



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO ESTRUCTURAL CON CIMENTACIÓN RÍGIDA Y  
FLEXIBLE PARA MEJORAR EL COSTO EN  
EDIFICACIONES DE DIFERENTES ALTURAS EN EL  
DISTRITO CHICLAYO**

**PRESENTADA POR  
BENGHY JAFECB ANDRES BAYONA VASQUEZ  
HAROLD EDWAR BENITES CHOQUEHUANCA**

**ASESORES  
JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA  
ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO**

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

**LIMA – PERÚ  
2024**



**CC BY-NC-ND**

**Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada**

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



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

**DISEÑO ESTRUCTURAL CON CIMENTACIÓN RÍGIDA Y  
FLEXIBLE PARA MEJORAR EL COSTO EN EDIFICACIONES DE  
DIFERENTES ALTURAS EN EL DISTRITO CHICLAYO**

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

**PRESENTADO POR:  
BENGHY JAFECB ANDRES BAYONA VASQUEZ  
HAROLD EDWAR BENITES CHOQUEHUANCA**

**ASESORES:**  
Mg. Ing. JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA  
<https://orcid.org/0000-0003-3228-8427>  
Mg. Ing. ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO  
<https://orcid.org/0000-0002-8731-7734>

**LIMA, PERÚ**

**2024**

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la vida y ser nuestro motor.

A lo largo de mi vida se me han presentado muchas dificultades, sin embargo, conté con el apoyo de muchas personas que me motivaron a seguir y nunca rendirme, una de ellas no está físicamente, pero si en alma, por eso dedico esta tesis a mi Tita, uno de sus más grandes sueños era verme siendo un gran profesional.

También a mi madre, que pasó por muchas carencias para poder ayudarme y salir adelante, después de esto podré decirle con un fuerte abrazo, que todo valió la pena.

A toda mi familia, porque gracias a ellos, logro alcanzar mis objetivos y metas.

**Benghy Jafecb Andrés Bayona Vásquez**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por entregarme la fuerza, ser mi guía en cada paso de este camino necesario para culminar la meta.

A mis padres, por todo su amor, apoyo inquebrantable y por inculcarme valores que me han permitido llegar hasta aquí

También a mis hermanos, por su constante apoyo, comprensión y por compartir cada instante de esta travesía.

A mis sobrinos cuya alegría y energía me han inspirado a seguir adelante. A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento por creer en mí y por acompañarme en cada etapa de este viaje

**Harold Edwar Benites Choquehuanca**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad de San Martín de Porres y a los docentes que nos inculcaron conocimientos a lo largo de la carrera

Al Mag. Ing Juan Manuel Oblitas Santamaría y al Mag. Ing. Ernesto Antonio Villar Gallardo, que nos asesoraron durante la presente investigación; así como también al Mag. Ing. Carlos Eduardo Ramos Brast, por su apoyo y consejos.

A mi tita, padres, familia, que gracias a su apoyo pude estudiar y ser mejor cada día.

A mi enamorada que me apoyó desde el primer día y presionó para poder terminar esta investigación.

**Benghy Jafecb Andrés Bayona Vásquez**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por orientarme hacia el camino del logro y permitirme alcanzar mis objetivos y a mi amada familia por ser el pilar esencial que influye en mi vida.

Agradezco a la Universidad De San Martín De Porres por darme la posibilidad de obtener educación universitaria, lo cual ha ampliado significativamente mis perspectivas de crecimiento profesional.

A mi asesor y a los jurados por su invaluable apoyo y dedicación en la revisión de mi trabajo de tesis, sus valiosas contribuciones y orientación han sido fundamentales para el éxito de este proyecto.

**Harold Edwar Benites Choquehuanca**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN .....	xx
ABSTRACT .....	xxi
INTRODUCCIÓN .....	xxii
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO</b>	
1.1. Antecedentes de la investigación .....	1
1.1.1. Antecedentes internacionales .....	1
1.1.2. Antecedentes nacionales .....	4
1.2. Bases teóricas .....	8
1.2.1. Origen de los terremotos .....	8
1.2.2. Aspectos sísmicos .....	8
1.2.3. Tipos de suelo en el distrito de Chiclayo .....	11
1.2.4. Cimentaciones .....	13
1.2.5. Condiciones básicas para el diseño de las cimentaciones .....	14
1.2.6. Clasificación de las cimentaciones .....	15
1.2.7. Zapatas .....	18
1.2.8. Losa o platea de cimentación .....	25
1.2.9. Reglamento nacional de edificaciones .....	36
1.3. Definición de términos Básicos .....	50
<b>CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES</b>	
Formulación problemática .....	53
Formulación de objetivos .....	54
2.1. Hipótesis .....	55
2.1.1. Hipótesis General .....	55
2.1.2. Hipótesis Específicas .....	55
2.2. Variables y Definición Operacional .....	56
2.2.1. Definición de variables .....	56

2.2.2. Definición Operacional.....	57
------------------------------------	----

### **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

3.1. Diseño Metodológico.....	59
3.1.1. Enfoque de la investigación.....	59
3.1.2. Tipo de Investigación.....	59
3.1.3. Nivel de la Investigación.....	60
3.1.4. Diseño de la Investigación.....	61
3.2. Diseño muestral.....	61
3.2.1. Población.....	61
3.2.2. Muestra.....	64
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	69
3.3.1. Técnica de recolección de datos.....	69
3.3.2. Instrumentos de recolección de datos.....	70
3.3.3. Técnica e instrumentos de procesamiento de datos.....	70
3.3.4. Procedimiento.....	71
3.4. Consideraciones éticas.....	73

### **CAPÍTULO IV: RESULTADOS**

4.1. Descripción del proyecto.....	74
4.1.1. Ubicación geográfica.....	74
4.1.2. Área y perímetro.....	74
4.1.3. Arquitectura.....	75
4.1.4. Estructura.....	76
4.2. Estudio de mecánica de suelos (EMS).....	76
4.3. Predimensionamiento de la edificación.....	79
4.3.1. Predimensionamiento de losa.....	79
4.3.2. Predimensionamiento de vigas.....	79
4.3.3. Predimensionamiento de columnas.....	79

4.4.	Modelamiento de la edificación .....	80
4.4.1.	Geometría de la edificación .....	81
4.5.	Análisis sísmico de las edificaciones.....	83
4.5.1.	Análisis sísmico – Edificación 5 niveles.....	83
4.5.2.	Análisis sísmico – Edificación 7 niveles.....	102
4.6.	Diseño de la cimentación .....	120
4.6.1.	Determinación de rigidez .....	120
4.6.2.	Cimentación para edificación 5 niveles – sector 1 .....	121
4.6.3.	Cimentación para edificación 7 niveles – sector 1 .....	158
4.6.4.	Cimentación para edificación 5 niveles – sector 2.....	200
4.6.5.	Cimentación para edificación 7 niveles - sector 2.....	237
4.7.	Presupuesto de cada cimentación .....	274
4.7.1.	Cimentación rígida – 5 niveles – sector 1 .....	274
4.7.2.	Cimentación flexible – 5 niveles – sector 1 .....	275
4.7.3.	Cimentación rígida – 7 niveles – sector 1 .....	276
4.7.4.	Cimentación flexible – 7 niveles – sector 1 .....	277
4.7.5.	Cimentación rígida – 5 niveles – sector 2.....	278
4.7.6.	Cimentación flexible – 5 niveles – sector 2.....	279
4.7.7.	Cimentación rígida – 7 niveles – sector 2.....	280
4.7.8.	Cimentación flexible – 7 niveles – sector .....	281
4.8.	Comparativa.....	282
4.8.1.	Económica.....	282
4.8.2.	Materiales – acero .....	284
4.8.3.	Materiales - concreto .....	286

## **CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

5.1.	Contrastación de hipótesis .....	288
5.6.1.	Hipótesis general HG: Costo en edificaciones.....	288

5.6.2.	Hipótesis específica H1: Estudio de mecánica de suelos.....	289
5.6.3.	Hipótesis específica H2: Predimensionamiento estructural .....	290
5.6.4.	Hipótesis específica H3: Modelamiento estructural .....	291
5.6.5.	Hipótesis específica H4: Presupuesto .....	292
5.2.	Contrastación de antecedentes.....	293
5.2.1.	Antecedentes internacionales.....	293
5.2.2.	Antecedentes nacionales.....	293

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

FUENTES DE INFORMACIÓN

ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1</b> Tipos de suelos predominantes en la ciudad de Chiclayo .....	12
<b>Tabla 2</b> Cargas de trabajo para diferentes tipos de suelo.....	14
<b>Tabla 3</b> Distribución de presiones en zapatas .....	19
<b>Tabla 4</b> Comprobaciones a realizar en zapatas aisladas.....	21
<b>Tabla 5</b> Valores comunes de la reacción de la subrasante $k_{0.3}$ ( $k_1$ ).....	35
<b>Tabla 6</b> Cargas vivas mínimas repartidas.....	36
<b>Tabla 7</b> Cargas vivas mínimas repartidas.....	37
<b>Tabla 8</b> Carga Viva – Barandas y Parapetos.....	38
<b>Tabla 9</b> Pesos Unitarios.....	38
<b>Tabla 10</b> Clasificación de los perfiles del suelo.....	40
<b>Tabla 11</b> Factor de suelo .....	41
<b>Tabla 12</b> Periodo de suelo .....	41
<b>Tabla 13</b> Categorías de las edificaciones y factor U .....	42
<b>Tabla 14</b> Categorías de las edificaciones y factor U .....	43
<b>Tabla 15</b> Categoría y Sistema Estructural .....	43
<b>Tabla 16</b> Sistema Estructural y Coeficiente de Reducción .....	44
<b>Tabla 17</b> Irregularidades Estructurales en Altura .....	45
<b>Tabla 18</b> Irregularidades Estructurales en Planta .....	46
<b>Tabla 19</b> Distorsiones .....	48
<b>Tabla 20</b> Operacionalización de variable independiente.....	58
<b>Tabla 21</b> Operacionalización de variable dependiente .....	58
<b>Tabla 22</b> Dimensión de columnas.....	80
<b>Tabla 23</b> Cargas a considerar en el modelamiento.....	85
<b>Tabla 24</b> Parámetros para análisis estático .....	85
<b>Tabla 25</b> Espectro de respuesta .....	86
<b>Tabla 26</b> Participación modal.....	88
<b>Tabla 27</b> Irregularidad de Rigidez - Piso blando - Verificación en X .....	88
<b>Tabla 28</b> Irregularidad de Rigidez - Piso blando - Verificación en Y .....	89
<b>Tabla 29</b> Irregularidad de Masa o Peso .....	89
<b>Tabla 30</b> Irregularidades en altura .....	90
<b>Tabla 31</b> Irregularidad torsional - verificación en X.....	90

<b>Tabla 32</b> Irregularidad torsional - verificación en Y .....	91
<b>Tabla 33</b> Irregularidades en planta .....	91
<b>Tabla 34</b> Distorsiones de entrepiso - Edificación 5 niveles - Sector 1.....	92
<b>Tabla 35</b> Reacciones en la base - Dead .....	94
<b>Tabla 36</b> Reacciones en la base - Dead .....	95
<b>Tabla 37</b> Reacciones en la base – Live .....	96
<b>Tabla 38</b> Reacciones en la base – Live .....	97
<b>Tabla 39</b> Reacciones en la base - SDX .....	98
<b>Tabla 40</b> Reacciones en la base - SDX .....	99
<b>Tabla 41</b> Reacciones en la base - SDY .....	100
<b>Tabla 42</b> Reacciones en la base - SDY .....	101
<b>Tabla 43</b> Cargas a considerar en el modelamiento.....	103
<b>Tabla 44</b> Parámetros para análisis estático .....	104
<b>Tabla 45</b> Espectro de respuesta .....	104
<b>Tabla 46</b> Espectro de respuesta .....	105
<b>Tabla 47</b> Participación modal.....	106
<b>Tabla 48</b> Irregularidad de Rigidez - Piso blando - Verificación en X .....	107
<b>Tabla 49</b> Irregularidad de Rigidez - Piso blando - Verificación en Y .....	107
<b>Tabla 50</b> Irregularidad de masa o peso .....	108
<b>Tabla 51</b> Irregularidades en altura .....	108
<b>Tabla 52</b> Irregularidad torsional - verificación en X .....	109
<b>Tabla 53</b> Irregularidad torsional - verificación en Y .....	109
<b>Tabla 54</b> Irregularidad en planta .....	110
<b>Tabla 55</b> Distorsiones de entrepiso - Edificación 7 niveles - Sector 1.....	110
<b>Tabla 56</b> Reacciones en la base - Dead .....	112
<b>Tabla 57</b> Reacciones en la base - Dead .....	113
<b>Tabla 58</b> Reacciones en la base - Live .....	114
<b>Tabla 59</b> Reacciones en la base - Live .....	115
<b>Tabla 60</b> Reacciones en la base - SDX .....	116
<b>Tabla 61</b> Reacciones en la base - SDX .....	117
<b>Tabla 62</b> Reacciones en la base - SDY .....	118
<b>Tabla 63</b> Reacciones en la base - SDY .....	119
<b>Tabla 64</b> Determinación de rigidez - sector 1.....	120
<b>Tabla 65</b> Determinación de rigidez - sector 2.....	120

<b>Tabla 66</b>	Presupuesto cimentación rígida - 5 niveles - sector 1.....	274
<b>Tabla 67</b>	Presupuesto cimentación flexible - 5 niveles - sector 1.....	275
<b>Tabla 68</b>	Presupuesto cimentación rígida - 7 niveles - sector 1.....	276
<b>Tabla 69</b>	Presupuesto cimentación flexible - 7 niveles - sector 1.....	277
<b>Tabla 70</b>	Presupuesto cimentación rígida - 5 niveles - sector 2.....	278
<b>Tabla 71</b>	Presupuesto cimentación flexible - 5 niveles - sector 2.....	279
<b>Tabla 72</b>	Comparativa presupuestal (S/.) cimentación .....	282
<b>Tabla 73</b>	Comparativa porcentual (%) cimentación .....	283
<b>Tabla 74</b>	Comparativa acero (S/.) cimentación .....	284
<b>Tabla 75</b>	Comparativa acero (%) cimentación .....	285
<b>Tabla 76</b>	Comparativa concreto (m3) cimentación.....	286
<b>Tabla 77</b>	Comparativa concreto (%) cimentación .....	287
<b>Tabla 78</b>	Contrastación de hipótesis general.....	288
<b>Tabla 79</b>	Contrastación de hipótesis específica 1 .....	289
<b>Tabla 80</b>	Contrastación de hipótesis específica 2.....	290
<b>Tabla 81</b>	Contrastación de la hipótesis específica 3 .....	291
<b>Tabla 82</b>	Contrastación de la hipótesis específica 4 .....	292

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b> Formación de los terremotos.....	8
<b>Figura 2</b> Mapa sísmico del Perú.....	9
<b>Figura 3</b> Clasificación de las cimentaciones.....	15
<b>Figura 4</b> Tipo de cimentación superficial.....	16
<b>Figura 5</b> Condiciones que se necesita para el uso de cimentación con pilotes.....	16
<b>Figura 6</b> Distribución de esfuerzos de un cimiento rígido.....	17
<b>Figura 7</b> Distribución de esfuerzos de cimentación flexible.....	18
<b>Figura 8</b> Zapatas aisladas soportando carga de columnas.....	18
<b>Figura 9</b> Zapatas combinadas con viga de cimentación.....	19
<b>Figura 10</b> Zapata rígida y flexible.....	20
<b>Figura 11</b> Bielas y tirantes para zapata rígida.....	22
<b>Figura 12</b> Zapata flexible - flexión.....	23
<b>Figura 13</b> Zapata flexible – momento máximo.....	23
<b>Figura 14</b> Zapata flexible rectangular.....	24
<b>Figura 15</b> Zapata flexible rectangular – área de armadura.....	25
<b>Figura 16</b> Diseño rígido convencional de una losa de cimentación.....	26
<b>Figura 17</b> Cargas modificadas sobre la franja de la losa.....	29
<b>Figura 18</b> Ubicación de columna respecto a la planta de la losa.....	30
<b>Figura 19</b> Fundamento del método flexible aproximado.....	32
<b>Figura 20</b> Fundamento del método flexible aproximado.....	32
<b>Figura 21</b> Definición del coeficiente de balasto “k”.....	34
<b>Figura 22</b> Zonas sísmicas.....	39
<b>Figura 23</b> Asentamiento diferencial.....	48
<b>Figura 24</b> Profundidad de cimentación en zapatas superficiales.....	49
<b>Figura 25</b> Profundidad de cimentación en plateas o losas.....	49
<b>Figura 26</b> Definición nivel de investigación.....	60
<b>Figura 27</b> Diseño de la investigación.....	61
<b>Figura 28</b> Límites del distrito de Chiclayo.....	62
<b>Figura 29</b> Mapa Geotécnico de la ciudad de Chiclayo.....	63
<b>Figura 30</b> Arquitectura en planta de la edificación.....	65
<b>Figura 31</b> Emplazamiento - Sector 1 – La Purísima.....	66

<b>Figura 32</b>	Emplazamiento - Sector 2 – Alfredo Lapoint .....	66
<b>Figura 33</b>	EMS - Sector 1 del emplazamiento .....	67
<b>Figura 34</b>	EMS - Sector 2 del emplazamiento .....	68
<b>Figura 35</b>	Procedimiento .....	72
<b>Figura 36</b>	Distribución del 1° nivel - vista en planta .....	75
<b>Figura 37</b>	Distribución del segundo al último piso - vista en planta .....	75
<b>Figura 38</b>	Calicata - sector 1.....	77
<b>Figura 39</b>	Calicata - sector 2.....	78
<b>Figura 40</b>	Definición de material - concreto .....	81
<b>Figura 41</b>	Definición de la grilla para modelamiento.....	82
<b>Figura 42</b>	Vista en 3D de la grilla del modelamiento .....	82
<b>Figura 43</b>	Modelamiento en planta - edificación A.....	83
<b>Figura 44</b>	Modelamiento 3D – 5 niveles .....	84
<b>Figura 45</b>	Espectro de aceleraciones .....	87
<b>Figura 46</b>	Nodos en la base de la edificación .....	93
<b>Figura 47</b>	Modelamiento en planta - edificación B.....	102
<b>Figura 48</b>	Modelamiento 3D - Edificación 7 niveles.....	103
<b>Figura 49</b>	Espectro de aceleraciones .....	105
<b>Figura 50</b>	Nodos en la base de la edificación .....	111
<b>Figura 51</b>	Definición de platea H=0.70m .....	121
<b>Figura 52</b>	3D platea H=0.70m .....	121
<b>Figura 53</b>	Presiones de platea H=0.70m - carga D+L .....	122
<b>Figura 54</b>	Presiones de platea H=0.70m - carga D + L + 0.8 Sx .....	123
<b>Figura 55</b>	Presiones de platea H=0.70m - carga D + L - 0.8 Sx .....	124
<b>Figura 56</b>	Presiones de platea H=0.70m - carga D + L + 0.8 Sy .....	125
<b>Figura 57</b>	Presiones de platea H=0.70m - carga D + L - 0.8 Sy .....	126
<b>Figura 58</b>	Platea H=0.70m, punzonamiento .....	127
<b>Figura 59</b>	Cortante máximo "X" platea H=0.70m .....	129
<b>Figura 60</b>	Cortante máximo "Y" platea H=0.70m .....	130
<b>Figura 61</b>	Refuerzo inferior eje "X" platea H=0.70m .....	132
<b>Figura 62</b>	Refuerzo superior eje "X" platea H=0.70m .....	133
<b>Figura 63</b>	Refuerzo inferior eje "Y" platea H=0.70m .....	134
<b>Figura 64</b>	Refuerzo superior eje "Y" platea H=0.70m .....	135
<b>Figura 65</b>	Asentamiento carga D + L.....	136

<b>Figura 66</b> Asentamiento carga $D + L + 0.8 S_x$ .....	137
<b>Figura 67</b> Asentamiento carga $D + L - 0.8 S_x$ .....	137
<b>Figura 68</b> Asentamiento carga $D + L + 0.8 S_y$ .....	138
<b>Figura 69</b> Asentamiento carga $D + L - 0.8 S_y$ .....	138
<b>Figura 70</b> Definición de platea $H=0.50m$ .....	139
<b>Figura 71</b> Asignación VC $0.45 \times 0.90 m$ .....	139
<b>Figura 72</b> Presiones de platea – carga $D + L$ .....	140
<b>Figura 73</b> Presiones de platea $H=0.50m$ - carga $D + L + 0.8 S_x$ .....	141
<b>Figura 74</b> Presiones de platea $H=0.50m$ - carga $D + L - 0.8 S_x$ .....	142
<b>Figura 75</b> Presiones de platea $H=0.50m$ - carga $D + L + 0.8 S_y$ .....	143
<b>Figura 76</b> Presiones de platea $H=0.50m$ - carga $D + L - 0.8 S_y$ .....	144
<b>Figura 77</b> Platea $H=0.50m$ punzonamiento .....	145
<b>Figura 78</b> Cortante máximo "X" platea $H=0.50m$ .....	146
<b>Figura 79</b> Diagrama cortante platea $H=0.50m$ .....	147
<b>Figura 80</b> Refuerzo inferior eje "X" platea $H=0.50m$ .....	149
<b>Figura 81</b> Refuerzo superior eje "X" platea $H=0.50m$ .....	150
<b>Figura 82</b> Refuerzo inferior eje "Y" platea $H=0.50m$ .....	151
<b>Figura 83</b> Refuerzo superior eje "Y" platea $H=0.50m$ .....	152
<b>Figura 84</b> Diagrama momento VC $0.45 \times 0.90m$ .....	153
<b>Figura 85</b> Verificación de fluencia VC $0.45 \times 0.90m$ .....	153
<b>Figura 86</b> Asentamiento carga $D + L$ .....	155
<b>Figura 87</b> Asentamiento carga $D + L + 0.8 S_x$ .....	156
<b>Figura 88</b> Asentamiento carga $D + L - 0.8 S_x$ .....	156
<b>Figura 89</b> Asentamiento carga $D + L + 0.8 S_y$ .....	157
<b>Figura 90</b> Asentamiento carga $D + L - 0.8 S_y$ .....	157
<b>Figura 91</b> Definición de platea $H=0.70m$ .....	158
<b>Figura 92</b> 3D platea $H=0.70 m$ .....	159
<b>Figura 93</b> 3D elevación platea $H=0.70 m$ .....	159
<b>Figura 94</b> Presiones de platea $H=0.70m$ - carga $D + L$ .....	160
<b>Figura 95</b> Presiones de platea $H=0.70m$ - carga $D + L + 0.8 S_x$ .....	161
<b>Figura 96</b> Presiones de platea $H=0.70m$ - carga $D + L - 0.8 S_x$ .....	162
<b>Figura 97</b> Presiones de platea $H=0.70m$ - carga $D + L + 0.8 S_y$ .....	163
<b>Figura 98</b> Presiones de platea $H=.70m$ - carga $D + L - 0.8 S_y$ .....	164
<b>Figura 99</b> Platea $H=0.70 m$ punzonamiento .....	165

<b>Figura 100</b>	Cortante máximo "X" platea H=0.70m .....	167
<b>Figura 101</b>	Cortante máximo "Y" platea H=0.70m .....	168
<b>Figura 102</b>	Refuerzo inferior eje "X" platea H=0.70m .....	170
<b>Figura 103</b>	Refuerzo superior eje "X" platea H=0.70m .....	171
<b>Figura 104</b>	Refuerzo inferior eje "Y" platea H=0.70m .....	172
<b>Figura 105</b>	Refuerzo superior eje "Y" platea H=0.70m .....	173
<b>Figura 106</b>	Asentamiento carga D + L .....	174
<b>Figura 107</b>	Asentamiento carga D + L + 0.8 Sx .....	175
<b>Figura 108</b>	Asentamiento carga D + L - 0.8 Sx .....	175
<b>Figura 109</b>	Asentamiento carga D + L + 0.8 Sy .....	176
<b>Figura 110</b>	Asentamiento carga D + L - 0.8 Sy .....	176
<b>Figura 111</b>	Definición de platea H=0.50m .....	177
<b>Figura 112</b>	Definición de VC 0.35 x 0.80m .....	178
<b>Figura 113</b>	3D platea H=0.50m .....	178
<b>Figura 114</b>	Presiones de platea H=0.50m - carga D + L .....	179
<b>Figura 115</b>	Presiones de platea H=0.50m - carga D + L + 0.8 Sx .....	180
<b>Figura 116</b>	Presiones de platea H=0.50m - carga D + L - 0.8 Sx .....	181
<b>Figura 117</b>	Presiones de platea H=0.50m - carga D + L + 0.8 Sy .....	182
<b>Figura 118</b>	Presiones de platea H=0.50m - carga D + L - 0.8 Sy .....	183
<b>Figura 119</b>	Platea H=0.50m punzonamiento .....	184
<b>Figura 120</b>	Cortante máximo "X" platea H=0.50m .....	186
<b>Figura 121</b>	Diagrama cortante platea H=0.50m .....	187
<b>Figura 122</b>	Refuerzo inferior eje "X" platea H=0.50m .....	189
<b>Figura 123</b>	Refuerzo superior eje "X" platea H=0.50m .....	190
<b>Figura 124</b>	Refuerzo inferior eje "Y" platea H=0.50m .....	191
<b>Figura 125</b>	Refuerzo superior eje "Y" platea H=0.50m .....	192
<b>Figura 126</b>	Diagrama momento VC 0.35x0.80m .....	193
<b>Figura 127</b>	Verificación de la fluencia VC 0.35x0.80m .....	193
<b>Figura 128</b>	Asentamiento carga D + L .....	195
<b>Figura 129</b>	Asentamiento carga D + L + 0.8 Sx .....	196
<b>Figura 130</b>	Asentamiento carga D + L - 0.8 Sx .....	197
<b>Figura 131</b>	Asentamiento carga D + L + 0.8 Sy .....	198
<b>Figura 132</b>	Asentamiento carga D + L - 0.8 Sy .....	199
<b>Figura 133</b>	Definición de zapata H=0.80m .....	200

<b>Figura 134</b>	3D elevación zapatas H=0.80 m.....	201
<b>Figura 135</b>	Presiones de zapatas H=0.80m - carga D + L.....	202
<b>Figura 136</b>	Presiones de zapatas H=0.80m - carga D + L + 0.8 Sx .....	203
<b>Figura 137</b>	Presiones de zapatas H=0.80m - carga D + L - 0.8 Sx .....	204
<b>Figura 138</b>	Presiones de zapatas H=0.80m - carga D + L + 0.8 Sy .....	205
<b>Figura 139</b>	Presiones de zapatas H=0.80m - carga D + L - 0.8 Sy .....	206
<b>Figura 140</b>	Zapatas H=0.80m punzonamiento .....	207
<b>Figura 141</b>	Verificación del corte por punzonamiento zapata H=80cm.....	208
<b>Figura 142</b>	Cortante máximo "X" zapatas H=0.80m .....	209
<b>Figura 143</b>	Cortante máximo "Y" zapatas H=0.80m .....	210
<b>Figura 144</b>	Refuerzo inferior eje "X" zapata H=0.80m.....	212
<b>Figura 145</b>	Refuerzo superior eje "X" zapata H=0.80m .....	213
<b>Figura 146</b>	Refuerzo inferior eje "Y" zapata H=0.80m.....	214
<b>Figura 147</b>	Refuerzo superior eje "Y" zapata H=0.80m .....	215
<b>Figura 148</b>	Asentamiento carga D + L.....	216
<b>Figura 149</b>	Asentamiento carga D + L + 0.8 Sx.....	217
<b>Figura 150</b>	Asentamiento carga D + L - 0.8 Sx.....	217
<b>Figura 151</b>	Asentamiento carga D + L + 0.8 Sy.....	218
<b>Figura 152</b>	Asentamiento carga D + L - 0.8 Sy.....	218
<b>Figura 153</b>	Definición zapata H=0.50m .....	219
<b>Figura 154</b>	3D modelado zapata H=0.50m.....	219
<b>Figura 155</b>	Presiones de zapatas H=0.50m - carga D + L.....	220
<b>Figura 156</b>	Presiones de zapatas H=0.50m - carga D + L + 0.8 Sx .....	221
<b>Figura 157</b>	Presiones de zapatas H=0.50m - carga D + L - 0.8 Sx .....	222
<b>Figura 158</b>	Zapata H=0.50m punzonamiento .....	225
<b>Figura 159</b>	Verificación del corte por punzonamiento.....	226
<b>Figura 160</b>	Cortante máximo "X" zapata H=0.50m .....	227
<b>Figura 161</b>	Cortante máximo "Y" zapata H=0.50m .....	228
<b>Figura 162</b>	Refuerzo inferior eje "X" zapata H=0.50m.....	230
<b>Figura 163</b>	Refuerzo superior eje "X" zapata H=0.50m .....	231
<b>Figura 164</b>	Refuerzo inferior eje "Y" zapata H=0.50m.....	232
<b>Figura 165</b>	Refuerzo superior eje "Y" zapata H=0.50m .....	233
<b>Figura 166</b>	Asentamiento carga D + L.....	234
<b>Figura 167</b>	Asentamiento carga D + L + 0.8 Sx.....	235

<b>Figura 168</b> Asentamiento carga $D + L - 0.8 S_x$ .....	235
<b>Figura 169</b> Asentamiento carga $D + L + 0.8 S_y$ .....	236
<b>Figura 170</b> Asentamiento carga $D + L - 0.8 S_y$ .....	236
<b>Figura 171</b> Definición zapata combinada $H=0.80m$ .....	237
<b>Figura 172</b> 3D modelado zapatas combinadas $H=0.80m$ .....	237
<b>Figura 173</b> Presiones de zapatas $H=0.80m$ - carga $D + L$ .....	238
<b>Figura 174</b> Presiones de zapatas $H=0.80m$ - carga $D + L + 0.8 S_x$ .....	239
<b>Figura 175</b> Presiones de zapatas $H=0.80m$ - carga $D + L - 0.8 S_x$ .....	240
<b>Figura 176</b> Presiones de zapatas $H=0.80m$ - carga $D + L + 0.8 S_y$ .....	241
<b>Figura 177</b> Presiones de zapatas $H=0.80m$ - carga $D + L - 0.8 S_y$ .....	242
<b>Figura 178</b> Zapatas $H=0.80m$ punzonamiento .....	243
<b>Figura 179</b> Verificación del corte por punzonamiento.....	244
<b>Figura 180</b> Cortante máximo "X" zapata $H=0.80m$ .....	245
<b>Figura 181</b> Cortante máximo "Y" zapata $H=0.80m$ .....	246
<b>Figura 182</b> Refuerzo inferior eje "X" zapata $H=0.80m$ .....	248
<b>Figura 183</b> Refuerzo superior eje "X" zapata $H=0.80m$ .....	249
<b>Figura 184</b> Refuerzo inferior eje "Y" zapata $H=0.80m$ .....	250
<b>Figura 185</b> Refuerzo superior eje "Y" zapata $H=0.80m$ .....	251
<b>Figura 186</b> Asentamiento carga $D + L$ .....	252
<b>Figura 187</b> Asentamiento carga $D + L + 0.8 S_x$ .....	253
<b>Figura 188</b> Asentamiento carga $D + L - 0.8 S_x$ .....	253
<b>Figura 189</b> Asentamiento carga $D + L + 0.8 S_y$ .....	254
<b>Figura 190</b> Asentamiento carga $D + L - 0.8 S_y$ .....	254
<b>Figura 191</b> Definición de zapata $H=0.60m$ .....	255
<b>Figura 192</b> 3D modelado zapata $H=0.60m$ .....	256
<b>Figura 193</b> Presiones de zapatas $H=0.60m$ - carga $D + L$ .....	257
<b>Figura 194</b> Presiones de zapatas $H=0.60m$ - carga $D + L + 0.8 S_x$ .....	258
<b>Figura 195</b> Presiones de zapatas $H=0.60m$ - carga $D + L - 0.8 S_x$ .....	259
<b>Figura 196</b> Presiones de zapatas $H=0.60m$ - carga $D + L + 0.8 S_y$ .....	260
<b>Figura 197</b> Presiones de zapatas $H=0.60m$ - carga $D + L - 0.8 S_y$ .....	261
<b>Figura 198</b> Zapatas $H=0.60m$ punzonamiento .....	262
<b>Figura 199</b> Verificación del corte por punzonamiento.....	263
<b>Figura 200</b> Cortante máximo "X" zapata $H=0.60m$ .....	264
<b>Figura 201</b> Cortante máximo "Y" zapata $H=0.60m$ .....	265

<b>Figura 202</b>	Refuerzo inferior eje "X" zapata H=0.60m .....	267
<b>Figura 203</b>	Refuerzo superior eje "X" zapata H=0.60m .....	268
<b>Figura 204</b>	Refuerzo inferior eje "Y" zapata H=0.60m .....	269
<b>Figura 205</b>	Refuerzo superior eje "Y" zapata H=0.60m .....	270
<b>Figura 206</b>	Asentamiento carga D + L .....	271
<b>Figura 207</b>	Asentamiento carga D + L + 0.8 Sx .....	272
<b>Figura 208</b>	Asentamiento carga D + L - 0.8 Sx .....	272
<b>Figura 209</b>	Asentamiento carga D + L + 0.8 Sy .....	273
<b>Figura 210</b>	Asentamiento carga D + L - 0.8 Sy .....	273
<b>Figura 211</b>	Presupuesto cimentación rígida - 7 niveles - sector 2 .....	280
<b>Figura 212</b>	Presupuesto cimentación flexible - 7 niveles - sector 2 .....	281
<b>Figura 213</b>	Diagrama barras presupuesto (S/.) cimentación .....	282
<b>Figura 214</b>	Diagrama barras presupuesto (%) cimentación .....	283
<b>Figura 215</b>	Diagrama barras acero (Kg) .....	284
<b>Figura 216</b>	Diagrama barras acero (%) .....	285
<b>Figura 217</b>	Diagrama barras concreto (m3) .....	286
<b>Figura 218</b>	Diagrama barras concreto (%) .....	287

## RESUMEN

El distrito de Chiclayo presenta una geología muy variada, presentando un suelo blando con baja capacidad admisible, por lo que en su mayoría los especialistas diseñan las edificaciones con cimentación rígida, por desconocimiento de las características del suelo y seguir un patrón de confianza.

