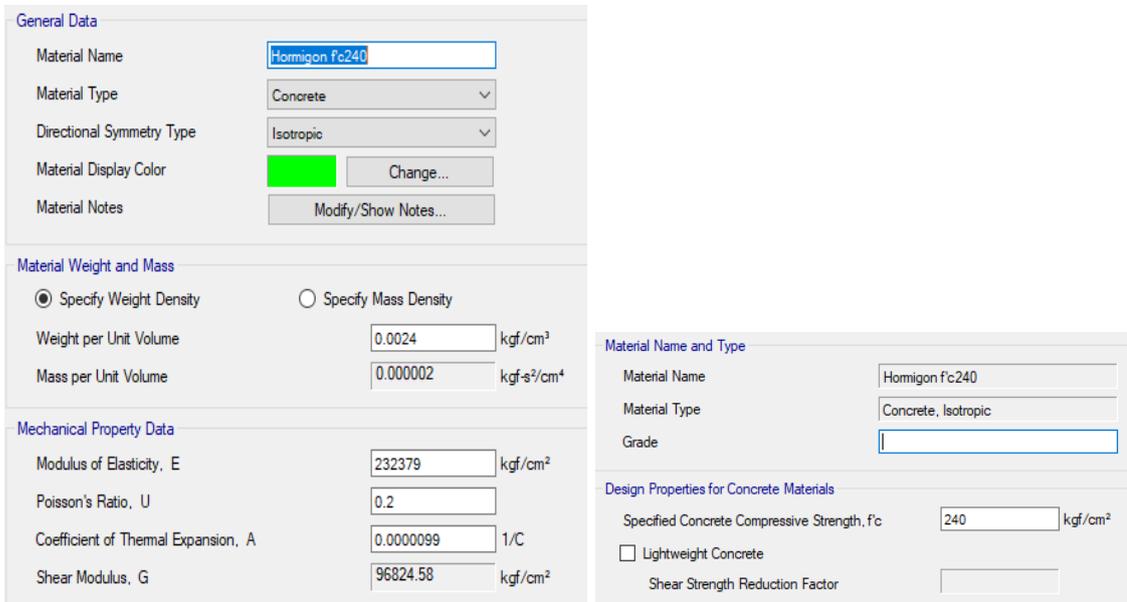
#### 3.1.2.2.1 Materiales

- Hormigón:

Peso específico = 0.0024 kg/cm<sup>3</sup>

Resistencia a los 28 días = 240 kg/cm<sup>2</sup>

Módulo de elasticidad = 232379 kg/cm<sup>2</sup>



The image shows a screenshot of the ETABS software interface for defining material properties for concrete. The dialog is divided into several sections:

- General Data:**
  - Material Name: Hormigon f'c240
  - Material Type: Concrete
  - Directional Symmetry Type: Isotropic
  - Material Display Color: Green (with a 'Change...' button)
  - Material Notes: (with a 'Modify/Show Notes...' button)
- Material Weight and Mass:**
  - Specify Weight Density
  - Specify Mass Density
  - Weight per Unit Volume: 0.0024 kgf/cm<sup>3</sup>
  - Mass per Unit Volume: 0.000002 kgf-s<sup>2</sup>/cm<sup>4</sup>
- Mechanical Property Data:**
  - Modulus of Elasticity, E: 232379 kgf/cm<sup>2</sup>
  - Poisson's Ratio, U: 0.2
  - Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C
  - Shear Modulus, G: 96824.58 kgf/cm<sup>2</sup>
- Material Name and Type:**
  - Material Name: Hormigon f'c240
  - Material Type: Concrete, Isotropic
  - Grade: (empty field)
- Design Properties for Concrete Materials:**
  - Specified Concrete Compressive Strength, f'c: 240 kgf/cm<sup>2</sup>
  - Lightweight Concrete
  - Shear Strength Reduction Factor: (empty field)

Tabla 111. Hormigón losas deck – rediseño estructura de acero – ETABS.

Fuente: Elaboración propia.

- Acero estructural A572 GR50

Peso específico: 0.00785 kg/cm<sup>3</sup>

Límite de fluencia: Fy= 3520 kg/cm<sup>2</sup>

Módulo de elasticidad: Es= 2100000 kg/cm<sup>2</sup>

**E** Material Property Data

**General Data**

Material Name: Acero estructural A572GR50

Material Type: Steel

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Color Selection] Change...

Material Notes: [Text Area] Modify/Show Notes...

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density  Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 0.00785 kgf/cm<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume: 0.000008 kgf-s<sup>2</sup>/cm<sup>4</sup>

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 2100000 kgf/cm<sup>2</sup>

Poisson's Ratio, U: 0.3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C

Shear Modulus, G: 807692.31 kgf/cm<sup>2</sup>

**E** Material Property Design Data

**Material Name and Type**

Material Name: Acero estructural A572GR50

Material Type: Steel, Isotropic

Grade: [Text Field]

**Design Properties for Steel Materials**

Minimum Yield Stress, Fy: 3520 kgf/cm<sup>2</sup>

Minimum Tensile Strength, Fu: 4570 kgf/cm<sup>2</sup>

Expected Yield Stress, Fye: 3872 kgf/cm<sup>2</sup>

Effective Tensile Strength, Fue: 5027 kgf/cm<sup>2</sup>

Tabla 112. Acero estructural - rediseño estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.2.2.2. Secciones

- Columnas

**E** Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name: C350x200x15

Material: Acero estructural A572GR50

Display Color: [Color Selection] Change...

Notes: [Text Area] Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Filled Steel Tube

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Total Depth: 35 cm

Total Width: 20 cm

Flange Thickness: 1.5 cm

Web Thickness: 1.5 cm

Comer Radius: 0 cm

[Show Section Properties...]

**Property Modifiers**

[Modify/Show Modifiers...]  
Currently Default

**Reinforcement**

[Modify/Show Rebar...]

**Fill**

Fill Material: Hormigon f'c240

[OK] [Cancel]

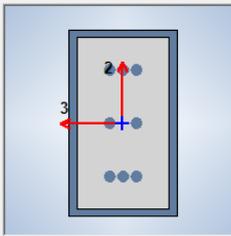
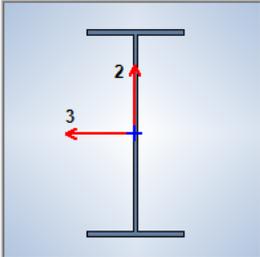


Tabla 113. Columna 350x200x15 - rediseño estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia.

- Vigas

**E** Frame Section Property Data

| General Data            |  |
|-------------------------|--|
| Property Name           | VI 160x10 - 350x5  |
| Material                | Acero estructural A572GR50   |
| Display Color           | <span style="background-color: blue; color: white;"> </span> Change... |
| Notes                   | Modify/Show Notes...   |
| Shape                   |  |
| Section Shape           | Steel I/Wide Flange  |
| Section Property Source |  |
| Source:                 | User Defined   |
| Section Dimensions      |  |
| Total Depth             | 35 cm  |
| Top Flange Width        | 16 cm  |
| Top Flange Thickness    | 1 cm   |
| Web Thickness           | 0.5 cm   |
| Bottom Flange Width     | 16 cm  |
| Bottom Flange Thickness | 1 cm   |
| Fillet Radius           | 0 cm   |



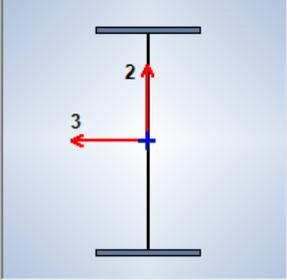
Property Modifiers  
Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

OK

Tabla 114. Viga principal 160x10; 350x5 - rediseño estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia

**E** Frame Section Property Data

| General Data            |  |
|-------------------------|--|
| Property Name           | VI 200X12 450X5  |
| Material                | Acero estructural A572GR50   |
| Display Color           | <span style="background-color: gray; color: white;"> </span> Change... |
| Notes                   | Modify/Show Notes...   |
| Shape                   |  |
| Section Shape           | Steel I/Wide Flange  |
| Section Property Source |  |
| Source:                 | User Defined   |
| Section Dimensions      |  |
| Total Depth             | 45 cm  |
| Top Flange Width        | 20 cm  |
| Top Flange Thickness    | 1.2 cm   |
| Web Thickness           | 0.5 cm   |
| Bottom Flange Width     | 20 cm  |
| Bottom Flange Thickness | 1.2 cm   |
| Fillet Radius           | 0 cm   |



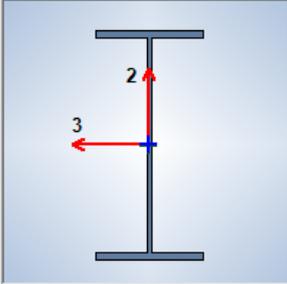
Property Modifiers  
Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

OK

Tabla 115. Viga principal eje 1', 200x12; 450x5 - rediseño estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia

**E** Frame Section Property Data

| General Data            |  |
|-------------------------|--|
| Property Name           | VI-3 160x12 350x5  |
| Material                | Acero estructural A572GR50   |
| Display Color           | <span style="background-color: blue; color: white;"> </span> Change... |
| Notes                   | Modify/Show Notes...   |
| Shape                   |  |
| Section Shape           | Steel I/Wide Flange  |
| Section Property Source |  |
| Source:                 | User Defined   |
| Section Dimensions      |  |
| Total Depth             | 35 cm  |
| Top Flange Width        | 16 cm  |
| Top Flange Thickness    | 1.2 cm   |
| Web Thickness           | 0.5 cm   |
| Bottom Flange Width     | 16 cm  |
| Bottom Flange Thickness | 1.2 cm   |
| Fillet Radius           | 0 cm   |



Property Modifiers

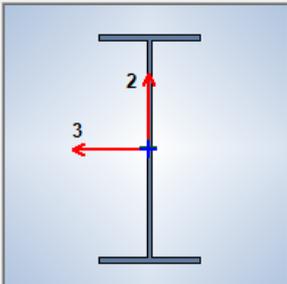
Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

OK

Tabla 116. Viga principal story 3 eje 1'de A - X, 160x12; 350x5 - rediseño estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia

**E** Frame Section Property Data

| General Data            |  |
|-------------------------|--|
| Property Name           | VS 100X7 - 230X4   |
| Material                | Acero estructural A572GR50   |
| Display Color           | <span style="background-color: gray; color: white;"> </span> Change... |
| Notes                   | Modify/Show Notes...   |
| Shape                   |  |
| Section Shape           | Steel I/Wide Flange  |
| Section Property Source |  |
| Source:                 | User Defined   |
| Section Dimensions      |  |
| Total Depth             | 23 cm  |
| Top Flange Width        | 10 cm  |
| Top Flange Thickness    | 0.7 cm   |
| Web Thickness           | 0.4 cm   |
| Bottom Flange Width     | 10 cm  |
| Bottom Flange Thickness | 0.7 cm   |
| Fillet Radius           | 0 cm   |



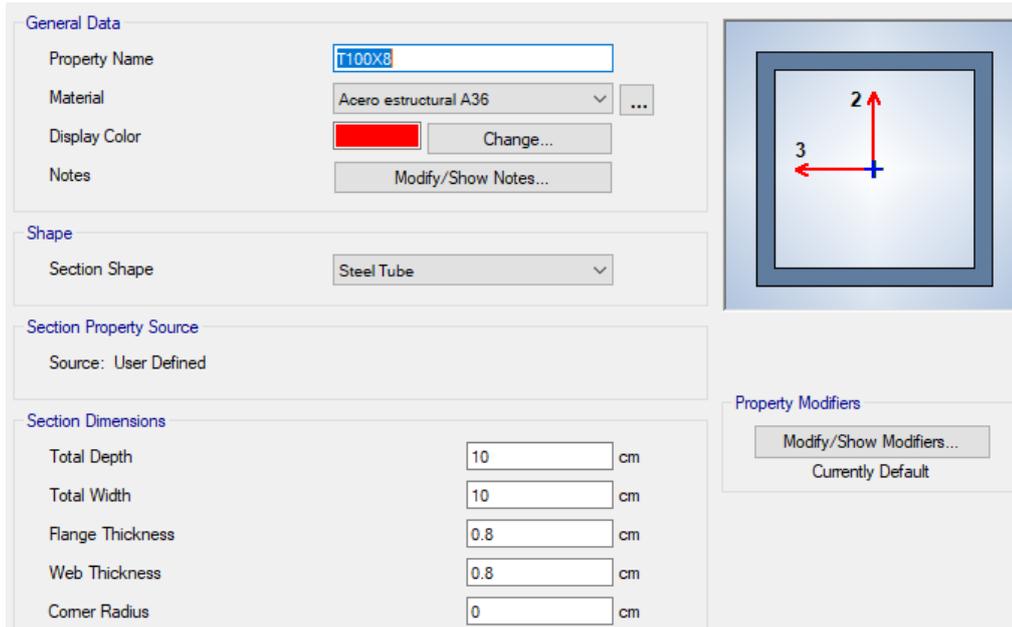
Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

OK

Tabla 117. Viga secundaria 100x7; 230x4 - rediseño estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia

- Arriostramiento



**General Data**

Property Name: T100X8

Material: Acero estructural A36

Display Color: █ Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Steel Tube

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Total Depth: 10 cm

Total Width: 10 cm

Flange Thickness: 0.8 cm

Web Thickness: 0.8 cm

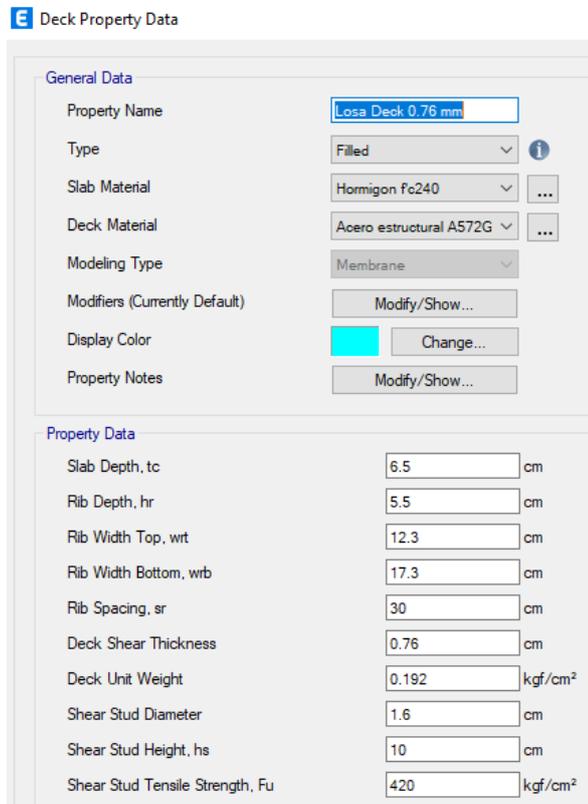
Corner Radius: 0 cm

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

Tabla 118. Arriostramiento 100x100x8 - rediseño estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia

- Losa tipo Deck



**Deck Property Data**

**General Data**

Property Name: Losa Deck 0.76 mm

Type: Filled

Slab Material: Hormigon fc240

Deck Material: Acero estructural A572G

Modeling Type: Membrane

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color: █ Change...

Property Notes: Modify/Show...

**Property Data**

Slab Depth, tc: 6.5 cm

Rib Depth, hr: 5.5 cm

Rib Width Top, wrt: 12.3 cm

Rib Width Bottom, wrb: 17.3 cm

Rib Spacing, sr: 30 cm

Deck Shear Thickness: 0.76 cm

Deck Unit Weight: 0.192 kgf/cm<sup>2</sup>

Shear Stud Diameter: 1.6 cm

Shear Stud Height, hs: 10 cm

Shear Stud Tensile Strength, Fu: 420 kgf/cm<sup>2</sup>

Tabla 119. Deck - estructura de acero - rediseño estructura de acero – ETABS. Fuente:  
Elaboración propia

### 3.1.2.2.3 Cargas

| Load Case Name            | Load Case Type    |
|---------------------------|-------------------|
| Modal                     | Modal - Eigen     |
| Dead                      | Linear Static     |
| Live                      | Linear Static     |
| Sobrecarga no estructural | Linear Static     |
| Carga Viva Cubierta       | Linear Static     |
| Sismo X                   | Linear Static     |
| Sismo Y                   | Linear Static     |
| Dx                        | Response Spectrum |
| Dy                        | Response Spectrum |

Tabla 120. Estados de carga - rediseño estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia

- Dead (Carga muerta) = Peso propio de la estructura
- Live (Carga Viva de entrepiso)
- Carga Viva de Cubierta
- Sobrecarga no estructural = Peso de mampostería y acabados
- Sismo X = Sismo en dirección X
- Sismo Y = Sismo en dirección Y
- DX = Sismo de espectro X
- DY = Sismo de espectro Y

#### E Slab Information

| Object ID                                  | Story | Label | Unique Name |
|--|-------|-------|-------------|
| Story1                                     | F6    | 16    |             |
| GUID: 0ae25844-8337-4d39-9f31-742eb7c3d7cc |       |       |             |

| Object Data   |             |       |
|---|-------------|-------|
| Geometry  | Assignments | Loads |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Load Pattern: Carga Viva Entrepiso</li> <li>Uniform 0.02 kgf/cm<sup>2</sup></li> <li>Load Pattern: Sobrecarga no estructural</li> <li>Uniform 0.03 kgf/cm<sup>2</sup></li> </ul> |             |       |

#### E Slab Information

| Object ID                                  | Story | Label | Unique Name |
|--|-------|-------|-------------|
| Story2                                     | F7    | 12    |             |
| GUID: 60a7e45d-8b0a-4cbe-814d-cc58fd3708ed |       |       |             |

| Object Data   |             |       |
|---|-------------|-------|
| Geometry  | Assignments | Loads |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Load Pattern: Carga Viva Entrepiso</li> <li>Uniform 0.02 kgf/cm<sup>2</sup></li> <li>Load Pattern: Sobrecarga no estructural</li> <li>Uniform 0.03 kgf/cm<sup>2</sup></li> </ul> |             |       |

**E** Slab Information

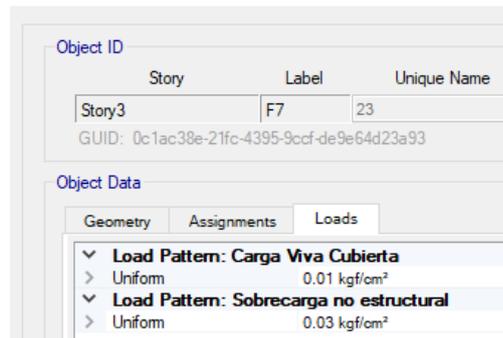


Tabla 121. Cargas adicionales - rediseño estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia

Sobrecarga no estructural = 300 kg/m<sup>2</sup>

Cubierta de entrepiso = 200 kg/m<sup>2</sup>

Cubiertas inaccesibles = 100 kg/m<sup>2</sup>

#### 3.1.2.2.4 Carga sísmica

|                                     |  |      |   |  |  |  |        |  |              |      |     |     |    |   |    |          |      |      |     |      |     |
|-------------------------------------|--|------|---|--|--|--|--------|--|--------------|------|-----|-----|----|---|----|----------|------|------|-----|------|-----|
| <b>Ubicación</b>                    | NAYON                                    |      | <b>N de pisos</b>   |  |  |  | 3      |  |              |      |     |     |    |   |    |          |      |      |     |      |     |
| <b>Factor Z</b>                     | 0.4                                      |      | <b>Altura PB</b>  |  |  |  | 3.06 m |  |              |      |     |     |    |   |    |          |      |      |     |      |     |
| <b>Tipo de uso de la estructura</b> | Otras estructuras                        |      | <b>Altura de entrepiso</b>  |  |  |  | 3.06 m |  |              |      |     |     |    |   |    |          |      |      |     |      |     |
| <b>Factor I</b>                     | 1  |      | <table border="1"> <tr> <td>ZONA SISMICA</td> <td>I</td> <td>II</td> <td>III</td> <td>IV</td> <td>V</td> <td>VI</td> </tr> <tr> <td>FACTOR Z</td> <td>0.15</td> <td>0.25</td> <td>0.3</td> <td>0.35</td> <td>0.4</td> <td>0.5</td> </tr> </table> |  |  |  |        |  | ZONA SISMICA | I    | II  | III | IV | V | VI | FACTOR Z | 0.15 | 0.25 | 0.3 | 0.35 | 0.4 |
| ZONA SISMICA                        | I  | II   |   |  |  |  |        |  | III          | IV   | V   | VI  |    |   |    |          |      |      |     |      |     |
| FACTOR Z                            | 0.15                                     | 0.25 |   |  |  |  |        |  | 0.3          | 0.35 | 0.4 | 0.5 |    |   |    |          |      |      |     |      |     |
| <b>Tipo de suelo</b>                | D  |      |   |  |  |  |        |  |              |      |     |     |    |   |    |          |      |      |     |      |     |
| <b>Zona sísmica</b>                 | V  |      |   |  |  |  |        |  |              |      |     |     |    |   |    |          |      |      |     |      |     |
| <b>Configuración Estructural</b>    | Estructura de acero con arriostramientos |      |   |  |  |  |        |  |              |      |     |     |    |   |    |          |      |      |     |      |     |
| C <sub>t</sub> =                    | 0.073                                    |      |   |  |  |  |        |  |              |      |     |     |    |   |    |          |      |      |     |      |     |
| α=                                  | 0.75                                     |      |   |  |  |  |        |  |              |      |     |     |    |   |    |          |      |      |     |      |     |
| <b>Hmax estructura</b>              | 9.18                                     | m    |   |  |  |  |        |  |              |      |     |     |    |   |    |          |      |      |     |      |     |

Tabla 122. Valores para cálculo de carga sísmica - rediseño estructura de acero. Fuente: NEC-SE-DS

- **Periodo Fundamental de vibración**

$$T = C_t h_n^\alpha$$

Ecuación 1 – Período fundamental de vibración. Fuente: NEC-SE-DS

|                           |              |             |     |
|---------------------------|--------------|-------------|-----|
| Calculado NEC-15          | <b>T=</b>    | 0.384050806 | seg |
| Valor ETABS               | <b>T=</b>    | 0.498       | seg |
| Relación (NEC/ETABS) <1.3 | <b>1.297</b> | OK          |     |

Tabla 123. Cálculo de período fundamental de vibración – rediseño estructura de acero. Fuente: Elaboración propia

- **Cálculo de aceleración**

|            |      |
|------------|------|
| <b>Fa=</b> | 1.2  |
| <b>Fd=</b> | 1.19 |
| <b>Fs=</b> | 1.28 |

Tabla 124. Coeficientes de perfil de suelo – rediseño estructura de acero. Fuente: NEC-SE-DS

$$T_o = 0,1 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

Ecuación 2 – Período fundamental de vibración inicial.  
Fuente: NEC-SE-DS

$$T_c = 0,55 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

Ecuación 3 – Período fundamental de vibración crítico.  
Fuente: NEC-SE-DS

|            |      |     |
|------------|------|-----|
| <b>To=</b> | 0.13 | seg |
| <b>Tc=</b> | 0.70 | seg |

Tabla 125. Cálculo de período fundamental de vibración inicial y crítico – rediseño estructura de acero. Fuente: Elaboración propia

$$S_a = \eta * z * F_a$$

Ecuación 4 – Espectro de respuesta elástico de aceleración para  $0 \leq T \leq T_c$ . Fuente: NEC-SE-DS

$$S_a = \eta * z * F_a \left(\frac{T_c}{T}\right)^r$$

Ecuación 5 – Espectro de respuesta elástico de aceleración para  $T \geq T_c$ . Fuente: NEC-SE-DS

| Razón entre Sa y el PGA | Provincias de la Sierra |
|-------------------------|-------------------------|
| <b>n=</b>               | 2.48                    |
| <b>r=</b>               | 1                       |
| <b>Sa=</b>              | 1.190                   |

Tabla 126. Espectro de respuesta elástico de aceleración – rediseño estructura de acero. Fuente: NEC-SE-DS

- **Factor de reducción de resistencia sísmica (Fuente: NEC-SE-DS)**

Pórticos resistentes a momentos Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas..

|           |   |
|-----------|---|
| <b>R=</b> | 5 |
|-----------|---|

- **Configuración de elevación (Fuente: NEC-SE-DS)**

La altura de entrepiso y la configuración vertical de sistemas aporticados, es constante en todos los niveles

|            |   |
|------------|---|
| <b>fE=</b> | 1 |
|------------|---|

- **Configuración de planta (Fuente: NEC-SE-DS)**

Irregularidad torsional.

|            |     |
|------------|-----|
| <b>fP=</b> | 0.9 |
|------------|-----|

- **Cálculo del cortante Basal**

$$V = \frac{I S a}{R \phi_P \phi_E}$$

Ecuación 6 – Cortante basal de diseño.  
Fuente: NEC-SE-DS

|           |           |     |
|-----------|-----------|-----|
| <b>W=</b> | 1         | Ton |
| <b>V=</b> | 0.2645333 |     |

Tabla 127. Cálculo de cortante – rediseño estructura de acero.  
Fuente: Elaboración propia

- **Distribución vertical de fuerzas sísmicas laterales**

| Valores de T (s) | k             |
|------------------|---------------|
| ≤ 0.5            | 1             |
| 0.5 < T ≤ 2.5    | 0.75 + 0.50 T |
| > 2.5            | 2             |

Tabla 128. Coeficiente relacionado con el periodo de vibración de la estructura T – rediseño estructura de acero. Fuente: NEC-SE-DS

| T             | K     |
|---------------|-------|
| T < 0,5       | 1     |
| 0,5 < T < 2,5 | 0.942 |
| T > 2,5       | 2     |

**K=** 1.0000

Tabla 129. Cálculo de coeficiente K – rediseño estructura acero.  
Fuente: Elaboración propia

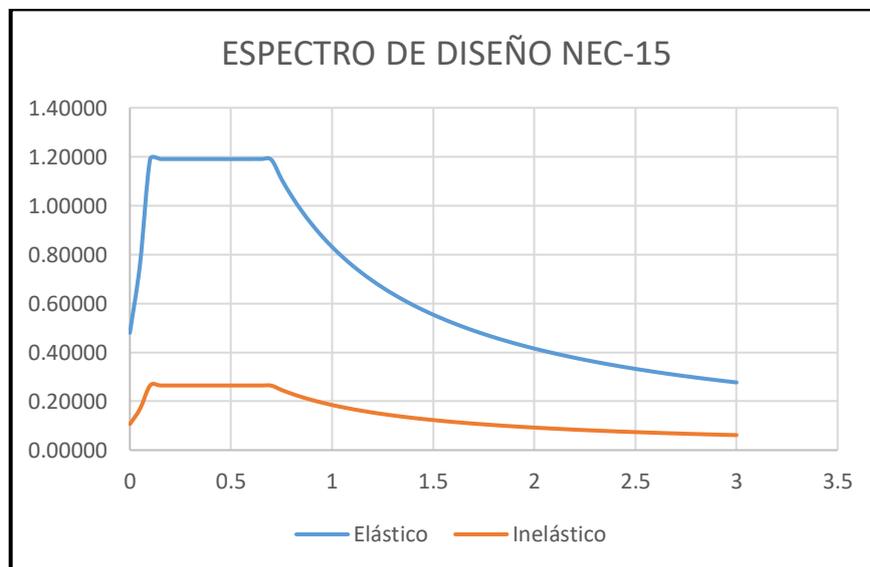
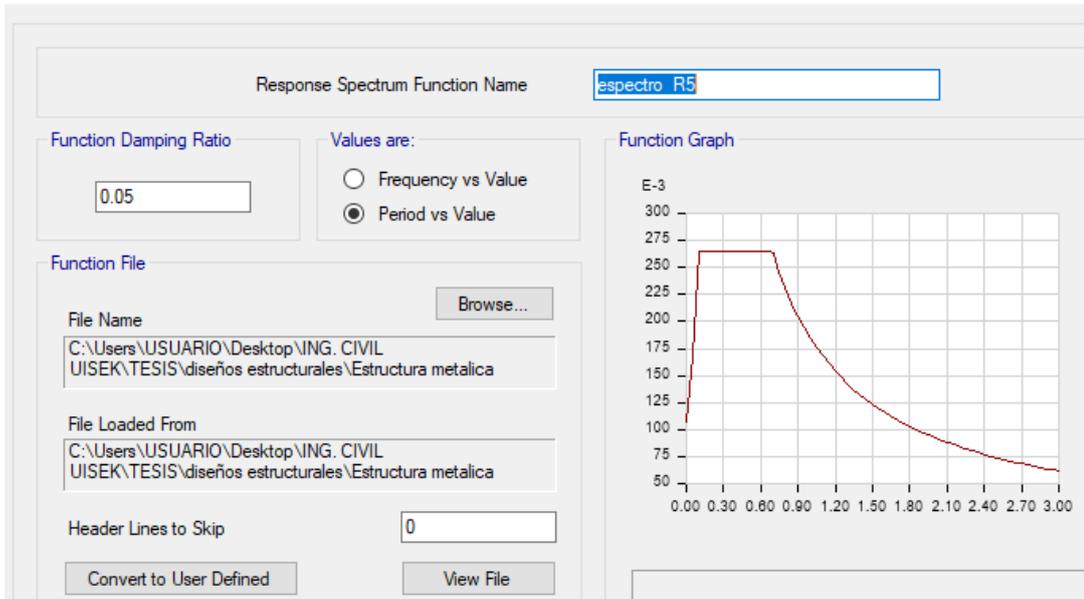


Figura 42. Espectro sísmico elástico e inelástico – rediseño estructura acero.  
Fuente: Elaboración propia

**E** Response Spectrum Function Definition - From File



Response Spectrum Function Name:

Function Damping Ratio:

Values are:  
 Frequency vs Value  
 Period vs Value

Function Graph

Function File

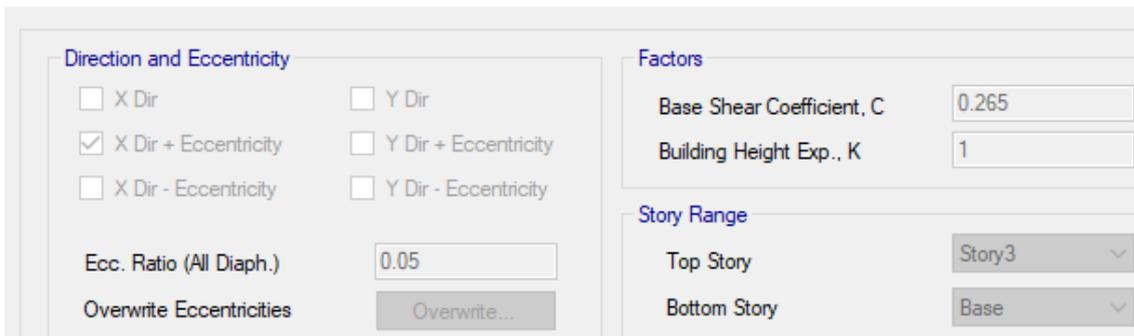
File Name:

