

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**ANÁLISIS DE INTERACCIÓN ESTÁTICA SUELO-  
ESTRUCTURA MEDIANTE EL MODELAMIENTO  
ESTRUCTURAL SISMORRESISTENTE DE UNA  
EDIFICACIÓN DE 6 NIVELES, EN LA CIUDAD DE  
JAÉN-2022**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**Autores** : EST. Jaime Perez Linares  
EST. Noerli Aldair Chugden Olivera

**Asesor** : MG. José Luis Piedra Tineo

**Línea de investigación** : LI\_IC\_01 Estructuras

**JAÉN – PERÚ, DICIEMBRE, 2023**

NOMBRE DEL TRABAJO

**ANÁLISIS DE INTERACCIÓN ESTÁTICA SUELOESTRUCTURA MEDIANTE EL MODELAMIENTO ESTRUCTURAL SISMORRESISTENTE**

AUTOR

**Jaime Perez Linares Noerli Aldair Chugden Olivera**

RECUENTO DE PALABRAS

**15829 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**87958 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**100 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**6.5MB**

FECHA DE ENTREGA

**Feb 6, 2024 6:28 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Feb 6, 2024 6:30 PM GMT-5****● 17% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN  
Dr. Christian Zayed Apaza Panca  
RESPONSABLE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-  
SUNEDU/CD



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE JAÉN

## FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 20 de febrero del año 2024, siendo las 16:00 horas, se reunieron de manera presencial los integrantes del Jurado:

Presidente : Dra. Zadith Nancy Garrido Campaña.

Secretario : M. Sc. Marcos Antonio Gonzales Santisteban.

Vocal : Mg. Mario Felix Olivera Aldana, para evaluar la Sustentación del **Informe**

**Final:**

( ) Trabajo de Investigación

( **X** ) Tesis

( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: **"ANÁLISIS DE INTERACCIÓN ESTÁTICA SUELO – ESTRUCTURA MEDIANTE EL MODELAMIENTO ESTRUCTURAL SISMORRESISTENTE DE UNA EDIFICACIÓN DE 6 NIVELES, EN LA CIUDAD DE JAÉN - 2022"**, presentado por los bachilleres **Noerli Aldair Chugden Olivera y Jaime Perez Linares**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

( **X** ) Aprobar ( ) Desaprobar ( **X** ) Unanimidad ( ) Mayoría

Con la siguiente mención:

- |                |            |               |
|----------------|------------|---------------|
| a) Excelente   | 18, 19, 20 | ( )           |
| b) Muy bueno   | 16, 17     | ( )           |
| c) Bueno       | 14, 15     | ( <b>14</b> ) |
| d) Regular     | 13         | ( )           |
| e) Desaprobado | 12 ò menos | ( )           |

Siendo las 17:00 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Dra. Zadith Nancy Garrido Campaña  
Presidente

M. Sc. Marcos Antonio Gonzales Santisteban  
Secretario

Mg. Mario Félix Olivera Aldana  
Vocal

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Problema.....	1
1.1.1. Realidad Problemática.....	1
1.1.2. Formulación del problema.....	3
1.2. Justificación.....	3
1.3. Hipótesis .....	4
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general .....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. Antecedentes de la investigación.....	5
1.5.1. A nivel internacional .....	5
1.5.2. A Nivel Nacional .....	7
1.5.3. A nivel Regional.....	9
1.6. Bases teóricas .....	11
1.6.1. Interacción Suelo-Estructura .....	11
<b>II. MATERIAL Y METODOS.....</b>	<b>15</b>
2.1. Objeto de estudio .....	15
2.2. Ubicación del área de estudio.....	15
2.3. Materiales .....	16
2.3.1. Población .....	16
2.3.2. Muestra .....	16

2.3.3. Muestreo .....	16
2.4. Variables de Estudio .....	17
2.4.1. Variable Dependiente .....	17
2.4.2. Variable Independiente .....	17
2.5. Operacionalización de variables .....	17
2.6. Métodos, técnicas, procedimientos e instrumentos de recolección de datos.....	18
2.6.1. metodología de investigación .....	18
2.6.2. Técnicas de recolección de datos.....	18
2.6.3. Instrumento de recolección de datos .....	18
2.7. Área de investigación .....	19
2.8. Análisis de datos.....	19
2.9. Procedimiento Metodológico .....	19
III. RESULTADOS .....	42
IV. DISCUSIÓN.....	64
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	68
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	72
AGRADECIMIENTO .....	77
DEDICATORIA.....	78
ANEXOS.....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Operacionalización de Variables .....	17
<b>Tabla 2</b> Parámetros de Sitio, Expediente Técnico .....	21
<b>Tabla 3</b> Resultados para la Modelación Según Normativa E.030 Diseño Sismorresistente.....	42
<b>Tabla 4</b> Periodos Fundamental de la Estructura .....	43
<b>Tabla 5</b> Cortantes Obtenidas de Etabs .....	44
<b>Tabla 6</b> Comparativa de Cortantes Dinámicas vs Estáticas.....	44
<b>Tabla 7</b> Valores Para el Cálculo de la Cortante Total [Cortante Estática] .....	44
<b>Tabla 8</b> Cortante Total de la Edificación en Dirección x .....	45
<b>Tabla 9</b> Cortante Total de la Edificación en Dirección y .....	45
<b>Tabla 10</b> Valores de Cortantes en Elemento Columnas en Dirección x-x .....	46
<b>Tabla 11</b> Valores de Cortantes en Elemento Columnas en Dirección Y-Y.....	47
<b>Tabla 12</b> Valores de Cortantes en Elemento Placas en Dirección x-x .....	48
<b>Tabla 13</b> Valores de Cortantes en Elemento Placas en Dirección y-y .....	48
<b>Tabla 14</b> Total de Valores de Cortantes en Elementos de Columnas y Placas.....	48
<b>Tabla 15</b> Valores de las Derivas de los 6 Niveles en Dirección x-x .....	49
<b>Tabla 16</b> Valores de las Derivas de los 6 Niveles en Dirección y-y .....	50
<b>Tabla 17</b> Desplazamientos Laterales Máximos en Dirección x-x .....	52
<b>Tabla 18</b> Desplazamientos Laterales Máximos en la Dirección Y-Y.....	54
<b>Tabla 19</b> Matriz de Consistencia .....	82
<b>Tabla 20</b> Verificación de irregularidad de rigidez-piso blando del edificio.....	92
<b>Tabla 21</b> Verificación de irregularidad de rigidez-piso débil del edificio.....	93
<b>Tabla 22</b> Verificación de irregularidad de masa o peso e irregularidad geométrica .....	94
<b>Tabla 23</b> Verificación de irregularidad en planta .....	95

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Distribución de Presiones en Cimentaciones Flexibles .....	12
<b>Figura 2</b> Distribución de Presiones en Cimentaciones Rígidas.....	13
<b>Figura 4</b> Distribución de Presiones en Cimentaciones Rígidas Sobre Arenas .....	14
<b>Figura 5</b> Mapa de la ubicación referencial de la edificación de 6 niveles, ciudad de Jaén. ....	15
<b>Figura 6</b> Definición de materiales para concreto armado 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	22
<b>Figura 7</b> Cuadro general de columnas y vigas .....	22
<b>Figura 8</b> Cuadro general de muro.....	23
<b>Figura 9</b> Muro de contención de 30 cm.....	23
<b>Figura 10</b> Vista en planta del 6to piso .....	24
<b>Figura 11</b> Elevación vista en A .....	25
<b>Figura 12</b> Elevación vista en B.....	25
<b>Figura 13</b> Elevación vista en D .....	26
<b>Figura 14</b> Vista en planta del aligerado del piso 1 .....	26
<b>Figura 15</b> Vista en planta del aligerado del piso 2 .....	27
<b>Figura 16</b> Vista en Plata del Aligerado del Piso 3 (Piso 4, 5 y 6 Tiene el Mismo Diseño) .....	28
<b>Figura 17</b> Platea de cimentación.....	29
<b>Figura 18</b> Agregamos el coeficiente de balasto a la losa de cimentación .....	30
<b>Figura 19</b> Vista en 3D isométrico, cada elemento estructural con un color.....	31
<b>Figura 20</b> Asignación de Cargas (carga viva y carga muerta) y Cargas Sísmicas Estáticas.....	32
<b>Figura 21</b> Vista del edificio, con las cargas muertas asignadas en todas las losas aligeradas.....	33
<b>Figura 22</b> Asignación de las cargas vivas S/C= 500 Kgf/m <sup>2</sup> para piso 1, 2 y 3, y para el piso 4, 5 y 6. S/C= 200 Kgf/m <sup>2</sup> . (de acuerdo a su uso).....	34
<b>Figura 23</b> Vista de la asignación de brazos rígidos.....	35

<b>Figura 24</b> Asignación de los diafragmas rígidos .....	36
<b>Figura 25</b> Definición de análisis estático en X.....	37
<b>Figura 26</b> Definición de análisis estático en Y.....	38
<b>Figura 27</b> Espectro sísmico en x-x .....	39
<b>Figura 28</b> Espectro sísmico en Y-Y.....	39
<b>Figura 29</b> Espectro en la dirección X con 5% de excentricidad accidental y factor de escala igual a la gravedad .....	40
<b>Figura 30</b> Espectro en la dirección Y con 5% de excentricidad accidental y factor de escala igual a la gravedad .....	40
<b>Figura 31</b> Vista 3D de la representación de los resortes equivalentes al suelo de apoyo .....	41
<b>Figura 32</b> Gráfica de los valores de las derivas de los 6 niveles en dirección x-x .....	50
<b>Figura 33</b> Gráfica de los valores de las derivas de los 6 niveles en dirección y-y .....	51
<b>Figura 34</b> Grafica de los Desplazamientos Laterales Máximos en Dirección x-x .....	53
<b>Figura 35</b> Grafica de los Desplazamientos Laterales Máximos en Dirección Y-Y .....	55
<b>Figura 36</b> Diagrama de Esfuerzos Máximos en la Platea de Cimentación, en la Cara Inferior (en Contacto con el Terreno).....	56
<b>Figura 37</b> Diagramas de los Esfuerzos en Función de los Ejes Locales: la Dirección Y que Coincide con el Eje Local 1 .....	57
<b>Figura 38</b> Diagrama de esfuerzos generados en la platea que coinciden con el eje local 2 y la dirección x-x .....	58
<b>Figura 39</b> Diagramas de esfuerzos: en todo el edificio: para visualizar el efecto de la interacción del suelo (balasto) con la superestructura .....	59
<b>Figura 40</b> Presiones que ejerce sobre el terreno (de acuerdo a la CM+CV) .....	60
<b>Figura 41</b> Diagrama de Esfuerzos Internos por Momentos Máximos de la losa de Cimentación.....	61
<b>Figura 42</b> Diagrama de Asentamiento en la Cimentación.....	62
<b>Figura 43</b> Plano de Estructuras del Primer Nivel .....	84
<b>Figura 44</b> Plano de Estructuras del Mezanine .....	85



<b>Figura 45</b> Plano de Estructuras del 2do, 3ro, 4to, 5to y 6to Piso .....	86
<b>Figura 46</b> Vista Frontal del Edificio de 6 Niveles .....	88
<b>Figura 47</b> Vista Lateral del Edificio de 6 niveles .....	89
<b>Figura 48</b> Vista en 3D del Edificio de 6 Niveles .....	90
<b>Figura 49</b> Resultados de Story stiffness en ambas direcciones para evaluar las irregularidades en altura .....	96
<b>Figura 50</b> Resultados de Story Forces en ambas direcciones para evaluar las irregularidades en altura .....	97
<b>Figura 51</b> Resultados de Story Forces según peso sísmico (100CM+25CV) para evaluar las irregularidades en altura .....	98
<b>Figura 52</b> Resultados de desplazamientos máximos para evaluar las irregularidades en planta .....	98

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	81
ANEXO 2: PLANOS DE ESTRUCTURAS DE LA EDIFICACIÓN DE 6 NIVELES	83
ANEXO 3: VISTAS DEL EDIFICIO DE 6 NIVELES .....	87
ANEXO 4: VERIFICACIÓN DE IRREGULARIDADES DEL EDIFICIO DE 6 NIVELES .....	91

## RESUMEN

Internacionalmente a nivel parcial como a nivel nacional y local no se ejecuta el análisis de interacción suelo estructura. En la actualidad en la ciudad de Jaén, hemos observado que la gran mayoría de edificaciones tienen un promedio de 6 niveles que no consideran un análisis. Nuestro objetivo fue analizar la interacción estática suelo estructura mediante el modelamiento estructural sismorresistente en Etabs de una edificación de 6 niveles donde utilizamos la metodología básica descriptiva, ya que nos permitió evaluar y fundamentar sistemáticamente los efectos de la interacción estática suelo estructura de una edificación de 6 niveles. aplicando el modelo de Winkler evaluamos: los esfuerzos máximos =  $11.9 \text{kgf/cm}^2$ , presiones máximas =  $1.449 \text{kgf/cm}^2$  y asentamiento máximo de  $U_z=0.9462 \text{cm}$ , ya que no hay una edificación que pueda desarrollar su comportamiento sísmico natural, sin tener un contacto con el suelo. en conclusión, corroboramos que es esencial tener una base de datos del comportamiento del suelo en la zona, bajo los efectos de la interacción suelo estructura, ya que mediante esta investigación se puede afirmar que integrando la interacción suelo estructura, se obtiene un comportamiento que se aproxima mucho más al comportamiento real de la estructura, obteniendo, resultados más precisos, eficientes, confiables y seguros.

**Palabras Clave:** Base Flexible, Método de Winkler, interacción suelo estructura.

## ABSTRACT

Internationally, at a partial level as well as at a national and local level, the soil-structure interaction analysis is not performed. Currently in the city of Jaen, we have observed that the vast majority of buildings have an average of 6 levels that do not consider an analysis. Our objective was to analyze the static soil-structure interaction by means of the seismic-resistant structural modeling in Etabs of a 6-story building where we used the basic descriptive methodology, since it allowed us to systematically evaluate and support the effects of the static soil-structure interaction of a 6-story building. Applying the Winkler model we evaluated: maximum stresses = 11.9kgf/cm<sup>2</sup>, maximum pressures = 1.449 kgf/cm<sup>2</sup> and maximum settlement of  $U_z=0.9462$ cm, since there is no building that can develop its natural seismic behavior without having a contact with the soil. in conclusion, we corroborate that it is essential to have a data base of the soil behavior in the area, under the effects of soil-structure interaction, since through this research we can affirm that by integrating the soil-structure interaction, we obtain a behavior that is much closer to the real behavior of the structure, obtaining more accurate, efficient, reliable and safe results.

**Keywords:** Flexible Base, Winkler method, soil-structure interaction.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Problema**

#### **1.1.1. Realidad Problemática**

Vargas (2012), da a conocer que: En Japón tras el terremoto de 9 grados de magnitud que sucedió el 11 de marzo del 2011, más de 21000 muertos y 68000 casas fueron destruidas, sin embargo, la tragedia hubiera sido peor si no existiera la estricta normativa de diseño para resistir los movimientos sísmicos que se aplica (Interacción Suelo Estructura) en Japón.

Villareal (2009), Indica que el Perú es altamente vulnerable frente a los peligros geológicos, por tanto, el riesgo de que ocurra un desastre es muy alto. En Lima, la Arquitecta Flor de María Valladolid también señaló que, Perú muy próximamente vivirá un sismo de características similares al que asoló Japón el pasado 11 de marzo; cito algunos ejemplos críticos: a) En Lima 30,000 de las 47,000 viviendas están en peligro de colapso, durante un sismo con un grado de liberación de energía mayor a 8 grados, colapsarían la totalidad de las edificaciones reveladas ruinosas e inhabitables, esto debido a la autoconstrucción y por temas económicos, ya que a nivel Nacional más del 80 % de las edificaciones se construyen sin estudios de mecánica de suelos, ni planos de arquitectos ni ingenieros. b) En nuestro país vienen experimentando un crecimiento sin considerar criterios de gestión de riesgos. Por ejemplo, Arequipa, pasó de tener alrededor de 100 mil habitantes en la década de los 50, a cerca de 1 millón de habitantes en el 2011; es importancia ya que el crecimiento urbano se ha dado en zonas de alto peligro volcánico, cerca al volcán Misti (Jersy, 2011).

Los resultados relacionados con la evaluación de estos eventos muestran que los daños menores se originan en edificios que no están cimentados sobre roca o suelo duro, y los daños principales, se originan en suelo blando. (Ordoñez, 2015)

La interacción suelo-estructura, es decir, teniendo en cuenta el amortiguamiento del suelo de fundación, se va a ver reflejada dentro de los periodos, frecuencias y estilos de vibración libre de los sistemas. Al analizar el suelo como algo flexible nos lleva a la precisión del esquema de cálculo del edificio y a alcanzar una respuesta estructural más real porque ahora el modelo ya no está empotrado, es decir, el suelo deja de ser un componente y pasa a formar parte de un elemento del cálculo estructural (Villareal, 2009).

Para los proyectos que tienen en cuenta el diseño de cimentación empotrada ahora no es aceptado en algunos países como Rusia, Japón, Bolivia, etc. Debido a que es muy limitado; y en la actualidad existen programas lo suficientemente buenos para un análisis completo de la estructura. Al mismo tiempo, en algún momento de un terremoto, la reacción de una estructura depende de las características del suelo en movimiento, el suelo adyacente y la estructura, por esta razón es vital entender e incluir un análisis de Interacción Suelo-Estructura, incluso más, en suelos con planta baja flexible, que pueden ser muy susceptibles a la acción de los terremotos (Fernando, 2021).

En la normatividad E.030 del Diseño Sismorresistente no se exige, ni se menciona el análisis de interacción suelo estructura, solamente se consideran las características del terreno o suelo como parámetros para el análisis de la superestructura y en la norma E.050 no existen referencias para el análisis de interacción con la super estructura.

A nivel regional las edificaciones son informales, y las que son formales apenas han considerado el análisis sismorresistente de la norma E.030 y solamente para dar cumplimiento a los requisitos para obtención de la licencia de construcción.

A nivel local, el proyecto de 6 niveles caso de estudio de esta investigación, consideró los estudios preliminares como el estudio de mecánica de suelos, sin embargo, no se efectuó un estudio profundo ni adecuado sobre el comportamiento del suelo, ni de la interacción con la super estructura, esto sumado a todas las incertidumbres por los procesos constructivos no controlados, y de baja calidad, generan una edificación insegura ante un movimiento sísmico medio a severo.

Pero, ¿qué es la interacción suelo estructura? La interacción de la forma del suelo con la superestructura es un conjunto de cambios dentro de la reacción de la forma de la base del suelo que, en general, depende de un fenómeno totalmente importante que es la flexibilidad del suelo de desplante (Sangines, 2001).

Entonces pudiendo indicar que en la ciudad de Jaén, la población necesita entender que no estamos preparados para cuando se suscite un sismo de gran magnitud, como señala la Arquitecta Flor de María: “durante un sismo con un grado de liberación de energía mayor a 8 grados, la totalidad de las edificaciones declaradas ruinosas e inhabitables colapsarían, por falta de supervisión y dirección técnica profesional, donde muchas veces optan por la autoconstrucción generando un alto riesgo sísmico, esto se debe a que ya no se realizó un diseño adecuado o a que ya no se tiene en cuenta el examen geotécnico del suelo; sin embargo, en las últimas décadas, la investigación relacionada con este reto ha avanzado, dando resultados más fiables en las edificaciones.

Es por ello que, la presente investigación evaluamos la interacción estática suelo estructura de una edificación de 6 niveles, mediante el modelamiento estructural sismorresistente en el programa ETABS V20.03. donde aplicamos el modelo de Winkler y obtenemos una base de datos del comportamiento del suelo en la zona, bajo los parámetros o efectos de la interacción suelo estructura estática y comparamos los resultados con la realidad (el proyecto ejecutado) y con un análisis simple (Dinámico y Estático de la norma E.030: cortante, derivas y desplazamientos), ya que en la interacción suelo estructura evaluamos los asentamientos, las presiones sobre el terreno, y lo más importante los esfuerzos generados tanto en la cimentación, como en la superestructura que son transmitidos desde el terreno, a la base y a su vez a la estructura.

### **1.1.2. Formulación del problema**

¿Cuáles son los efectos considerando la interacción estática suelo- estructura en la respuesta estructural en la edificación de 6 niveles en la ciudad de Jaén?

### **1.2. Justificación**

Desde el punto de vista Tecnológico, con nuestra investigación queremos garantizar el desempeño sismorresistente de la edificación, pues en nuestra ciudad no contamos con aportes relacionados en la interacción estática suelo estructura, es decir, podrá tomarse como referencia o servir a futuras investigaciones.

Económico, con nuestra investigación estamos ayudando a reducir los costos, es decir al aplicar la interacción suelo estructura en nuestro proyecto optimizamos espesores de los elementos estructurales, ya que, logramos una mejor redistribución de los esfuerzos en la super estructura.

Ambiental, con nuestra investigación de éste nuevo conocimiento para la ciudadanía en general marcaría una mejora considerable en los procesos de seguridad y las edificaciones durante el movimiento sísmico serán afectadas lo menor posible y no permitiría que estas colapsen, lo cual lleva a tener una vida más segura.

Social, con nuestros estudios podemos ayudar a mejorar la seguridad estructural de los edificios y proteger a la población, iniciar una construcción más segura con el entorno, ya que las viviendas populares no están contempladas con este nuevo proceso constructivo de interacción suelo estructura, que según una investigación realizada por el ingeniero Tassila Villanueva, al incorporar la interacción suelo-estructura nos permite reducir los daños por capacidad entre un ochenta y un cuarenta por ciento.

Por lo tanto, al realizar este estudio, se debería tener un conocimiento exhaustivo de la respuesta estructural con interacción estática suelo estructura que podría conducir a una mayor precisión y hacia diseños más precisos y cercanos a la realidad.

### **1.3. Hipótesis**

Los efectos de la incorporación de interacción estática suelo-estructura considerando un suelo intermedio genera un asentamiento de la estructura de la edificación de 6 niveles de la ciudad de Jaén.

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general**

- ❖ Analizar la interacción estática suelo estructura mediante el modelamiento estructural sismorresistente en Etabs de una edificación de 6 niveles, en la ciudad de Jaén.



### 1.4.2. Objetivos específicos

- ❖ Objetivo específico 1
  - ✓ Modelar la edificación de 6 niveles utilizando el software Etabs, considerando los parámetros del suelo y del sismo según sismorresistente: E.030
- ❖ Objetivo Específico 2
  - ✓ Evaluar la relación de cortantes estática y dinámica y el sistema estructural, considerando un suelo intermedio para evaluar la interacción suelo estructura.
- ❖ Objetivo Específico 3
  - ✓ Evaluar la variación del asentamiento, presiones y esfuerzos de la estructura que genera el efecto interacción suelo-estructura, aplicando el modelo de Winkler, con el modelamiento en el Etabs.
- ❖ Objetivo Específico 4
  - ✓ Proponer alternativas de solución en función al tipo de comportamiento que genera la interacción suelo estructura estática lineal y la falta de un análisis y diseño.

## 1.5. Antecedentes de la investigación

### 1.5.1. A nivel internacional

Castro & Pérez (2020), en su investigación tuvo como objetivo desarrollar un modelo estructural que tuviera en cuenta la interacción sísmica de una estructura con suelos A, C y E, y comparar el comportamiento de los elementos estructurales con un modelo estructural de empotramiento perfecto. Los resultados obtenidos revelaron que la deformación en la estructura es mayor cuando se considera la interacción suelo estructura. En el suelo tipo A, la variación de deformación fue del 2.78%, en el suelo tipo C fue del 3.08% y en el suelo tipo E fue del 32.38%. En cuanto a los esfuerzos, se observó una diferencia del 32.38% entre el modelo de interacción suelo estructura y el modelo con empotramiento. En concluyeron que la interacción suelo estructura no influye en el comportamiento de las estructuras sobre suelos de buena calidad tipo A en comparación con el modelo con empotramiento. Sin embargo, sí hay influencia en los suelos tipo C y E.

Bonilla (2019). En su trabajo de investigación titulada “Análisis sismo resistente mediante la interacción sísmica suelo estructura de un bloque de aulas”, Tuvo como objetivo realizar la evaluación sismorresistente expresando las consecuencias de la interacción sísmica suelo-estructura, La metodología que utilizo fue experimental. Obtuvo como resultados un suelo limo de alta plasticidad Mediante el ensayo SPT, de lo cual se obtiene un perfil sísmico tipo E que hace referencia a los suelos de compacidad o consistencia media, además realizó un análisis diseño sismorresistente a las aulas con la normativa Ecuatoriana de la construcción NEC 2015, lo cual en el caso empotrado el cortante dinámico no cumple con lo estipulado en la NEC-15 que es del 85% del estático, además, se ha comprobado que el edificio presenta derivas no admisibles y se ha confirmado una variabilidad del 12% en el primer modo de vibración debido a la flexibilidad de la superestructura; en el caso de empotramiento es de 1,068 y en el caso de interacción suelo estructura es de 1,219 millas. Entonces bonilla aporta con esta investigación que se debe ampliar la investigación sobre la interacción suelo-estructura ya que con esto se obtienen datos más reales del análisis de la edificación.

Tejada (2019). En su investigación “Efectos de Interacción Suelo- Estructura en la Respuesta Sísmica de Edificios Altos”, Tuvo como objetivo analizar la respuesta dinámica de un edificio de 15 pisos, para suelos tipo C D y E, con y sin interacción suelo estructura, en referencia a la Norma EC-08, la metodología que utilizo fue descriptiva; Tuvo como resultados que cuando se considera las cimentaciones flexibles, el periodo aumenta, en comparación con el modelo de base rígida, además se ha comprobado que hay una reducción de la cortante basal y que el periodo fundamental varía en función de la rigidez de la base que contribuye a la Interacción suelo estructura, y aumenta según el grado de flexibilidad de la cimentación. El aporte de esta investigación es que la respuesta de la estructura no depende únicamente de los rasgos de excitación sísmica o de sus características dinámicas, sino también del entorno que la rodea. Es decir, existe una interacción entre la estructura, los cimientos y el suelo.

Mejia (2018). En su investigación titulada “Análisis de Interacción Suelo Estructura en conjunto con un análisis push over en una edificación de diez pisos con pórticos de concreto en zonas lacustres de la microzonificación símica de Bogotá”, Tuvo como objetivo evaluar la conducta elástica y plástica del suelo a partir del módulo de elasticidad y rigidez considerando un estudio de interacción suelo estructura en un edificio de pórticos de concreto. La metodología que utilizo fue comparativa que correlaciona el análisis convencional con el beneficio de la interacción suelo estructura. Se obtuvo como resultados de la integración de la interacción suelo estructura que los estratos rocosos producen un efecto impresionante, y en consecuencia los suelos blandos necesitan ser cambiados debido al hecho de que pueden ser muy atesoradas de alguna manera para los desplazamientos a nivel de cimentación. Esta investigación sugiere que, para edificios con una gran variedad de pisos, los parámetros proporcionados por el tipo de suelo, el lugar de la asignación, tipo de base, entre otros, deben ser tomados en consideración, porque los edificios pueden estar expuestos a fuerzas sísmicas que los llevan al rango inelástico, lo que causa diversos rangos de deterioro.

Aguilar (2018), en su investigación tiene como objetivo determinar la importancia del análisis estructural de la interacción suelo-estructura como respuesta ante eventos sísmicos en edificaciones de concreto armado de altura variable. Utilizó una metodología numérica. Los resultados mostraron que Los periodos de vibración, los desplazamientos totales de techo y las derivas de piso aumentan al agregar más niveles y utilizar la interacción suelo-estructura en comparación con el análisis convencional. Por otro lado, los momentos de volteo y los cortantes basales se reducen al agregar más niveles y emplear la interacción suelo-estructura. En conclusión, existe una influencia significativa al considerar el análisis estructural de la interacción suelo-estructura en edificaciones de concreto armado de altura variable

### **1.5.2. A Nivel Nacional**

Villareal (2021), en su artículo de investigación “Interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones con muros de ductilidad limitada sobre plateas de cimentación”, Tuvo como objetivo considerar la interacción suelo platea superestructura con vistas a proporcionar mayores registros reales del comportamiento del suelo de inspiración con el edificio en ocasiones sísmicas, la metodología utilizada fue descriptiva. Tuvo como resultados que mediante la integración de la interacción suelo-estructura

dentro de los modelos dinámicos, el primer período de vibración se incrementará tanto como 24, 67% y los desplazamientos laterales máximos de entrepisos se incrementan en 35%, que cumplen con los requisitos mínimos (0.007) establecido dentro de la E.030 Diseño Sismorresistente. El aporte de esta investigación es asegurar el comportamiento de la construcción utilizando la interacción suelo-estructura para diseños con platea de cimentación en el diseño de viviendas con muros de ductilidad limitada.

Araca et al. (2020) en su Artículo de Investigación “Influencia de la interacción Suelo Estructura en el comportamiento de las viviendas aporricadas con zapatas aisladas en la ciudad de Juliaca”, Tuvo como objetivo resolver el impacto de la interacción suelo estructura en los puntos de observación. La metodología que utilizo fue cuantitativa. Tuvo como resultados que las fuerzas cortantes no son mayor que el 1% al incorporar la interacción suelo estructura en los modelos clásicos, esto quiere decir que las estructuras no modifican las resistencias iniciales de las viviendas lo cual para ello se dice que la estructura es bastante rígida, asimismo cumple con la exigencia del factor de seguridad mayor al 1.2, esto quiere decir que los edificios analizados toleran los sismos horizontales en las dos direcciones sin suceder volteo o torsión. Araca apporto que en una edificación con zapatas asiladas si se incorpora la interacción suelo -estructura, la fuerza cortante de los edificios desde cuatro niveles con planta cuadrada tienen mayor influencia que en los edificios desde tres niveles con planta rectangular ya que esto dependerá mucho del área de fundación de las estructuras.

Anyaipoma (2019), en su investigación tuvo como objetivo determinar si la interacción suelo-estructura influye de manera significativa en el análisis y diseño estructural de una edificación multifamiliar de concreto armado, aplicó el método científico, utilizando un enfoque de investigación aplicada y descriptivo explicativo. Tuvo como resultado que las derivas, bajo un análisis sísmico convencional, cumplen con lo establecido por el reglamento vigente. Sin embargo, al considerar la interacción suelo-estructura, se observó que el valor de la deriva en el primer piso es mayor a 0. 007. En conclusión, se estableció que, en todos los modelos de interacción, los desplazamientos, la cortante basal y los periodos fundamentales tienden a incrementarse.