Por consiguiente, el objetivo es elaborar el diseño estructural con cimentación rígida y flexible para mejorar el costo en edificaciones de diferentes alturas en Chiclayo.

La metodología empleada es del tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo, cuya muestra son los 2 edificios multifamiliares de 5 y 7 niveles diseñados con cimentación rígida y flexible, en dos sectores del distrito de Chiclayo, bajo el RNE. Se utilizaron instrumentos como el software ETABS v21 en el que se realizó el modelamiento y diseño de la edificación, EXCEL para el cálculo de análisis unitarios y presupuesto, AUTOCAD para la elaboración de los planos estructurales.

Como resultado se obtuvo que la edificación con cimentación rígida en un suelo blando es más económica respecto a la cimentación flexible hasta en un 16.24%, caso contrario en un suelo más rígido, donde la cimentación flexible es más económica respecto a la cimentación rígida hasta en un 21.26%.

Se concluye que, elaborar un correcto estudio de mecánica de suelos, es de suma importancia para diseñar estructuralmente de una edificación, sobre todo en la cimentación; por consiguiente, conllevaría a una disminución en el costo.

**Palabras clave:** cimentación, rígida, flexible, diseño, estructural, costo.

## ABSTRACT

The district of Chiclayo has a very varied geology, presenting a soft soil with low admissible capacity, which is why most specialists design buildings with rigid foundations, due to a lack of knowledge of the characteristics of the soil and to follow a pattern of trust.

Therefore, the objective is to elaborate the structural design with rigid and flexible foundations to improve the cost in buildings of different heights in Chiclayo.

The methodology used is of the applied type, with a quantitative approach, whose sample are the 2 multi-family buildings of 5 and 7 levels designed with rigid and flexible foundations, in two sectors of the district of Chiclayo, under the RNE. Instruments such as ETABS v21 software were used for the modelling and design of the building, EXCEL for the calculation of unit analysis and budget, and AUTOCAD for the elaboration of the structural plans.

As a result, it was obtained that the building with a rigid foundation in a soft soil is more economical with respect to the flexible foundation by up to 16.24%, the opposite is the case in a more rigid soil, where the flexible foundation is more economical with respect to the rigid foundation by up to 21.26%.

It is concluded that a correct study of soil mechanics is of utmost importance for the structural design of a building, especially in the foundations; consequently, it would lead to a decrease in the cost.

**Keywords:** foundation, rigid, flexible, design, structural, cost.

## NOMBRE DEL TRABAJO

**DISEÑO ESTRUCTURAL CON CIMENTACIÓN RÍGIDA Y FLEXIBLE PARA MEJORAR EL COSTO EN EDIFICACIONES DE DIFER**

## AUTOR

**BENGHY JAFECB ANDRES BAYONA VA HAROLD EDWAR BENITES CHOQUEHUA NCA**

## RECUENTO DE PALABRAS

**35431 Words**

## RECUENTO DE CARACTERES

**172884 Characters**

## RECUENTO DE PÁGINAS

**344 Pages**

## TAMAÑO DEL ARCHIVO

**19.1MB**

## FECHA DE ENTREGA

**Oct 28, 2024 12:11 PM GMT-5**

## FECHA DEL INFORME

**Oct 28, 2024 12:14 PM GMT-5**

● **15% de similitud general**

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

- 11% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 11% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)



**Biblioteca FIA**

Patricia Azara Rodríguez Toledo  
Bibliotecóloga

## INTRODUCCIÓN

El distrito de Chiclayo, es el principal distrito del departamento de Lambayeque, proyectándose a crecer en el sector inmobiliario considerablemente, en la actualidad se están realizando obras de gran importancia debido al crecimiento comercial y de vivienda (unifamiliares y multifamiliares), al respecto es de suma importancia analizar diferentes tipos de sistemas constructivos, que generen menores costos y tiempo de ejecución, calidad, generando confianza y seguridad a los propietarios y población en general.

La costa norte del Perú, presenta en su mayoría suelos flexibles o blandos. En nuestro entorno, el distrito de Chiclayo, presenta una geología muy variada, especialmente presentando un suelo blando, del tipo arcilloso y con un nivel freático muy superficial (en ocasiones a partir de 1 metro de profundidad), lo cual se caracteriza por sufrir asentamientos no uniformes y variables, por lo que, en muchos casos, la vivienda al estar expuesta a sismos podría traer consecuencias si es que la edificación y cimentación no está correctamente diseñada.

Según INDECI (2003, como se citó en Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2001), donde se analizaron las principales características geotécnicas de los suelos, clasificando a Chiclayo en cuatro sectores. Como se sabe Chiclayo presenta un suelo blando cuya capacidad admisible en promedio es de 0.8 kg/cm<sup>2</sup>, diseñando a lo largo de la historia, edificaciones con cimentación tipo rígida, por desconocimiento de las propiedades del suelo y el patrón de confianza que siguen los especialistas al momento del diseño; por consiguiente existe en muchos casos una sobre dimensión de la cimentación, trayendo consigo un

presupuesto mayor respecto a la cimentación flexible, lo cual en muchos casos no convendría ejecutarlas, o buscar la manera de construirla bajo menor costo, trayendo un problema mayor aún, ya que se estaría incurriendo en la construcción informal, sin supervisión de un especialista.

La problemática de la esta investigación se plantea ¿Cuál es la influencia del diseño estructural cimentación rígida y flexible para mejorar el costo en edificaciones de diferentes alturas en Chiclayo?

Por lo tanto, es importante especificar que el objetivo general de esta investigación es; elaborar el diseño estructural con cimentación rígida y flexible para mejorar el costo en edificaciones de diferentes alturas en Chiclayo, por consiguiente, para determinar el presente objetivo, se plantearon diversos objetivos específicos, mencionados a continuación:

Realizar el **estudio de mecánica de suelos** para el diseño estructural con cimentación rígida y flexible para mejorar el costo en edificaciones de diferentes alturas.

Realizar el **predimensionamiento** de los elementos estructurales para el diseño con cimentación rígida y flexible para mejorar el costo en edificaciones.

Realizar el **modelamiento** para el diseño estructural con cimentación rígida y flexible para mejorar el costo en edificaciones de diferentes alturas en el distrito Chiclayo.

Comparar e interpretar los resultados obtenidos, y recomendar que propuesta de cimentación mejora el **costo** en las edificaciones de diferentes alturas.

Luego de plantear los diferentes objetivos de la investigación, se llega a la hipótesis general de que el diseño estructural con cimentación flexible

disminuye el costo en edificaciones de diferentes alturas en el distrito Chiclayo, respecto a la cimentación rígida, según el tipo de suelo.

La investigación es de gran envergadura, según las encuestas realizadas a especialistas, ya que presenta un impacto teórico y práctico., ya que aportará conocimientos referentes al diseño de la cimentación rígida y flexible, cuánto influye el estudio de mecánica de suelos en el diseño y la consideración de rigidez de la cimentación; así de brindar un gran aporte a la población, ya que no sólo se desarrollarán edificaciones seguras, sino también más económicas.

Por otro lado, la investigación tuvo como limitación, de que solo se realizará el EMS en 2 sectores donde se desarrollarán los emplazamientos, puesto que desarrollar dicho estudio en los 4 sectores que existe en el distrito de Chiclayo, conllevaría un costo muy elevado.

La metodología utilizada en la investigación es del tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo y diseño experimental, cuya muestra son los 2 edificios multifamiliares de 5 y 7 niveles diseñados con cimentación rígida y flexible, en los cuatro sectores del distrito de Chiclayo, bajo el RNE. Se utilizaron instrumentos como el software ETABS v21.1 en el que se realizó el modelamiento y diseño de la edificación, EXCEL para el cálculo de análisis unitarios y presupuesto, AUTOCAD para la elaboración de los planos estructurales.

Finalmente, la estructura de la presente investigación se divide en 5 capítulos, detalladas a continuación:

Capítulo I, se describen los antecedentes de la investigación, se desarrolla el marco teórico, donde se conocerá un poco más a cerca de las cimentación rígida y flexible, finalizando con la definición de términos básicos.

Capítulo II, se explican las hipótesis generales y específicas, así como también la definición y operacionalización de las variables.

Capítulo III, se aborda la metodología, detallando el diseño de la esta, describiendo la población y muestra, se hace mención a los instrumentos y se detalla el procedimiento de las técnicas de recolección y procesamiento de datos.

Capítulo IV, se presentan minuciosamente los resultados finales de la investigación; descripción del proyecto, el diseño estructural de edificación de 5 y 7 niveles en los 2 sectores del distrito de Chiclayo, diseño y presupuesto de cada cimentación.

Capítulo V, se desarrollan las discusiones de las hipótesis, tanto general como específicas; así también la contrastación de los antecedentes, nacionales e internacionales.

Asimismo, se finaliza con las conclusiones y recomendaciones, las cuales servirán de apoyo y ejemplo para próximas investigaciones.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes de la investigación

#### 1.1.1. Antecedentes internacionales

**Sarango & Trávez (2024)**; en su investigación, cuyo objetivo es realizar el estudio y comparación de la cimentación rígida para la norma ACI y el modelo de Winkler, se aborda la interacción estática que existe entre una platea de fundición y el suelo, considerando diferentes parámetros que influyen en la respuesta estructural. Se analizaron diferentes criterios; el número de pisos, la distancia entre apoyos, el espesor de la platea y la rigidez que presenta el suelo, para poder entender cómo se comporta la cimentación. Para el diseño se tomó en cuenta el código ACI 336.2R-88 como normativa, ya que proporcionó los causales para definir si la cimentación es rígida o flexible, además del uso del software ETABS para realizar el modelo estructural de la edificación, así también el software SAFE para realizar el correspondiente diseño de la cimentación. La metodología de esta tesis tiene como base aplicar la teoría del método Winkler, empleando un análisis computacional a través del método de los elementos finitos del software a utilizar. Los resultados abarcaron diferentes aspectos para analizar y diseñar la cimentación, como es el perfil y deformaciones del suelo, llegando a concluir que en una estructura de 3 pisos, con distancia entre apoyos de 4 metros y coeficiente de subrasante de 0.0521 kg/cm<sup>3</sup>, el porcentaje del asentamiento fue de 96%; asimismo si el coeficiente de subrasante aumenta a 0.4167 kg/cm<sup>3</sup>, el asentamiento disminuye en un 85% manteniendo el espesor de la platea en 50cm; pero para una estructura de 7 pisos y cuyo espesor de platea es de 55cm, con los mismos coeficientes de balasto el porcentaje de asentamiento disminuyó de 98% a 89% respectivamente.

**Abril (2023);** en su investigación cuyo objetivo general es elaborar un análisis comparativo a nivel técnico de las cimentaciones rígida y flexibles según la descarga y tipo desuelo. El proceso de análisis para la cimentación adecuada, se inicia con el modelamiento de las edificaciones de diferentes alturas en el software SAP2000, determinando las descargas para realizar el predimensionamiento de la cimentación verificando el diseño mediante flexión, cortante y punzonamiento. Los resultados determinan que el diseño de cimentaciones flexibles presenta un mejor comportamiento en suelos de baja capacidad portante, siendo las zapatas aquellas que trabajan de mejor manera en edificaciones de 2, 3 y 4 pisos; y para suelos con una capacidad portante mejor. Asimismo, se recomienda que cuando se realice el estudio de mecánica de suelos, se debe complementar con el coeficiente de balasto para que así, el especialista pueda tomar la mejor decisión frente al diseño de la cimentación.

**Morales (2023);** en su investigación cuyo objetivo general es realizar un análisis del comportamiento sísmico de la interacción suelo – cimentación en una estructura de tipo metálica. Esta investigación de tipo experimental, correlacional, analítica y con un enfoque del tipo cuantitativo. Se realizó el modelamiento mediante el software aplicativo para el análisis de la estructura considerando el método rígido como la ISE. El análisis es de una edificación de 1833.93 m<sup>2</sup> de área a construir conformado por 8 pisos más 2 sótanos, mediante un sistema estructural aporticado, calculando las cortantes, momentos, derivas, torsiones y asentamientos, para realizar el diseño correspondiente. Se concluye que el periodo del modo de vibración 1 aumenta en un 9.95%, la fuerza cortante en el piso número 6 se observa un aumento de 5.48%, en el último nivel de la

edificación muestra un aumento del 12.68% del desplazamiento. Cabe recalcar que a raíz de que los pisos aumenten, los resultados serán relativos.

**Tipán & Villacís (2022)**; en su investigación cuyo objetivo general fue elaborar el diseño de cimentaciones aisladas y losas de cimentación, haciendo uso del método rígido y elástico, para satisfacer las normas NEC 2015 y ACI 318S14, con la finalidad de elaborar una comparación técnica y económica, determinando las ventajas y desventajas del uso de ambos métodos. En esta investigación se aplicó un método cuantitativo para realizar el modelamiento, análisis de las edificaciones y comparativa de resultados, a través de diferentes instrumentos matemáticos; también el uso del método deductivo que sirvió para la conclusión del proyecto determinando que tipo de cimentación es la más óptima. Se realizaron dos modelamientos de una edificación de 4 pisos en el software ETABS, con el fin de calcular las descargas para realizar el diseño de la cimentación (zapatas aisladas y platea de cimentación) tanto por el método rígido convencional a través de hojas de cálculo en EXCEL, como por el método elástico a través del programa SAFE. Estos diseños se realizaron en un suelo blando con capacidad de 1 kg/cm<sup>2</sup> y suelo denso con capacidad de 3 kg/cm<sup>2</sup>. Concluyendo que la cimentación con zapatas aisladas tiene un aumento presupuestal del 7.73% y 2.20% sobre el método elástico en el primer y segundo bloque respectivamente; y para el análisis de las plateas de cimentación se aprecia un aumento presupuestal del 13.27% y 18.44% del método rígido convencional sobre el método elástico para el primer y segundo bloque respectivamente. Una de las recomendaciones es que se deben tener en cuenta con todas las características mecánicas del suelo para poder realizar el diseño de una cimentación.

**Según Turcios (2020)**; en su investigación cuyo objetivo fue realizar una comparación del diseño de cimentaciones superficiales en 02 suelos diferentes, con capacidad portante, de 30 ton/m<sup>2</sup> y 10 ton/m<sup>2</sup>, diseñada con el método Winkler y método rígido convencional. Se realizó el diseño de edificaciones de 2, 3, 4 y 5 niveles, modelados en el software SAP2000, obteniendo los esfuerzos, cortantes para diseñar las cimentaciones, posteriormente se realizó el cálculo de metrados y presupuesto para llevar a cabo la construcción de cada cimentación. Se concluye que el aumento de costo es inversamente proporcional a la capacidad portante del terreno, siendo mayor en más del 3% para estructuras de 4 pisos y mayor del 8% para estructuras de 5 pisos en suelo de capacidad portante de 30 ton/m<sup>2</sup> y mayor del 5% para edificios de 4 pisos y mayor del 12% para edificios de 5 pisos en suelo de capacidad portante de 1 ton/m<sup>2</sup>.

#### **1.1.2. Antecedentes nacionales**

**Villarreal & Olivera (2023)**; en su artículo de investigación indica, que los parámetros que condicionan la respuesta de la estructura son las condiciones dinámicas del suelo y que tan flexible es la cimentación; por consiguiente, para el diseño sismorresistente, en la actualidad se considera que el suelo es completamente rígido sin deformaciones y sin capacidad de amortiguamiento, realizando una base empotrada en la estructura. Este criterio favorece analizar y diseñar las estructuras, obviando un factor importante; al tener estratos que presentan rigidez variable y asentamientos diferenciales, se puede tener una variación en las cortantes y deformaciones de los elementos estructurales, aumentando o disminuyendo la demanda sísmica. En esta investigación se consideró la confición dinámica del suelo, realizando el modelamiento de la edificación multifamiliar mediante los modelos elaborados por Winkler,

Pasternak, Norma Rusa, Gazetas, Barkan & Savinov; determinando un suelo flexible tipo S3, con un  $Z=4$  en el distrito de Tumbes. Resultando que los periodos y frecuencias en los modelos con interacción suelo – estructura fueron mayores, incrementando hasta en un 8.8% en los modelos estáticos y en un 7.47% en los modelos dinámicos; en los modelos de ISE en la deriva de entrepiso en el primer piso hubo un incremento entre el 20% al 30%, mientras que, en los pisos intermedios, las derivas sufrieron un aumento den promedio de 12% a 15%.

**Mori & Tori (2020)**; en su tesis, cuyo objetivo es demostrar que al tomar en cuenta la ISE para el edificio multifamiliar de 16 niveles con una cimentación del tipo rígida, contribuye en cómo se comporta sísmicamente la estructura en comparación al modelo según la norma actual. En la tesis se elaboró el análisis dinámico espectral a la edificación, por lo que se elaborar el modelamiento estructural tomando en cuenta una base empotrada y otra simulando la flexibilidad de la ISE usando resortes. Posteriormente se diseñaron los elementos de la estructura, según los parámetros de la vigente norma de concreto armado E.060. Se concluye que, si se considera la flexibilidad del suelo a través del modelo de ISE, varía el análisis sísmico incrementando los periodos de 9.81% para la dirección X y 6.81% para la dirección Y. Se recomienda que si se realiza el modelamiento de una edificación en el software ETABS, tomar en cuenta establecer de manera correcta los brazos rígidos donde corresponda, así como también las rótulas en las vigas en dónde no se exponga algún momento, con el fin de contar con un comportamiento óptimo en los modelos de empotramiento y de la interacción suelo – estructura.

**Muñoz (2020)**; en su investigación cuyo objetivo tiene por realizar la relación en costos del diseño de una cimentación superficial rígida y flexible

teniendo en cuenta la consolidación unidimensional”. Se analizó un edificio de concreto reforzado de 6 pisos emplazado en un suelo del tipo arcilloso originando asentamientos por consolidación unidimensional, provocando el desarrollo de un nuevo análisis, puesto que se incrementaron los desplazamientos de la estructura, produciendo así esfuerzos diferentes de cada elemento de la edificación. Se llegó a la conclusión que si se aumenta la cuantía de acero en un 85.05%, atraería el aumento originado por el asentamiento por consolidación unidimensional, perjudicando de forma directa el presupuesto del proyecto, pero a su vez disminuir la probabilidad de originar agrietamiento en los distintos elementos de la estructura.

**Li & Zegarra (2019);** en su investigación cuyo objetivo es poder definir cuál es la opción de solución es la mejor en función del criterio técnico y económico de la cimentación para 3 edificaciones de concreto armado en un suelo con capacidad admisible de 1.01 kg/cm<sup>2</sup>, considerando que la platea de cimentación es la más empleada en este tipo de edificaciones. La presente investigación es aplicada, del tipo no experimental, con nivel descriptiva, teniendo como población las 3 edificaciones multifamiliares de 4, 6 y 8 niveles realizados en el departamento de Ica, establecidos en un suelo del tipo arenoso no cohesivo, sin presencia de nivel freático, cuya capacidad admisible es de 1.01 kg/cm<sup>2</sup>. Para el análisis estructural y el diseño de la cimentación se utilizaron los softwares ETABS y SAP2000 llegando a la conclusión que desde el criterio económico, la alternativa más adecuada es variable, para edificios de 4 pisos la cimentación más conveniente son las zapatas, mientras que para edificaciones de 6 y 8 pisos, la cimentación más adecuada sería la platea o losa de cimentación, presentando un costo menor que las demás opciones (88,902.46

soles y 117,777.25 soles respectivamente); así también representa un tiempo de ejecución menor (30 y 44 días) con menor cantidad de acero (kg) por (m<sup>2</sup>), cuyo ratio es equivalente a 5.00 y 5.97 respectivamente

**Según Roa & Vidal (2019);** en su tesis, cuyo objetivo es determinar cuál es la opción de cimentación menos costosa, además de cumplir los parámetros estructurales del edificio multifamiliar. La metodología usada en la presente tesis es de diseño experimental – cuasi experimental, donde la población en estudio abarcó las edificaciones que van a ser construidas sobre un terreno con capacidad admisible menor o igual a 1.01 kg/cm<sup>2</sup>. Se elaboró el modelo de la edificación en el software ETABS, bajo los requerimientos que rige la norma E.030 Diseño Sismorresistente del RNE, planteando dos opciones: la primera correspondiente al uso de las zapatas aisladas, conectadas y combinadas y la segunda a través de una platea de cimentación, con el objetivo de determinar las medidas en cada tipo de cimentación. Posteriormente se realiza un metrado y presupuesto de ambas opciones, obteniendo como resultado que, por un 5.16%, la platea de cimentación, es la alternativa más económica para esta condición en estudio.

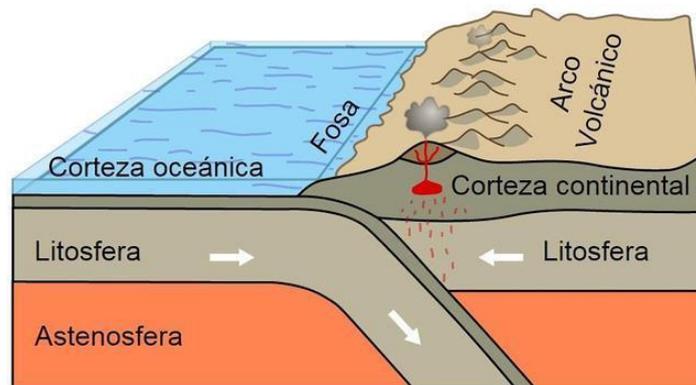
## 1.2. Bases teóricas

### 1.2.1. Origen de los terremotos

Según Bozzo & Barbat (2004). Los terremotos se originan con roturas abruptas de la corteza terrestre, consecutivas de la liberación inmediata de la energía almacenada en el interior de la Tierra, donde los terremotos más comunes y de mayor magnitud son los tectónicos. Los principales efectos que se dan durante el terremoto son las deformaciones tectónicas y las ondas a través de la tierra.

#### Figura 1

*Formación de los terremotos*



**Fuente:** ABC Ciencia España (2015). Por qué se producen los terremotos

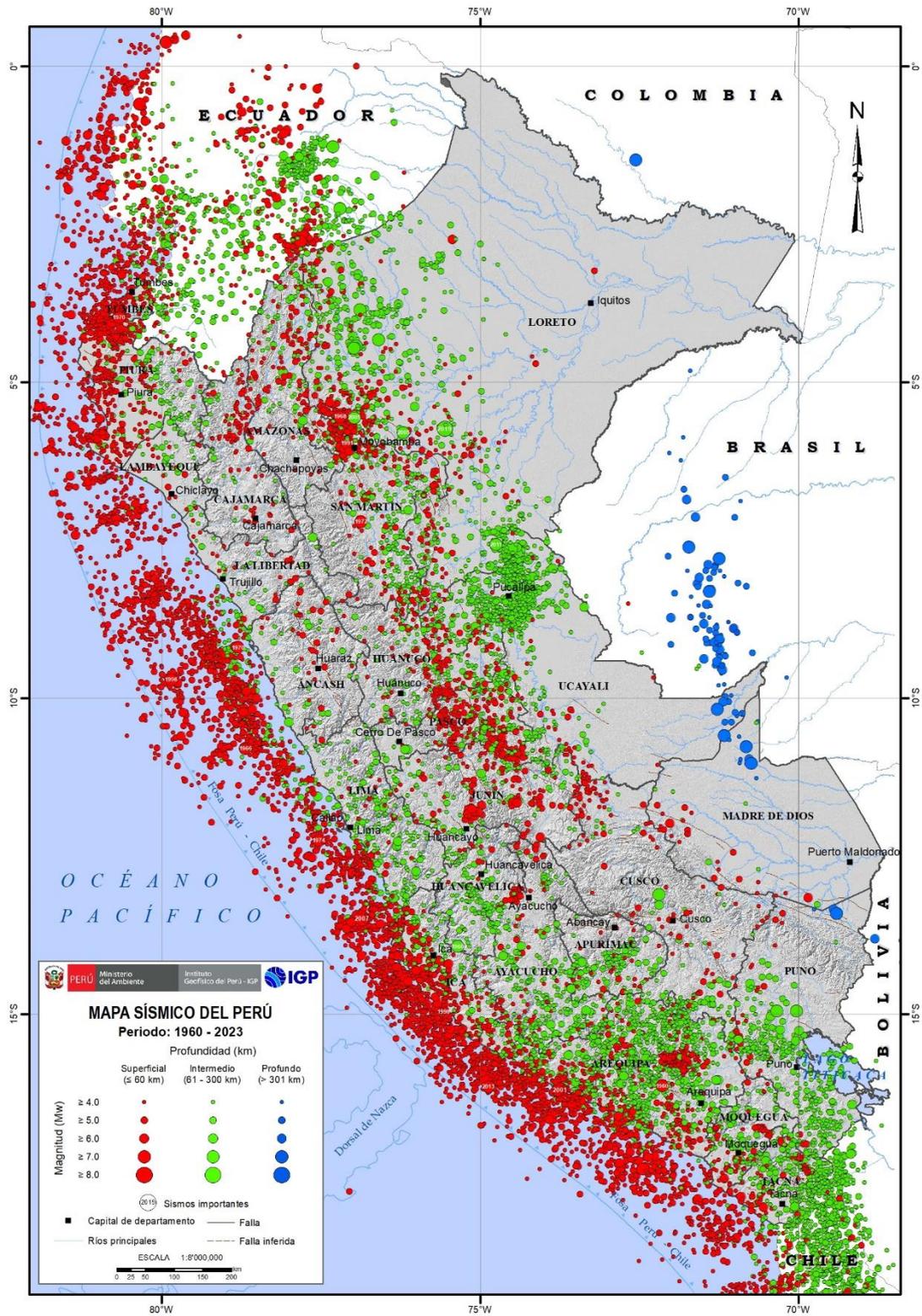
### 1.2.2. Aspectos sísmicos

#### 1.2.2.1. Sismicidad

Según Bozzo & Barbat (2004). La sismicidad se define como la repartición de espacio – tiempo de los terremotos suscitados y las secuelas que ocasionan en la tierra. Conforme avanza la sismología instrumental, tenemos datos más completos que incluyen la magnitud, intensidad, duración, coordenadas exactas, profundidad de un terremoto. (Bozzo & Barbat, 2004)

Figura 2

Mapa sísmico del Perú



Fuente: Instituto Geofísico del Perú (s.f). Mapas Sísmicos

### **1.2.2.2. Medida de los sismos**

#### **a. Magnitud**

Según Bozzo & Barbat (2004). La sumatoria de la energía transmitida de manera de ondas sísmicas es equivalente al total de energía liberada por el terremoto. La energía que se disipa por medio de ondas es correspondiente del 1% al 10% del total de energía.

#### **b. Intensidad**

Según Bozzo & Barbat (2004). La intensidad es aquel valor que representa los daños ocasionados en las edificaciones, como consecuencia de un sismo; así como también los efectos que se suscitan sobre los terrenos y efectos que se producen en las personas.

### **1.2.2.3. Peligro sísmico**

Según Muñoz (2002). Se denomina como peligro sísmico al que tan severo es el sismo en un determinado sitio, dependiendo exclusivamente de las características del terreno y de la topografía de la zona. Para temas de ingeniería, se denota a través del máximo valor que puede alcanzar el sismo en un determinado lugar.

### **1.2.2.4. Riesgo Sísmico**

Según Sauter (1989). Es un parámetro que determina la probabilidad de que en un punto en específico y durante un tiempo de exposición delimitado, los daños y pérdidas económicas, además del número de víctimas (personas) exceden a los valores establecidos mínimos.

#### **1.2.2.5. Vulnerabilidad sísmica**

Según Muñoz (2002). Se denomina vulnerabilidad sísmica al perjuicio que podría presentar una obra, edificación, considerando específicamente las características propias de esta, teniendo en cuenta que las obra o edificaciones que se encuentran en mal estado son más vulnerables que aquellas que presentan un adecuado diseño sismorresistente.

#### **1.2.3. Tipos de suelo en el distrito de Chiclayo**

Según Instituto Nacional de Defensa Civil (2003, como se citó en Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2001), se analizaron los esfuerzos y deformaciones del suelo en el distrito de Chiclayo, concluyendo el comportamiento que sostendrá como consecuencias de las descargas estáticas y dinámicas, clasificando así al distrito en cuatros sectores, de lo cual se tiene el tipo de suelo que predomina y la capacidad admisible promedio, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1

Tipos de suelos predominantes en la ciudad de Chiclayo

SECTORES	ASENTAMIENTOS HUMANOS	TIPOS DE SUELO PREDOMINANTES	ESTATIGRAFIA	EXPANSION DEL SUELO	CAPACIDAD PORTANTE	NIVEL FREATICO
I	Urb. El Ingeniero I y II, Miraflores, Ciudad del Chofer, 03 de Octubre, Quinones, Remigio Silva, Las Brisas, La Purisima, Residencial A. B. Leguia y Cerropon, Cruz de Chalpon, Rosa Nelida Castillo, Sto. Toribio de Mogrovejo, 4 de Noviembre, Simón Bolívar, Vista Alegre, Nueva Esperanza, Cruz de la Esperanza, Sta. Lila, F. Belaúnde, J. Basadre, Los Mochicas, Ricardo Palma, Sta. Elena, José Quiñonez, José Balta, José Olaya, Elías Aguirre, José Obrero, Cruz del Perdón, Cerro Pololó, J. Carlos Mariategui, Amp. Cruz del Perdón, Los Olivos, Parte de 9 de Octubre, 19 de Setiembre, San Sebastian, Virgen de la Paz, San Julio, Sta. Alejandrina, Santuario, Progresiva Cerropón, La Molina Alta, Las Mercedes, La Colina, Vista Hermosa, AVIANTEL, La Concordia, La Plaza, La Pradera, Los Cedros de la Pradera, Virgen de Fátima, san Jerónimo, Los Jardines y Sagrado Corazón de Jesús.	Arcillas del tipo (CL y CH), Arenas (SC, SM y SP) y Gravas (GC y GP).	Media a Semiduro: 2.0 m. < C-3 < 4.5 Rígido: 4.5 m. < C-5 < 15.0 m.	Suelos superficiales de expansión baja a media, con cambio de volúmen pequeño.	1.0 - 2.0 Kg./cm. <sup>2</sup>	2.0 a 7.0 m.
II	Comprende parte del sector Este de la ciudad: Aeropuerto, Planta de Tratamiento de Agua Potable, AA.HH. López Albuja, Micaela Bastidas, San Antonio, Nuevo Mundo, Atusparias, Francisco Cabrera, Las Mercedes, César Vallejo, Amp. Campodónico, Progresiva UCHOFEN, Sagrado Corazón de Jesús, San Guillermo, Sto. Toribio, El Obrero, Amp. San Antonio, Puente Blanco, Jorge Chávez, Fanny Abanto Calle, parte del A.H. Suazo.	Arcillas del tipo (CL y CH), Arenas (SC, SM y SP) y Gravas (GC y CP).	Media a Semiduro: 6.0 m. < C-3 < 8.0 Rígido: 8.0 m. < C-5 < 13.0 m.	Suelos finos de expansión baja a media, con cambio de volúmen pequeño a moderado.	1.0 - 2.0 Kg./cm. <sup>2</sup>	2.0 a 3.5 m.
III	Ramiro Priale, José Santos Chocano, UPIS 1° de Mayo, María Parado de Bellido, Mercado Moshoqueque, Area Central, AA.HH. Santa Rosa, Diego Ferré, Urb. La Primavera, Patazca, Bancarios, La Florida, Hipodromo y el 3er Sector del distrito, Stein, Miraflores, Indoamérica, El Salitral, 6to Sector Urrunaga, Villa Hermosa, La Explanada, Milagro de Dios, Villa El Sol, San Lorenzo, Sta. Ana, Nuevo San Lorenzo, Casablanca, San José Obrero, Garcés, Latina, Artesanos, 12 de Octubre, F. Bolognesi, San Carlos, Las Palmeras, Fundo Sta. María, San Isidro, Miraflores, Amp. T. Amarú, Luis Heysen, La Primavera, San Luis, Porvenir, Cois, San Juan, Salazar, Chiclayo, El Molino, Las Américas, Señor de Los Milagros, San Nicolás, Boggiano, San Francisco, Campodónico, Raymondí, 3° Sector de La Victoria, San Martín, Zamora, Diego Ferré, Mesones Muroy y Ciro Alegría.	Arcillas de media y alta plasticidad del tipo (CL, CH, CL-ML) y en pequeñas proporciones arenas del tipo (SC, SM y SP).	Blando a Medio: 2.0 m. < C-2 < 5.0 m. Semiduro: 3.0 m. < C-4 < 8.0 m. Duro a Rígido: 6.0 m. < C-5 < 13.0 m.	Suelos fino de expansión media a alta, con cambio de volúmen moderado.	0.5 - 1.0 Kg./cm. <sup>2</sup>	1.5 a 2.3 m.
IV	Urb. Santa Victoria, Federico Villareal, Café Perú, Santa Angela, Parque Zonal, C.E. Salaverry, Sta. Victoria, San Eduardo, Carlos Cabrejos Falla, Ana de los Angeles, Villa El Salvador, Sta. Angela, Nazareno, H. Unanue, Divino Maestro, Corazón de Jesús, Carmen Angélica, Los Jardines de Santa Rosa, La Florida, El Amauta, Los Jazmines, Los Pinos de Plata, V. R. Haya de la Torre, Sta. Margarita y parte del A.H. La Victoria.	Arcillas de media y alta plasticidad del tipo (CL, CH, CL-ML) y en pequeñas proporciones arenas del tipo (SC, SM y SP).	Muy Blando a Medio: 3.5 m. < C-1 < 4.5 m. Semiduro: 4.5 m. < C-4 < 5.5 m. Duro a Rígido: 5.5 m. < C-5 < 10.0 m.	Suelos fino de expansibilidad alta a extremadamente alta, con cambio de volumen moderado a severo.	0.0 - 0.5 Kg./cm. <sup>2</sup>	1.0 a 2.0 m.