File Loaded From:

Header Lines to Skip:

Tabla 130. Espectro de respuesta sísmico- rediseño estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia

**E** Seismic Load Pattern - User Defined



Direction and Eccentricity

X Dir  Y Dir  
 X Dir + Eccentricity  Y Dir + Eccentricity  
 X Dir - Eccentricity  Y Dir - Eccentricity

Ecc. Ratio (All Diaph.):

Overwrite Eccentricities:

Factors

Base Shear Coefficient, C:

Building Height Exp., K:

Story Range

Top Story:

Bottom Story:

Tabla 131. Espectro de respuesta sísmico en el eje X – rediseño estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia

**E** Seismic Load Pattern - User Defined



Direction and Eccentricity

X Dir  Y Dir  
 X Dir + Eccentricity  Y Dir + Eccentricity  
 X Dir - Eccentricity  Y Dir - Eccentricity

Ecc. Ratio (All Diaph.):

Overwrite Eccentricities:

Factors

Base Shear Coefficient, C:

Building Height Exp., K:

Story Range

Top Story:

Bottom Story:

Tabla 132. Espectro de respuesta sísmico en el eje Y – rediseño estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2.2.5 Combinaciones de carga

|           |            |    |                 |     |
|-----------|------------|----|-----------------|-----|
| Comb5DY   | Linear Add | No | Carga Muerta    | 1.2 |
| Comb5DY   |            |    | Sobrecarga      | 1.2 |
| Comb5DY   |            |    | Dy              | 1   |
| Comb5DY   |            |    | Carga Viva d... | 1   |
| Comb5DY-  | Linear Add | No | Carga Muerta    | 1.2 |
| Comb5DY-  |            |    | Sobrecarga      | 1.2 |
| Comb5DY-  |            |    | Dy              | -1  |
| Comb5DY-  |            |    | Carga Viva d... | 1   |
| Comb5SX   | Linear Add | No | Carga Muerta    | 1.2 |
| Comb5SX   |            |    | Sobrecarga      | 1.2 |
| Comb5SX   |            |    | Sismo X         | 1   |
| Comb5SX   |            |    | Carga Viva d... | 1   |
| Comb5SX-  | Linear Add | No | Carga Muerta    | 1.2 |
| Comb5SX-  |            |    | Sobrecarga      | 1.2 |
| Comb5SX-  |            |    | Sismo X         | -1  |
| Comb5SX-  |            |    | Carga Viva d... | 1   |
| Comb5SY   | Linear Add | No | Carga Muerta    | 1.2 |
| Comb5SY   |            |    | Sobrecarga      | 1.2 |
| Comb5SY   |            |    | Sismo Y         | 1   |
| Comb5SY   |            |    | Carga Viva d... | 1   |
| Comb5SY-  | Linear Add | No | Carga Muerta    | 1.2 |
| Comb5SY-  |            |    | Sobrecarga      | 1.2 |
| Comb5SY-  |            |    | Sismo Y         | -1  |
| Comb5SY-  |            |    | Carga Viva d... | 1   |
| Comb6     | Linear Add | No | Carga Muerta    | 0.9 |
| Comb6     |            |    | Sobrecarga      | 0.9 |
| Comb7 DX  | Linear Add | No | Carga Muerta    | 0.9 |
| Comb7 DX  |            |    | Sobrecarga      | 0.9 |
| Comb7 DX  |            |    | Dx              | 1   |
| Comb7 DX- | Linear Add | No | Carga Muerta    | 0.9 |
| Comb7 DX- |            |    | Sobrecarga      | 0.9 |
| Comb7 DX- |            |    | Dx              | -1  |
| Comb7 DY  | Linear Add | No | Carga Muerta    | 0.9 |
| Comb7 DY  |            |    | Sobrecarga      | 0.9 |
| Comb7 DY  |            |    | Dy              | 1   |
| Comb7 DY- | Linear Add | No | Carga Muerta    | 0.9 |
| Comb7 DY- |            |    | Sobrecarga      | 0.9 |
| Comb7 DY- |            |    | Dy              | -1  |
| Comb7 SX  | Linear Add | No | Carga Muerta    | 0.9 |
| Comb7 SX  |            |    | Sobrecarga      | 0.9 |
| Comb7 SX  |            |    | Sismo X         | 1   |
| Comb7 SX- | Linear Add | No | Carga Muerta    | 0.9 |
| Comb7 SX- |            |    | Sobrecarga      | 0.9 |
| Comb7 SX- |            |    | Sismo X         | -1  |
| Comb7 SY  | Linear Add | No | Carga Muerta    | 0.9 |
| Comb7 SY  |            |    | Sobrecarga      | 0.9 |
| Comb7 SY  |            |    | Sismo Y         | 1   |
| Comb7 SY- | Linear Add | No | Carga Muerta    | 0.9 |
| Comb7 SY- |            |    | Sobrecarga      | 0.9 |
| Comb7 SY- |            |    | Sismo Y         | -1  |

Tabla 133. Combinaciones de carga– rediseño estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2.2.6 Derivas de piso

Para comprobación se toma en cuenta la Tabla 5. Valores máximos de derivas de piso.

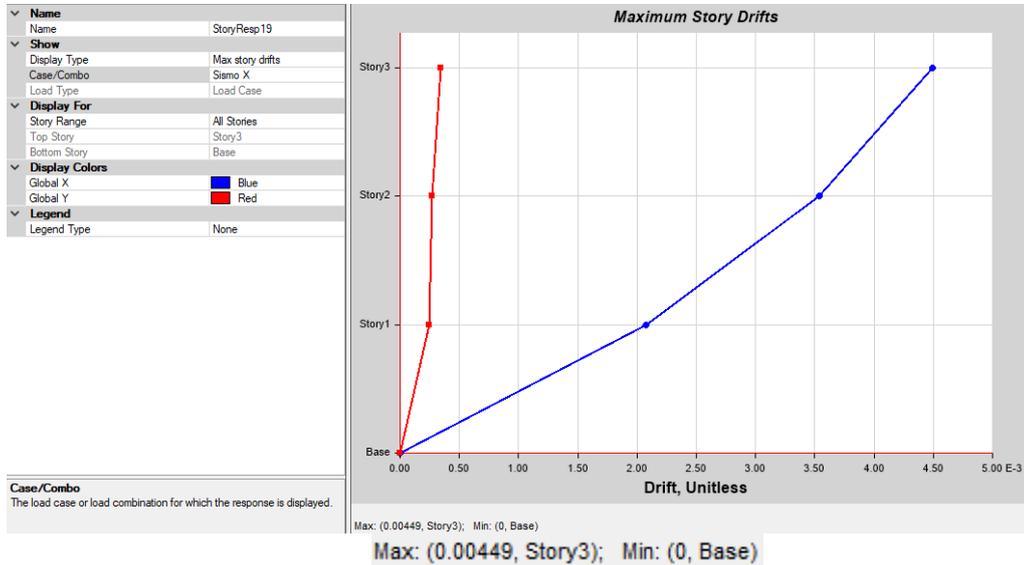


Tabla 134. Deriva elástica en X – rediseño estructura de acero – ETABS.

Fuente: Elaboración propia

- Deriva elástica en X = 0.00449
- Deriva inelástica en X:

$$D_{I1} = 0,00449 \times 5 \times 0,75$$

Ecuación 7 – Deriva inelástica.  
Fuente: NEC-SE-DS

$$D_{I1} = 0.016 < 0.02$$

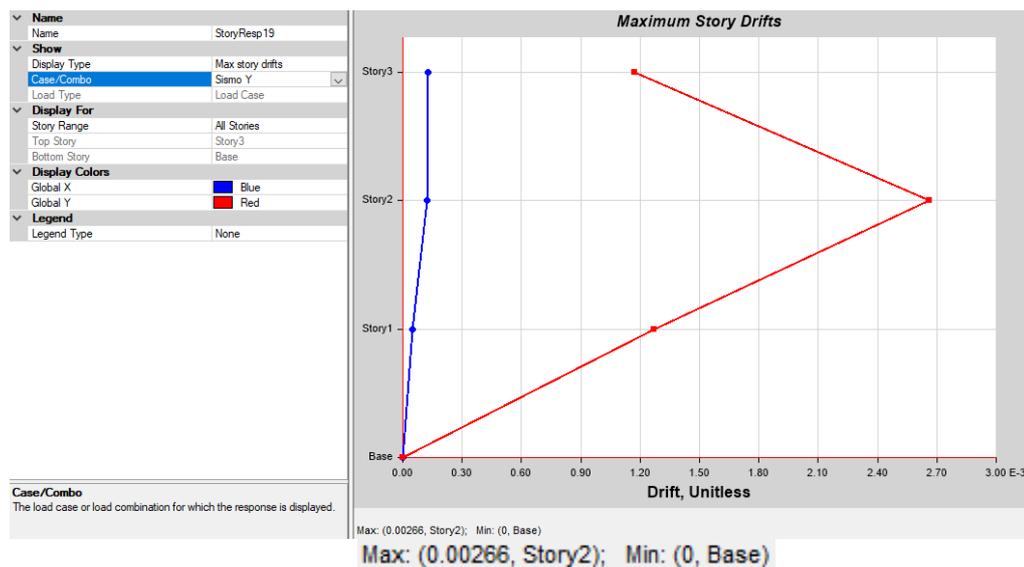


Tabla 135. Deriva elástica en Y – rediseño estructura de acero – ETABS.

Fuente: Elaboración propia

- Deriva elástica en Y = 0,00266
- Deriva inelástica en Y:

$$D_{I1} = 0,00266 \times 5 \times 0,75$$

Ecuación 7 – Deriva inelástica.  
Fuente: NEC-SE-DS

$$D_{I1} = 0.009975 < 0.02$$

### 3.1.2.2.7 Modos de vibración

Se calcula los modos y períodos de vibración de la estructura, donde las masas modales son más del 90% de la masa participativa modal del sismo en la dirección horizontal.

**E** Modal Participating Mass Ratios

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None

Filter: None

|   | Case  | Mode | Period sec | UX     | UY        | UZ | SumUX  | SumUY  | RZ     | SumRZ  |
|---|-------|------|------------|--------|-----------|----|--------|--------|--------|--------|
| ▶ | Modal | 1    | 0.498      | 0.7762 | 0.0008    | 0  | 0.7762 | 0.0008 | 0.0059 | 0.0059 |
|   | Modal | 2    | 0.355      | 0.0005 | 0.8807    | 0  | 0.7767 | 0.8815 | 0.0026 | 0.0086 |
|   | Modal | 3    | 0.296      | 0.0006 | 0.0041    | 0  | 0.7773 | 0.8856 | 0.8359 | 0.8444 |
|   | Modal | 4    | 0.182      | 0.1922 | 6.359E-06 | 0  | 0.9695 | 0.8856 | 0.0277 | 0.8721 |
|   | Modal | 5    | 0.116      | 0.0003 | 0.0765    | 0  | 0.9698 | 0.9621 | 0.0245 | 0.8966 |
|   | Modal | 6    | 0.1        | 0.0008 | 0.014     | 0  | 0.9707 | 0.9761 | 0.0802 | 0.9768 |
|   | Modal | 7    | 0.077      | 0.0284 | 0.0004    | 0  | 0.999  | 0.9765 | 0.0019 | 0.9787 |
|   | Modal | 8    | 0.07       | 0.0008 | 0.0218    | 0  | 0.9999 | 0.9983 | 0.0007 | 0.9794 |
|   | Modal | 9    | 0.05       | 0.0001 | 0.0017    | 0  | 1      | 1      | 0.0206 | 1      |

Tabla 136. Participación modal de masas – rediseño estructura de acero – ETABS.

Fuente: Elaboración propia

**E** Modal Load Participation Ratios

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None

Filter: None

|   | Case  | ItemType     | Item | Static % | Dynamic % |
|---|-------|--------------|------|----------|-----------|
| ▶ | Modal | Acceleration | UX   | 100      | 100       |
|   | Modal | Acceleration | UY   | 100      | 100       |
|   | Modal | Acceleration | UZ   | 0        | 0         |

Tabla 137. Carga de participación modal – rediseño estructura de acero – ETABS.

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2.2.8 Período dinámico

**E** Modal Periods And Frequencies

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None Modal Period

Filter: None

|   | Case  | Mode | Period<br>sec | Frequency<br>cyc/sec | CircFreq<br>rad/sec | Eigenvalue<br>rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup> |
|---|-------|------|---------------|----------------------|---------------------|--|
| ▶ | Modal | 1    | 0.498         | 2.01                 | 12.6293             | 159.4995   |
|   | Modal | 2    | 0.355         | 2.816                | 17.695              | 313.1146   |
|   | Modal | 3    | 0.296         | 3.376                | 21.2106             | 449.8888   |
|   | Modal | 4    | 0.182         | 5.491                | 34.4991             | 1190.1901  |
|   | Modal | 5    | 0.116         | 8.626                | 54.1984             | 2937.4654  |
|   | Modal | 6    | 0.1           | 9.952                | 62.5316             | 3910.2019  |
|   | Modal | 7    | 0.077         | 12.978               | 81.5438             | 6649.3952  |
|   | Modal | 8    | 0.07          | 14.195               | 89.1881             | 7954.5244  |
|   | Modal | 9    | 0.05          | 19.839               | 124.6504            | 15537.7224                                       |

Tabla 138. Período dinámico – rediseño estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia

El período dinámico debe ser menor a 1.3 veces el período estático.

$Comprobación = T \text{ dinámico} / T \text{ estático}$  Ecuación 8. Comprobación de período

**T estático**= 0.384050806 seg

**T dinámico**= 0.498 seg

**Comprobación** =  $0.498 / 0.3840 = 1.297$

**1.297 < 1.3**

### 3.1.2.2.9 Ratio Torsión

Los rangos deben cumplir con el siguiente criterio de diseño:

- Deseable: < 1.2
- Máximo: < 1.4

**E** Diaphragm Max Over Avg Drifts

| Story  | Output Case | Case Type | Item       | Max Drift | Avg Drift | Ratio |
|--------|-------------|-----------|------------|-----------|-----------|-------|
| Story3 | Sismo X     | LinStatic | Diaph D3 X | 0.00449   | 0.004014  | 1.118 |
| Story3 | Sismo Y     | LinStatic | Diaph D3 Y | 0.001173  | 0.001115  | 1.052 |
| Story2 | Sismo X     | LinStatic | Diaph D2 X | 0.003536  | 0.002858  | 1.237 |
| Story2 | Sismo Y     | LinStatic | Diaph D2 Y | 0.00266   | 0.002009  | 1.324 |
| Story1 | Sismo X     | LinStatic | Diaph D1 X | 0.002073  | 0.001792  | 1.157 |
| Story1 | Sismo Y     | LinStatic | Diaph D1 Y | 0.001267  | 0.001238  | 1.024 |

Tabla 139. Ratio torsión – rediseño estructura de acero – ETABS.

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.2.10 Primer y segundo modo traslacional y rotacional

**E** Modal Participating Mass Ratios

| Case  | Mode | Period sec | UX     | UY     |
|-------|------|------------|--------|--------|
| Modal | 1    | 0.498      | 0.7762 | 0.0008 |
| Modal | 2    | 0.355      | 0.0005 | 0.8807 |

Tabla 140. Traslación – rediseño estructura de acero – ETABS.

Fuente: Elaboración propia

Comprobación:

- Modo 1 (eje X): valores UY cercanos a cero; 0.0008 ~ 0
- Modo 2 (eje Y): valores UX igual a cero; 0,0005 ~ 0

### E Modal Participating Mass Ratios

| Case  | Mode | Period<br>sec | RZ     | SumRZ  |
|-------|------|---------------|--------|--------|
| Modal | 1    | 0.498         | 0.0059 | 0.0059 |
| Modal | 2    | 0.355         | 0.0026 | 0.0086 |
| Modal | 3    | 0.296         | 0.8359 | 0.8444 |

Tabla 141. Rotación – rediseño estructura de acero – ETABS.

Fuente: Elaboración propia

Comprobación:

*Criterio de diseño* =  $RZ \times 100$  Ecuación 9. Comprobación rotación

- Modo 1 (eje X)  $< 5\% = 0.0059 \times 100 = 0.59\% < 5\%$
- Modo 2 (eje Y):  $< 20\% = 0.0086 \times 100 = 0.86\% < 20\%$
- Modo 3 = 0.844 (ya existe rotación)

#### 3.1.2.2.11 Escalamiento cortante

El cortante dinámico debe alcanzar al menos el 80% del cortante estático.

Peso total de estructura= 393.685 Ton  
*Peso total estructura = Carga muerta + sobrecarga*  
 Ecuación 10 – Peso total de estructura.  
 Fuente: Curso Dinámica estructural UISEK

Cortante Basal Inicial (V)= 0.2645333

Fuerza horizontal calculada (Vo)= 104.14 Ton  
*Vo = Peso total estructura x V*  
 Ecuación 11 – Fuerza horizontal.  
 Fuente: Curso Dinámica estructural UISEK

|                | EJE X-X | EJE Y-Y | Resultante |
|----------------|---------|---------|------------|
| Fuerza Dx (F)= | 82.6015 | 3.3091  | 82.6677564 |
| Fuerza Dy (F)= | 3.3091  | 91.3299 | 91.3898286 |

*Resultante* =  $\sqrt{D1 F1^2 + D1F2^2}$   
 Ecuación 12 – Resultante  
 Fuente: Curso Dinámica estructural UISEK

%sismo (Dinámico/Estático) ( $\epsilon$ )= 79.38% 87.75%  
*( $\epsilon$ ) = Resultante/Vo*  
 Ecuación 13 – Porcentaje sismo dinámico / estático. Fuente: Curso Dinámica estructural UISEK

Comprobación **<80%** **>80%**  
 Factor de corrección = **9.8833**

$$\text{Factor corrección} = \frac{V_0}{\text{Resultante}} \times 0.8 \times 9.8067$$

Ecuación 14 – Factor de corrección de escalamiento. Fuente: Curso Dinámica estructural UISEK

Valor ingresado = 9.89

|                                 | EJE X-X        | EJE Y-Y        | Resultante |
|---------------------------------|----------------|----------------|------------|
| Fuerza Dx (F)=                  | 83.3058        | 3.3368         | 83.3726007 |
| Fuerza Dy (F)=                  | 3.3087         | 91.3321        | 91.3920127 |
| %sismo (Dinamico/Estatico) (ε)= | <b>80.06%</b>  | <b>87.76%</b>  |            |
| Comprobación                    | <b>&gt;80%</b> | <b>&gt;80%</b> |            |

**E** Load Case Data

**General**

Load Case Name:  Design...

Load Case Type: Response Spectrum Notes...

Mass Source: Previous (MASA)

Analysis Model: Default

---

**Loads Applied**

| Load Type    | Load Name | Function    | Scale Factor |
|--------------|-----------|-------------|--------------|
| Acceleration | U1        | espectro R5 | 9.89         |

Add  
Delete  
 Advanced

---

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms Modify/Show...

Tabla 142. Dinámico X – rediseño estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia

**E** Load Case Data

**General**

Load Case Name:  Design...

Load Case Type:  Notes...

Mass Source:

Analysis Model:

---

**Loads Applied**

| Load Type    | Load Name | Function    | Scale Factor |
|--------------|-----------|-------------|--------------|
| Acceleration | U2        | espectro R5 | 9.8067       |

Add Delete  Advanced

---

**Other Parameters**

Modal Load Case:

Modal Combination Method:

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type:

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping:  Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity:  Modify/Show...

Tabla 143. Dinámico Y – rediseño estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia.

3.1.2.2.12 Reacciones en la base

**E** Base Reactions

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None Base Reactions

Filter: None

|   | Output Case     | Case Type   | Step Type | FX tonf   | FY tonf   | FZ tonf  | MX tonf-m | MY tonf-m  | MZ tonf-m |
|---|-----------------|-------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|------------|-----------|
| ▶ | Dead            | LinStatic   |           | 0         | 0         | 348.9142 | 1633.6552 | -1002.0911 | 0         |
|   | Live            | LinStatic   |           | 0         | 0         | 17.852   | 83.2022   | -46.7453   | 0         |
|   | Sobrecarga n... | LinStatic   |           | 0         | 0         | 44.7708  | 211.2116  | -127.2551  | 0         |
|   | Carga Viva C... | LinStatic   |           | 0         | 0         | 5.9976   | 28.8028   | -19.0457   | 0         |
|   | Sismo X         | LinStatic   |           | -103.4281 | 0         | 0        | 0         | -768.9841  | 536.912   |
|   | Sismo Y         | LinStatic   |           | 0         | -103.4281 | 0        | 768.9841  | 0          | -341.3239 |
|   | Dx              | LinRespSpec | Max       | 83.3058   | 3.3368    | 0        | 23.0244   | 631.7389   | 380.1387  |
|   | Dy              | LinRespSpec | Max       | 3.3087    | 91.3321   | 0        | 672.899   | 27.5954    | 240.5043  |

Tabla 144. Reacciones en la base – rediseño estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia.

3.1.2.2.13 Comprobaciones de diseño

- Comprobación de vigas principales

Plan View - Story1 - Z = 3.06 (m) Steel P-M Interaction Ratios (AISC 360-16)

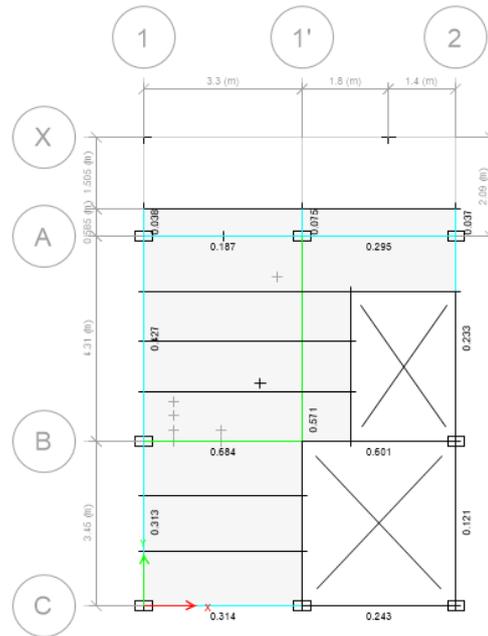


Figura 43. Comprobación de diseño de vigas principales Nivel -7.25 – rediseño estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia.

Plan View - Story2 - Z = 6.12 (m) Steel P-M Interaction Ratios (AISC 360-16)

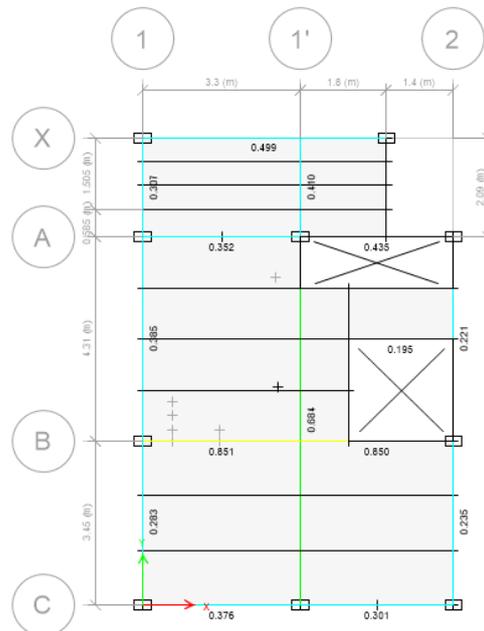


Figura 44. Comprobación de diseño de vigas principales Nivel -4.19 – rediseño estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia.

Plan View - Story3 - Z = 9.18 (m) Steel P-M Interaction Ratios (AISC 360-16)

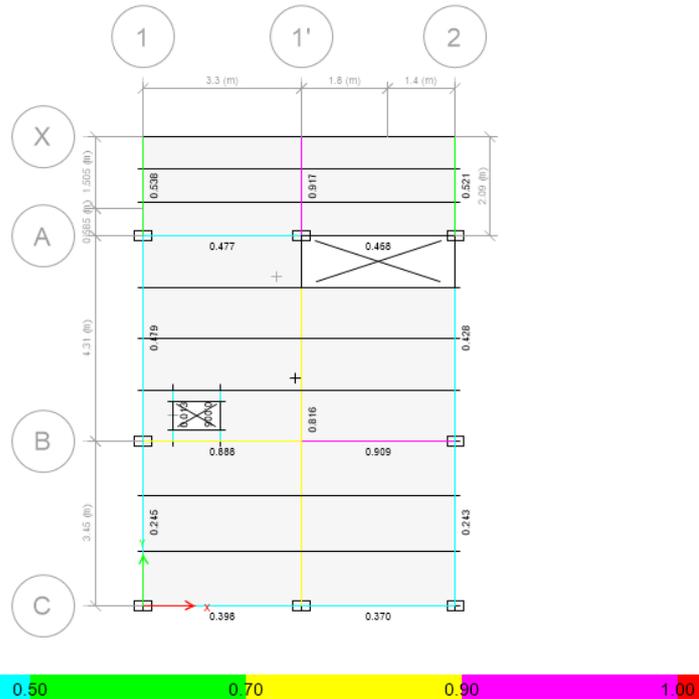


Figura 45. Comprobación de diseño de vigas principales Nivel -1.13 – rediseño estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia.

- Comprobación de vigas secundarias

Plan View - Story1 - Z = 3.06 (m) Composite Design - Deflection Ratios (AISC 360-10)

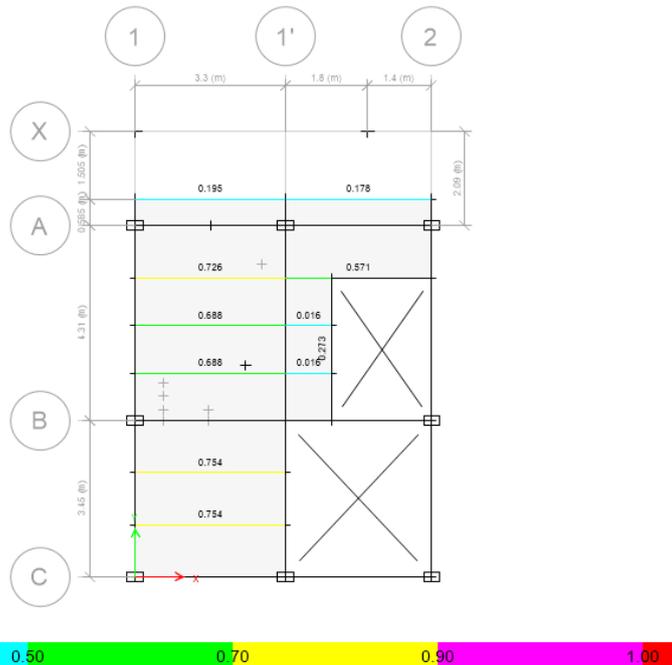


Figura 46. Comprobación de diseño vigas secundarias Nivel -7.25 – rediseño estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia.

Plan View - Story2 - Z = 6.12 (m) Composite Design - Deflection Ratios (AISC 360-10)

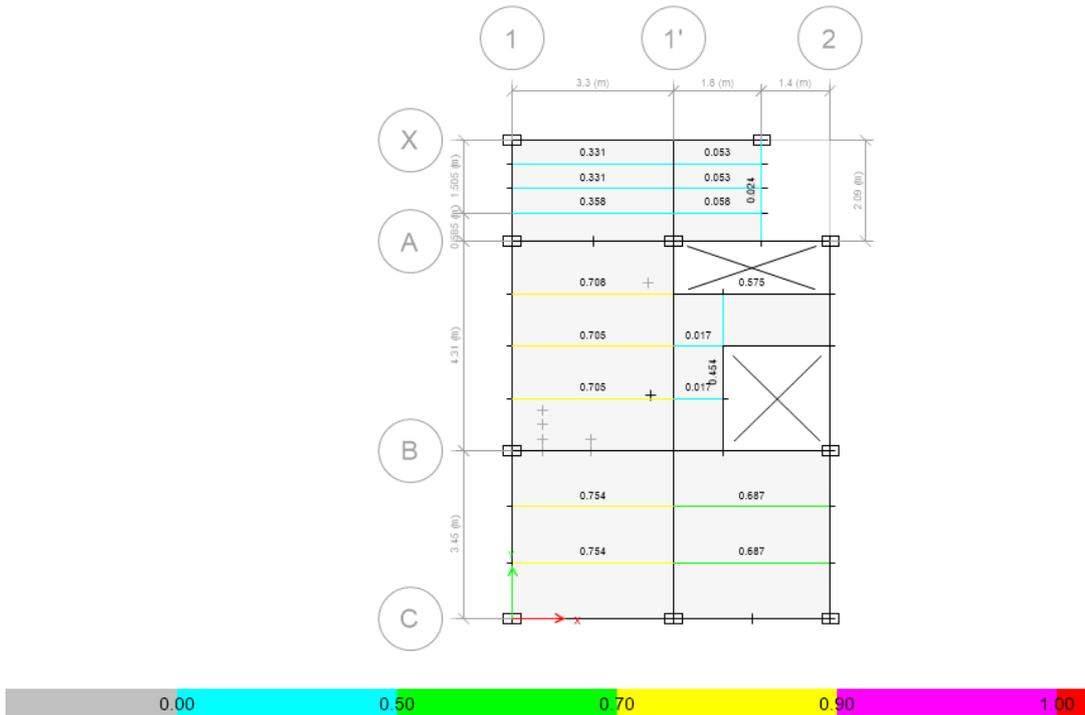


Figura 47. Comprobación de diseño vigas secundarias Nivel -4.19 – rediseño estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia.