Escobar (2019), en su investigación tuvo como objetivo analizar y diseñar una vivienda multifamiliar de 7 niveles, considerando una cimentación basada en un esquema idealizado de resortes, se utilizó una metodología descriptiva. Los resultados mostraron que los periodos de vibración aumentaron hasta un 27%, lo que resultó en mayores derivas. Esto a su vez redujo los esfuerzos internos y la cantidad de acero requerido en los elementos estructurales. En conclusión, el modelamiento de una vivienda multifamiliar utilizando la interacción suelo-estructura proporciona resultados más realistas, aunque las dimensiones de los elementos estructurales no cumplen con las normativas vigentes.

Choque & Villanueva (2019), en su investigación tuvo como objetivo analizar el comportamiento sísmico de una edificación de 5 niveles y un semisótano con sistema dual en un suelo blando. Se utilizó una metodología descriptiva y comparativa. Los resultados obtenidos mostraron que los periodos de vibración, los desplazamientos y las derivas aumentaron hasta en un 97%, mientras que las fuerzas internas disminuyeron. Esto tiene como consecuencia una reducción en los esfuerzos durante el diseño estructural. Concluyeron que la interacción suelo - estructura ayuda a disipar parte de la energía del suelo, lo que contribuye a la disminución de los esfuerzos en la edificación.

### **1.5.3. A nivel Regional**

Bustamante (2021), en su trabajo de investigación “Comparación de los métodos de cálculo de interacción suelo estructura con la NTP E-030 2018, al determinar la respuesta estructural de la torre II de la clínica Limatambo S A C Cajamarca”, Tuvo como objetivo analizar las fórmulas de cálculo de la interacción suelo-estructura para determinar cuál de ellas genera la principal respuesta estructural, La metodología que se utilizó fue descriptiva. Tuvo como resultados al incorporar la interacción suelo-estructura, una reducción de la carga axial en columnas del 44,19%, una disminución del cortante basal de hasta el 32,73%, un auge dentro del desplazamiento máximo de hasta el 31,07%, y un crecimiento del periodo para la primera forma de vibración del 35,21%. Además, las derivas se habían elevado a 0,0073, que según la norma E-030 tiene que ser menor que el valor máximo admisible de cero,007. Bustamante aportó que al relacionar los modelos de Interacción Suelo-Estructura con la Norma Técnica E-030 2018, el Modelo A-E Sargsian es el máximo manejable y el único que produce la mejor respuesta estructural consistente con el proceso experimental.

Tasilla (2018), en su investigación titulada “Efecto de la interacción suelo estructura en el comportamiento estructural, del sector E del hospital regional de Cajamarca teniendo en cuenta diferentes tipos de suelos”, Tuvo como objetivo realizar un modelado en el software ETABS para resolver los efectos de la interacción suelo-estructura dentro de los tipos exclusivos de suelos de acuerdo con la norma general E.030. La metodología que utilizo fue Hipotético Deductivo; Tuvo como resultados después de incluir la interacción suelo estructura las derivas máximas de entre pisos aumentaron en varias ocasiones: para el suelo de roca dura se expandió un 66,67% en X y un 80,00% en Y; para el suelo muy rígido aumentó 125,00% en X y un 88,24% en Y; para el suelo intermedio se extendió un 471,43% en X y un 395,00% en Y; y para el suelo blando se multiplicó un 1246,67% en X y un 1057,14% en Y. El aporte es que al integrar interacción suelo -estructura los efectos estructurales se reduce con los diferentes tipos de suelos (roca dura, suelo rígido, suelo intermedio), ya que en el primer piso aumentaron las derivas, demostrándolo así con los parámetros de sus resultados.

Estela (2019), en su investigación titulada: “Comparación de la respuesta estructural de una edificación regular con zapatas aisladas en la ciudad de Cajamarca, considerando y obviando los efectos de interacción sísmica suelo-estructura”, tuvo como objetivo comparar el análisis sísmico, con y sin interacción suelo estructura, de un edificio de seis plantas mediante la evaluación estática y dinámica de acuerdo con la E.030, para poder determinar la respuesta estructural. La metodología que utilizo fue descriptiva; tuvo como resultados que al considerar el efecto de la interacción suelo estructura, los desplazamientos aumentan en un 77,78%, las derivas aumentan en un 104,75%, los periodos de vibración aumentan en un 55,19% y la fuerza cortante de piso disminuye en un 4,61%, los aumentos se deben a que la estructura ya no está empotrada (modelo convencional), es decir, la flexibilidad de la base de cimentación influye inmediatamente en el comportamiento de la respuesta estructural. El aporte es que al analizar las estructuras considerando la interacción suelo estructura el modelo que más se aproxima a los límites admisibles de la E.030-2018, es el modelo dinámico de la Norma Rusa.

## **1.6. Bases teóricas**

### **1.6.1. Interacción Suelo-Estructura**

De acuerdo con Fernández y Avilés (2008), la interacción suelo-estructura puede ser muy valiosa en la conducción de edificaciones ordinarias y de gran altura, por lo que debe ser evaluada de manera absoluta y profunda al considerar que podría generar modificaciones en los desplazamientos, infligiendo variaciones en las solicitaciones y variaciones dentro de los desplazamientos que pueden ocasionar que un proyecto ahora no se realice; Es indispensable lograr que el suelo de cimentación interactúe mutuamente con la estructura debido a que esto nos permite tener efectos más reales del comportamiento de esta ante un evento sísmico, así mismo mediante un estudio de mecánica de suelos lograremos parámetros donde las consecuencias de la interacción pueden ser favorables o desfavorables; donde esto será útil para sistemas con una duración mayor a la dominante y perjudicial en cualquier otro caso.

Por otra parte, Aviles et ál. (2004), definen la interacción suelo estructura como: un conjunto de consecuencias producidas sobre la estructura y el suelo como resultado de la deformabilidad del suelo bajo excitación sísmica, es decir, como resultado de la flexibilidad de la cimentación, para lo cual es vital llevar a cabo una evaluación considerando el tipo de suelo, tipo de cimentación, diseño geométrico y sistema estructural.

De acuerdo con Marin (2019), para comprender y obtener mejores y más precisos resultados de la interacción entre la estructura y el suelo, es esencial aplicar un programa informático capaz de llevar a cabo este tipo de evaluación; además, para ampliar un análisis impresionante, es vital esbozar la ecuación constitutiva que intenta representar las condiciones reales del terreno investigado. También hay que tener en cuenta el efecto de la rigidez del suelo.

#### **1.6.1.1. Conceptualización de la interacción suelo estructura**

La masa de suelo, tiene tendencia a deformarse en uno o numerosos de sus estratos, al percibir cargas o esfuerzos que pueden ser emitidos por la cimentación, de acuerdo a sus propiedades y a la comprensión del mismo, que pueden cambiar con el transcurso del tiempo o con algunos elementos que incluyen: la variante de la extensión de los vacíos como resultado de la consolidación del suelo, desplazamiento y reducción

de la distancia relativa entre los escombros y adquiriendo de manera al lado de los otros estratos, una concordancia en la superficie de contacto entre la inspiración y la masa de suelo (Marin, 2019).

Desde el punto de vista de Deméneghi y Sanginés (2001), la interacción suelo estructura analiza las deformaciones del terreno de cimentación cuando son afectadas por la presencia y rigidez de la propia estructura, el cambio o daño en la estructura se puede dar en condiciones estáticas, lo cual es tratado por la interacción estática suelo-estructura, o puede ser en condiciones dinámicas, lo cual cae en el campo de la interacción dinámica suelo estructura.

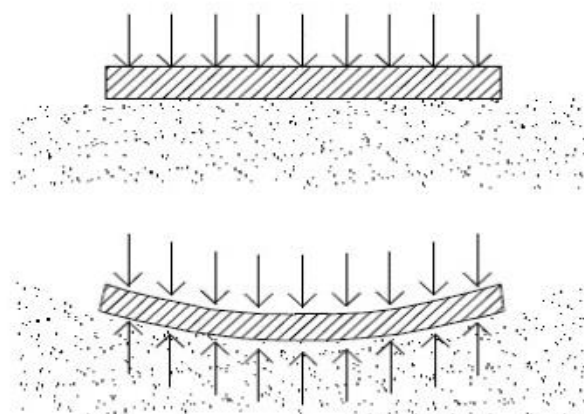
### **1.6.1.2. Rigidez relativa suelo-estructura (esfuerzos sobre los elementos de cimentación)**

Según Pérez (2012), la interacción genera una compleja molestia a la transferencia de cargas de la superestructura a la masa de suelo entre los tres elementos involucrados: estructura, base y masa de suelo, los elementos primarios a considerar en dicha interacción pueden ser el tipo y características de la masa de suelo, la forma y dimensiones de la cimentación y la rigidez relativa suelo-estructura y suelo-cimentación.

Para aclarar esta investigación de interacción, se hizo referencia a lo planteado por Pérez (2012), donde en la Figura uno se muestra el caso menos complejo de una base.

#### ***Figura 1***

##### *Distribución de Presiones en Cimentaciones Flexibles*



Fuente: Pérez (2012).

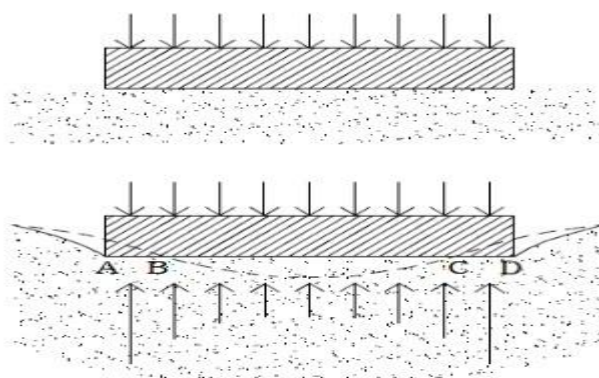


infinitamente flexionable, apoyada sin retardo sobre el suelo de un terreno horizontal, es decir, mientras se ejerce una presión uniforme, el suelo y el cimiento generan un asentamiento debido a la flexibilidad de la cimentación, el cimiento no será capaz de soportar momentos flectores y, por lo tanto, la distribución de presiones con la que reaccionará el suelo podrá ser igual a la distribución uniforme de presiones colocadas sobre dicha cimentación.

Si la subestructura es infinitamente inflexible (figura 2), el asentamiento del cimiento podría ser uniforme. Además, bajo los extremos de la cimentación (zonas AB y CD), el asentamiento será mayor que el de la cimentación flexible; al mismo tiempo que dentro del centro (región BC), el asentamiento puede disminuir. Por lo tanto, obtenemos como reacción una distribución no uniforme de las presiones, caracterizada por valores máximos en los extremos y un valor mínimo en el centro.

**Figura 1**

*Distribución de Presiones en Cimentaciones Rígidas*



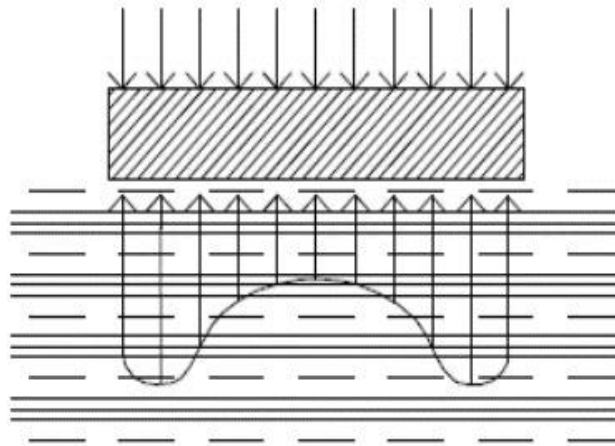
Fuente: Pérez (2012).

Si el suelo se analiza como elástico y de resistencia indefinida, la presión bajo los bordes A y D de Cimentación rígida sería infinita, dado que la resistencia del suelo es limitada, las presiones pueden aumentar y obtener un valor finito. En el caso de las arcillas (Figura 3), la distribución de presiones será en standard muy similar a la teórica del ejemplo anterior; por otra parte, la Resistencia limitada del suelo genera en los extremos unas zonas de plastificación que disminuyen las presiones de borde y las redistribuyen hacia el centro de la cimentación. Por último, en el caso de las arenas, no se genera el desarrollo de altas presiones ya que la falta de confinamiento en el borde de la

Cimentación se supone en la superficie; por lo tanto, la distribución adoptará generalmente la Forma parabólica que se muestra en la Figura 4.

**Figura 2**

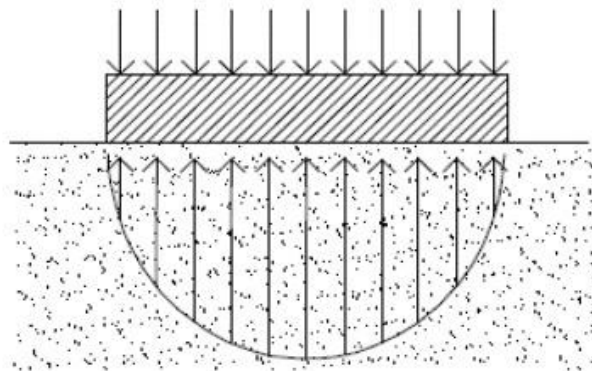
*Distribución de Presiones en Cimentaciones Rígidas Sobre Arcillas*



Fuente: Pérez (2012).

**Figura 3**

*Distribución de Presiones en Cimentaciones Rígidas Sobre Arenas*



Fuente: Pérez (2012).

En conclusión, se puede observar que los diagramas de asentamiento y reacción del suelo tienen que tener en cuenta el tipo de suelo y la rigidez de la estructura de la cimentación; tener en cuenta que una base real puede estar entre los 2 casos de los extremos indicados, en tendencia su rigidez no es continuamente o infinita.

## II. MATERIAL Y METODOS

### 2.1. Objeto de estudio

Es la edificación de 6 niveles (Tienda Husqvarna) en la intersección de la avenida Pakamuros N°600 con la calle el Bosque, que comprende un área total de  $190.29m^2$ .

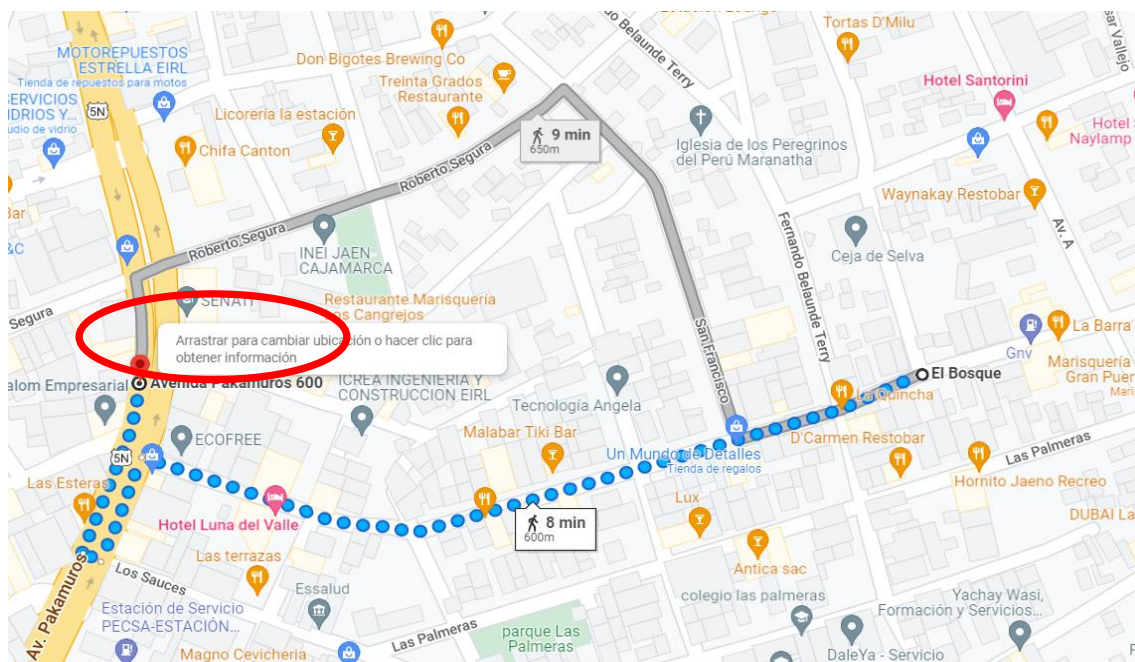
### 2.2. Ubicación del área de estudio

País : Perú  
 Departamento : Cajamarca  
 Provincia : Jaén  
 Distrito : Jaén.

El lugar donde se realizó la investigación es en una edificación de 6 niveles, en la ciudad de Jaén, Departamento de Cajamarca, ubicado en la intersección de la avenida Pakamuros N°600 con la calle el Bosque, con una altitud de 745 m s. n. m. y coordenadas Latitud Sur:  $5^{\circ} 42' 47.2'' S$  (-5.71310309000) y Longitud Oeste:  $78^{\circ} 48' 31.2'' W$  (-78.80866557000).

### Figura 4

*Mapa de la ubicación referencial de la edificación de 6 niveles, ciudad de Jaén.*



Fuente: Google maps

## **2.3. Materiales**

### **2.3.1. Población**

La población considerada está constituida por las edificaciones de 6 niveles de la habilitación Urbana San Juan, de la ciudad de Jaén, región Cajamarca; que comprende  $38,853.51m^2$  ubicado en la intersección de la avenida Pakamuros N°600 con la calle el Bosque, con una altitud de 745 m s. n. m. y coordenadas Latitud Sur :  $5^{\circ} 42' 47.2''$  S (-5.71310309000) y Longitud Oeste :  $78^{\circ} 48' 31.2''$  W (-78.80866557000).

### **2.3.2. Muestra**

No hay una cantidad precisa que la muestra debe tener, pero es crucial saber cómo definirla adecuadamente en función de los objetivos de la investigación y la situación problemática que se presenta (Hernández & Mendoza, 2018).

En la ciudad de Jaén se ha observado que la gran mayoría de edificaciones tienen un promedio de 6 niveles, donde no se toma en cuenta un diseño estructural sismorresistente y no evalúan la interacción suelo estructura, por eso se buscó una edificación que cuente con las características necesarias para poder realizar nuestra investigación, lo cual elegimos la edificación “Tienda Husqvarna” de 6 niveles en la intersección de la avenida Pakamuros N°600 con la calle el Bosque, que comprende un área total de  $:190.29m^2$ . Elegimos esta edificación, debido a que se trata de un edificio alto, que tiende a sufrir grandes deformaciones cuando se le aplica una carga sísmica, lo que lo convierte en una edificación crítica en la que es esencial evaluar su respuesta estructural.

### **2.3.3. Muestreo**

Muestreo no probabilístico: se utiliza cuando se desea elegir a una población teniendo en cuenta sus características en común o por un juicio tendencioso por parte del investigador. En este caso no se utiliza algún método de muestreo estadístico, y no todos los miembros de la población tiene la misma oportunidad de ser seleccionados (Hernández & Mendoza, 2018). Por ende, en esta investigación se usó un muestreo no probabilístico, por conveniencia, debido a las características actuales que presenta la estructura de la edificación.

## 2.4. Variables de Estudio

### 2.4.1. Variable Dependiente

- ❖ Respuesta estructural de la edificación

### 2.4.2. Variable Independiente

- ❖ Estructura existente

## 2.5. Operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Operacionalización de Variables*

Variable		Dimensiones	Indicadores	Unidad	Técnicas de recolección de datos	Instrumentos de recolección de datos	
Tipo	Descripción						
<b>Independiente</b>	Estructura Existente	Cimentación	Zapatas	m <sup>2</sup>	Investigación y Observación	Planos	
<b>Dependiente</b>	Respuesta Estructural	- Análisis estático	- Cortante estático	Tonf	Investigación y Observación	Método de Winkler	
		- Análisis Dinámico	- Cortante Dinámica	Tonf			
		Interacción Suelo Estructura	- Periodos	- Derivas			S
			- Presiones	- Esfuerzos			mm
			- Asentamiento				Tnf/cm <sup>2</sup> Tnf/cm <sup>2</sup> mm

Fuente: Elaboración Propia

## **2.6. Métodos, técnicas, procedimientos e instrumentos de recolección de datos.**

### **2.6.1. metodología de investigación**

#### **a. Método de investigación**

Método descriptivo: los estudios tienen como objetivo principal identificar las características, rasgos, perfil de grupos, comunidades, objeto o fenómeno, Se recolectan datos de la variable de estudio y se miden (Hernández & Mendoza, 2018). Por ende, la investigación es descriptiva ya que se describe y fundamentar sistemáticamente lo que existe con respecto a las variaciones de cortante, derivas de entrepiso, periodo fundamental, presiones, esfuerzos y asentamiento.

#### **b. Tipo de investigación**

De acuerdo al fin que persigue sería: básica, porque no resuelve ningún problema inmediato, si no que sirve de base teórica para otro tipo de investigación (Arias, 2021). Por ende, este estudio es básico porque busca analizar los efectos de la interacción estática suelo- estructura en una edificación de 6 niveles, en la ciudad de Jaén.

### **2.6.2. Técnicas de recolección de datos**

#### **❖ La investigación:**

Se utilizará la técnica de la investigación ya que nuestro estudio consiste en buscar datos verdaderos de referencias como: libros, tesis, revistas científicas y normas técnicas, con el fin de realizar correctamente el proyecto de investigación actual, además esto nos permitirá seleccionar, organizar y relacionar los datos y de esta manera proponer alternativas de solución de acuerdo a la respuesta estructural que genera los efectos de interacción suelo estructura de la edificación de 6 niveles de la ciudad de Jaén.

### **2.6.3. Instrumento de recolección de datos**

Los instrumentos para recoger y almacenar la información son los siguientes:

- ❖ Software de análisis y diseño estructural ETABS
- ❖ Planos
- ❖ Norma Técnica Peruana E-030 (Se utilizará para los parámetros del tipo de suelo)
- ❖ Norma Técnica Peruana E-050 (Se utilizará para el análisis de la edificación)
- ❖ Norma Técnica peruana E-020 (Se utilizará para verificar las cargas de la estructura).

## 2.7. Área de investigación

Ciudades y Comunidades Sostenibles

## 2.8. Análisis de datos

Para esta investigación será necesario procesar los datos y cálculos con los softwares que ayudarán a analizar y a procesar la estructura, así como facilitarán la obtención de las respuestas estructurales de nuestro proyecto bajo las condiciones de investigación. A continuación, se tendrá una lista de análisis:

- ❖ Modelar la estructura de la edificación con el software ETABS, donde los datos procesados serán analizados de acuerdo a la norma E.030 del RNE para el caso de distorsiones de entrepiso, cortante estática y dinámica y el sistema estructural.
- ❖ Evaluar la relación de cortantes estática y dinámica y el sistema estructural, considerando un suelo intermedio para evaluar la interacción suelo estructura.
- ❖ Evaluar la variación del asentamiento y las presiones de la estructura que genera el efecto de interacción suelo estructura, aplicando el modelo de Winkler.
- ❖ Procesamiento de los datos, obtención de resultados, análisis e interpretación y documentación de la investigación.
- ❖ Preparación de exposición del proceso de investigación, del análisis y las interpretaciones para la presentación de nuestro proyecto final de investigación mediante el software Power Point.

## 2.9. Procedimiento Metodológico

Hemos ejecutado el modelamiento completo de la estructura en ETABS V.20.3.0, para luego analizar y evaluar según la norma nacional, la relación de cortantes estática y dinámica, corroborar el sistema estructural, y otros parámetros sismorresistentes, de la edificación de 6 niveles, luego considerando un suelo intermedio se modela la cimentación dentro del mismo programa, para evaluar la interacción suelo estructura, y analizar la variación del asentamiento, esfuerzos y las presiones de la estructura sobre el terreno generadas por efecto interacción suelo-estructura estático, aplicando el modelo de Winkler.

### a) Recolectamos las Características de los Materiales y datos según Planos

El sistema estructural es DUAL, conformado por pórticos y muros estructurales de concreto armado (Placas). Para el modelamiento se han considerado lo siguiente:

#### Concreto:

Resistencia a la compresión :  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  Columnas y Placas

Peso por unidad de volumen :  $\gamma = 2400 \text{ kg/cm}^3$

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

Módulo de poisson :  $\mu = 0.20$

#### Acero de refuerzo:

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

Módulo de elasticidad :  $E_s = 2\,000\,000 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de poisson :  $\mu = 0.30$

#### b) Procesamos:

Los parámetros de sitio, y cálculos obtenidos según Norma E-030, lo cual ayudaran a analizar y a procesar la estructura.



**Tabla 2***Parámetros de Sitio, Expediente Técnico*

<b>Factor de Zona</b>	Proyecto Ubicado en Jaén	Zona 2	$Z = 0.25$
	Edificación Común:		
<b>Factor de Uso</b>	Viviendas y Comercio	Tipo C	$U = 1.0$
			$S = 1.20$
<b>Factor de Amplificación del Suelo</b>	Suelo Intermedio	Tipo S <sub>2</sub>	$T_P = 0.6$ $T_L = 2.0$
	Dirección X (Regular)	Dual	$R_x = 7.00$
<b>Coefficiente Básico de Reducción</b>	Dirección Y (Regular)	Dual	$R_y = 7.00$
<b>Regularidad Estructural en Altura</b>	No existe Irregularidades	I <sub>a</sub>	$I_a = 1$
<b>Regularidad Estructural en Planta</b>	No existe Irregularidades	I <sub>p</sub>	$I_p = 1$
<b>Coefficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas</b>	Sistema Dual $R = R_0 * I_p * I_a$	R	$R = 7$
	Está en función del periodo fundamental de la edificación.	C	$C = 2.5(T_p/T)$
	$T_p < T < T_L$		

Fuente: Elaboración propia

**c) Proceso total de Modelamiento de la Estructura en ETABS V20.3.0**

El análisis de edificaciones depende mucho de sus materiales, así como de las características que podemos asignar al modelo estructural, el programa ETABS nos permite trabajar con diferentes materiales, secciones y características que podemos asignar a nuestro modelo, pudiendo modificar y personalizar todos los detalles sobre las

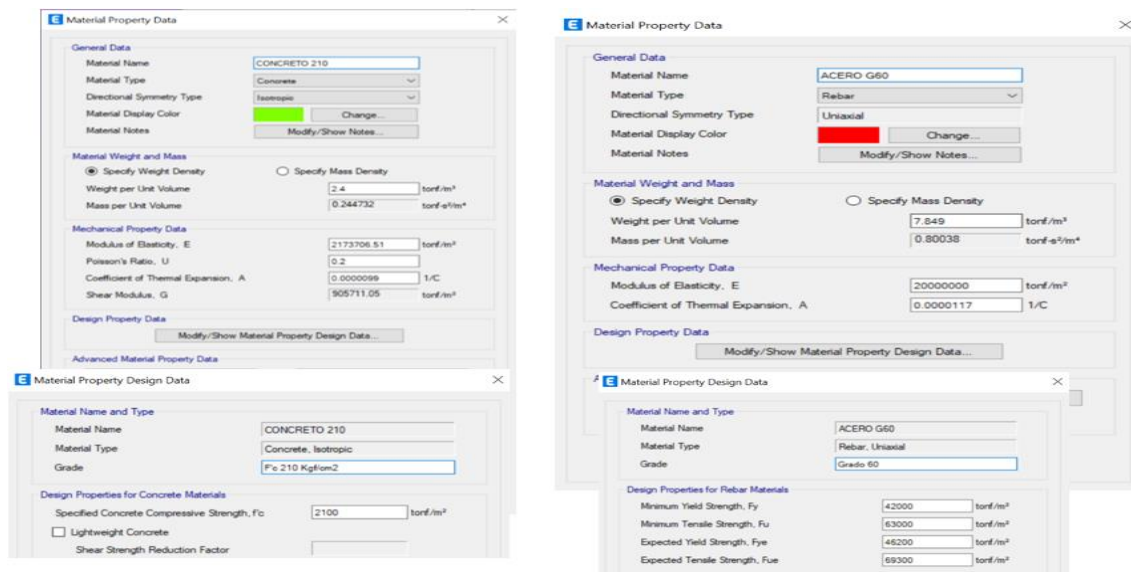
características de materiales, secciones, funciones y otros. Pero sobre todo permitidos por nuestra normatividad nacional de edificaciones (E.020, E.030, E.050, E.060).

## Creación del Modelo Nuevo

### Definición de las Propiedades del Material

**Figura 5**

*Definición de materiales para concreto armado 210 kg/cm<sup>2</sup>.*



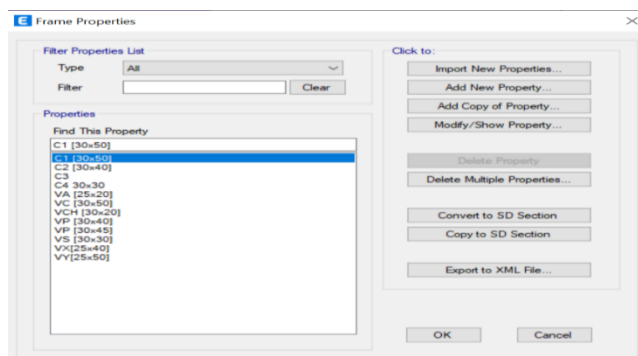
Luego de haber definido los materiales se procederá con la inserción de las secciones de columnas y vigas.