Fuente: Instituto Nacional de Defensa Civil (2003)

#### **1.2.4. Cimentaciones**

Según Harmsen (2002). Se le denomina cimiento al elemento estructural que emite las descargas de los elementos verticales hacia el terreno en fundición. Sabemos que la esfuerzo que presenta el suelo es menor a comparación del esfuerzo del concreto, por consiguiente, el área de la cimentación a desarrollar debe ser mayor al de la columna o muro, para que de esta manera se puedan disminuir los esfuerzos transmitidos hacia el terreno.

La superficie debe recibir una carga que no varíe el equilibrio ni produzcan asentamientos o deformaciones visibles que impliquen que los elementos estructurales sufran daños; por tal motivo se necesita conocer las características del suelo donde se está cimentando la estructura.

Posteriormente, se detallan valores aproximados de la carga de trabajo para diferentes tipos de suelo a cimentar.

**Tabla 2***Cargas de trabajo para diferentes tipos de suelo*

N°	Tipo de suelo	Q (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Rocas macizas: granito, diorita, gneis	100.00
2	Rocas laminadas: esquistos, pizarra	40.00
3	Rocas sedimentarias: caliza, arenisca	15.00
	Cascajo, gravas o gravas arenosas compactas	5.00
4	Cascajo, gravas o gravas arenosas semi compactas	4.00
	Cascajo, gravas o gravas arenosas sueltas	3.00
	Arenas con grava bien graduadas compactas	3.75
5	Arenas con grava bien graduadas semi compactas	3.00
	Arenas con grava bien graduadas sueltas	2.25
	Arenas con grava mal graduadas compactas	3.00
6	Arenas con grava mal graduadas semi compactas	2.50
	Arenas con grava mal graduadas sueltas	1.75
	Gravas sienosas compactas	2.50
7	Gravas sienosas semi compactas	2.00
	Gravas sienosas sueltas	1.50
8	Arenas sienosas o arena sieno (SM)	2.00
9	Gravas arcillosas o arenas arcillosas (GC-SC)	2.00
10	Suelos inorgánicos, sienos, arenas finas (ML-CL)	1.00
11	Arcillas inorgánicas plásticas, arenas diatomáceas	1.00

**Fuente:** Harmsen (2002)**1.2.5. Condiciones básicas para el diseño de las cimentaciones**

Según Harmsen (2002). Para realizar el diseño de las cimentaciones, podemos tomar en cuenta distintas etapas, la cual se describen a continuación:

- Determinar la presión del suelo en fundación
- Definir la reacción mayorada del suelo
- Realizar la verificación por corte, flexión y punzonamiento

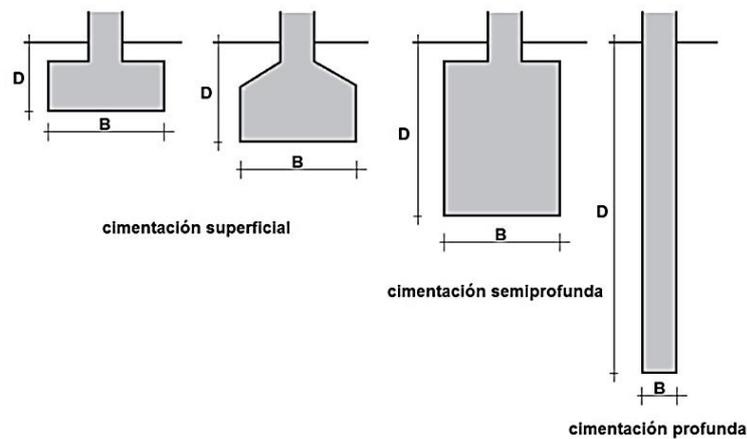
- Realizar el cálculo del refuerzo por flexión
- Realizar la comprobación de la relación entre columna y cimentación

### 1.2.6. Clasificación de las cimentaciones

Generalmente las cimentaciones se clasifican de acuerdo a la profundidad de los estratos, quedando en dos grupos importantes, las cimentaciones superficiales y las profundas.

**Figura 3**

*Clasificación de las cimentaciones*



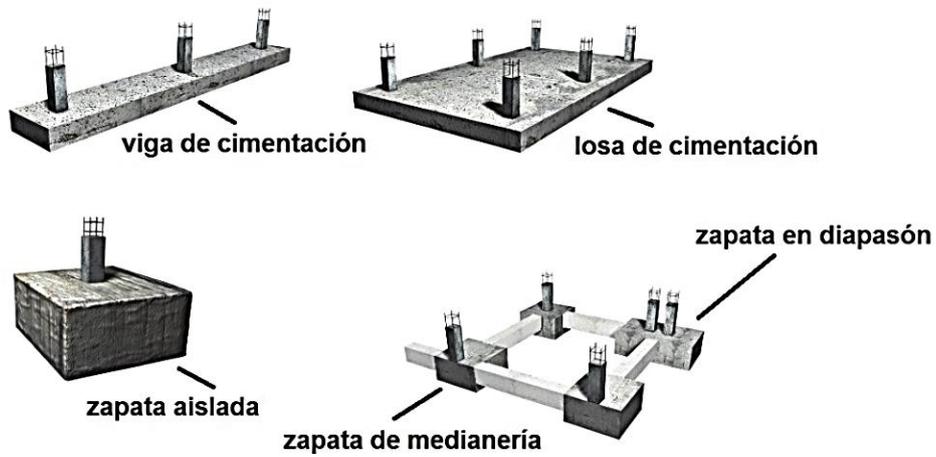
**Fuente:** Yepes (2020). Procedimientos de Construcción de Cimentaciones y Estructuras de Contención.

#### 1.2.6.1. Cimentaciones superficiales.

Según Blanco (1999). Son aquellas que generalmente se utilizan en la mayor parte de las edificaciones, como son las zapatas tanto aisladas como combinadas, los cimientos corridos y las plateas o losas de cimentación; las cuáles transmiten las descargas de los elementos estructurales hacia el terreno que se encuentra ubicado a una profundidad mínima desde la superficie.

**Figura 4**

*Tipo de cimentación superficial*



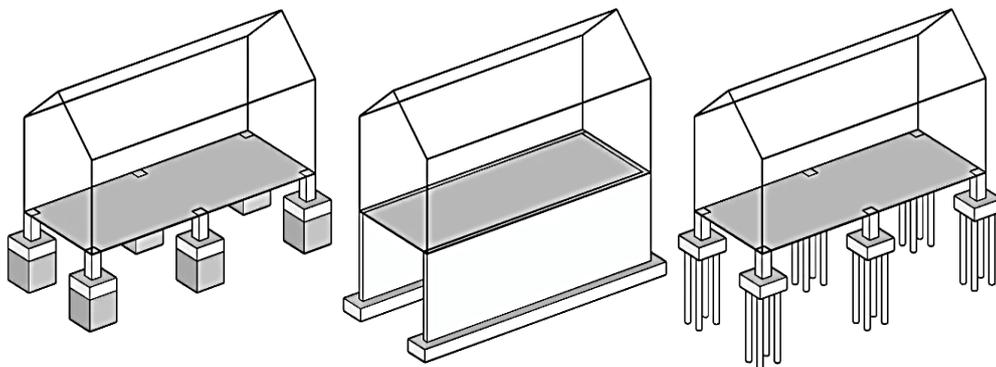
**Fuente:** Calavera (2000). Cálculo de Estructuras de Cimentación

### 1.2.6.2. Cimentaciones profundas

Según Das (2012) Están constituidas particularmente por pilotes, son aquellas cimentaciones que se desarrollan cuando los estratos mayores de los suelos presentan baja capacidad portante, además de que cuando se use las cimentaciones superficiales traiga como consecuencia un deterioro grave en la estructura.

**Figura 5**

*Condiciones que se necesita para el uso de cimentación con pilotes*



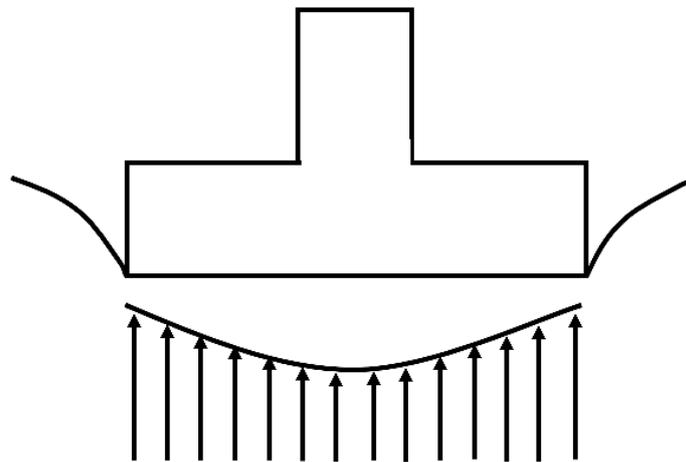
**Fuente:** Alem Arquitectura (2020). Tipos de cimentación para una casa

### 1.2.6.3. Cimentación rígida

Según Quevedo (2007, citado en Canales, 2013, p. 18). Los cimientos rígidos, son aquellas cimentaciones donde la relación que existe entre su rigidez y la del suelo sobre el cual están apoyadas, presentan asentamientos uniformes a través de toda la superficie en contacto.

### Figura 6

*Distribución de esfuerzos de un cimiento rígido*



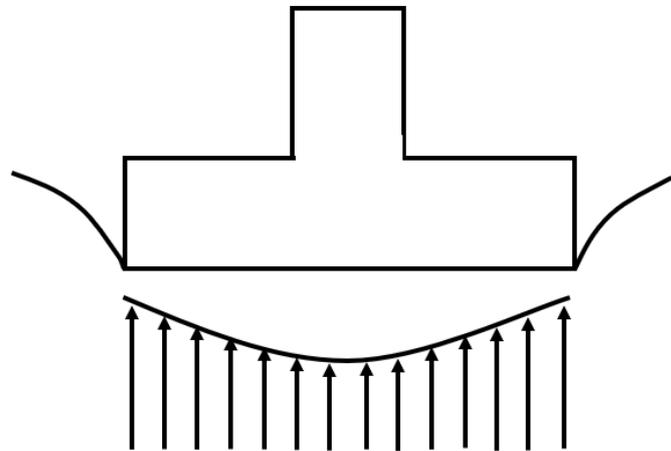
**Fuente:** Los autores

### 1.2.6.4. Cimentación flexible

Según Quevedo (2007), (citado en Canales, 2013, p. 17). De manera general, se toma como definición como aquellas cimentaciones que presentarán una deformación natural a la deformación que presentará el suelo sobre el cuál están apoyadas.

**Figura 7**

*Distribución de esfuerzos de cimentación flexible*



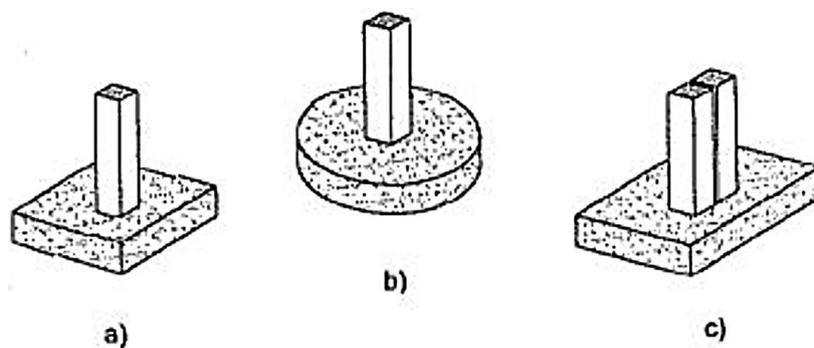
**Fuente:** Los autores

### 1.2.7. Zapatas

Según Calavera (2000). Se define a una zapata aislada, a aquella que soporta la carga de una sola columna (figura 8 a y 8 b); así como también aquella que soporta la carga de dos columnas continuas separadas a través de una junta de dilatación (figura 8 c). Cuando una zapata soporta la carga de 2 columnas conectadas bajo una viga de cimentación (figura 9).

**Figura 8**

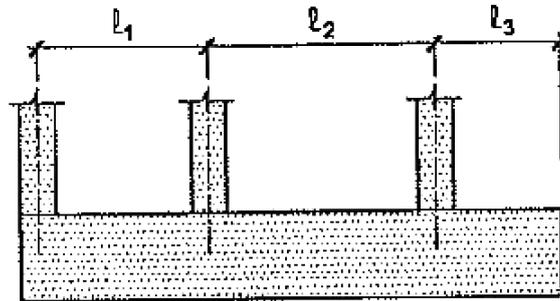
*Zapatas aisladas soportando carga de columnas*



**Fuente:** Calavera (2000). Cálculo de Estructuras de Cimentación

**Figura 9**

*Zapatas combinadas con viga de cimentación*

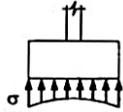
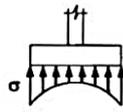
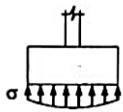
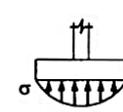
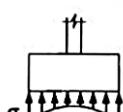
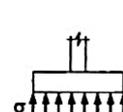


**Fuente:** Calavera (2000). Cálculo de Estructuras de Cimentación

**1.2.7.1. Distribución de presiones**

**Tabla 3**

*Distribución de presiones en zapatas*

TIPO DE SUELO	TIPO DE ZAPATA	
	RÍGIDA	FLEXIBLE
Cohesivo		
Granular		
Roca		

**Fuente:** Calavera (2000). Cálculo de Estructuras de Cimentación

### 1.2.7.2. Zapata rígida

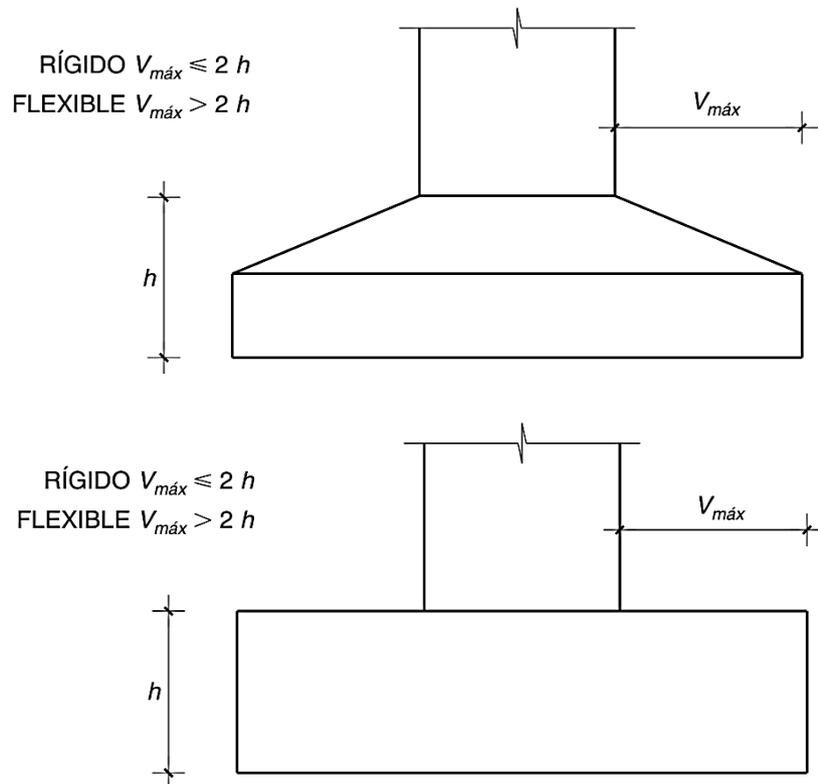
Se definen como aquellas zapatas cuyo vuelo “v” en la dirección principal es menor que 2 veces el canto “h”. (figura 7). (Ministerio de Fomento, 2010).

### 1.2.7.3. Zapata flexible

Se definen como aquellas zapatas cuyo vuelo “v” en la dirección principal es mayor que 2 veces el canto “h”. (figura 7). (Ministerio de Fomento, 2010).

**Figura 10**

*Zapata rígida y flexible*



**Fuente:** Ministerio de Fomento (2010). Instrucción de Hormigón Estructural

**Tabla 4**

*Comprobaciones a realizar en zapatas aisladas*

<b>TIPO</b>	<b>COMPROBACIONES</b>
Zapatas rígidas	Flexión
	Esfuerzo cortante
	Fisuración
Zapatas flexibles	Flexión
	Esfuerzo cortante
	Punzonamiento
	Fisuración

**Fuente:** Los autores

#### **1.2.7.4. Método de bielas y tirantes**

Según Ministerio de Fomento (2010). En cimentaciones rígidas no se aplica la teoría de flexión para el diseño, siendo necesario utilizar el método de bielas y tirantes, dimensionando el refuerzo y comprobar a su vez las sollicitaciones del concreto.

En zapatas rectangulares sometidas a flexocompresión, el modelo a utilizar es el expuesto a continuación (figura 9), cuya armadura principal será para resistir a la tracción según el modelo:

$$T_d = \frac{R_{1d}}{0,85d} x_1 = A_s f_{yd}$$

Dónde:

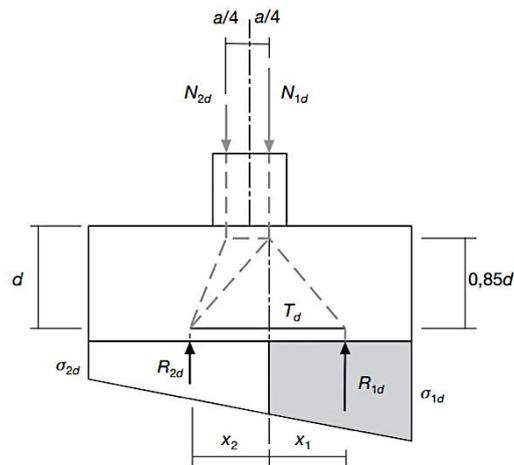
$R_{1d}$  = *resultante de las tensiones del trapecio sombreado en zapata*

$x_1$  = *distancia del centro de gravedad del trapecio a  $N_{1d}$*

Esta armadura se colocará sin disminuir la sección, a través de todo el largo de la zapata y se fijará según los parámetros ya establecidos, siendo el anclaje a través de barras transversales el más óptimo para este caso en específico.

**Figura 11**

*Bielas y tirantes para zapata rígida*



**Fuente:** Ministerio de Fomento (2010). Instrucción de Hormigón Estructural

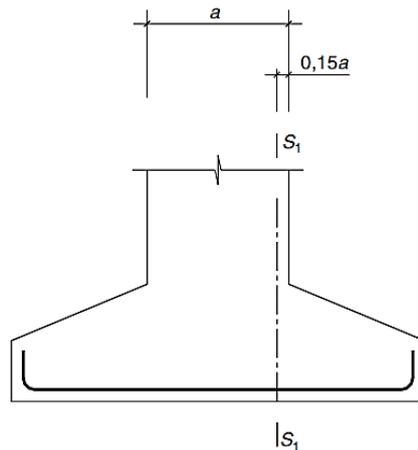
#### 1.2.7.5. Teoría general de flexión

Según Ministerio de Fomento (2010). En cimentaciones flexibles se aplica la teoría general de flexión, en este caso el área de estudio que se considera para realizar el cálculo, se considera de manera plana, perpendicular a la base de la zapata, teniendo presente el área total, siendo paralela a la cara del muro, estacionada detrás de la cara a una longitud equivalente a  $0,15a$  de la dimensión del apoyo medida de forma ortogonal al área que se debe considerar (figura 10). Para este caso se toma como suposición que el muro y soporte son de concreto.

Además del momento máximo que se va a considerar para el cálculo de las zapatas flexible, se da en el área de referencia definida a continuación (figura 11).

**Figura 12**

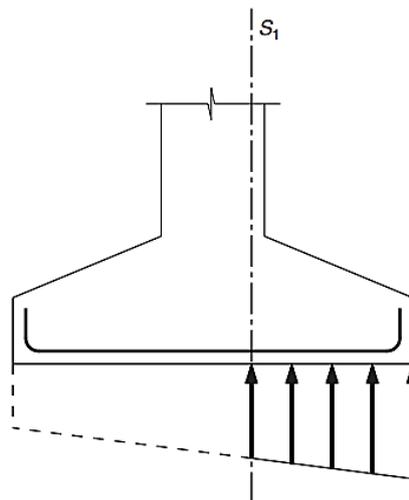
*Zapata flexible - flexión*



**Fuente:** Ministerio de Fomento (2010). Instrucción de Hormigón Estructural

**Figura 13**

*Zapata flexible – momento máximo*



**Fuente:** Ministerio de Fomento (2010). Instrucción de Hormigón Estructural

Según Ministerio de Fomento (2010). La armadura necesaria se calculará a través de flexión simple. En zapatas flexibles corridas y trabajando a una sola dirección, y en zapatas cuadradas trabajando en ambas direcciones, la armadura se colocará alrededor de todo el ancho de la zapata de manera uniforme. En zapatas flexibles de forma rectangular trabaja en ambas direcciones, la armadura paralela al lado mayor de la zapata, de longitud  $a'$  se transmitirá de manera uniforme a través del ancho  $b'$  de la base de la zapata.

Dónde:

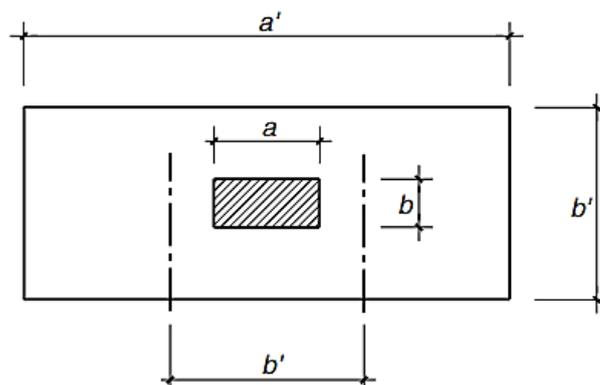
$$A_s = \frac{2b'}{(a' + b')}$$

$$b' \geq a + 2h$$

$$b' < a + 2h \rightarrow b' = a + 2h$$

**Figura 14**

*Zapata flexible rectangular*



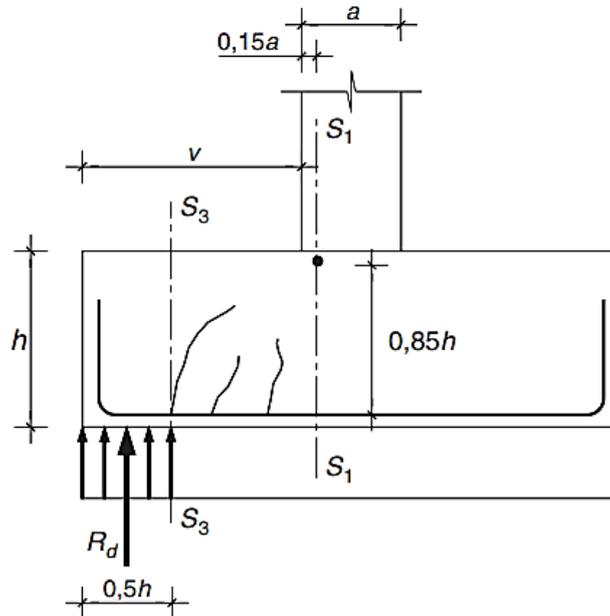
**Fuente:** Ministerio de Fomento (2010). Instrucción de Hormigón Estructural

La armadura se anclará bajo una superficie donde la fuerza es:

$$T_d = R_d \frac{v + 0.15a - 0.25h}{0.85h}$$

**Figura 15**

*Zapata flexible rectangular – área de armadura*



**Fuente:** Ministerio de Fomento (2010). Instrucción de Hormigón Estructural

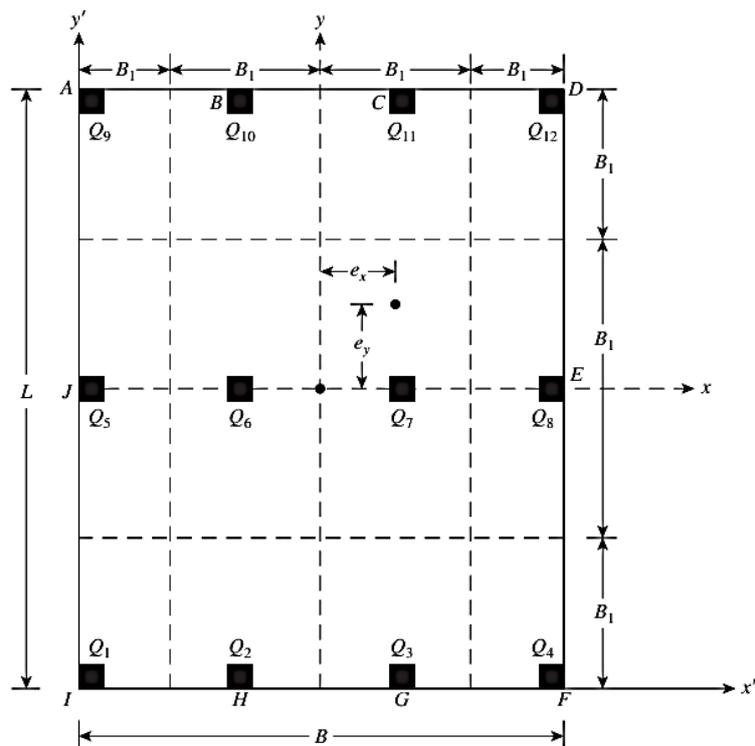
### 1.2.8. Losa o platea de cimentación

#### 1.2.8.1. Método rígido convencional

Según Das (2012). A continuación, se explica detalladamente el método rígido convencional para diseñar losas o plateas de cimentación (figura N° 16)

**Figura 16**

*Diseño rígido convencional de una losa de cimentación*



**Fuente:** Das (2012). Fundamentos de ingeniería de cimentaciones

- En la figura N°13 podemos analizar una platea de cimentación cuya dimensión es de  $L \times B$ , además de las cargas de las columnas  $Q_1, Q_2, Q_3, \dots$  se procede a determinar el total de cargas que transmiten las columnas según la siguiente fórmula:

$$Q = Q_1 + Q_1 + Q_1 + \dots$$

- A continuación, se calcula la presión del suelo ( $q$ ) inferior de la platea de cimentación, en los puntos A, B, C, ... según la ecuación que observamos a continuación:

$$q = \frac{Q}{A} \pm \frac{M_y x}{I_y} \pm \frac{M_x y}{I_x}$$

Donde:

$$A = LxB$$

$$I_x = \left(\frac{1}{12}\right)LB^3$$

$$I_y = \left(\frac{1}{12}\right)LB^3$$

$M_x =$  momentos de las cargas de las columnas respecto al eje  $x = Qe_y$

$M_y =$  momentos de las cargas de las columnas respecto al eje  $y = Qe_x$

Las excentricidades de carga  $e_x$  y  $e_y$ , en ambas direcciones, tanto en  $x$  e  $y$ , se calcula con las coordenadas  $(x', y')$ :

$$x' = \frac{Q_1x'_1 + Q_2x'_2 + Q_3x'_3 + \dots}{Q}$$

$$e_x = x' - \frac{B}{2}$$

$$y' = \frac{Q_1y'_1 + Q_2y'_2 + Q_3y'_3 + \dots}{Q}$$

$$e_y = y' - \frac{L}{2}$$

- c. Se realiza una comparativa de los valores de los esfuerzos en el suelo calculados en el paso (a) con una presión permisible neta en el suelo para determinar si  $q \leq q_{permisible}$
- d. La platea o losa de cimentación, se fracciona en varias franjas o secciones en la dirección  $x$  e  $y$  como se puede apreciar en la (figura 13), donde el ancho de cualquier franja se presenta como  $B_1$ .

- e. Se realizan los diagramas de cortante (V) y momento flector (M) para cada una de las franjas de manera unitaria en ambas direcciones (x e y); donde el esfuerzo promedio del suelo en cada franja inferior en la dirección “x” (figura 13), es

$$q_{prom} = \frac{q_I + q_F}{2}$$

Donde  $q_I$  y  $q_F$  son los esfuerzos en el suelo en los puntos I y F, determinadas en el paso II, ajustándose la carga promedio de las columnas

$$Carga\ promedio = \frac{q_{prom}B_1B + (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4)}{2}$$

Se determina la reacción promedio modificada del suelo es:

$$q_{prom(modificada)} = q_{prom} \left( \frac{carga\ promedio}{q_{prom}B_1B} \right)$$

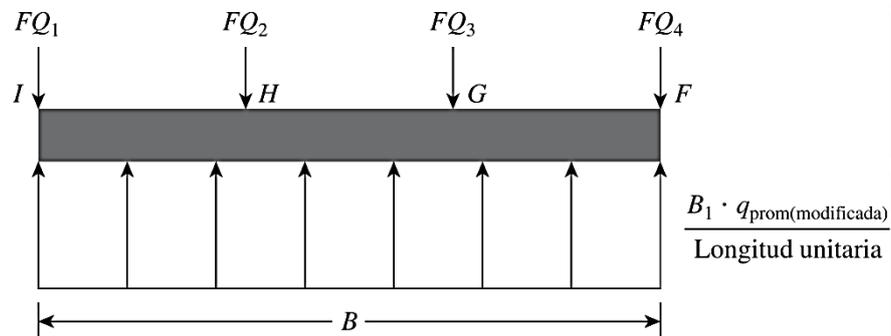
Y el factor de modificación de las cargas de columnas es:

$$F = \frac{carga\ promedio}{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4}$$

- f. Las cargas de las columnas modificadas son entonces  $FQ_1, FQ_2, FQ_3$  y  $FQ_4$ . Estas cargas se muestran (figura 14). Ahora se realizan los diagramas cortantes y momento flector para esta sección, realizando este procedimiento de manera continua para todas las secciones tanto en dirección x como en y.

## Figura 17

Cargas modificadas sobre la franja de la losa



**Fuente:** Das (2012). Fundamentos de ingeniería de cimentaciones

- g. Ahora se calcula la profundidad efectiva “d” de la platea de cimentación verificando el corte por tensión diagonal cerca de diferentes columnas., para el área más crítica

$$U = b_o d \left[ \phi (0.34) \sqrt{f'_c} \right]$$

Donde

$U$  = Carga factorizada de la columna (MN)

$\phi$  = Factor de reducción = 0.85

$f'_c$  = Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días (MN/m<sup>2</sup>)

Las unidades de  $b_o$  y  $d$  en la ecuación anterior están en (m), y en unidades inglesas, se expresa como:

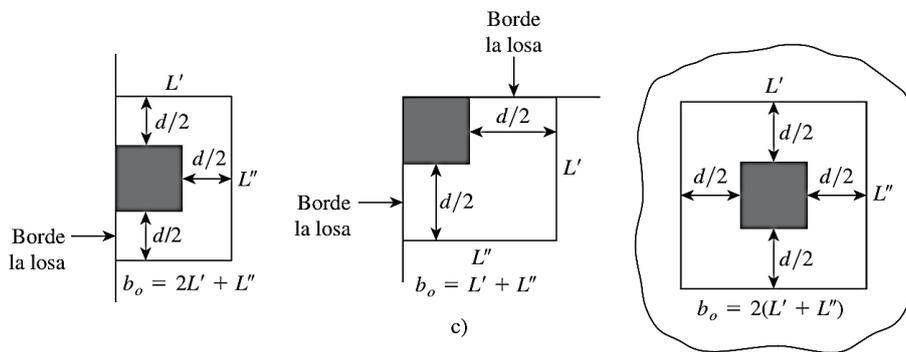
$$U = b_o d \left[ 4\phi \sqrt{f'_c} \right]$$

Donde,  $U$  está en libras,  $b_o$  y  $d$  están en pulgadas y  $f'_c$  en lb/pulg<sup>2</sup>

La fórmula para  $b_o$  en términos de  $d$ , tiene dependencia de la posición donde se encuentra la columna según la planta de la platea de cimentación (figura 15).