Plan View - Story3 - Z = 9.18 (m) Composite Design - Deflection Ratios (AISC 360-10)

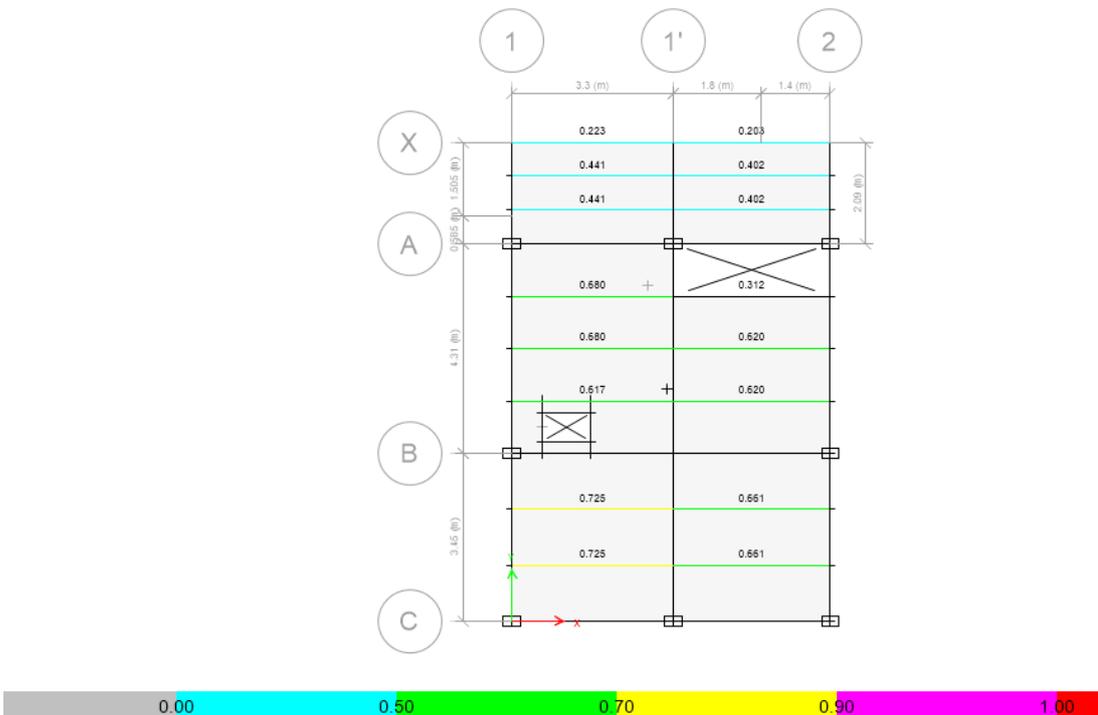


Figura 48. Comprobación de diseño vigas secundarias Nivel -1.13 – rediseño estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia.

- Comprobación de columnas

Plan View - Story1 - Z = 3.06 (m) Composite Column Ratios (AISC 360-10)

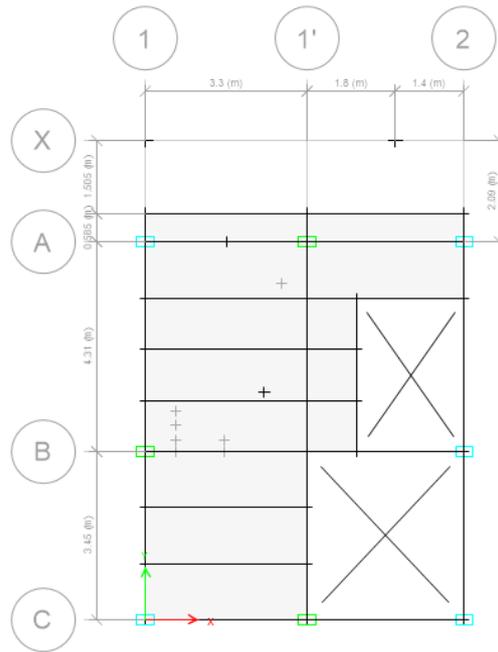


Figura 49. Comprobación de diseño columnas Nivel -7.25 – rediseño estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia.

Plan View - Story2 - Z = 6.12 (m) Composite Column Ratios (AISC 360-10)

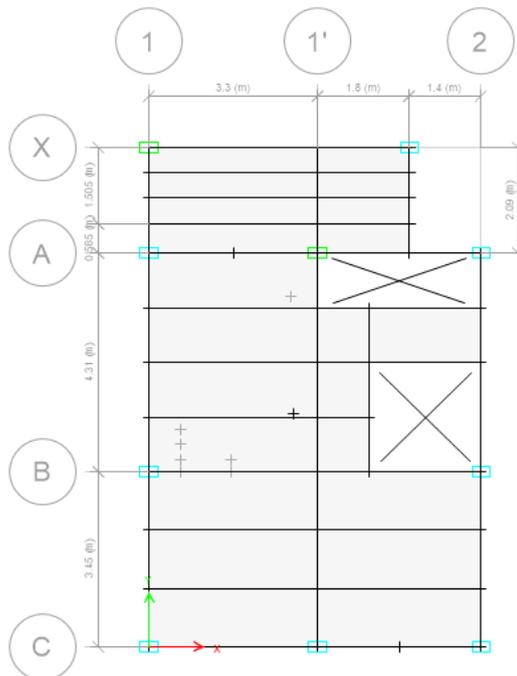


Figura 50. Comprobación de diseño columnas Nivel -4.19 – rediseño estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia.

Plan View - Story3 - Z = 9.18 (m) Composite Column Ratios (AISC 360-10)

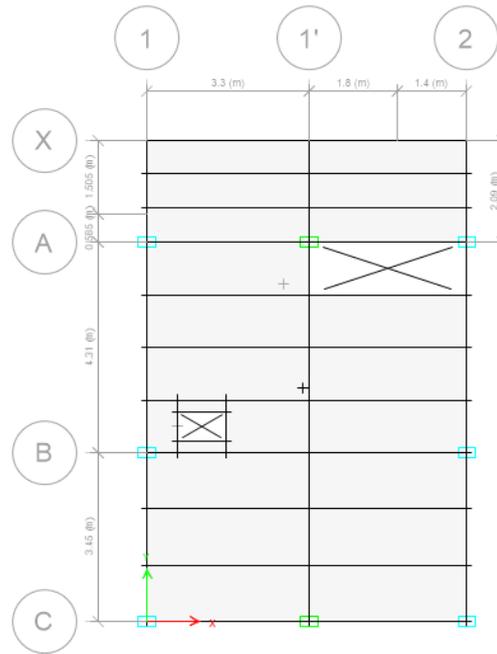


Figura 51. Comprobación de diseño columnas Nivel -1.13 – rediseño estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia.

- Comprobación de arriostramiento

Elevation View - 1 Steel Design Sections (AISC 360-16)

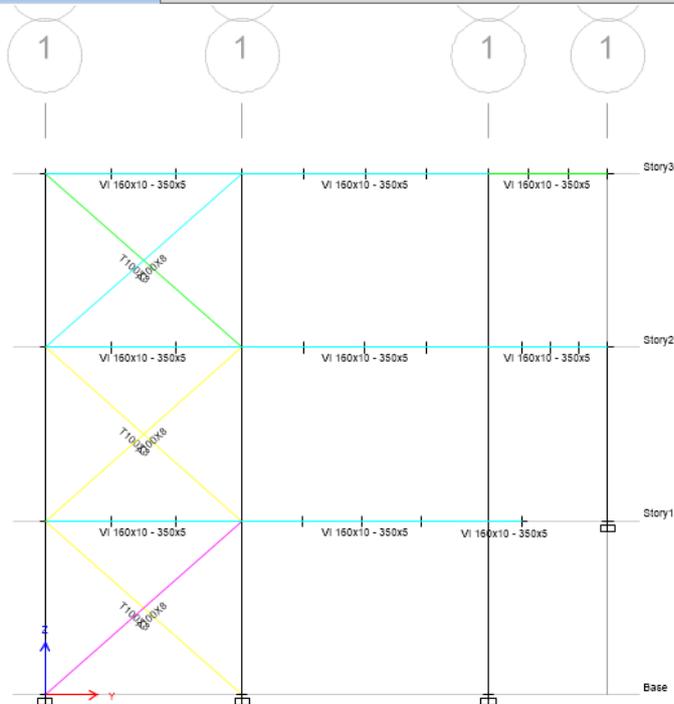


Figura 52. Comprobación de arriostramiento eje 1 – rediseño estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia.

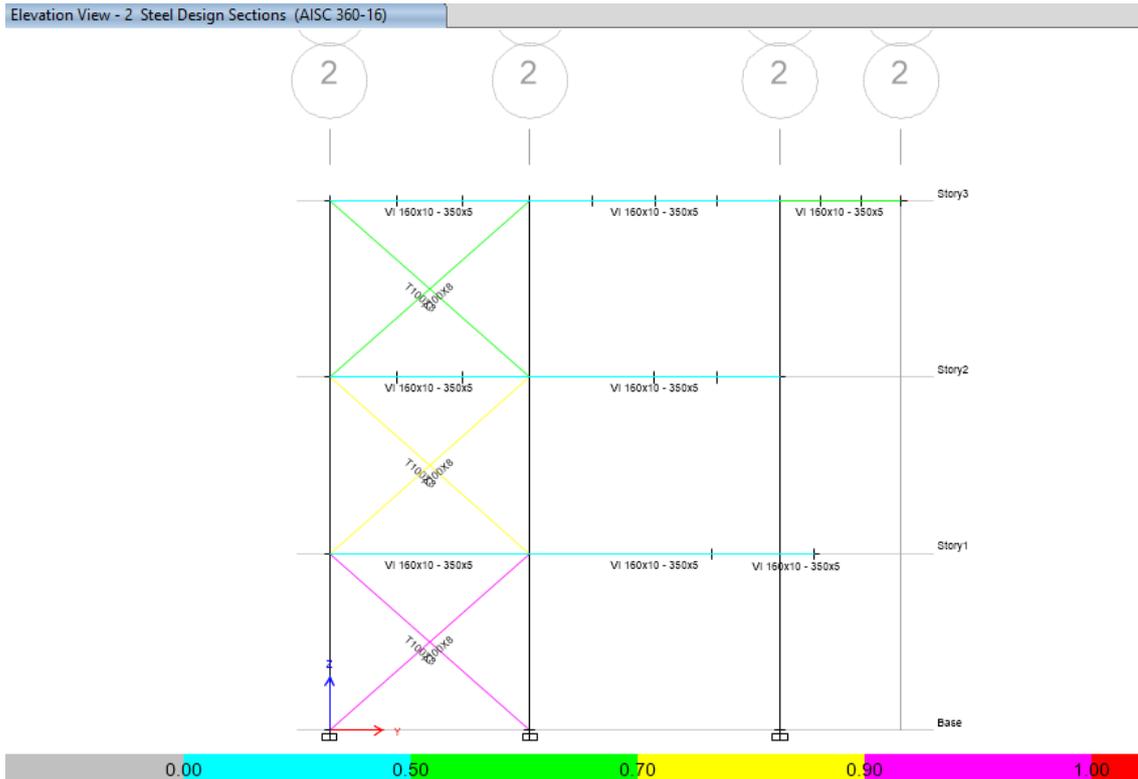


Figura 53. Comprobación de arriostramiento eje 2 – rediseño estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia.

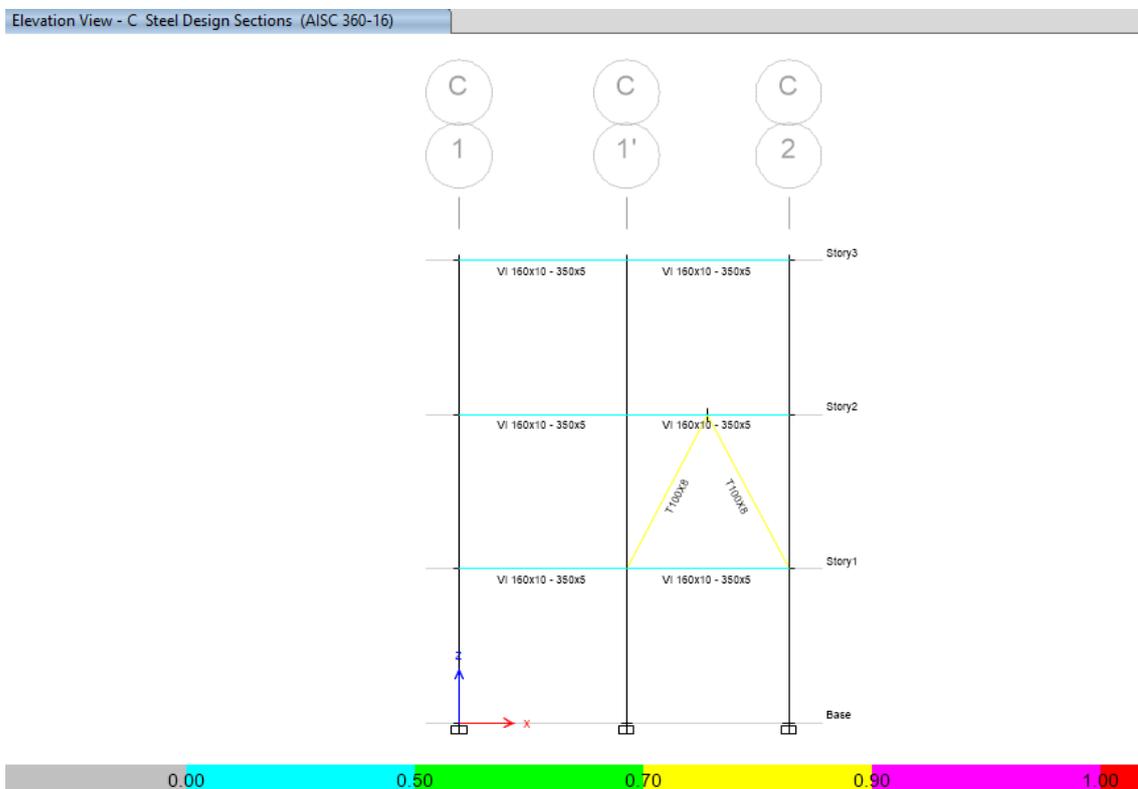


Figura 54. Comprobación de arriostramiento eje C – rediseño estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia.

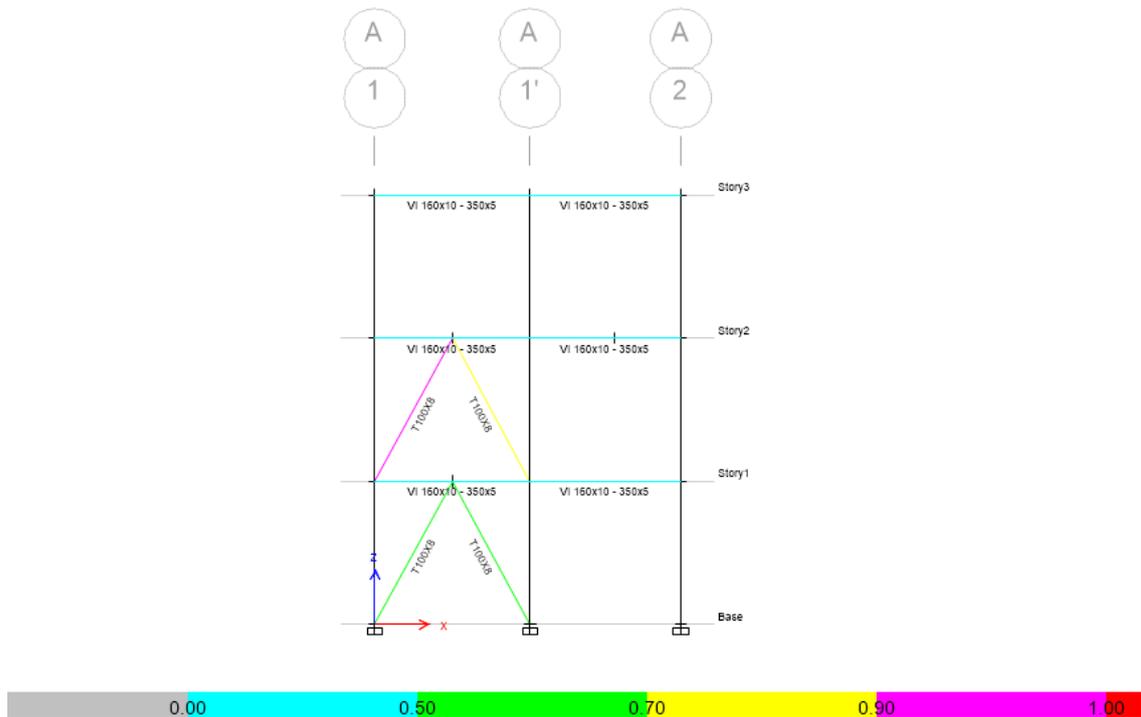


Figura 55. Comprobación de arriostramiento eje A – rediseño estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia

- Comprobación de cuantía de acero de pedestal

*Pedestal de 50x50*

$A_g = 2500 \text{ cm}^2$   
 $A_s = 25 \text{ cm}^2$   
 $\text{Cuantía} = A_s/A_g = 0.01$

Ecuación 18 – Cuantía de acero Fuente: Temas de Hormigón Armado ESPE

| $\Phi$ Varilla | Área cm <sup>2</sup> | Cantidad | Area total cm <sup>2</sup> |
|----------------|----------------------|----------|----------------------------|
| 16             | 2.01                 | 16       | 32.16                      |
| <b>Total</b>   |                      |          | <b>32.16</b>               |

> 25 CUMPLE CONDICIÓN

Tabla 145. Verificación de cuantía de acero, pedestal 50x50– rediseño estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia.

*Pedestal de 55x115*

$A_g = 6325 \text{ cm}^2$   
 $A_s = 63.25 \text{ cm}^2$   
 $\text{Cuantía} = A_s/A_g = 0.01$

Ecuación 18 – Cuantía de acero Fuente: Temas de Hormigón Armado ESPE

| $\Phi$<br>Varilla | Área cm <sup>2</sup> | Cantidad | Area total<br>cm <sup>2</sup> |
|-------------------|----------------------|----------|-------------------------------|
| 18                | 2.54                 | 20       | 50.8                          |
| 20                | 3.14                 | 4        | 12.56                         |
| <b>Total</b>      |                      |          | <b>63.36</b>                  |

> 63.25 CUMPLE  
CONDICIÓN

Tabla 146. Verificación de cuantía de acero, pedestal 55x115– rediseño estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia.

- Comprobación de placa base

Para pedestal eje 1B de 50x50

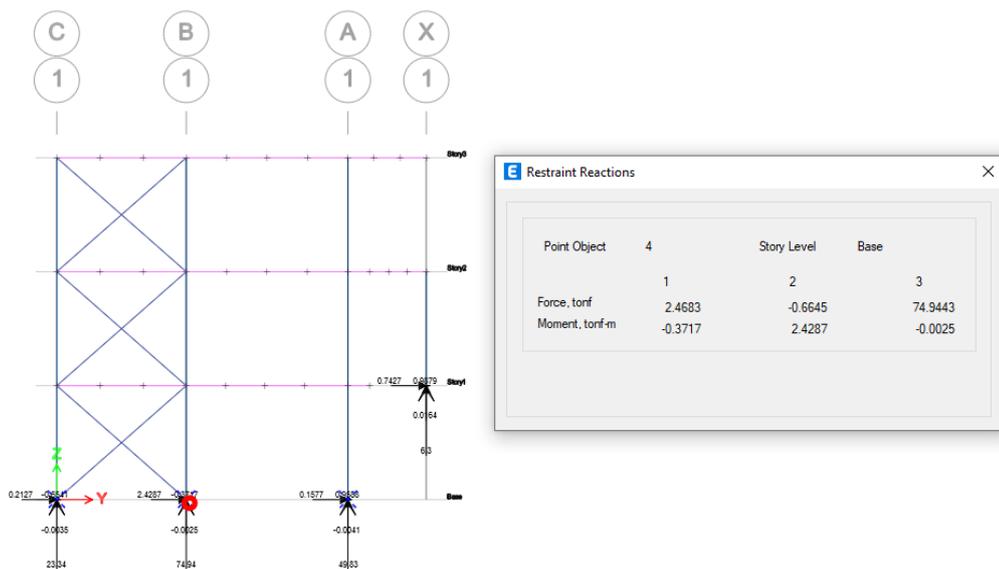


Figura 56. Fuerzas ejercidas en columna 1B – rediseño estructura de acero – ETABS. Fuente: Elaboración propia.

|                             |       |                |
|-----------------------------|-------|----------------|
| $\emptyset$                 | 0.65  |                |
| $f_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) | 240   |                |
| $A_1$ (cm <sup>2</sup> )    | 1600  | Placa de 40x40 |
| $A_2$ (cm <sup>2</sup> )    | 2500  | Pedestal 50x50 |
| Carga (Ton)                 | 74.94 |                |

Ecuación 19 – Carga admisible. Curso Estructuras de Acero UISEK.

$$P_p = 0.85 * f_c * A_1 * \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$$

$$P_p = 408000 \text{ Kg} = 408 \text{ Ton}$$

Ecuación 20 – Condición de carga admisible. Curso de Estructuras de Acero UISEK

$$P_u \leq \emptyset_c * P_p \quad 74.94 \leq 265.2 \text{ Ton}$$

**CONDICIÓN CUMPLE**

MOMENTO= 2.4287 Ton\*m 242.87 Ton\*cm

**Esfuerzo a la compresión máximo(Fbmax)**

Ecuación 21. Esfuerzo a la compresión máximo. Curso de Estructuras de Acero UISEK

$$Fbmax = \phi_c * 0.85 * f_c * \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad Fbmax = 165.75 \text{ kg/cm}^2$$

**Carga por unidad de longitud máxima (qmax)**

Ecuación 22. Carga por unidad de longitud máxima. Curso de Estructuras de Acero UISEK

$$qmax = Fbmax * B \quad B = 40cm$$

$$qmax = 6630 \text{ kg/cm}$$

**Excentricidad (e)**

Ecuación 23. Excentricidad. Curso de Estructuras de Acero UISEK

$$e = \frac{Mu}{Pu} \quad e = 3.2409 \text{ cm}$$

Pu= 74.94 Ton. = 74940 Kg

**Excentricidad crítica (e crítica)**

Ecuación 24. Excentricidad crítica. Curso de Estructuras de Acero UISEK

$$e \text{ critica} = \frac{N}{2} - \frac{Pu}{2 * qmax}$$

N= 40 cm  $e \text{ critica} = 14.35 \text{ CONDICIÓN } e < e \text{ crítica CUMPLE}$

**Longitud efectiva (Y)**

Ecuación 25. Longitud efectiva. Curso de Estructuras de Acero UISEK

$$Y = N - 2e \quad Y = 33.518 \text{ cm}$$

**Esfuerzo por unidad de longitud (q)**

Ecuación 26. Esfuerzo por unidad de longitud. Curso de Estructuras de Acero UISEK

$$q = \frac{Pu}{Y} \quad q = 2235.79 \text{ kg/cm CONDICIÓN } q < qmax \text{ CUMPLE}$$

**CALCULO ESPESOR**

N= 40cm  
d= 30 cm  
B= 40 cm  
bf= 25cm

$$m = \frac{N - 0.95d}{2}$$

Ecuación 27. Dimensión placa acero. Curso de Estructuras de Acero UISEK

$$n = \frac{B - 0.8 * bf}{2}$$

m= 5.75 cm  
n= 10 cm  
n'= 6.85 cm

Maximo valor  
=10 cm

Ecuación 28. Espesor placa base. Curso de Estructuras de Acero UISEK

$$t \text{ requerido} = l * \sqrt{\frac{2 * Pu}{0.9 * fy * B * N}}$$

$$t \text{ requerido} = 1.71956764 \text{ cm} = 17.20 \text{ mm}$$

**Resultado de placa base = 40x40x20**

Para pedestal de eje 1'A de 50x115

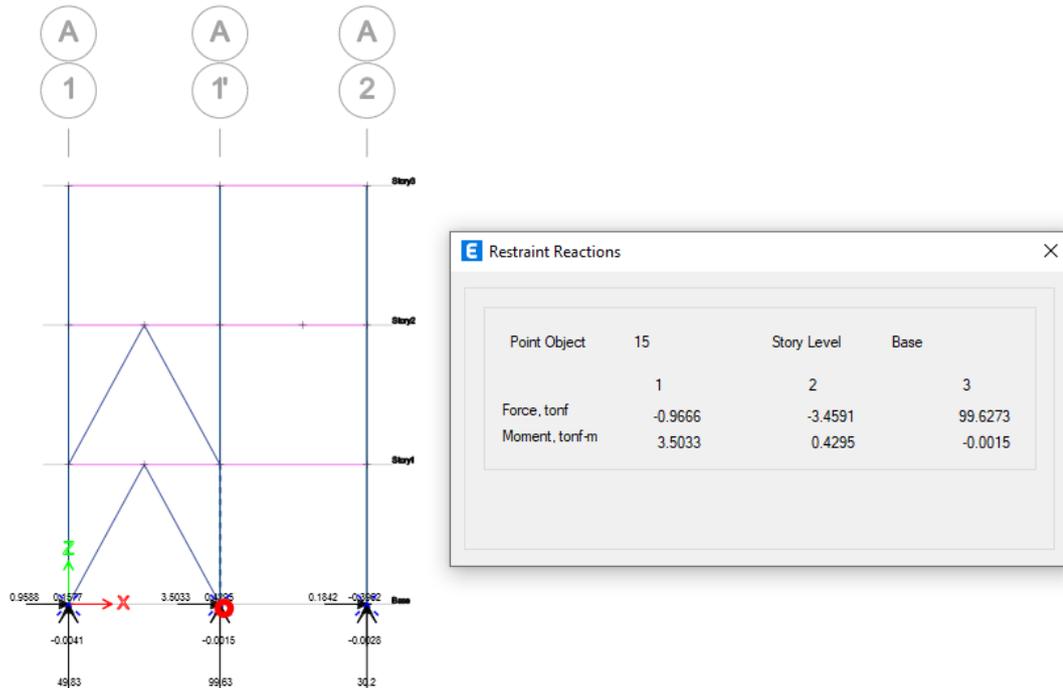


Figura 57. Fuerzas ejercidas en columna 1'A – rediseño estructura de acero – ETABS.  
Fuente: Elaboración propia.

|                          |                     |
|--------------------------|---------------------|
| ∅                        | 0.65                |
| fc (Kg/cm <sup>2</sup> ) | 240                 |
| A1(cm <sup>2</sup> )     | 1600 Placa de 40x40 |
| A2(cm <sup>2</sup> )     | 2500 Pedestal 50x50 |
| Carga (Ton)              | 99.63               |

Ecuación 19 – Carga admisible. Curso Estructuras de Acero UISEK.

$$Pp = 0.85 * fc * A1 * \sqrt{\frac{A2}{A1}}$$

$$Pp = 648963.73 \text{ Kg} = 648.97 \text{ Ton}$$

Ecuación 20 – Condición de carga admisible. Curso de Estructuras de Acero UISEK

$$Pu \leq \phi c * Pp \quad 99.63 \leq 421.83 \text{ Ton}$$

CONDICIÓN CUMPLE

MOMENTO= 3.5033 Ton\*m 350.33 Ton\*cm

**Esfuerzo a la compresión máximo(Fbmax)**

Ecuación 21. Esfuerzo a la compresión máximo. Curso de Estructuras de Acero UISEK

$$Fbmax = \phi c * 0.85 * fc * \sqrt{\frac{A2}{A1}} \quad Fbmax = 263.64 \text{ kg/cm}^2$$

**Carga por unidad de longitud máxima (qmax)**

Ecuación 22. Carga por unidad de longitud máxima. Curso de Estructuras de Acero UISEK

$$qmax = Fbmax * B \quad B = 40\text{cm}$$

$$qmax = 10545.66 \text{ kg/cm}$$

**Excentricidad (e)**

Ecuación 23. Excentricidad. Curso de Estructuras de Acero UISEK

$$e = \frac{Mu}{Pu} \quad e = 3.5163 \text{ cm}$$

$$Pu = 799.63 \text{ Ton.} \quad = 99630 \text{ Kg}$$

**Excentricidad crítica (e crítica)**

Ecuación 24. Excentricidad crítica. Curso de Estructuras de Acero UISEK

$$e \text{ critica} = \frac{N}{2} - \frac{Pu}{2 * qmax}$$

$$N = 40 \text{ cm}$$

$$e \text{ critica} = 15.28 \text{ CONDICIÓN } e < e \text{ crítica CUMPLE}$$

**Longitud efectiva (Y)**

Ecuación 25. Longitud efectiva. Curso de Estructuras de Acero UISEK

$$Y = N - 2e \quad Y = 32.97 \text{ cm}$$

**Esfuerzo por unidad de longitud (q)**

Ecuación 26. Esfuerzo por unidad de longitud. Curso de Estructuras de Acero UISEK

$$q = \frac{Pu}{Y} \quad q = 3022.08 \text{ kg/cm CONDICIÓN } q < qmax \text{ CUMPLE}$$

**CALCULO ESPESOR**

N= 40cm  
d= 30 cm  
B= 40 cm  
bf= 25cm

$$m = \frac{N - 0.95d}{2}$$

$$n = \frac{B - 0.8 * bf}{2}$$

Ecuación 27. Dimensión placa acero. Curso de Estructuras de Acero UISEK

m= 5.75 cm  
n= 10 cm                      Maximo valor  
n'= 6.85 cm                    =10 cm

Ecuación 28. Espesor placa base. Curso de Estructuras de Acero UISEK

$$t_{requerido} = l * \sqrt{\frac{2 * Pu}{0.9 * fy * B * N}}$$

t requerido = 1.7983 cm = 19.83 mm

**Resultado de placa base = 40x40x20**

- Comprobación pernos de anclaje

|                    |          |             |               |  |
|--------------------|----------|-------------|---------------|--|
|                    |          |             |               | Ecuación 29. Resistencia tracción última. Curso de Estructuras de Acero UISEK    |
| Tipo               | Fy (Ksi) | Fy (Kg/cm2) | Fu=1.5*Fy     |  |
| ASTM F1554         |          |             |               |  |
| Gr.60              | 36       | 2530        | 3795          |  |
| Diámetro           | Diámetro | Área        | Cantidad      |  |
| (in)               | (cm)     | (cm2)       | (und)         |  |
| 0.5                | 1.27     | 1.27        | 4             |  |
| Capacidad de perno |          |             | Q= 0.75*Ap*Fu | Ecuación 30. Capacidad resistencia de perno. Curso de Estructuras de Acero UISEK |
| Q=                 | 3603.71  | kg          |               |  |
| Q=                 | 3.60     | Ton         |               |  |

Para pedestal eje 1'A de 50x115

Fuerza: 3.4591 Ton (Figura referencia No. 57)

CONDICIÓN

Fuerza / cantidad = 0.865 Ton                      Q>Fuerza/cantidad 3.60 > 0.865

CUMPLE CONDICIÓN

Para pedestal eje 1B de 50x50

Fuerza: 2.4683 Ton (Figura referencia No. 56)

CONDICIÓN

Fuerza / cantidad = 0.617075 Ton                      Q>Fuerza/cantidad 3.60 > 0.617

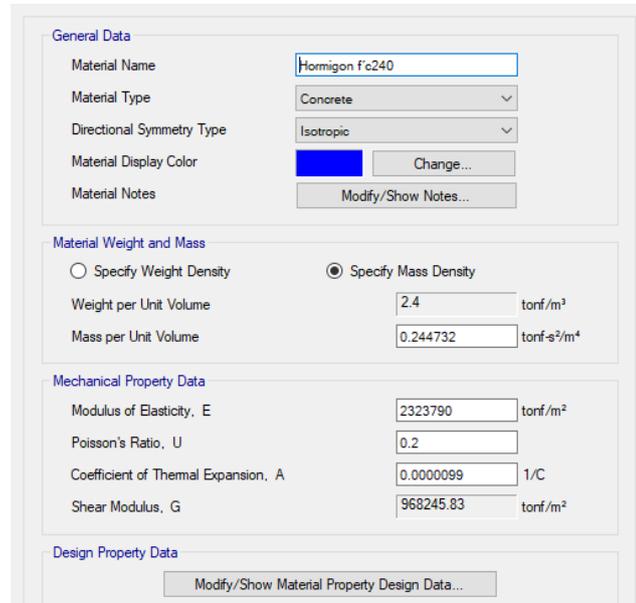
CUMPLE CONDICIÓN

**Resultado de pernos = 4 und. de 0.5 in.**

### 3.1.2.3 Cimentación

La configuración de la cimentación corresponde plintos con pedestales, donde se asientan los pórticos de estructura metálica.