### Definición de Secciones Frame (Columnas y Vigas)

#### Elementos Frame (Columnas)

**Figura 6**

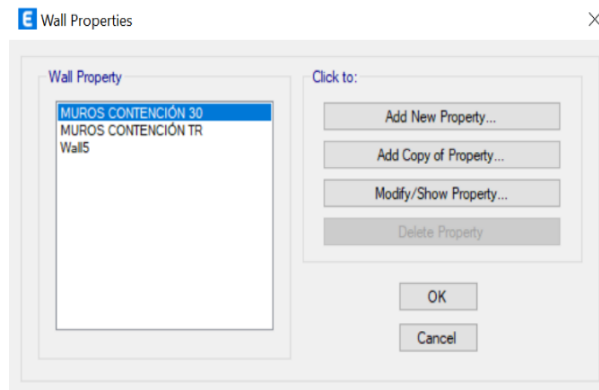
*Cuadro general de columnas y vigas*



## Definición de elementos Wall (muros)

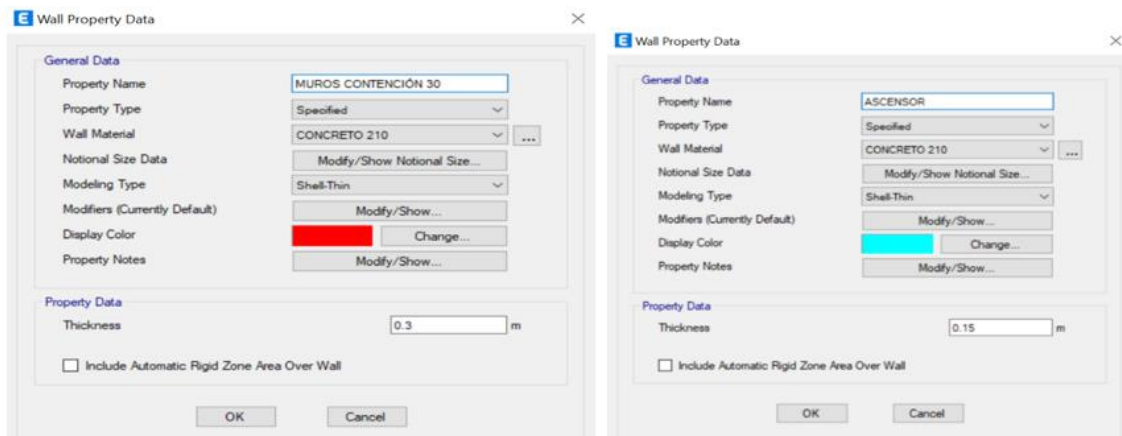
**Figura 7**

Cuadro general de muro



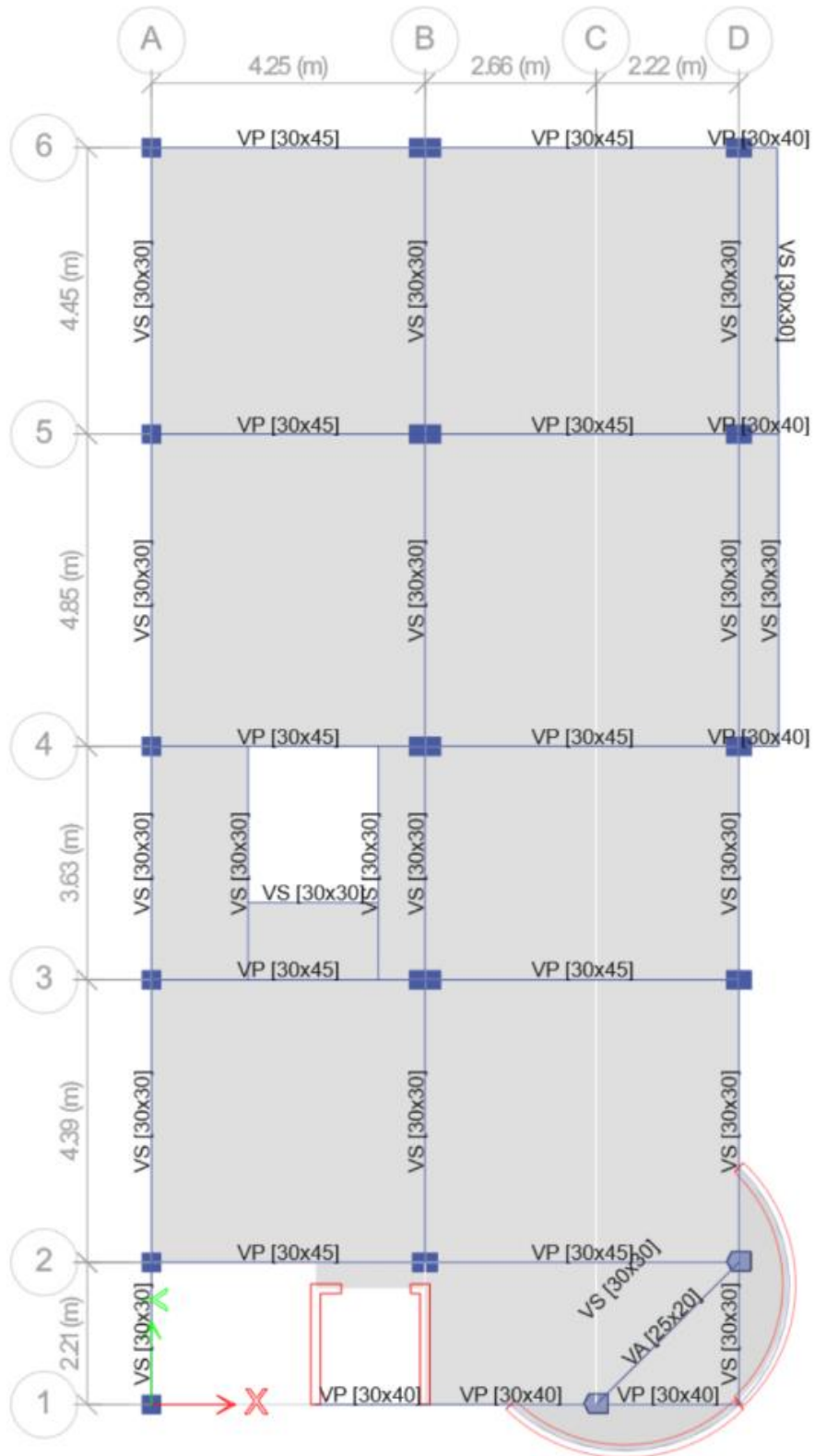
**Figura 8**

Muro de contención de 30 cm



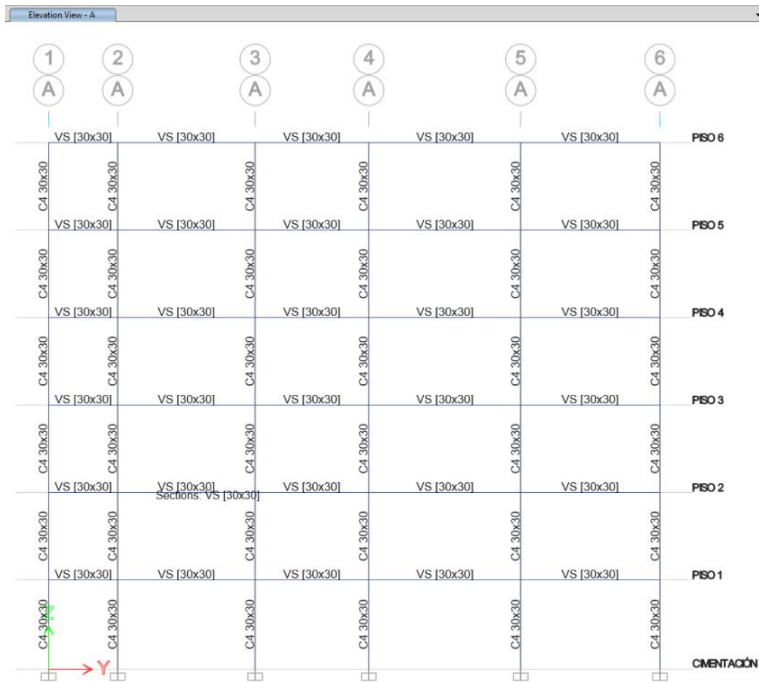
**Figura 9**

*Vista en planta del 6to piso*



**Figura 11**

*Elevación vista en A*



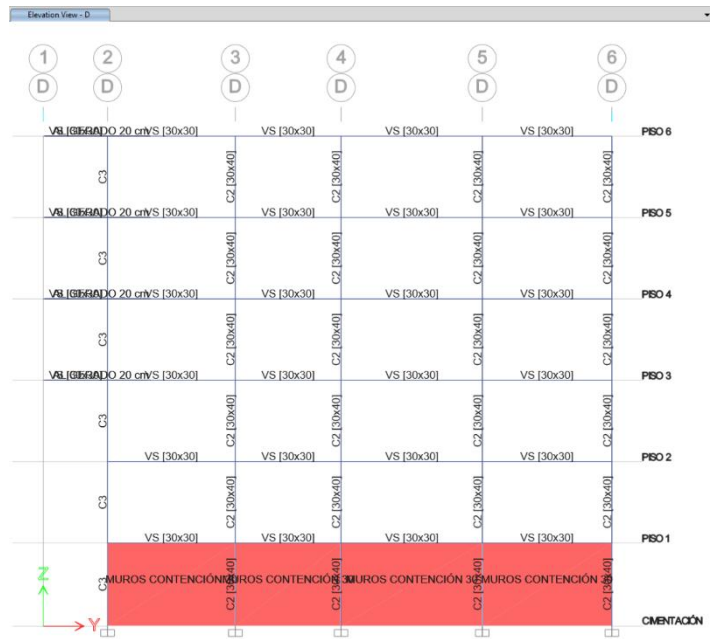
**Figura 12**

*Elevación vista en B*



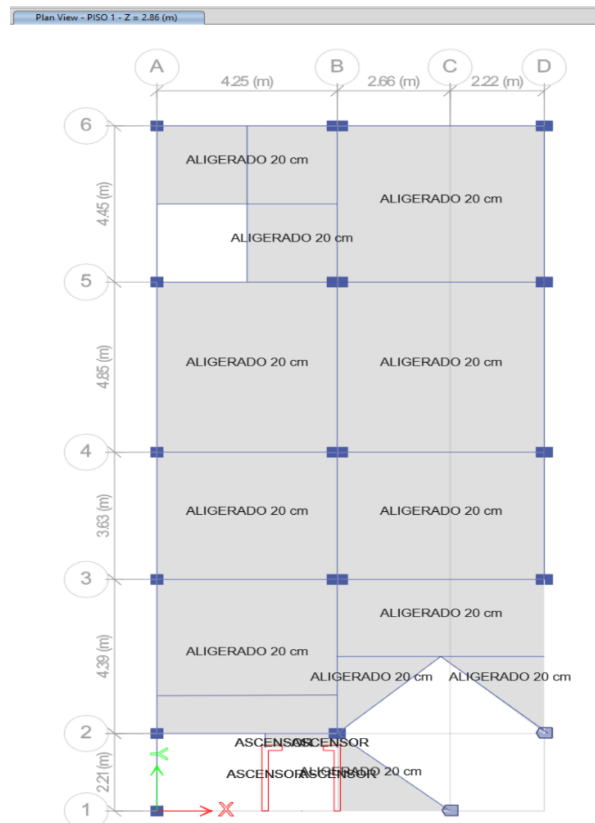
**Figura 13**

*Elevación vista en D*



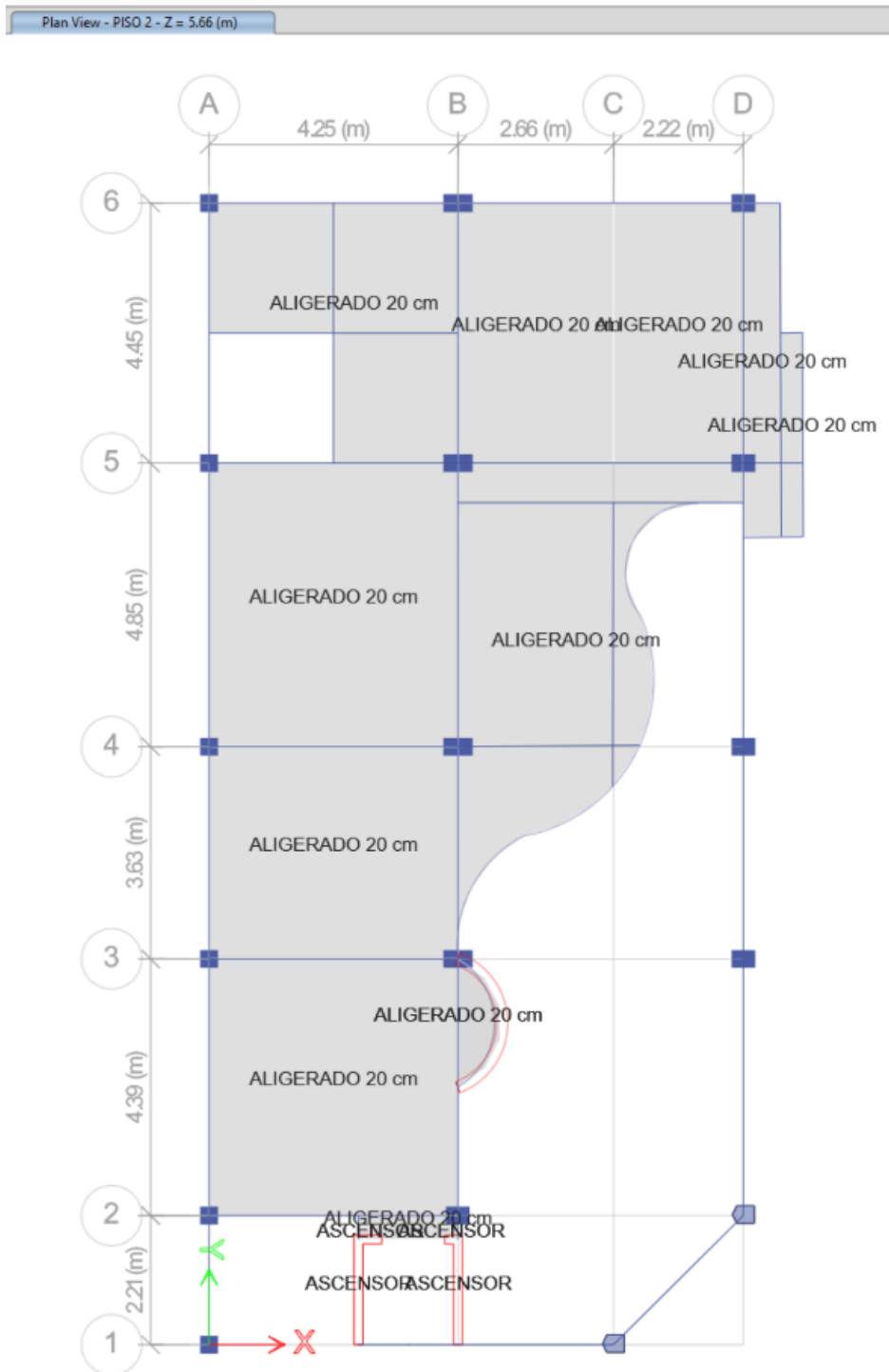
**Figura 14**

*Vista en planta del aligerado del piso 1*



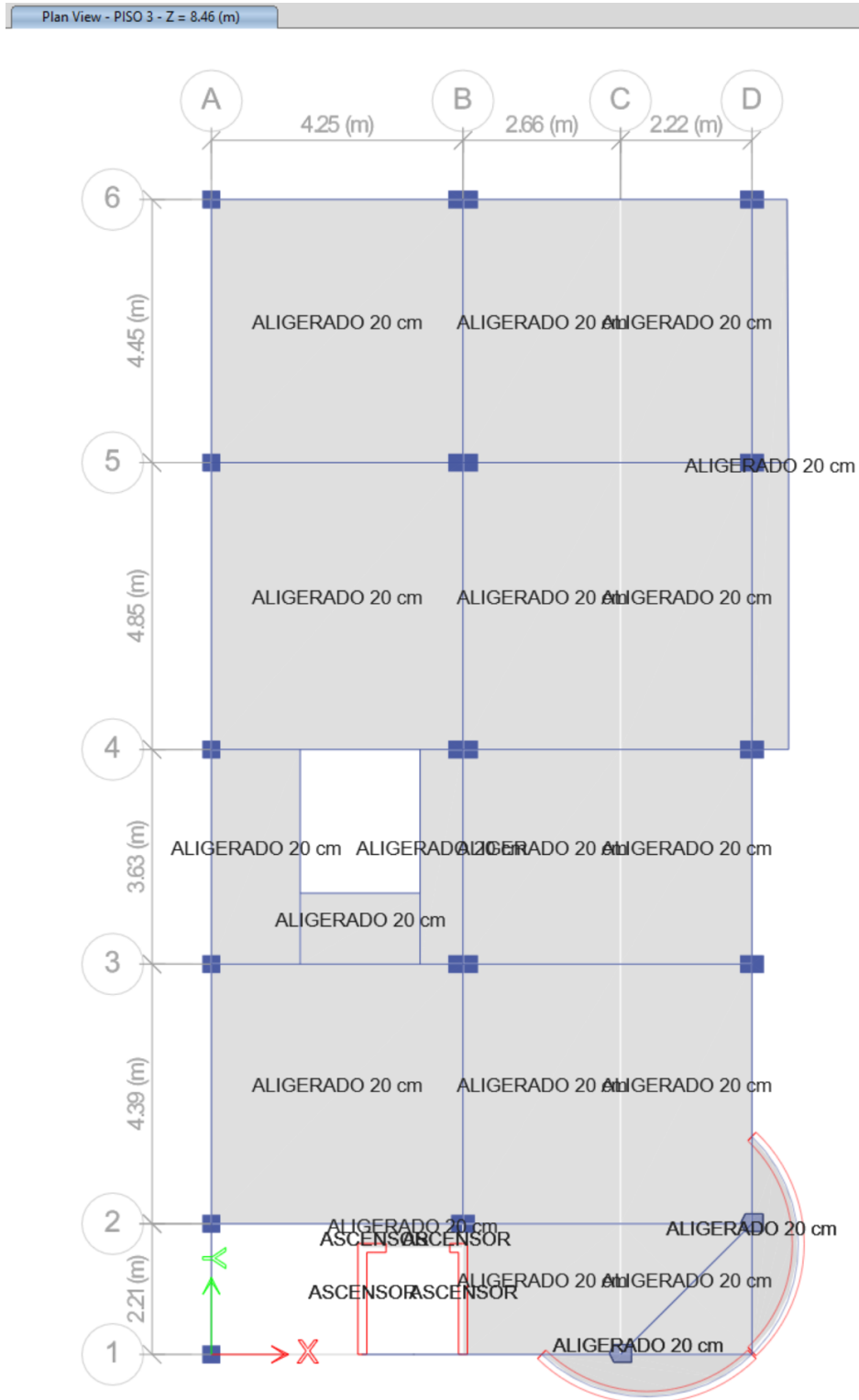
**Figura 15**

*Vista en planta del aligerado del piso 2*



**Figura 16**

*Vista en Planta del Aligerado del Piso 3 (Piso 4, 5 y 6 Tiene el Mismo Diseño)*

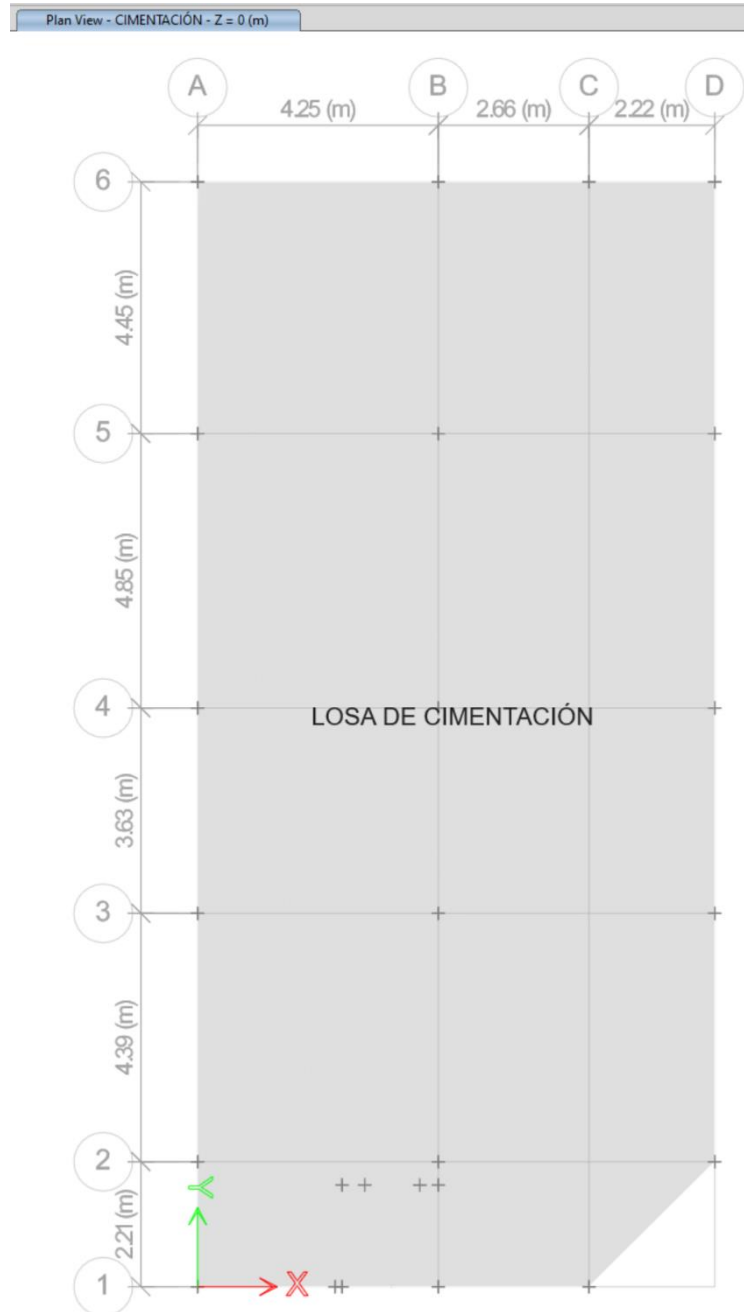




Realizamos la creación de la platea de cimentación (ver figura 35) y asignamos el coeficiente de balasto (Ver figura 36).

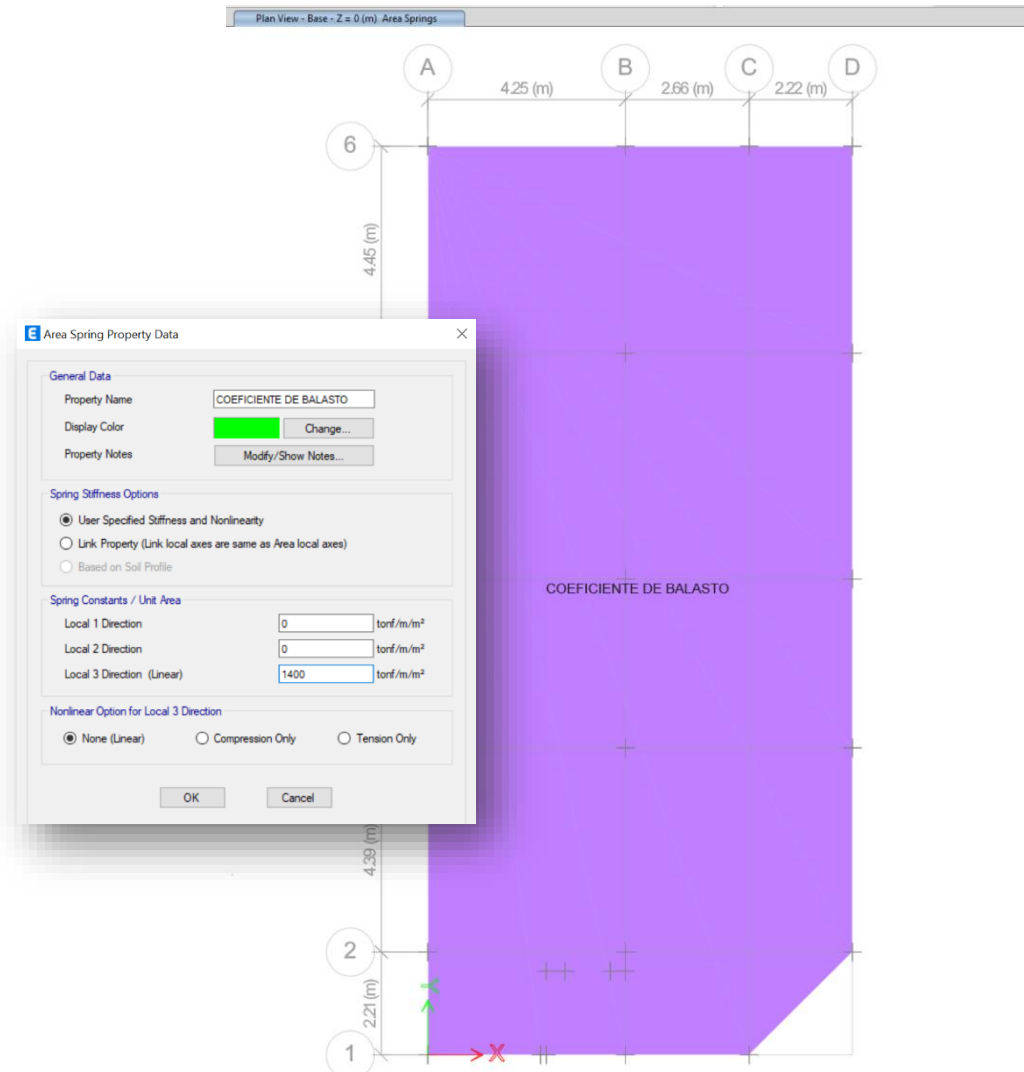
### Figura 17

#### Platea de cimentación



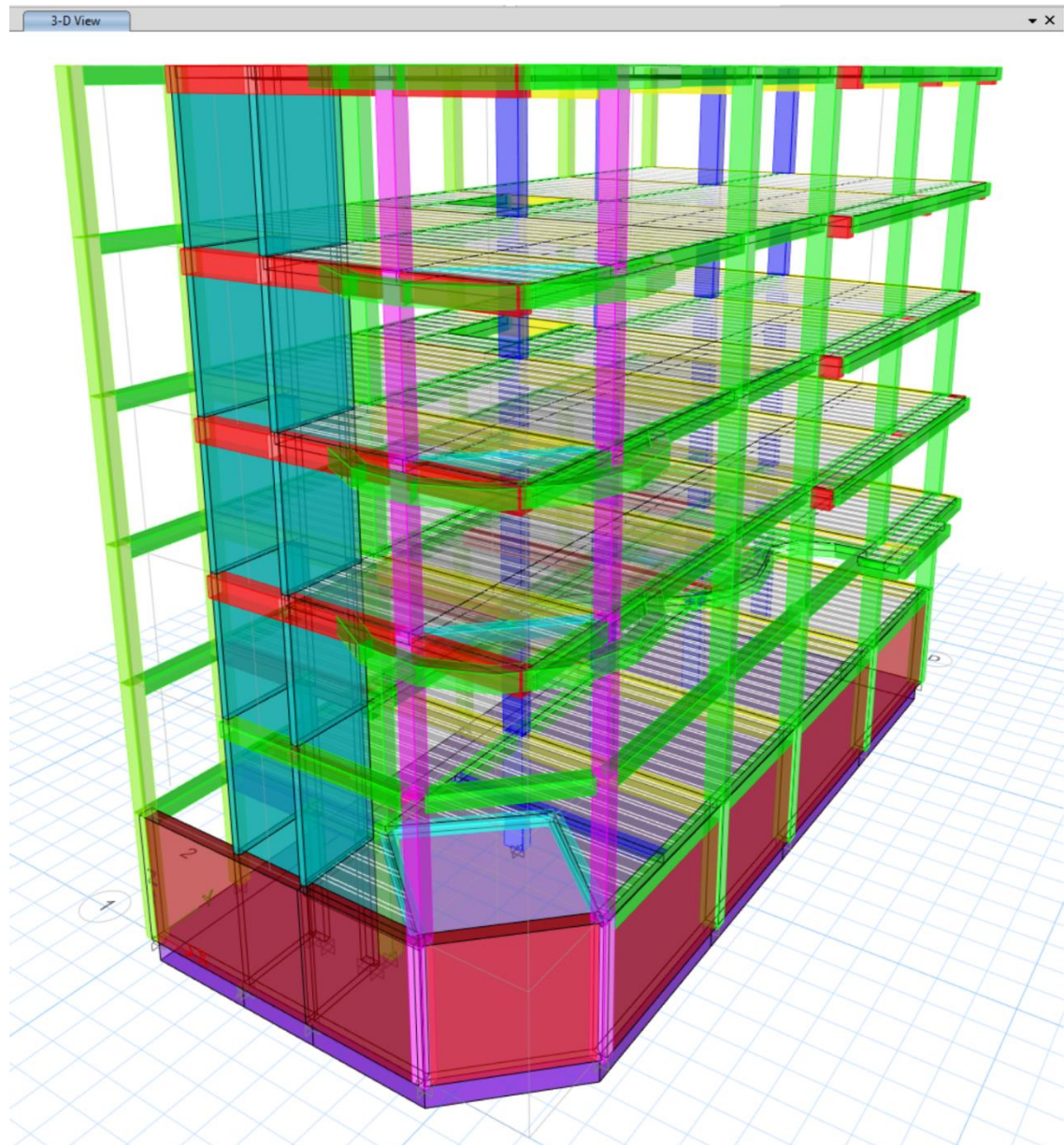
**Figura 18**

*Agregamos el coeficiente de balasto a la losa de cimentación*



**Figura 19**

*Vista en 3D isométrico, cada elemento estructural con un color*



**Asignamos las Cargas,** Luego de haber asignado los elementos estructurales se procede a asignar las cargas sobre las losas aligeradas de la siguiente manera.

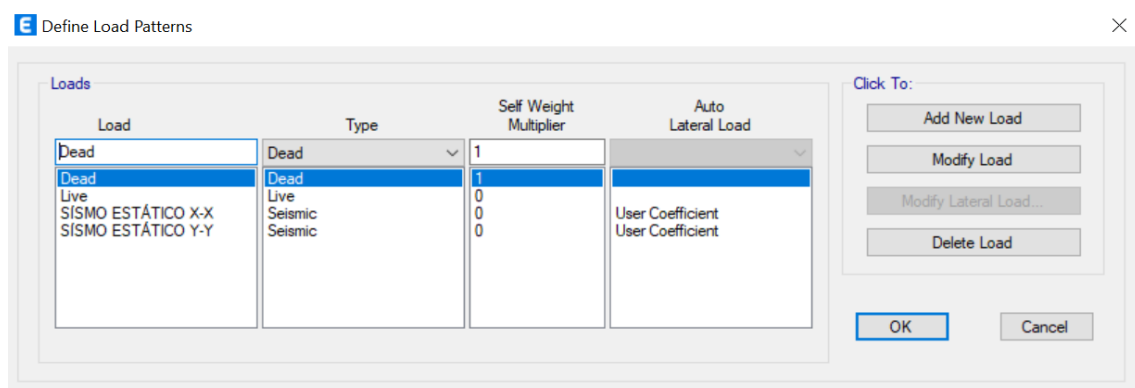
### Carga Muerta en Losas

<b>LOSA ALIGERADA</b>	Lo calcula el programa, pero sin los ladrillos.
PESO DEL LADRILLO	0.08 Tonf/m <sup>2</sup>
TABIQUERÍA FIJA	0.15 Tonf/m <sup>2</sup>
ACABADOS (CIELO RASO)	0.1 Tonf/m <sup>2</sup>
ACABADOS (PÍSO)	0.1 Tonf/m <sup>2</sup>
<b>TOTAL, CM =</b>	<b>0.43 Tonf/m<sup>2</sup></b>

Los patrones de carga definen las cargas del análisis estático, las cuales definimos usando el coeficiente basal para el sismo estático.