**Figura 18**

*Ubicación de columna respecto a la planta de la losa*



**Fuente:** Das (2012). Fundamentos de ingeniería de cimentaciones

- h. De los diagramas de momento flector de todas las secciones en una dirección (x o y), obtenga los momentos mayores positivo y negativo para cada ancho unitario (es decir,  $M' = M/B_1$ ).
- i. Determinar las secciones de acero para cada ancho unitario para refuerzo positivo y negativo en ambas direcciones, x e y.

$$M_u = (M')(factor\ de\ carga) = \phi A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

Donde:

$A_s$  = Área de acero por franja unitaria

$f_y$  = Esfuerzo de fluencia del acero en tensión

$M_u$  = Momento reducido

$\phi = 0.9$  = factor de reducción

### 1.2.8.2. Método flexible aproximado

Según Das (2012). En este diseño, el suelo se dispone como un número infinito de resortes elásticos (ver figura 19), llamado como el método Winkler, cuyo coeficiente de balasto del suelo ( $k$ ), es una constante de elasticidad de los presuntos resortes que se dispone. Para este diseño, se considera una viga (la cual es sometida a una carga concéntrica  $Q$ ) de ancho  $B_1$  y longitud infinita (figura 20)

$$M = E_F I_F \frac{d^2 z}{dx^2}$$

Donde:

$M$  = Momento en cualquier área

$E_F$  = Módulo de elasticidad del material de la cimentación

$I_F$  = Módulo de inercia de la sección transversal de la viga =  $\left(\frac{B_1 h^3}{12}\right)$

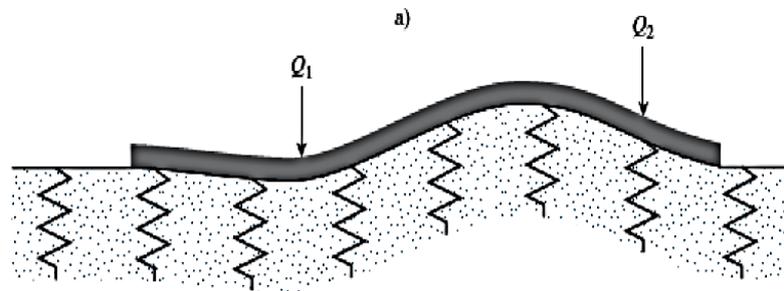
Sin embargo,

$\frac{dM}{dx}$  = Fuerza cortante =  $V$

$\frac{dv}{dx} = q$  = Reacción del suelo

**Figura 19**

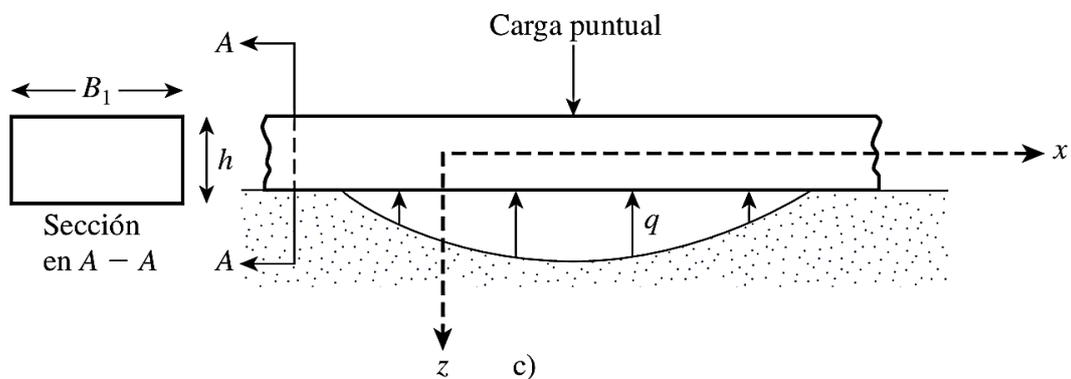
*Fundamento del método flexible aproximado*



**Fuente:** Das (2012). Fundamentos de ingeniería de cimentaciones

**Figura 20**

*Fundamento del método flexible aproximado*



**Fuente:** Das (2012). Fundamentos de ingeniería de cimentaciones

De ahí que,

$$\frac{d^2 M}{dx^2} = q$$

Al realizar la combinación de las ecuaciones, se obtiene:

$$E_F I_F \frac{d^4 z}{dx^4} = q$$

Por consiguiente, la reacción del suelo es:

$$q = -zk'$$

$$z = \text{deflexión}$$

$$k' = kB_1$$

$k = \text{coeficiente de reacción de la subrasante (kN/m}^3 \text{ o lb/pulg}^3\text{)}$

Por lo tanto,

$$E_F I_F \frac{d^4 z}{dx^4} = -zkB_1$$

$$z = e^{-\alpha x} (A' \cos \beta x + A'' \sin \beta x)$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{B_1 k}{4E_F I_F}}$$

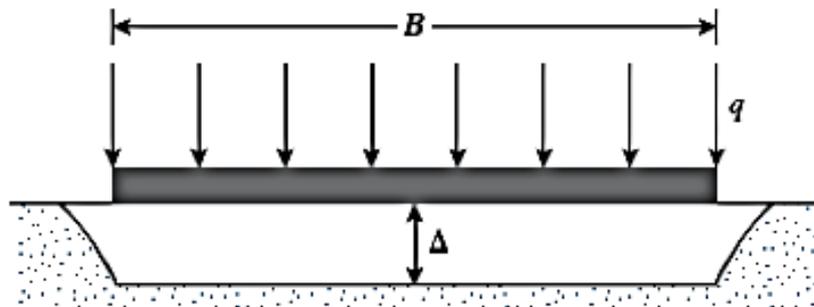
El diseño de las plateas de fundición, se debe realizar a través del método rígido convencional si la distancia entre los apoyos (columnas) en una franja es menor que  $1.75/\lambda$ , sino utilizar el método flexible aproximado.

El coeficiente del módulo de balasto, es sometida a una carga por área unitaria  $q$  que se da en una cimentación de ancho  $B$ , que sufrirá un asentamiento  $\Delta$  (ver figura 21)

$$k = \frac{q}{\Delta} \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

## Figura 21

Definición del coeficiente de balasto "k"



**Fuente:** Das (2012). Fundamentos de ingeniería de cimentaciones

Se debe tener en cuenta que el valor del coeficiente de balasto no es una constante para un suelo determinado, sino que varía según factores como el ancho  $B$  y longitud  $L$  de la platea cimentación y de la profundidad de empotramiento de la cimentación. Este estudio se realiza en campo con placas cuadradas de dimensión de  $0.3 \times 0.3$  m para determinar el valor de  $k$ , dándose para diferentes tipos de suelos:

Cimentaciones sobre suelos arenosos:

$$k(\text{kN}/\text{m}^3) = k_{0.3} \left( \frac{B + 0.3}{2B} \right)^2$$

$k = k_{0.3} =$  coeficiente de balasto para cimentaciones de  $0.3 \times 0.3$  m y  $B \times B$

Cimentaciones sobre arcillas:

$$k(\text{kN}/\text{m}^3) = k_{0.3} \left( \frac{0.3}{B} \right)$$

Para cimentaciones cuadradas con dimensiones de  $B \times L$

$$k = \frac{k_{B \times B} \left( 1 + 0.5 \frac{B}{L} \right)}{1.5}$$

$k =$  coeficiente de balasto para cimentación rectangular  $B \times L$

$k_{B \times B} =$  coeficiente de balasto para cimentación cuadrada  $B \times B$

El módulo de elasticidad  $k$  para suelos granulares aumenta según la profundidad, puesto que el asentamiento de un cimiento obedece al módulo de elasticidad del suelo.

Como se verifica en la siguiente tabla se indican intervalos comunes para el coeficiente de balasto para suelos arenosos y arcillosos:

**Tabla 5**

*Valores comunes de la reacción de la subrasante  $k_{0.3}$  ( $k_1$ )*

TIPO DE SUELO	$K_{0.3}(K_1)$ MN/m <sup>3</sup>
Arena seca o húmeda	
Suelta	8 - 25
Media	25 - 125
Densa	125 - 375
Arena saturada	
Suelta	10 - 15
Media	35 - 40
Densa	130 - 150
Arcilla	
Rígida	10 - 25
Muy rígida	25 - 50
Dura	> 50

**Fuente:** Das (2012). Fundamentos de ingeniería de cimentaciones

## 1.2.9. Reglamento nacional de edificaciones

### 1.2.9.1. Norma E.020 – Cargas

#### a. Carga Viva del Piso

Tabla 6

*Cargas vivas mínimas repartidas*

<b>OCUPACIÓN O USO</b>	<b>CARGAS REPARTIDAS kPa (kf/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Almacenaje</b>	5,0 (500)
<b>Baños</b>	Igual a la carga principal del resto del área, sin que sea necesario que exceda de 3,0 (300)
<b>Bibliotecas</b>	
Salas de lectura	3,0 (300)
Salas de almacenaje con estantes fijos (no apilables)	7,5 (750)
Corredores y escaleras	4,0 (400)
<b>Centros de Educación</b>	
Aulas	2,5 (250)
Talleres	3,5 (350)
Auditorios, gimnasios, etc.	De acuerdo a lugares de asamblea
Laboratorios	3,0 (300)
Corredores y escaleras	4,0 (400)
<b>Garajes</b>	
Para parqueo exclusivo de vehículos de pasajeros, con altura de entrada menor que 2,40 m	2,5 (250)
Para otros vehículos	
<b>Hospitales</b>	
Salas de operación, laboratorios y zonas de servicio	3,0 (300)
Cuartos	2,0 (200)
Corredores y escaleras	4,0 (400)

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones (2018)

**Tabla 7***Cargas vivas mínimas repartidas*

<b>OCUPACIÓN O USO</b>	<b>CARGAS REPARTIDAS kPa (kl/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Hoteles</b>	
Cuartos	2,0 (200)
Salas públicas	De acuerdo a lugares de asamblea
Almacenaje y servicios	5,0 (500)
Corredores y escaleras	4,0 (400)
<b>Industria</b>	
<b>Instituciones Penales</b>	
Celdas y zonas de habitación	2,0 (200)
Zonas públicas	De acuerdo a lugares de asamblea
Corredores y escaleras	4,0 (400)
<b>Lugares de asamblea</b>	
Con asientos fijos	3,0 (300)
Con asientos móviles	4,0 (400)
Salones de baile, restaurantes, museos, gimnasios y vestíbulos de teatros y cines.	4,0 (400)
Graderías y tribunas	5,0 (500)
Corredores y escaleras	5,0 (500)
<b>Oficinas</b>	
Exceptuando salas de archivo y computación	2,5 (250)
Salas de archivo	5,0 (500)
Salas de computación	2,5 (250)
Corredores y escaleras	4,0 (400)
<b>Teatros</b>	
Vestidores	2,0 (200)
Cuarto de proyección	3,0 (300)
Escenario	7,5 (750)
Zonas públicas	De acuerdo a lugares de asamblea
<b>Tiendas</b>	
Corredores y escaleras	5,0 (500)
<b>Viviendas</b>	
Corredores y escaleras	2,0 (200)

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones (2018)

## b. Carga viva del techo

Para los techos con una inclinación hasta de 3°, 1,0 kPa (100 kgf/m<sup>2</sup>).

## c. Carga viva para aceras, pistas, barandas, parapetos y columnas en zonas de estacionamiento

**Tabla 8**

*Carga Viva – Barandas y Parapetos*

<b>Barandas y parapetos</b>	<b>Carga Horizontal kN/m (kgf/m)</b>	<b>Carga Vertical kN/m (kgf/m)</b>
Pozo para escaleras, balcones y techos en general	0,60 (60)	0,60 (60)
Viviendas unifamiliares	0,30 (30)	0,30 (30)
Balcones de teatros y lugares de asamblea	0,75 (75)	1,50 (150)

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones (2018)

**Tabla 9**

*Pesos Unitarios*

<b>MATERIALES</b>	<b>PESO kN/m<sup>3</sup> (Kgf/m<sup>3</sup>)</b>
Concreto Simple	23,0 (2300)
Concreto Armado	24,0 (2400)
Metales	
Acero	78,5 (7850)
Aluminio	27,5 (2750)
Bronce	85,0 (8500)
Cobre	89,0 (8900)

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones (2018)

#### d. Combos de cargas para diseños por esfuerzos admisibles

- Combo 1 = 1.4CM + 1.7CV
- Combo 2 = 1.25CM + 1.25CV + CS
- Combo 3 = 1.25CM + 1.25CV – CS
- Combo 4 = 0.9CM + CS
- Combo 5 = 0.9CM – CS

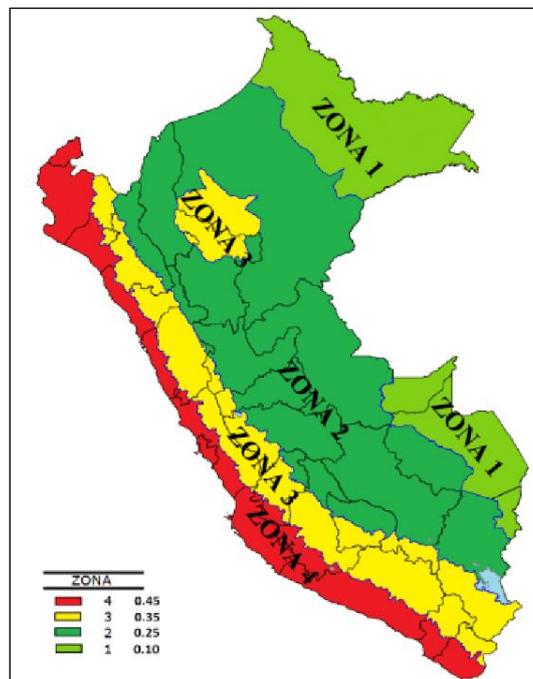
#### 1.2.9.2. Norma E.030 – Diseño sismorresistente

##### a. Zonificación

El Perú se considera dividido en cuatro zonas, como se observa en la siguiente figura:

**Figura 22**

*Zonas sísmicas*



**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones (2018)

## b. Perfiles del suelo

**Tabla 10**

*Clasificación de los perfiles del suelo*

<b>Perfil</b>	$\bar{V}_s$	$\bar{N}_{60}$	$\bar{S}_u$
$S_0$	> 1500 m/s	-	-
$S_1$	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kPa
$S_2$	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	5 kPa a 100 kPa
$S_3$	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
$S_4$	Clasificación basada en el EMS		

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones (2018)

$S_0 = \text{Roca dura}$

$S_1 = \text{Roca o suelos muy rígidos}$

$S_2 = \text{Suelos intermedios}$

$S_3 = \text{Suelos blandos}$

$S_4 = \text{Condiciones excepcionales}$

## c. Parámetros de sitio

Se estima el tipo de perfil que mejor detalle las condiciones locales, usando los valores del factor de amplificación del suelo  $S$  y de los periodos  $T_p$  y  $T_L$ , como se aprecia a continuación (ver tabla 11 y 12)

**Tabla 11***Factor de suelo*

<b>ZONA - SUELO</b>	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$Z_1$	0,80	1,00	1,05	1,10
$Z_2$	0,80	1,00	1,15	1,20
$Z_3$	0,80	1,00	1,20	1,40
$Z_4$	0,80	1,00	1,60	2,00

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones (2018)**Tabla 12***Periodo de suelo*

<b>PERIODO</b>	<b>Perfil del suelo</b>			
	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$T_P$	0,3	0,4	0,6	1,0
$T_L$	3,0	2,5	2,0	1,6

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones (2018)**d. Factor de amplificación sísmica**

$$T < T_P \quad C = 2,5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2,5 \left( \frac{T_P}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \left( \frac{T_P T_L}{T^2} \right)$$

### e. Categoría de la edificación y factor de uso

**Tabla 13**

*Categorías de las edificaciones y factor U*

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
A: Edificaciones esenciales	<p>A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A 1.</li> <li>- Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicación.</li> <li>- Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía.</li> <li>- Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.</li> <li>- Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades.</li> <li>- Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.</li> <li>- Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.</li> </ul>	1,5

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones (2018)

**Tabla 14***Categorías de las edificaciones y factor U*

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
B: Edificaciones importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. también se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C: Edificaciones comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D: Edificaciones temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones (2018)

**f. Categoría y sistemas estructurales**

**Tabla 15***Categoría y Sistema Estructural*

CATEGORÍA DE LA EDIFICACIÓN	ZONA	SISTEMA ESTRUCTURAL
A1	4 y 3	Aislamiento sísmico con cualquier sistema estructural. Estructuras de acero tipo SCBF y EBF.
	2 y 1	Estructuras de concreto: sistema dual, muros de concreto armado Albañilería armada o confinada. Estructuras de acero tipo SCBF y EBF.
A2	4, 3 y 2	Estructuras de concreto: sistema dual, muros de concreto armado Albañilería armada o confinada.
	1	Cualquier sistema Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF.
B	4, 3 y 2	Estructuras de concreto: pórticos, sistema dual, muros de concreto armado Albañilería armada o confinada.
	1	Estructuras de madera
C	1	Cualquier sistema
	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones (2018)

## g. Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas

**Tabla 16**

*Sistema Estructural y Coeficiente de Reducción*

<b>SISTEMA ESTRUCTURAL</b>	<b>COEFICIENTE DE REDUCCIÓN</b>
<b>Acero:</b>	
Pórticos especiales resistentes a momentos (SMF)	8
Pórticos intermedios resistentes a momentos (IMF)	5
Pórticos ordinarios resistentes a momentos (OMF)	4
Pórticos especiales concéntricamente arriostrados	7
Pórticos ordinarios concéntricamente arriostrados	4
Pórticos excéntricamente arriostrados	8
<b>Concreto armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
De muros de ductilidad limitada	4
<b>Albañilería armada o confinada</b>	<b>3</b>
<b>Madera</b>	<b>7</b>

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones (2018)

## h. Regularidad estructural

Tabla 17

### *Irregularidades Estructurales en Altura*

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	FACTOR DE IRREGULARIDAD $I_a$
<p><b>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando</b> Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p>	0,75
<p><b>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil</b> Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	
<p><b>Irregularidad Extrema de Rigidez</b> Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p>	0,50
<p><b>Irregularidad Extrema de Resistencia</b> Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	
<p><b>Irregularidad de Masa o Peso</b> Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el artículo 26, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0,90
<p><b>Irregularidad Geométrica Vertical</b> La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0,90
<p><b>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes</b> Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10% de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento.</p>	0,80
<p><b>Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes</b> Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25% de la fuerza cortante total.</p>	0,60

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones (2018)

**Tabla 18**

*Irregularidades Estructurales en Planta*

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	FACTOR DE IRREGULARIDAD $I_p$
<p><b>Irregularidad Torsional</b>                      Existe irregularidad de torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga. Este criterio solo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y solo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado</p>	0,75
<p><b>Irregularidad Torsional Extrema</b>                      Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un edificio en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga. Este criterio solo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y solo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado.</p>	0,60
<p><b>Esquinas Entrantes</b>                      La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta.</p>	0,90
<p><b>Discontinuidad del Diafragma</b>                      La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50% del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.</p>	0,85
<p><b>Sistemas no Paralelos</b>                      Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10% de la fuerza cortante del piso.</p>	0,90

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones (2018)

**i. Fuerzas sísmicas – reducción**

$$R = R_o \cdot I_a \cdot I_p$$

**j. Fuerza cortante en base**

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot p$$

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

**k. Periodo de vibración**

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_i d_i^2}{g \cdot \sum_{i=1}^n f_i d_i}}$$

**l. Aceleración espectral**

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

$$T < 0.2T_p$$

$$C = 1 + 7.5 \left( \frac{T}{T_p} \right)$$

**m. Desplazamientos laterales relativos admisibles**

**Tabla 19**

*Distorsiones*

<b>MATERIAL PREDOMINANTE</b>	$\Delta_i/h_{ei}$
Concreto armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto con muros de ductilidad limitada	0,005

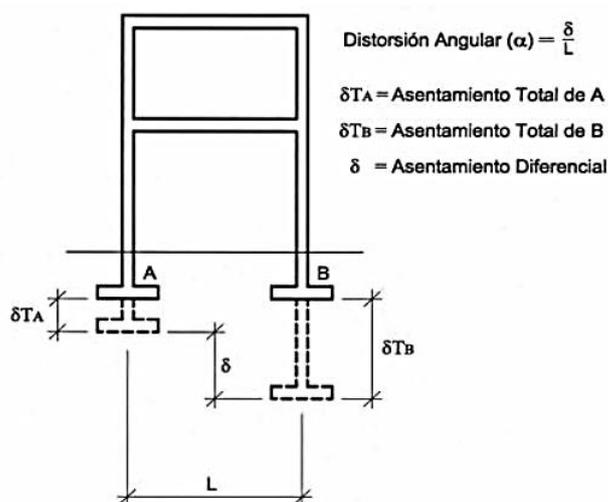
**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones (2018)

**1.2.9.3. Norma E.050 – Suelos y cimentaciones**

**a. Asentamiento tolerable**

**Figura 23**

*Asentamiento diferencial*

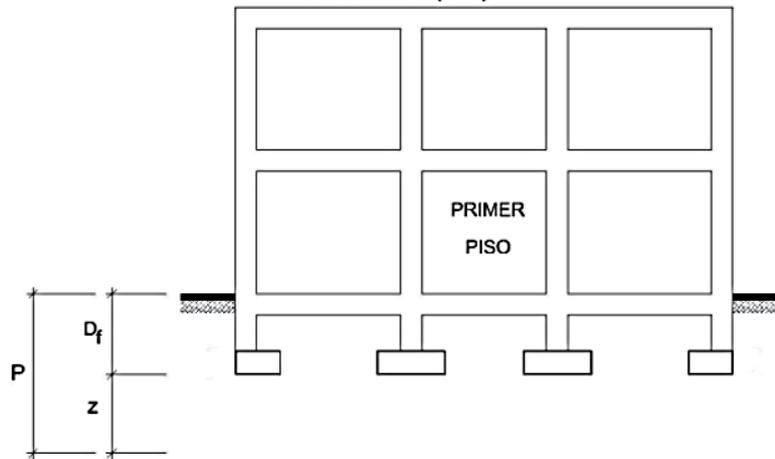


**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones (2018)

**b. Profundidad mínima en cada punto de exploración**

**Figura 24**

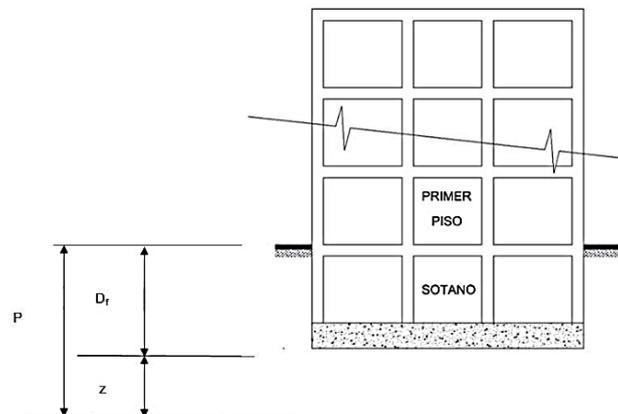
*Profundidad de cimentación en zapatas superficiales*



**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones (2018)

**Figura 25**

*Profundidad de cimentación en plateas o losas*



**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones (2018)

**1.2.9.4. Norma E.060 – Concreto armado**

En el capítulo 15, se detallará la aplicación del diseño de zapatas aisladas, cimentaciones mixtas y cimentaciones en losa.

Se detalla el diseño por resistencia, el cual es el diseño de zapatas que debe resistir las cargas amplificadas; el cálculo de presiones, los momentos flectores y fuerzas cortantes en las zapatas, losas; así como también el refuerzo en las zapatas, losas.

### 1.3. Definición de términos Básicos

- **Asentamiento Diferencial:** es el asentamiento que ocurre entre dos cimentaciones unidas mediante un elemento estructural, perteneciente a la misma estructura. (Reglamento Nacional de Edificaciones – E050 Suelos y Cimentaciones)
- **Calicatas:** excavación con una determinada dimensión cuya muestra nos sirve para realizar los ensayos de laboratorio en el estudio de mecánica de suelos. (Mecánica de suelos, Harmsen)
- **Capacidad de Carga Admisible:** Es la capacidad de carga última o de falla afectada por un factor de seguridad (Reglamento Nacional de Edificaciones – E050 Suelos y Cimentaciones)
- **Carga de Servicio:** Es la capacidad de carga última o de falla afectada por un factor de seguridad (Reglamento Nacional de Edificaciones – E050 Suelos y Cimentaciones).
- **Cargas Muertas:** se considera el peso de los equipos, tabiquería, materiales, así como también los elementos que son soportador por la estructura, incluyendo el peso propio de esta; que sean permanentes o con una variación en su magnitud, pequeña en el tiempo. (Reglamento Nacional de Edificaciones – E020 Cargas).

- **Cargas Vivas:** consiste el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y elementos movibles que la edificación soporta. (Reglamento Nacional de Edificaciones – E020 Cargas).
- **Cimentación Flexible:** es la cimentación que presenta un desplazamiento variable, para una resultante de cargas. (Hetenyi, 1946)
- **Columna:** Elemento estructural vertical que traba a compresión y flexión, soportando la carga de la estructura y transmitiendo ésta, hacia la cimentación. (Propio, según estudios universitarios)
- **Estrato:** capas superpuestas que dividen el proceso de la sedimentación.
- **Mecánica de Suelos:** unión de exploraciones de campo, los diferentes ensayos a realizar en laboratorio y análisis en oficina que tiene por objetivo estudiar cómo se comporta el suelo a esfuerzos estáticos y dinámicos de una estructura. (Reglamento Nacional de Edificaciones – E050 Suelos y Cimentaciones).
- **Nivel Freático:** es el nivel superior del agua subterránea al momento de realizar la investigación. El nivel se considera según la superficie o mediante una cota referencial. (Reglamento Nacional de Edificaciones - E050 Suelos y Cimentaciones)
- **Presión Admisible:** mayor presión de la cimentación que puede transmitir el terreno sin que ocasione asentamientos visibles (Reglamento Nacional de Edificaciones - E050 Suelos y Cimentaciones).
- **Predimensionamiento:** establecer dimensiones aproximadas antes de realizar el cálculo y diseño detallado. (Propio, según estudios universitarios)

- **Profundidad de Cimentación (Df):** es la profundidad donde se encuentra el desplante de la cimentación en dónde irá la edificación. (Reglamento Nacional de Edificaciones - E050 Suelos y Cimentaciones)
- **Resistencia Requerida:** resistencia que un elemento debe poseer para soportar fuerzas amplificadas establecida según la normativa actual. (Reglamento Nacional de Edificaciones - E050 Suelos y Cimentaciones)
- **Viga:** Elemento estructural que trabaja principalmente a flexión y cortante, transmitiendo carga del techo hacia las columnas. (Propio, según estudios universitarios)

## **CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES**

### **Formulación problemática**

Es muy importante identificar de manera correcta los problemas, sea general y específicos, ya que ellos nos permitirán reconocer el rumbo de la investigación, brindando una posible solución.

Por tal motivo se realizó una previa investigación mediante encuestas a especialistas estructurales de la zona en estudio, preguntando ¿Por qué se diseña en su mayoría con cimentación rígida las diferentes edificaciones del distrito de Chiclayo?, teniendo como respuestas de que se sigue un parámetro conservador en el diseño y análisis, por el tipo de suelo que se presenta en la zona (suelo blando).

Es crucial entender que muy aparte del comportamiento de la cimentación de acuerdo a las dimensiones de éstas, se debe considerar también las características del suelo. Conocer el coeficiente de subrasante o coeficiente de balasto del suelo (visto en bases teóricas) es de suma importancia para el análisis de una cimentación, el suelo es una masa homogénea no uniforme, por lo que diseñar con una cimentación flexible, que considera asentamientos según el comportamiento del suelo es crucial.

En tal efecto, se busca realizar un correcto diseño, que asegure un óptimo comportamiento, pero a su vez teniendo en cuenta el costo de ésta, como se dice “no siempre más, es lo mejor”.

## **Problema General**

¿Cuál es la influencia del diseño estructural cimentación rígida y flexible para mejorar el costo en edificaciones de diferentes alturas en Chiclayo?

## **Problemas Específicos**

¿Cuál es la importancia de realizar un **estudio de mecánica de suelos** para el diseño estructural con cimentación rígida y flexible para mejorar el costo en edificaciones de diferentes alturas en el distrito Chiclayo?

¿Cuál es la influencia del **predimensionamiento** para el diseño estructural con cimentación rígida y flexible para mejorar el costo en edificaciones de diferentes alturas?

¿Cuál es la influencia del **modelamiento** para el diseño estructural con cimentación rígida y flexible?

¿Cuál es la influencia del **presupuesto** de la cimentación rígida y flexible en la mejora del **costo** para edificaciones de diferentes alturas?

## **Formulación de objetivos**

A través de los objetivos expuestos a continuación, la investigación propone solucionar dicha problemática, mediante diferentes metodologías y estudios, superando limitaciones que se presentan al analizar las estructuras, realizando un diseño óptimo y con un costo realista.

## **Objetivo General**

Elaborar el diseño estructural con **cimentación rígida y flexible** para mejorar el costo en edificaciones de diferentes alturas en Chiclayo

## **Objetivos Específicos**

Realizar el **estudio de mecánica de suelos** para el diseño estructural con cimentación rígida y flexible para mejorar el costo en edificaciones de diferentes alturas.

Realizar el **predimensionamiento** de los elementos estructurales para el diseño con cimentación rígida y flexible para mejorar el costo en edificaciones.

Realizar el **modelamiento** para el diseño estructural con cimentación rígida y flexible para mejorar el costo en edificaciones de diferentes alturas

Realizar el presupuesto para cada tipo de cimentación con el fin de comparar e interpretar los resultados obtenidos.

### **2.1. Hipótesis**

En la situación de la investigación actual, se propone el uso de la cimentación flexible para disminuir costo en las edificaciones de diferentes alturas, como se sabe; la cimentación flexible es más costosa que la cimentación rígida.

#### **2.1.1. Hipótesis General**

HG: El diseño estructural con cimentación flexible disminuye el costo en edificaciones de diferentes alturas en el distrito Chiclayo, respecto a la cimentación rígida, según el tipo de suelo.

#### **2.1.2. Hipótesis Específicas**

H1: El **estudio de mecánica de suelos**, permite conocer los parámetros idóneos para realizar el correcto diseño de la cimentación.

H2: El **predimensionamiento** estructural determina las medidas de los elementos estructurales para realizar el diseño estructural con cimentación rígida y flexible.

H3: El **modelamiento** estructural determina las descargas hacia al suelo para el diseño con cimentación rígida y flexible.

H4: El **presupuesto** de cada cimentación nos permitió determinar cuál es la cimentación más óptima a nivel de costo.

## **2.2. Variables y Definición Operacional**

### **2.2.1. Definición de variables**

En una investigación, la identificación de las variables en estudio es de suma importancia, ya que conforman la estructura de objetivos e hipótesis. En la presente investigación se establecen 02 tipos de variable, dependiente e independiente, las cuales se mencionan a continuación.

Después de los estudios previos para cada condición, se debe calcular el diseño de la cimentación rígida y flexible para mejorar el costo de las edificaciones. Esto se realiza con el modelamiento en el software ETABS v21. Finalmente, la definición operacional y la validez del diseño de cimentación rígida y flexible, están determinadas a través de medidas y parámetros realizados en los estudios de ingeniería para garantizar la resistencia, eficiencia y rendimiento del sistema.

**Variable independiente:** Diseño estructural con cimentación rígida y flexible.

**Variable dependiente:** Costo en edificaciones de diferentes alturas.

### **2.2.2. Definición Operacional**

Para realizar esta investigación se eligió el diseño con cimentación rígida y flexible en una edificación de 5 y 7 niveles, según estos diseños se podrá tener resultados que nos permitan mejorar el costo de las edificaciones, en este diseño influyen sobre todo el factor sísmico, parámetros del suelo, con el fin de proponer que diseño es el más correcto según el suelo del distrito de Chiclayo.

**Tabla 20***Operacionalización de variable independiente*

<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
Diseño estructural con cimentación rígida y flexible	Estudio de Suelos	Contenido de humedad	Estudio de mecánica de suelos
		Capacidad portante	
		Módulo de elasticidad	
	Predimensionamiento	Muros	Excel
		Columnas	
		Vigas	
		Losas	
		Cortante	
Modelamiento	Momentos	Excel	
	Diseño	ETABS AutoCAD	

**Fuente:** Los autores**Tabla 21***Operacionalización de variable dependiente*

<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
Costo en edificaciones de diferentes alturas	Costo	Metrados Presupuesto	Excel S10

**Fuente:** Los autores (2024)

## CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

### 3.1. Diseño Metodológico

La presente investigación consiste en el diseño estructural con cimentación rígida y flexible con el fin de mejorar el costo en las edificaciones en el distrito de Chiclayo.

Los diseños de las edificaciones se emplazarán en 2 sectores del distrito de Chiclayo, específicamente en La Purísima y Alfredo Lapoint.

#### 3.1.1. Enfoque de la investigación

Se identifica del tipo **cuantitativo**, porque para desarrollar las propuestas de las cimentaciones rígida y flexible, se tuvo que recolectar y analizar datos numéricos que se obtuvieron al tener una serie de pasos para realizar primero un EMS, luego la capacidad de carga y por último realizar el diseño de las cimentaciones; cada paso precede al siguiente.

#### 3.1.2. Tipo de Investigación

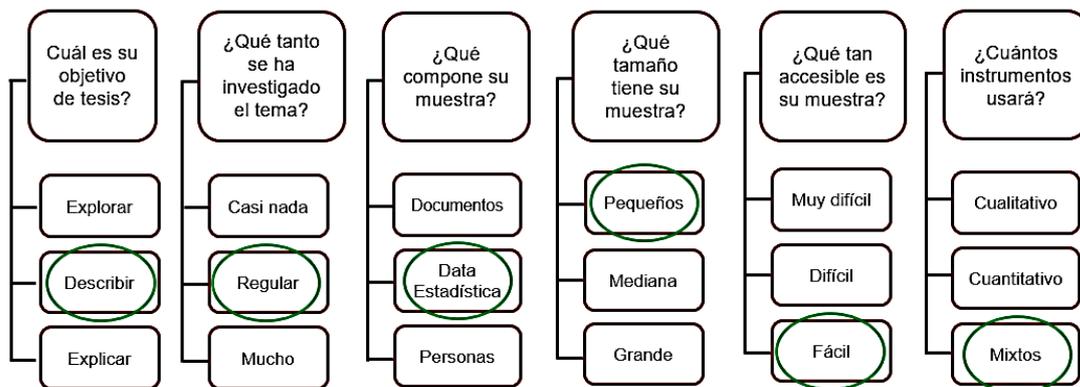
La presente investigación es del tipo **aplicada** ya que se basa en conceptos de fuentes primarias, normas y conocimientos en ingeniería para solucionar un problema que presenta la población, realizando estudios geotécnicos y brindando propuestas con cimentación rígida y flexible, con el objetivo de mejorar el costo de las edificaciones en el distrito de Chiclayo.

### 3.1.3. Nivel de la Investigación

La investigación detalla un nivel **descriptivo**, ya que realiza la descripción de los resultados del diseño de la edificación con cimentación rígida y flexible mediante el estudio de suelos que nos ayuda a determinar las características de los suelos para utilizar en el desarrollo del diseño de las cimentaciones mejorando el costo en edificaciones en el distrito de Chiclayo.