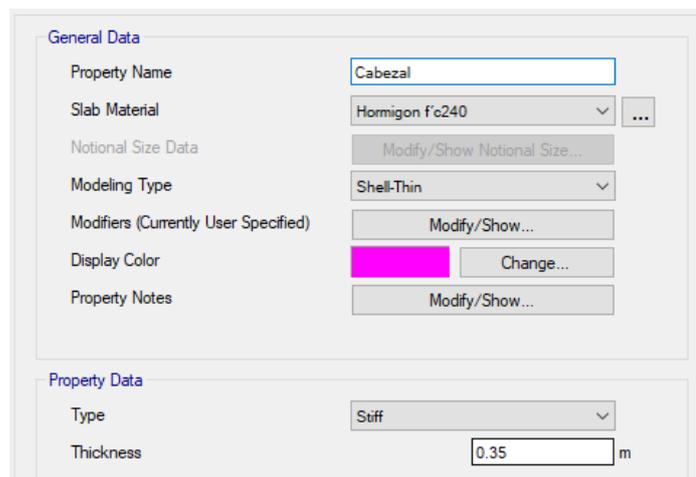
#### 3.1.2.3.1 Materiales



The screenshot shows the material properties configuration for 'Hormigon f'c240'. The 'General Data' section includes fields for Material Name, Material Type (Concrete), Directional Symmetry Type (Isotropic), Material Display Color (blue), and Material Notes. The 'Material Weight and Mass' section has radio buttons for 'Specify Weight Density' and 'Specify Mass Density' (selected), with input fields for Weight per Unit Volume (2.4 tonf/m³) and Mass per Unit Volume (0.244732 tonf-s²/m⁴). The 'Mechanical Property Data' section includes Modulus of Elasticity, E (2323790 tonf/m²), Poisson's Ratio, U (0.2), Coefficient of Thermal Expansion, A (0.000099 1/C), and Shear Modulus, G (968245.83 tonf/m²). The 'Design Property Data' section has a 'Modify/Show Material Property Design Data...' button.

Tabla 147. Hormigón plintos y pedestales – estructura de acero – SAFE.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 3.1.2.3.2 Secciones



The screenshot shows the section properties configuration for 'Cabezal'. The 'General Data' section includes fields for Property Name, Slab Material (Hormigon f'c240), Notional Size Data (Modify/Show Notional Size...), Modeling Type (Shell-Thin), Modifiers (Currently User Specified) (Modify/Show...), Display Color (magenta), and Property Notes (Modify/Show...). The 'Property Data' section includes Type (Stiff) and Thickness (0.35 m).

Tabla 148. Pedestales – estructura de acero – SAFE. Fuente: Elaboración propia.

| General Data                  |                              |
|-------------------------------|------------------------------|
| Property Name                 | Plinto                       |
| Slab Material                 | Hormigon f'c240              |
| Notional Size Data            | Modify/Show Notional Size... |
| Modeling Type                 | Shell-Thick                  |
| Modifiers (Currently Default) | Modify/Show...               |
| Display Color                 | Change...                    |
| Property Notes                | Modify/Show...               |
| Property Data                 |                              |
| Type                          | Footing                      |
| Thickness                     | 0.35 m                       |

Tabla 149. Plinto – estructura de acero – SAFE. Fuente: Elaboración propia.

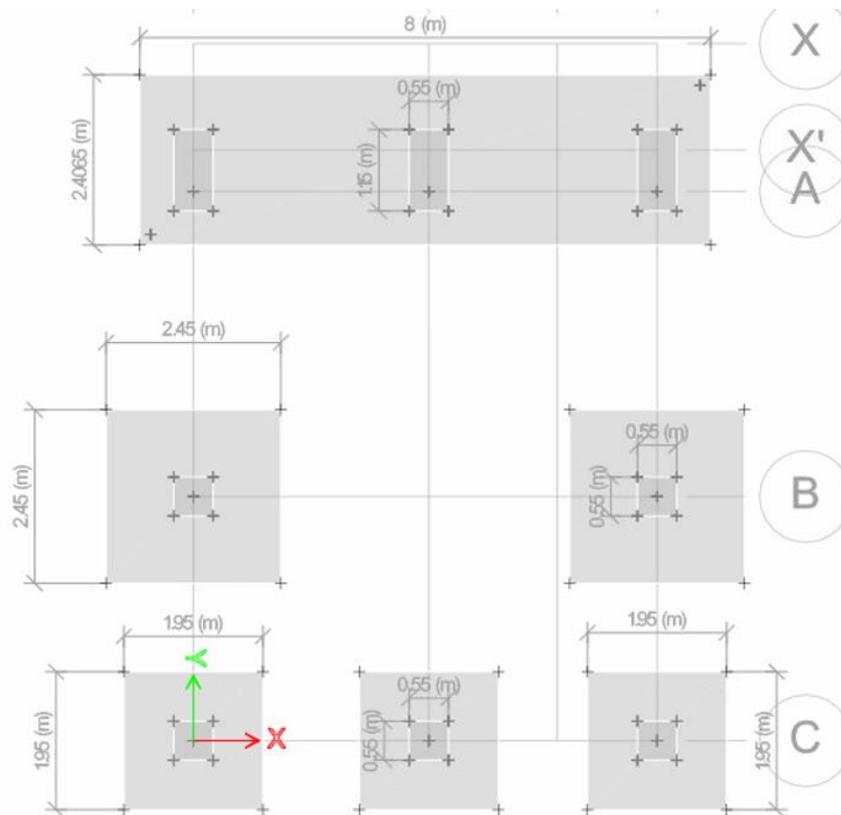


Figura 58. Plintos y pedestales Nivel -11.81– estructura de acero – SAFE. Fuente: Elaboración propia.

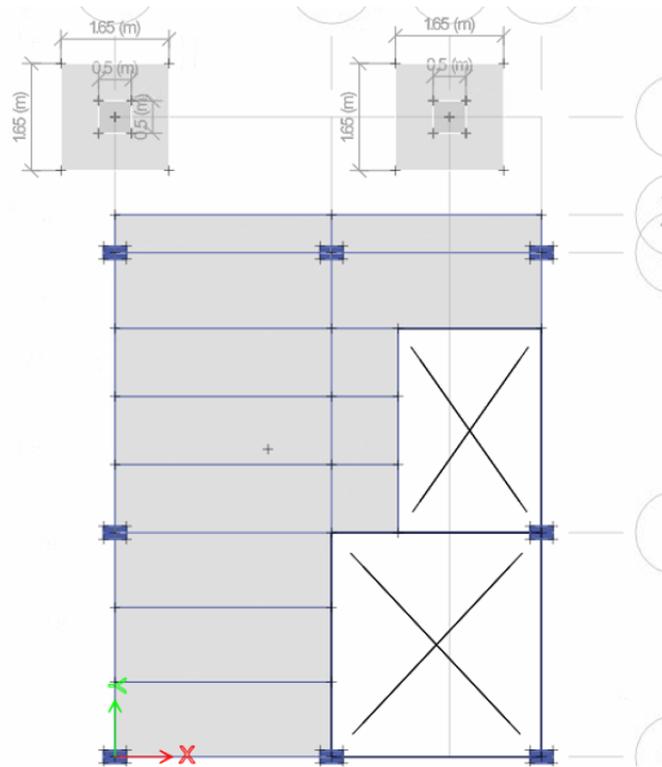


Figura 59. Plintos y pedestales Nivel -8.25 – estructura de acero – SAFE.  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.2.3.3 Presión de suelo

- Carga admisible

Tabla 150. Carga admisible – estructura de acero – SAFE. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 69. Módulo de Winkler se presenta el coeficiente de K a partir del esfuerzo admisible según Guerra, M. (2013). “Diseño de cimentaciones sismo resistentes utilizando SAFE”. Para este caso el Esfuerzo admisible es de 34 Ton/m<sup>2</sup> y el coeficiente K es de 6800 Ton/m<sup>3</sup>

- Carga de servicio o carga de cimentación - Nivel -11.81

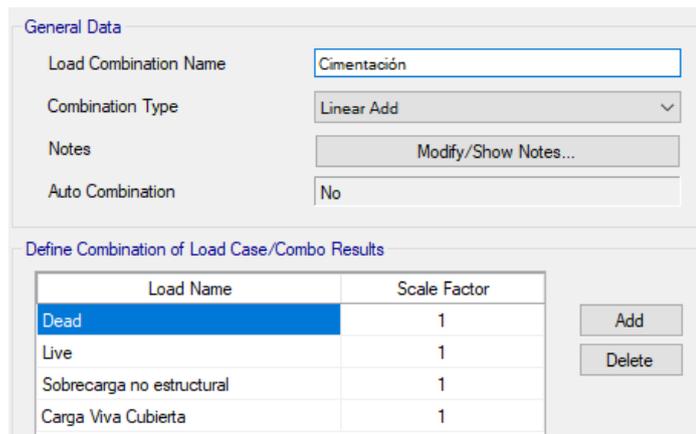


Tabla 151. Carga de servicio – estructura de acero – SAFE. Fuente: Elaboración propia.

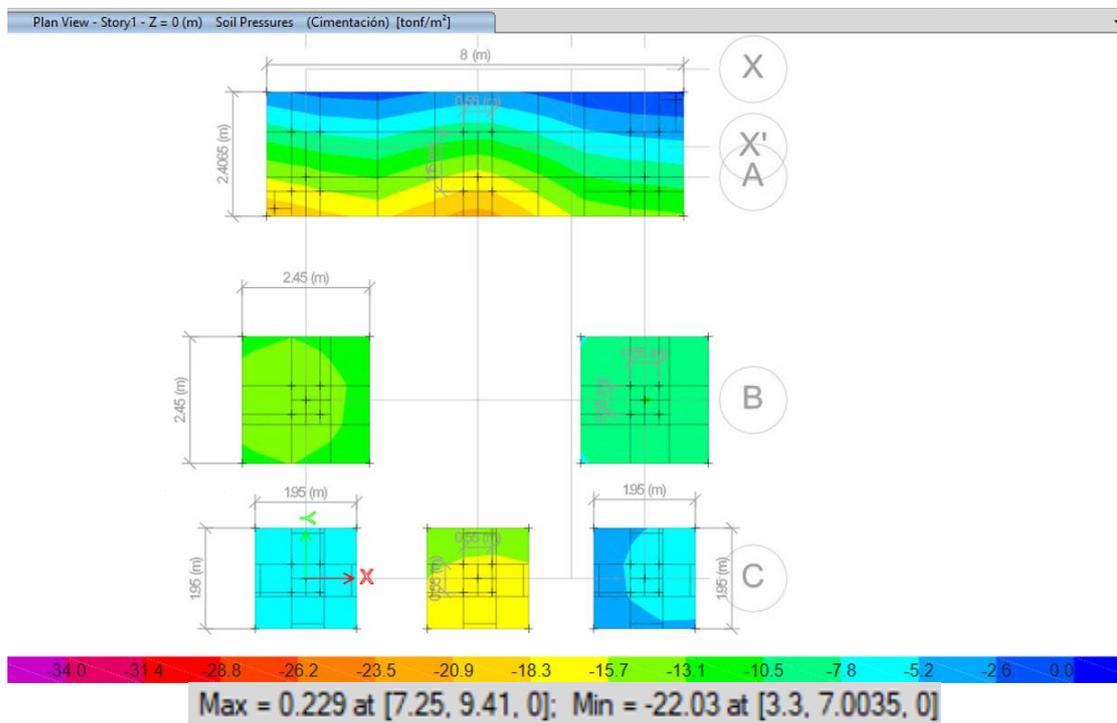


Figura 60. Carga de servicio - Nivel -11.81– estructura de acero – SAFE. Fuente: Elaboración propia.

Comprobación. Carga calculada < Carga admisible: 22.03 Ton/m<sup>2</sup> < 34 Ton/m<sup>2</sup>

- Cargas de servicio más sismo en X - Nivel -11.81

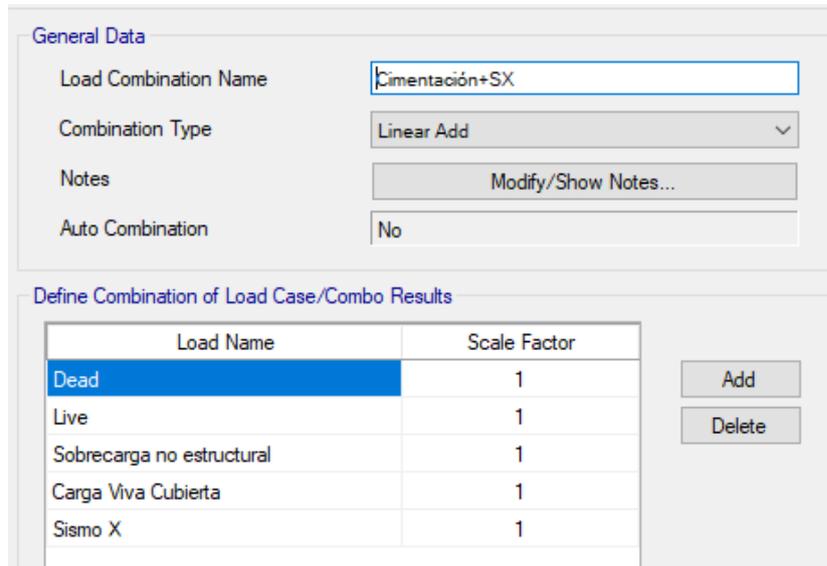


Tabla 152. Carga de servicio más sismo en X– estructura de acero – SAFE.  
Fuente: Elaboración propia.

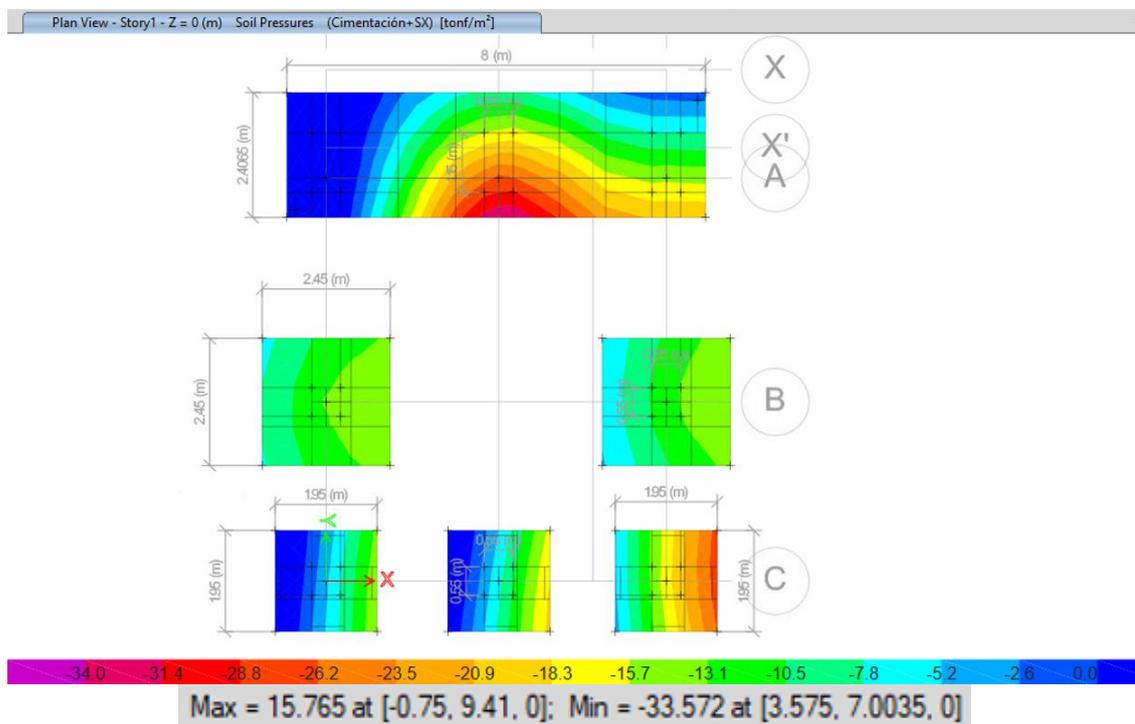


Figura 61. Carga de servicio más sismo en X - Nivel -11.81 – estructura de acero – SAFE. Fuente: Elaboración propia.

Comprobación. Carga calculada < Carga admisible: 33.572 Ton/m<sup>2</sup> < 34 Ton/m<sup>2</sup>

- Carga de servicio más sismo en Y - Nivel -11.81

**General Data**

Load Combination Name:

Combination Type:

Notes:

Auto Combination:

---

**Define Combination of Load Case/Combo Results**

| Load Name                 | Scale Factor |
|---------------------------|--------------|
| Dead                      | 1            |
| Live                      | 1            |
| Sobrecarga no estructural | 1            |
| Carga Viva Cubierta       | 1            |
| Sismo Y                   | 1            |

Tabla 153. Carga de servicio más sismo en Y– estructura de acero – SAFE.  
Fuente: Elaboración propia.

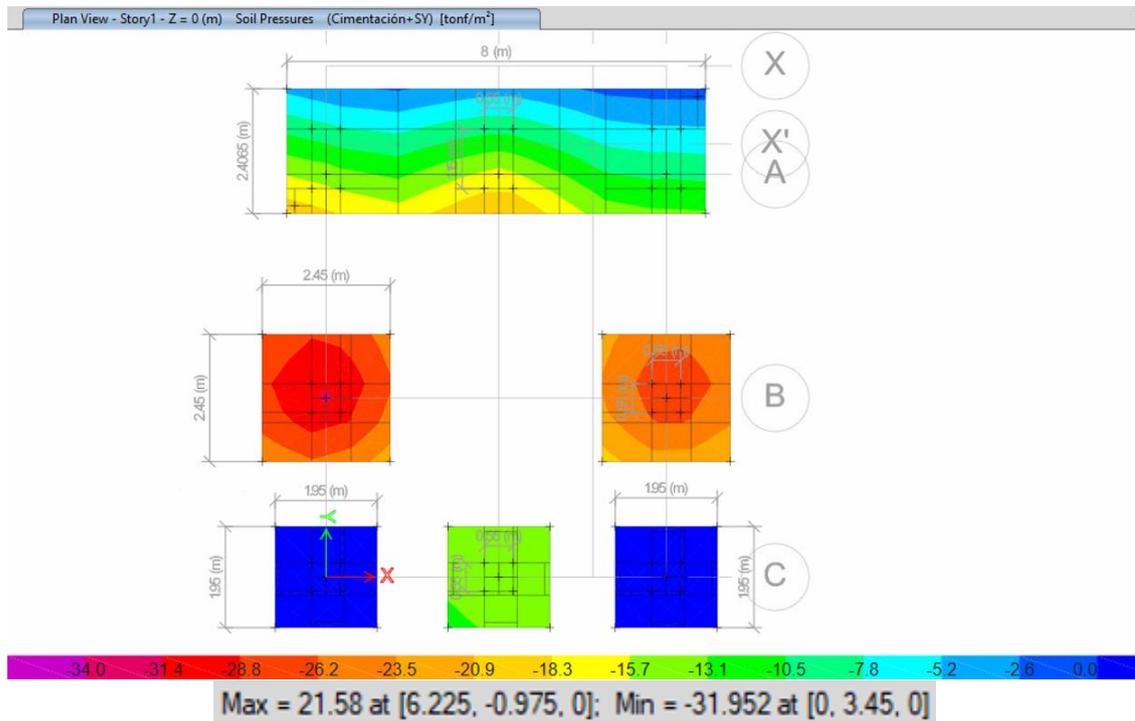


Figura 62. Carga de servicio más sismo en Y - Nivel -11.81 – estructura de acero – SAFE. Fuente: Elaboración propia.

Comprobación. Carga calculada < Carga admisible: 31.952Ton/m<sup>2</sup> < 34 Ton/m<sup>2</sup>

- Carga de servicio – Nivel -8.25

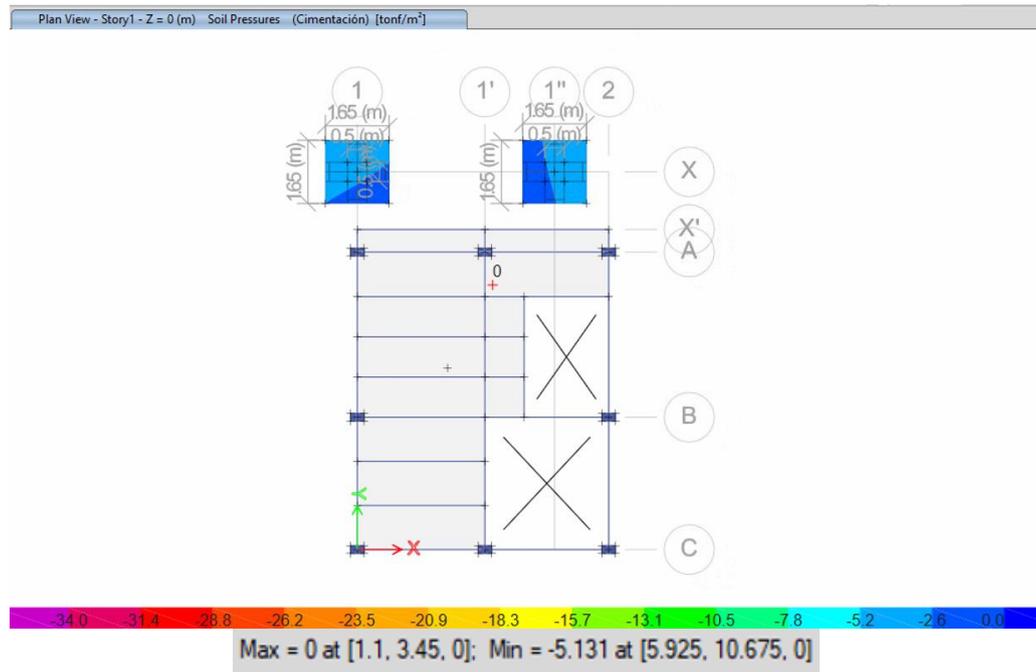


Figura 63. Carga de servicio - Nivel -8.25– estructura de acero – SAFE.  
Fuente: Elaboración propia.

Comprobación. Carga calculada < Carga admisible: 5.131Ton/m<sup>2</sup> < 34 Ton/m<sup>2</sup>

- Cargas de servicio más sismo en X – Nivel -8.25

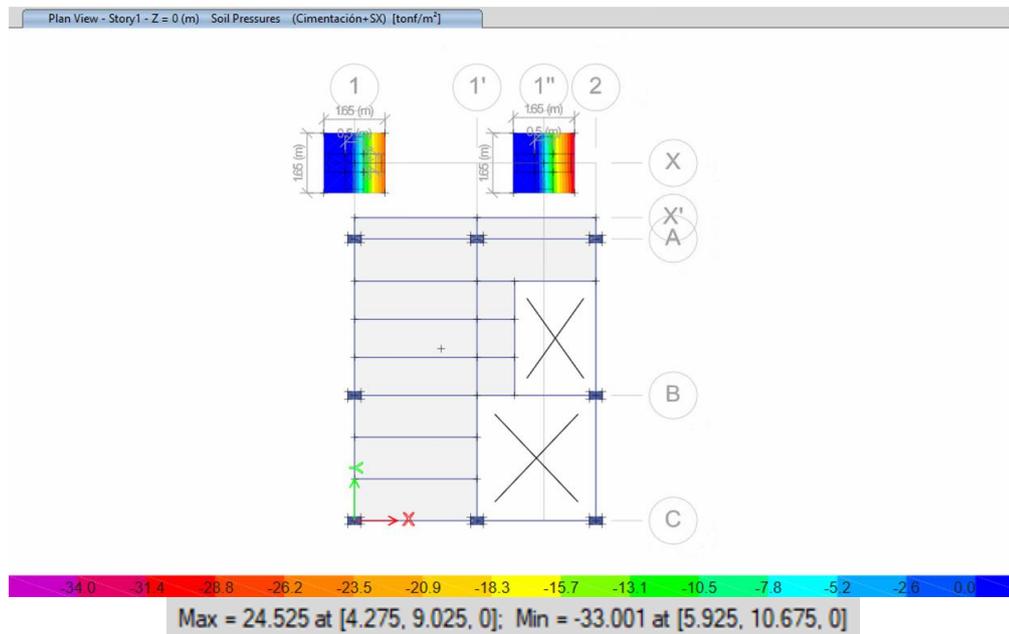


Figura 64. Carga de servicio más sismo en X - Nivel -8.25 – estructura de acero – SAFE. Fuente: Elaboración propia.

Comprobación. Carga calculada < Carga admisible: 33.001 Ton/m<sup>2</sup> < 34 Ton/m<sup>2</sup>

- Cargas de servicio más sismo en Y – Nivel -8.25

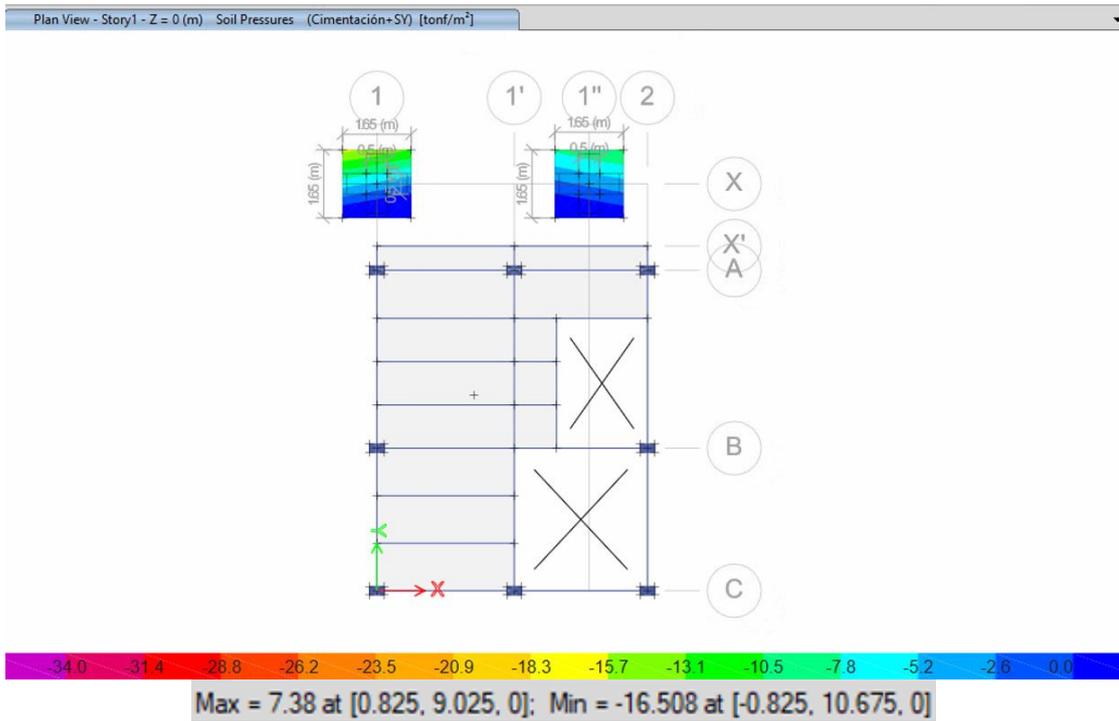


Figura 65. Carga de servicio más sismo en Y - Nivel -8.25 – estructura de acero – SAFE. Fuente: Elaboración propia.

Comprobación. Carga calculada < Carga admisible: 16.508 Ton/m<sup>2</sup> < 34 Ton/m<sup>2</sup>

### 3.1.2.3.4 Asentamiento

- Nivel -11.81

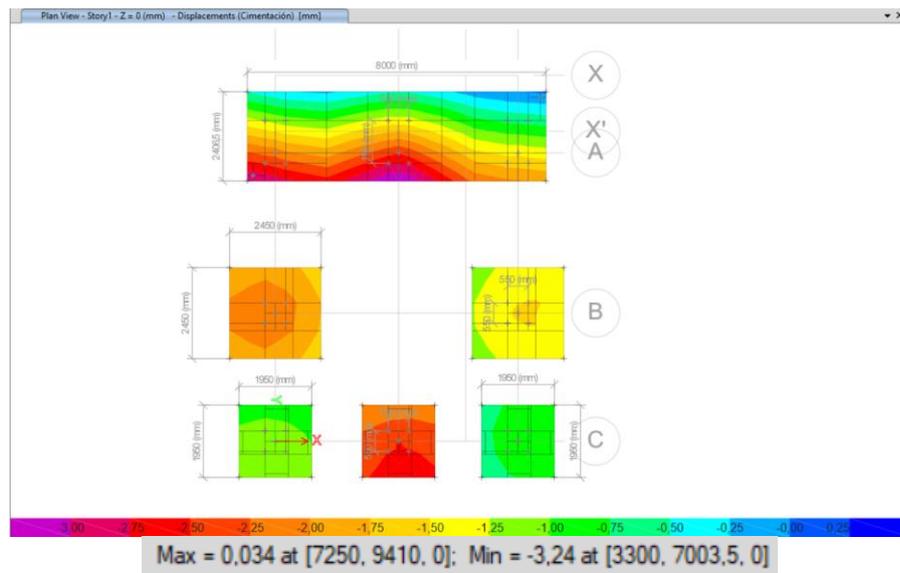


Figura 66. Asentamiento – Nivel -11.31- estructura de acero – SAFE. Fuente: Elaboración propia.