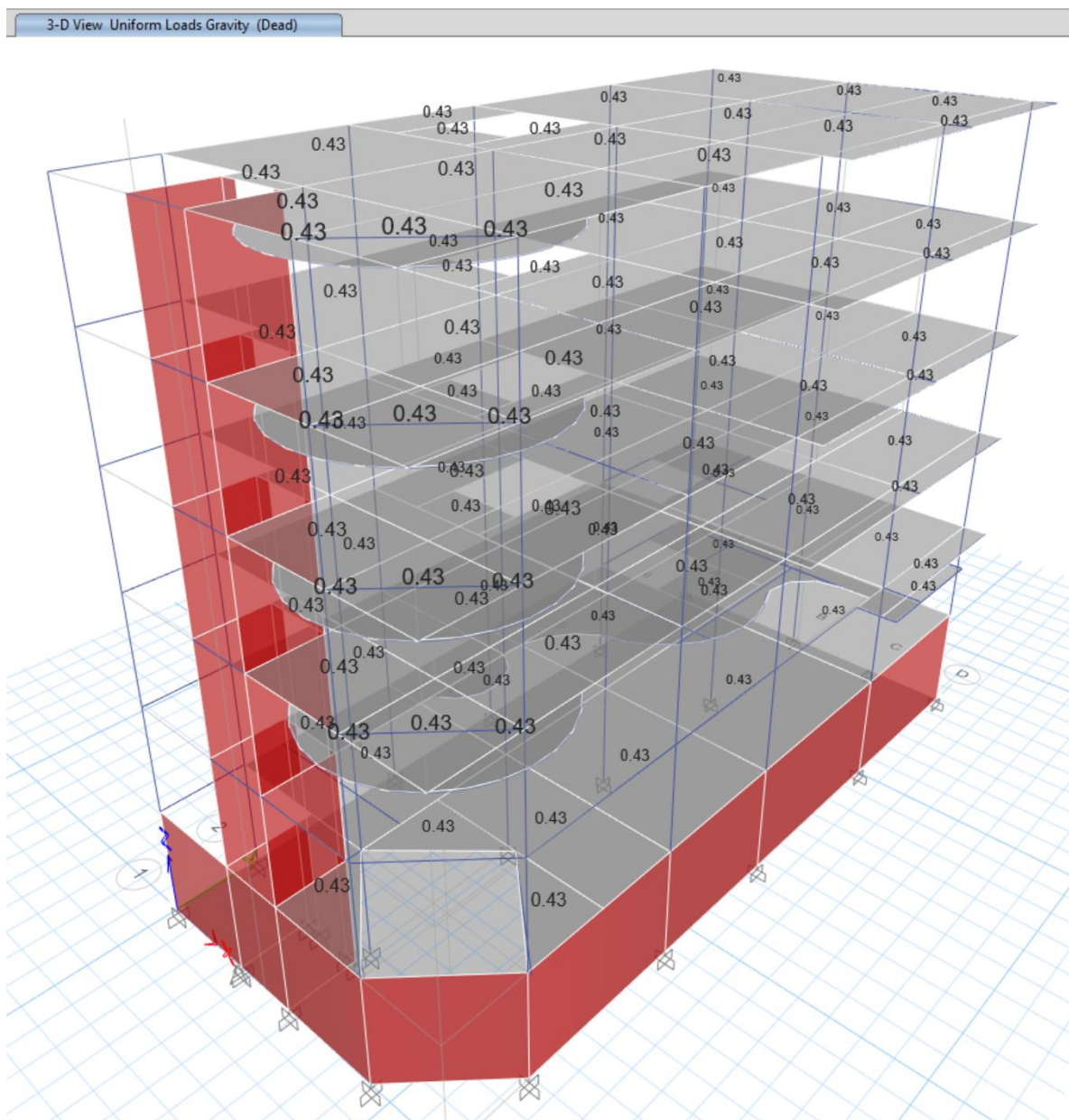
### Figura 20

*Asignación de Cargas (carga viva y carga muerta) y Cargas Sísmicas Estáticas*



**Figura 21**

*Vista del edificio, con las cargas muertas asignadas en todas las losas aligeradas*



**Carga Viva en Comercio y almacén (del primer al tercer nivel)**

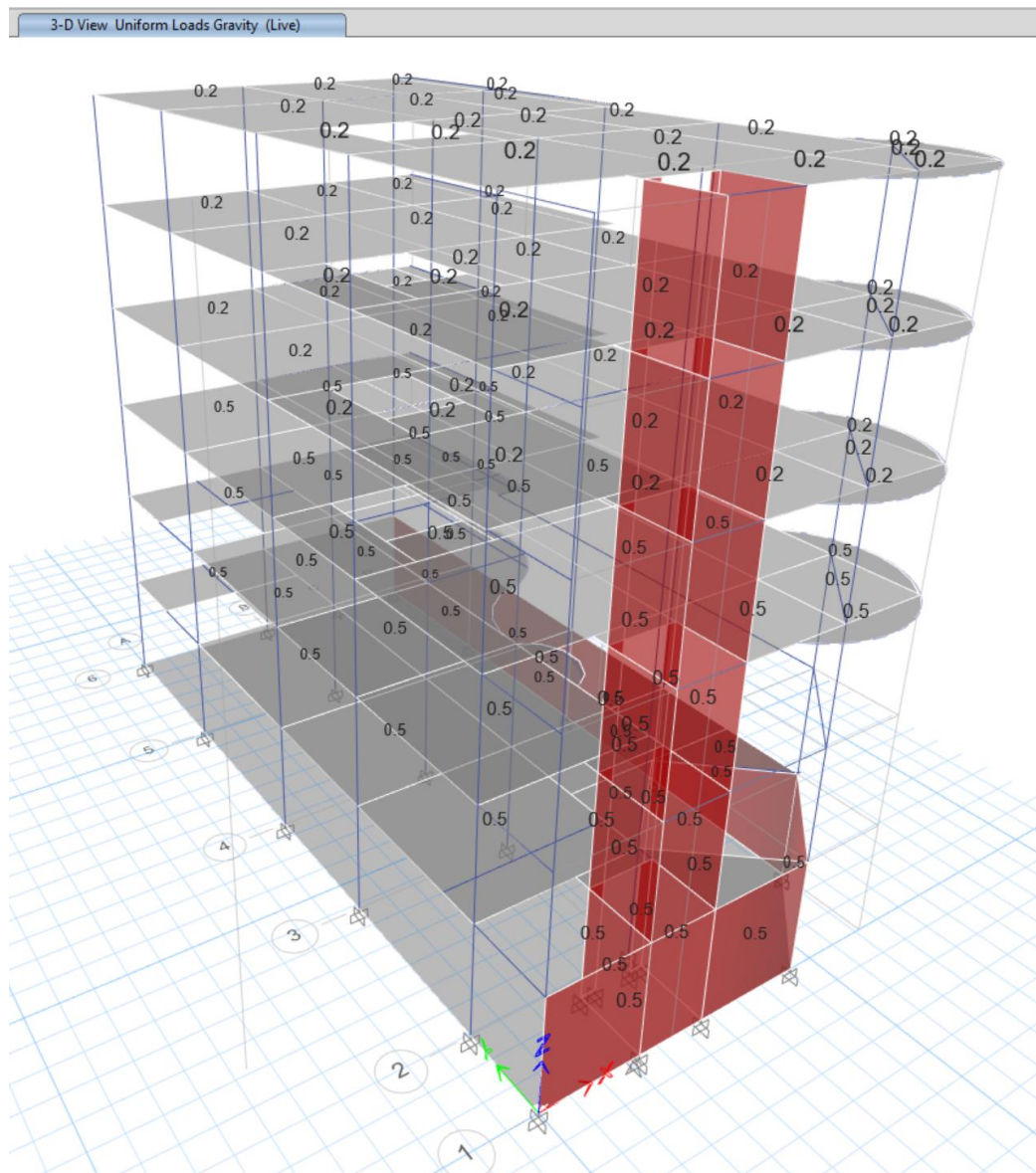
Sobre carga :  $500 \text{ kg/m}^2$

**Carga Viva en Vivienda (del cuarto al sexto nivel)**

Sobre carga :  $200 \text{ kg/m}^2$

**Figura 22**

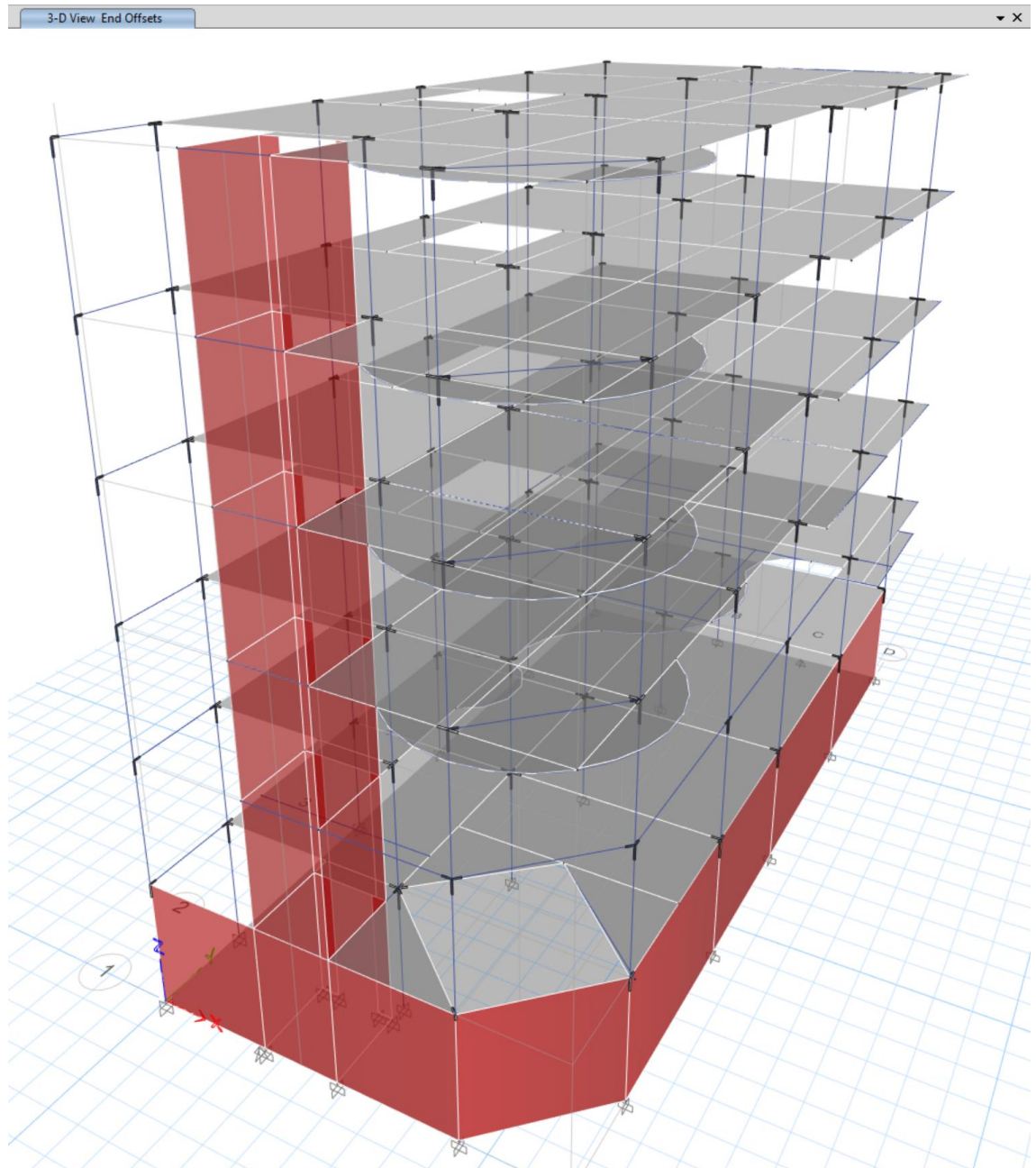
*Asignación de las cargas vivas  $S/C= 500 \text{ Kg/m}^2$  para piso 1, 2 y 3, y para el piso 4, 5 y 6.  $S/C= 200 \text{ Kg/m}^2$ . (de acuerdo a su uso).*



**Definimos y Asignamos los Brazos Rígidos**, asignamos brazo rígido a las vigas y columnas de todos los niveles. En el caso de las vigas, el propósito es hacer que las deformaciones comiencen desde las caras interiores de las columnas y dentro del caso de las columnas, la intención es llevarlas a deformarse desde el contacto con la zapata.

### Figura 23

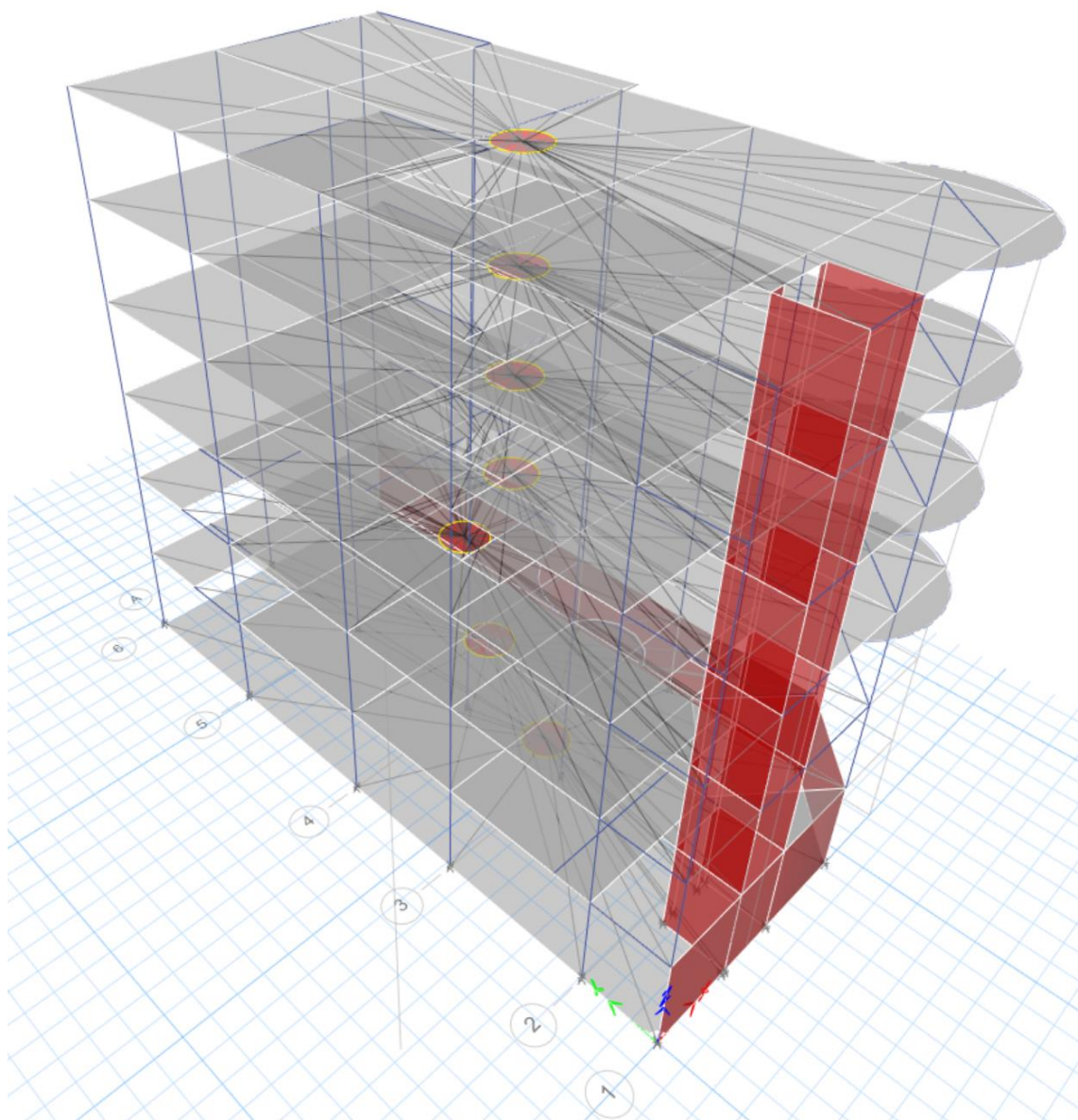
*Vista de la asignación de brazos rígidos.*



**Definimos y Asignamos los Diafragmas Rígidos**, lo que pretendemos es que la maquina reconozca a la losa de entrepiso como infinitamente rígida, de forma que pueda transmitir eficazmente las cargas horizontales a los elementos encargados de resistirlos, y al mismo tiempo asegurarse de que dichos elementos no tengan deformaciones variables. Por esta razón, se definen los diafragmas rígidos de cada entrepiso, como se observa en la figura 24.

**Figura 24**

*Asignación de los diafragmas rígidos*





## Análisis Sismorresistente del Edificio, NTE E.030-2018

### Análisis Estático utilizando el programa Etabs V.20.03

Para definir cargas estáticas que corresponden al análisis de la acción del sismo sobre estructura, aplicaremos un patrón de carga para cada dirección. Sismo estático en x-x y sismo estático en y-y (Ver figura 46 y 47).

#### a. Fuerza Cortante en la base

“La fuerza cortante total en la base, correspondiente a la trayectoria considerada, se decide a partir de la ecuación” (NTE E.030 – 2018)

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

El valor  $C/R$ , no debe considerarse menor que:

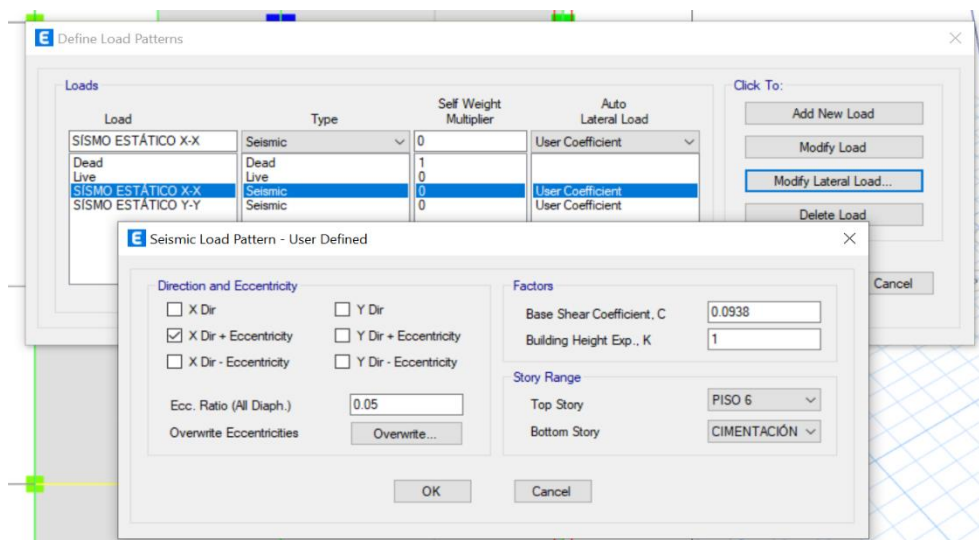
$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

Para una edificación común, el peso Sísmico de la estructura considera el “total de la carga muerta más un porcentaje de carga viva”

$$\text{Peso sísmico} = 100\%CM + 25\%CV$$

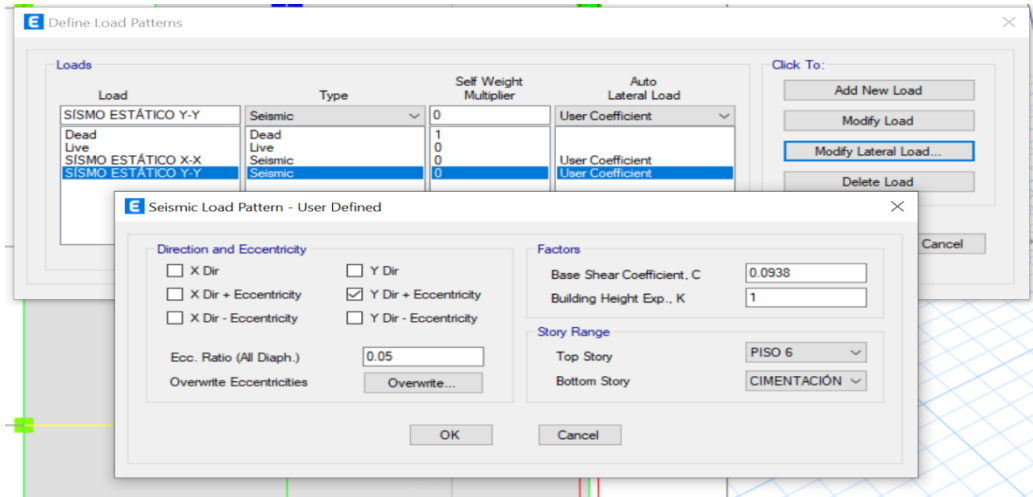
### Figura 25

*Definición de análisis estático en X*



**Figura 26**

*Definición de análisis estático en Y*



## **Análisis Dinámico**

Se ingresa el espectro de diseño según norma E.030. Con los parámetros sismorresistentes, generamos los espectros de respuesta, para ambas direcciones, considerando el sistema estructural de cada dirección también.

Figura 27

Espectro sísmico en x-x

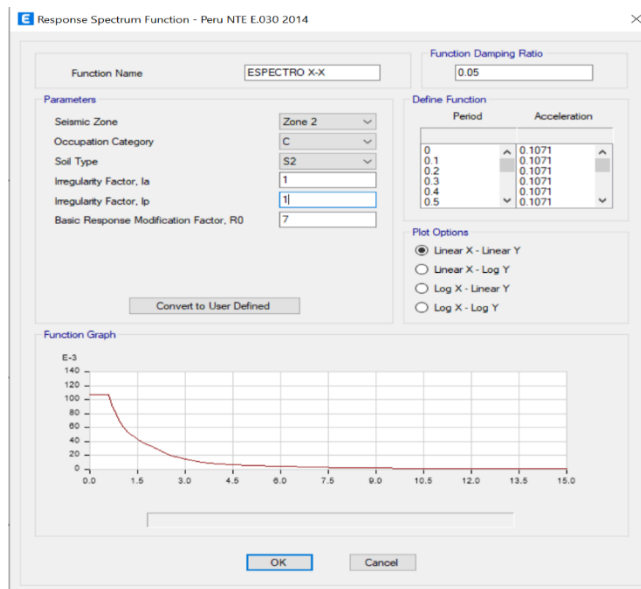
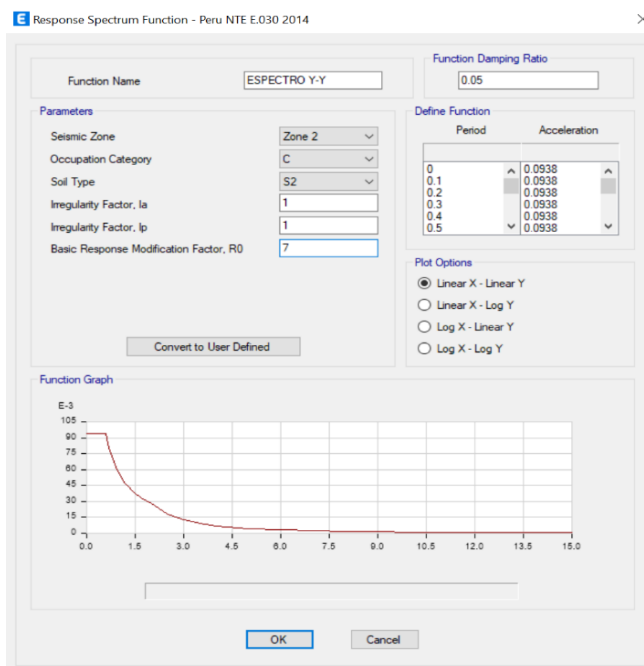


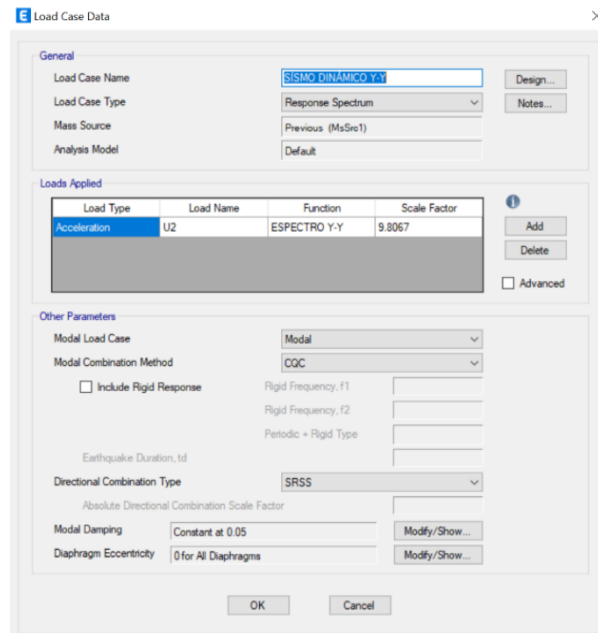
Figura 28

Espectro sísmico en Y-Y



**Figura 29**

*Espectro en la dirección X con 5% de excentricidad accidental y factor de escala igual a la gravedad*



**Load Case Data**

**General**

Load Case Name: SISMO DINAMICO Y-Y  
 Load Case Type: Response Spectrum  
 Mass Source: Previous (MsSre1)  
 Analysis Model: Default

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	ESPECTRO Y-Y	9.8067

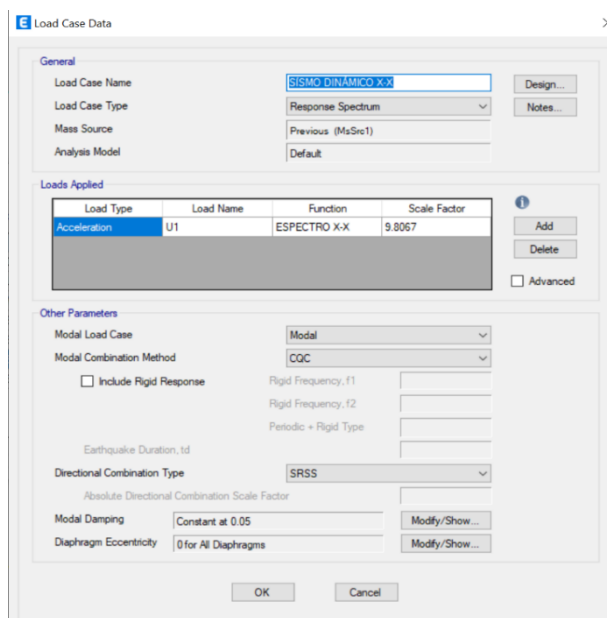
**Other Parameters**

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  
 Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms

OK Cancel

**Figura 30**

*Espectro en la dirección Y con 5% de excentricidad accidental y factor de escala igual a la gravedad*



**Load Case Data**

**General**

Load Case Name: SISMO DINAMICO X-X  
 Load Case Type: Response Spectrum  
 Mass Source: Previous (MsSre1)  
 Analysis Model: Default

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	ESPECTRO X-X	9.8067

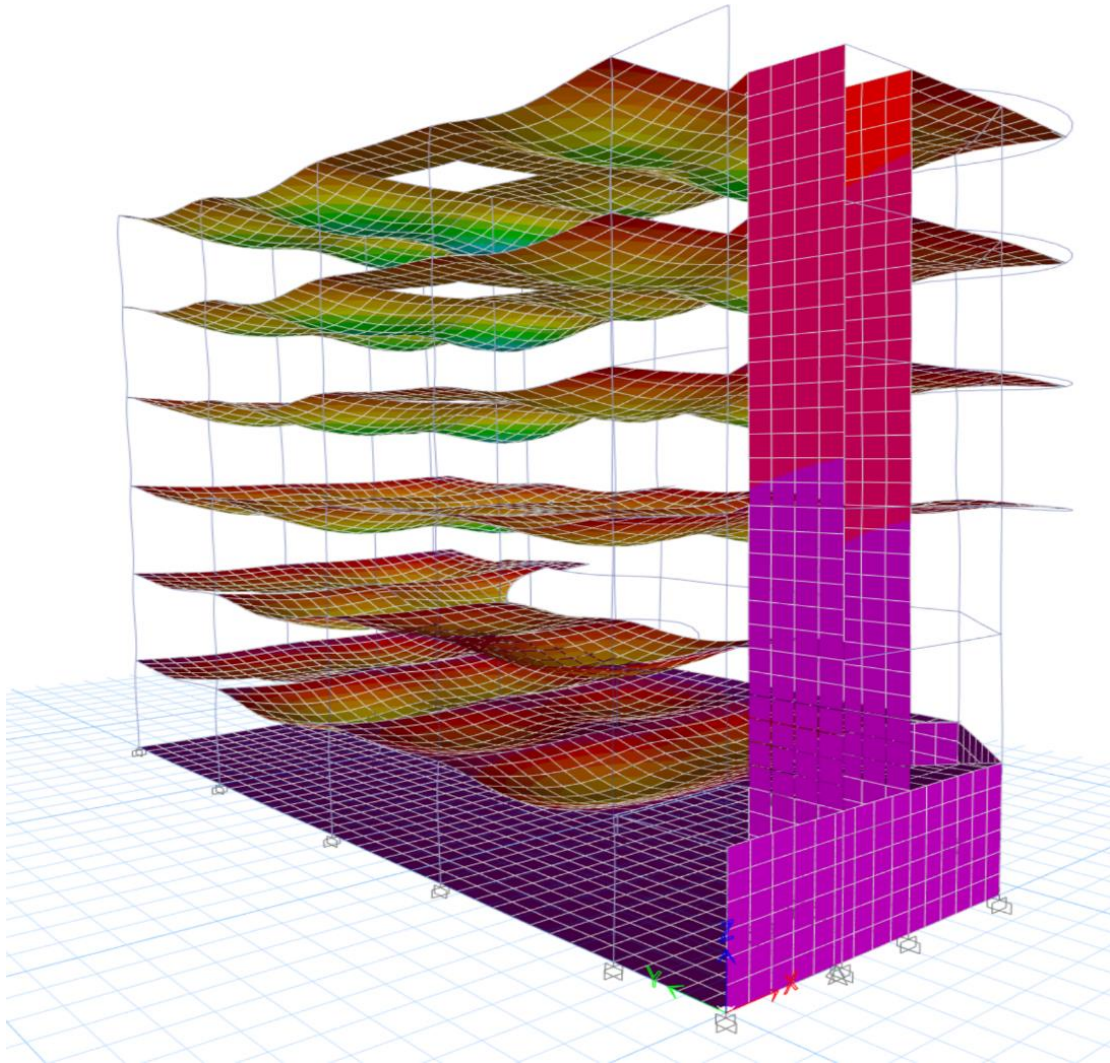
**Other Parameters**

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  
 Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms

OK Cancel

**Figura 31**

*Vista 3D de la representación de los resortes equivalentes al suelo de apoyo*



### III. RESULTADOS

3.1. Modelación de la edificación de 6 niveles utilizando el software Etabs, considerando los parámetros del suelo y del sismo según sismorresistente: E.030

**Tabla 3**

*Resultados para la Modelación Según Normativa E.030 Diseño Sismorresistente*

<b>Factor de Zona</b>	Proyecto Ubicado en Jaén	Zona 2	$Z = 0.25$
	Edificación Común:		
<b>Factor de Uso</b>	Viviendas y Comercio	Tipo C	$U = 1.0$
			$S = 1.20$
<b>Factor de Amplificación del Suelo</b>	Suelo Intermedio	Tipo S <sub>2</sub>	$T_P = 0.6$ $T_L = 2.0$
<b>Coefficiente Básico de Reducción</b>	Dirección X (Regular)	Dual	$R_x = 7.00$
	Dirección Y (Regular)	Dual	$R_y = 7.00$
<b>Regularidad Estructural en Altura</b>	No existe Irregularidades	I <sub>a</sub>	$I_a = 1$
<b>Regularidad Estructural en Planta</b>	No existe Irregularidades	I <sub>p</sub>	$I_p = 1$
<b>Coefficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas</b>	Sistema Dual $R = R_0 * I_p * I_a$	R	$R = 7$
<b>Factor de Amplificación Sísmica</b>	Está en función del periodo fundamental de la edificación. $T_p < T < T_L$	C	$C = 2.5(T_p/T)$

3.2. Evaluación de la relación de cortantes estática y dinámica y el sistema estructural, considerando un suelo intermedio para evaluar la interacción suelo estructura.