**Figura 26**

*Definición nivel de investigación*



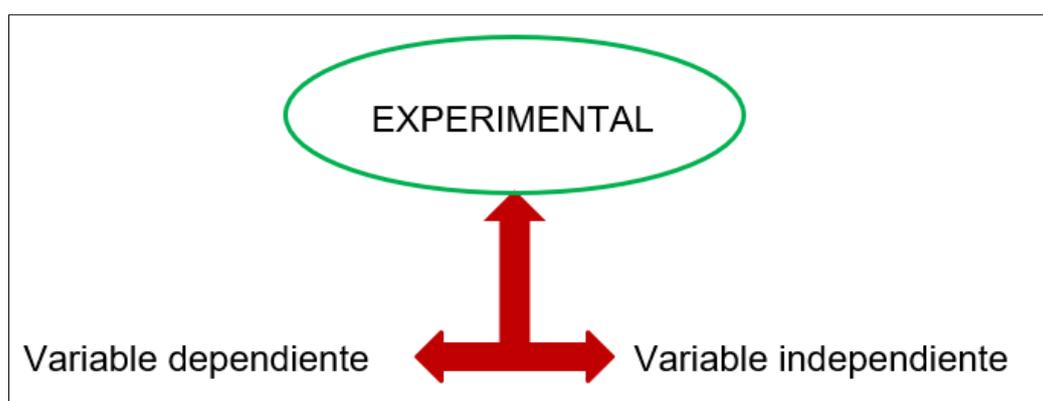
**Fuente:** Los autores (2024)

### 3.1.4. Diseño de la Investigación

El Diseño de la presente Investigación es del tipo Experimental, puesto que se plantea analizar una edificación de 5 y 7 niveles con cimentación rígida y flexible en 2 sectores del distrito de Chiclayo, para determinar cuál es la opción más óptima a nivel de costo.

#### Figura 27

*Diseño de la investigación*



**Fuente:** Los autores

### 3.2. Diseño muestral

#### 3.2.1. Población

La población o también llamado universo, que conforma la investigación abarca el total de las edificaciones construidas con cimentación rígida y flexible en el distrito de Chiclayo.

El distrito de Chiclayo es uno de los 20 distritos de cuenta la provincia de Chiclayo, posicionada en el departamento de Lambayeque, cuyos límites son los siguientes (ver figura 24):

- Norte: Picsi, José Leonardo Ortiz.
- Sur: Monsefú, Reque
- Este: Zaña, Pomalca, Tumán

- Oeste: Pimentel, La Victoria

## Figura 28

*Límites del distrito de Chiclayo*



**Fuente:** Lucetero (2010). Distritos de Chiclayo

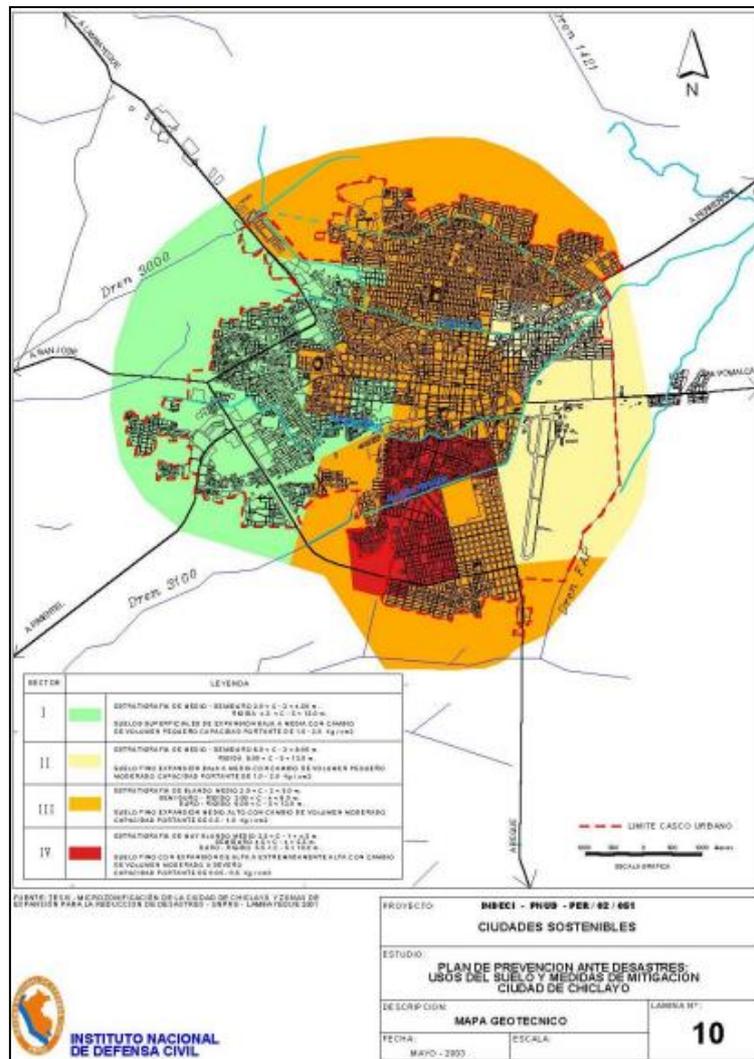
Según Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017). El distrito de Chiclayo consta con una población total de 270,496 habitantes, siendo el distrito más importante del departamento de Lambayeque. Además, cuenta con 76,005 viviendas en las que están incluidas (casas independientes, departamentos, quinta, vecindad, vivienda improvisada locales, etc.).

Chiclayo es de las ciudades con mayor importancia del Perú, por lo que la construir de manera correcta, con un costo coherente, sin sobre dimensionar las estructuras es muy importante.

Se sabe también que el distrito de Chiclayo está dividido con 4 sectores, según las características del suelo (ver figura 29).

**Figura 29**

*Mapa Geotécnico de la ciudad de Chiclayo*



**Fuente:** Instituto Nacional de Defensa Civil (2003)

### **3.2.2. Muestra**

La muestra es una fracción o proporción de la población detallada de cuál se desarrolla la investigación, para lo cual se recaba datos para la ejecución de la misma.

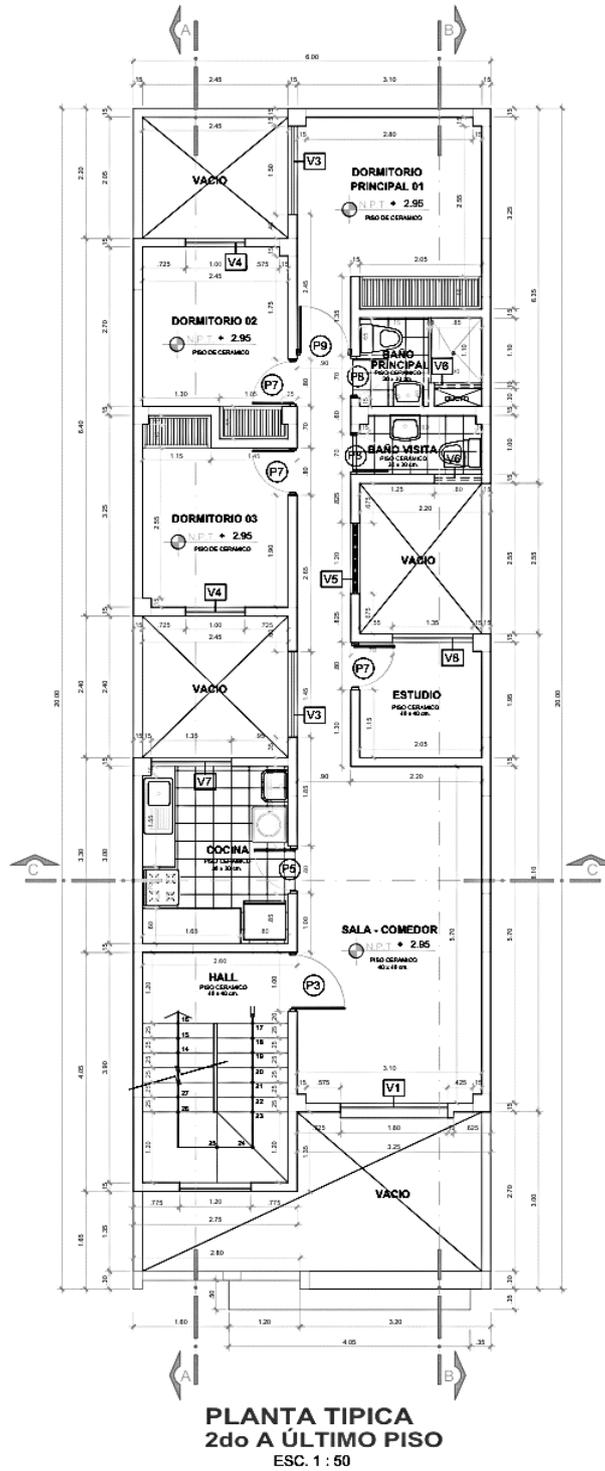
El enfoque de muestreo utilizado en la presente investigación fue no probabilístico, ya que los autores seleccionaron dicha muestra según su criterio, considerando que dichos elementos elegidos son los que van aportar a la investigación

La muestra de la presente investigación, está dada por la edificación 5 y 7 niveles, diseñadas con cimentación rígida y flexible, en dos sectores del distrito de Chiclayo:

- Sector 1: La Purísima, cuya capacidad portante del suelo es 3.05 kg/cm<sup>2</sup>
- Sector 2: Alfredo Lapoint, cuya capacidad portante del suelo es 1.15 kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 30**

*Arquitectura en planta de la edificación*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 31**

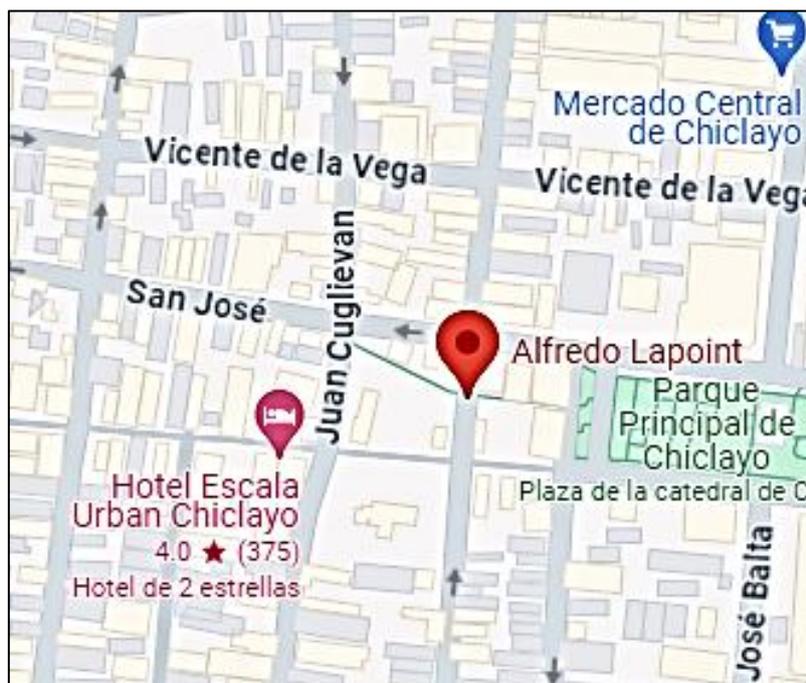
*Emplazamiento - Sector 1 – La Purísima*



**Fuente:** Google Maps (2024). La Purísima

**Figura 32**

*Emplazamiento - Sector 2 – Alfredo Lapoint*



**Fuente:** Google Maps (2024). Alfredo Lapoint

**Figura 33**

*EMS - Sector 1 del emplazamiento*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 34**

*EMS - Sector 2 del emplazamiento*



**Fuente:** Los autores (2024)

Para poder determinar la muestra, se realizaron encuestas a especialistas de la zona en estudio, concluyendo que lo ideal es realizar el diseño de una edificación de 5 y 7 niveles, puesto que normalmente se construyen edificaciones de 3 pisos como máximo, sobre todo en la zona céntrica de Chiclayo, debido a las características del suelo que se conocen del distrito de Chiclayo.

Además, se eligieron los 2 sectores del distrito de Chiclayo, en donde se desarrollarán los emplazamientos, esta elección se basa en que, sabiendo que el suelo del distrito de Chiclayo es blando en su mayoría, existen suelos cuya capacidad portante es mayor y para poder tener resultados que amplíen más el conocimiento para futuros diseños, se decide elegir un sector con suelo blando y un sector con suelo más rígido.

Las edificaciones serán habitadas como vivienda multifamiliar de departamentos por piso.

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

#### **3.3.1. Técnica de recolección de datos**

Entrevistas: entrevistas a profesionales en ingeniería, expertos en el diseño y análisis estructural, cimentaciones y suelos, que nos ayudarán a tener un mejor panorama respecto a los métodos y parámetros que se necesitará para realizar el respectivo diseño estructural con cimentación rígida y flexible, según el tipo de suelo.

Análisis documental: servirá para revisar información referencial como tesis, artículos, libros, planos, EMS, que servirá para realizar el diseño estructural, posteriormente analizar y brindar la mejor propuesta en costo.

Estudios: para poder realizar la correcta cimentación, se necesita conocer los parámetros que nos brinda el EMS; el cual nos permite conocer la capacidad portante, características del suelo, etc.

Modelamiento matemático: técnica utilizada por los programas computacionales como el ETABS v21, para el análisis estructural el cual nos permitirá evaluar la mejor opción en el diseño de las cimentaciones.

### **3.3.2. Instrumentos de recolección de datos**

Guía de análisis de documentos: con este instrumento se recopiló todos los documentos necesarios que se filtrará y ejecutará en la investigación y objetivos a desarrollar. Entre los documentos recopilados tenemos artículos, tesis, revistas, libros, informes, normas como la E.020, E.030, E.050, E.060, e informes de EMS.

En el EMS, se realizaron los diferentes ensayos: análisis granulométrico, contenido de humedad, límites de Atterberg, corte directo, para analizar e interpretar mejor los resultados de las pruebas mencionadas anteriormente, las cuales se mostrarán en el desarrollo de la investigación.

Software ETABS: Se usa para en el análisis estructural y dimensionamiento de edificaciones. Para estos proyectos, se logró obtener el metrado de las cargas para cada elemento estructural de las super estructuras, en este caso edificaciones de 5 y 7 niveles.

### **3.3.3. Técnica e instrumentos de procesamiento de datos**

Análisis computacional: se utilizará esta técnica para el desarrollo y se tomará en cuenta instrumentos como el software ETABS v21, Excel, etc.; los

cuáles son necesarios para procesar los datos obtenidos y poder brindar lo que se busca a través de la investigación.

Análisis comparativo: a partir de los datos procesados en los softwares y los resultados obtenidos, se podrá realizar una comparativa en los diseños con cimentación rígida y flexible y brindar la mejor propuesta en la disminución del costo en edificaciones.

#### **3.3.4. Procedimiento**

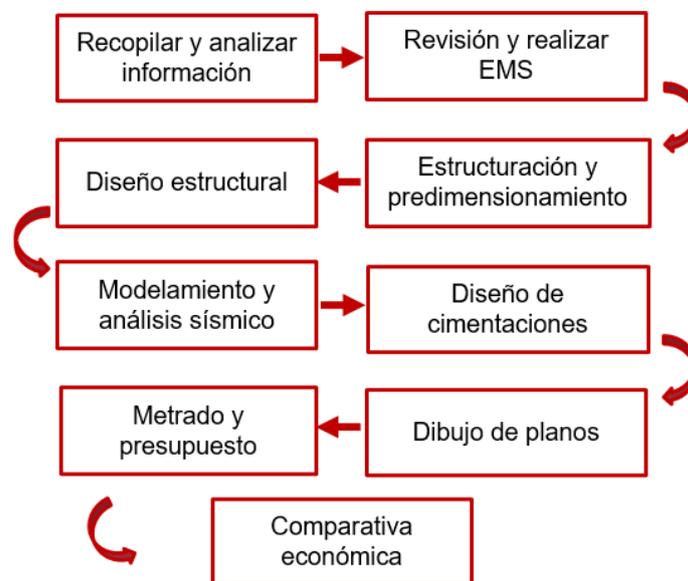
Para realizar la hipótesis de nuestra investigación, se llevó a cabo los pasos explicados a continuación:

- Recopilar información bibliográfica.
- Analizar información recopilada para el desarrollo de la investigación (artículos, revistas, tesis, etc.).
- Revisar y realizar de estudios de mecánica de suelos para diseñar la cimentación.
- Estructuración y predimensionamiento de la edificación de 5 y 7 niveles en estudio, que estará ubicada en 2 sectores del distrito de Chiclayo.
- Modelado de los sistemas estructurales, haciendo uso del software ETABS v21, teniendo en cuenta los parámetros del suelo, y cargas según la normativa vigente.
- Realizar el análisis sísmico de los 8 modelados en total (una edificación de 5 niveles y 7 niveles en los 2 sectores del distrito de Chiclayo, con cimentación rígida y flexible), con el fin de determinar las distorsiones de la estructura, e irregularidades en general.

- Procedemos con el diseño después de verificar los resultados de los análisis sísmicos
- Desarrollo de los planos de cimentación correspondiente para cada edificación.
- Realizar el metrado de la cimentación para seguidamente calcular la estimación económica considerando las partidas de encofrado, acero, concreto.
- Realizar el presupuesto en materiales de cada cimentación de los 8 modelos analizados.
- Comparar los resultados desarrollados para edificaciones en dos zonas del distrito de Chiclayo diseñadas con diferentes cimentaciones.

**Figura 35**

*Procedimiento*



**Fuente:** Los autores (2024)

### **3.4. Consideraciones éticas**

- Se consideran los planos arquitectónicos fueron otorgados por un especialista de una forma privada, por lo que no se están realizando invenciones en medidas o espacios con el fin de tener una mejor facilidad en el desarrollo de la investigación.
- La presente investigación se basa en el uso de normativas que nos permitan tener resultados con validez.

## **CAPÍTULO IV: RESULTADOS**

### **4.1. Descripción del proyecto**

En la presente investigación se desarrollará el diseño estructural de una edificación de 5 y 7 niveles, ocupada como vivienda multifamiliar de departamentos por piso.

#### **4.1.1. Ubicación geográfica**

La edificación de 5 y 7 niveles será emplazada en 2 zonas del distrito de Chiclayo, para poder diseñar en cada emplazamiento, con ambos tipos de cimentación, esto con el fin de realizar el comparativo en costo y establecer el diseño más económico según la característica del suelo, mejorando el costo de las edificaciones.

- Sector – 1: La purísima
- Sector – 2: Alfredo Lapoint
- Distrito: Chiclayo
- Provincia: Chiclayo
- Región: Lambayeque

#### **4.1.2. Área y perímetro**

Para la edificación A y edificación B, las áreas y perímetros serán los siguientes:

- Área total del terreno: 120.00 m<sup>2</sup>
- Longitud Perimetral: 52.00 ml
- Área techada por piso: 84.00 m<sup>2</sup>

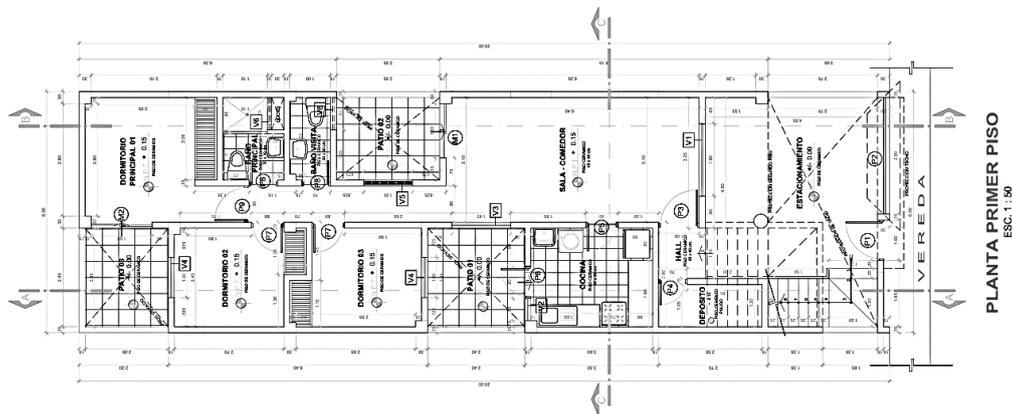
### 4.1.3. Arquitectura

El proyecto consta con 1 departamento por cada piso, correspondiente a la edificación de 5 y 7 niveles, además de conformar cada edificación con una escalera y estacionamiento.

Cada departamento tiene la siguiente distribución: sala – comedor, cocina y lavandería, 02 baños, 03 dormitorios, además el departamento del último piso no cuenta con acceso a los aires.

**Figura 36**

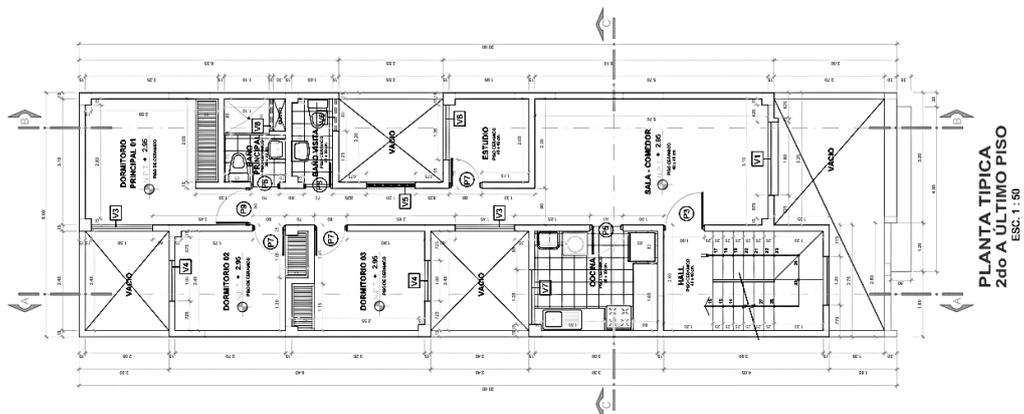
*Distribución del 1° nivel - vista en planta*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 37**

*Distribución del segundo al último piso - vista en planta*



**Fuente:** Los autores (2024)

#### **4.1.4. Estructura**

De acuerdo a las características de las edificaciones se realizó el planteamiento estructural, correspondiente a un sistema dual (pórticos y muros estructurales), a su vez losas aligeradas en los techos.

Dicha estructura tiene una planta rectangular y regular, predimensionando los elementos estructurales que resistan en función al control de derivas de entrepiso por sismo, diseñando muros y pórticos que controlen las torsiones y derivas en el eje X e Y.

#### **4.2. Estudio de mecánica de suelos (EMS)**

Para la presente investigación, se hicieron uso de 2 estudios de suelos, en los 2 sectores del distrito de Chiclayo; para obtener el tipo de suelo, capacidad portante, profundidad de desplante, así como otros factores que nos servirá para diseñar la cimentación correspondiente. Asimismo, se precisan los parámetros con mayor importancia de los EMS analizados, según los sectores en estudio:

- **Sector – 1**

Capacidad portante: 1.15 kg/cm<sup>2</sup>

Profundidad de desplante: 2.00 m

Tipo de Suelo: S2

Suelo predominante: Arcilla inorgánica

- **Sector – 2**

Capacidad portante: 3.05 kg/cm<sup>2</sup>

Profundidad de desplante: 2.00 m

Tipo de Suelo: S2

Suelo predominante: Grava

**Figura 38**

*Calicata - sector 1*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 39**

*Calicata - sector 2*



**Fuente:** Los autores (2024)

### **4.3. Predimensionamiento de la edificación**

#### **4.3.1. Predimensionamiento de losa**

Los techos de cada piso los conforman losas aligeradas con espesor de 20cm, detallado a continuación:

$$Luz\ mayor\ entre\ apoyos = 3.00$$

$$H = \frac{3.00}{25} = 0.12$$

$$H = 0.20m$$

#### **4.3.2. Predimensionamiento de vigas**

El predimensionamiento de la viga es la primera medida que se obtiene, según las luces entre los apoyos, detallado a continuación:

$$H = \frac{Ln}{12} = \frac{3.00}{12}$$

$$H = 0.25\ m$$

$$B = 0.25H - 0.50H$$

$$B = 0.25\ m$$

Las medidas de las vigas tanto en eje "X" como eje "Y" serían de 0.25 m x 0.25 m, pero realizado el modelamiento que veremos posteriormente, observamos que, para cumplir con los parámetros de análisis según el RNE, dichas vigas deben de ser 0.30 m x 0.40 m.

#### **4.3.3. Predimensionamiento de columnas**

Para el predimensionamiento de columnas, en primera instancia, se toma la mínima dimensión:

$$bc = tc = 0.25\ m$$

Pero realizando el modelamiento que veremos posteriormente, observamos que, para que la edificación pueda cumplir con los parámetros de análisis según el RNE, deben tener las siguientes dimensiones:

**Tabla 22**

*Dimensión de columnas*

COLUMNAS	DIMENSIÓN
C1	0.30 x 0.40
C2	0.35 x 0.75
C3	0.35 x 0.85

**Fuente:** Los autores (2024)

#### 4.4. Modelamiento de la edificación

Para el desarrollo de la primera fase de la investigación, se desarrolló la estructuración y predimensionamiento que corresponde a cada edificación (5 y 7 niveles), para posteriormente realizar el modelamiento en el software ETABS v21, teniendo en cuenta las propiedades de los materiales que se va a trabajar, como son:

- Resistencia del concreto ( $f'c$ ) = 210 kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de elasticidad del concreto (E) = 217,370.65 kg/cm<sup>2</sup> = 2173.71 kg/mm<sup>2</sup>
- Módulo de poisson (u) = 0.15
- Peso específico del concreto armado = 2400 kg/m<sup>3</sup>

**Figura 40**

*Definición de material - concreto*

The image shows a software dialog box titled "Material Property Data" with a close button (X) in the top right corner. The dialog is organized into several sections:

- General Data:** Contains fields for "Material Name" (set to "fc=210 kg/cm2"), "Material Type" (set to "Concrete"), "Directional Symmetry Type" (set to "Isotropic"), "Material Display Color" (a red color swatch with a "Change..." button), and "Material Notes" (with a "Modify/Show Notes..." button).
- Material Weight and Mass:** Features two radio buttons: "Specify Weight Density" (selected) and "Specify Mass Density". Below are input fields for "Weight per Unit Volume" (2400 kg/m<sup>3</sup>) and "Mass per Unit Volume" (2400 kg/m<sup>3</sup>).
- Mechanical Property Data:** Includes input fields for "Modulus of Elasticity, E" (2173.71 kgf/mm<sup>2</sup>), "Poisson's Ratio, U" (0.15), "Coefficient of Thermal Expansion, A" (0.0000099 1/C), and "Shear Modulus, G" (945.09 kgf/mm<sup>2</sup>).
- Design Property Data:** Contains a single button labeled "Modify/Show Material Property Design Data...".
- Advanced Material Property Data:** Contains three buttons: "Nonlinear Material Data...", "Material Damping Properties...", and "Time Dependent Properties...".

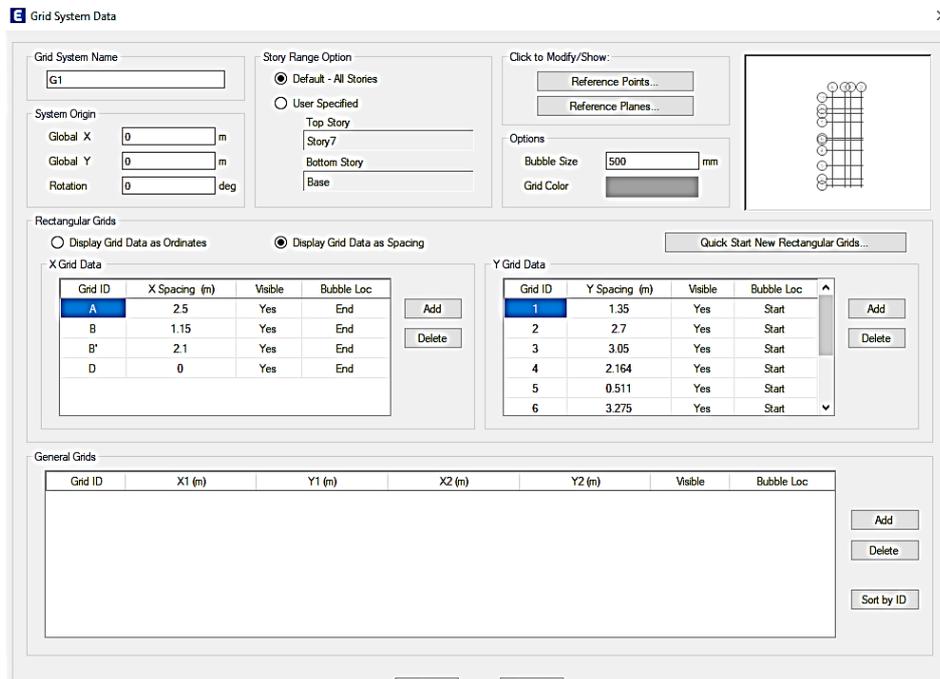
**Fuente:** Los autores (2024)

#### **4.4.1. Geometría de la edificación**

Antes de iniciar con el modelamiento de la estructura, es necesario definir las unidades que se van a utilizar, colocar las longitudes entre los apoyos, alturas de entrepiso, generando la grilla correspondiente en el software ETABS v21, tanto en planta como 3D

**Figura 41**

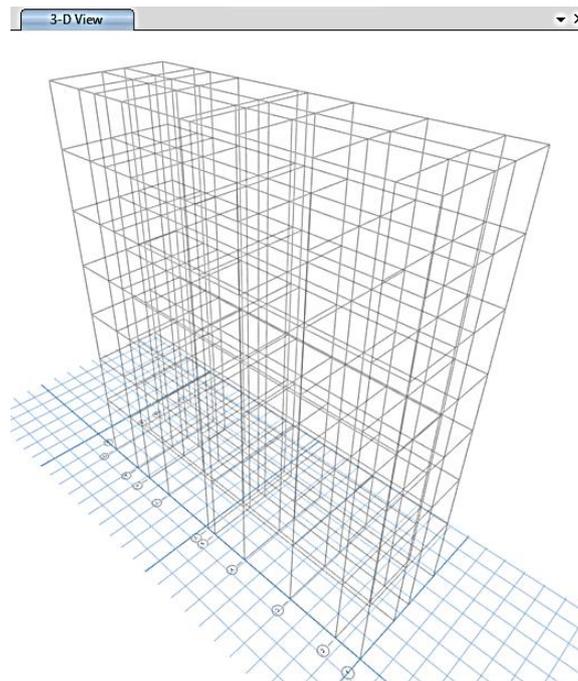
*Definición de la grilla para modelamiento*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 42**

*Vista en 3D de la grilla del modelamiento*



**Fuente:** Los autores (2024)

## 4.5. Análisis sísmico de las edificaciones

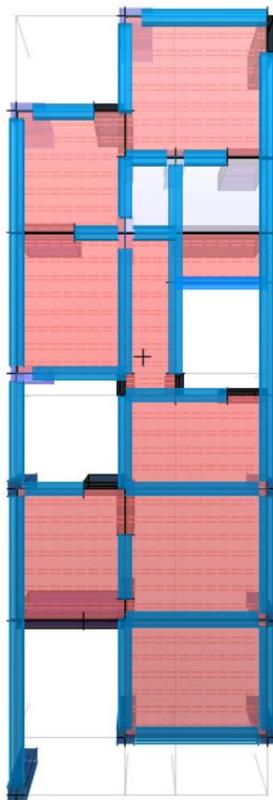
### 4.5.1. Análisis sísmico – Edificación 5 niveles

El análisis sísmico se realizó mediante el método de superposición modal espectral basado en norma vigente, NTE E.030 (2018), Los parámetros sísmicos descritos en el ítem 4.4.1.2. son importantes para el desarrollo del análisis.

Con los valores que se proceden a calcular, se podrá calificar si la estructura cumple con la normativa actual. Se realizó un modelamiento usando el software ETABS v.21, con dicho modelamiento se procedió a analizar la estructura por rigidez y resistencia.

#### Figura 43

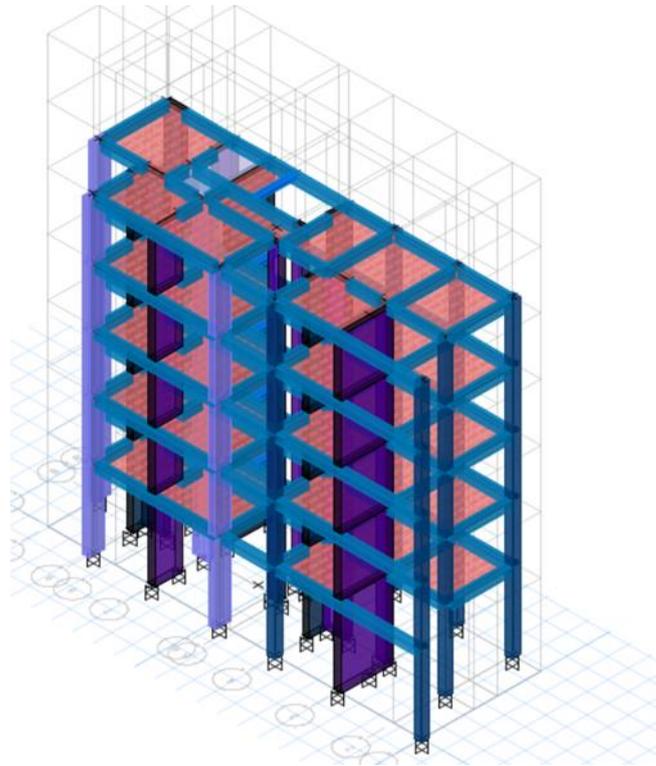
*Modelamiento en planta - edificación A*



**Fuente:** Los autores (2024)

## Figura 44

*Modelamiento 3D - 5 niveles*



**Fuente:** Los autores (2024)

### 4.5.1.1. Cargas consideradas

Las cargas empleadas para analizar de la edificación se ajustaron a la información proporcionada por el especialista en arquitectura.