Comprobación. (NEC-SE-GC-Capítulo 6- 6.3.4 Asentamientos tolerables para edificaciones); Valor calculado  $< 20\text{cm} = 3.24\text{mm} < 200\text{mm}$  y para el asentamiento diferencial máximo para estructura metálica es  $L/160$  (donde  $L$ = mayor distancia entre columnas)  $L = 4.31\text{m}$ , por lo tanto  $4.31/160 = 0.0269$ , por lo tanto  $0.00324 < 0.0269$

- Nivel -8.25

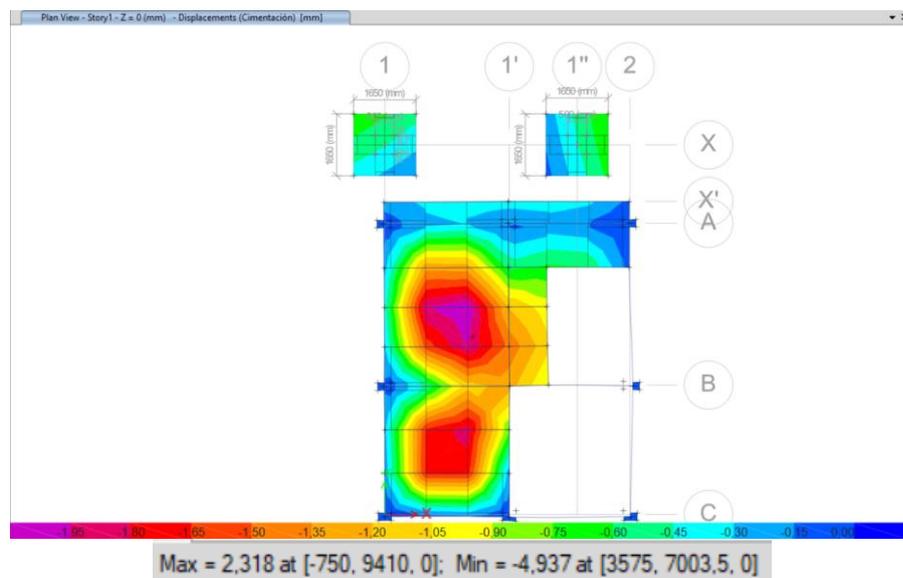


Figura 67. Asentamiento – Nivel -8.25- estructura de acero – SAFE. Fuente: Elaboración propia.

Comprobación. (NEC-SE-GC-Capítulo 6- 6.3.4 Asentamientos tolerables para edificaciones); Valor calculado  $< 20\text{cm} = 4.937\text{mm} < 200\text{mm}$  para el asentamiento diferencial máximo para estructura metálica es  $L/160$  (donde  $L$ = mayor distancia entre columnas)  $L = 3.3\text{m}$ , por lo tanto  $3.3/160 = 0.0206$ , por lo tanto  $0.0049 < 0.0206$

## 3.2 Cantidades de obra

### 3.2.1 Mampostería estructural

Mediante el uso de AutoCAD y hojas de cálculo, haciendo referencia al diseño arquitectónico (Anexo No.1), diseño estructural revisado (Anexo No.3), diseño de

iluminación, fuerza y electrónico (Anexo No.4) y diseño hidrosanitario (Anexo No.5), se realiza el cómputo de volúmenes de obra. A continuación, se presenta el desglose de rubros con sus respectivos volúmenes.

| Código                                 | Rubro   | Unidad | Cantidad |
|--|---|--------|----------|
| <b>Obras preliminares</b>              |   |        |          |
| 1                                      | Replanteo y nivelación.                                   | m2     | 108.00   |
| <b>Movimiento de tierras</b>           |   |        |          |
| 2                                      | Relleno compactado manual con material del sitio.         | m3     | 334.32   |
| <b>Muro de contención Nivel -10.31</b> |   |        |          |
| 3                                      | Excavación a mano zapata                                  | m3     | 1.68     |
| 4                                      | Polietileno cimentación                                   | m2     | 10.50    |
| 5                                      | Polietileno muro  | m2     | 21.35    |
| 6                                      | Hormigón replantillo f'c=180 Kg/cm2                       | m3     | 0.28     |
| 7                                      | Hormigón ciclópeo   | m3     | 0.70     |
| 8                                      | Hormigón zapata f'c=210 Kg/cm2                            | m3     | 0.84     |
| 9                                      | Hormigón pantalla muro f'c=210 Kg/cm2 (incluye encofrado) | m3     | 4.03     |
| <b>Nivel -10.31</b>                    |   |        |          |
| 10                                     | Excavación a mano viga de cimentación                     | m3     | 8.46     |
| 11                                     | Resanteo de contrapiso (10cm)                             | m2     | 44.71    |
| 12                                     | Poliestireno contrapiso                                   | m2     | 44.71    |
| 13                                     | Poliestireno viga de cimentación                          | m2     | 48.23    |
| 14                                     | Hormigón ciclópeo   | m3     | 4.08     |
| 15                                     | Hormigón replantillo f'c=180 Kg/cm2                       | m3     | 1.41     |
| 16                                     | Hormigón viga cimentación y contrapiso f'c=210 Kg/cm2     | m3     | 7.48     |
| 17                                     | Malla electrosoldada 6x15                                 | U      | 4.00     |
| 18                                     | Armadura TIPO V-9   | U      | 5.00     |
| 19                                     | Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2                          | kg     | 835.00   |
| 20                                     | Bloque estructural 12.5x37.5x15 cm                        | m2     | 93.26    |
| <b>Nivel -7.25</b>                     |   |        |          |
| 21                                     | Excavación a mano viga de cimentación                     | m3     | 0.51     |
| 22                                     | Resanteo contrapiso                                       | m2     | 6.73     |
| 23                                     | Poliestireno contrapiso                                   | m2     | 6.73     |
| 24                                     | Poliestireno viga de cimentación                          | m2     | 2.83     |
| 25                                     | Hormigón ciclópeo   | m3     | 0.21     |
| 26                                     | Hormigón replantillo f'c=180 Kg/cm2                       | m3     | 0.08     |
| 27                                     | Hormigón viga cimentación y contrapiso f'c=210 Kg/cm2     | m3     | 0.88     |
| 28                                     | Hormigón losa f'c=210 Kg/cm2                              | m3     | 8.14     |
| 29                                     | Hormigón viga (25x35)f'c=210 Kg/cm2                       | m3     | 0.55     |
| 30                                     | Malla electrosoldada 6x15                                 | U      | 1.00     |
| 31                                     | Malla electrosoldada 8x15                                 | U      | 6.00     |
| 32                                     | Armadura TIPO V-9   | U      | 1.00     |

|  |   |                |         |
|--|---|----------------|---------|
| 33   | Armadura TIPO V-1   | U              | 16.00   |
| 34   | Acero de refuerzo $F_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup>   | kg             | 2089.00 |
| 35   | Bloque estructural 12.5x37.5x15 cm  | m <sup>2</sup> | 125.08  |
| <b>Nivel -4.19</b>   |   |                |         |
| 36   | Hormigón losa $f'c=210$ Kg/cm <sup>2</sup>  | m <sup>3</sup> | 8.14    |
| 37   | Malla electrosoldada 8x15   | U              | 8.00    |
| 38   | Armadura TIPO V-1   | U              | 8.00    |
| 39   | Acero de refuerzo $F_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup>   | kg             | 1581.00 |
| 40   | Bloque estructural 12.5x37.5x15 cm  | m <sup>2</sup> | 112.14  |
| <b>Nivel -1.13</b>   |   |                |         |
| 41   | Hormigón losa $f'c=210$ Kg/cm <sup>2</sup>  | m <sup>3</sup> | 10.74   |
| 42   | Malla electrosoldada 8x15   | U              | 9.00    |
| 43   | Armadura TIPO V-1   | U              | 9.00    |
| 44   | Acero de refuerzo $F_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup>   | kg             | 29.00   |
| <b>Escaleras</b>   |   |                |         |
| 45   | Hormigón $f'c=210$ Kg/cm <sup>2</sup>   | m <sup>3</sup> | 9.72    |
| 46   | Acero de refuerzo $F_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup>   | kg             | 642.00  |
| <b>Hidrosanitario</b>  |   |                |         |
| <b>Sistema de agua residuales (aguas servidas-agua lluvia)</b> |   |                |         |
| 47   | Punto de PVC 2"   | pto            | 13.00   |
| 48   | Punto de PVC 3"   | pto            | 6.00    |
| 49   | Punto de PVC 4"   | pto            | 12.00   |
| 50   | Tubería PVC2"   | m              | 5.90    |
| 51   | Tubería PVC3"   | m              | 6.65    |
| 52   | Tubería PVC4"   | m              | 38.50   |
| 53   | Tubería PVC6"   | m              | 18.40   |
| 54   | Tubería PVC ventilación2"   | m              | 19.60   |
| 55   | Sumideros de piso 4"  | u              | 4.00    |
| 56   | Caja de revisión cruce calzada (0,60m por 0,60m por 1,20m)  | u              | 5.00    |
| <b>Sistema de agua potable</b>                                 |   |                |         |
| 57   | Salida de agua potable para fluxómetro  | pto            | 1.00    |
| 58   | Punto de agua   | pto            | 20.00   |
| 59   | Tubería de cobre tipo M de Ø1/2"  | m              | 42.00   |
| 60   | Válvula de paso de Ø 1/2"   | u              | 11.00   |
| <b>Iluminación, eléctrico, electrónico</b>                     |   |                |         |
| <b>Sistema de Fuerza</b>                                       |   |                |         |
| 61   | Tomacorriente doble polarizado color blanco   | u              | 24.00   |
| 62   | Extractor de aire (provisión y montaje)   | u              | 1.00    |
| 63   | Punto de salida de tomacorriente doble polarizado alimentación 220V EMT y Flexible (BX)1/2"2x12AWG THW + 1x14AWG THW        | pto            | 2.00    |
| 64   | Punto de salida de tomacorriente doble polarizado alimentación normal 110VAC EMT Flexible (BX)1/2"2x12AWG THW + 1x14AWG THW | pto            | 1.00    |
| 65   | Tomacorriente Televisión  | u              | 5.00    |
| <b>Salidas de Iluminación</b>                                  |   |                |         |
| 66   | Punto de salida para iluminación interior 110VAC EMT 1/2" 2x12AWG THW +1x14 AWG THW   | pto            | 47.00   |

|                                   |  |    |           |
|-----------------------------------|--|----|-----------|
| 67                                | PANEL LED 40W - BLANCO / 4000K / 60 CMS X 60 CMS / SYL                 | u  | 47.00     |
| 68                                | Instalación de luminarias  | u  | 47.00     |
| 69                                | Interruptor simple   | u  | 7.00      |
| 70                                | Sensor de Movimiento   | u  | 1.00      |
| <b>Sistema Electrónico</b>        |  |    |           |
| 71                                | Punto de Televisión  | u  | 5.00      |
| 72                                | Punto de Teléfono  | u  | 1.00      |
| 73                                | Punto para intercomunicador  | u  | 1.00      |
| 74                                | Caja de distribución principal   | u  | 2.00      |
| <b>Mampostería</b>                |  |    |           |
| 75                                | Cerramiento Patio Trasero  | m2 | 25.21     |
| 76                                | Hormigón f'c=180Kg/cm2 en dinteles y riostras (inc. acero de refuerzo) | m3 | 5.00      |
| <b>Enlucidos</b>                  |  |    |           |
| 77                                | Enlucido vertical interior.  | m2 | 330.00    |
| 78                                | Enlucido vertical exterior.  | m2 | 309.98    |
| 79                                | Enlucido horizontal  | m2 | 148.95.00 |
| 80                                | Empaste de paredes   | m2 | 639.98    |
| 81                                | Enlucido paletado fino de filos y fajas                                | m  | 300.00    |
| <b>Pisos y revestimientos</b>     |  |    |           |
| 82                                | Alisado mecánico de Pisos  | m2 | 148.95.00 |
| 83                                | Porcelanato esmaltado rectificado GP1                                  | m2 | 148.95.00 |
| 84                                | Masillado de losa incluye impermeabilizante                            | m2 | 75.00     |
| 85                                | Barrederas de porcelanato esmaltado rectificado GP 1 h=10cm            | m  | 730.00    |
| 86                                | Porcelanato antideslizante monomasa GP 2                               | m2 | 120.00    |
| 87                                | Porcelanato sobre mesón ó pirlanes GP 3                                | m2 | 13.00     |
| 88                                | Encespado Incluye abono  | m2 | 20.00     |
| 89                                | Entechado de policarbonato incluye juntas                              | m2 | 4.00      |
| <b>Puertas y ventanas</b>         |  |    |           |
| 90                                | Ventana de aluminio  | m2 | 35.00     |
| 91                                | PM 1.00 Puerta de madera simple  | u  | 1.00      |
| 92                                | PM 0.90 Puerta de madera simple  | u  | 1.00      |
| 93                                | PM 0.80 Puerta de madera simple  | u  | 1.00      |
| 94                                | PME 1.50 Puerta de madera de doble acción con ventanillas              | u  | 1.00      |
| 95                                | PH 24 1.60 Puerta metálica doble                                       | u  | 1.00      |
| 96                                | PH 26 0.72 Puerta metálica doble                                       | u  | 1.00      |
| 97                                | Cerradura de manija recta acero cromado llave-llave                    | u  | 2.00      |
| 98                                | Cerradura de manija recta acero cromado llave-seguro                   | u  | 2.00      |
| 99                                | Cerradura de manija recta acero cromado baño                           | u  | 1.00      |
| 100                               | Cerradura de caja para puerta de metal                                 | u  | 1.00      |
| <b>Recubrimiento y accesorios</b> |  |    |           |
| 101                               | Pasamanos de acero inoxidable  | m  | 10.00     |
| 102                               | Cerámica en paredes  | m2 | 20.00     |
| 103                               | Pintura de caucho látex vinilo acrílico interior.                      | m2 | 80.00     |

|                            |  |    |        |
|----------------------------|--|----|--------|
| 104                        | Pintura elastomérica (exterior e interior) | m2 | 559.98 |
| 105                        | Mesones de H.A.                            | m  | 10.00  |
| 106                        | Cerramiento Tubular                        | m  | 10.00  |
| <b>Mobiliario</b>          |  |    |        |
| 107                        | Armario ATU AV 16904 (L=900x400x1660mm)    | u  | 3.00   |
| 108                        | Cocina                                     | u  | 1.00   |
| 109                        | Closet de Ropa Blanca                      | u  | 1.00   |
| 110                        | Lavandería                                 | u  | 1.00   |
| <b>Aparatos Sanitarios</b> |  |    |        |
| 111                        | Asiento y inodoro                          | u  | 3.00   |
| 112                        | Lavamanos 2 llaves                         | u  | 3.00   |
| 113                        | Ducha Standard                             | u  | 3.00   |
| 114                        | Lavaplatos de Teka                         | u  | 1.00   |

Tabla 154. Cantidades de obra mampostería estructural. Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2 Estructura de acero

Mediante el uso de AutoCAD y hojas de cálculo, haciendo referencia al diseño arquitectónico (Anexo No.1), diseño estructural revisado (Anexo No.6), diseño de iluminación, fuerza y electrónico (Anexo No.4) y diseño hidrosanitario (Anexo No.5), se realiza el cómputo de volúmenes de obra. A continuación, se presenta el desglose de rubros con sus respectivos volúmenes.

| Código                       | Rubro   | Unidad | Cantidad |
|------------------------------|---|--------|----------|
| <b>Obras preliminares</b>    |   |        |          |
| 1                            | Replanteo y nivelación.   | m2     | 108.00   |
| <b>Movimiento de tierras</b> |   |        |          |
| 2                            | Relleno compactado manual con material del sitio.                       | m3     | 382.08   |
| 3                            | Capa granular sub base tipo 3   | m3     | 76.42    |
| <b>Muro de contención</b>    |   |        |          |
| 4                            | Excavación a mano zapata  | m3     | 25.92    |
| 5                            | Polietileno cimentación   | m2     | 26.48    |
| 6                            | Polietileno muro  | m2     | 34.08    |
| 7                            | Hormigón replantillo $f'c=180$ Kg/cm <sup>2</sup>                       | m3     | 1.15     |
| 8                            | Hormigón zapata $f'c=240$ Kg/cm <sup>2</sup>                            | m3     | 6.72     |
| 9                            | Hormigón pantalla muro $f'c=240$ Kg/cm <sup>2</sup> (incluye encofrado) | m3     | 6.82     |
| <b>Cimentación</b>           |   |        |          |
| 10                           | Excavación a mano viga de cimentación                                   | m3     | 42.30    |
| 11                           | Relleno compactado  | m3     | 23.25    |
| 12                           | Excavación a mano cadena  | m3     | 1.03     |

|   |  |     |          |
|---|--|-----|----------|
| 13  | Polietileno en cimentación                               | m2  | 48.53    |
| 14  | Polietileno en cadenas                                   | m2  | 30.56    |
| 15  | Hormigón replantillo $f'c=180$ Kg/cm2                    | m3  | 1.73     |
| 16  | Hormigón zapata $f'c=240$ Kg/cm2                         | m3  | 10.10    |
| 17  | Hormigón cadenas $f'c=240$ Kg/cm2 (incluye encofrado)    | m3  | 2.55     |
| 18  | Hormigón pedestales $f'c=240$ Kg/cm2 (incluye encofrado) | m3  | 4.25     |
| 19  | Gout $f'c=500$ Kg/cm2                                    | m3  | 0.12     |
| 20  | Acero de refuerzo $Fy=4200$ kg/cm2                       | kg  | 3485.00  |
| <b>Acero estructural</b>  |  |     |          |
| 21  | Columnas A572GR50  | kg  | 15547.87 |
| 22  | Vigas y correas A572GR50                                 | kg  | 9046.90  |
| 23  | Placa base A572GR50                                      | kg  | 196.05   |
| 24  | Pernos ASTM F 1554 GR60                                  | kg  | 0.72     |
| 25  | Hormigón columnas $f'c=240$ Kg/cm2                       | m3  | 0.21     |
| <b>Contrapiso Nivel -10.31</b>                                  |  |     |          |
| 26  | Hormigón contrapiso $f'c=210$ Kg/cm2                     | m3  | 5.46     |
| 27  | Malla electrosoldada 6x15                                | m3  | 8.14     |
| <b>Losa Nivel -7.25</b>   |  |     |          |
| 28  | Hormigón losa $f'c=240$ Kg/cm2                           | m3  | 4.88     |
| 29  | Malla electrosoldada 6x15                                | U   | 3.00     |
| 30  | Placa colaborante $e=0.76$ mm incluye Nelson Stud tipo b | m2  | 40.70    |
| <b>Losa Nivel -4.19</b>   |  |     |          |
| 31  | Hormigón losa $f'c=240$ Kg/cm2                           | m3  | 6.44     |
| 32  | Malla electrosoldada 6x15                                | U   | 4.00     |
| 33  | Placa colaborante $e=0.76$ mm incluye Nelson Stud tipo b | m2  | 53.69    |
| <b>Losa Nivel -1.13</b>   |  |     |          |
| 34  | Hormigón losa $f'c=240$ Kg/cm2                           | m3  | 8.50     |
| 35  | Malla electrosoldada 6x15                                | U   | 5.00     |
| 36  | Placa colaborante $e=0.76$ mm incluye Nelson Stud tipo b | m2  | 70.80    |
| <b>Escaleras</b>  |  |     |          |
| 37  | Hormigón $f'c=210$ Kg/cm2                                | m3  | 9.72     |
| 38  | Acero de refuerzo $Fy=4200$ kg/cm2                       | kg  | 642.00   |
| <b>Hidrosanitario</b>   |  |     |          |
| <b>Sistema de aguas residuales (aguas servidas-agua lluvia)</b> |  |     |          |
| 39  | Punto dePVC 2"   | pto | 13.00    |
| 40  | Punto dePVC 3"   | pto | 6.00     |
| 41  | Punto dePVC 4"   | pto | 12.00    |
| 42  | Tubería PVC2"  | m   | 5.90     |
| 43  | Tubería PVC3"  | m   | 6.65     |
| 44  | Tubería PVC4"  | m   | 38.50    |
| 45  | Tubería PVC6"  | m   | 18.40    |
| 46  | Tubería PVC ventilación2"                                | m   | 19.60    |
| 47  | Sumideros de piso 4"                                     | u   | 4.00     |

|  |   |     |           |
|--|---|-----|-----------|
| 48   | Caja de revisión cruce calzada (0,60m por 0,60m por 1,20m)  | u   | 5.00      |
| <b>Sistema de agua potable</b>             |   |     |           |
| 49   | Salida de agua potable para fluxometro  | pto | 1.00      |
| 50   | Punto de agua   | pto | 20.00     |
| 51   | Tubería de cobre tipo M de Ø1/2"  | m   | 42.00     |
| 52   | Válvula de paso de Ø 1/2"   | u   | 11.00     |
| <b>Iluminación, eléctrico, electrónico</b> |   |     |           |
| <b>Sistema de Fuerza</b>                   |   |     |           |
| 53   | Tomacorriente doble polarizado color blanco   | u   | 24.00     |
| 54   | Extractor de aire (provisión y montaje)   | u   | 1.00      |
| 55   | Punto de salida de tomacorriente doble polarizado alimentación 220V EMT y Flexible (BX)1/2"2x12AWG THW + 1x14AWG THW        | pto | 2.00      |
| 56   | Punto de salida de tomacorriente doble polarizado alimentación normal 110VAC EMT Flexible (BX)1/2"2x12AWG THW + 1x14AWG THW | pto | 1.00      |
| 57   | Tomacorriente Televisión  | u   | 5.00      |
| <b>Salidas de Iluminación</b>              |   |     |           |
| 58   | Punto de salida para iluminación interior 110VAC EMT 1/2" 2x12AWG THW +1x14 AWG THW   | pto | 47.00     |
| 59   | PANEL LED 40W - BLANCO / 4000K / 60 CMS X 60 CMS / SYL  | u   | 47.00     |
| 60   | Instalación de luminarias   | u   | 47.00     |
| 61   | Interruptor simple  | u   | 7.00      |
| 62   | Sensor de Movimiento  | u   | 1.00      |
| <b>Sistema Electrónico</b>                 |   |     |           |
| 63   | Punto de Televisión   | u   | 5.00      |
| 64   | Punto de Teléfono   | u   | 1.00      |
| 65   | Punto para intercomunicador   | u   | 1.00      |
| 66   | Caja de distribución principal  | u   | 2.00      |
| <b>Mampostería</b>                         |   |     |           |
| 67   | Cerramiento Patio Trasero   | m2  | 25.21     |
| 68   | Hormigón f'c=180Kg/cm2 en dinteles y riostras (inc. acero de refuerzo)  | m3  | 5.00      |
| 69   | Bloque de 10 cm   | m2  | 350.00    |
| <b>Enlucidos</b>                           |   |     |           |
| 70   | Enlucido vertical interior.   | m2  | 330.00    |
| 71   | Enlucido vertical exterior.   | m2  | 309.98    |
| 72   | Enlucido horizontal   | m2  | 148.95.00 |
| 73   | Empaste de paredes  | m2  | 639.98    |
| 74   | Enlucido paletado fino de filos y fajas   | m   | 300.00    |
| <b>Pisos y revestimientos</b>              |   |     |           |
| 75   | Alisado mecánico de Pisos   | m2  | 148.95.00 |
| 76   | Porcelanato esmaltado rectificado GP1   | m2  | 148.95.00 |
| 77   | Masillado de losa incluye impermeabilizante   | m2  | 75.00     |
| 78   | Barrederas de porcelanato esmaltado rectificado GP 1 h=10cm   | m   | 730.00    |
| 79   | Porcelanato antideslizante monomasa GP 2  | m2  | 120.00    |
| 80   | Porcelanato sobre mesón ó pirlanes GP 3   | m2  | 13.00     |
| 81   | Encespado Incluye abono   | m2  | 20.00     |
| 82   | Entechado de policarbonato incluye juntas   | m2  | 4.00      |

| <b>Puertas y ventanas</b>         |   |    |        |
|-----------------------------------|---|----|--------|
| 83                                | Ventana de aluminio                                       | m2 | 35.00  |
| 84                                | PM 1.00 Puerta de madera simple                           | u  | 1.00   |
| 85                                | PM 0.90 Puerta de madera simple                           | u  | 1.00   |
| 86                                | PM 0.80 Puerta de madera simple                           | u  | 1.00   |
| 87                                | PME 1.50 Puerta de madera de doble acción con ventanillas | u  | 1.00   |
| 88                                | PH 24 1.60 Puerta metálica doble                          | u  | 1.00   |
| 89                                | PH 26 0.72 Puerta metálica doble                          | u  | 1.00   |
| 90                                | Cerradura de manija recta acero cromado llave-llave       | u  | 2.00   |
| 91                                | Cerradura de manija recta acero cromado llave-seguro      | u  | 2.00   |
| 92                                | Cerradura de manija recta acero cromado baño              | u  | 1.00   |
| 93                                | Cerradura de caja para puerta de metal                    | u  | 1.00   |
| <b>Recubrimiento y accesorios</b> |   |    |        |
| 94                                | Pasamanos de acero inoxidable                             | m  | 10.00  |
| 95                                | Cerámica en paredes                                       | m2 | 20.00  |
| 96                                | Pintura de caucho látex vinilo acrílico interior.         | m2 | 80.00  |
| 97                                | Pintura elastomérica (exterior e interior)                | m2 | 559.98 |
| 98                                | Mesones de H.A.   | m  | 10.00  |
| 99                                | Cerramiento Tubular                                       | m  | 10.00  |
| <b>Mobiliario</b>                 |   |    |        |
| 100                               | Armario ATU AV 16904 (L=900x400x1660mm)                   | u  | 3.00   |
| 101                               | Cocina  | u  | 1.00   |
| 102                               | Closet de Ropa Blanca                                     | u  | 1.00   |
| 103                               | Lavandería  | u  | 1.00   |
| <b>Aparatos Sanitarios</b>        |   |    |        |
| 104                               | Asiento e inodoro   | u  | 3.00   |
| 105                               | Lavamanos 2 llaves  | u  | 3.00   |
| 106                               | Ducha Standard  | u  | 3.00   |
| 107                               | Lavaplatos de Teka  | u  | 1.00   |

Tabla 155. Cantidades de obra estructura de acero. Fuente: Elaboración propia

### 3.3 Análisis de precios unitarios

#### 3.3.1 Mampostería estructural

Con base a la Tabla 154, donde se presenta los volúmenes de obra del proyecto en mampostería estructural, mediante el uso de hojas de cálculo se realizan los análisis de precios a cada uno de los rubros identificados, a fin de determinar el precio total de construcción del proyecto bajo este sistema estructural. A continuación, se presenta la

tabla de cantidades y precios, en el Anexo No. 7, se presentan los APU's correspondientes para cada rubro.