El periodo fundamental en dirección x es igual:  $T_x = 1.072$ seg y el periodo fundamental en dirección y es igual:  $T_y = 0.96$ seg

**Tabla 4**

*Periodos Fundamental de la Estructura*

<b>TABLE: Modal Participating Mass Ratios</b>														
Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	<b>1.072</b>	0.5269	0.0571	0	0.5269	0.0571	0	0.0477	0.393	0.0141	0.0477	0.393	0.0141
Modal	2	<b>0.967</b>	0.06	0.4393	0	0.5869	0.4964	0	0.4153	0.0605	0.0341	0.463	0.4534	0.0482
Modal	3	0.814	0.0003	0.0296	0	0.5872	0.526	0	0.0469	0.0014	0.5231	0.5099	0.4548	0.5714
Modal	4	0.282	0.0629	0.001	0	0.6501	0.527	0	0.0042	0.1147	0.0141	0.5141	0.5696	0.5855
Modal	5	0.245	0.0004	0.0517	0	0.6505	0.5787	0	0.0277	0.0013	0.0208	0.5417	0.5709	0.6063
Modal	6	0.23	0.001	0.0489	0	0.6514	0.6276	0	0.0299	0.0019	0.0282	0.5717	0.5728	0.6345
Modal	7	0.158	0.0333	0.0023	0	0.6848	0.6299	0	0.0001	0.0203	0.0023	0.5718	0.5931	0.6368
Modal	8	0.129	0.001	0.0008	0	0.6858	0.6307	0	0.00001102	0.0002	0.0127	0.5718	0.5933	0.6494
Modal	9	0.117	0.012	0.0105	0	0.6978	0.6411	0	0.0079	0.0141	0.0034	0.5797	0.6074	0.6529
Modal	10	0.102	0.0148	0.0326	0	0.7126	0.6737	0	0.0167	0.0123	0.0018	0.5964	0.6197	0.6547
Modal	11	0.087	0.0165	0.00002791	0	0.729	0.6738	0	0.00002208	0.0132	0.0013	0.5964	0.633	0.6559
Modal	12	0.085	0.0003	0.0019	0	0.7293	0.6757	0	0.0006	0.0002	0.0053	0.5969	0.6332	0.6612
Modal	13	0.075	0.0046	0.0001	0	0.7339	0.6757	0	0.0002	0.0047	0.0004	0.5972	0.6379	0.6615
Modal	14	0.07	0.0017	0.0025	0	0.7356	0.6782	0	0.0035	0.0008	0.0134	0.6007	0.6388	0.675
Modal	15	0.065	0.0046	0.0241	0	0.7402	0.7023	0	0.0177	0.0038	0.0005	0.6184	0.6426	0.6755

**Fuerza en la base****Tabla 5***Cortantes Obtenidas de Etabs*

<b>Caso de Carga</b>	<b>Tipo de Carga</b>	<b>Tipo</b>	<b>F<sub>x</sub> [Tonf]</b>	<b>F<sub>y</sub> [Tonf]</b>
Sismo Estático X-X	LinStatic	Max	-93.8521	0
Sismo Estático Y-Y	LinStatic	Max	0	-93.8521
Sismo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	82.0043	26.1582
Sismo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	26.1582	78.8821

**Tabla 6***Comparativa de Cortantes Dinámicas vs Estáticas*

<b>Dirección X-X</b>	<b>V<sub>DIN</sub></b>	82.0043	87.38%	<b>CUMPLE</b>
	<b>V<sub>EST</sub></b>	93.8521		
<b>Dirección Y-Y</b>	<b>V<sub>DIN</sub></b>	78.8821	84.05%	<b>CUMPLE</b>
	<b>V<sub>EST</sub></b>	93.8521		

**Tabla 7***Valores Para el Cálculo de la Cortante Total [Cortante Estática]*

<b>Cortante Total del Edificio</b>				
	<b>V<sub>BASE</sub>=</b>	<b><math>\frac{Z.U.C.S.}{R}</math></b>	<b>* P<sub>SÍSMICO</sub></b>	
<b>Parámetros</b>	<b>Z=</b>	0.25	<b>C<sub>x</sub>=</b>	1.39925373
<b>Sismorresistentes</b>	<b>U=</b>	1	<b>R<sub>x</sub>=</b>	7
<b>Obtenidos Y</b>	<b>S=</b>	1.2	<b>C<sub>y</sub>=</b>	1.55118925
<b>Verificados</b>	<b>P<sub>SÍSMICO</sub>=</b>	1391.2855 Tonf	<b>R<sub>y</sub>=</b>	7



**Tabla 8***Cortante Total de la Edificación en Dirección x*

<b>Dirección X-X</b>		
$V_{\text{BASE X-X}} =$	$\frac{\mathbf{Z.U.C_x.S.}}{\mathbf{R_x}}$	$*P_{\text{SÍSMICO}}$
$V_{\text{BASE X-X}} =$	<b>83.43</b>	<b>Tonf</b>

**Tabla 9***Cortante Total de la Edificación en Dirección y*

<b>Dirección Y-Y</b>		
$V_{\text{BASE Y-Y}} =$	$\frac{\mathbf{Z.U.C_y.S.}}{\mathbf{R_y}}$	$*P_{\text{SÍSMICO}}$
$V_{\text{BASE Y-Y}} =$	<b>92.49</b>	<b>Tonf</b>

## Sistema Estructural

### Tabla 10

Valores de Cortantes en Elemento Columnas en Dirección x-x

<b>TABLE: Element Forces - Columns [DIRECCIÓN X-X]</b>									
Story	Column	Output Case	Case Type	Step Type	Station m	P tonf	V2 tonf	V3 tonf	V <sub>TOTAL</sub> Tonf
Story2	C1	Sismo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0	2.0675	3.2541	0.4473	3.2541
Story2	C2	Sismo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0	2.7968	3.5681	0.4456	3.5681
Story2	C3	Sismo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0	0.6405	4.5533	0.4376	4.5533
Story2	C4	Sismo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0	1.8042	4.4645	0.2191	4.4645
Story2	C5	Sismo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0	5.8714	2.3094	0.3343	2.3094
Story2	C6	Sismo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0	4.6405	0.9332	0.2711	0.9332
Story2	C7	Sismo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0	5.2873	0.9078	0.2577	0.9078
Story2	C8	Sismo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0	7.5528	2.3569	0.3297	2.3569
Story2	C9	Sismo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0	7.5237	2.1966	0.228	2.1966
Story2	C10	Sismo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0	3.0946	1.3773	0.3107	1.3773
Story2	C11	Sismo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0	5.5626	0.8722	0.3863	0.8722
Story2	C12	Sismo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0	1.8649	0.6011	0.1668	0.6011
Story2	C13	Sismo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0	5.5209	1.3043	0.3278	1.3043
Story2	C14	Sismo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0	7.5031	1.6018	0.3941	1.6018
Story2	C15	Sismo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0	6.8851	1.6765	0.4095	1.6765
Story2	C16	Sismo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0	7.6179	1.6505	0.4211	1.6505
Story2	C17	Sismo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0	5.6899	1.7081	0.2369	1.7081
								<b>V<sub>col X-X</sub></b>	<b>35.3357</b>

**Tabla 11***Valores de Cortantes en Elemento Columnas en Dirección Y-Y*

<b>TABLE: Element Forces - Columns [DIRECCIÓN Y-Y]</b>									
<b>Story</b>	<b>Column</b>	<b>Output Case</b>	<b>Case Type</b>	<b>Step Type</b>	<b>Station</b>	<b>P</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V<sub>TOTAL</sub></b>
					<b>m</b>	<b>tonf</b>	<b>tonf</b>	<b>tonf</b>	<b>Tonf</b>
Story2	C1	Sísmo Dinámico Y-Y	Linrespspec	Max	0	3.919	1.1278	1.2579	1.2579
Story2	C2	Sísmo Dinámico Y-Y	Linrespspec	Max	0	3.7731	1.123	1.1056	1.123
Story2	C3	Sísmo Dinámico Y-Y	Linrespspec	Max	0	1.009	1.6246	1.0281	1.6246
Story2	C4	Sísmo Dinámico Y-Y	Linrespspec	Max	0	5.5252	1.8611	0.6683	1.8611
Story2	C5	Sísmo Dinámico Y-Y	Linrespspec	Max	0	15.4012	0.8855	1.0972	1.0972
Story2	C6	Sísmo Dinámico Y-Y	Linrespspec	Max	0	1.9372	0.4728	0.8667	0.8667
Story2	C7	Sísmo Dinámico Y-Y	Linrespspec	Max	0	1.5254	0.4297	0.8341	0.8341
Story2	C8	Sísmo Dinámico Y-Y	Linrespspec	Max	0	3.9053	1.0144	0.9729	1.0144
Story2	C9	Sísmo Dinámico Y-Y	Linrespspec	Max	0	3.2296	1.1221	0.7039	1.1221
Story2	C10	Sísmo Dinámico Y-Y	Linrespspec	Max	0	7.5094	0.7522	0.3974	0.7522
Story2	C11	Sísmo Dinámico Y-Y	Linrespspec	Max	0	2.7188	0.4547	0.635	0.635
Story2	C12	Sísmo Dinámico Y-Y	Linrespspec	Max	0	5.6431	0.349	0.5014	0.5014
Story2	C13	Sísmo Dinámico Y-Y	Linrespspec	Max	0	6.3389	0.7582	0.8735	0.8735
Story2	C14	Sísmo Dinámico Y-Y	Linrespspec	Max	0	2.2199	0.5539	1.0437	1.0437
Story2	C15	Sísmo Dinámico Y-Y	Linrespspec	Max	0	4.0221	0.5045	1.0147	1.0147
Story2	C16	Sísmo Dinámico Y-Y	Linrespspec	Max	0	2.4102	0.5125	0.9742	0.9742
Story2	C17	Sísmo Dinámico Y-Y	Linrespspec	Max	0	3.7371	0.6528	0.5985	0.6528
								<b>Vcol Y-Y</b>	<b>17.2486</b>

**Tabla 12***Valores de Cortantes en Elemento Placas en Dirección x-x*

Story	Pier	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Location	P	V2	V3
							Tonf	Tonf	Tonf
		Sismo							
Story2	P1	Dinámico	Linrespspec	Max		Bottom	3.9108	3.9156	1.1261
		X-X							
		Sismo							
Story2	P2	Dinámico	Linrespspec	Max		Bottom	8.7605	4.6956	2.4372
		X-X							
							<b>V<sub>placa X-X</sub></b>	<b>12.1745</b>	

**Tabla 13***Valores de Cortantes en Elemento Placas en Dirección y-y*

Story	Pier	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Location	P	V2	V3
							Tonf	Tonf	Tonf
		Sismo							
Story2	P1	Dinámico	Linrespspec	Max		Bottom	12.1283	12.603	0.6523
		Y-Y							
		Sismo							
Story2	P2	Dinámico	Linrespspec	Max		Bottom	6.9646	11.2753	1.0687
		Y-Y							
							<b>V<sub>PLACA Y-Y</sub></b>	<b>25.5993</b>	

**Tabla 14***Total de Valores de Cortantes en Elementos de Columnas y Placas*

Cortantes Dinámicas	V TOTAL	V Columnas	% Asume	V PLACAS	% Asume
	$V_{x-x} =$	<b>47.51 Tonf</b>	$V_{col X-X}$ <b>35.3357</b>	74.37%	$V_{PLACA X-X}$ <b>12.1745</b>
$V_{y-y} =$	<b>42.85 Tonf</b>	$V_{col Y-Y}$ <b>17.2486</b>	40.26%	$V_{PLACA Y-Y}$ <b>25.5993</b>	59.74%

3.3. Evaluación de la variación del asentamiento, presiones y esfuerzos de la estructura que genera el efecto interacción suelo-estructura, aplicando el modelo de Winkler, con el modelamiento en el Etabs.

### Derivas de entrepiso

**Tabla 15**

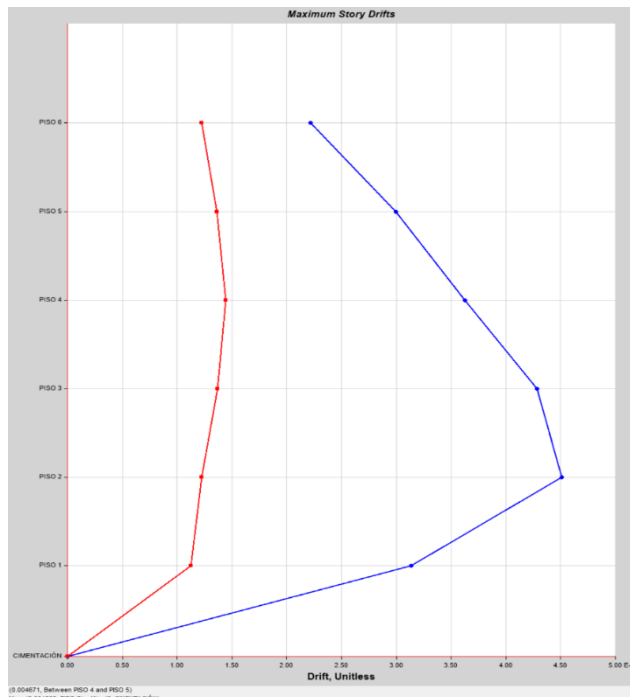
*Valores de las Derivas de los 6 Niveles en Dirección x-x*

$$\text{DERIVA} = 0.75 * R * \text{Drift} \rightarrow R_x = 7, \text{verificación DERIVA} < 0.007$$

<b>TABLA DE STORY DRIFTS [DERIVAS DE ENTREPISO] - DIRECCIÓN X-X</b>							
<b>Story</b>	<b>Output Case</b>	<b>Case Type</b>	<b>Step Type</b>	<b>Direction</b>	<b>Drift</b>	<b>Deriva</b>	<b>VERIFICACIÓN</b>
PISO 6	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	<b>X</b>	0.000013	0.00006825	<b>CUMPLE</b>
PISO 5	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	<b>X</b>	0.000334	0.0017535	<b>CUMPLE</b>
PISO 4	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	<b>X</b>	0.000593	0.00311325	<b>CUMPLE</b>
PISO 3	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	<b>X</b>	0.000863	0.00453075	<b>CUMPLE</b>
PISO 2	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	<b>X</b>	0.000855	0.00448875	<b>CUMPLE</b>
PISO 1	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	<b>X</b>	0.000391	0.00205275	<b>CUMPLE</b>

**Figura 32**

Gráfica de los valores de las derivas de los 6 niveles en dirección x-x

**Tabla 16**

Valores de las Derivas de los 6 Niveles en Dirección y-y

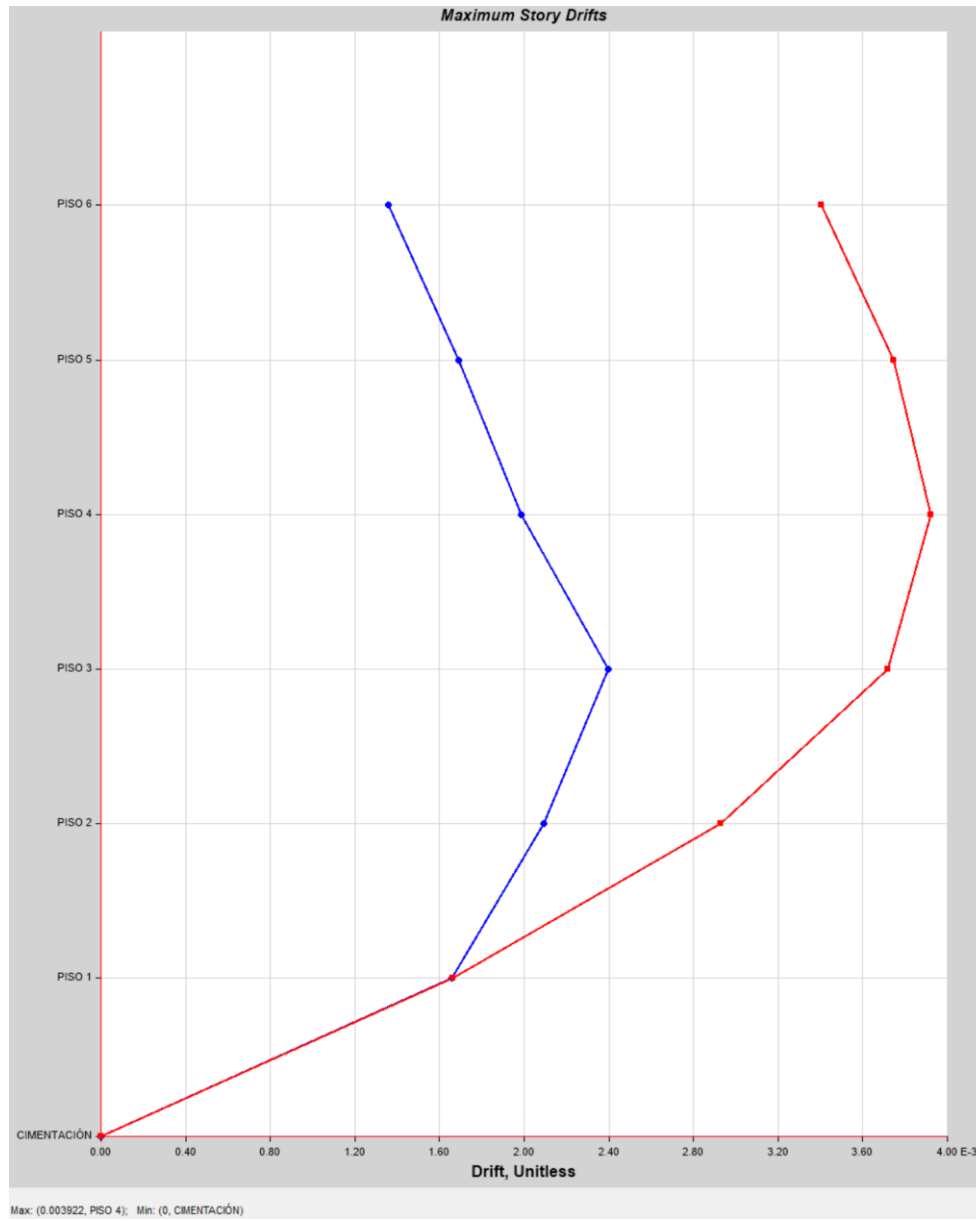
$DERIVA = 0.75 * R * Drift \rightarrow Ry = 7$ , verificación  $DERIVA < 0.007$

**Tabla de Story Drifts [Derivas de Entrepiso] - Dirección Y-Y**

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direc	Drift	Deriva	Verificación
PISO 6	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	Y	0.000501	0.00263025	CUMPLE
PISO 5	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	Y	0.000641	0.00336525	CUMPLE
PISO 4	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	Y	0.000714	0.0037485	CUMPLE
PISO 3	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	Y	0.00063	0.0033075	CUMPLE
PISO 2	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	Y	0.000205	0.00107625	CUMPLE
PISO 1	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	Y	0.000684	0.003591	CUMPLE

**Figura 33**

Gráfica de los valores de las derivas de los 6 niveles en dirección y-y



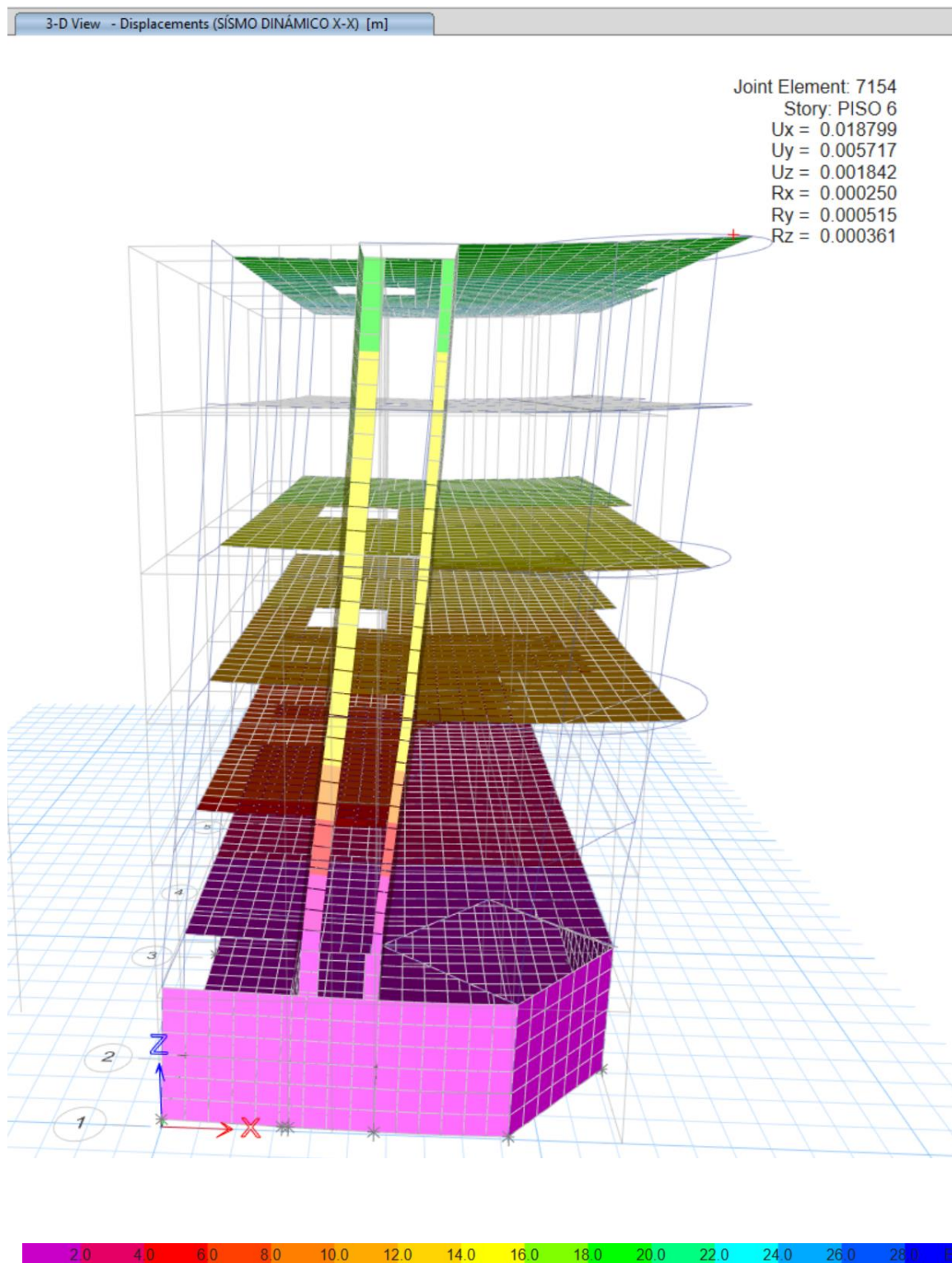
**Desplazamientos****Tabla 17***Desplazamientos Laterales Máximos en Dirección x-x*

Story	Label	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	Ux
PISO 6	1	1	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0203170
PISO 6	2	8	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0211910
PISO 6	3	15	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0224240
PISO 6	4	22	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0236140
PISO 6	5	29	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0193270
PISO 6	6	36	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0203170
PISO 6	7	43	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0211910
PISO 6	8	50	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0224240
PISO 6	9	57	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0236140
PISO 6	10	64	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0188600
PISO 6	11	71	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0193270
PISO 6	12	78	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0188600
PISO 6	13	85	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0193270
PISO 6	14	92	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0203170
PISO 6	15	99	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0211910
PISO 6	16	106	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0224240
PISO 6	17	113	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0236140
PISO 6	18	180	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0188600
PISO 6	34	162	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0192390
PISO 6	35	161	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0188600
PISO 6	36	163	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0192390
PISO 6	37	181	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0192390
PISO 6	40	245	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0193270
PISO 6	21	121	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0192390
PISO 6	58	238	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0224240
PISO 6	59	239	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0236140
PISO 6	38	226	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0236140
PISO 6	52	227	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0224240
PISO 6	64	228	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0211910
PISO 6	65	229	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0211910
PISO 6	66	230	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0203170
PISO 6	67	231	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0211910
PISO 6	68	232	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0203170
PISO 6	69	233	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0206010
PISO 6	70	234	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0206010
PISO 6	71	235	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0188600
PISO 6	72	236	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0188600
PISO 6	73	237	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0196510
PISO 6	25	240	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0211910
PISO 6	26	241	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0193270
PISO 6	27	242	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0203170
PISO 6	75	243	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0188700
PISO 6	76	244	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0236140
PISO 6	83	224	Sísmo Dinámico X-X	LinRespSpec	Max	0.0210020
<b>DESPL MÁX</b>						<b>0.0236140</b>



**Figura 34**

*Grafica de los Desplazamientos Laterales Máximos en Dirección x-x*

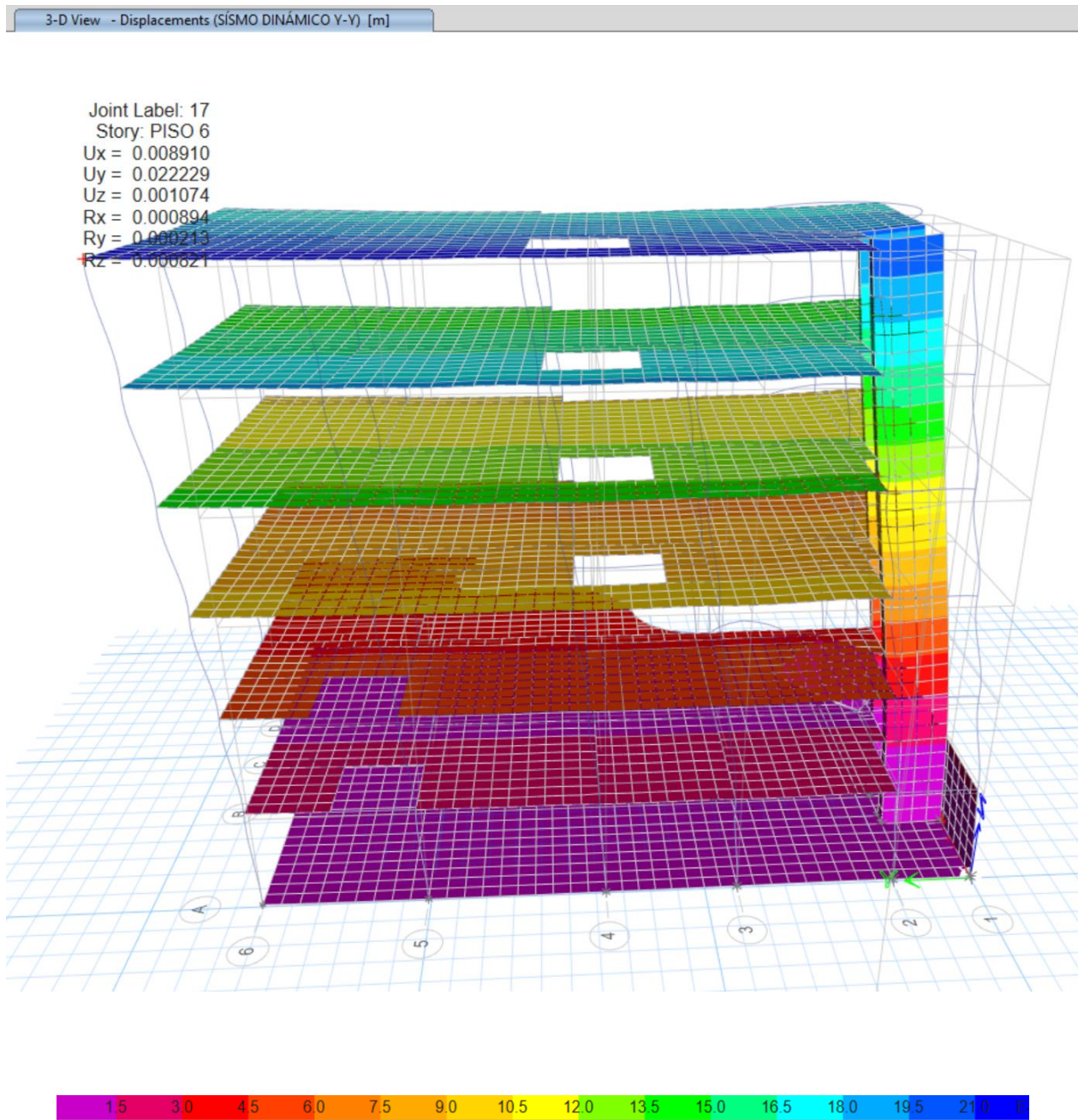


**Tabla 18***Desplazamientos Laterales Máximos en la Dirección Y-Y*

Story	Label	Uniq Name	Output Case	Case Type	Step Type	Ux
PISO 6	1	1	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.007681
PISO 6	2	8	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.006478
PISO 6	3	15	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.00685
PISO 6	4	22	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.00891
PISO 6	5	29	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.010165
PISO 6	6	36	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.007681
PISO 6	7	43	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.006478
PISO 6	8	50	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.00685
PISO 6	9	57	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.00891
PISO 6	10	64	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.01164
PISO 6	11	71	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.010165
PISO 6	12	78	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.01164
PISO 6	13	85	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.010165
PISO 6	14	92	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.007681
PISO 6	15	99	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.006478
PISO 6	16	106	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.00685
PISO 6	17	113	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.00891
PISO 6	18	180	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.01164
PISO 6	34	162	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.010431
PISO 6	35	161	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.01164
PISO 6	36	163	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.010431
PISO 6	37	181	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.010431
PISO 6	40	245	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.010165
PISO 6	21	121	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.010431
PISO 6	58	238	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.00685
PISO 6	59	239	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.00891
PISO 6	38	226	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.00891
PISO 6	52	227	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.00685
PISO 6	64	228	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.006478
PISO 6	65	229	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.006478
PISO 6	66	230	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.007681
PISO 6	67	231	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.006478
PISO 6	68	232	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.007681
PISO 6	69	233	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.007169
PISO 6	70	234	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.007169
PISO 6	71	235	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.01164
PISO 6	72	236	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.01164
PISO 6	73	237	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.009249
PISO 6	25	240	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.006478
PISO 6	26	241	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.010165
PISO 6	27	242	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.007681
PISO 6	75	243	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.011605
PISO 6	76	244	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.00891
PISO 6	79	247	Sísmo Dinámico Y-Y	LinRespSpec	Max	0.00891
<b>DESP MÁX</b>						<b>0.0116400</b>