**Tabla 23***Cargas a considerar en el modelamiento*

PISO	CARGA MUERTA					CARGA VIVA
	P. ESPECÍFICO CONCRETO	P. LOSA ALIGERADA	TABIQUERÍA LOSAS	TABIQUERÍA VIGAS	ACABADOS	
	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m	kg/m <sup>2</sup>	
5	2400	300	100	862	100	100
4	2400	300	100	862	100	200
3	2400	300	100	862	100	200
2	2400	300	100	862	100	200
1	2400	300	100	862	100	200

**Fuente:** Los autores (2024)**4.5.1.2. Parámetros sísmicos****Tabla 24***Parámetros para análisis estático*

DIRECCIÓN "X" E "Y"	
Z	0.45
U	1.00
S	1.05
Tp	0.60
TL	2.00
R	7.00

**Fuente:** Los autores (2024)

#### 4.5.1.3. Espectro sísmico

Para la obtención de la aceleración espectral ( $S_a$ ) en ambas direcciones de la edificación, se tendrá como referencia el RNE, norma E.030, en un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones.

**Tabla 25**

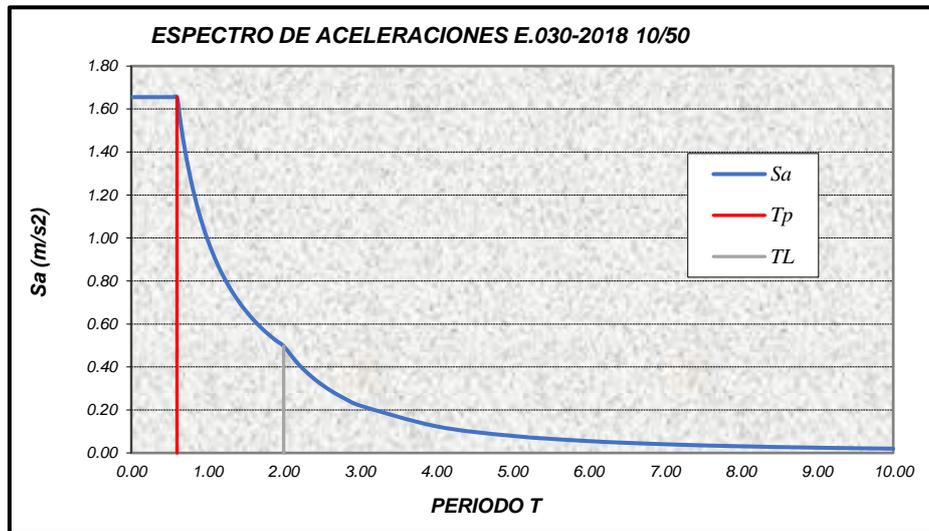
*Espectro de respuesta*

C	PERIODO T (s)	EJE X Sa/g	EJE Y Sa/g	C	PERIODO T (s)	EJE X Sa/g	EJE Y Sa/g
2.50	0.00	0.197	0.394	1.58	0.95	0.124	0.249
2.50	0.02	0.197	0.394	1.50	1.00	0.118	0.236
2.50	0.04	0.197	0.394	1.36	1.10	0.107	0.215
2.50	0.06	0.197	0.394	1.25	1.20	0.098	0.197
2.50	0.08	0.197	0.394	1.15	1.30	0.091	0.182
2.50	0.10	0.197	0.394	1.07	1.40	0.084	0.169
2.50	0.12	0.197	0.394	1.00	1.50	0.079	0.158
2.50	0.14	0.197	0.394	0.94	1.60	0.074	0.148
2.50	0.16	0.197	0.394	0.88	1.70	0.069	0.139
2.50	0.18	0.197	0.394	0.83	1.80	0.066	0.131
2.50	0.20	0.197	0.394	0.79	1.90	0.062	0.124
2.50	0.25	0.197	0.394	0.75	2.00	0.059	0.118
2.50	0.30	0.197	0.394	0.62	2.20	0.049	0.098
2.50	0.35	0.197	0.394	0.52	2.40	0.041	0.082
2.50	0.40	0.197	0.394	0.44	2.60	0.035	0.070
2.50	0.45	0.197	0.394	0.38	2.80	0.030	0.060
2.50	0.50	0.197	0.394	0.33	3.00	0.026	0.053
2.50	0.55	0.197	0.394	0.19	4.00	0.150	0.030
2.50	0.60	0.197	0.394	0.12	5.00	0.009	0.019
2.31	0.65	0.182	0.363	0.08	6.00	0.007	0.013
2.14	0.70	0.169	0.338	0.06	7.00	0.005	0.010
2.00	0.75	0.158	0.315	0.05	8.00	0.004	0.007
1.88	0.80	0.148	0.295	0.04	9.00	0.003	0.006
1.76	0.85	0.139	0.278	0.03	10.00	0.002	0.005
1.67	0.90	0.131	0.263				

**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 45**

*Espectro de aceleraciones*



**Fuente:** Los autores (2024)

#### 4.5.1.4. Análisis modal y periodos

Según el RNE – E.030, se toman modos de vibración cuya masa efectiva en cada dirección es el 90% de la masa total de la estructura, considerando tres modos principales en la dirección de análisis

**Tabla 26**

*Participación modal*

CASE	MODE	PERIOD sec	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY	SumRZ
Modal	1	0.379	0.0066	0.8313	0.0161	0.0066	0.8313	0.0161
Modal	2	0.317	0.1035	0.0081	0.6351	0.1101	0.8394	0.6512
Modal	3	0.301	0.6718	0.0154	0.1197	0.7818	0.8548	0.7709
Modal	4	0.216	0.0068	0.00004259	0.0205	0.7887	0.8548	0.7914
Modal	5	0.150	0.0045	1.767E-06	0.0137	0.7931	0.8548	0.8051
Modal	6	0.115	0.001	0.105	0.0012	0.7941	0.9598	0.8063
Modal	7	0.086	0.0587	0.0024	0.0710	0.8528	0.9622	0.8773
Modal	8	0.082	0.0002	0	0.0021	0.853	0.9622	0.8794
Modal	9	0.072	0.0956	2.763E-06	0.0714	0.9486	0.9623	0.9508
Modal	10	0.059	0.0002	0.0284	0.0003	0.9488	0.9907	0.9512
Modal	11	0.046	0.0002	0	0.0007	0.949	0.9907	0.9519
Modal	12	0.041	0.0153	0.0005	0.0201	0.9643	0.9912	0.9519
Modal	13	0.036	4.316E-05	0.0074	0.0001	0.9644	0.9986	0.972
Modal	14	0.032	0.0244	0	0.0177	0.9888	0.9986	0.9897
Modal	15	0.029	3.461E-05	0	0.0001	0.9888	0.9986	0.9898

Fuente: Los autores (2024)

**4.5.1.5. Verificación de irregularidades**

**4.5.1.5.1. Irregularidad en altura**

**a. Irregularidad de Rigidez – Piso blando ( $I_a = 0.75$ )**

**Tabla 27**

*Irregularidad de Rigidez - Piso blando - Verificación en X*

PISO	CORTANTE X-X	DISTORSIÓN X-X	RIGIDEZ X-X	1era Verificación 70%	2da Verificación 80% Prom
	Ton		Ton/cm	$R(n+1) < R_n$	$r_n < R_n$
Story 5	23.26	0.001381	168.41	-	-
Story 4	47.23	0.01614	292.66	REGULAR	-
Story 3	65.75	0.001745	376.87	REGULAR	-
Story 2	78.8	0.001551	508.08	REGULAR	REGULAR
Story 1	87.03	0.001115	780.76	REGULAR	REGULAR

Fuente: Los autores (2024)

**Tabla 28***Irregularidad de Rigidez - Piso blando - Verificación en Y*

PISO	CORTANTE Y-Y	DISTORSIÓN Y-Y	RIGIDEZ Y-Y	1era Verificación 70%	2da Verificación 80% Prom
	Ton		Ton/cm	R(n+1) < Rn	rn < Rn
Story 5	23.26	0.001101	21.12	-	-
Story 4	47.23	0.001578	29.94	REGULAR	-
Story 3	65.75	0.00201	32.7	REGULAR	-
Story 2	78.8	0.002227	35.39	REGULAR	REGULAR
Story 1	87.03	0.002341	37.17	REGULAR	REGULAR

**Fuente:** Los autores (2024)**b. Irregularidad de Masa o Peso****Tabla 29***Irregularidad de Masa o Peso*

PISO	MASA X-X	MASA Y-Y	VERIFICACIÓN EN X	VERIFICACIÓN EN Y
	Story 5	3.48	3.48	-
Story 4	4.31	4.31	-	-
Story 3	4.31	4.31	REGULAR	REGULAR
Story 2	4.31	4.31	REGULAR	REGULAR
Story 1	5.2	5.2	REGULAR	REGULAR

**Fuente:** Los autores (2024)

Dada la configuración estructural, la edificación no presenta el resto de irregularidades en altura; resumiendo las condiciones a continuación:

**Tabla 30***Irregularidades en altura*

<b>IRREGULARIDAD</b>	<b>CONDICIÓN</b>	<b>FACTOR</b>
Irregularidad de Rigidez - Piso Blando	REGULAR	1
Irregularidad de Resistencia - Piso Débil	REGULAR	1
Irregularidad Extrema de Rigidez	REGULAR	1
Irregularidad Extrema de Resistencia	REGULAR	1
Irregularidad de Masa o Peso	REGULAR	1
Irregularidad Geométrica Vertical	REGULAR	1
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	REGULAR	1
<b>Factor Global de Irregularidad en Altura</b>		<b>1</b>

**Fuente:** Los autores (2024)**4.5.1.5.2. Irregularidades estructurales en planta****a. Irregularidad torsional****Tabla 31***Irregularidad torsional - verificación en X*

<b>PISO</b>	<b>MÁXIMO DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISO</b>	<b>DESPLAZAMIENTO RELATIVO DEL CENTRO DE MASAS</b>	<b>50% MÁXIMO DESPLAZAMIENTO RELATIVO</b>	<b>VERIFICACIÓN</b>	<b>FACTOR</b>
Story 5	0.00277	0.00234	0.0035	CUMPLE	NO APLICA
Story 4	0.00284	0.00256	0.0035	CUMPLE	NO APLICA
Story 3	0.00291	0.00266	0.0035	CUMPLE	NO APLICA
Story 2	0.00302	0.00261	0.0035	CUMPLE	NO APLICA
Story 1	0.00199	0.00156	0.0035	CUMPLE	NO APLICA

**Fuente:** Los autores (2024)

**Tabla 32***Irregularidad torsional - verificación en Y*

PISO	MÁXIMO DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISO	DESPLAZAMIENTO RELATIVO DEL CENTRO DE MASAS	50% MÁXIMO DESPLAZAMIENTO RELATIVO	VERIFICACIÓN	FACTOR
Story 5	0.00213	0.0020	0.0035	CUMPLE	NO APLICA
Story 4	0.00305	0.0028	0.0035	CUMPLE	NO APLICA
Story 3	0.00389	0.0036	0.0035	CUMPLE	1.073
Story 2	0.00432	0.0040	0.0035	CUMPLE	1.071
Story 1	0.00324	0.0031	0.0035	CUMPLE	NO APLICA

**Fuente:** Los autores (2024)

Dada la configuración estructural, la edificación no presenta el resto de irregularidades en planta; resumiendo las condiciones a continuación:

**Tabla 33***Irregularidades en planta*

IRREGULARIDAD	CONDICIÓN	FACTOR
Irregularidad Torsional	REGULAR	1
Irregularidad Torsional Extrema	REGULAR	1
Esquinas Entrantes	IRREGULAR	0.9
Discontinuidad del Diafragma	REGULAR	1
Sistemas No Paralelos	REGULAR	1
<b>Factor Global de Irregularidad en Planta</b>		<b>0.9</b>

**Fuente:** Los autores (2024)**4.5.1.6. Distorsiones de entrepiso o derivas**

A continuación, observamos los máximos desplazamientos entre piso; según el RNE norma E0.30 (ver tabla 19), para nuestro caso, estos valores no deben exceder a 0.007. Estas distorsiones han sido tomadas en cuenta solo para los elementos de concreto armado (columnas y placas), resultado lo siguiente:

**Tabla 34***Distorsiones de entrepiso - Edificación 5 niveles - Sector 1*

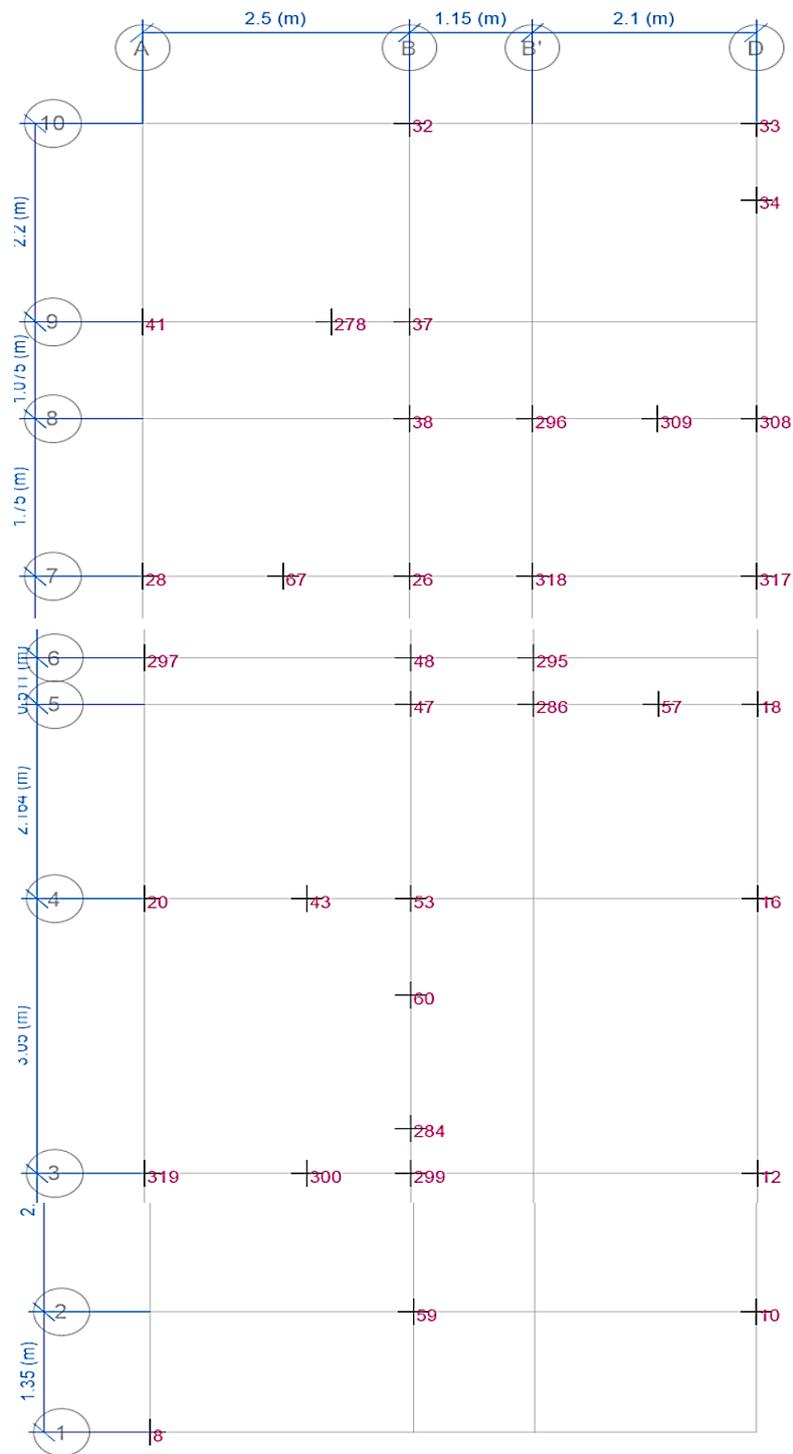
PISO	DISTORSIÓN EN "X"	DISTORSIÓN EN "Y"	LÍMITE DE DISTORSIÓN	VERIFICACIÓN EN "X"	VERIFICACIÓN EN "Y"
5	0.00443	0.00213	0.0070	CUMPLE	CUMPLE
4	0.00491	0.00305	0.0070	CUMPLE	CUMPLE
3	0.00524	0.00389	0.0070	CUMPLE	CUMPLE
2	0.00494	0.00432	0.0070	CUMPLE	CUMPLE
1	0.00268	0.00325	0.0070	CUMPLE	CUMPLE

**Fuente:** Los autores (2024)**4.5.1.7. Reacciones en la base**

El siguiente cuadro recoge las reacciones de los diferentes casos de carga, para facilitar el entendimiento de cada nodo, se adjunta la imagen siguiente que los identifica.

**Figura 46**

*Nodos en la base de la edificación*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Tabla 35***Reacciones en la base - Dead*

<b>STORY</b>	<b>UNIQUE NAME</b>	<b>OUTPUT CASE</b>	<b>FX tonf</b>	<b>FY tonf</b>	<b>FZ tonf</b>	<b>MX tonf-m</b>	<b>MY tonf-m</b>	<b>MZ tonf-m</b>
Base	8	Dead	-0.0025	0.05	7.69	-0.07	-0.03	-0.00374
Base	299	Dead	-1.39	0.67	14.35	-0.04	-0.11	0.01
Base	12	Dead	-0.09	0.01	21.45	-0.01	-0.13	-0.00242
Base	10	Dead	-0.07	0.08	15.61	-0.1	-0.11	-0.00242
Base	16	Dead	-0.09	-0.05	19.06	0.06	-0.13	-0.00242
Base	18	Dead	-0.73	-0.01	5.96	0.01	-0.01	0.00063
Base	20	Dead	-0.01	-0.02	11.27	0.02	-0.03	-0.00242
Base	286	Dead	-0.02	0.78	4.33	-0.002697	-0.01	0.00211
Base	318	Dead	0.8	0.00038	4.93	0.003513	0.01	-0.00036
Base	26	Dead	-0.02	-0.16	23.25	0.14	-0.03	-0.01
Base	28	Dead	0.88	0.00373	6.08	-0.004979	0.01	0.00053
Base	308	Dead	-0.74	0.00424	6.02	-0.01	-0.01	-0.00095
Base	32	Dead	0.1	-0.05	18.09	0.05	0.17	-0.01
Base	33	Dead	0.01	-0.73	5.57	0.01	-0.02	-0.00218
Base	34	Dead	-0.04	0.69	5.32	-0.01	-0.03	0.00328
Base	37	Dead	-0.59	-0.78	8.02	0.03	-0.02	0.00143
Base	38	Dead	-0.01	0.72	4.4	-0.01	-0.004422	0.00043
Base	41	Dead	0.04	-0.06	16.74	0.06	0.06	-0.01
Base	317	Dead	-0.88	-0.01	5.25	0.01	-0.01	0.00069
Base	47	Dead	-0.01	0.95	5.25	-0.003786	-0.01	0.00198
Base	48	Dead	0.01	-0.83	4.63	0.002201	-0.01	-0.0017
Base	297	Dead	0.07	0.08	20.85	-0.12	0.03	-0.01
Base	53	Dead	-0.76	-1.01	11.14	0.04	-0.04	-0.00062
Base	43	Dead	0.81	0.02	5.89	0.01	0.01	0.00015
Base	319	Dead	0.92	0.01	5.48	-0.02	0.02	0.00169
Base	59	Dead	0.05	0.07	13.85	-0.09	0.03	-0.00242
Base	67	Dead	-0.94	-0.01	6.34	-0.001079	-0.02	-6.7E-05
Base	278	Dead	0.66	0.02	4.29	0.01	0.01	-0.00018

**Fuente:** Los autores (2024)

**Tabla 36***Reacciones en la base - Dead*

STORY	UNIQUE NAME	OUTPUT CASE	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
Base	295	Dead	0.02	-0.73	4.08	0.002398	-0.01	-0.00138
Base	300	Dead	0	0	0	0	0	0
Base	57	Dead	0.75	0.01	5.82	0.003178	0.01	-0.00025
Base	60	Dead	0.02	0.93	5.72	-0.01	-0.01	0.00063
Base	296	Dead	0.00088	0.00132	10.23	-0.01	0.001724	-0.00242
Base	309	Dead	0.78	0.00201	6.15	-0.01	0.01	0.0009
Base	284	Dead	-0.1	-0.78	7.07	0.01	-0.07	-0.01
Base		Dead	-0.06	-0.05	10.31	0.01	-0.06	-0.00019
Base		Dead	-0.1	-0.09	7.73	0.003105	-0.02	0.00057
Base		Dead	-0.02	0.22	7.96	-0.01	-0.01	-0.00014
Base		Dead	-0.03	-0.01	9.42	-0.01	-0.02	-1E-06
Base		Dead	0.25	0.00461	11.34	-0.01	0.01	-2.3E-05
Base		Dead	-0.3	-0.001	11.53	-0.01	-0.01	2E-05
Base		Dead	0.15	-0.13	7.89	0.03	0.01	-0.00051
Base		Dead	-0.03	-0.0045	8.03	-0.002254	-0.02	-2.4E-06
Base		Dead	0.01	-0.01	11.13	0.01	-0.001931	-8.6E-06
Base		Dead	-0.16	-0.12	10.07	0.003863	-0.05	0.00072
Base		Dead	-0.03	0.29	10.35	-0.01	-0.03	-0.00025
Base		Dead	0.01	0.02	11.51	-0.02	0.000672	8.1E-07
Base		Dead	-0.52	-0.01	9.31	0.01	-0.02	-3.8E-05
Base		Dead	-0.22	-0.01	9	0.01	-0.01	1.9E-06
Base		Dead	0.12	-0.01	8.9	0.01	0.004437	6.7E-06
Base		Dead	0.44	-0.01	8.97	0.01	0.01	2.5E-05
Base		Dead	0.74	0.03	10.25	-0.03	0.02	-0.00015
Base		Dead	0.41	0.01	10.91	-0.03	0.01	-5.1E-05
Base		Dead	0.01	0.02	11.82	-0.04	-0.002309	-0.00032
Base		Dead	-0.42	0.13	12.91	-0.06	-0.02	0.00116
Base		Dead	0.28	-0.14	11.18	0.04	0.01	-0.00106

**Fuente:** Los autores (2024)

**Tabla 37***Reacciones en la base – Live*

<b>STORY</b>	<b>UNIQUE NAME</b>	<b>OUTPUT CASE</b>	<b>FX tonf</b>	<b>FY tonf</b>	<b>FZ tonf</b>	<b>MX tonf-m</b>	<b>MY tonf-m</b>	<b>MZ tonf-m</b>
Base	8	Live	-0.001	0.00116	0.03	-0.04918	-0.01	-0.0016
Base	299	Live	-0.19	0.1	2.11	-0.01	-0.02	0.00078
Base	12	Live	-0.02	0.00162	4.12	-0.001772	-0.04	-0.00104
Base	10	Live	-0.01	0.02	2.46	-0.03	-0.03	-0.00104
Base	16	Live	-0.02	-0.01	3.5	0.02	-0.04	-0.00104
Base	18	Live	-0.08	-0.01	0.66	0.004935	-0.000993	0.00051
Base	20	Live	-0.0015	-0.01	1.13	0.01	-0.01	-0.00104
Base	286	Live	-0.01	0.1	0.54	-0.000323	-0.00382	0.00067
Base	318	Live	0.04	0.00043	0.24	0.000248	0.000594	-2.3E-05
Base	26	Live	-0.01	-0.05	3.02	0.04	-0.02	-0.00289
Base	28	Live	0.12	0.0033	0.8	-0.002606	0.001987	0.00028
Base	308	Live	-0.05	-0.0006	0.4	-0.003793	-0.000577	-0.00035
Base	32	Live	0.02	-0.01	1.91	0.01	0.05	-0.00289
Base	33	Live	0.01	-0.11	0.82	0.001259	-0.01	-0.00044
Base	34	Live	-0.02	0.09	0.72	-0.001215	-0.01	0.00101
Base	37	Live	-0.06	-0.1	0.95	0.00324	-0.000224	0.00032
Base	38	Live	-0.01	0.09	0.58	-0.001212	-0.00088	0.00011
Base	41	Live	0.01	-0.01	1.74	0.01	0.03	-0.00289
Base	317	Live	-0.05	-0.0014	0.27	0.000816	-0.000977	8.9E-05
Base	47	Live	-0.01	0.15	0.85	-0.000689	-0.003514	0.00061
Base	48	Live	0.01	-0.12	0.66	0.000231	-0.002725	-0.00044
Base	297	Live	0.01	0.03	2.16	-0.04	0.001008	-0.00289
Base	53	Live	-0.1	-0.16	1.68	0.01	-0.01	-3.4E-05
Base	43	Live	0.12	0.00366	0.83	0.000693	0.002013	7.9E-05
Base	319	Live	0.07	0.01	0.32	-0.01	0.001413	0.0008
Base	59	Live	0.01	0.02	1.93	-0.03	-0.003176	-0.00104
Base	67	Live	-0.12	-0.01	0.82	-0.000397	-0.002182	-1.7E-05
Base	278	Live	0.09	0.01	0.59	-0.000775	0.00114	0.00019

**Fuente:** Los autores (2024)

**Tabla 38***Reacciones en la base – Live*

<b>STORY</b>	<b>UNIQUE NAME</b>	<b>OUTPUT CASE</b>	<b>FX tonf</b>	<b>FY tonf</b>	<b>FZ tonf</b>	<b>MX tonf-m</b>	<b>MY tonf-m</b>	<b>MZ tonf-m</b>
Base	295	Live	0.01	-0.09	0.51	0.000315	-0.002494	-0.00039
Base	300	Live	0	0	0	0	0	0
Base	57	Live	0.08	0.01	0.58	0.002666	0.001252	-0.00021
Base	60	Live	0.00293	0.14	0.9	-0.00176	-0.001899	0.00019
Base	296	Live	-0.0007	0.01	0.79	-0.01	0.000723	-0.00104
Base	309	Live	0.06	0.00403	0.49	-0.004571	0.001033	0.00045
Base	284	Live	-0.01	-0.11	1.03	0.001223	-0.01	-0.0009
Base		Live	-0.02	-0.01	1.45	0.00152	-0.01	-9.9E-06
Base		Live	-0.01	-0.02	0.95	0.000344	-0.000596	7.1E-05
Base		Live	-0.0033	0.03	1.03	-0.001163	-0.000838	-1.5E-05
Base		Live	-0.01	-0.0026	1.44	-0.001501	-0.01	-5.7E-07
Base		Live	0.03	0.0031	1.48	-0.004317	0.000615	-1.1E-05
Base		Live	-0.04	-5E-05	1.49	-0.002553	-0.001092	9.3E-06
Base		Live	0.02	-0.01	1.01	0.00167	0.001429	-7E-05
Base		Live	-0.01	-0.0013	1	-0.000179	-0.01	-9.1E-07
Base		Live	7.6E-05	-0.01	1.18	0.01	-0.000833	-6.6E-06
Base		Live	-0.02	-0.03	156	0.000942	-0.01	0.00011
Base		Live	-0.01	0.04	1.62	-0.001424	-0.01	-3.8E-05
Base		Live	0.00299	0.01	0.84	-0.01	0.000578	-2.4E-06
Base		Live	-0.04	-0.0015	0.46	0.001409	-0.001232	-4.7E-06
Base		Live	-0.03	-0.0009	0.45	0.001122	-0.001125	6.7E-07
Base		Live	-0.01	-0.0008	0.44	0.000902	-0.00013	1.1E-06
Base		Live	0.01	-0.0007	0.44	0.000692	0.000158	1.9E-06
Base		Live	0.09	0.01	0.75	-0.02	0.002163	-6.5E-05
Base		Live	0.08	0.01	1.05	-0.01	0.001613	-3.2E-06
Base		Live	0.03	0.01	1.39	-0.01	0.000103	-4.6E-05
Base		Live	-0.02	0.02	1.75	-0.01	-0.002147	0.00017
Base		Live	0.06	-0.02	1.62	0.01	0.001662	-0.00016

**Fuente:** Los autores (2024)

**Tabla 39***Reacciones en la base - SDX*

<b>STORY</b>	<b>UNIQUE NAME</b>	<b>OUTPUT CASE</b>	<b>FX tonf</b>	<b>FY tonf</b>	<b>FZ tonf</b>	<b>MX tonf-m</b>	<b>MY tonf-m</b>	<b>MZ tonf-m</b>
Base	8	SDX	0.27	0.12	1.42	0.24	1.36	0.33
Base	299	SDX	5.26	1.23	39.34	0.14	0.71	0.06
Base	12	SDX	0.4	0.19	8.42	0.38	0.96	0.05
Base	10	SDX	0.3	0.14	6.82	0.33	0.83	0.05
Base	16	SDX	0.39	0.2	8.47	0.4	0.97	0.05
Base	18	SDX	1.41	0.22	11.7	0.14	0.03	0.01
Base	20	SDX	0.46	0.16	14.94	0.3	1.06	0.05
Base	286	SDX	0.24	0.13	0.79	0.003172	0.27	0.05
Base	318	SDX	3.66	0.14	20.08	0.07	0.09	0.01
Base	26	SDX	1.53	0.6	6.36	1.52	2.84	0.13
Base	28	SDX	3.72	0.25	23.36	0.13	0.12	0.01
Base	308	SDX	2.52	0.27	19.86	0.18	0.06	0.02
Base	32	SDX	2.26	0.16	6.38	0.37	7.88	0.13
Base	33	SDX	0.23	0.29	2.23	0.01	0.42	0.05
Base	34	SDX	0.33	0.6	4.45	0.02	0.34	0.03
Base	37	SDX	1.11	0.56	5.42	0.1	0.37	0.04
Base	38	SDX	0.22	1.09	4.91	0.02	0.25	0.03
Base	41	SDX	2.49	0.14	23.61	0.37	7.69	0.13
Base	317	SDX	5.22	0.11	29.15	0.11	0.12	0.01
Base	47	SDX	0.34	0.18	1.03	0.003019	0.28	0.05
Base	48	SDX	0.25	0.26	1.48	0.003534	0.31	0.05
Base	297	SDX	1.37	0.21	11.46	0.46	5.09	0.13
Base	53	SDX	1.36	0.69	8.83	0.1	0.37	0.04
Base	43	SDX	2.11	0.15	13.91	0.07	0.06	0.01
Base	319	SDX	5.34	0.22	32.2	0.15	0.14	0.01
Base	59	SDX	0.3	0.15	2.86	0.27	0.83	0.05
Base	67	SDX	2.04	0.28	13.55	0.08	0.05	0.01
Base	278	SDX	2.56	0.09	15.23	0.06	0.06	0.01

**Fuente:** Los autores (2024)

**Tabla 40***Reacciones en la base - SDX*

<b>STORY</b>	<b>UNIQUE NAME</b>	<b>OUTPUT CASE</b>	<b>FX tonf</b>	<b>FY tonf</b>	<b>FZ tonf</b>	<b>MX tonf-m</b>	<b>MY tonf-m</b>	<b>MZ tonf-m</b>
Base	295	SDX	0.22	0.23	1.34	0.003606	0.28	0.05
Base	300	SDX	0	0	0	0	0	0
Base	57	SDX	0.59	0.22	5.09	0.08	0.02	0.01
Base	60	SDX	0.4	1.35	6.99	0.02	0.22	0.03
Base	296	SDX	1.02	0.21	2.69	0.36	1.97	0.05
Base	309	SDX	0.94	0.31	7.25	0.11	0.04	0.01
Base	284	SDX	0.37	2.84	20.93	0.06	0.53	0.05
Base		SDX	0.7	0.04	3.87	0.03	0.8	0.00021
Base		SDX	0.49	1.27	6.66	0.06	0.62	0.00073
Base		SDX	0.38	1.14	7.17	0.05	0.56	1703
Base		SDX	0.64	0.13	1.4	0.01	0.59	3.2E-05
Base		SDX	1.09	0.2	23.47	0.24	0.11	0.00064
Base		SDX	1.13	0.12	5.56	0.19	0.18	0.0006
Base		SDX	0.72	0.22	13.55	0.14	0.12	0.00052
Base		SDX	0.6	0.14	0.98	0.01	0.56	2.4E-05
Base		SDX	0.11	0.2	6.46	0.23	0.11	0.00022
Base		SDX	0.54	0.86	10.08	0.05	0.6	0.00117
Base		SDX	0.34	0.96	10.99	0.04	0.52	0.00167
Base		SDX	0.24	0.25	12.1	0.3	0.17	0.00029
Base		SDX	3.51	0.17	37.56	0.22	0.2	0.00074
Base		SDX	3.3	0.11	17.14	0.2	0.21	9.3E-05
Base		SDX	2.88	0.09	1.65	0.18	0.17	0.00019
Base		SDX	2.77	0.1	21.32	0.15	0.19	0.00049
Base		SDX	3.92	0.19	41.93	0.27	0.21	0.00112
Base		SDX	3.42	0.11	19.84	0.25	0.19	0.00026
Base		SDX	3.22	0.1	1.05	0.23	0.18	0.00061
Base		SDX	3.35	0.24	20.08	0.24	0.2	0.00225
Base		SDX	0.97	0.15	10.45	0.15	0.12	0.00023