| Código                                 | Rubro   | Unidad | Cantidad | P. U.     | Costo Total |
|--|---|--------|----------|-----------|-------------|
| <b>Obras preliminares</b>              |   |        |          |           |             |
| 1                                      | Replanteo y nivelación.                                   | m2     | 108.00   | \$ 2.22   | \$ 239.76   |
| <b>Movimiento de tierras</b>           |   |        |          |           |             |
| 2                                      | Relleno compactado manual con material del sitio.         | m3     | 334.32   | \$ 11.39  | \$ 3,807.90 |
| <b>Muro de contención Nivel -10.31</b> |   |        |          |           |             |
| 3                                      | Excavación a mano zapata                                  | m3     | 1.68     | \$ 12.50  | \$ 21.00    |
| 4                                      | Polietileno cimentación                                   | m2     | 10.50    | \$ 3.32   | \$ 34.86    |
| 5                                      | Polietileno muro  | m2     | 21.35    | \$ 3.79   | \$ 80.92    |
| 6                                      | Hormigón replantillo f'c=180 Kg/cm2                       | m3     | 0.28     | \$ 139.24 | \$ 38.99    |
| 7                                      | Hormigón ciclópeo   | m3     | 0.70     | \$ 120.56 | \$ 84.39    |
| 8                                      | Hormigón zapata f'c=210 Kg/cm2                            | m3     | 0.84     | \$ 193.09 | \$ 162.20   |
| 9                                      | Hormigón pantalla muro f'c=210 Kg/cm2 (incluye encofrado) | m3     | 4.03     | \$ 294.60 | \$ 1,187.24 |
| <b>Nivel -10.31</b>                    |   |        |          |           |             |
| 10                                     | Excavación a mano viga de cimentación                     | m3     | 8.46     | \$ 12.50  | \$ 105.74   |
| 11                                     | Resanteo de contrapiso (10cm)                             | m2     | 44.71    | \$ 11.39  | \$ 509.25   |
| 12                                     | Poliestireno contrapiso                                   | m2     | 44.71    | \$ 3.79   | \$ 169.45   |
| 13                                     | Poliestireno viga de cimentación                          | m2     | 48.23    | \$ 3.79   | \$ 182.78   |
| 14                                     | Hormigón ciclópeo   | m3     | 4.08     | \$ 120.56 | \$ 491.88   |
| 15                                     | Hormigón replantillo f'c=180 Kg/cm2                       | m3     | 1.41     | \$ 139.24 | \$ 196.31   |
| 16                                     | Hormigón viga cimentación y contrapiso f'c=210 Kg/cm2     | m3     | 7.48     | \$ 272.21 | \$ 2,036.13 |
| 17                                     | Malla electrosoldada 6x15                                 | U      | 4.00     | \$ 79.73  | \$ 318.92   |
| 18                                     | Armadura TIPO V-9   | U      | 5.00     | \$ 68.17  | \$ 340.85   |
| 19                                     | Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2                          | kg     | 835.00   | \$ 2.15   | \$ 1,795.25 |
| 20                                     | Bloque estructural 12.5x37.5x15 cm                        | m2     | 93.26    | \$ 84.96  | \$ 7,923.76 |
| <b>Nivel -7.25</b>                     |   |        |          |           |             |
| 21                                     | Excavación a mano viga de cimentación                     | m3     | 0.51     | \$ 12.50  | \$ 6.33     |
| 22                                     | Resanteo contrapiso                                       | m2     | 6.73     | \$ 11.39  | \$ 76.65    |
| 23                                     | Poliestireno contrapiso                                   | m2     | 6.73     | \$ 3.79   | \$ 25.51    |
| 24                                     | Poliestireno viga de cimentación                          | m2     | 2.83     | \$ 3.79   | \$ 10.74    |
| 25                                     | Hormigón ciclópeo   | m3     | 0.21     | \$ 120.56 | \$ 25.44    |
| 26                                     | Hormigón replantillo f'c=180 Kg/cm2                       | m3     | 0.08     | \$ 139.24 | \$ 11.75    |
| 27                                     | Hormigón viga cimentación y contrapiso f'c=210 Kg/cm2     | m3     | 0.88     | \$ 272.21 | \$ 239.54   |
| 28                                     | Hormigón losa f'c=210 Kg/cm2                              | m3     | 8.14     | \$ 253.61 | \$ 2,064.39 |
| 29                                     | Hormigón viga (25x35)f'c=210 Kg/cm2                       | m3     | 0.55     | \$ 252.42 | \$ 138.83   |
| 30                                     | Malla electrosoldada 6x15                                 | U      | 1.00     | \$ 79.73  | \$ 79.73    |
| 31                                     | Malla electrosoldada 8x15                                 | U      | 6.00     | \$ 136.74 | \$ 820.44   |
| 32                                     | Armadura TIPO V-9   | U      | 1.00     | \$ 68.17  | \$ 68.17    |
| 33                                     | Armadura TIPO V-1   | U      | 16.00    | \$ 59.77  | \$ 956.32   |

|   |   |                |         |           |              |
|---|---|----------------|---------|-----------|--------------|
| 34  | Acero de refuerzo $F_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup>   | kg             | 2089.00 | \$ 2.15   | \$ 4,491.35  |
| 35  | Bloque estructural 12.5x37.5x15 cm  | m <sup>2</sup> | 125.08  | \$ 84.96  | \$ 10,626.37 |
| <b>Nivel -4.19</b>  |   |                |         |           |              |
| 36  | Hormigón losa $f'c=210$ Kg/cm <sup>2</sup>  | m <sup>3</sup> | 8.14    | \$ 253.61 | \$ 2,064.39  |
| 37  | Malla electrosoldada 8x15   | U              | 8.00    | \$ 136.74 | \$ 1,093.92  |
| 38  | Armadura TIPO V-1   | U              | 8.00    | \$ 59.77  | \$ 478.16    |
| 39  | Acero de refuerzo $F_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup>   | kg             | 1581.00 | \$ 2.15   | \$ 3,399.15  |
| 40  | Bloque estructural 12.5x37.5x15 cm  | m <sup>2</sup> | 112.14  | \$ 84.96  | \$ 9,526.99  |
| <b>Nivel -1.13</b>  |   |                |         |           |              |
| 41  | Hormigón losa $f'c=210$ Kg/cm <sup>2</sup>  | m <sup>3</sup> | 10.74   | \$ 253.61 | \$ 2,723.77  |
| 42  | Malla electrosoldada 8x15   | U              | 9.00    | \$ 136.74 | \$ 1,230.66  |
| 43  | Armadura TIPO V-1   | U              | 9.00    | \$ 59.77  | \$ 537.93    |
| 44  | Acero de refuerzo $F_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup>   | kg             | 29.00   | \$ 2.15   | \$ 62.35     |
| <b>Escaleras</b>  |   |                |         |           |              |
| 45  | Hormigón $f'c=210$ Kg/cm <sup>2</sup>   | m <sup>3</sup> | 9.72    | \$ 253.61 | \$ 2,465.09  |
| 46  | Acero de refuerzo $F_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup>   | kg             | 642.00  | \$ 2.15   | \$ 1,380.30  |
| <b>Hidrosanitario</b>   |   |                |         |           |              |
| <b>Sistema de aguas residuales (aguas servidas-agua lluvia)</b> |   |                |         |           |              |
| 47  | Punto dePVC 2"  | pto            | 13.00   | \$ 43.09  | \$ 560.17    |
| 48  | Punto dePVC 3"  | pto            | 6.00    | \$ 52.45  | \$ 314.70    |
| 49  | Punto dePVC 4"  | pto            | 12.00   | \$ 61.70  | \$ 740.40    |
| 50  | Tubería PVC2"   | m              | 5.90    | \$ 3.97   | \$ 23.42     |
| 51  | Tubería PVC3"   | m              | 6.65    | \$ 6.05   | \$ 40.23     |
| 52  | Tubería PVC4"   | m              | 38.50   | \$ 7.69   | \$ 296.07    |
| 53  | Tubería PVC6"   | m              | 18.40   | \$ 14.89  | \$ 273.98    |
| 54  | Tubería PVC ventilación2"   | m              | 19.60   | \$ 3.11   | \$ 60.96     |
| 55  | Sumideros de piso 4"  | u              | 4.00    | \$ 22.51  | \$ 90.04     |
| 56  | Caja de revisión cruce calzada (0,60m por 0,60m por 1,20m)  | u              | 5.00    | \$ 244.97 | \$ 1,224.85  |
| <b>Sistema de agua potable</b>                                  |   |                |         |           |              |
| 57  | Salida de agua potable para fluxómetro  | pto            | 1.00    | \$ 47.16  | \$ 47.16     |
| 58  | Punto de agua   | pto            | 20.00   | \$ 40.04  | \$ 800.80    |
| 59  | Tubería de cobre tipo M de Ø1/2"  | m              | 42.00   | \$ 11.93  | \$ 501.06    |
| 60  | Válvula de paso de Ø 1/2"   | u              | 11.00   | \$ 21.29  | \$ 234.19    |
| <b>Iluminación, eléctrico, electrónico</b>                      |   |                |         |           |              |
| <b>Sistema de Fuerza</b>  |   |                |         |           |              |
| 61  | Tomacorriente doble polarizado color blanco   | u              | 24.00   | \$ 4.64   | \$ 111.36    |
| 62  | Extractor de aire (provisión y montaje)   | u              | 1.00    | \$ 98.82  | \$ 98.82     |
| 63  | Punto de salida de tomacorriente doble polarizado alimentación 220V EMT y Flexible (BX)1/2"2x12AWG THW + 1x14AWG THW        | pto            | 2.00    | \$ 95.62  | \$ 191.24    |
| 64  | Punto de salida de tomacorriente doble polarizado alimentación normal 110VAC EMT Flexible (BX)1/2"2x12AWG THW + 1x14AWG THW | pto            | 1.00    | \$ 37.84  | \$ 37.84     |
| 65  | Tomacorriente Televisión  | u              | 5.00    | \$ 42.98  | \$ 214.90    |
| <b>Salidas de Iluminación</b>                                   |   |                |         |           |              |

|                                   |   |     |           |           |             |
|-----------------------------------|---|-----|-----------|-----------|-------------|
| 66                                | Punto de salida para iluminación interior 110VAC EMT 1/2" 2x12AWG THW +1x14 AWG THW | pto | 47.00     | \$ 40.54  | \$ 1,905.38 |
| 67                                | PANEL LED 40W - BLANCO / 4000K / 60 CMS X 60 CMS / SYL                              | u   | 47.00     | \$ 47.45  | \$ 2,230.15 |
| 68                                | Instalación de luminarias   | u   | 47.00     | \$ 8.24   | \$ 387.28   |
| 69                                | Interruptor simple  | u   | 7.00      | \$ 13.30  | \$ 93.10    |
| 70                                | Sensor de Movimiento  | u   | 1.00      | \$ 24.48  | \$ 24.48    |
| <b>Sistema Electrónico</b>        |   |     |           |           |             |
| 71                                | Punto de Televisión   | u   | 5.00      | \$ 72.14  | \$ 360.70   |
| 72                                | Punto de Teléfono   | u   | 1.00      | \$ 52.08  | \$ 52.08    |
| 73                                | Punto para intercomunicador   | u   | 1.00      | \$ 237.84 | \$ 237.84   |
| 74                                | Caja de distribución principal  | u   | 2.00      | \$ 276.24 | \$ 552.48   |
| <b>Mampostería</b>                |   |     |           |           |             |
| 75                                | Cerramiento Patio Trasero   | m2  | 25.21     | \$ 16.10  | \$ 405.88   |
| 76                                | Hormigón f'c=180Kg/cm2 en dinteles y riostras (inc. acero de refuerzo)              | m3  | 5.00      | \$ 227.11 | \$ 1,135.55 |
| <b>Enlucidos</b>                  |   |     |           |           |             |
| 77                                | Enlucido vertical interior.   | m2  | 330.00    | \$ 8.08   | \$ 2,666.40 |
| 78                                | Enlucido vertical exterior.   | m2  | 309.98    | \$ 11.15  | \$ 3,456.28 |
| 79                                | Enlucido horizontal   | m2  | 148.95.00 | \$ 12.95  | \$ 1,942.50 |
| 80                                | Empaste de paredes  | m2  | 639.98    | \$ 3.23   | \$ 2,067.14 |
| 81                                | Enlucido paletado fino de filos y fajas   | m   | 300.00    | \$ 3.98   | \$ 1,194.00 |
| <b>Pisos y revestimientos</b>     |   |     |           |           |             |
| 82                                | Alisado mecánico de Pisos   | m2  | 148.95.00 | \$ 2.18   | \$ 327.00   |
| 83                                | Porcelanato esmaltado rectificado GP1   | m2  | 148.95.00 | \$ 29.84  | \$ 4,476.00 |
| 84                                | Masillado de losa incluye impermeabilizante   | m2  | 75.00     | \$ 10.90  | \$ 817.50   |
| 85                                | Barrederas de porcelanato esmaltado rectificado GP 1 h=10cm                         | m   | 730.00    | \$ 4.80   | \$ 3,504.00 |
| 86                                | Porcelanato antideslizante monomasa GP 2  | m2  | 120.00    | \$ 29.10  | \$ 3,492.00 |
| 87                                | Porcelanato sobre mesón ó pirlanes GP 3   | m2  | 13.00     | \$ 29.10  | \$ 378.30   |
| 88                                | Encespado Incluye abono   | m2  | 20.00     | \$ 5.22   | \$ 104.40   |
| 89                                | Entechado de policarbonato incluye juntas   | m2  | 4.00      | \$ 92.28  | \$ 369.12   |
| <b>Puertas y ventanas</b>         |   |     |           |           |             |
| 90                                | Ventana de aluminio   | m2  | 35.00     | \$ 98.93  | \$ 3,462.55 |
| 91                                | PM 1.00 Puerta de madera simple   | u   | 1.00      | \$ 202.16 | \$ 202.16   |
| 92                                | PM 0.90 Puerta de madera simple   | u   | 1.00      | \$ 196.16 | \$ 196.16   |
| 93                                | PM 0.80 Puerta de madera simple   | u   | 1.00      | \$ 190.16 | \$ 190.16   |
| 94                                | PME 1.50 Puerta de madera de doble acción con ventanillas                           | u   | 1.00      | \$ 285.71 | \$ 285.71   |
| 95                                | PH 24 1.60 Puerta metálica doble  | u   | 1.00      | \$ 199.39 | \$ 199.39   |
| 96                                | PH 26 0.72 Puerta metálica doble  | u   | 1.00      | \$ 127.39 | \$ 127.39   |
| 97                                | Cerradura de manija recta acero cromado llave-llave                                 | u   | 2.00      | \$ 53.18  | \$ 106.36   |
| 98                                | Cerradura de manija recta acero cromado llave-seguro                                | u   | 2.00      | \$ 45.98  | \$ 91.96    |
| 99                                | Cerradura de manija recta acero cromado baño  | u   | 1.00      | \$ 36.38  | \$ 36.38    |
| 100                               | Cerradura de caja para puerta de metal  | u   | 1.00      | \$ 56.69  | \$ 56.69    |
| <b>Recubrimiento y accesorios</b> |   |     |           |           |             |

|                            |   |    |        |                |                      |
|----------------------------|---|----|--------|----------------|----------------------|
| 101                        | Pasamanos de acero inoxidable                     | m  | 10.00  | \$ 225.53      | \$ 2,255.30          |
| 102                        | Cerámica en paredes                               | m2 | 20.00  | \$ 23.47       | \$ 469.40            |
| 103                        | Pintura de caucho látex vinilo acrílico interior. | m2 | 80.00  | \$ 5.04        | \$ 403.20            |
| 104                        | Pintura elastomérica (exterior e interior)        | m2 | 559.98 | \$ 6.79        | \$ 3,802.26          |
| 105                        | Mesones de H.A.                                   | m  | 10.00  | \$ 58.31       | \$ 583.10            |
| 106                        | Cerramiento Tubular                               | m  | 10.00  | \$ 392.59      | \$ 3,925.90          |
| <b>Mobiliario</b>          |   |    |        |                |                      |
| 107                        | Armario ATU AV 16904 (L=900x400x1660mm)           | u  | 3.00   | \$ 646.31      | \$ 1,938.93          |
| 108                        | Cocina  | u  | 1.00   | \$ 2,410.43    | \$ 2,410.43          |
| 109                        | Closet de Ropa Blanca                             | u  | 1.00   | \$ 851.08      | \$ 851.08            |
| 110                        | Lavandería  | u  | 1.00   | \$ 137.08      | \$ 137.08            |
| <b>Aparatos Sanitarios</b> |   |    |        |                |                      |
| 111                        | Asiento y inodoro                                 | u  | 3.00   | \$ 123.30      | \$ 369.90            |
| 112                        | Lavamanos 2 llaves                                | u  | 3.00   | \$ 106.50      | \$ 319.50            |
| 113                        | Ducha Standard                                    | u  | 3.00   | \$ 64.76       | \$ 194.28            |
| 114                        | Lavaplatos de Teka                                | u  | 1.00   | \$ 280.16      | \$ 280.16            |
|                            |   |    |        | <b>TOTALES</b> | <b>\$ 125,269.02</b> |

Tabla 156. Cantidades y precios - mampostería estructural. Fuente: Elaboración propia

### 3.3.2 Estructura de acero

Con base a la Tabla XXX, donde se presenta los volúmenes de obra del proyecto en estructura de acero, mediante el uso de hojas de cálculo se realizan los análisis de precios a cada uno de los rubros identificados, a fin de determinar el precio total de construcción del proyecto bajo este sistema estructural. A continuación, se presenta la tabla de cantidades y precios, en el Anexo No. 8, se presentan los APU's correspondientes para cada rubro.

| Código                       | Rubro   | Unidad | Cantidad | P. U.     | Costo Total |
|------------------------------|---|--------|----------|-----------|-------------|
| <b>Obras preliminares</b>    |   |        |          |           |             |
| 1                            | Replanteo y nivelación.                           | m2     | 108.00   | \$ 2.22   | \$ 239.76   |
| <b>Movimiento de tierras</b> |   |        |          |           |             |
| 2                            | Relleno compactado manual con material del sitio. | m3     | 382.08   | \$ 11.39  | \$ 4,351.89 |
| 3                            | Capa granular sub base tipo 3                     | m3     | 76.42    | \$ 24.37  | \$ 1,862.36 |
| <b>Muro de contención</b>    |   |        |          |           |             |
| 4                            | Excavación a mano zapata                          | m3     | 25.92    | \$ 12.50  | \$ 324.00   |
| 5                            | Polietileno cimentación                           | m2     | 26.48    | \$ 3.32   | \$ 87.91    |
| 6                            | Polietileno muro                                  | m2     | 34.08    | \$ 3.79   | \$ 129.16   |
| 7                            | Hormigón replantillo f'c=180 Kg/cm2               | m3     | 1.15     | \$ 139.24 | \$ 160.40   |

|   |   |     |          |           |              |
|---|---|-----|----------|-----------|--------------|
| 8   | Hormigón zapata f'c=240 Kg/cm2                            | m3  | 6.72     | \$ 217.09 | \$ 1,458.84  |
| 9   | Hormigón pantalla muro f'c=240 Kg/cm2 (incluye encofrado) | m3  | 6.82     | \$ 318.60 | \$ 2,171.58  |
| <b>Cimentación</b>  |   |     |          |           |              |
| 10  | Excavación a mano viga de cimentación                     | m3  | 42.30    | \$ 12.50  | \$ 528.69    |
| 11  | Relleno compactado  | m3  | 23.25    | \$ 11.39  | \$ 264.81    |
| 12  | Excavación a mano cadena                                  | m3  | 1.03     | \$ 12.50  | \$ 12.83     |
| 13  | Polietileno en cimentación                                | m2  | 48.53    | \$ 3.79   | \$ 183.92    |
| 14  | Poliestireno en cadenas                                   | m2  | 30.56    | \$ 3.79   | \$ 115.83    |
| 15  | Hormigón replantillo f'c=180 Kg/cm2                       | m3  | 1.73     | \$ 139.24 | \$ 241.09    |
| 16  | Hormigón zapata f'c=240 Kg/cm2                            | m3  | 10.10    | \$ 217.09 | \$ 2,192.64  |
| 17  | Hormigón cadenas f'c=240 Kg/cm2 (incluye encofrado)       | m3  | 2.55     | \$ 256.20 | \$ 652.51    |
| 18  | Hormigón pedestales f'c=240 Kg/cm2 (incluye encofrado)    | m3  | 4.25     | \$ 294.60 | \$ 1,251.02  |
| 19  | Gout f'c=500 Kg/cm2                                       | m3  | 0.12     | \$ 569.96 | \$ 66.86     |
| 20  | Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2                          | kg  | 3485.00  | \$ 2.15   | \$ 7,492.75  |
| <b>Acero estructural</b>  |   |     |          |           |              |
| 21  | Columnas A572GR50   | kg  | 15547.87 | \$ 2.80   | \$ 43,534.05 |
| 22  | Vigas y correas A572GR50                                  | kg  | 9046.90  | \$ 2.80   | \$ 25,331.32 |
| 23  | Placa base A572GR50                                       | kg  | 196.05   | \$ 2.80   | \$ 548.94    |
| 24  | Pernos ASTM F 1554 GR60                                   | kg  | 0.72     | \$ 30.07  | \$ 21.65     |
| 25  | Hormigón columnas f'c=240 Kg/cm2                          | m3  | 0.21     | \$ 234.60 | \$ 49.51     |
| <b>Contrapiso Nivel -10.31</b>                                  |   |     |          |           |              |
| 26  | Hormigón contrapiso f'c=210 Kg/cm2                        | m3  | 5.46     | \$ 195.24 | \$ 1,066.01  |
| 27  | Malla electrosoldada 6x15                                 | m3  | 8.14     | \$ 79.73  | \$ 649.00    |
| <b>Losa Nivel -7.25</b>   |   |     |          |           |              |
| 28  | Hormigón losa f'c=240 Kg/cm2                              | m3  | 4.88     | \$ 277.61 | \$ 1,355.85  |
| 29  | Malla electrosoldada 6x15                                 | U   | 3.00     | \$ 79.73  | \$ 239.19    |
| 30  | Placa colaborante e=0.76mm incluye Nelson Stud tipo b     | m2  | 40.70    | \$ 44.51  | \$ 1,811.56  |
| <b>Losa Nivel -4.19</b>   |   |     |          |           |              |
| 31  | Hormigón losa f'c=240 Kg/cm2                              | m3  | 6.44     | \$ 277.61 | \$ 1,788.59  |
| 32  | Malla electrosoldada 6x15                                 | U   | 4.00     | \$ 79.73  | \$ 318.92    |
| 33  | Placa colaborante e=0.76mm incluye Nelson Stud tipo b     | m2  | 53.69    | \$ 44.51  | \$ 2,389.74  |
| <b>Losa Nivel -1.13</b>   |   |     |          |           |              |
| 34  | Hormigón losa f'c=240 Kg/cm2                              | m3  | 8.50     | \$ 277.61 | \$ 2,358.57  |
| 35  | Malla electrosoldada 6x15                                 | U   | 5.00     | \$ 79.73  | \$ 398.65    |
| 36  | Placa colaborante e=0.76mm incluye Nelson Stud tipo b     | m2  | 70.80    | \$ 44.51  | \$ 3,151.31  |
| <b>Escaleras</b>  |   |     |          |           |              |
| 37  | Hormigón f'c=210 Kg/cm2                                   | m3  | 9.72     | \$ 253.61 | \$ 2,465.09  |
| 38  | Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2                          | kg  | 642.00   | \$ 2.15   | \$ 1,380.30  |
| <b>Hidrosanitario</b>   |   |     |          |           |              |
| <b>Sistema de aguas residuales (aguas servidas-agua lluvia)</b> |   |     |          |           |              |
| 39  | Punto dePVC 2"  | pto | 13.00    | \$ 43.09  | \$ 560.17    |
| 40  | Punto dePVC 3"  | pto | 6.00     | \$ 52.45  | \$ 314.70    |

|  |   |     |           |           |             |
|--|---|-----|-----------|-----------|-------------|
| 41   | Punto dePVC 4"  | pto | 12.00     | \$ 61.70  | \$ 740.40   |
| 42   | Tubería PVC2"   | m   | 5.90      | \$ 3.97   | \$ 23.42    |
| 43   | Tubería PVC3"   | m   | 6.65      | \$ 6.05   | \$ 40.23    |
| 44   | Tubería PVC4"   | m   | 38.50     | \$ 7.69   | \$ 296.07   |
| 45   | Tubería PVC6"   | m   | 18.40     | \$ 14.89  | \$ 273.98   |
| 46   | Tubería PVC ventilación2"   | m   | 19.60     | \$ 3.11   | \$ 60.96    |
| 47   | Sumideros de piso 4"  | u   | 4.00      | \$ 22.51  | \$ 90.04    |
| 48   | Caja de revisión cruce calzada (0,60m por 0,60m por 1,20m)  | u   | 5.00      | \$ 244.97 | \$ 1,224.85 |
| <b>Sistema de agua potable</b>             |   |     |           |           |             |
| 49   | Salida de agua potable para fluxómetro  | pto | 1.00      | \$ 47.16  | \$ 47.16    |
| 50   | Punto de agua   | pto | 20.00     | \$ 40.04  | \$ 800.80   |
| 51   | Tubería de cobre tipo M de Ø1/2"  | m   | 42.00     | \$ 11.93  | \$ 501.06   |
| 52   | Válvula de paso de Ø 1/2"   | u   | 11.00     | \$ 21.29  | \$ 234.19   |
| <b>Iluminación, eléctrico, electrónico</b> |   |     |           |           |             |
| <b>Sistema de Fuerza</b>                   |   |     |           |           |             |
| 53   | Tomacorriente doble polarizado color blanco   | u   | 24.00     | \$ 4.64   | \$ 111.36   |
| 54   | Extractor de aire (provisión y montaje)   | u   | 1.00      | \$ 98.82  | \$ 98.82    |
| 55   | Punto de salida de tomacorriente doble polarizado alimentación 220V EMT y Flexible (BX)1/2"2x12AWG THW + 1x14AWG THW para secamanos | pto | 2.00      | \$ 95.62  | \$ 191.24   |
| 56   | Punto de salida de tomacorriente doble polarizado alimentación normal 110VAC EMT Flexible (BX)1/2"2x12AWG THW + 1x14AWG THW         | pto | 1.00      | \$ 37.84  | \$ 37.84    |
| 57   | Tomacorriente Televisión  | u   | 5.00      | \$ 42.98  | \$ 214.90   |
| <b>Salidas de Iluminación</b>              |   |     |           |           |             |
| 58   | Punto de salida para iluminación interior 110VAC EMT 1/2" 2x12AWG THW +1x14 AWG THW   | pto | 47.00     | \$ 40.54  | \$ 1,905.38 |
| 59   | PANEL LED 40W - BLANCO / 4000K / 60 CMS X 60 CMS / SYL  | u   | 47.00     | \$ 47.45  | \$ 2,230.15 |
| 60   | Instalación de luminarias   | u   | 47.00     | \$ 8.24   | \$ 387.28   |
| 61   | Interruptor simple  | u   | 7.00      | \$ 13.30  | \$ 93.10    |
| 62   | Sensor de Movimiento  | u   | 1.00      | \$ 24.48  | \$ 24.48    |
| <b>Sistema Electrónico</b>                 |   |     |           |           |             |
| 63   | Punto de Televisión   | u   | 5.00      | \$ 72.14  | \$ 360.70   |
| 64   | Punto de Teléfono   | u   | 1.00      | \$ 52.08  | \$ 52.08    |
| 65   | Punto para intercomunicador   | u   | 1.00      | \$ 237.84 | \$ 237.84   |
| 66   | Caja de distribución principal  | u   | 2.00      | \$ 276.24 | \$ 552.48   |
| <b>Mampostería</b>                         |   |     |           |           |             |
| 67   | Cerramiento Patio Trasero   | m2  | 25.21     | \$ 16.10  | \$ 405.88   |
| 68   | Hormigón f'c=180Kg/cm2 en dinteles y riostras (inc. acero de refuerzo)  | m3  | 5.00      | \$ 227.11 | \$ 1,135.55 |
| 69   | Bloque de 10 cm   | m2  | 350.00    | \$ 15.92  | \$ 5,572.00 |
| <b>Enlucidos</b>                           |   |     |           |           |             |
| 70   | Enlucido vertical interior.   | m2  | 330.00    | \$ 8.08   | \$ 2,666.40 |
| 71   | Enlucido vertical exterior.   | m2  | 309.98    | \$ 11.15  | \$ 3,456.28 |
| 72   | Enlucido horizontal   | m2  | 148.95.00 | \$ 12.95  | \$ 1,942.50 |
| 73   | Empaste de paredes  | m2  | 639.98    | \$ 3.23   | \$ 2,067.14 |

|                                   |   |    |           |                |                      |
|-----------------------------------|---|----|-----------|----------------|----------------------|
| 74                                | Enlucido paletado fino de fillos y fajas                    | m  | 300.00    | \$ 3.98        | \$ 1,194.00          |
| <b>Pisos y revestimientos</b>     |   |    |           |                |                      |
| 75                                | Alisado mecánico de Pisos                                   | m2 | 148.95.00 | \$ 2.18        | \$ 327.00            |
| 76                                | Porcelanato esmaltado rectificado GP1                       | m2 | 148.95.00 | \$ 29.84       | \$ 4,476.00          |
| 77                                | Masillado de losa incluye impermeabilizante                 | m2 | 75.00     | \$ 10.90       | \$ 817.50            |
| 78                                | Barrederas de porcelanato esmaltado rectificado GP 1 h=10cm | m  | 730.00    | \$ 4.80        | \$ 3,504.00          |
| 79                                | Porcelanato antideslizante monomasa GP 2                    | m2 | 120.00    | \$ 29.10       | \$ 3,492.00          |
| 80                                | Porcelanato sobre mesón ó pirlanes GP 3                     | m2 | 13.00     | \$ 29.10       | \$ 378.30            |
| 81                                | Encespado Incluye abono                                     | m2 | 20.00     | \$ 5.22        | \$ 104.40            |
| 82                                | Entechado de policarbonato incluye juntas                   | m2 | 4.00      | \$ 92.28       | \$ 369.12            |
| <b>Puertas y ventanas</b>         |   |    |           |                |                      |
| 83                                | Ventana de aluminio   | m2 | 35.00     | \$ 98.93       | \$ 3,462.55          |
| 84                                | PM 1.00 Puerta de madera simple                             | u  | 1.00      | \$ 202.16      | \$ 202.16            |
| 85                                | PM 0.90 Puerta de madera simple                             | u  | 1.00      | \$ 196.16      | \$ 196.16            |
| 86                                | PM 0.80 Puerta de madera simple                             | u  | 1.00      | \$ 190.16      | \$ 190.16            |
| 87                                | PME 1.50 Puerta de madera de doble acción con ventanillas   | u  | 1.00      | \$ 285.71      | \$ 285.71            |
| 88                                | PH 24 1.60 Puerta metálica doble                            | u  | 1.00      | \$ 199.39      | \$ 199.39            |
| 89                                | PH 26 0.72 Puerta metálica doble                            | u  | 1.00      | \$ 127.39      | \$ 127.39            |
| 90                                | Cerradura de manija recta acero cromado llave-llave         | u  | 2.00      | \$ 53.18       | \$ 106.36            |
| 91                                | Cerradura de manija recta acero cromado llave-seguro        | u  | 2.00      | \$ 45.98       | \$ 91.96             |
| 92                                | Cerradura de manija recta acero cromado baño                | u  | 1.00      | \$ 36.38       | \$ 36.38             |
| 93                                | Cerradura de caja para puerta de metal                      | u  | 1.00      | \$ 56.69       | \$ 56.69             |
| <b>Recubrimiento y accesorios</b> |   |    |           |                |                      |
| 94                                | Pasamanos de acero inoxidable                               | m  | 10.00     | \$ 225.53      | \$ 2,255.30          |
| 95                                | Cerámica en paredes   | m2 | 20.00     | \$ 23.47       | \$ 469.40            |
| 96                                | Pintura de caucho látex vinilo acrílico interior.           | m2 | 80.00     | \$ 5.04        | \$ 403.20            |
| 97                                | Pintura elastomérica (exterior e interior)                  | m2 | 559.98    | \$ 6.79        | \$ 3,802.26          |
| 98                                | Mesones de H.A.   | m  | 10.00     | \$ 58.31       | \$ 583.10            |
| 99                                | Cerramiento Tubular   | m  | 10.00     | \$ 392.59      | \$ 3,925.90          |
| <b>Mobiliario</b>                 |   |    |           |                |                      |
| 100                               | Armario ATU AV 16904 (L=900x400x1660mm)                     | u  | 3.00      | \$ 646.31      | \$ 1,938.93          |
| 101                               | Cocina  | u  | 1.00      | \$ 2,410.43    | \$ 2,410.43          |
| 102                               | Closet de Ropa Blanca                                       | u  | 1.00      | \$ 851.08      | \$ 851.08            |
| 103                               | Lavandería  | u  | 1.00      | \$ 137.08      | \$ 137.08            |
| <b>Aparatos Sanitarios</b>        |   |    |           |                |                      |
| 104                               | Asiento e inodoro   | u  | 3.00      | \$ 123.30      | \$ 369.90            |
| 105                               | Lavamanos 2 llaves  | u  | 3.00      | \$ 106.50      | \$ 319.50            |
| 106                               | Ducha Standard  | u  | 3.00      | \$ 64.76       | \$ 194.28            |
| 107                               | Lavaplatos de Teka  | u  | 1.00      | \$ 280.16      | \$ 280.16            |
|                                   |   |    |           | <b>TOTALES</b> | <b>\$ 176,001.39</b> |

Tabla 157. Cantidades y precios – estructura acero. Fuente: Elaboración propia

### **3.4 Cronogramas y curva de inversión**

#### **3.4.1 Mampostería estructural**

Mediante el uso de software Project (ruta crítica) y hojas de cálculo (cronograma valorado y curva de inversión), se desarrollan los cronogramas con base a rendimientos de las diferentes actividades, obteniendo un plazo de construcción de la edificación en mampostería estructural de 15 semanas; a continuación, se presentan los diferentes elementos de gestión para control y ejecución del proyecto:

3.4.1.1 Mampostería estructural: Diagrama de Gantt – ruta crítica

| Id | Nombre de tarea  | Duración | semana -2 | semana -1 | semana 1 | semana 2 | semana 3 | semana 4 | semana 5 | semana 6 | semana 7 | semana 8 | semana 9 | semana 10 | semana 11 | semana 12 | semana 13 | semana 14 | semana 15 | semana 16 s |  |
|----|--|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|--|
| 1  | <b>CONSTRUCCION UNIDAD HABITACIONAL EN MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL</b> | 15 sem.  |           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |             |  |
| 2  | Obras preliminares   | 1 sem.   |           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |             |  |
| 3  | Movimiento de tierras  | 1 sem.   |           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |             |  |
| 4  | Muro de contención Niv.-10.31                                      | 1 sem.   |           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |             |  |
| 5  | Nivel -10.31(cimentación y contrapiso)                             | 4 sem.   |           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |             |  |
| 6  | Nivel -7.25  | 4 sem.   |           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |             |  |
| 7  | Nivel -4.19  | 3 sem.   |           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |             |  |
| 8  | Nivel -1.13  | 2 sem.   |           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |             |  |
| 9  | Escaleras  | 2 sem.   |           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |             |  |
| 10 | Sistema de aguas residuales (aguas servidas-agua lluvia)           | 7 sem.   |           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |             |  |
| 11 | Sistema de agua potable  | 4 sem.   |           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |             |  |
| 12 | Sistema de Fuerza  | 2 sem.   |           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |             |  |
| 13 | Salidas de Iluminación   | 3 sem.   |           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |             |  |
| 14 | Sistema Electrónico  | 3 sem.   |           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |             |  |
| 15 | Mampostería  | 3 sem.   |           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |             |  |
| 16 | Enlucidos  | 6 sem.   |           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |             |  |
| 17 | Pisos y revestimientos   | 3 sem.   |           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |             |  |
| 18 | Puertas y ventanas   | 2 sem.   |           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |             |  |
| 19 | Recubrimiento y accesorios   | 3 sem.   |           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |             |  |
| 20 | Mobiliario   | 2 sem.   |           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |             |  |
| 21 | Aparatos Sanitarios  | 2 sem.   |           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |             |  |

Tabla 158. Ruta Crítica – mampostería estructural. Fuente: Elaboración propia.



|                    |  |    |         |           |              |  |  |           |           |             |             |             |             |  |  |  |  |  |  |
|--------------------|--|----|---------|-----------|--------------|--|--|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|--|--|--|--|--|
| 18                 | Armadura TIPO V-9                                      | U  | 5.00    | \$ 68.17  | \$ 340.85    |  |  |           | \$ 340.85 |             |             |             |             |  |  |  |  |  |  |
| 19                 | Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2 (nivel -10.31 y muro) | kg | 835.00  | \$ 2.15   | \$ 1,795.25  |  |  | \$ 987.39 | \$ 549.86 | \$ 258.00   |             |             |             |  |  |  |  |  |  |
| 20                 | Bloque estructural 12.5x37.5x15 cm                     | m2 | 93.26   | \$ 84.96  | \$ 7,923.76  |  |  |           |           | \$ 3,961.88 | \$ 3,961.88 |             |             |  |  |  |  |  |  |
| <b>NIVEL -7.25</b> |  |    |         |           |              |  |  |           |           |             |             |             |             |  |  |  |  |  |  |
| 21                 | Excavación a mano viga de cimentación                  | m3 | 0.51    | \$ 12.50  | \$ 6.33      |  |  |           |           | \$ 6.33     |             |             |             |  |  |  |  |  |  |
| 22                 | Poliestireno contrapiso                                | m2 | 6.73    | \$ 3.79   | \$ 25.51     |  |  |           |           | \$ 25.51    |             |             |             |  |  |  |  |  |  |
| 23                 | Poliestireno viga de cimentación                       | m2 | 2.83    | \$ 3.79   | \$ 10.74     |  |  |           |           | \$ 10.74    |             |             |             |  |  |  |  |  |  |
| 24                 | Hormigón ciclópeo                                      | m3 | 0.21    | \$ 120.56 | \$ 25.44     |  |  |           |           | \$ 25.44    |             |             |             |  |  |  |  |  |  |
| 25                 | Hormigón replantillo f'c=180 Kg/cm2                    | m3 | 0.08    | \$ 139.24 | \$ 11.75     |  |  |           |           | \$ 11.75    |             |             |             |  |  |  |  |  |  |
| 26                 | Hormigón viga cimentación y contrapiso f'c=210 Kg/cm2  | m3 | 0.88    | \$ 272.21 | \$ 239.54    |  |  |           |           | \$ 239.54   |             |             |             |  |  |  |  |  |  |
| 27                 | Hormigón losa f'c=210 Kg/cm2                           | m3 | 8.14    | \$ 253.61 | \$ 2,064.39  |  |  |           |           |             |             | \$ 2,064.39 |             |  |  |  |  |  |  |
| 28                 | Hormigón viga (25x35)f'c=210 Kg/cm2                    | m3 | 0.55    | \$ 252.42 | \$ 138.83    |  |  |           |           |             |             | \$ 138.83   |             |  |  |  |  |  |  |
| 29                 | Malla electrosoldada 6x15                              | U  | 1.00    | \$ 79.73  | \$ 79.73     |  |  |           |           |             | \$ 79.73    |             |             |  |  |  |  |  |  |
| 30                 | Malla electrosoldada 8x15                              | U  | 6.00    | \$ 136.74 | \$ 820.44    |  |  |           |           |             | \$ 820.44   |             |             |  |  |  |  |  |  |
| 31                 | Armadura TIPO V-9                                      | U  | 1.00    | \$ 68.17  | \$ 68.17     |  |  |           |           |             | \$ 68.17    |             |             |  |  |  |  |  |  |
| 32                 | Armadura TIPO V-1                                      | U  | 16.00   | \$ 59.77  | \$ 956.32    |  |  |           |           |             | \$ 956.32   |             |             |  |  |  |  |  |  |
| 33                 | Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2                       | kg | 2089.00 | \$ 2.15   | \$ 4,491.35  |  |  |           |           |             |             | \$ 2,245.68 | \$ 2,245.68 |  |  |  |  |  |  |
| 34                 | Bloque estructural 12.5x37.5x15 cm                     | m2 | 125.08  | \$ 84.96  | \$ 10,626.37 |  |  |           |           |             |             | \$ 5,313.19 | \$ 5,313.19 |  |  |  |  |  |  |
| <b>NIVEL -4.19</b> |  |    |         |           |              |  |  |           |           |             |             |             |             |  |  |  |  |  |  |
| 35                 | Hormigón losa f'c=210 Kg/cm2                           | m3 | 8.14    | \$ 253.61 | \$ 2,064.39  |  |  |           |           |             |             | \$ 2,064.39 |             |  |  |  |  |  |  |
| 36                 | Malla electrosoldada 8x15                              | U  | 8.00    | \$ 136.74 | \$ 1,093.92  |  |  |           |           |             |             | \$ 1,093.92 |             |  |  |  |  |  |  |
| 37                 | Armadura TIPO V-1                                      | U  | 8.00    | \$ 59.77  | \$ 478.16    |  |  |           |           |             |             | \$ 478.16   |             |  |  |  |  |  |  |
| 38                 | Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2                       | kg | 1581.00 | \$ 2.15   | \$ 3,399.15  |  |  |           |           |             |             | \$ 1,699.58 | \$ 1,699.58 |  |  |  |  |  |  |
| 39                 | Bloque estructural 12.5x37.5x15 cm                     | m2 | 112.14  | \$ 84.96  | \$ 9,526.99  |  |  |           |           |             |             | \$ 4,763.49 | \$ 4,763.49 |  |  |  |  |  |  |
| <b>NIVEL -1.13</b> |  |    |         |           |              |  |  |           |           |             |             |             |             |  |  |  |  |  |  |

|  |  |     |        |           |             |  |  |           |           |           |           |           |           |             |             |  |  |  |  |
|--|--|-----|--------|-----------|-------------|--|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|--|--|--|--|
| 40   | Hormigón losa f'c=210 Kg/cm2                               | m3  | 10.74  | \$ 253.61 | \$ 2,723.77 |  |  |           |           |           |           |           |           |             | \$ 2,723.77 |  |  |  |  |
| 41   | Malla electrosoldada 8x15                                  | U   | 9.00   | \$ 136.74 | \$ 1,230.66 |  |  |           |           |           |           |           |           | \$ 1,230.66 |             |  |  |  |  |
| 42   | Armadura TIPO V-1  | U   | 9.00   | \$ 59.77  | \$ 537.93   |  |  |           |           |           |           |           |           | \$ 537.93   |             |  |  |  |  |
| 43   | Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2                           | kg  | 29.00  | \$ 2.15   | \$ 62.35    |  |  |           |           |           |           |           |           | \$ 62.35    |             |  |  |  |  |
| <b>ESCALERAS</b>   |  |     |        |           |             |  |  |           |           |           |           |           |           |             |             |  |  |  |  |
| 44   | Hormigón f'c=210 Kg/cm2                                    | m3  | 9.72   | \$ 253.61 | \$ 2,465.09 |  |  |           |           |           |           |           |           | \$ 1,232.54 | \$ 1,232.54 |  |  |  |  |
| 45   | Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2                           | kg  | 642.00 | \$ 2.15   | \$ 1,380.30 |  |  |           |           |           |           |           |           | \$ 690.15   | \$ 690.15   |  |  |  |  |
| <b>HIDROSANITARIO</b>  |  |     |        |           |             |  |  |           |           |           |           |           |           |             |             |  |  |  |  |
| <b>SISTEMA DE AGUA RESIDUALES (aguas servidas-agua lluvia)</b> |  |     |        |           |             |  |  |           |           |           |           |           |           |             |             |  |  |  |  |
| 46   | Punto de PVC 2"  | pto | 13.00  | \$ 43.09  | \$ 560.17   |  |  | \$ 140.04 |           | \$ 140.04 |           | \$ 140.04 |           | \$ 140.04   |             |  |  |  |  |
| 47   | Punto de PVC 3"  | pto | 6.00   | \$ 52.45  | \$ 314.70   |  |  | \$ 78.68  |           | \$ 78.68  |           | \$ 78.68  |           | \$ 78.68    |             |  |  |  |  |
| 48   | Punto de PVC 4"  | pto | 12.00  | \$ 61.70  | \$ 740.40   |  |  | \$ 185.10 |           | \$ 185.10 |           | \$ 185.10 |           | \$ 185.10   |             |  |  |  |  |
| 49   | Tubería PVC2"  | m   | 5.90   | \$ 3.97   | \$ 23.42    |  |  |           | \$ 23.42  |           |           |           |           |             |             |  |  |  |  |
| 50   | Tubería PVC3"  | m   | 6.65   | \$ 6.05   | \$ 40.23    |  |  |           |           | \$ 40.23  |           |           |           |             |             |  |  |  |  |
| 51   | Tubería PVC4"  | m   | 38.50  | \$ 7.69   | \$ 296.07   |  |  | \$ 74.02  |           | \$ 74.02  |           | \$ 74.02  |           | \$ 74.02    |             |  |  |  |  |
| 52   | Tubería PVC6"  | m   | 18.40  | \$ 14.89  | \$ 273.98   |  |  |           |           |           |           | \$ 136.99 |           | \$ 136.99   |             |  |  |  |  |
| 53   | Tubería PVC ventilación2"                                  | m   | 19.60  | \$ 3.11   | \$ 60.96    |  |  |           | \$ 60.96  |           |           |           |           |             |             |  |  |  |  |
| 54   | Sumideros de piso 4"                                       | u   | 4.00   | \$ 22.51  | \$ 90.04    |  |  |           | \$ 90.04  |           |           |           |           |             |             |  |  |  |  |
| 55   | Caja de revisión cruce calzada (0,60m por 0,60m por 1,20m) | u   | 5.00   | \$ 244.97 | \$ 1,224.85 |  |  |           |           |           |           |           | \$ 612.43 | \$ 612.43   |             |  |  |  |  |
| <b>SISTEMA DE AGUA POTABLE</b>                                 |  |     |        |           |             |  |  |           |           |           |           |           |           |             |             |  |  |  |  |
| 56   | Salida de agua potable para fluxómetro                     | pto | 1.00   | \$ 47.16  | \$ 47.16    |  |  |           | \$ 47.16  |           |           |           |           |             |             |  |  |  |  |
| 57   | Punto de agua  | pto | 20.00  | \$ 40.04  | \$ 800.80   |  |  |           | \$ 200.20 | \$ 200.20 | \$ 200.20 | \$ 200.20 |           |             |             |  |  |  |  |
| 58   | Tubería de cobre tipo M de Ø1/2"                           | m   | 42.00  | \$ 11.93  | \$ 501.06   |  |  |           | \$ 125.27 | \$ 125.27 | \$ 125.27 | \$ 125.27 |           |             |             |  |  |  |  |
| 59   | Válvula de paso de Ø 1/2"                                  | u   | 11.00  | \$ 21.29  | \$ 234.19   |  |  |           | \$ 58.55  | \$ 58.55  | \$ 58.55  | \$ 58.55  |           |             |             |  |  |  |  |
| <b>ILUMINACIÓN, ELÉCTRICO, ELECTRÓNICO</b>                     |  |     |        |           |             |  |  |           |           |           |           |           |           |             |             |  |  |  |  |
| <b>SISTEMA DE FUERZA</b>                                       |  |     |        |           |             |  |  |           |           |           |           |           |           |             |             |  |  |  |  |

|                               |   |     |       |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |           |             |             |           |           |           |  |
|-------------------------------|---|-----|-------|-----------|-------------|--|--|--|--|--|--|--|--|-----------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|--|
| 60                            | Tomacorriente doble polarizado color blanco   | u   | 24.00 | \$ 4.64   | \$ 111.36   |  |  |  |  |  |  |  |  |           | \$ 55.68    | \$ 55.68    |           |           |           |  |
| 61                            | Extractor de aire (provisión y montaje)   | u   | 1.00  | \$ 98.82  | \$ 98.82    |  |  |  |  |  |  |  |  |           | \$ 49.41    | \$ 49.41    |           |           |           |  |
| 62                            | Punto de salida de tomacorriente doble polarizado alimentación 220V EMT y Flexible (BX)1/2"2x12AWG THW + 1x14AWG THW para secamanos | pto | 2.00  | \$ 95.62  | \$ 191.24   |  |  |  |  |  |  |  |  |           | \$ 95.62    | \$ 95.62    |           |           |           |  |
| 63                            | Punto de salida de tomacorriente doble polarizado alimentación normal 110VAC EMT Flexible (BX)1/2"2x12AWG THW + 1x14AWG THW         | pto | 1.00  | \$ 37.84  | \$ 37.84    |  |  |  |  |  |  |  |  |           | \$ 37.84    |             |           |           |           |  |
| 64                            | Tomacorriente Televisión  | u   | 5.00  | \$ 42.98  | \$ 214.90   |  |  |  |  |  |  |  |  |           | \$ 107.45   | \$ 107.45   |           |           |           |  |
| <b>SALIDAS DE ILUMINACIÓN</b> |   |     |       |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |           |             |             |           |           |           |  |
| 65                            | Punto de salida para iluminación interior 110VAC EMT 1/2" 2x12AWG THW +1x14 AWG THW   | pto | 47.00 | \$ 40.54  | \$ 1,905.38 |  |  |  |  |  |  |  |  |           | \$ 952.69   | \$ 952.69   |           |           |           |  |
| 66                            | PANEL LED 40W - BLANCO / 4000K / 60 CMS X 60 CMS / SYL  | u   | 47.00 | \$ 47.45  | \$ 2,230.15 |  |  |  |  |  |  |  |  |           | \$ 1,115.08 | \$ 1,115.08 |           |           |           |  |
| 67                            | Instalación de luminarias   | u   | 47.00 | \$ 8.24   | \$ 387.28   |  |  |  |  |  |  |  |  |           |             | \$ 193.64   | \$ 193.64 |           |           |  |
| 68                            | Interruptor simple  | u   | 7.00  | \$ 13.30  | \$ 93.10    |  |  |  |  |  |  |  |  |           |             | \$ 93.10    |           |           |           |  |
| 69                            | Sensor de Movimiento  | u   | 1.00  | \$ 24.48  | \$ 24.48    |  |  |  |  |  |  |  |  |           |             | \$ 24.48    |           |           |           |  |
| <b>SISTEMA ELECTRÓNICO</b>    |   |     |       |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |           |             |             |           |           |           |  |
| 70                            | Punto de Televisión   | u   | 5.00  | \$ 72.14  | \$ 360.70   |  |  |  |  |  |  |  |  |           |             |             | \$ 180.35 | \$ 180.35 |           |  |
| 71                            | Punto de Teléfono   | u   | 1.00  | \$ 52.08  | \$ 52.08    |  |  |  |  |  |  |  |  |           |             |             | \$ 52.08  |           |           |  |
| 72                            | Punto para intercomunicador   | u   | 1.00  | \$ 237.84 | \$ 237.84   |  |  |  |  |  |  |  |  |           |             |             | \$ 118.92 | \$ 118.92 |           |  |
| 73                            | Caja de distribución principal  | u   | 2.00  | \$ 276.24 | \$ 552.48   |  |  |  |  |  |  |  |  |           |             |             | \$ 184.16 | \$ 184.16 | \$ 184.16 |  |
| <b>MAMPOSTERÍA</b>            |   |     |       |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |           |             |             |           |           |           |  |
| 74                            | Cerramiento Patio Trasero   | m2  | 25.21 | \$ 16.10  | \$ 405.88   |  |  |  |  |  |  |  |  |           |             |             | \$ 405.88 |           |           |  |
| 75                            | Hormigón f'c=180Kg/cm2 en dinteles y riostras (inc. acero de refuerzo)  | m3  | 5.00  | \$ 227.11 | \$ 1,135.55 |  |  |  |  |  |  |  |  | \$ 378.52 | \$ 378.52   | \$ 378.52   |           |           |           |  |



|                                   |  |    |        |              |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |             |             |
|-----------------------------------|--|----|--------|--------------|---------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------------|-------------|-------------|
| 96                                | Cerradura de manija recta acero cromado llave-llave  | u  | 2.00   | \$ 53.18     | \$ 106.36     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |             | \$ 106.36   |
| 97                                | Cerradura de manija recta acero cromado llave-seguro | u  | 2.00   | \$ 45.98     | \$ 91.96      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |             | \$ 91.96    |
| 98                                | Cerradura de manija recta acero cromado baño         | u  | 1.00   | \$ 36.38     | \$ 36.38      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |             | \$ 36.38    |
| 99                                | Cerradura de caja para puerta de metal               | u  | 1.00   | \$ 56.69     | \$ 56.69      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |             | \$ 56.69    |
| <b>RECUBRIMIENTO Y ACCESORIOS</b> |  |    |        |              |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |             |             |
| 100                               | Pasamanos de acero inoxidable                        | m  | 10.00  | \$ 225.53    | \$ 2,255.30   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | \$ 751.77   | \$ 751.77   | \$ 751.77   |
| 101                               | Cerámica en paredes                                  | m2 | 20.00  | \$ 23.47     | \$ 469.40     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             | \$ 234.70   | \$ 234.70   |
| 102                               | Pintura de caucho látex vinilo acrílico interior.    | m2 | 80.00  | \$ 5.04      | \$ 403.20     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             | \$ 201.60   | \$ 201.60   |
| 103                               | Pintura elastomérica (exterior e interior)           | m2 | 559.98 | \$ 6.79      | \$ 3,802.26   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             | \$ 1,901.13 | \$ 1,901.13 |
| 104                               | Mesones de H.A.                                      | m  | 10.00  | \$ 58.31     | \$ 583.10     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             | \$ 291.55   | \$ 291.55   |
| 105                               | Cerramiento Tubular                                  | m  | 10.00  | \$ 392.59    | \$ 3,925.90   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | \$ 1,308.63 | \$ 1,308.63 | \$ 1,308.63 |
| <b>MOBILIARIO</b>                 |  |    |        |              |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |             |             |
| 106                               | Armario ATU AV 16904 (L=900x400x1660mm)              | u  | 3.00   | \$ 646.31    | \$ 1,938.93   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             | \$ 969.47   | \$ 969.47   |
| 107                               | Cocina   | u  | 1.00   | \$ 2,410.43  | \$ 2,410.43   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             | \$ 1,205.22 | \$ 1,205.22 |
| 108                               | Closet de Ropa Blanca                                | u  | 1.00   | \$ 851.08    | \$ 851.08     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             | \$ 425.54   | \$ 425.54   |
| 109                               | Lavandería   | u  | 1.00   | \$ 137.08    | \$ 137.08     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             | \$ 68.54    | \$ 68.54    |
| <b>APARATOS SANITARIOS</b>        |  |    |        |              |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |             |             |
| 110                               | Asiento e inodoro                                    | u  | 3.00   | \$ 123.30    | \$ 369.90     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             | \$ 184.95   | \$ 184.95   |
| 111                               | Lavamanos 2 llaves                                   | u  | 3.00   | \$ 106.50    | \$ 319.50     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             | \$ 159.75   | \$ 159.75   |
| 112                               | Ducha Standard                                       | u  | 3.00   | \$ 64.76     | \$ 194.28     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             | \$ 97.14    | \$ 97.14    |
| 113                               | Lavaplatos de Teka                                   | u  | 1.00   | \$ 280.16    | \$ 280.16     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             | \$ 140.08   | \$ 140.08   |
|                                   |  |    |        | <b>TOTAL</b> | \$ 122,413.04 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |             |             |

Tabla 159. Cronograma valorado – mampostería estructural. Fuente: Elaboración propia.

3.4.1.3 Mampostería estructural: Curva de inversión

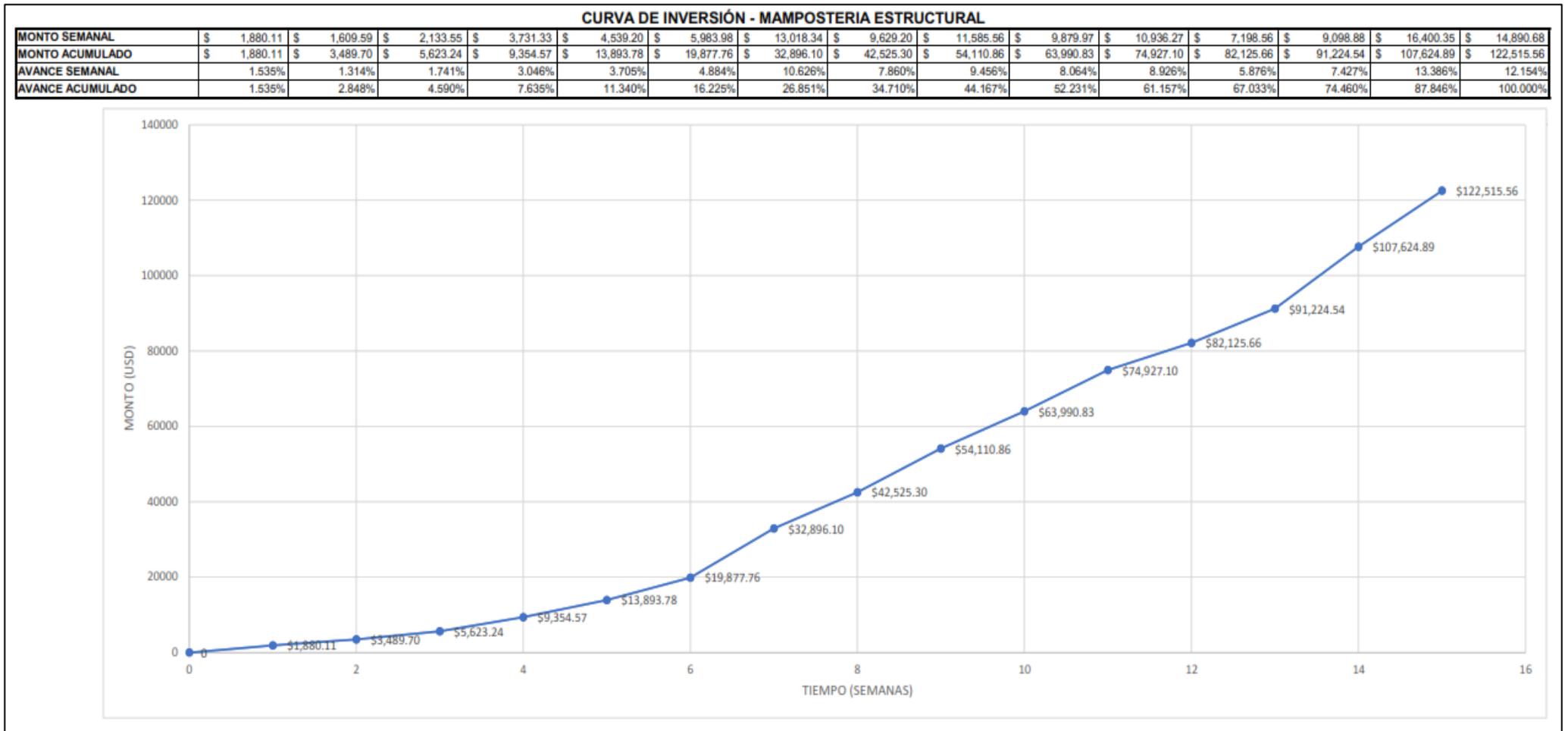


Tabla 160. Curva de inversión – mampostería estructural. Fuente: Elaboración propia.

### **3.4.2 Acero estructural**

Mediante el uso de software Project (ruta crítica) y hojas de cálculo (cronograma valorado y curva de inversión), se desarrollan los cronogramas con base a rendimientos de las diferentes actividades, obteniendo un plazo de construcción de la edificación en acero estructural de 12 semanas; a continuación, se presentan los diferentes elementos de gestión para control y ejecución del proyecto:

3.4.2.1 Acero estructural: Diagrama de Gantt – ruta crítica

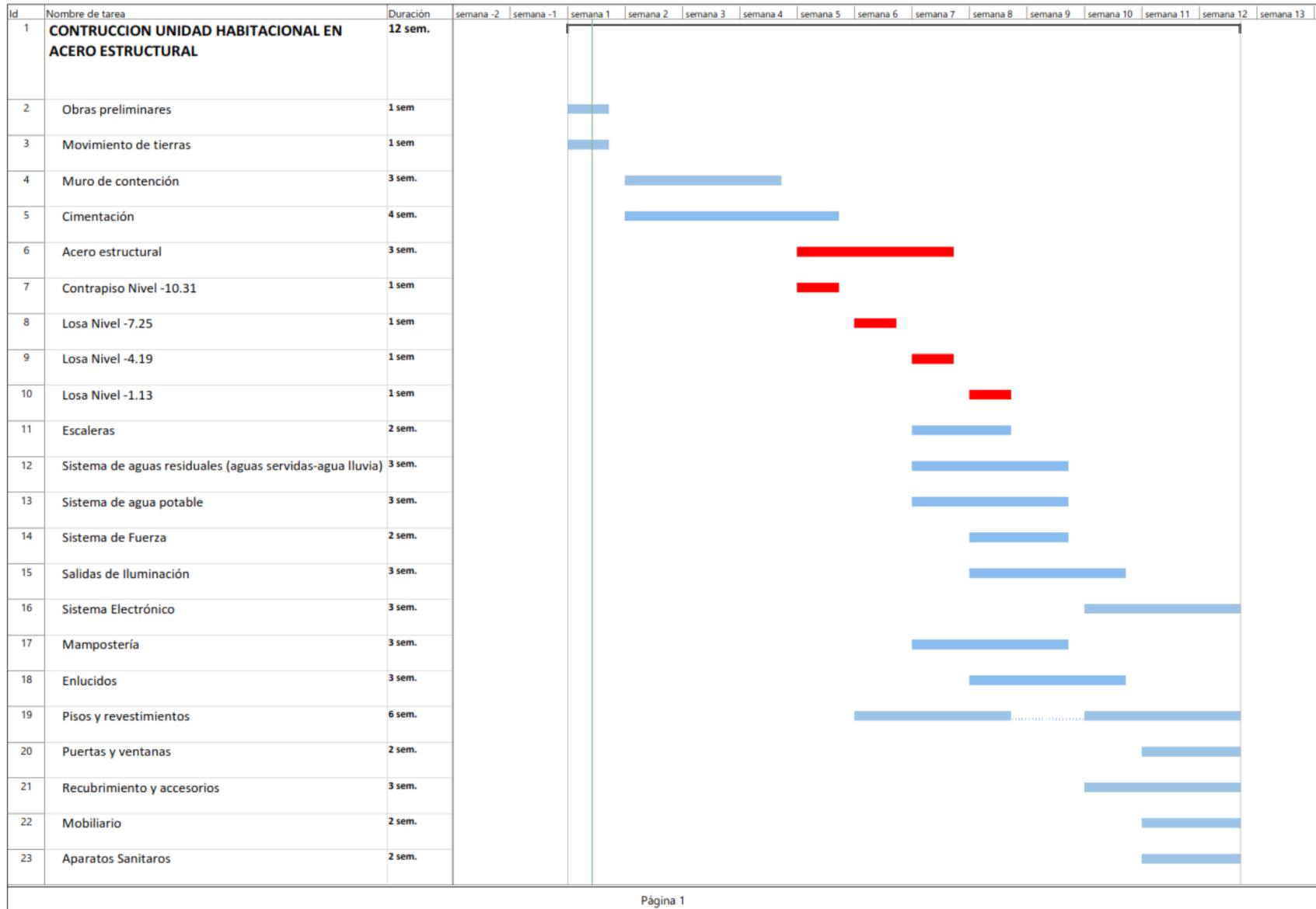


Tabla 161. Ruta Crítica – estructura acero. Fuente: Elaboración propia.