**Figura 35**

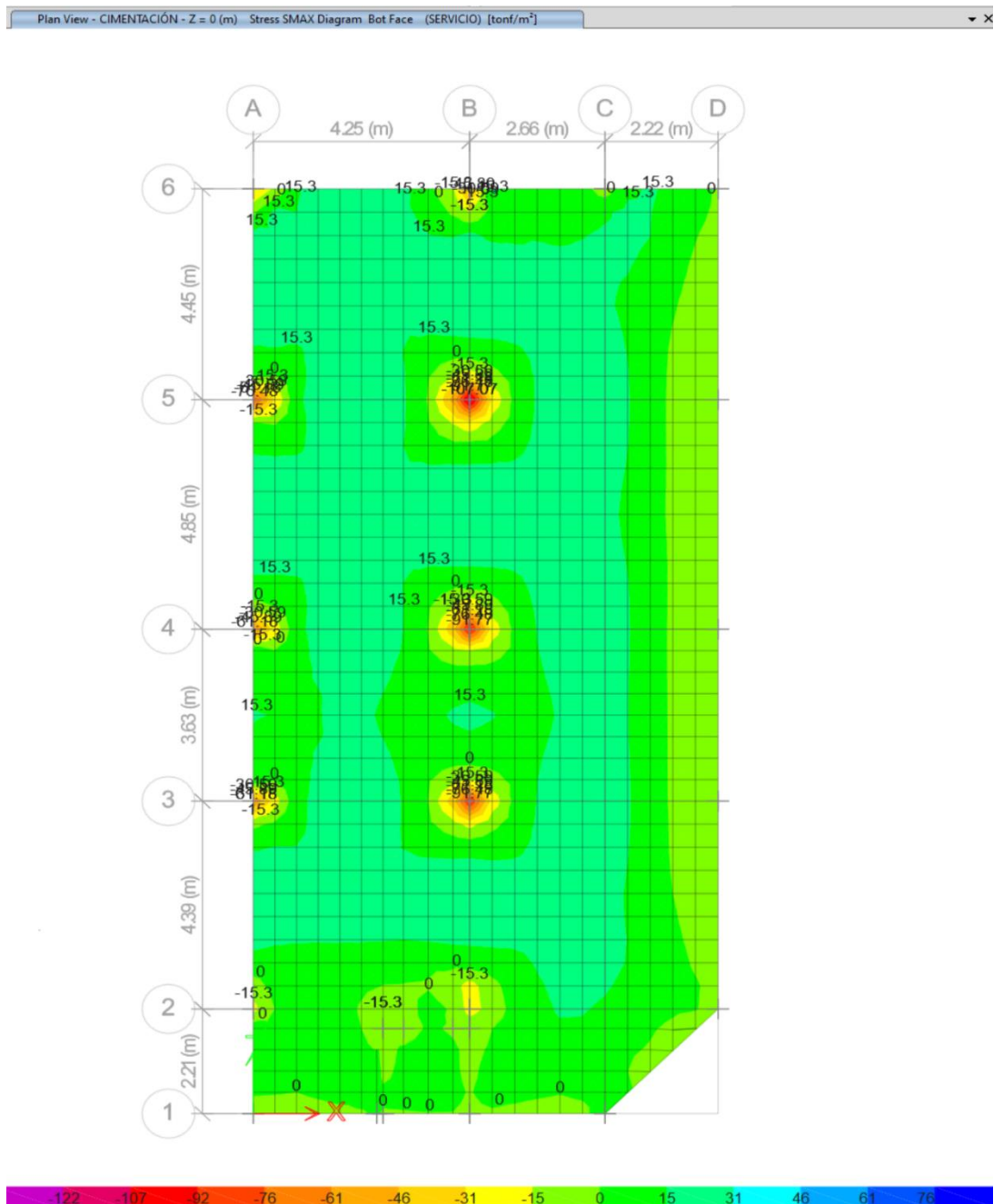
*Grafica de los Desplazamientos Laterales Máximos en Dirección Y-Y*



## CIMENTACIÓN

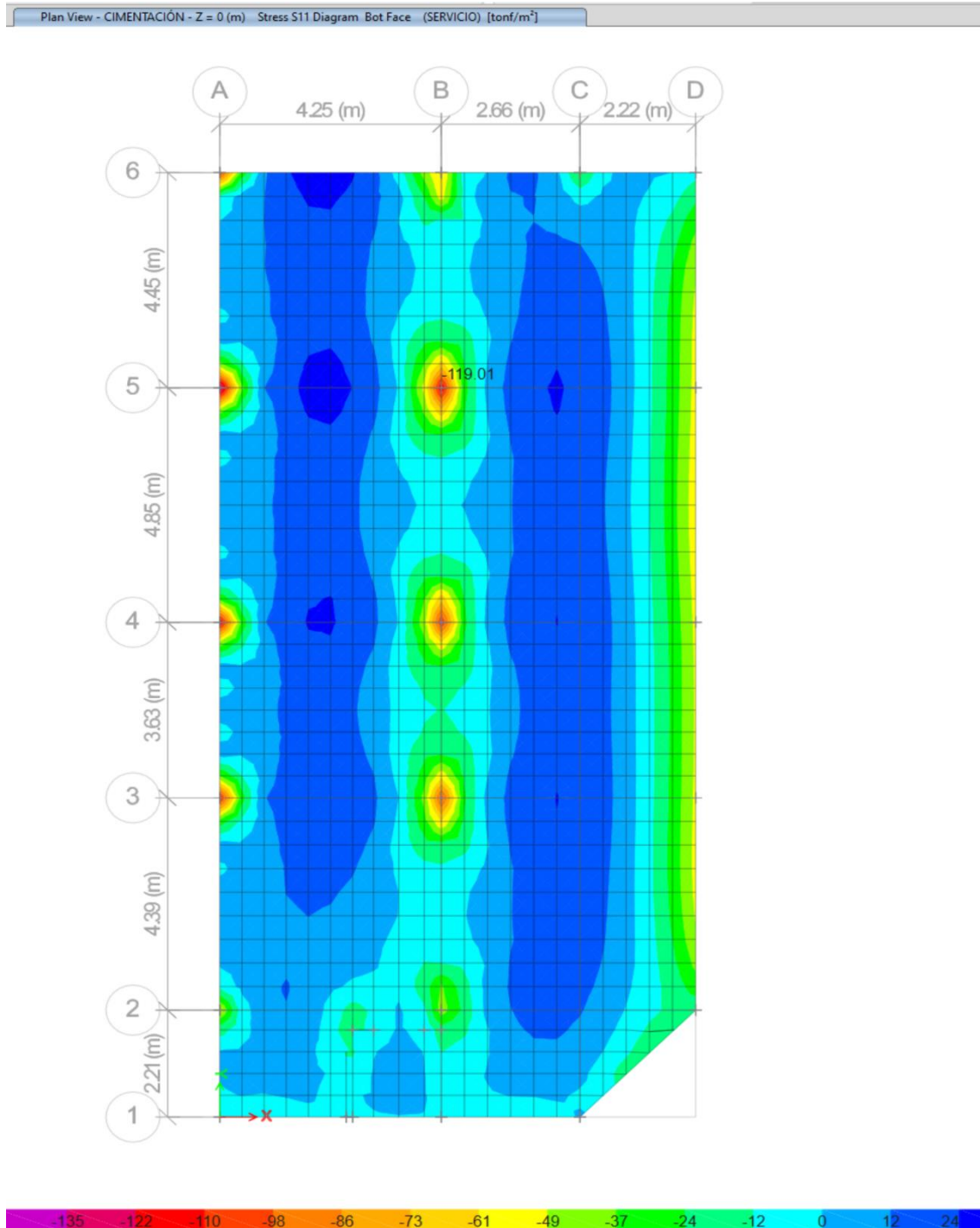
**Figura 36**

*Diagrama de Esfuerzos Máximos en la Platea de Cimentación, en la Cara Inferior (en Contacto con el Terreno)*



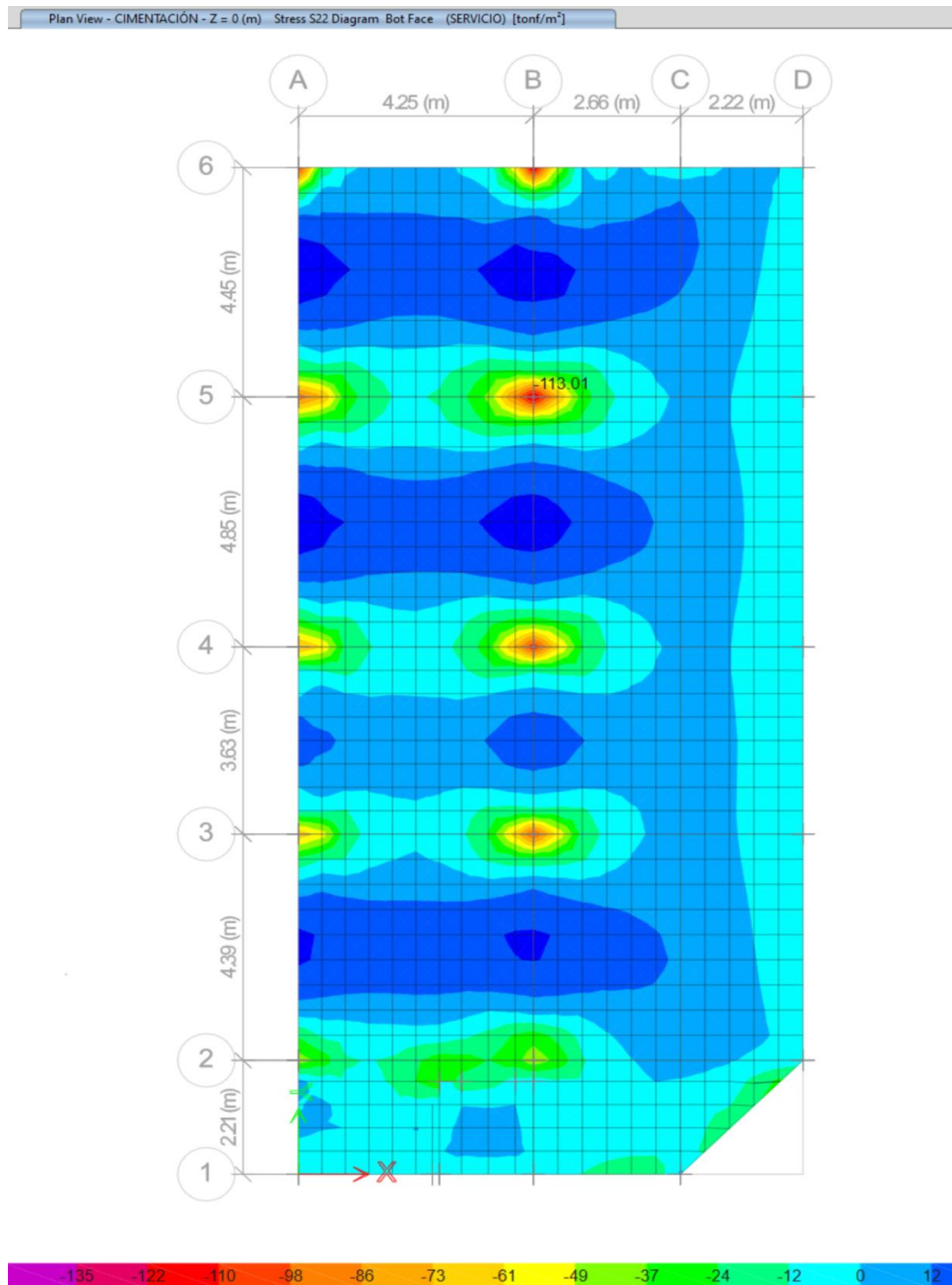
**Figura 37**

*Diagramas de los Esfuerzos en Función de los Ejes Locales: la Dirección Y que Coincide con el Eje Local 1*



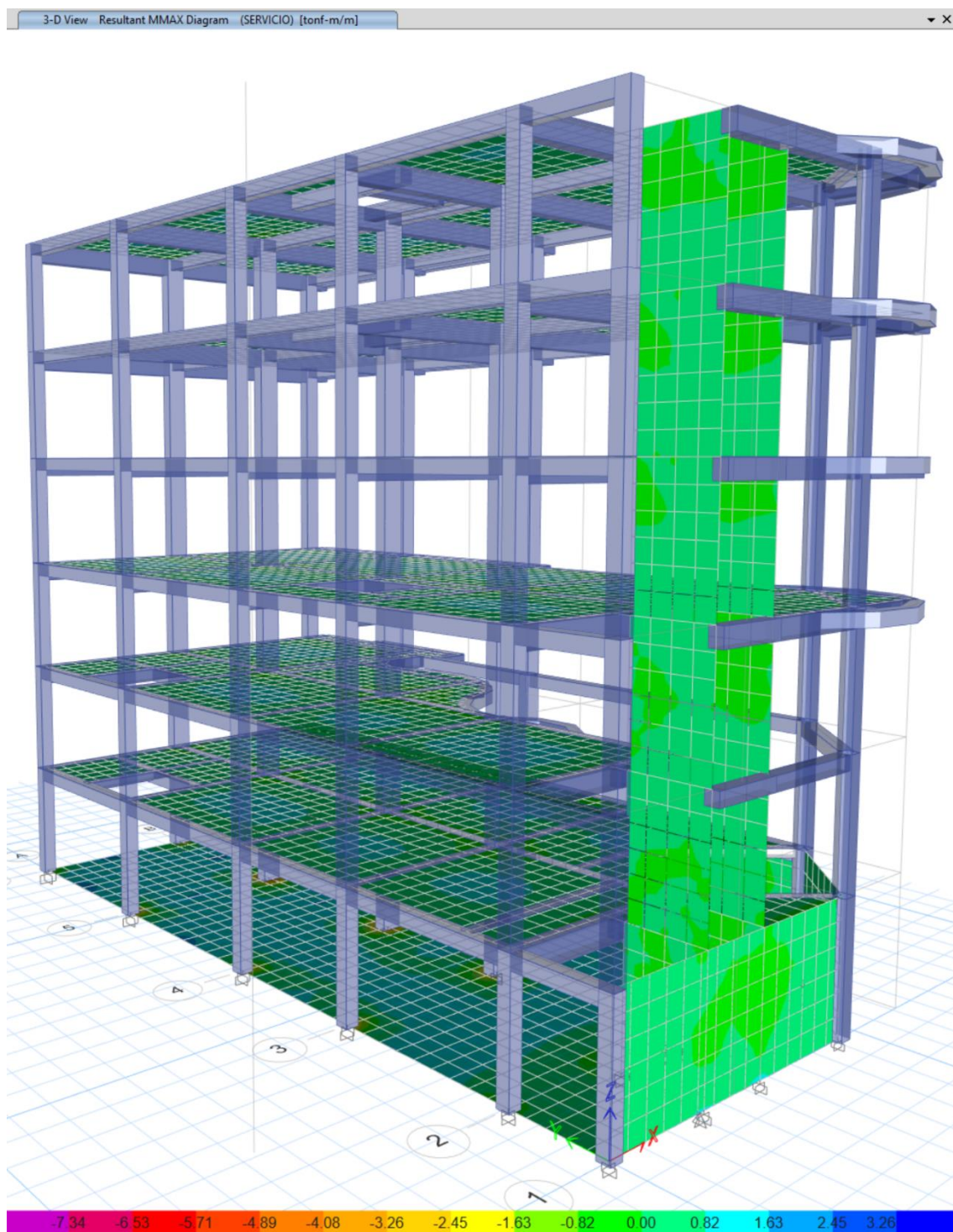
**Figura 38**

*Diagrama de esfuerzos generados en la platea que coinciden con el eje local 2 y la dirección x-x*



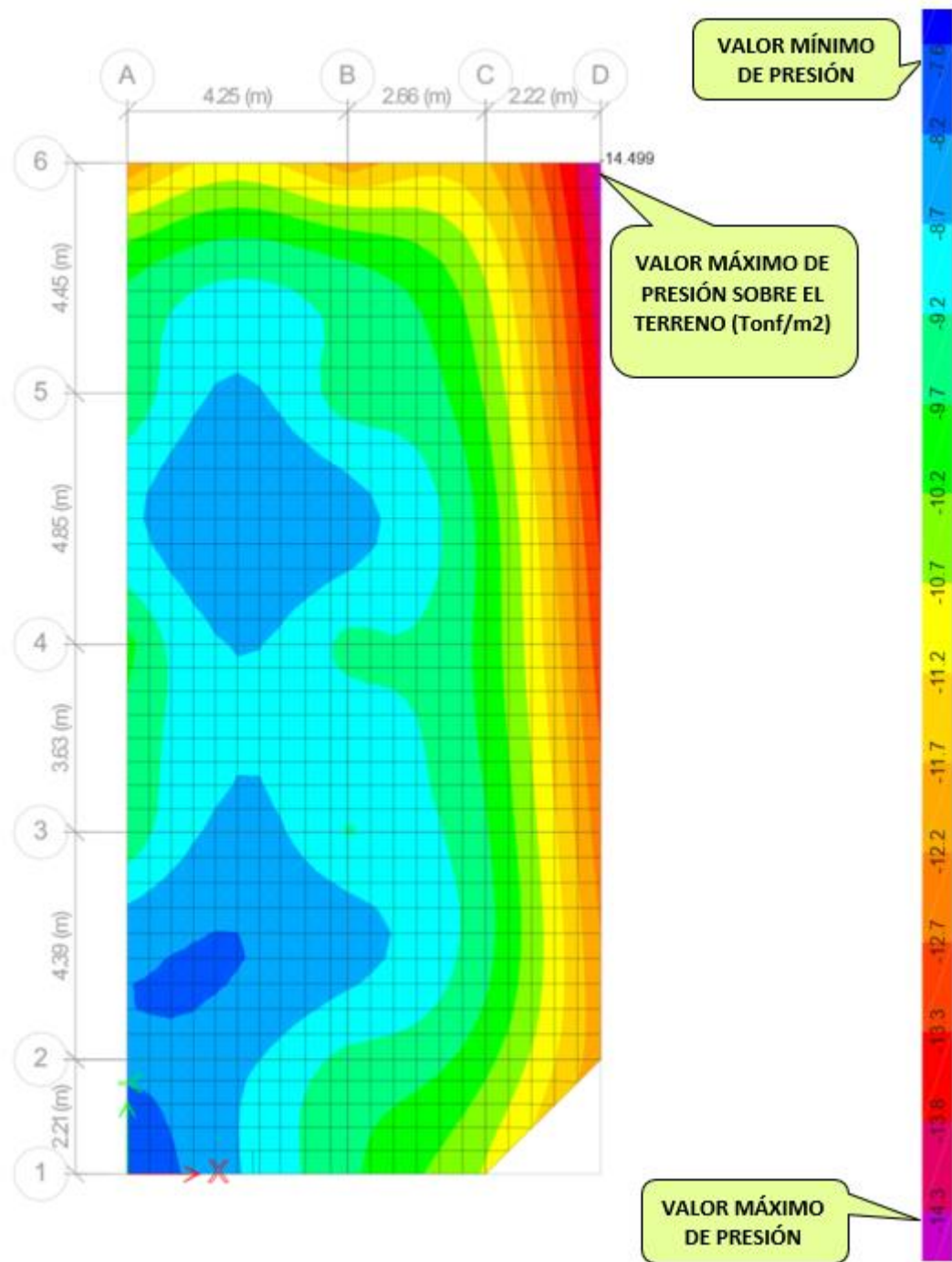
**Figura 39**

*Diagramas de esfuerzos: en todo el edificio: para visualizar el efecto de la interacción del suelo (balasto) con la superestructura*



**Figura 40**

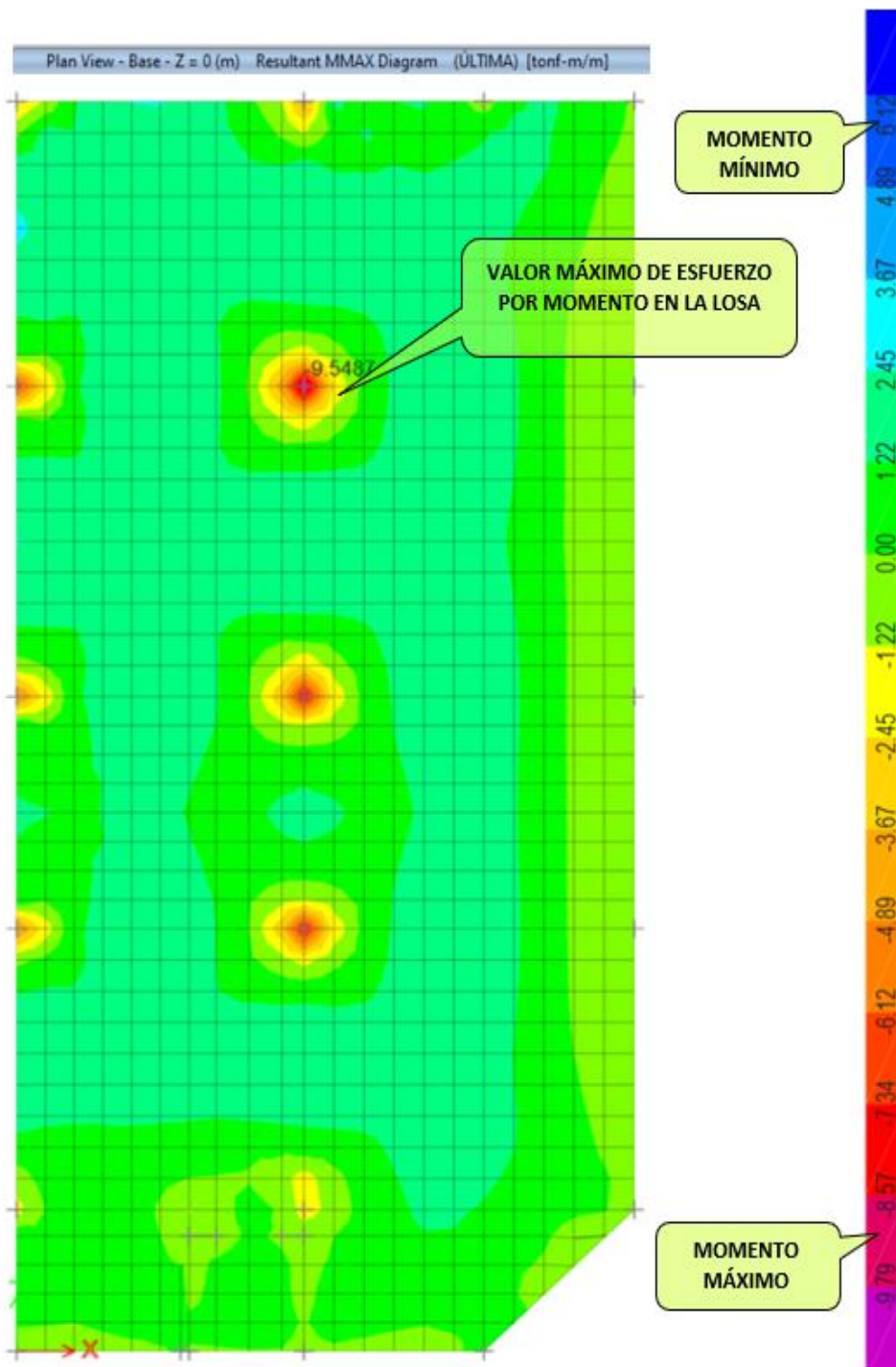
*Presiones que ejerce sobre el terreno (de acuerdo a la CM+CV)*





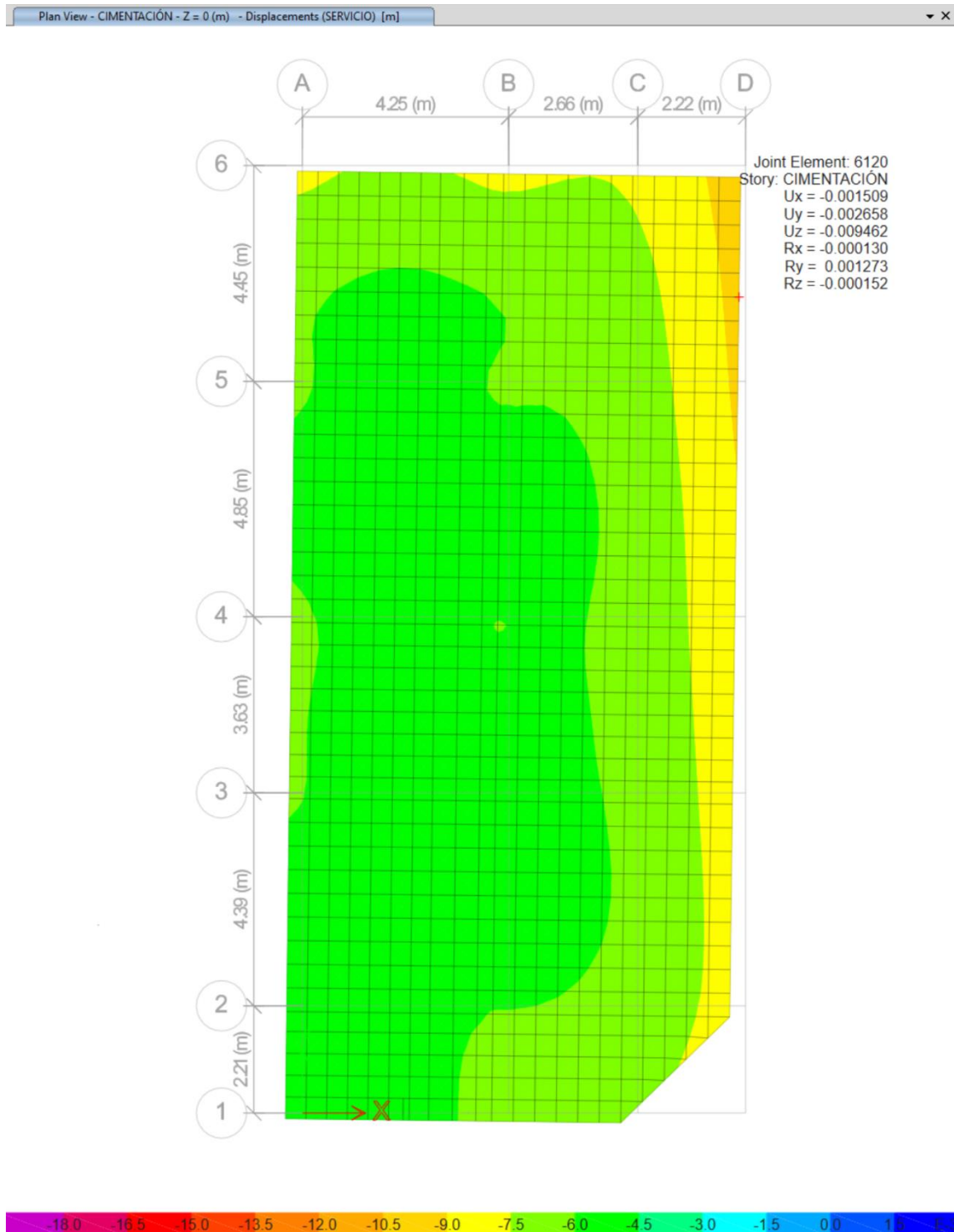
**Figura 41**

*Diagrama de Esfuerzos Internos por Momentos Máximos de la losa de Cimentación*



**Figura 42**

*Diagrama de Asentamiento en la Cimentación*



3.4 Alternativas de solución en función al tipo de comportamiento que genera la interacción suelo estructura estática lineal y la falta de un análisis y diseño.

**Tabla 19**

*Resumen de Resultados Para Proponer Alternativas de Solución en Función al Tipo de Comportamiento que Genera la Interacción Suelo Estructura Estática Lineal y la Falta de un Análisis y Diseño.*

<b>Esfuerzos Máximos en la platea de cimentación</b>	<b>Presiones Máximas que ejerce sobre el terreno</b>	<b>Asentamiento en la cimentación</b>	<b>Capacidad portante del Suelo</b>	<b>CUMPLE</b>
$\sigma=11.9\text{Kgf/cm}^2$	$q=1.449\text{kgf/cm}^2$	$U_z=0.9462\text{cm}$	$q_a=1.04\text{kgf/cm}^2$	

## IV. DISCUSIÓN

En otras investigaciones por ejemplo Bonilla (2019), compara el modelo con empotramiento y luego aplicándole la Interacción Suelo Estructura: los resultados de los datos siempre varían y por lo general no cumplen con los requerimientos mínimos de la norma de diseño sismorresistente E030, en nuestro caso se ejecutó el modelo primero empotrando la base, antes de agregar el coeficiente de balasto, y se pudo corroborar que existía una variación en los parámetros evaluados, sin embargo el objetivo de nuestra investigación no es la parte comparativa, sino más bien la parte de desarrollo del modelo para identificar los efectos de la Interacción Suelo Estructura:

4.1. Hemos ejecutado el modelamiento completo de la estructura en ETABS V.20.3.0, para luego analizar y evaluar según la norma nacional, la relación de cortantes estática y dinámica, corroborar el sistema estructural, y otros parámetros sismorresistentes, de la edificación de 6 niveles, luego considerando un suelo intermedio se modela la cimentación dentro del mismo programa, para evaluar la interacción suelo estructura, y analizar la variación del asentamiento, esfuerzos y las presiones de la estructura sobre el terreno generadas por efecto interacción suelo-estructura estático, aplicando el modelo de Winkler.