**Fuente:** Los autores (2024)

**Tabla 41***Reacciones en la base - SDY*

<b>STORY</b>	<b>UNIQUE NAME</b>	<b>OUTPUT CASE</b>	<b>FX tonf</b>	<b>FY tonf</b>	<b>FZ tonf</b>	<b>MX tonf-m</b>	<b>MY tonf-m</b>	<b>MZ tonf-m</b>
Base	8	SDY	0.07	0.86	5.15	2.07	0.38	0.09
Base	299	SDY	1.08	1.09	9.8	1.3	0.11	0.1
Base	12	SDY	0.08	1.08	1.21	2.24	0.18	0.04
Base	10	SDY	0.13	0.83	9.14	1.92	0.33	0.04
Base	16	SDY	0.09	1.06	0.83	2.21	0.15	0.04
Base	18	SDY	0.24	0.1	1.95	0.64	0.01	0.06
Base	20	SDY	0.1	1.25	1.41	2.57	0.13	0.04
Base	286	SDY	0.23	1.35	8.13	0.03	0.04	0.01
Base	318	SDY	1.83	0.13	10.1	0.64	0.04	0.07
Base	26	SDY	0.56	5.76	15.85	14.94	1.03	0.11
Base	28	SDY	1.54	0.18	9.41	1.04	0.05	0.11
Base	308	SDY	1.31	0.13	9.88	1.09	0.03	0.1
Base	32	SDY	1.08	1.63	17.13	3.79	3.81	0.11
Base	33	SDY	0.15	2.65	20.01	0.07	0.2	0.02
Base	34	SDY	0.2	1.88	14.14	0.06	0.15	0.01
Base	37	SDY	1.34	5.34	34.4	0.82	0.12	0.07
Base	38	SDY	0.22	5.36	28.85	0.12	0.07	0.01
Base	41	SDY	0.97	1.36	7.82	3.55	3.21	0.11
Base	317	SDY	1.49	0.34	7.94	0.58	0.04	0.06
Base	47	SDY	0.21	1.69	9.82	0.03	0.05	0.01
Base	48	SDY	0.19	1.86	10.8	0.03	0.08	0.01
Base	297	SDY	0.33	1.81	3.35	4.13	1.16	0.11
Base	53	SDY	0.23	5.77	35.1	1.04	0.05	0.09
Base	43	SDY	3.52	0.27	17.56	0.65	0.07	0.05
Base	319	SDY	0.85	0.2	4.53	1.1	0.02	0.1
Base	59	SDY	0.14	0.97	9.62	2.15	0.34	0.04
Base	67	SDY	0.67	0.82	4.23	0.82	0.02	0.08
Base	278	SDY	2.65	0.26	12.86	0.54	0.03	0.06

**Fuente:** Los autores (2024)

**Tabla 42***Reacciones en la base - SDY*

<b>STORY</b>	<b>UNIQUE NAME</b>	<b>OUTPUT CASE</b>	<b>FX tonf</b>	<b>FY tonf</b>	<b>FZ tonf</b>	<b>MX tonf-m</b>	<b>MY tonf-m</b>	<b>MZ tonf-m</b>
Base	295	SDY	0.2	1.52	9.07	0.03	0.07	0.01
Base	300	SDY	0	0	0	0	0	0
Base	57	SDY	0.12	0.18	1.01	0.6	0.01	0.06
Base	60	SDY	0.15	6.85	37.02	0.15	0.04	0.0047
Base	296	SDY	0.24	1.04	1.32	2.22	0.54	0.04
Base	309	SDY	0.33	0.18	2.2	1.07	0.02	0.1
Base	284	SDY	0.39	2.82	20.8	0.17	0.06	0.01
Base		SDY	0.32	0.08	5.91	0.21	0.37	0.00013
Base		SDY	0.26	3.06	7.04	0.27	0.24	0.00099
Base		SDY	0.11	2.96	28.1	0.26	0.2	0.00065
Base		SDY	0.15	1.26	0.95	0.11	0.13	2.2E-05
Base		SDY	0.52	1.56	10.13	2.14	0.04	0.01
Base		SDY	0.5	1.24	1.39	1.96	0.07	0.01
Base		SDY	2.78	1.55	28.73	1.26	0.09	0.00019
Base		SDY	0.11	1.24	0.92	0.07	0.11	2.4E-05
Base		SDY	0.12	1.1	0.97	1.31	0.01	0.00013
Base		SDY	0.05	3.75	1.08	0.32	0.05	0.00027
Base		SDY	0.07	3.8	39.18	0.31	0.05	0.00018
Base		SDY	0.2	1.97	7.7	2.28	0.08	0.00015
Base		SDY	1.12	0.84	9.09	1.29	0.07	0.0042
Base		SDY	1.23	0.74	3.39	1.37	0.08	0.00076
Base		SDY	1.27	0.76	5.95	1.39	0.07	0.00056
Base		SDY	1.37	0.95	12.84	1.38	0.08	0.00452
Base		SDY	0.97	1.4	6.74	2.38	0.03	0.01
Base		SDY	1.11	1.05	7.17	2.4	0.04	0.00103
Base		SDY	1.31	1	10.06	2.38	0.04	8.6E-05
Base		SDY	1.64	1.35	16.4	2.4	0.05	0.01
Base		SDY	4.71	1.55	34.81	1.57	0.15	0.00026

**Fuente:** Los autores (2024)

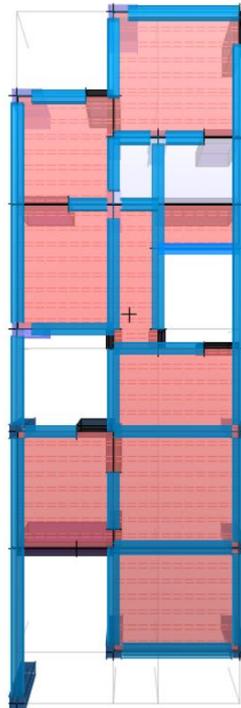
#### 4.5.2. Análisis sísmico – Edificación 7 niveles

El análisis sísmico se realizó mediante el método de superposición modal espectral basado en norma vigente, NTE E.030 (2018), Los parámetros sísmicos descritos en el ítem 4.4.1.2. son importantes para el desarrollo del análisis.

Con los valores que se proceden a calcular, se podrá calificar si la estructura cumple con la normativa actual. Se realizó un modelamiento usando el software ETABS v.21, con dicho modelamiento se procedió a analizar la estructura por rigidez y resistencia.

#### Figura 47

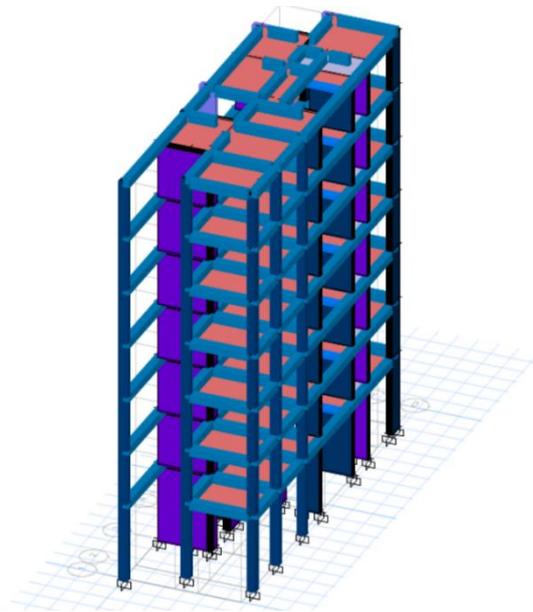
*Modelamiento en planta - edificación B*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 48**

*Modelamiento 3D - Edificación 7 niveles*



**Fuente:** Los autores (2024)

#### 4.5.2.1. Cargas consideradas

Las cargas empleadas para el análisis de la edificación se ajustaron a la información proporcionada por el especialista en arquitectura.

**Tabla 43**

*Cargas a considerar en el modelamiento*

PISO	CARGA MUERTA					CARGA VIVA
	P. ESPECÍFICO CONCRETO	P. LOSA ALIGERADA	TABIQUERÍA LOSAS	TABIQUERÍA VIGAS	ACABADOS	
	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m	kg/m <sup>2</sup>	
7	2400	300	100	862	100	100
6	2400	300	100	862	100	200
5	2400	300	100	862	100	200
4	2400	300	100	862	100	200
3	2400	300	100	862	100	200
2	2400	300	100	862	100	200
1	2400	300	100	862	100	200

**Fuente:** Los autores (2024)

#### 4.5.2.2. Parámetros sísmicos

**Tabla 44**

*Parámetros para análisis estático*

DIRECCIÓN "X" E "Y"	
Z	0.45
U	1.00
S	1.05
Tp	0.60
TL	2.00
R	7.00

**Fuente:** Los autores (2024)

#### 4.5.2.3. Espectro sísmico

Para la obtención de la aceleración espectral ( $S_a$ ) en ambas direcciones de la edificación, se tendrá como referencia el RNE, norma E.030, en un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones.

**Tabla 45**

*Espectro de respuesta*

C	PERIODO T (s)	EJE X Sa/g	EJE Y Sa/g	C	PERIODO T (s)	EJE X Sa/g	EJE Y Sa/g
2.50	0.00	0.197	0.394	2.50	0.25	0.197	0.394
2.50	0.02	0.197	0.394	2.50	0.30	0.197	0.394
2.50	0.04	0.197	0.394	2.50	0.35	0.197	0.394
2.50	0.06	0.197	0.394	2.50	0.40	0.197	0.394
2.50	0.08	0.197	0.394	2.50	0.45	0.197	0.394
2.50	0.10	0.197	0.394	2.50	0.50	0.197	0.394
2.50	0.12	0.197	0.394	2.50	0.55	0.197	0.394
2.50	0.14	0.197	0.394	2.50	0.60	0.197	0.394
2.50	0.16	0.197	0.394	2.31	0.65	0.182	0.363
2.50	0.18	0.197	0.394	2.14	0.70	0.169	0.338
2.50	0.20	0.197	0.394	2.00	0.75	0.158	0.315

**Fuente:** Los autores (2024)

**Tabla 46**

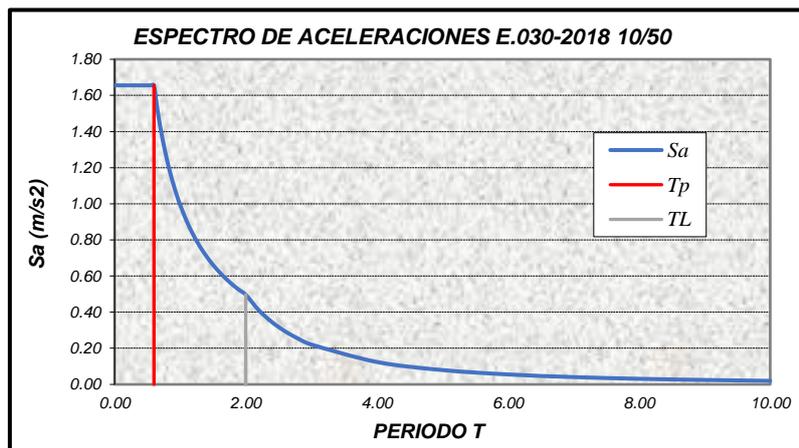
*Espectro de respuesta*

C	PERIODO T (s)	EJE X Sa/g	EJE Y Sa/g	C	PERIODO T (s)	EJE X Sa/g	EJE Y Sa/g
1.88	0.80	0.148	0.295	0.75	2.00	0.059	0.118
1.76	0.85	0.139	0.278	0.62	2.20	0.049	0.098
1.67	0.90	0.131	0.263	0.52	2.40	0.041	0.082
1.58	0.95	0.124	0.249	0.44	2.60	0.035	0.070
1.50	1.00	0.118	0.236	0.38	2.80	0.030	0.060
1.36	1.10	0.107	0.215	0.33	3.00	0.026	0.053
1.25	1.20	0.098	0.197	0.19	4.00	0.150	0.030
1.15	1.30	0.091	0.182	0.12	5.00	0.009	0.019
1.07	1.40	0.084	0.169	0.08	6.00	0.007	0.013
1.00	1.50	0.079	0.158	0.06	7.00	0.005	0.010
0.94	1.60	0.074	0.148	0.05	8.00	0.004	0.007
0.88	1.70	0.069	0.139	0.04	9.00	0.003	0.006
0.83	1.80	0.066	0.131	0.03	10.00	0.002	0.005
0.79	1.90	0.062	0.124				

**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 49**

*Espectro de aceleraciones*



**Fuente:** Los autores (2024)

#### 4.5.2.4. Análisis modal y periodos

Según el RNE – E.030, se toman modos de vibración cuya masa efectiva en cada dirección es el 90% de la masa total de la estructura, considerando tres modos principales en la dirección de análisis.

**Tabla 47**

*Participación modal*

CASE	MODE	PERIODO	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY	SumRZ
		sec						
Modal	1	0.542	0.0067	0.813	0.0189	0.0067	0.8313	0.0189
Modal	2	0.482	0.329	0.0026	0.4169	0.3357	0.8156	0.4358
Modal	3	0.453	0.4325	0.0234	0.3399	0.7682	0.8391	0.7757
Modal	4	0.233	3.5E-05	2.5E-06	0.0006	0.7682	0.8391	0.7763
Modal	5	0.187	0.0056	0.0001	0.0196	0.7738	0.8392	0.7959
Modal	6	0.168	0.0013	0.1056	0.001	0.7751	0.9448	0.7969
Modal	7	0.131	0.0673	0.0029	0.0630	0.8424	0.9476	0.8599
Modal	8	0.124	0.0004	0	0.0006	0.8428	0.9476	0.8605
Modal	9	0.115	0.0836	1.6E-05	0.0683	0.9264	0.9476	0.9288
Modal	10	0.089	0.0003	0.0328	0.0005	0.9267	0.9805	0.9293
Modal	11	0.078	0.0003	0	0.0011	0.9269	0.9805	0.9303
Modal	12	0.064	0.0176	0.0007	0.0229	0.9446	0.9812	0.533
Modal	13	0.056	0.0001	0.0124	0.0001	0.9447	0.9936	0.3594
Modal	14	0.051	0.0297	0	0.0223	0.9744	0.9936	0.9757
Modal	15	0.05	0.0001	0	0.0003	0.9745	0.9936	0.976
Modal	16	0.039	0.0069	0.0003	0.0087	0.9814	0.9939	0.9848
Modal	17	0.039	0.0001	0.0043	0.0001	0.9814	0.9983	0.9849
Modal	18	0.035	4E-05	0	0.0001	0.9815	0.9983	0.985
Modal	19	0.03	0.0105	0	0.0077	0.992	0.9983	0.9928
Modal	20	0.03	5.3E-07	0.0014	1.9E-05	0.992	0.9996	0.9928
Modal	21	0.027	0.0024	0.0001	0.003	0.9945	0.9997	0.9958

**Fuente:** Los autores (2024)

#### 4.5.2.5. Verificación de irregularidades

##### 4.5.2.5.1. Irregularidad en altura

###### a. Irregularidad de Rigidez – Piso blando ( $I_a = 0.75$ )

**Tabla 48**

*Irregularidad de Rigidez - Piso blando - Verificación en X*

PISO	CORTANTE X-X	DISTORSIÓN X-X	RIGIDEZ X-X	1era Verificación 70%	2da Verificación 80% Prom
	Ton		Ton/cm	$R(n+1) < R_n$	$r_n < R_n$
Story 7	24.40	0.002134	114.37	-	-
Story 6	51.12	0.002417	211.52	REGULAR	-
Story 5	73.67	0.002716	271.22	REGULAR	-
Story 4	92.08	0.002901	317.34	REGULAR	REGULAR
Story 3	106.32	0.002813	377.92	REGULAR	REGULAR
Story 2	116.41	0.002317	502.52	REGULAR	REGULAR
Story 1	122.88	0.001814	677.24	REGULAR	REGULAR

**Fuente:** Los autores (2024)

**Tabla 49**

*Irregularidad de Rigidez - Piso blando - Verificación en Y*

PISO	CORTANTE Y-Y	DISTORSIÓN Y-Y	RIGIDEZ Y-Y	1era Verificación 70%	2da Verificación 80% Prom
	Ton		Ton/cm	$R(n+1) < R_n$	$r_n < R_n$
Story 7	24.63	0.001393	17.68	-	-
Story 6	51.50	0.001963	26.23	REGULAR	-
Story 5	74.12	0.00256	28.95	REGULAR	-
Story 4	92.48	0.003058	30.24	REGULAR	REGULAR
Story 3	106.63	0.003389	31.46	REGULAR	REGULAR
Story 2	116.58	0.003457	33.72	REGULAR	REGULAR
Story 1	122.88	0.003607	34.07	REGULAR	REGULAR

**Fuente:** Los autores (2024)

## b. Irregularidad de Masa o Peso

**Tabla 50**

*Irregularidad de masa o peso*

PISO	MA SA X-X	MA SA Y-Y	VERIFICACIÓN EN X	VERIFICACIÓN EN Y
Story 7	3.20	3.2	-	-
Story 6	4.31	4.31	-	-
Story 5	4.31	4.31	REGULAR	REGULAR
Story 4	4.31	4.31	REGULAR	REGULAR
Story 3	4.31	4.31	REGULAR	REGULAR
Story 2	4.31	4.31	REGULAR	REGULAR
Story 1	5.25	5.25	REGULAR	REGULAR

**Fuente:** Los autores (2024)

Dada la configuración estructural, la edificación no presenta el resto de irregularidades en altura; resumiendo las condiciones a continuación:

**Tabla 51**

*Irregularidades en altura*

IRREGULARIDAD	CONDICIÓN	FACTOR
Irregularidad de Rigidez - Piso Blando	REGULAR	1
Irregularidad de Resistencia - Piso Débil	REGULAR	1
Irregularidad Extrema de Rigidez	REGULAR	1
Irregularidad Extrema de Resistencia	REGULAR	1
Irregularidad de Masa o Peso	REGULAR	1
Irregularidad Geométrica Vertical	REGULAR	1
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	REGULAR	1
<b>Factor Global de Irregularidad en Altura</b>		<b>1</b>

**Fuente:** Los autores (2024)

#### 4.4.2.5.2. Irregularidades estructurales en planta

##### a. Irregularidad torsional

**Tabla 52**

*Irregularidad torsional - verificación en X*

PISO	MÁXIMO DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISO	DESPLAZAMIENTO RELATIVO DEL CENTRO DE MASAS	50% MÁXIMO DESPLAZAMIENTO RELATIVO	VERIFICACIÓN	FACTOR
Story 7	0.00541	0.00420	0.0035	MAYOR A 0.0035	1.288
Story 6	0.00575	0.00464	0.0035	MAYOR A 0.0035	1.239
Story 5	0.00599	0.00501	0.0035	MAYOR A 0.0036	1.197
Story 4	0.00599	0.00515	0.0035	MAYOR A 0.0037	1.162
Story 3	0.00556	0.00488	0.0035	MAYOR A 0.0038	1.139
Story 2	0.00494	0.00431	0.0035	MAYOR A 0.0039	1.147
Story 1	0.00310	0.00255	0.0035	MAYOR A 0.0040	NO APLICA

**Fuente:** Los autores (2024)

**Tabla 53**

*Irregularidad torsional - verificación en Y*

PISO	MÁXIMO DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISO	DESPLAZAMIENTO RELATIVO DEL CENTRO DE MASAS	50% MÁXIMO DESPLAZAMIENTO RELATIVO	VERIFICACIÓN	FACTOR
Story 7	0.00270	0.0025	0.0035	CUMPLE	NO APLICA
Story 6	0.00381	0.0036	0.0035	CUMPLE	1.068
Story 5	0.00501	0.0047	0.0035	CUMPLE	1.069
Story 4	0.00603	0.0056	0.0035	CUMPLE	1.069
Story 3	0.00672	0.0063	0.0035	CUMPLE	1.069
Story 2	0.00688	0.0064	0.0035	CUMPLE	1.069
Story 1	0.00500	0.0047	0.0035	CUMPLE	1.067

**Fuente:** Los autores (2024)

Dada la configuración estructural, la edificación no presenta el resto de irregularidades en planta; resumiendo las condiciones a continuación:

**Tabla 54**

*Irregularidad en planta*

IRREGULARIDAD	CONDICIÓN	FACTOR
Irregularidad Torsional	REGULAR	1
Irregularidad Torsional Extrema	REGULAR	1
Esquinas Entrantes	IRREGULAR	0.9
Discontinuidad del Diafragma	REGULAR	1
Sistemas No Paralelos	REGULAR	1
Factor Global de Irregularidad en Planta		0.9

**Fuente:** Los autores (2024)

#### 4.5.2.6. Distorsiones de entrepiso o derivas

**Tabla 55**

*Distorsiones de entrepiso - Edificación 7 niveles - Sector 1*

PISO	DISTORSIÓN EN "X"	DISTORSIÓN EN "Y"	LÍMITE DE DISTORSIÓN	VERIFICACIÓN EN "X"	VERIFICACIÓN EN "Y"
7	0.00541	0.00270	0.0070	CUMPLE	CUMPLE
6	0.00575	0.00381	0.0070	CUMPLE	CUMPLE
5	0.00599	0.00501	0.0070	CUMPLE	CUMPLE
4	0.00599	0.00603	0.0070	CUMPLE	CUMPLE
3	0.00556	0.00672	0.0070	CUMPLE	CUMPLE
2	0.00494	0.00688	0.0070	CUMPLE	CUMPLE
1	0.00310	0.00500	0.0070	CUMPLE	CUMPLE

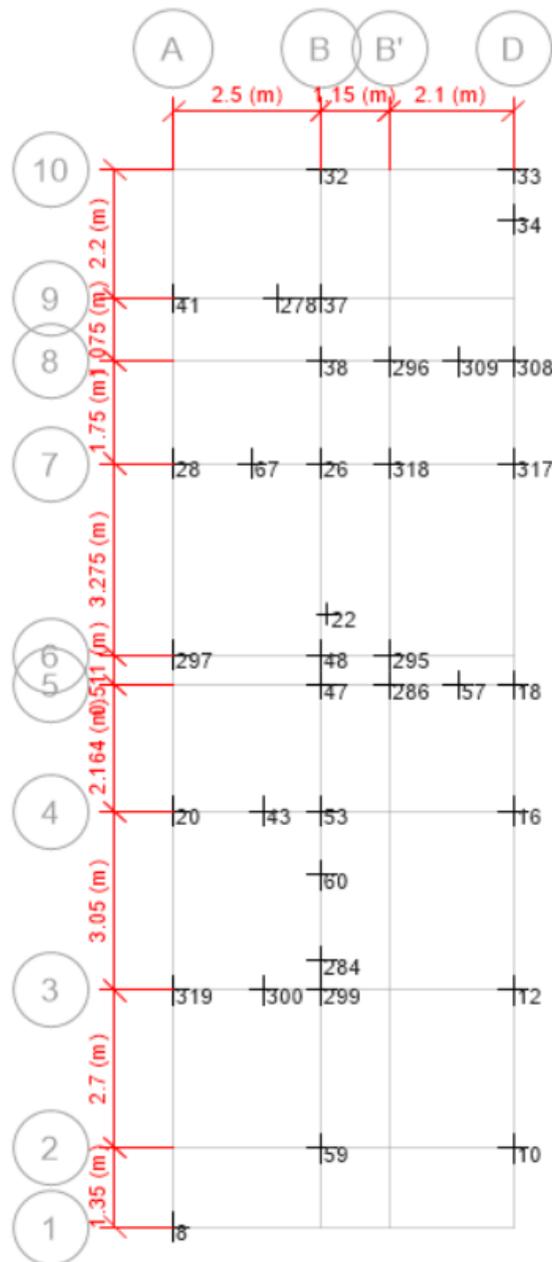
*Nota.* Como se aprecia, en ambas direcciones, las distorsiones máximas no superan al límite que establece la norma. Fuente: Los autores (2024)

#### 4.5.2.7. Reacciones en la base

El siguiente cuadro recoge las reacciones de los diferentes casos de carga, para facilitar el entendimiento de cada nodo, se adjunta la imagen siguiente que los identifica.

**Figura 50**

*Nodos en la base de la edificación*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Tabla 56***Reacciones en la base - Dead*

STORY	UNIQUE NAME	OUTPUT CASE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Base	8	Dead	-1.9665	0.9403	20.012	-0.06000	-0.15000	0.01000
Base	299	Dead	-0.0777	0.0088	28.576	-0.01000	-0.13000	-0.00364
Base	12	Dead	-0.0667	0.0781	22.311	-0.10000	-0.12000	-0.00364
Base	10	Dead	-0.0823	-0.0527	25.414	0.07000	-0.12000	-0.00364
Base	16	Dead	-1.0743	-0.0018	8.6307	0.01000	-0.01000	0.00962
Base	18	Dead	-0.0095	-0.0167	15.24	0.01000	-0.03000	-0.00364
Base	20	Dead	-0.0284	1.0966	5.9595	-0.00358	-0.01000	0.00221
Base	286	Dead	1.1683	0.0045	7.0679	0.00297	0.02000	-0.00292
Base	318	Dead	-0.0166	-0.1507	31.049	0.13000	-0.02000	-0.00100
Base	26	Dead	1.2686	0.01	8.6361	-0.01000	0.02000	0.00904
Base	28	Dead	-1.0472	-0.0035	8.3199	-0.01000	-0.01000	-0.00688
Base	308	Dead	0.0457	-0.0466	25.435	0.05000	-6.21000	-0.02000
Base	32	Dead	0.0202	-1.0038	7.5686	0.01000	-0.02000	-0.00168
Base	33	Dead	-0.0433	0.9561	7.2877	-0.01000	-0.03000	0.00306
Base	34	Dead	-0.8336	-1.0782	1.1119	0.04000	-0.02000	0.00201
Base	37	Dead	-0.0064	0.9969	6.0373	-0.01000	-40.00870	0.00438
Base	38	Dead	0.0024	-0.0567	24.25	0.05000	-6.01000	-0.02000
Base	41	Dead	-1.2088	-0.0012	7.1858	0.01000	-0.02000	0.00903
Base	317	Dead	-0.0167	1.2583	0.6811	-0.00046	-0.01000	0.00200
Base	47	Dead	0.0175	-1.1321	0.6185	0.00030	-0.01000	-0.00145
Base	48	Dead	-0.0008	0.0801	29.177	-0.13000	-7.36000	0.01000
Base	297	Dead	-1.0906	-1.4201	15.641	0.06000	-0.06000	-0.00104
Base	53	Dead	1.1367	0.0236	8.2903	0.01000	0.02000	0.00164
Base	43	Dead	1.3346	0.0165	7.9156	-0.02000	0.03000	0.00210
Base	319	Dead	0.0445	0.0633	18.882	-0.09000	0.02000	0.00364
Base	59	Dead	-1.3016	-0.0213	8.7489	-0.00011	-0.02000	-0.00388
Base	67	Dead	0.9259	0.0273	5.9941	0.01000	0.01000	-0.00466
Base	278	Dead	0.0292	-1.0501	5.7179	0.00032	-0.01000	-0.00127

**Fuente:** Los autores (2024)

**Tabla 57***Reacciones en la base - Dead*

<b>STORY</b>	<b>UNIQUE NAME</b>	<b>OUTPUT CASE</b>	<b>FX tonf</b>	<b>FY tonf</b>	<b>FZ tonf</b>	<b>MX tonf-m</b>	<b>MY tonf-m</b>	<b>MZ tonf-m</b>
Base	295	Dead	0.0292	-1.0501	5.7179	0.00032	-0.01000	-0.00127
Base	300	Dead	0	0	0	0	0	0
Base	57	Dead	0.01093	0.0126	8.4796	0.00038	0.02000	-0.00276
Base	60	Dead	0.0274	1.3129	7.9358	-0.02000	-0.01000	0.00112
Base	296	Dead	0.0007	0.0004	14.311	-0.00046	0.01000	-0.00364
Base	309	Dead	1.0941	0.0098	8.5945	-0.01000	0.02000	0.00985
Base	284	Dead	-0.0139	-1.1055	9.8807	0.01000	-0.10000	-0.01000
Base		Dead	-0.0553	-0.0448	14.064	0.01000	-0.05000	-0.00222
Base		Dead	-0.0132	-0.1227	106687	0.00043	-0.03000	0.00762
Base		Dead	-0.0286	0.3013	10.946	-0.01000	-0.01000	-0.00177
Base		Dead	-0.0237	-0.0135	12.404	-0.01000	-0.02000	0.00000
Base		Dead	0.3635	0.0091	15.967	-0.01000	0.01000	-0.00339
Base		Dead	-0.4095	-0.0001	16.044	-0.01000	-0.01000	0.00284
Base		Dead	0.1893	-0.0172	11	0.04000	0.01000	-0.00687
Base		Dead	-0.0024	-0.0063	11.145	-0.00021	-0.02000	0.00000
Base		Dead	0.0178	-0.0145	16.177	0.01000	-0.00182	-0.00144
Base		Dead	-0.2189	-0.1511	14.061	0.01000	-0.07000	0.00988
Base		Dead	-0.0048	0.4042	14.395	-0.02000	-0.04000	-0.00351
Base		Dead	0.0008	0.0191	15.993	-0.02000	0.00158	-0.00001
Base		Dead	-0.7033	-0.0146	12.84	0.01000	-0.03000	-0.00047
Base		Dead	-0.2823	-0.0089	12.525	0.01000	-0.01000	0.00000
Base		Dead	0.1978	-0.0074	12.5	0.01000	0.01000	0.00109
Base		Dead	0.0635	-0.0064	12.737	0.01000	0.02000	0.00229
Base		Dead	1.0349	0.0299	14.724	-0.04000	0.03000	-0.00019
Base		Dead	0.5484	0.0171	15.507	-0.04000	0.02000	-0.00773
Base		Dead	-0.0112	0.0025	16.66	-0.05000	-0.00400	-0.00427
Base		Dead	-0.6171	0.1784	18.06	-0.08000	-0.03000	0.00159
Base		Dead	0.3571	-0.1979	15.739	0.06000	0.01000	-0.14600

**Fuente:** Los autores (2024)

**Tabla 58***Reacciones en la base - Live*

STORY	UNIQUE NAME	OUTPUT CASE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Base	8	Live	-0.0011	0.0019	0.1034	-0.01000	-0.02000	-0.00235
Base	299	Live	-0.0262	0.1389	2.8785	-0.01000	-0.02000	0.00116
Base	12	Live	-0.0219	0.0001	5.4271	-0.00464	-0.04000	-0.00142
Base	10	Live	-0.0136	0.0021	3.6141	-0.03000	-0.03000	-0.00142
Base	16	Live	-0.0227	-0.0138	4.5715	0.02000	-0.04000	-0.00142
Base	18	Live	-0.1266	-0.0103	1.0196	0.01000	-0.00162	0.00626
Base	20	Live	-0.0001	-0.0065	1.6045	0.00454	-0.01000	-0.00142
Base	286	Live	-0.0104	0.1379	0.7489	-0.00436	-0.00388	0.00700
Base	318	Live	0.0682	0.0018	0.4333	0.00118	0.00113	0.00000
Base	26	Live	-0.0134	-0.0455	3.8389	0.04000	-0.02000	-0.00394
Base	28	Live	0.1674	0.0054	0.1141	-0.35400	0.00280	0.00391
Base	308	Live	-0.0713	-0.0027	0.5655	-0.30400	-0.00084	-0.00269
Base	32	Live	0.076	-0.0012	2.7783	0.01000	-0.64000	-0.01000
Base	33	Live	0.0113	-0.1436	1.0675	0.00168	-0.00358	-0.00291
Base	34	Live	-0.0188	0.1248	0.9598	-0.00543	-0.01000	0.00941
Base	37	Live	-0.0897	-0.1319	1.2991	0.00448	-0.00510	0.00429
Base	38	Live	-0.0075	0.1261	0.7662	-0.00157	-0.00789	0.00101
Base	41	Live	0.0015	-0.0126	2.7279	0.01000	-0.65000	-0.01000
Base	317	Live	-0.0717	-0.0025	0.3967	0.14500	-0.00133	0.00163
Base	47	Live	-0.0075	0.1948	1.0477	-0.00799	-0.00346	0.00618
Base	48	Live	0.0077	-0.1588	0.8687	0.00330	-0.00228	-0.00369
Base	297	Live	0.0014	0.0262	3.1584	-0.04000	-0.80000	0.00261
Base	53	Live	-0.1484	-0.2246	2.3428	0.01000	-0.01000	-0.00010
Base	43	Live	0.1691	0.0054	1.1789	0.00978	0.27600	0.00102
Base	319	Live	0.1173	0.0106	0.5735	-0.01000	0.00229	0.00921
Base	59	Live	0.0047	0.0185	2.6213	-0.03000	-0.01000	-0.00142
Base	67	Live	-0.1678	-0.0088	1.1091	-0.00320	-0.00285	0.00000
Base	278	Live	0.1259	0.0084	0.8016	-0.00468	0.00149	0.00174

**Fuente:** Los autores (2024)

**Tabla 59***Reacciones en la base - Live*

STORY	UNIQUE NAME	OUTPUT CASE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Base	295	Live	0.0105	-0.1348	0.7303	0.00432	-0.00226	-0.00358
Base	300	Live	0	0	0	0	0	0
Base	57	Live	0.1227	0.0072	0.9423	0.00293	0.00189	-0.00233
Base	60	Live	0.0028	0.2008	0.1227	-0.23900	-0.00289	0.03100
Base	296	Live	0.0005	0.0057	1.1962	-0.01000	0.00372	-0.00142
Base	309	Live	0.0892	0.0063	0.6975	-0.00457	0.14200	0.00472
Base	284	Live	-0.0119	-0.1564	1.4141	0.18300	-0.01000	-0.00125
Base		Live	-0.0151	-0.0109	1.9183	0.00150	-0.01000	-0.00105
Base		Live	-0.0138	-0.0194	1.2733	0.00481	-0.00781	0.00932
Base		Live	-0.0041	0.0345	1.3581	-0.00155	-0.00675	-0.00179
Base		Live	-0.0068	-0.0039	1.8286	-0.00145	-0.01000	0.00000
Base		Live	0.0429	0.0044	2.0841	-0.01000	0.00124	-0.00138
Base		Live	-0.0551	-0.0002	2.0549	-0.30900	-0.00151	0.00114
Base		Live	0.0272	-0.0183	1.3838	0.00299	0.17900	-0.00914
Base		Live	-0.0074	-0.0012	1.4115	-0.00137	-0.01000	0.00000
Base		Live	0.0009	-0.0097	0.1854	0.01000	-0.00797	-0.00001
Base		Live	-0.0318	-0.0343	2.1425	0.00117	-0.01000	0.01500
Base		Live	-0.0083	0.0533	2.2169	-0.00212	-0.01000	-0.00534
Base		Live	0.0011	0.0089	1.1935	-0.01000	0.00082	-0.00044
Base		Live	-0.0504	-0.0025	0.7114	0.00245	-0.00170	-0.00001
Base		Live	-0.0314	-0.0013	0.7147	0.18500	-0.00127	0.00015
Base		Live	-0.0015	-0.0001	0.7389	0.00133	0.00155	0.00000
Base		Live	0.0262	-0.0004	0.7755	0.00763	0.00859	0.00000
Base		Live	0.1306	0.0133	1.2299	-0.02000	0.00333	-0.00719
Base		Live	0.0971	0.0067	1.5889	-0.01000	0.00218	-0.00001
Base		Live	0.0036	0.0063	1.9909	-0.01000	-0.00707	-0.00588
Base		Live	-0.0467	0.0275	2.4278	-0.02000	-0.00334	0.00225
Base		Live	0.0701	-0.0297	2.2816	0.01000	0.00207	-0.00218