|                                |  |    |          |           |              |  |  |             |              |              |              |             |  |  |  |  |  |
|--------------------------------|--|----|----------|-----------|--------------|--|--|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--|--|--|--|--|
| 18                             | Hormigón pedestales f'c=240 Kg/cm2 (incluye encofrado) | m3 | 4.25     | \$ 294.60 | \$ 1,251.02  |  |  |             | \$ 1,251.02  |              |              |             |  |  |  |  |  |
| 19                             | Gout f'c=500 Kg/cm2                                    | m3 | 0.12     | \$ 569.96 | \$ 66.86     |  |  |             | \$ 66.86     |              |              |             |  |  |  |  |  |
| 20                             | Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2                       | kg | 3485.00  | \$ 2.15   | \$ 7,492.75  |  |  | \$ 3,746.38 | \$ 3,746.38  |              |              |             |  |  |  |  |  |
| <b>ACERO ESTRUCTURAL</b>       |  |    |          |           |              |  |  |             |              |              |              |             |  |  |  |  |  |
| 21                             | Columnas A572GR50                                      | kg | 15547.87 | \$ 2.80   | \$ 43,534.05 |  |  |             | \$ 14,511.35 | \$ 14,511.35 | \$ 14,511.35 |             |  |  |  |  |  |
| 22                             | Vigas y correas A572GR50                               | kg | 9046.90  | \$ 2.80   | \$ 25,331.32 |  |  |             | \$ 8,443.77  | \$ 8,443.77  | \$ 8,443.77  |             |  |  |  |  |  |
| 23                             | Placa base A572GR50                                    | kg | 196.05   | \$ 2.80   | \$ 548.94    |  |  |             | \$ 548.94    |              |              |             |  |  |  |  |  |
| 24                             | Pernos ASTM F 1554 GR60                                | kg | 0.72     | \$ 30.07  | \$ 21.65     |  |  |             | \$ 21.65     |              |              |             |  |  |  |  |  |
| 25                             | Hormigón columnas f'c=240 Kg/cm2                       | m3 | 6.00     | \$ 234.60 | \$ 1,407.60  |  |  |             | \$ 469.20    | \$ 469.20    | \$ 469.20    |             |  |  |  |  |  |
| <b>CONTRAPISO NIVEL -10.31</b> |  |    |          |           |              |  |  |             |              |              |              |             |  |  |  |  |  |
| 26                             | Hormigón contrapiso f'c=210 Kg/cm2                     | m3 | 5.46     | \$ 195.24 | \$ 1,066.01  |  |  |             | \$ 1,066.01  |              |              |             |  |  |  |  |  |
| 27                             | Malla electrosoldada 6x15                              | m3 | 8.14     | \$ 79.73  | \$ 649.00    |  |  |             | \$ 649.00    |              |              |             |  |  |  |  |  |
| <b>LOSA NIVEL -7.25</b>        |  |    |          |           |              |  |  |             |              |              |              |             |  |  |  |  |  |
| 28                             | Hormigón losa f'c=240 Kg/cm2                           | m3 | 4.88     | \$ 277.61 | \$ 1,355.85  |  |  |             |              | \$ 1,355.85  |              |             |  |  |  |  |  |
| 29                             | Malla electrosoldada 6x15                              | U  | 3.00     | \$ 79.73  | \$ 239.19    |  |  |             |              | \$ 239.19    |              |             |  |  |  |  |  |
| 30                             | Placa colaborante e=0.76mm incluye Nelson Stud tipo b  | m2 | 40.70    | \$ 44.51  | \$ 1,811.56  |  |  |             |              | \$ 1,811.56  |              |             |  |  |  |  |  |
| <b>LOSA NIVEL -4.19</b>        |  |    |          |           |              |  |  |             |              |              |              |             |  |  |  |  |  |
| 31                             | Hormigón losa f'c=240 Kg/cm2                           | m3 | 6.44     | \$ 277.61 | \$ 1,788.59  |  |  |             |              |              | \$ 1,788.59  |             |  |  |  |  |  |
| 32                             | Malla electrosoldada 6x15                              | U  | 4.00     | \$ 79.73  | \$ 318.92    |  |  |             |              |              | \$ 318.92    |             |  |  |  |  |  |
| 33                             | Placa colaborante e=0.76mm incluye Nelson Stud tipo b  | m2 | 53.69    | \$ 44.51  | \$ 2,389.74  |  |  |             |              |              | \$ 2,389.74  |             |  |  |  |  |  |
| <b>LOSA NIVEL -1.13</b>        |  |    |          |           |              |  |  |             |              |              |              |             |  |  |  |  |  |
| 34                             | Hormigón losa f'c=240 Kg/cm2                           | m3 | 8.50     | \$ 277.61 | \$ 2,358.57  |  |  |             |              |              | \$ 2,358.57  |             |  |  |  |  |  |
| 35                             | Malla electrosoldada 6x15                              | U  | 5.00     | \$ 79.73  | \$ 398.65    |  |  |             |              |              | \$ 398.65    |             |  |  |  |  |  |
| 36                             | Placa colaborante e=0.76mm incluye Nelson Stud tipo b  | m2 | 70.80    | \$ 44.51  | \$ 3,151.31  |  |  |             |              |              | \$ 3,151.31  |             |  |  |  |  |  |
| <b>ESCALERAS</b>               |  |    |          |           |              |  |  |             |              |              |              |             |  |  |  |  |  |
| 37                             | Hormigón f'c=210 Kg/cm2                                | m3 | 9.72     | \$ 253.61 | \$ 2,465.09  |  |  |             |              |              | \$ 1,232.54  | \$ 1,232.54 |  |  |  |  |  |

|   |   |     |        |              |                |  |  |  |  |  |              |              |              |  |  |  |
|---|---|-----|--------|--------------|----------------|--|--|--|--|--|--------------|--------------|--------------|--|--|--|
| 38  | Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2  | kg  | 642.00 | \$<br>2.15   | \$<br>1,380.30 |  |  |  |  |  | \$<br>690.15 | \$<br>690.15 |              |  |  |  |
| <b>HIDROSANITARIO</b>   |   |     |        |              |                |  |  |  |  |  |              |              |              |  |  |  |
| <b>SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES (AGUAS SERVIDAS-AGUA LLUVIA)</b> |   |     |        |              |                |  |  |  |  |  |              |              |              |  |  |  |
| 39  | Punto de PVC 2"   | pto | 13.00  | \$<br>43.09  | \$<br>560.17   |  |  |  |  |  | \$<br>186.72 | \$<br>186.72 | \$<br>186.72 |  |  |  |
| 40  | Punto de PVC 3"   | pto | 6.00   | \$<br>52.45  | \$<br>314.70   |  |  |  |  |  | \$<br>104.90 | \$<br>104.90 | \$<br>104.90 |  |  |  |
| 41  | Punto de PVC 4"   | pto | 12.00  | \$<br>61.70  | \$<br>740.40   |  |  |  |  |  | \$<br>246.80 | \$<br>246.80 | \$<br>246.80 |  |  |  |
| 42  | Tubería PVC2"   | m   | 5.90   | \$<br>3.97   | \$<br>23.42    |  |  |  |  |  |              | \$<br>23.42  |              |  |  |  |
| 43  | Tubería PVC3"   | m   | 6.65   | \$<br>6.05   | \$<br>40.23    |  |  |  |  |  |              | \$<br>40.23  |              |  |  |  |
| 44  | Tubería PVC4"   | m   | 38.50  | \$<br>7.69   | \$<br>296.07   |  |  |  |  |  | \$<br>98.69  | \$<br>98.69  | \$<br>98.69  |  |  |  |
| 45  | Tubería PVC6"   | m   | 18.40  | \$<br>14.89  | \$<br>273.98   |  |  |  |  |  |              | \$<br>136.99 | \$<br>136.99 |  |  |  |
| 46  | Tubería PVC ventilación2"   | m   | 19.60  | \$<br>3.11   | \$<br>60.96    |  |  |  |  |  | \$<br>60.96  |              |              |  |  |  |
| 47  | Sumideros de piso 4"  | u   | 4.00   | \$<br>22.51  | \$<br>90.04    |  |  |  |  |  | \$<br>90.04  |              |              |  |  |  |
| 48  | Caja de revisión cruce calzada (0,60m por 0,60m por 1,20m)  | u   | 5.00   | \$<br>244.97 | \$<br>1,224.85 |  |  |  |  |  |              | \$<br>612.43 | \$<br>612.43 |  |  |  |
| <b>SISTEMA DE AGUA POTABLE</b>                                  |   |     |        |              |                |  |  |  |  |  |              |              |              |  |  |  |
| 49  | Salida de agua potable para fluxómetro  | pto | 1.00   | \$<br>47.16  | \$<br>47.16    |  |  |  |  |  | \$<br>47.16  |              |              |  |  |  |
| 50  | Punto de agua   | pto | 20.00  | \$<br>40.04  | \$<br>800.80   |  |  |  |  |  | \$<br>266.93 | \$<br>266.93 | \$<br>266.93 |  |  |  |
| 51  | Tubería de cobre tipo M de Ø1/2"  | m   | 42.00  | \$<br>11.93  | \$<br>501.06   |  |  |  |  |  | \$<br>167.02 | \$<br>167.02 | \$<br>167.02 |  |  |  |
| 52  | Válvula de paso de Ø 1/2"   | u   | 11.00  | \$<br>21.29  | \$<br>234.19   |  |  |  |  |  | \$<br>78.06  | \$<br>78.06  | \$<br>78.06  |  |  |  |
| <b>ILUMINACIÓN, ELÉCTRICO, ELECTRÓNICO</b>                      |   |     |        |              |                |  |  |  |  |  |              |              |              |  |  |  |
| <b>SISTEMA DE FUERZA</b>  |   |     |        |              |                |  |  |  |  |  |              |              |              |  |  |  |
| 53  | Tomacorriente doble polarizado color blanco   | u   | 24.00  | \$<br>4.64   | \$<br>111.36   |  |  |  |  |  |              | \$<br>55.68  | \$<br>55.68  |  |  |  |
| 54  | Extractor de aire (provisión y montaje)   | u   | 1.00   | \$<br>98.82  | \$<br>98.82    |  |  |  |  |  |              | \$<br>49.41  | \$<br>49.41  |  |  |  |
| 55  | Punto de salida de tomacorriente doble polarizado alimentación 220V EMT y Flexible (BX)1/2"2x12AWG THW + 1x14AWG THW para secamanos | pto | 2.00   | \$<br>95.62  | \$<br>191.24   |  |  |  |  |  |              | \$<br>95.62  | \$<br>95.62  |  |  |  |
| 56  | Punto de salida de tomacorriente doble polarizado alimentación normal 110VAC EMT Flexible (BX)1/2"2x12AWG THW + 1x14AWG THW         | pto | 1.00   | \$<br>37.84  | \$<br>37.84    |  |  |  |  |  |              | \$<br>37.84  |              |  |  |  |

|                               |   |     |           |           |             |  |  |  |          |          |             |             |             |             |             |             |
|-------------------------------|---|-----|-----------|-----------|-------------|--|--|--|----------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 57                            | Tomacorriente Televisión  | u   | 5.00      | \$ 42.98  | \$ 214.90   |  |  |  |          |          |             | \$ 107.45   | \$ 107.45   |             |             |             |
| <b>SALIDAS DE ILUMINACIÓN</b> |   |     |           |           |             |  |  |  |          |          |             |             |             |             |             |             |
| 58                            | Punto de salida para iluminación interior 110VAC EMT 1/2" 2x12AWG THW +1x14 AWG THW | pto | 47.00     | \$ 40.54  | \$ 1,905.38 |  |  |  |          |          |             | \$ 952.69   | \$ 952.69   |             |             |             |
| 59                            | PANEL LED 40W - BLANCO / 4000K / 60 CMS X 60 CMS / SYL                              | u   | 47.00     | \$ 47.45  | \$ 2,230.15 |  |  |  |          |          |             | \$ 1,115.08 | \$ 1,115.08 |             |             |             |
| 60                            | Instalación de luminarias   | u   | 47.00     | \$ 8.24   | \$ 387.28   |  |  |  |          |          |             | \$ 193.64   | \$ 193.64   |             |             |             |
| 61                            | Interruptor simple  | u   | 7.00      | \$ 13.30  | \$ 93.10    |  |  |  |          |          |             | \$ 93.10    |             |             |             |             |
| 62                            | Sensor de Movimiento  | u   | 1.00      | \$ 24.48  | \$ 24.48    |  |  |  |          |          |             | \$ 24.48    |             |             |             |             |
| <b>SISTEMA ELECTRÓNICO</b>    |   |     |           |           |             |  |  |  |          |          |             |             |             |             |             |             |
| 63                            | Punto de Televisión   | u   | 5.00      | \$ 72.14  | \$ 360.70   |  |  |  |          |          |             |             |             | \$ 180.35   | \$ 180.35   |             |
| 64                            | Punto de Teléfono   | u   | 1.00      | \$ 52.08  | \$ 52.08    |  |  |  |          |          |             |             |             | \$ 52.08    |             |             |
| 65                            | Punto para intercomunicador   | u   | 1.00      | \$ 237.84 | \$ 237.84   |  |  |  |          |          |             |             |             | \$ 118.92   | \$ 118.92   |             |
| 66                            | Caja de distribución principal  | u   | 2.00      | \$ 276.24 | \$ 552.48   |  |  |  |          |          |             |             |             | \$ 184.16   | \$ 184.16   | \$ 184.16   |
| <b>MAMPOSTERÍA</b>            |   |     |           |           |             |  |  |  |          |          |             |             |             |             |             |             |
| 67                            | Cerramiento Patio Trasero   | m2  | 25.21     | \$ 16.10  | \$ 405.88   |  |  |  |          |          |             |             |             | \$ 405.88   |             |             |
| 68                            | Hormigón f'c=180Kg/cm2 en dinteles y riostras (inc. acero de refuerzo)              | m3  | 5.00      | \$ 227.11 | \$ 1,135.55 |  |  |  |          |          | \$ 378.52   | \$ 378.52   | \$ 378.52   |             |             |             |
| 69                            | Bloque de 10 cm   | m2  | 350.00    | \$ 15.92  | \$ 5,572.00 |  |  |  |          |          | \$ 1,857.33 | \$ 1,857.33 | \$ 1,857.33 |             |             |             |
| <b>ENLUCIDOS</b>              |   |     |           |           |             |  |  |  |          |          |             |             |             |             |             |             |
| 70                            | Enlucido vertical interior.   | m2  | 330.00    | \$ 8.08   | \$ 2,666.40 |  |  |  |          |          |             | \$ 888.80   | \$ 888.80   | \$ 888.80   |             |             |
| 71                            | Enlucido vertical exterior.   | m2  | 309.98    | \$ 11.15  | \$ 3,456.28 |  |  |  |          |          |             | \$ 1,152.09 | \$ 1,152.09 | \$ 1,152.09 |             |             |
| 72                            | Enlucido horizontal   | m2  | 148.95.00 | \$ 12.95  | \$ 1,942.50 |  |  |  |          |          |             | \$ 647.50   | \$ 647.50   | \$ 647.50   |             |             |
| 73                            | Empaste de paredes  | m2  | 639.98    | \$ 3.23   | \$ 2,067.14 |  |  |  |          |          |             | \$ 689.05   | \$ 689.05   | \$ 689.05   |             |             |
| 74                            | Enlucido paletado fino de fillos y fajas  | m   | 300.00    | \$ 3.98   | \$ 1,194.00 |  |  |  |          |          |             | \$ 398.00   | \$ 398.00   | \$ 398.00   |             |             |
| <b>PISOS Y REVESTIMIENTOS</b> |   |     |           |           |             |  |  |  |          |          |             |             |             |             |             |             |
| 75                            | Alisado mecánico de Pisos   | m2  | 148.95.00 | \$ 2.18   | \$ 327.00   |  |  |  | \$ 81.75 | \$ 81.75 | \$ 81.75    | \$ 81.75    |             |             |             |             |
| 76                            | Porcelanato esmaltado rectificado GP1   | m2  | 148.95.00 | \$ 29.84  | \$ 4,476.00 |  |  |  |          |          |             |             |             | \$ 1,492.00 | \$ 1,492.00 | \$ 1,492.00 |

|                                   |   |    |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |  |                |                |                |
|-----------------------------------|---|----|--------|--------------|----------------|--|--|--|--|--|--|--|--|----------------|----------------|----------------|
| 77                                | Masillado de losa incluye impermeabilizante                 | m2 | 75.00  | \$<br>10.90  | \$<br>817.50   |  |  |  |  |  |  |  |  | \$<br>272.50   | \$<br>272.50   | \$<br>272.50   |
| 78                                | Barrederas de porcelanato esmaltado rectificado GP 1 h=10cm | m  | 730.00 | \$<br>4.80   | \$<br>3,504.00 |  |  |  |  |  |  |  |  | \$<br>1,168.00 | \$<br>1,168.00 | \$<br>1,168.00 |
| 79                                | Porcelanato antideslizante monomasa GP 2                    | m2 | 120.00 | \$<br>29.10  | \$<br>3,492.00 |  |  |  |  |  |  |  |  | \$<br>1,164.00 | \$<br>1,164.00 | \$<br>1,164.00 |
| 80                                | Porcelanato sobre mesón GP 3                                | m2 | 13.00  | \$<br>29.10  | \$<br>378.30   |  |  |  |  |  |  |  |  | \$<br>189.15   | \$<br>189.15   |                |
| 81                                | Encespado Incluye abono                                     | m2 | 20.00  | \$<br>5.22   | \$<br>104.40   |  |  |  |  |  |  |  |  | \$<br>34.80    | \$<br>34.80    | \$<br>34.80    |
| 82                                | Entechado de policarbonato incluye juntas                   | m2 | 4.00   | \$<br>92.28  | \$<br>369.12   |  |  |  |  |  |  |  |  | \$<br>184.56   | \$<br>184.56   |                |
| <b>PUERTAS Y VENTANAS</b>         |   |    |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |  |                |                |                |
| 83                                | Ventana de aluminio   | m2 | 35.00  | \$<br>98.93  | \$<br>3,462.55 |  |  |  |  |  |  |  |  |                | \$<br>1,731.28 | \$<br>1,731.28 |
| 84                                | PM 1.00 Puerta de madera simple                             | u  | 1.00   | \$<br>202.16 | \$<br>202.16   |  |  |  |  |  |  |  |  | \$<br>202.16   |                |                |
| 85                                | PM 0.90 Puerta de madera simple                             | u  | 1.00   | \$<br>196.16 | \$<br>196.16   |  |  |  |  |  |  |  |  | \$<br>196.16   |                |                |
| 86                                | PM 0.80 Puerta de madera simple                             | u  | 1.00   | \$<br>190.16 | \$<br>190.16   |  |  |  |  |  |  |  |  | \$<br>190.16   |                |                |
| 87                                | PME 1.50 Puerta de madera de doble acción con ventanillas   | u  | 1.00   | \$<br>285.71 | \$<br>285.71   |  |  |  |  |  |  |  |  |                |                | \$<br>285.71   |
| 88                                | PH 24 1.60 Puerta metálica doble                            | u  | 1.00   | \$<br>199.39 | \$<br>199.39   |  |  |  |  |  |  |  |  |                |                | \$<br>199.39   |
| 89                                | PH 26 0.72 Puerta metálica doble                            | u  | 1.00   | \$<br>127.39 | \$<br>127.39   |  |  |  |  |  |  |  |  |                |                | \$<br>127.39   |
| 90                                | Cerradura de manija recta acero cromado llave-llave         | u  | 2.00   | \$<br>53.18  | \$<br>106.36   |  |  |  |  |  |  |  |  |                |                | \$<br>106.36   |
| 91                                | Cerradura de manija recta acero cromado llave-seguro        | u  | 2.00   | \$<br>45.98  | \$<br>91.96    |  |  |  |  |  |  |  |  |                |                | \$<br>91.96    |
| 92                                | Cerradura de manija recta acero cromado baño                | u  | 1.00   | \$<br>36.38  | \$<br>36.38    |  |  |  |  |  |  |  |  |                |                | \$<br>36.38    |
| 93                                | Cerradura de caja para puerta de metal                      | u  | 1.00   | \$<br>56.69  | \$<br>56.69    |  |  |  |  |  |  |  |  |                |                | \$<br>56.69    |
| <b>RECUBRIMIENTO Y ACCESORIOS</b> |   |    |        |              |                |  |  |  |  |  |  |  |  |                |                |                |
| 94                                | Pasamanos de acero inoxidable                               | m  | 10.00  | \$<br>225.53 | \$<br>2,255.30 |  |  |  |  |  |  |  |  | \$<br>751.77   | \$<br>751.77   | \$<br>751.77   |
| 95                                | Cerámica en paredes   | m2 | 20.00  | \$<br>23.47  | \$<br>469.40   |  |  |  |  |  |  |  |  |                | \$<br>234.70   | \$<br>234.70   |
| 96                                | Pintura de caucho látex vinilo acrílico interior.           | m2 | 80.00  | \$<br>5.04   | \$<br>403.20   |  |  |  |  |  |  |  |  |                | \$<br>201.60   | \$<br>201.60   |
| 97                                | Pintura elastomérica (exterior e interior)                  | m2 | 559.98 | \$<br>6.79   | \$<br>3,802.26 |  |  |  |  |  |  |  |  |                | \$<br>1,901.13 | \$<br>1,901.13 |
| 98                                | Mesones de H.A.   | m  | 10.00  | \$<br>58.31  | \$<br>583.10   |  |  |  |  |  |  |  |  |                | \$<br>291.55   | \$<br>291.55   |

|                            |   |   |       |                |                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |                |                |  |
|----------------------------|---|---|-------|----------------|--------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----------------|----------------|----------------|--|
| 99                         | Cerramiento Tubular                     | m | 10.00 | \$<br>392.59   | \$<br>3,925.90           |  |  |  |  |  |  |  |  |  | \$<br>1,308.63 | \$<br>1,308.63 | \$<br>1,308.63 |  |
| <b>MOBILIARIO</b>          |   |   |       |                |                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |                |                |  |
| 100                        | Armario ATU AV 16904 (L=900x400x1660mm) | u | 3.00  | \$<br>646.31   | \$<br>1,938.93           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                | \$<br>969.47   | \$<br>969.47   |  |
| 101                        | Cocina                                  | u | 1.00  | \$<br>2,410.43 | \$<br>2,410.43           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                | \$<br>1,205.22 | \$<br>1,205.22 |  |
| 102                        | Closet de Ropa Blanca                   | u | 1.00  | \$<br>851.08   | \$<br>851.08             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                | \$<br>425.54   | \$<br>425.54   |  |
| 103                        | Lavandería                              | u | 1.00  | \$<br>137.08   | \$<br>137.08             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                | \$<br>68.54    | \$<br>68.54    |  |
| <b>APARATOS SANITARIOS</b> |   |   |       |                |                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |                |                |  |
| 104                        | Asiento e inodoro                       | u | 3.00  | \$<br>123.30   | \$<br>369.90             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                | \$<br>184.95   | \$<br>184.95   |  |
| 105                        | Lavamanos 2 llaves                      | u | 3.00  | \$<br>106.50   | \$<br>319.50             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                | \$<br>159.75   | \$<br>159.75   |  |
| 106                        | Ducha Standard                          | u | 3.00  | \$<br>64.76    | \$<br>194.28             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                | \$<br>97.14    | \$<br>97.14    |  |
| 107                        | Lavaplatos de Teka                      | u | 1.00  | \$<br>280.16   | \$<br>280.16             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                | \$<br>140.08   | \$<br>140.08   |  |
|                            |   |   |       | <b>TOTALES</b> | <b>\$<br/>176,001.39</b> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                |                |                |  |

Tabla 162. Cronograma valorado – estructura acero. Fuente: Elaboración propia.

3.4.2.3 Acero estructural: Curva de inversión

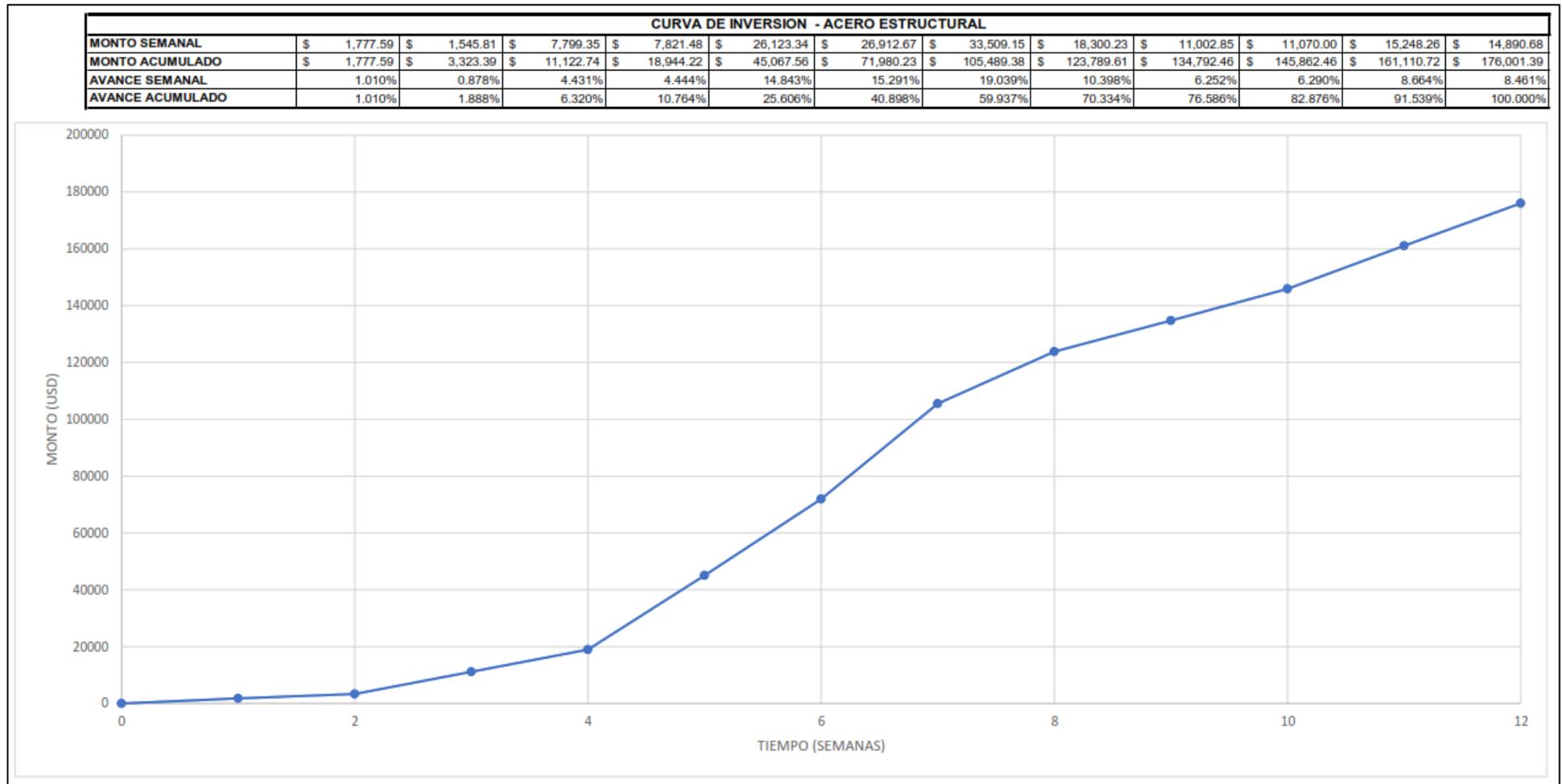


Tabla 163. Curva de inversión – estructura acero. Fuente: Elaboración propia.

## Capítulo 4: Conclusiones y Recomendaciones

### 4.1 Conclusiones

En la presente investigación se realizó un análisis comparativo de dos sistemas constructivos para una vivienda de 148.95 m<sup>2</sup>, entre estructura de acero y mampostería estructural, donde se concluye lo siguiente:

- Con base al análisis económico, el costo por m<sup>2</sup> de construcción para la mampostería estructural es de USD.821.84, mientras que para el sistema en acero es de USD.1181,61, siendo este un criterio determinante en la elección de la alternativa constructiva cuando los presupuestos son limitados y se espera tener un costo de promoción competitivo en el mercado.
- El sistema de estructura de acero presenta menor tiempo de construcción con relación a la mampostería estructural, sin embargo, la diferencia (3 semanas) no es significativa como para compensar el incremento en costos y ser esta la alternativa seleccionada.
- Basados en la información disponible para la presente investigación (planos estructurales de los dos sistemas analizados), se pudo comprobar que el proyecto en mampostería estructural cumplió satisfactoriamente con los criterios de diseño. Sin embargo, para el sistema en acero, fue necesario realizar un nuevo análisis. Para esto se modificaron secciones de los elementos a fin cumplir con condiciones normativas de diseño. Por lo tanto, la mampostería estructural presenta una mejor viabilidad técnica.
- En relación al costo / beneficio, la mampostería estructural representa la mejor alternativa para proyectos de similares características, tomando en cuenta parámetros como económico, tiempo y diseño.

## 4.2 Recomendaciones

- Elegir a la mampostería estructural para proyectos de similares características, puesto que cumple con requerimientos normativos para diseño, es más económico y no genera tiempos excesivos de construcción.
- Tomar en cuenta que bajo el sistema de mampostería estructural, no se puede realizar cambios al diseño arquitectónico, puesto que este trabaja como muros portantes.
- Considerar la selección del sistema en acero para proyectos donde el plazo de construcción sea un factor predominante, además este tipo de sistema favorece a alternativas arquitectónicas.
- Optimizar el diseño en el sistema de acero estructural a fin de disminuir costos de construcción.
- Seleccionar sistemas estructurales priorizando el costo de inversión y cumplimiento normativo de diseño.
- Tener el flujo económico, conforme se encuentra detallando en las tablas de curva de inversión.
- Actualizar costos de mano de obra y materiales previo a la ejecución del proyecto.
- Incluir criterios de sostenibilidad que disminuya los impactos ambientales, considerando que, al contemplar criterios de ecoeficiencia se reducen costos de mantenimiento y consumo de recursos.

## 5. Bibliografía

- Moncayo R, Cifuentes D, Abad E, Pinales M (2019). *Cámara de la Industria de la Construcción. Ecuador*. Quito, Ecuador.
- Salarios Mínimos por Ley (2025). *Tabla de salarios mínimos de las diferentes categorías ocupacionales para la construcción*. Quito, Ecuador: Cámara de la Industria de la Construcción. Ecuador.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción (2014). *Estructuras de Acero*. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Quito, Ecuador: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción (2014). *Mampostería Estructural*. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Quito, Ecuador: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- Chazaro R, Guerra G. (2019). *Procedimiento de montaje de estructuras de acero*. México: Gerdau Corsa.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2019). *Manual para la Regulación de Procesos Constructivos: Enfoque en Construcciones Sismorresistentes*. Quito, Ecuador.
- Gordillo T, Herrera C, Poretti A, Brunatti C. (2015). *Manual Técnico de Mampostería de Bloques de Hormigón*. Argentina: AABH.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2016). *Guía práctica para el diseño de estructuras de acero de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015*. Quito, Ecuador. Imprenta Activa.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2016). *Guía práctica para el diseño de estructuras de hormigón armado de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015*. Quito, Ecuador. Imprenta Activa.

- Norma Ecuatoriana de la Construcción (2014). *Peligro sísmico - diseño sismo resistente*. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Quito, Ecuador: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción (2014). *Cargas no sísmicas*. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Quito, Ecuador: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- Soria, L. (2024), *Curso de Diseño de Hormigón Armado*, Universidad Internacional SEK. Quito, Ecuador.
- Romo, M. (2024), *Temas de Hormigón Armado*, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Quito, Ecuador.
- Hugo, M.(2024), *Curso de Dinámica Estructural*. Universidad Internacional SEK. Quito, Ecuador.
- Hugo, M.(2024), *Curso de Estructura de Acero*. Universidad Internacional SEK. Quito, Ecuador.

## 6. Anexos