4.2 A continuación se presentará el Periodo fundamental, la fuerza cortante y el sistema estructural.

**Periodos:** En la tabla 3, Se obtuvo un periodo alto: en “X”  $T_x=1.072$ seg y en dirección “Y”  $T_y=0.96$ seg, para el tipo de edificio y la cantidad de niveles que se tienen, esto debido a que la estructura ya no está empotrada, y por ende podríamos relacionar este dato con el coeficiente de balasto ingresado, entonces se podría decir que este dato (Winkler) influye directamente en el comportamiento dinámico de la estructura, por lo tanto se tiene que estudiar correctamente el suelo, al realizar el Estudio de Mecánica de Suelos se debe tener en cuenta ésta dinámica y se deben seguir todos los parámetros indicados en las normas técnicas peruanas NTP y nuestro R.N.E., para lograr identificar correctamente los efectos de la Interacción Suelo Estructura. Por ejemplo, Villareal (2021) en su artículo de investigación “Interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones con muros de ductilidad limitada sobre plateas de cimentación”, Tubo como resultados que los modelos dinámicos de interacción suelo estructura en términos de un

modelo empotrado permite ampliar el primer período de vibración hasta un 24,67%. Además por ejemplo Bustamante (2021), compara los métodos de cálculo de interacción suelo-estructura con la NTP E-030 (2018), para determinar cuál genera la respuesta estructural principal, obteniendo como resultados al hacer uso de la interacción suelo-estructura a la versión de base empotrada, un auge dentro del periodo para la primera forma de vibración de 35.21%. Ambas investigaciones coinciden en el patrón del aumento del periodo fundamental de la estructura, cuando se cambia el modelo empotrado por el modelo de base flexible con los coeficientes de balasto de acuerdo al tipo de suelo, hecho que justifica el comportamiento en nuestro caso de estudio respecto de su periodo fundamental.

**Fuerza cortante:** Los resultados que se muestran en la tabla 6, han sido analizados de acuerdo a la Norma Peruana E.030 Diseño Sismorresistente, a través del programa ETABS, lo cual cumple con los datos mínimos establecidos, también Como se puede apreciar en la tabla 10 y 11, las cortantes de las columnas en dirección X-X se incrementan considerablemente debido a que en la dirección Y-Y existen los muros estructurales, por ello es muy importante tener en cuenta la geometría estructural ya que esto según los resultados obtenidos nos ayudara a prevenir deformaciones y posteriormente asentamientos de la estructura.

4.3. Asentamiento, presiones y esfuerzos de la estructura que genera el efecto interacción suelo-estructura, aplicando el modelo de Winkler, con el modelamiento en el Etabs.

**Derivas de entrepiso:** Según los resultados de la tabla 14, para nuestro caso de estudio con la interacción suelo estructura, los efectos de las cargas laterales, disminuyen en el comportamiento estructural para los niveles superiores, debido a que las derivas aumentan en los primeros pisos. Por ejemplo: Tasilla (2018), en su investigación “Efecto de la interacción suelo estructura en el comportamiento estructural, del sector E del hospital regional de Cajamarca teniendo en cuenta distintos tipos de suelos”, tuvo como resultados que al incluir la interacción suelo estructura las derivas aumentan en el primer piso en los distintos tipos de suelo: Roca Dura, Suelo Muy rígido, Suelo Intermedio y Suelo Blando, mientras que en los pisos superiores las derivas disminuyen. De lo antes mencionado, en la interacción suelo estructura se puede decir que, la rigidez del suelo y las respuestas del suelo, influyen en la rigidez de la estructura frente a los sismos, ya que,

en la realidad el edificio no está empotrado con restricciones 100% rígidas, sino que, está soportado en el suelo con las características del terreno, por lo tanto, estas características influirán en las deformaciones totales del edificio, mucho más cuando evaluamos por sismo.

**Deformaciones:** según los resultados de la tabla 16, se puede notar que los desplazamientos máximos laterales se presentan en el 6to piso, en el Joint 4 para el eje X, se tiene una translación de  $U_x = 0.023614$  m. lo cual es relativamente pequeño para el tipo de edificio y el número de pisos. Otro estudio con un número similar de pisos por ejemplo Estela (2019), en su investigación “Comparación de la respuesta estructural de una edificación regular con zapatas aisladas en la ciudad de Cajamarca, considerando y obviando el efectos de interacción sísmica suelo-estructura”, Tuvo como resultado que el desplazamiento lateral máximo en el último piso es de 0.027922m; teniendo una diferencia de 0.004308 m, esto debido a que en la investigación de Estela, también se emplea coeficiente de balasto en la base de la estructura, y eso genera un impacto directo en las deformaciones de la estructura obtenidas al modelar sin empotramientos.

**Asentamientos:** con el modelo de Winkler lineal estático se identificó que los asentamientos mayores se dieron en el eje D (ver figura 42), por la presencia del muro de contención, el cual tiene mayor área de contacto continua con la platea de cimentación, generando una transferencia de esfuerzos más uniforme y más activa, también debido a que este lado justamente por el muro, tiene un poco más de peso, es decir la masa en la base está concentrada para este lado, siendo un parámetro importante la disposición de los elementos estructurales en el proceso de estructuración.

**Presiones:** Según la figura 38, que nos muestra el diagrama de presiones sobre el terreno, deja notar que la presión máxima coincide con el punto de mayor asentamiento, el que se ubica en la conexión del muro de contención y la platea de cimentación, corroborando que es la zona con mayor presión activa y donde mayor esfuerzo existe; es decir, a diferencia de un modelo empotrado, ahora tenemos una base que tiene distintas presiones en función de su dinámica y la interacción con el tipo de terreno que lo sostiene, y que los mayores esfuerzos estarán en las zonas donde conecta con los principales elementos que transmiten cargas, fuerzas y esfuerzos a la base. Villareal (2021), indica que en el modelo donde se empleó Winkler, brinda una distribución adecuada de los esfuerzos en toda el área de la cimentación, exceptuando en las zonas de unión muro-platea, que es donde se tendría que reforzar más; en nuestro caso de estudio la distribución

de esfuerzos es relativamente uniforme, ya que presenta una esquina en los ejes 5-6 con el eje D que genera una mayor presión, coincidiendo con los resultados en el muro-platea obtenidos por Villareal; esto difiere ligeramente ya que en nuestro caso la presión máxima no está en toda la conexión muro-platea, si no que éste valor máximo se concentra en la esquina mencionada; la causa principal de esta distribución de presiones, fuerzas y esfuerzos, es debido a la estructuración y distribución de los elementos estructurales como ya se mencionó en los asentamientos, ya que esto genera que la dinámica de distribución de cargas, no sea totalmente regular.

#### 4.4. Propuesta:

En función de la investigación que se realizó con una platea de cimentación para un suelo intermedio (S2), con poca capacidad portante  $q_a = 1.04 \text{ kg/cm}^2$ ; por las razones de seguridad estructural, se debe trabajar en futuras investigaciones con platea de cimentación con un espesor de 60 cm, para edificaciones de 6 pisos, ya que este elemento como se puede evidenciar en nuestro caso de estudio en la figura 37 que nos ayuda a disminuir notoriamente la presión que ejerce la estructura sobre el terreno. En otras investigaciones, por ejemplo, Villareal (2021) en su revista internacional de interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones con muros de ductilidad limitada sobre plateas de cimentación, propone para una edificación de 5 pisos con un suelo flexible (S3) con una capacidad portante de  $q_a = 1.65 \text{ kg/cm}^2$  una platea de cimentación de 22 cm de espesor. Ambas investigaciones tienen datos diferentes en cuanto al estudio de mecánica de suelos (tipo de suelo y capacidad portante del suelo), hecho que justifica en nuestro caso de estudio.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- La interacción entre el suelo y la estructura es de gran importancia, ya que en la evaluación y el diseño estructural ningún edificio puede desvincularse del suelo de fundación. En nuestra tesis hemos trabajado sobre esto, es decir comprendimos que se debe trabajar el modelamiento y análisis en forma conjunta del edificio, la cimentación y el suelo de fundación. En las normativas de diseño se solicita aplicar solamente el suelo como un parámetro dentro del análisis, el suelo debe dejar de ser un parámetro y se debe convertir en un elemento activo que va a participar en la dinámica estructural, y que va disipar energía, por lo tanto, es necesario considerar el efecto de la interacción suelo estructura como tal, para todos los análisis; teniendo en la actualidad la gran facilidad de que los programas de análisis como ETABS, SAP2000, SAFE y otros nos permiten modelar con todas estas consideraciones.
- Incorporar la interacción estática suelo estructura en nuestro modelo logró una mejor redistribución de los esfuerzos en el interior del edificio y la cimentación, es decir, impacta directamente en el comportamiento estructural de la edificación, debido a que las derivas se maximizaron en los primeros pisos, evidenciando el impacto directo que tiene considerar un modelo sin empotramiento en la base en su dinámica estructural. Por lo tanto, se demuestra que la respuesta de la estructura no depende únicamente de las características de la excitación sísmica o de sus rasgos dinámicos, sino también del entorno que la rodea. Es decir, existe una interacción entre la estructura, los cimientos y el suelo, como puede verse en la figura 39.
- Al considerar la Interacción Suelo Estructura de forma generalizada, las derivas entre pisos podrían ser mayores en los primeros pisos y menores en los últimos. Este impacto está estrechamente relacionado con la rigidez, es decir con la flexibilidad de la cimentación y el amortiguamiento que existe entre suelo cimentación, como se muestra en la tabla 14.
- Como resultado de la interacción suelo estructura, el periodo fundamental de la estructura, como se muestra en la tabla 3, aumenta al incorporar el coeficiente de balasto, (cimentación flexible) esto debido al intercambio de rigidez atribuible a la flexibilidad porque la estructura ya no está empotrada, entonces se podría decir que este dato



(Winkler) influye directamente en el comportamiento dinámico de la estructura, ya que representa al suelo como un elemento activo y no solo como un parámetro.

- Los esfuerzos, de la figura 39 se afirma que este elemento (platea) se comporta de una manera ideal para estas estructuras de 6 niveles generando una transferencia de cargas muy regular tanto de la super estructura hacia el suelo, como las respuestas del terreno hacia la estructura. Con esto se debe mencionar que la rigidez del suelo tiene un papel importante en este comportamiento estructural, ya que convencionalmente se utilizan apoyos empotrados considerados infinitamente rígidos, pero esto no es 100% real; porque el suelo tiene una rigidez que depende principalmente del módulo de elasticidad, que a su vez depende de la capacidad del suelo para deformarse al ser sometido a diferentes condiciones de carga y esfuerzo.
- Las Presiones como se muestra en la figura 40, se concluye que, a mayor área de contacto entre la cimentación y el suelo de fundación, menor será la presión ejercida hacia el terreno, dado que en una mayor área los esfuerzos se distribuyen mucho mejor, como se puede evidenciar en nuestro caso de estudio; mientras que en casos de cimentaciones aisladas, esta presión aumenta porque se tiene menor área de contacto, por lo tanto, es recomendable en terrenos con poca capacidad portante, utilizar una platea de cimentación, ya que este elemento nos ayuda a disminuir notoriamente la presión que ejerce la estructura sobre el terreno.
- La hipótesis de la tesis de investigación es verdadera, ya que se contrastó mediante un análisis computarizado con el programa ETABS, considerando al suelo como un elemento activo con el parámetro del coeficiente de balasto, logrando verificar que en efecto se generan asentamientos de  $U_z=0.9462\text{cm}$  cuando ya no se empotra la base.
- En la ciudad de Jaén, debido a la falta de un análisis de interacción suelo estructura y diseño, se propone en función de la investigación que se realizó con una platea de cimentación para un suelo intermedio (S2), con poca capacidad portante  $q_a=1.04\text{ kg/cm}^2$ ; por las razones de seguridad estructural, trabajar en futuras investigaciones con platea de cimentación con un espesor de 60 cm, para edificaciones de 6 pisos, ya

que este elemento como se puede evidenciar en nuestro caso de estudio en la figura 37 que nos ayuda a disminuir notoriamente la presión que ejerce la estructura sobre el terreno, además se recomienda tener en cuenta la geometría de la estructura ya que de esto depende mucho que se redistribuyan adecuadamente los esfuerzos en toda la cimentación y lograr un buen desempeño sísmico.

- Finalmente, conocer el comportamiento real de las estructuras se ha convertido en uno de los principales agentes de cambio en la concepción de la dinámica estructural de las edificaciones, lo que ha llevado a la creación de nuevos métodos y herramientas de análisis para tener mayor control sobre el modelamiento, el propio análisis y el diseño de las estructuras. Con esta investigación mediante el modelamiento estructural sismorresistente en Etabs de una edificación de 6 niveles, aplicando el método Winkler basado en el coeficiente de balasto; se puede afirmar que integrando la interacción suelo estructura, se obtiene un comportamiento que se aproxima mucho más al comportamiento real de la estructura, obteniendo, resultados más precisos, eficientes, confiables y seguros.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios básicos precisos para la edificación, concibiendo la interacción suelo estructura en la evaluación y posterior trazado estructural de las edificaciones de concreto, por la razón de que el suelo base participa activamente dentro del comportamiento estructural de la superestructura y subestructura.
- Aplicar correctamente las normas técnicas nacionales y vigentes, para los estudios básicos necesarios, además de considerar siempre la interacción suelo estructura, ya que, queda demostrado que éste tiene un impacto directo en la dinámica estructural integral de un edificio y así proyectar edificaciones más seguras.
- Hacer un buen modelamiento base, que considere todos los parámetros del comportamiento real de la estructura, realizar un correcto análisis sísmico estático y dinámico, antes de aplicar el análisis con Interacción Suelo Estructura, esto con la finalidad de obtener resultados mucho más precisos, poder generar una comparativa, y tener más información al momento de realizar el diseño de los elementos estructurales, lo que nos aportará afinando los criterios aplicados en esta etapa.
- Para terrenos con poca capacidad portante, es propicio emplear una platea de cimentación, ya que este elemento nos ayuda a disminuir notoriamente la presión que ejerce la estructura sobre el terreno, ayuda a uniformizar los esfuerzos y asentamientos, y también facilita el proceso constructivo.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araca, F., Gomez, L., Cahui, A., & Marín, G. (2020). Influencia de la Interacción Suelo Estructura en el Comportamiento de las viviendas aporticadas con zapatas aisladas en la ciudad de Juliaca. *Revista Científica de la Universidad del Cono Sur de las Américas* 7(2), 70-81.

[http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S240987522020000200070](http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S240987522020000200070)

Aviles, J., & Luis, E. (2004). Bases para las nuevas disposiciones reglamentarias sobre interacción dinámica suelo-estructura. *Revista de ingeniería sísmica*, 1(71), 36.

<https://www.redalyc.org/pdf/618/61807101.pdf>

Bonilla, A. (2019). *Análisis Sísmico Resistente Mediante la Interacción Sísmica Suelo-Estructura de Aulas en la Facultad de Ciencias Económicas* [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del sur de Manabí]. Repositorio Institucional de la Universidad Estatal del Sur de Manabí.

<http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1672/1/UNESUM-ECUADOR-ING.CIVIL-2019-04.pdf>.

Bustamante, J. (2021). *Comparación de los Métodos de calculo de interacción Suelo Estructura con la NTP E- 0.30. 2018, al Determinar la Respuesta Estructural de la Toorre II de la Clínica Limatambo S.A.C Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca.

<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/4452/Tesis%20completa%20Bustamante.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

- Canales, A. (2005). *Programa didáctico de ayuda a la secuela del diseño de cimentaciones superficiales* [Tesis de pregrado, Universidad de las Américas Puebla]. Repositorio Institucional de las Américas.  
[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lic/canales\\_g\\_aa](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/canales_g_aa)
- Deméneghi, A., & Sanginés, H. (2001). Interacción suelo zapata corrida. *Revista de Ingeniería Investigación y Tecnología*, ISSN 2594-0732, 2(4), 177-186.  
<http://dx.doi.org/10.22201/fi.25940732e.2001.02n4.018>
- Estela, J. (2019). *Comparación de la respuesta estructural de una edificación regular con zapatas aisladas en la ciudad de Cajamarca, considerando y obviando el efecto de Interacción Sísmica Suelo-Estructura* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2909>
- Fernández, L., & Avilés, J. (2008). Efectos de interacción suelo-estructura en edificios con planta baja blanda. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 79(1), 71-90.  
<https://www.scielo.org.mx/pdf/ris/n79/n79a4.pdf>
- Fernandez, B. (2021). *Comparación de los métodos de calculo de interacción suelo estructura con la NTP E-030.2018, al determinar la respuesta estructural de la torre II de la clinica Limatambo S.A.C Cajamrca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca.  
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4452?show=full>
- Gutierrez, L. (2019). *Efectos de la Interacción Suelo Estructura Estática en los elementos mecánicos de las estructuras* [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Metropolitana]. Repositorio Institucional de la universidad

Autónoma de Metropolitana.

[http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/6255/Efectos de la interaccion\\_suelo\\_estructura\\_Gutierrez\\_Martinez\\_L\\_F\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/6255/Efectos_de_la_interaccion_suelo_estructura_Gutierrez_Martinez_L_F_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Jersy, M. (2011). El Terremoto y Tsunami de Japón de 2011: Efectos y Lecciones que Deja. *Revista Terremoto Japon*, 5(1), 107.

<https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/Amb-107.pdf>

Marin, B. (2019). *Influencia de la interacción suelo-estructura en el desempeño estructural de puentes continuos de concreto armado sometidos a la acción de cargas sísmicas en suelos arenosos* [Tesis de posgrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional Universidad Ricardo Palma.

[https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2305/T030\\_10866488\\_M%20%20%20MAR%C3%8DN%20GUILLEN%20FELIX.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2305/T030_10866488_M%20%20%20MAR%C3%8DN%20GUILLEN%20FELIX.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Mejia, N. (2018). *Análisis de interacción suelo estructura en conjunto con un análisis Push Over en una edificación de 10 pisos en pórticos de concreto, en zonas Lacustre* [Tesis de posgrado, Universidad Militar Nueva Granada ]. Repositorio Institucional Universidad Militar Nueva Granada.

<http://hdl.handle.net/10654/20633>

Pérez, J. (2012). *Interacción suelo estructura utilizando el método de elementos finitos* [Tesis de Posgrado, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Autónoma de México.

<https://repositorio.unam.mx/contenidos/98579>.

- Rios, A. (2020). *Análisis de la interacción sísmica suelo-estructura en un edificio con sistema de muros estructurales sometido a diferentes perfiles de suelo, trujillo 2020* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional Universidad Privada del Norte.  
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24318>
- Saucedo, L. (2016). *Efectos de interacción suelo estructura en suelos muy rígido, intermedio y blando en el comportamiento estructural del edificio clinica los fresnos, Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional Universidad Privada del Norte.  
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/7241>
- Soriano, A. (1989). *Interacción suelo-estructura modificación del movimiento, Madrid*. [Tesis de posgrado, Universidad Complutense de Madrid]. Repositorio institucional de la Universidad Complutense de Madrid.  
[file:///C:/Users/USER/Downloads/\\_material\\_4458.pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/_material_4458.pdf)
- Tasilla, J. (2018). *Efecto de la interacción suelo-estructura en el comportamiento estructural, del sector "E" del hospital regional de Cajamarca considerando diferentes tipos de suelos* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca.  
<http://hdl.handle.net/20.500.14074/2838>
- Tejada, F. (2019). *Efectos de Interacción Suelo Estructura en la Respuesta Sísmica de Edificios Altos* [Tesis de posgrado, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona]. Repositorio Institucional de la Escuela Técnica Superior de Barcelona.  
<file:///C:/Users/USER/Downloads/Memoria%20FrayLuisTejada%20TFM.pdf>

Valderrama, C., & Meza, J. (2014). *Influencia de la interacción suelo-estructura en la reducción de esfuerzos de una edificación aporticada con zapatas aisladas*

[Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio

Institucional de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/346266/Tesis%20VALDERRAMA\\_CC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/346266/Tesis%20VALDERRAMA_CC.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Villareal, G. (2009). *Interacción sísmica suelo - estructura en edificaciones con zapatas*

*aisladas & Interacción suelo - estructura en edificios altos* ( Libro premio

Nacional ANR). Editorial.

<http://blog.pucp.edu.pe/blog/wpcontent/uploads/sites/109/2009/07/Interaccion-suelo-zapata.pdf>.

Villareal, G. (2021). Interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones con platea de

cimentación. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 26(1), 153-

178. <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/riie/article/view/1967/1455>



## AGRADECIMIENTO

Al **MG. José Luis Piedra Tineo** por sus consejos, tiempo, conocimientos y experiencias que hicieron viable el perfeccionamiento de este trabajo de estudios.

A los Ingenieros también en preferente que me apoyaron con los pensamientos realizados, a mi casa de estudios, la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN** por todas las enseñanzas suministradas a través de los magníficos profesores.

A todos nuestros amigos por su apoyo y motivación para la totalidad de este trabajo.

## DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, por darme el poder y la inteligencia para alcanzar mis deseos en la vida, a mi madre y a mi padre por inculcarme valores precisos, y por darme una educación y hacer de mí una persona valiosa, sincera, a mis hermanos, familia y amigos por su tiempo, enseñanza y ayuda durante la totalidad de mi tesis.

*Jaime Pérez Linares*

A mis padres, hermanos y familiares cercanos, que día a día me apoyan para yo poder seguir estudiante y formarme como profesional y también a todos mis amigos quien nos han incentivado y apoyado para hacer posible este trabajo de investigación.

*Noerli Aldair Chugden Olivera*

# ANEXOS

**ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

Tabla 19

## Matriz de Consistencia

"ANÁLISIS DE INTERACCIÓN SUELOESTRUCTURA EN UNA EDIFICACIÓN DE 6 NIVELES, EN LA CIUDAD DE JAÉN"								
Formulación del problema	Objetivos	Hipotesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Intrumentos de recolección de Datos	Metodología	Población y muestra
¿Cuáles son los efectos considerando la interacción estática suelo-estructura en la respuesta estructural en la edificación de 6 niveles en la ciudad de Jaén?	<b>GENERAL</b>	Los efectos de la incorporación de interacción estática suelo-estructura considerando un suelo intermedio genera un asentamiento de la estructura de la edificación de 6 niveles de la ciudad de Jaén. .	<b>Independiente</b>	Cimentación	Zapatas	Planos	Se utiliza un método analítico ya que se determinará causas y efectos y también el método descriptivo porque nos permitirá evaluar y explicar sistemáticamente lo que existe con respecto a las variaciones de cortante, derivas de entrepiso y asentamientos	<b>Población</b>
	Analizar la interacción estática suelo estructura mediante el modelamiento estructural sismorresistente en Etabs de una edificación de 6 niveles, en la ciudad de Jaén.							La población considerada está constituida por las edificaciones de 6 niveles de la habilitación Urbana San Juan, de la ciudad de Jaén, región Cajamarca; que comprende 38,853.51m <sup>2</sup> ubicado en la intersección de la avenida Pakamuros N°600 con la calle el Bosque, con una altitud de 745 m. s. n. m. y coordenadas Latitud Sur : 5° 42' 47.2" S (-5.71310309000) y Longitud Oeste :78° 48' 31.2" W (-78.80866557000)..
	<b>ESPECIFICOS</b>							<b>Muestra</b>
	_Modelar la edificación de 6 niveles utilizando el software Etabs, considerando los parámetros del suelo y del sismo según sismorresistente: E.030		En la ciudad de Jaén se ha observado que la gran mayoría de edificaciones tienen un promedio de 6 niveles, donde no se toma en cuenta un diseño estructural sismorresistente y no evalúan la interacción suelo estructura, por eso se buscó una edificación que cuente con las características necesarias para poder realizar nuestra investigación, lo cual elegimos la edificación "Tienda Husqvarna" de 6 niveles en la intersección de la avenida Pakamuros N°600 con la calle el Bosque, que comprende un área total de :190.29m <sup>2</sup>					
	_Evaluar la relación de cortantes estática y dinámica y el sistema estructural, considerando un suelo intermedio para evaluar la interacción suelo estructura							
	_Evaluar la variación del asentamiento, presiones y esfuerzos de la estructura que genera el efecto interacción suelo-estructura, aplicando el modelo de Winkler, con el modelamiento en el Etabs.							
_Proponer alternativas de solución en función al tipo de comportamiento que genera la interacción suelo estructura estática lineal y la falta de un análisis y diseño	<b>Dependiente</b>	Análisis estático	Cortante estática	MÉTODO DE WINKLER				
	Análisis dinámico	Cortante dinámica						
		Periodos						
		Derivas						
	Interacción suelo-estructura	Peresiones						
		Esfuerzos						
Asentamientos								

**ANEXO 2: PLANOS DE ESTRUCTURAS DE LA EDIFICACIÓN DE 6 NIVELES**

Figura 43

Plano de Estructuras del Primer Nivel

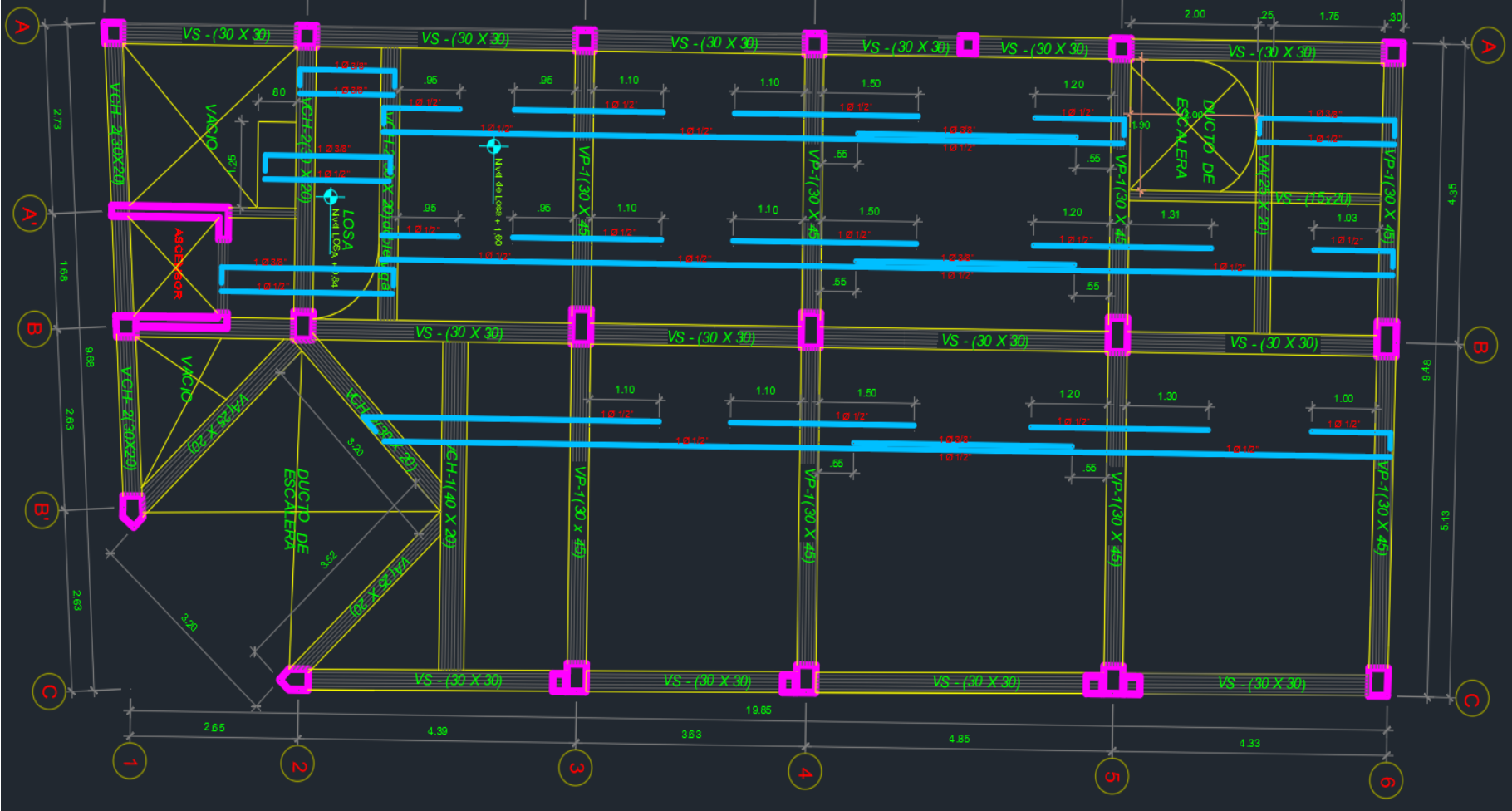




Figura 44

Plano de Estructuras del Mezanine

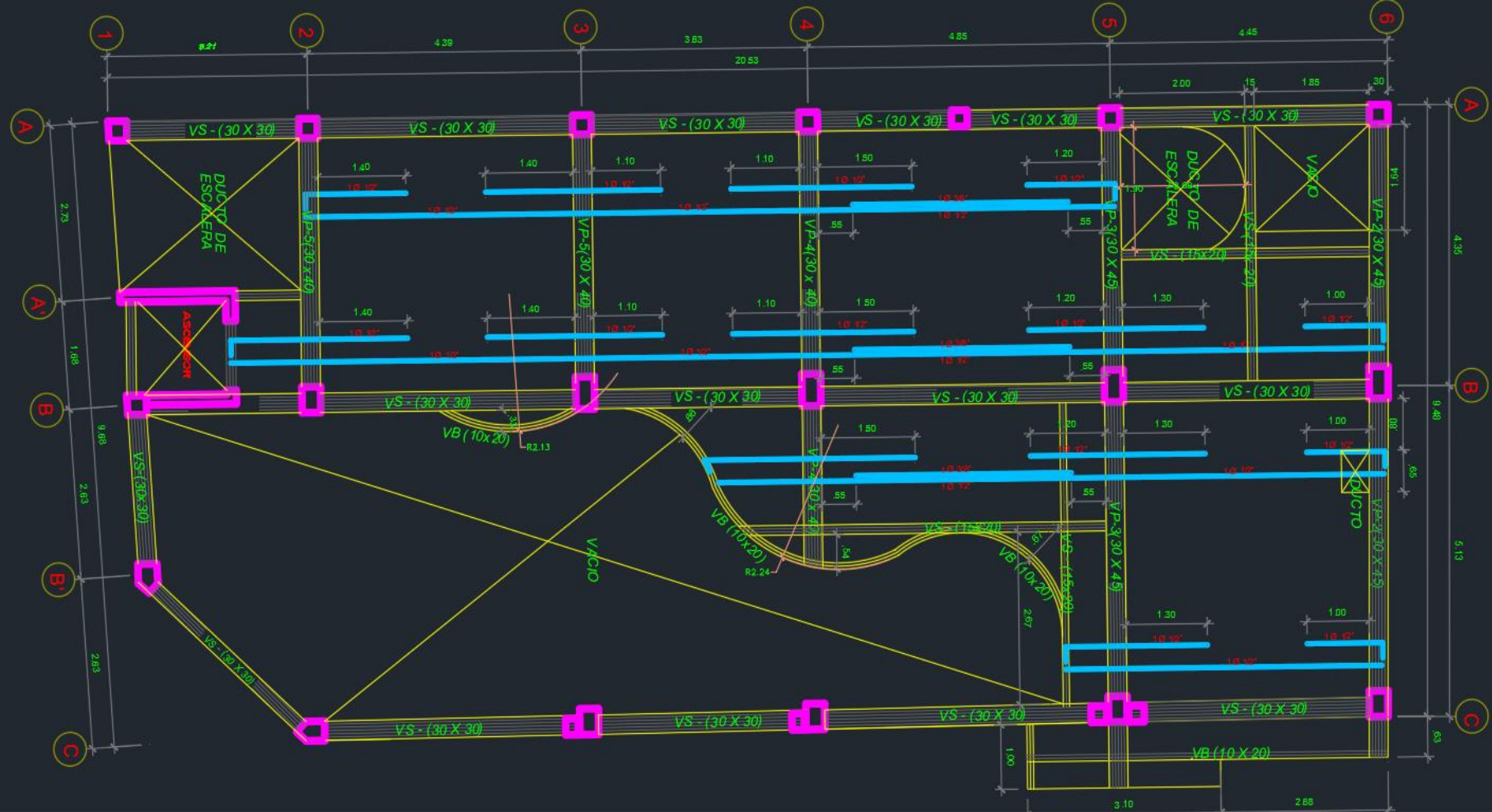
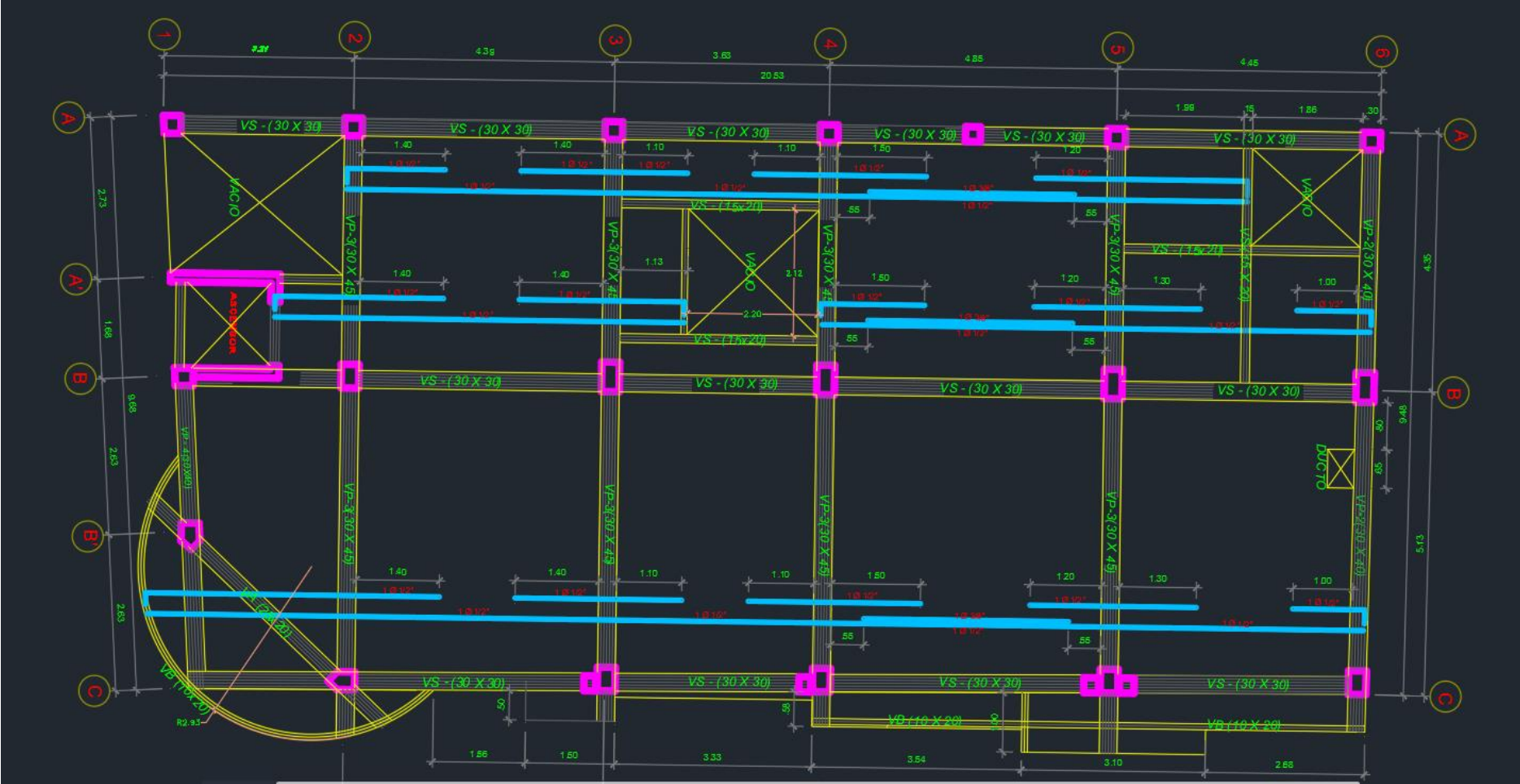


Figura 45

Plano de Estructuras del 2do, 3ro, 4to, 5to y 6to Piso



**ANEXO 3: VISTAS DEL EDIFICIO DE 6 NIVELES**

**Figura 46**

*Vista Frontal del Edificio de 6 Niveles*



**Figura 47**

*Vista Lateral del Edificio de 6 niveles*



**Figura 48**

*Vista en 3D del Edificio de 6 Niveles*



**ANEXO 4: VERIFICACIÓN DE IRREGULARIDADES DEL EDIFICIO DE 6 NIVELES**

Tabla 20

Verificación de irregularidad de rigidez-piso blando del edificio

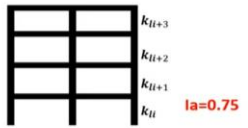
1. IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ-PISO BLANDO										
<p>1.- IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ - PISO BLANDO</p>  <p><math>k_{II} &lt; 0.7k_{II+1} \Rightarrow</math> Irregular</p> <p><math>k_{II} &lt; 0.8 \left( \frac{k_{II+1} + k_{II+2} + k_{II+3}}{3} \right)</math></p> <p>UC <math>k_{II} = \frac{V}{\Delta ICM}</math></p>										
<b>DIRECCIÓN X-X</b>								CASO 1	CASO 2	CONDICIÓN
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Shear X tonf	Drift X m	Stiff X tonf/m	RELACION DE RIGIDECEDES	RELACION DE RIGIDECEDES	REGULAR IRREGULAR
PISO 6	SÍSMO ESTÁTICO X-X	LinStatic	Step By Step	1	29.3773	0.00534	5501.574			REGULAR
PISO 5	SÍSMO ESTÁTICO X-X	LinStatic	Step By Step	1	55.2126	0.007265	7599.955	1.97344952		REGULAR
PISO 4	SÍSMO ESTÁTICO X-X	LinStatic	Step By Step	1	75.903	0.009022	8413.411	1.581477597		REGULAR
PISO 3	SÍSMO ESTÁTICO X-X	LinStatic	Step By Step	1	92.6363	0.011211	8262.662	1.40297471	1.440161232	REGULAR
PISO 2	SÍSMO ESTÁTICO X-X	LinStatic	Step By Step	1	101.2079	0.010804	9368.005	1.619679503	1.447107358	REGULAR
PISO 1	SÍSMO ESTÁTICO X-X	LinStatic	Step By Step	1	107.1595	0.00545	19662.209	2.998383327	2.83109595	REGULAR
								$k_{II} < 0.7k_{II+1} \Rightarrow$ Irregular	$k_{II} < 0.8 \left( \frac{k_{II+1} + k_{II+2} + k_{II+3}}{3} \right)$	
<b>DIRECCIÓN Y-Y</b>								CASO 1	CASO 2	CONDICIÓN
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Shear Y tonf	Drift Y m	Stiff Y tonf/m	RELACION DE RIGIDECEDES	RELACION DE RIGIDECEDES	REGULAR IRREGULAR
PISO 6	SÍSMO ESTÁTICO Y-Y	LinStatic	Step By Step	1	25.7291	0.006967	3692.945			REGULAR
PISO 5	SÍSMO ESTÁTICO Y-Y	LinStatic	Step By Step	1	48.3562	0.007838	6169.33	2.38653123		REGULAR
PISO 4	SÍSMO ESTÁTICO Y-Y	LinStatic	Step By Step	1	66.4771	0.008339	7971.965	1.845989991		REGULAR
PISO 3	SÍSMO ESTÁTICO Y-Y	LinStatic	Step By Step	1	81.1325	0.007864	10317.428	1.848877016	2.16944232	REGULAR
PISO 2	SÍSMO ESTÁTICO Y-Y	LinStatic	Step By Step	1	88.6396	0.005888	15055.006	2.084545822	2.308226497	REGULAR
PISO 1	SÍSMO ESTÁTICO Y-Y	LinStatic	Step By Step	1	93.8521	0.002538	36981.807	3.509208356	4.1590726	REGULAR



Tabla 21

Verificación de irregularidad de rigidez-piso débil del edificio

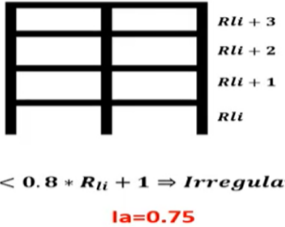
<b>2. IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ-PISO DEBIL</b>							
2.- IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ - PISO DEBIL							
							
<b>DIRECCIÓN X-X</b>							<b>CONDICIÓN</b>
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Location	VX	RELACIÓN DE PESOS	REGULAR
					tonf		IRREGULAR
PISO 6	SÍSMO DINÁMICO X-X	LinRespSpec	Max	Bottom	14.0007		REGULAR
PISO 5	SÍSMO DINÁMICO X-X	LinRespSpec	Max	Bottom	24.7555	2.21020199	REGULAR
PISO 4	SÍSMO DINÁMICO X-X	LinRespSpec	Max	Bottom	33.18	1.675385268	REGULAR
PISO 3	SÍSMO DINÁMICO X-X	LinRespSpec	Max	Bottom	40.3411	1.519782248	REGULAR
PISO 2	SÍSMO DINÁMICO X-X	LinRespSpec	Max	Bottom	44.3299	1.373596035	REGULAR
PISO 1	SÍSMO DINÁMICO X-X	LinRespSpec	Max	Bottom	46.8596	1.321331652	REGULAR
<b>DIRECCIÓN Y-Y</b>							<b>CONDICIÓN</b>
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Location	VY	RELACIÓN DE PESOS	REGULAR
					tonf		IRREGULAR
PISO 6	SÍSMO DINÁMICO Y-Y	LinRespSpec	Max	Bottom	15.6916		REGULAR
PISO 5	SÍSMO DINÁMICO Y-Y	LinRespSpec	Max	Bottom	25.8683	2.060680555	REGULAR
PISO 4	SÍSMO DINÁMICO Y-Y	LinRespSpec	Max	Bottom	33.2711	1.607715814	REGULAR
PISO 3	SÍSMO DINÁMICO Y-Y	LinRespSpec	Max	Bottom	39.6174	1.488431401	REGULAR
PISO 2	SÍSMO DINÁMICO Y-Y	LinRespSpec	Max	Bottom	43.0494	1.358285753	REGULAR
PISO 1	SÍSMO DINÁMICO Y-Y	LinRespSpec	Max	Bottom	45.0755	1.308830669	REGULAR

Tabla 22

Verificación de irregularidad de masa o peso e irregularidad geométrica

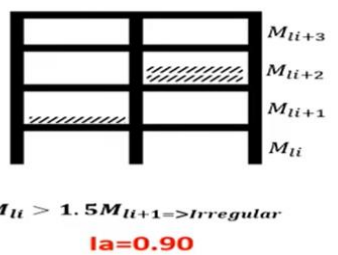
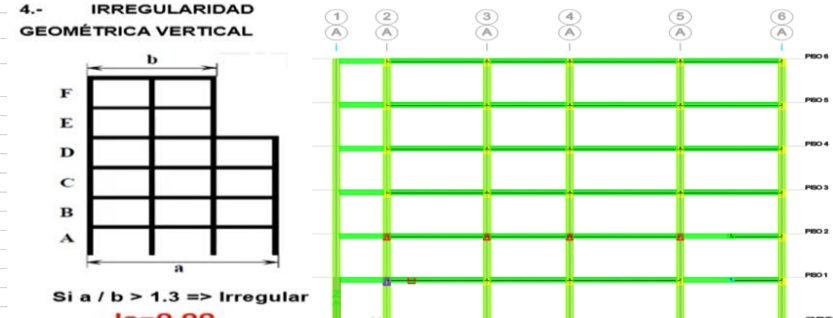
3. IRREGULARIDAD DE MASA O PESO							
<p>3.- IRREGULARIDAD DE MASA O PESO</p>  <p><math>M_{ii} &gt; 1.5 M_{ii+1} \Rightarrow Irregular</math> <math>Ia=0.90</math></p>							
						$M_{ii} > 1.5 M_{ii+1} \Rightarrow Irregular$	
							CONDICIÓN
Story	Output Case	Case Type	Location	P	Peso por Piso	Relación de pesos	REGULAR
				tonf			IRREGULAR
PISO 6	PESO SÍSMICO	Combination	Bottom	317.8994	317.8994		REGULAR
PISO 5	PESO SÍSMICO	Combination	Bottom	707.7988	389.8994	476.8491	REGULAR
PISO 4	PESO SÍSMICO	Combination	Bottom	803.6981	413.7987	584.8491	REGULAR
PISO 3	PESO SÍSMICO	Combination	Bottom	884.3819	470.5832	620.69805	REGULAR
PISO 2	PESO SÍSMICO	Combination	Bottom	922.5977	452.0145	705.8748	REGULAR
PISO 1	PESO SÍSMICO	Combination	Bottom	1040.4532	588.4387	678.02175	REGULAR
<p>4. IRREGULARIDAD GEOMÉTRICA VERTICAL</p> <p>4.- IRREGULARIDAD GEOMÉTRICA VERTICAL</p>  <p><math>Si a / b &gt; 1.3 \Rightarrow Irregular</math> <math>Ia=0.90</math></p>							
						$Si a / b > 1.3 \Rightarrow Irregular$	
							CONDICIÓN
				a	19.53		REGULAR
				b	19.53	1	

Tabla 23

Verificación de irregularidad en planta


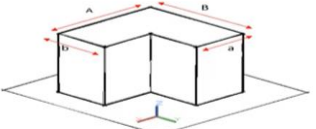
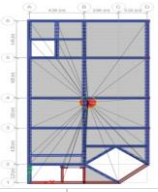

1. IRREGULARIDAD TORSIONAL																																																																														
 <p>1.- IRREGULARIDAD TORSIONAL</p> <p>Si <math>A_{max} \geq 1.3 A_{prom} \Rightarrow</math> Irregular                      Si <math>A_{max} \geq 1.5 A_{prom} \Rightarrow</math> Irregular Extrema                      Donde <math>A_{prom} = (A_1 + A_2) / 2</math> y <math>A_{max} = A_1</math></p> <p><b><math>I_p=0.75</math></b></p>	<p style="text-align: center;"><b>DIRECCIÓN X-X</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Story</th> <th>Output Case</th> <th>Case Type</th> <th>Step Type</th> <th>Item</th> <th>Max Drift</th> <th>Avg Drift</th> <th>Ratio</th> <th>Label</th> <th>CONDICIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PISO 6</td> <td>DERIVA X-X</td> <td>Combination</td> <td>Max</td> <td>Diaph D6 X</td> <td>0.002218</td> <td>0.002028</td> <td>1.094</td> <td>76</td> <td>REGULAR</td> </tr> <tr> <td>PISO 5</td> <td>DERIVA X-X</td> <td>Combination</td> <td>Max</td> <td>Diaph D5 X</td> <td>0.002998</td> <td>0.002747</td> <td>1.091</td> <td>76</td> <td>REGULAR</td> </tr> <tr> <td>PISO 4</td> <td>DERIVA X-X</td> <td>Combination</td> <td>Max</td> <td>Diaph D4 X</td> <td>0.003628</td> <td>0.00339</td> <td>1.07</td> <td>76</td> <td>REGULAR</td> </tr> <tr> <td>PISO 3</td> <td>DERIVA X-X</td> <td>Combination</td> <td>Max</td> <td>Diaph D3 X</td> <td>0.004283</td> <td>0.004213</td> <td>1.017</td> <td>17</td> <td>REGULAR</td> </tr> <tr> <td>PISO 2</td> <td>DERIVA X-X</td> <td>Combination</td> <td>Max</td> <td>Diaph D2 X</td> <td>0.004509</td> <td>0.0041</td> <td>1.1</td> <td>17</td> <td>REGULAR</td> </tr> <tr> <td>PISO 1</td> <td>DERIVA X-X</td> <td>Combination</td> <td>Max</td> <td>Diaph D1 X</td> <td>0.003137</td> <td>0.002113</td> <td>1.185</td> <td>17</td> <td>REGULAR</td> </tr> </tbody> </table>								Story	Output Case	Case Type	Step Type	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Label	CONDICIÓN	PISO 6	DERIVA X-X	Combination	Max	Diaph D6 X	0.002218	0.002028	1.094	76	REGULAR	PISO 5	DERIVA X-X	Combination	Max	Diaph D5 X	0.002998	0.002747	1.091	76	REGULAR	PISO 4	DERIVA X-X	Combination	Max	Diaph D4 X	0.003628	0.00339	1.07	76	REGULAR	PISO 3	DERIVA X-X	Combination	Max	Diaph D3 X	0.004283	0.004213	1.017	17	REGULAR	PISO 2	DERIVA X-X	Combination	Max	Diaph D2 X	0.004509	0.0041	1.1	17	REGULAR	PISO 1	DERIVA X-X	Combination	Max	Diaph D1 X	0.003137	0.002113	1.185	17	REGULAR
	Story	Output Case	Case Type	Step Type	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Label	CONDICIÓN																																																																				
	PISO 6	DERIVA X-X	Combination	Max	Diaph D6 X	0.002218	0.002028	1.094	76	REGULAR																																																																				
	PISO 5	DERIVA X-X	Combination	Max	Diaph D5 X	0.002998	0.002747	1.091	76	REGULAR																																																																				
	PISO 4	DERIVA X-X	Combination	Max	Diaph D4 X	0.003628	0.00339	1.07	76	REGULAR																																																																				
	PISO 3	DERIVA X-X	Combination	Max	Diaph D3 X	0.004283	0.004213	1.017	17	REGULAR																																																																				
	PISO 2	DERIVA X-X	Combination	Max	Diaph D2 X	0.004509	0.0041	1.1	17	REGULAR																																																																				
PISO 1	DERIVA X-X	Combination	Max	Diaph D1 X	0.003137	0.002113	1.185	17	REGULAR																																																																					
<p style="text-align: center;"><b>DIRECCIÓN Y-Y</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Story</th> <th>Output Case</th> <th>Case Type</th> <th>Step Type</th> <th>Item</th> <th>Max Drift</th> <th>Avg Drift</th> <th>Ratio</th> <th>Label</th> <th>CONDICIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PISO 6</td> <td>DERIVA Y-Y</td> <td>Combination</td> <td>Max</td> <td>Diaph D6 Y</td> <td>0.003406</td> <td>0.003078</td> <td>1.106</td> <td>17</td> <td>REGULAR</td> </tr> <tr> <td>PISO 5</td> <td>DERIVA Y-Y</td> <td>Combination</td> <td>Max</td> <td>Diaph D5 Y</td> <td>0.003745</td> <td>0.003419</td> <td>1.095</td> <td>17</td> <td>REGULAR</td> </tr> <tr> <td>PISO 4</td> <td>DERIVA Y-Y</td> <td>Combination</td> <td>Max</td> <td>Diaph D4 Y</td> <td>0.003922</td> <td>0.00358</td> <td>1.095</td> <td>17</td> <td>REGULAR</td> </tr> <tr> <td>PISO 3</td> <td>DERIVA Y-Y</td> <td>Combination</td> <td>Max</td> <td>Diaph D3 Y</td> <td>0.003717</td> <td>0.003371</td> <td>1.103</td> <td>17</td> <td>REGULAR</td> </tr> <tr> <td>PISO 2</td> <td>DERIVA Y-Y</td> <td>Combination</td> <td>Max</td> <td>Diaph D2 Y</td> <td>0.002929</td> <td>0.002543</td> <td>1.152</td> <td>17</td> <td>REGULAR</td> </tr> <tr> <td>PISO 1</td> <td>DERIVA Y-Y</td> <td>Combination</td> <td>Max</td> <td>Diaph D1 Y</td> <td>0.001661</td> <td>0.001146</td> <td>1.145</td> <td>17</td> <td>REGULAR</td> </tr> </tbody> </table>								Story	Output Case	Case Type	Step Type	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Label	CONDICIÓN	PISO 6	DERIVA Y-Y	Combination	Max	Diaph D6 Y	0.003406	0.003078	1.106	17	REGULAR	PISO 5	DERIVA Y-Y	Combination	Max	Diaph D5 Y	0.003745	0.003419	1.095	17	REGULAR	PISO 4	DERIVA Y-Y	Combination	Max	Diaph D4 Y	0.003922	0.00358	1.095	17	REGULAR	PISO 3	DERIVA Y-Y	Combination	Max	Diaph D3 Y	0.003717	0.003371	1.103	17	REGULAR	PISO 2	DERIVA Y-Y	Combination	Max	Diaph D2 Y	0.002929	0.002543	1.152	17	REGULAR	PISO 1	DERIVA Y-Y	Combination	Max	Diaph D1 Y	0.001661	0.001146	1.145	17	REGULAR	
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Label	CONDICIÓN																																																																					
PISO 6	DERIVA Y-Y	Combination	Max	Diaph D6 Y	0.003406	0.003078	1.106	17	REGULAR																																																																					
PISO 5	DERIVA Y-Y	Combination	Max	Diaph D5 Y	0.003745	0.003419	1.095	17	REGULAR																																																																					
PISO 4	DERIVA Y-Y	Combination	Max	Diaph D4 Y	0.003922	0.00358	1.095	17	REGULAR																																																																					
PISO 3	DERIVA Y-Y	Combination	Max	Diaph D3 Y	0.003717	0.003371	1.103	17	REGULAR																																																																					
PISO 2	DERIVA Y-Y	Combination	Max	Diaph D2 Y	0.002929	0.002543	1.152	17	REGULAR																																																																					
PISO 1	DERIVA Y-Y	Combination	Max	Diaph D1 Y	0.001661	0.001146	1.145	17	REGULAR																																																																					
<p style="text-align: center;"><b>2. ESQUINAS ENTRANTES</b></p>																																																																														
 <p>2.- ESQUINAS ENTRANTES</p> <p>Si <math>a &gt; 0.20A</math> o <math>b &gt; 0.2B \Rightarrow</math> Irregular</p> <p><b><math>I_p=0.90</math></b></p>	 <p>No existe</p>																																																																													
<p style="text-align: center;"><b>3. DISCONTINUIDAD DEL DIAFRAGMA</b></p>																																																																														
 <p>3.- DISCONTINUIDAD DEL DIAFRAGMA</p> <p>Si: <math>D + C &gt; 0.50A + B</math>  <math>(B - D) + espesor &lt; 0.25B + espesor \Rightarrow</math> irregular</p> <p><b><math>I_p=0.85</math></b></p>	<p>No existe</p>																																																																													

Figura 49

Resultados de Story stiffness en ambas direcciones para evaluar las irregularidades en altura

**E** Story Stiffness — □ ×

File Edit Format-Filter-Sort  Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None Story Stiffness ▾

Filter: ([Output Case] = 'SÍSMO ESTÁTICO X-X')

	Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Shear X tonf	Drift X m	Stiff X tonf/m	Shear Y tonf	Drift Y m
▶	PISO 6	SÍSMO ESTÁT...	LinStatic	Step By Step	1	29.3773	0.00534	5501.574	0	0.000257
	PISO 5	SÍSMO ESTÁT...	LinStatic	Step By Step	1	55.2126	0.007265	7599.955	0	0.000241
	PISO 4	SÍSMO ESTÁT...	LinStatic	Step By Step	1	75.903	0.009022	8413.411	0	0.00028
	PISO 3	SÍSMO ESTÁT...	LinStatic	Step By Step	1	92.6363	0.011211	8262.662	0	0.000422
	PISO 2	SÍSMO ESTÁT...	LinStatic	Step By Step	1	101.2079	0.010804	9368.005	0	0.000606
	PISO 1	SÍSMO ESTÁT...	LinStatic	Step By Step	1	107.1595	0.00545	19662.209	0	0.001075

**E** Story Stiffness —

File Edit Format-Filter-Sort  Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None Story Stiffness

Filter: ([Output Case] = 'SÍSMO ESTÁTICO Y-Y')

	Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Shear X tonf	Drift X m	tif X	Shear Y tonf	Drift Y m	Stiff Y tonf/m
▶	PISO 6	SÍSMO ESTÁT...	LinStatic	Step By Step	1	0	0.00047	0	25.7291	0.006967	3692.945
	PISO 5	SÍSMO ESTÁT...	LinStatic	Step By Step	1	0	0.000304	0	48.3562	0.007838	6169.33
	PISO 4	SÍSMO ESTÁT...	LinStatic	Step By Step	1	0	0.000103	0	66.4771	0.008339	7971.965
	PISO 3	SÍSMO ESTÁT...	LinStatic	Step By Step	1	0	0.000112	0	81.1325	0.007864	10317.428
	PISO 2	SÍSMO ESTÁT...	LinStatic	Step By Step	1	0	0.000411	0	88.6396	0.005888	15055.006
	PISO 1	SÍSMO ESTÁT...	LinStatic	Step By Step	1	0	0.002189	0	93.8521	0.002538	36981.807

Figura 50

Resultados de Story Forces en ambas direcciones para evaluar las irregularidades en altura

Story Forces

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None

Filter: ([Output Case] = 'SÍSMO DINÁMICO X-X') AND ([Location] = 'Bottom')

	Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	te
▶	PISO 6	SÍSMO DINÁMICO X-X	LinRespSpec	Max		Bottom	0	14.0007	4.9921	147.4797	
	PISO 5	SÍSMO DINÁMICO X-X	LinRespSpec	Max		Bottom	0	24.7555	8.2563	251.9346	
	PISO 4	SÍSMO DINÁMICO X-X	LinRespSpec	Max		Bottom	0	33.18	11.2245	332.1172	
	PISO 3	SÍSMO DINÁMICO X-X	LinRespSpec	Max		Bottom	0	40.3411	13.1927	401.5201	
	PISO 2	SÍSMO DINÁMICO X-X	LinRespSpec	Max		Bottom	9.012E-07	44.3299	14.1506	449.9899	
	PISO 1	SÍSMO DINÁMICO X-X	LinRespSpec	Max		Bottom	9.021E-07	46.8596	14.9475	479.9078	

Story Forces

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None

Filter: ([Output Case] = 'SÍSMO DINÁMICO Y-Y') AND ([Location] = 'Bottom')

	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
▶	SÍSMO DINÁMICO Y-Y	LinRespSpec	Max		Bottom	0	4.9124	15.6916	102.4903	43.9365	13.7547
	SÍSMO DINÁMICO Y-Y	LinRespSpec	Max		Bottom	0	8.2296	25.8683	166.8193	114.8492	35.5404
	SÍSMO DINÁMICO Y-Y	LinRespSpec	Max		Bottom	0	11.0258	33.2711	215.5957	204.1511	65.1966
	SÍSMO DINÁMICO Y-Y	LinRespSpec	Max		Bottom	0	13.5516	39.6174	261.6979	308.312	101.3749
	SÍSMO DINÁMICO Y-Y	LinRespSpec	Max		Bottom	0	14.3207	43.0494	277.5766	422.1878	140.5023
	SÍSMO DINÁMICO Y-Y	LinRespSpec	Max		Bottom	0	14.9475	45.0755	281.329	544.8924	181.5626

**Figura 51**

*Resultados de Story Forces según peso sísmico (100CM+25CV) para evaluar las irregularidades en altura*

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Location	P tonf
PISO 6	PESO SÍSMICO	Combination			Bottom	167.8994
PISO 5	PESO SÍSMICO	Combination			Bottom	335.7988
PISO 4	PESO SÍSMICO	Combination			Bottom	503.6981
PISO 3	PESO SÍSMICO	Combination			Bottom	684.3819
PISO 2	PESO SÍSMICO	Combination			Bottom	822.5977
PISO 1	PESO SÍSMICO	Combination			Bottom	1040.4532

**Figura 52**

*Resultados de desplazamientos máximos para evaluar las irregularidades en planta*

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Label
PISO 6	DERIVA X-X	Combination	Max		Diaph D6 X	0.002218	0.002028	1.094	76
PISO 5	DERIVA X-X	Combination	Max		Diaph D5 X	0.002998	0.002747	1.091	76
PISO 4	DERIVA X-X	Combination	Max		Diaph D4 X	0.003628	0.00339	1.07	76
PISO 3	DERIVA X-X	Combination	Max		Diaph D3 X	0.004283	0.004213	1.017	17
PISO 2	DERIVA X-X	Combination	Max		Diaph D2 X	0.004509	0.0041	1.1	17
PISO 1	DERIVA X-X	Combination	Max		Diaph D1 X	0.003137	0.002113	1.185	17

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Label
PISO 6	DERIVA Y-Y	Combination	Max		Diaph D6 Y	0.003408	0.003078	1.106	17
PISO 5	DERIVA Y-Y	Combination	Max		Diaph D5 Y	0.003745	0.003419	1.095	17
PISO 4	DERIVA Y-Y	Combination	Max		Diaph D4 Y	0.003922	0.00358	1.095	17
PISO 3	DERIVA Y-Y	Combination	Max		Diaph D3 Y	0.003717	0.003371	1.103	17
PISO 2	DERIVA Y-Y	Combination	Max		Diaph D2 Y	0.002929	0.002543	1.152	17
PISO 1	DERIVA Y-Y	Combination	Max		Diaph D1 Y	0.001681	0.001146	1.145	17