**Fuente:** Los autores (2024)

**Tabla 60***Reacciones en la base - SDX*

<b>STORY</b>	<b>UNIQUE NAME</b>	<b>OUTPUT CASE</b>	<b>FX tonf</b>	<b>FY tonf</b>	<b>FZ tonf</b>	<b>MX tonf-m</b>	<b>MY tonf-m</b>	<b>MZ tonf-m</b>
Base	8	SDX	0.0237	0.1844	3.8108	0.36000	1.45000	0.25000
Base	299	SDX	8.4643	2.1381	66.717	0.18000	1.15000	0.10000
Base	12	SDX	0.6566	0.2742	21.482	0.59000	1.65000	0.08000
Base	10	SDX	0.5222	0.2045	17.193	0.49000	1.50000	0.08000
Base	16	SDX	0.5946	0.2909	20.522	0.61000	1.56000	0.08000
Base	18	SDX	2.5114	0.3642	20.953	0.22000	0.05000	0.02000
Base	20	SDX	0.0679	0.2025	32.067	0.40000	1.67000	0.08000
Base	286	SDX	0.4389	0.1904	1.1396	0.00424	0.43000	0.07000
Base	318	SDX	5.0792	0.2684	28.402	0.08000	0.12000	0.01000
Base	26	SDX	2.2154	0.7376	12.641	1.94000	4.27000	0.23000
Base	28	SDX	6.1158	0.4419	39.164	0.20000	0.18000	0.02000
Base	308	SDX	4.2234	0.4787	33.583	0.30000	0.10000	0.03000
Base	32	SDX	3.0599	0.2193	10.447	0.49000	0.93000	0.23000
Base	33	SDX	0.3645	0.5675	45.298	0.01000	0.62000	0.07000
Base	34	SDX	50.169	1.0431	7.7834	0.02000	0.50000	0.05000
Base	37	SDX	1.3397	0.7532	6.6986	0.12000	0.53000	0.06000
Base	38	SDX	0.3526	1.3075	5.7354	0.03000	0.37000	0.04000
Base	41	SDX	3.1373	0.1709	46.106	0.47000	2.26000	0.21000
Base	317	SDX	8.2749	0.1932	47.012	0.18000	0.19000	0.02000
Base	47	SDX	0.0552	0.3813	2.1212	0.00376	0.43000	0.07000
Base	48	SDX	0.4519	0.4224	0.2328	0.00452	0.47000	0.08000
Base	297	SDX	1.8239	0.2829	24.918	0.62000	2.09000	0.19000
Base	53	SDX	1.9397	1.3774	16.043	0.14000	0.58000	0.06000
Base	43	SDX	3.1194	0.2648	21.444	0.09000	0.10000	0.01000
Base	319	SDX	9.3507	0.3796	57.578	0.22000	0.24000	0.02000
Base	59	SDX	0.5224	0.1892	7.2798	0.33000	1.50000	0.08000
Base	67	SDX	2.4827	0.4817	17.018	0.11000	0.07000	0.01000
Base	278	SDX	3.9013	0.1939	23.59	0.08000	0.08000	0.01000

**Fuente:** Los autores (2024)

**Tabla 61***Reacciones en la base - SDX*

<b>STORY</b>	<b>UNIQUE NAME</b>	<b>OUTPUT CASE</b>	<b>FX tonf</b>	<b>FY tonf</b>	<b>FZ tonf</b>	<b>MX tonf-m</b>	<b>MY tonf-m</b>	<b>MZ tonf-m</b>
Base	295	SDX	0.4551	0.2893	1.6666	0.00465	0.43000	0.07000
Base	300	SDX	0	0	0	0	0	0
Base	57	SDX	0.5777	0.3783	5.4888	0.10000	0.03000	0.01000
Base	60	SDX	0.6037	1.8734	0.9745	0.03000	0.38000	0.05000
Base	296	SDX	1.4598	0.2745	3.2008	0.48000	2.94000	0.08000
Base	309	SDX	0.9468	0.5417	7.6073	0.16000	0.05000	0.01000
Base	284	SDX	0.5346	5.0056	36.93	0.10000	0.85000	0.08000
Base		SDX	1.0011	0.1076	9.0039	0.05000	1.18000	0.00308
Base		SDX	0.6635	1.6753	8.2418	0.08000	0.90000	0.00891
Base		SDX	0.5507	1.4553	8.3398	0.06000	0.83000	0.00237
Base		SDX	0.9595	0.1756	3.3778	0.01000	0.91000	0.00500
Base		SDX	1.4491	0.2912	42.558	0.32000	0.17000	0.00828
Base		SDX	1.1972	0.1616	0.3795	0.24000	0.26000	0.00750
Base		SDX	0.8083	0.2944	21.733	0.17000	0.17000	0.00913
Base		SDX	0.0902	0.2066	1.0004	0.01000	0.87000	0.00439
Base		SDX	0.1089	0.2861	15.195	0.34000	0.17000	0.00349
Base		SDX	0.8302	1.0389	17.061	0.06000	0.96000	0.00186
Base		SDX	0.5704	1.2638	16.57	0.06000	0.86000	0.00259
Base		SDX	0.1396	0.3941	25.284	0.47000	0.26000	0.00480
Base		SDX	5.0639	0.2748	62.139	0.35000	0.30000	0.00115
Base		SDX	4.4883	0.1647	30.613	0.30000	0.30000	0.00136
Base		SDX	3.6961	0.1298	3.2571	0.25000	0.25000	0.00328
Base		SDX	3.5	0.1175	28.831	0.20000	0.27000	0.00624
Base		SDX	6.2026	0.2915	7.6259	0.38000	0.36000	0.00156
Base		SDX	5.0288	0.0146	37.537	0.32000	0.32000	0.00397
Base		SDX	4.5582	0.1249	33.872	0.29000	0.29000	0.00981
Base		SDX	4.9191	0.3264	32.657	0.30000	0.33000	0.00340
Base		SDX	1.0828	0.2012	1.4937	0.20000	0.17000	0.00382

**Fuente:** Los autores (2024)

**Tabla 62***Reacciones en la base - SDY*

<b>STORY</b>	<b>UNIQUE NAME</b>	<b>OUTPUT CASE</b>	<b>FX tonf</b>	<b>FY tonf</b>	<b>FZ tonf</b>	<b>MX tonf-m</b>	<b>MY tonf-m</b>	<b>MZ tonf-m</b>
Base	8	SDY	0.0735	1.2452	11.048	3.09000	0.44000	0.09000
Base	299	SDY	0.1862	1.5997	16.937	1.96000	0.17000	0.15000
Base	12	SDY	0.00117	1.5789	2.3131	3.37000	0.28000	0.06000
Base	10	SDY	0.0196	0.1212	18.865	2.89000	0.51000	0.06000
Base	16	SDY	0.1158	1.5602	1.5077	3.34000	0.20000	0.06000
Base	18	SDY	0.3342	0.1678	2.7328	0.96000	0.01000	0.10000
Base	20	SDY	0.1619	1.8261	2.6333	3.85000	0.20000	0.06000
Base	286	SDY	0.3422	2.0318	12.086	0.04000	0.05000	0.01000
Base	318	SDY	2.6928	0.2212	14.947	0.96000	0.06000	0.10000
Base	26	SDY	0.7684	8.3882	27.15	0.22450	1.45000	0.17000
Base	28	SDY	2.3582	0.2697	14.559	1.55000	0.07000	0.16000
Base	308	SDY	2.0237	0.2215	15.315	1.64000	0.05000	0.16000
Base	32	SDY	1.6785	2.3819	36.652	5.69000	0.14060	0.49000
Base	33	SDY	0.2219	4.2155	31.845	0.11000	0.29000	0.03000
Base	34	SDY	0.3022	2.6164	19.737	0.09000	0.21000	0.02000
Base	37	SDY	2.2231	7.9991	53.195	1.22000	0.18000	0.11000
Base	38	SDY	0.3371	7.9539	42.727	0.18000	0.10000	0.01000
Base	41	SDY	1.3107	1.9665	1.8307	5.29000	7.29000	0.38000
Base	317	SDY	2.0757	0.5308	11.233	0.87000	0.05000	0.09000
Base	47	SDY	0.3169	2.5404	1.4631	0.04000	0.07000	0.01000
Base	48	SDY	0.2852	0.2885	16.491	0.04000	0.11000	0.02000
Base	297	SDY	0.4559	2.6308	7.2432	6.16000	3.12000	0.54000
Base	53	SDY	0.3882	8.5052	53.542	1.54000	0.07000	0.13000
Base	43	SDY	5.4026	0.4198	27.385	0.97000	0.10000	0.08000
Base	319	SDY	1.3897	0.3498	7.3358	1.65000	0.03000	0.15000
Base	59	SDY	0.1992	1.4036	19.781	3.22000	0.51000	0.06000
Base	67	SDY	0.7734	1.2458	4.9122	1.23000	0.02000	12.00000
Base	278	SDY	4.2744	0.3804	21.131	0.81000	0.05000	0.09000

**Fuente:** Los autores (2024)

**Tabla 63***Reacciones en la base - SDY*

<b>STORY</b>	<b>UNIQUE NAME</b>	<b>OUTPUT CASE</b>	<b>FX tonf</b>	<b>FY tonf</b>	<b>FZ tonf</b>	<b>MX tonf-m</b>	<b>MY tonf-m</b>	<b>MZ tonf-m</b>
Base	295	SDY	0.3033	2.3481	13.838	0.04000	0.09000	0.02000
Base	300	SDY	0	0	0	0	0	0
Base	57	SDY	0.1457	0.3008	1.2046	0.91000	0.01000	0.09000
Base	60	SDY	0.2339	10.2825	55.521	0.22000	0.06000	0.01000
Base	296	SDY	0.0343	0.1508	1.2444	3.32000	0.78000	0.06000
Base	309	SDY	0.3325	0.3084	2.3736	1.60000	0.02000	0.16000
Base	284	SDY	0.5823	4.07	30.104	0.26000	0.08000	0.01000
Base		SDY	0.4402	0.1827	12.273	0.32000	0.52000	0.00185
Base		SDY	0.3704	4.3446	11.675	0.41000	0.35000	0.00148
Base		SDY	0.1406	4.1321	41.183	0.39000	0.28000	0.00918
Base		SDY	0.1915	2.0496	1.8097	0.16000	0.18000	0.00312
Base		SDY	0.7346	2.2954	16.628	3.19000	0.06000	0.00100
Base		SDY	0.5886	1.8343	2.8425	2.93000	0.10000	0.00100
Base		SDY	0.4149	2.2831	45.802	1.88000	0.13000	0.00381
Base		SDY	0.1454	1.9858	0.1699	0.11000	0.14000	0.00332
Base		SDY	0.1837	1.6399	0.1603	1.98000	0.02000	0.00206
Base		SDY	0.0526	5.2715	1.7684	0.48000	0.06000	0.00400
Base		SDY	0.0115	5.3323	58.796	0.47000	0.07000	0.00202
Base		SDY	0.0215	2.9068	13.286	3.42000	0.11000	0.00023
Base		SDY	1.4568	1.2397	13.257	1.94000	0.09000	0.01000
Base		SDY	1.6129	0.1101	6.6419	2.06000	0.11000	0.00116
Base		SDY	1.7072	1.1289	10.11	2.09000	0.10000	0.00863
Base		SDY	1.9029	1.3966	19.512	2.06000	0.12000	0.01000
Base		SDY	1.5526	2.0509	11.736	3.55000	0.05000	0.01000
Base		SDY	1.6898	1.5501	13.02	3.59000	0.06000	0.00165
Base		SDY	1.8865	1.4827	17.477	3.58000	0.05000	0.00134
Base		SDY	0.2294	2.0001	2.7051	3.59000	0.08000	0.01000
Base		SDY	6.1344	2.2717	53.869	2.33000	0.23000	0.00363

**Fuente:** Los autores (2024)

## 4.6. Diseño de la cimentación

### 4.6.1. Determinación de rigidez

Para determinar la condición de rigidez de una cimentación, en este caso una platea de cimentación y zapatas se hicieron los cálculos según Winkler (ítem 3.2.1.3.3.6), donde la rigidez y flexibilidad de la cimentación depende del coeficiente de balasto del suelo.

**Tabla 64**

*Determinación de rigidez - sector 1*

B (m)	L (m)	A (m <sup>2</sup> )	e(m)	I (m <sup>4</sup> )	Ec (kg/cm <sup>2</sup> )	Ks	$\lambda$	1.75/ $\lambda$	CONDICIÓN
3.00	2.88	8.64	0.40	0.016	217370.651	2470	0.85	2.05	FLEXIBLE
3.00	2.88	8.64	0.50	0.031	217370.651	2470	0.72	2.42	FLEXIBLE
3.00	2.88	8.64	0.60	0.054	217370.651	2470	0.63	2.78	FLEXIBLE
3.00	2.88	8.64	0.70	0.086	217370.651	2470	0.56	3.12	RÍGIDA
3.00	2.88	8.64	0.80	0.128	217370.651	2470	0.51	3.45	RÍGIDA

**Fuente:** Los autores (2024)

**Tabla 65**

*Determinación de rigidez - sector 2*

B (m)	L (m)	A (m <sup>2</sup> )	e (m)	I (m <sup>4</sup> )	Ec (kg/cm <sup>2</sup> )	Ks	$\lambda$	1.75/ $\lambda$	CONDICIÓN
3.00	2.88	8.64	0.40	0.016	217370.651	6000	1.07	1.64	FLEXIBLE
3.00	2.88	8.64	0.50	0.031	217370.651	6000	0.90	1.94	FLEXIBLE
3.00	2.88	8.64	0.60	0.054	217370.651	6000	0.79	2.22	FLEXIBLE
3.00	2.88	8.64	0.70	0.086	217370.651	6000	0.70	2.50	FLEXIBLE
3.00	2.88	8.64	0.80	0.128	217370.651	6000	0.63	3.01	RÍGIDA
3.00	2.88	8.64	0.90	0.182	217370.651	6000	0.58	3.15	RÍGIDA
3.00	2.88	8.64	1.00	0.250	217370.651	6000	0.54	3.26	RÍGIDA

**Fuente:** Los autores (2024)

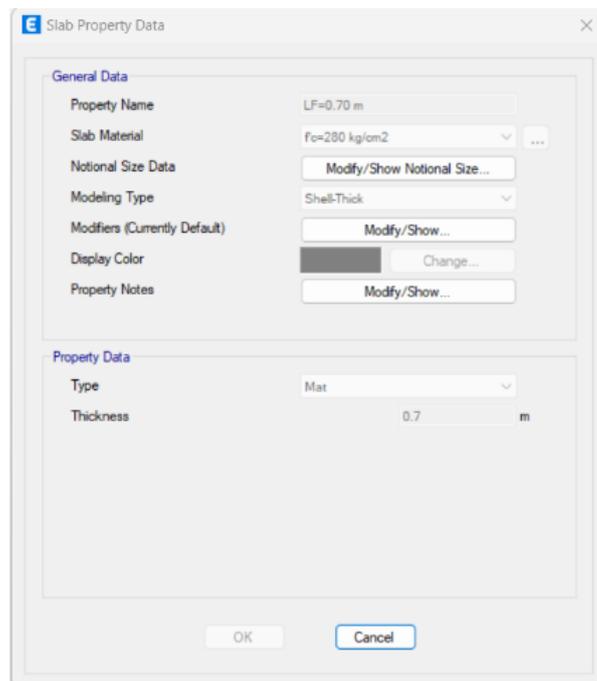
## 4.6.2. Cimentación para edificación 5 niveles – sector 1

### 4.6.2.1. Cimentación rígida – platea

Para el caso de la presente cimentación, nos hemos decantado por una platea de cimentación constante de 0.70 m de peralte.

#### Figura 51

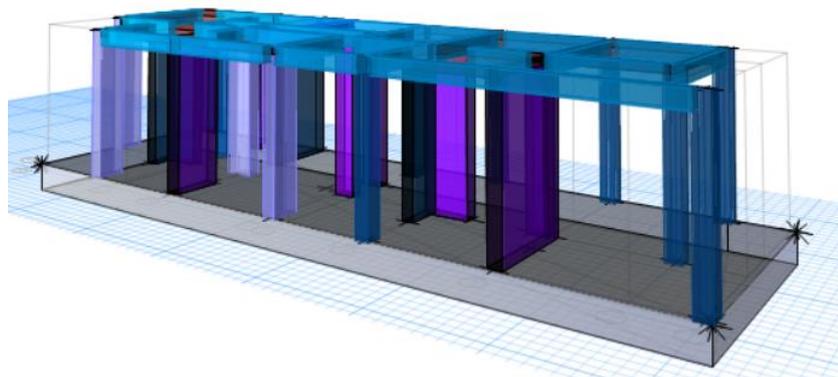
*Definición de platea  $H=0.70m$*



**Fuente:** Los autores (2024)

#### Figura 52

*3D platea  $H=0.70m$*



*Nota.* Elaborado por autores (2024)

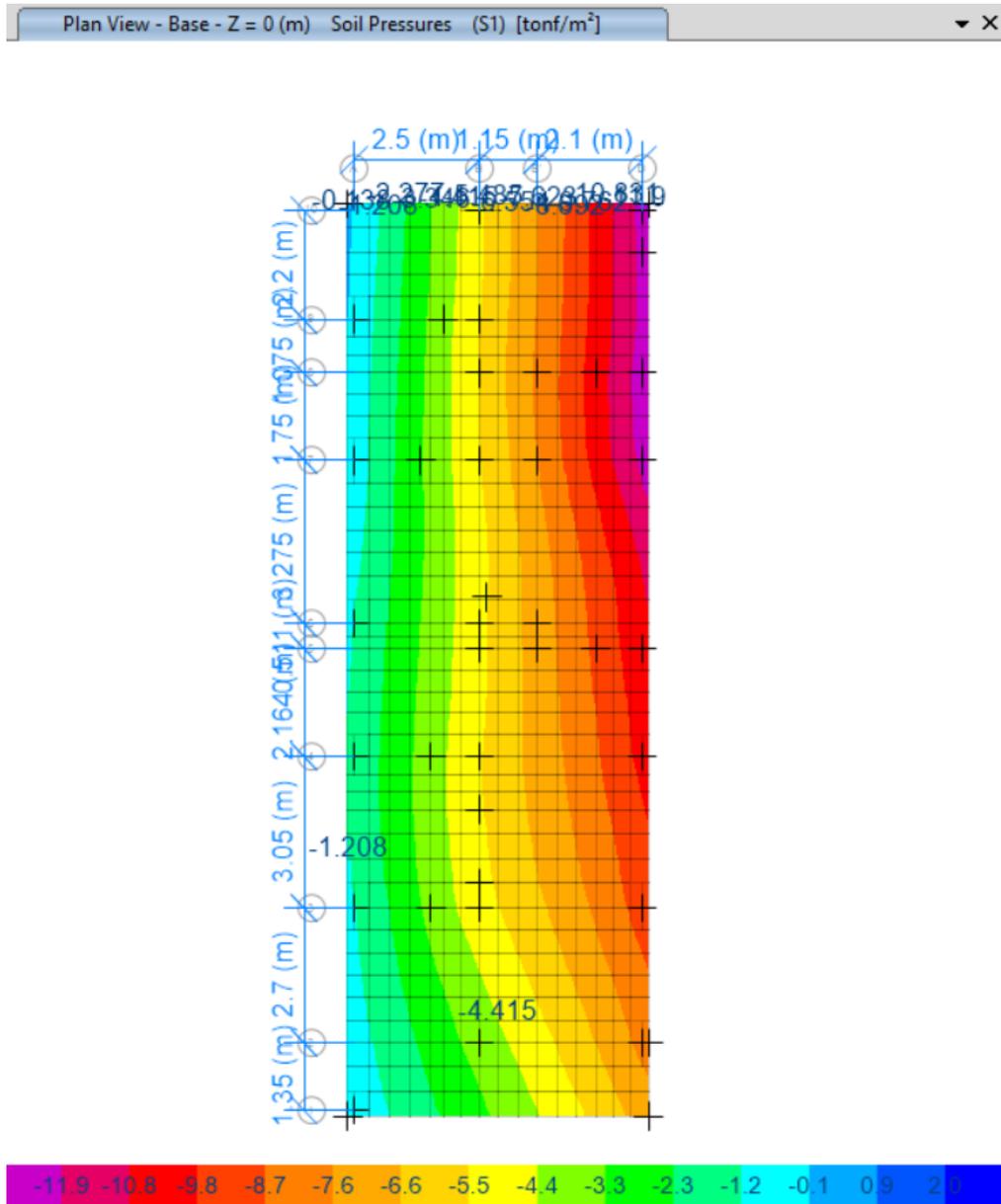


- **Caso de carga D + L + 0.8 Sx**

Para el presente caso, se tiene una máxima presión de 1.18 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 54**

*Presiones de platea H=0.70m - carga D + L + 0.8 Sx*



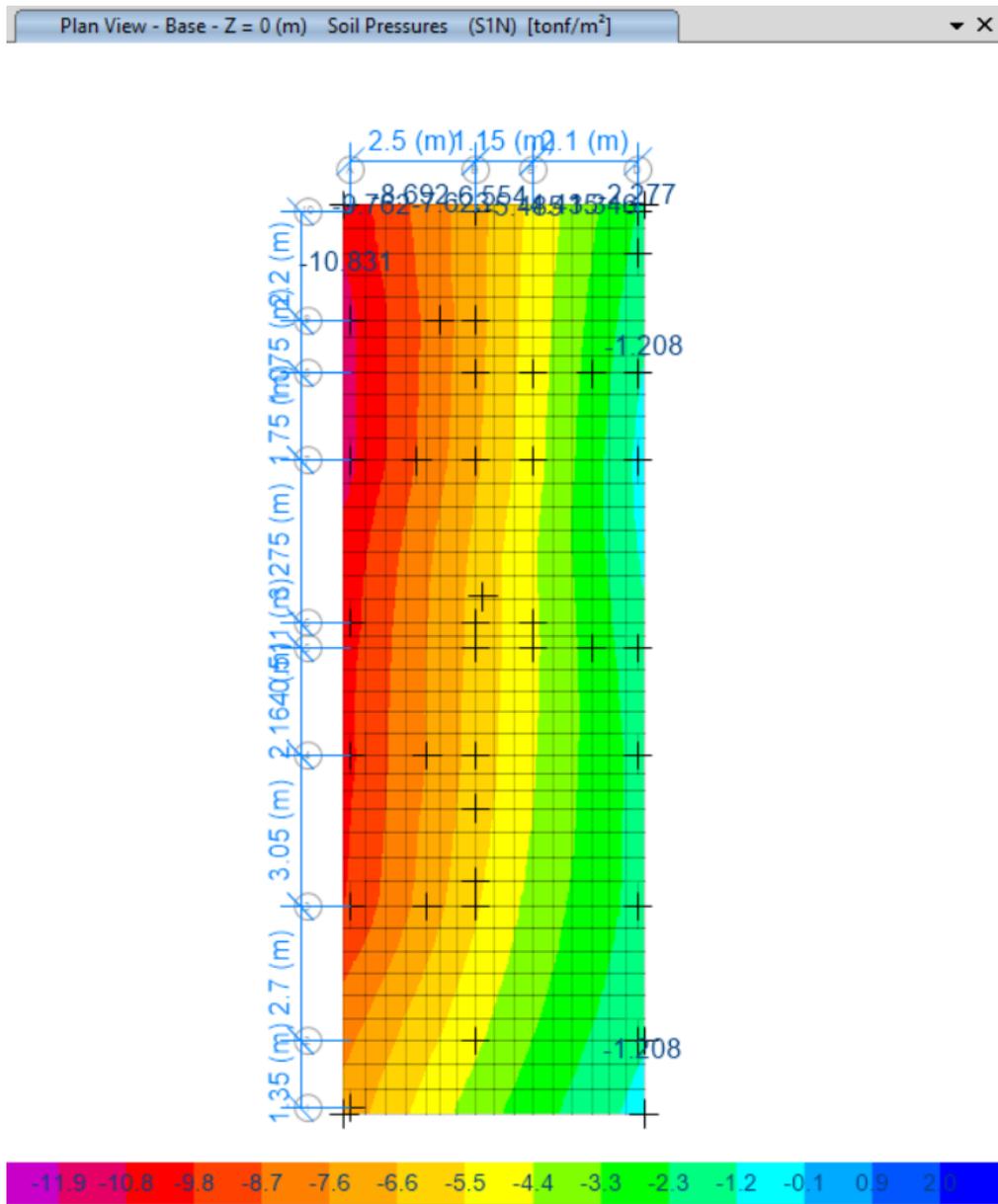
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L - 0.8 Sx**

Para el presente caso, se tiene una máxima presión de 1.12 kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 55**

*Presiones de platea H=0.70m - carga D + L - 0.8 Sx*



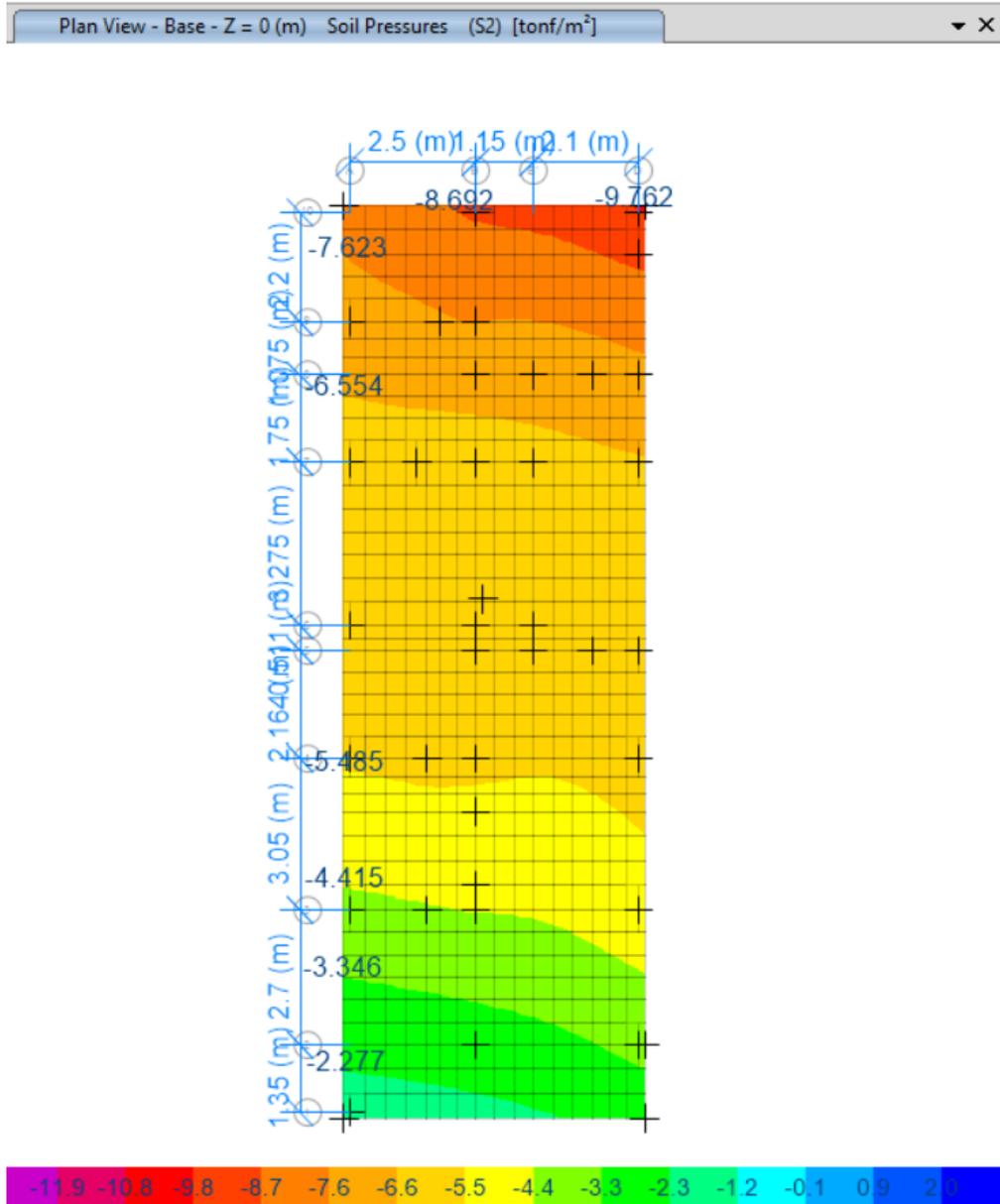
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L + 0.8 Sy**

Para el presente caso, se tiene una máxima presión de 0.98 kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 56**

*Presiones de platea H=0.70m - carga D + L + 0.8 Sy*



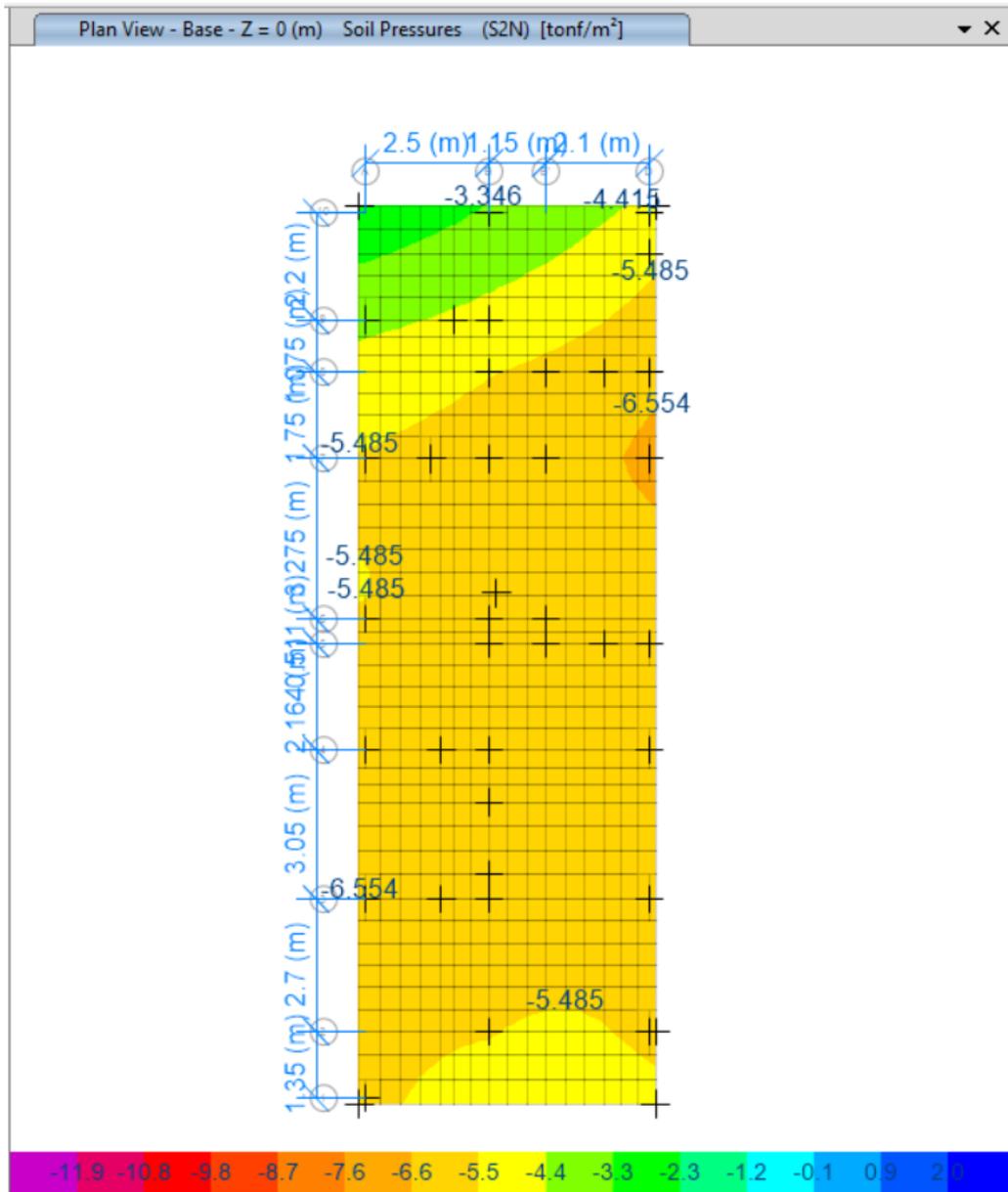
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L - 0.8 Sy**

Para el presente caso, se tiene una máxima presión de 0.67 kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 57**

*Presiones de platea H=0.70m - carga D + L - 0.8 Sy*



Fuente: Los autores (2024)

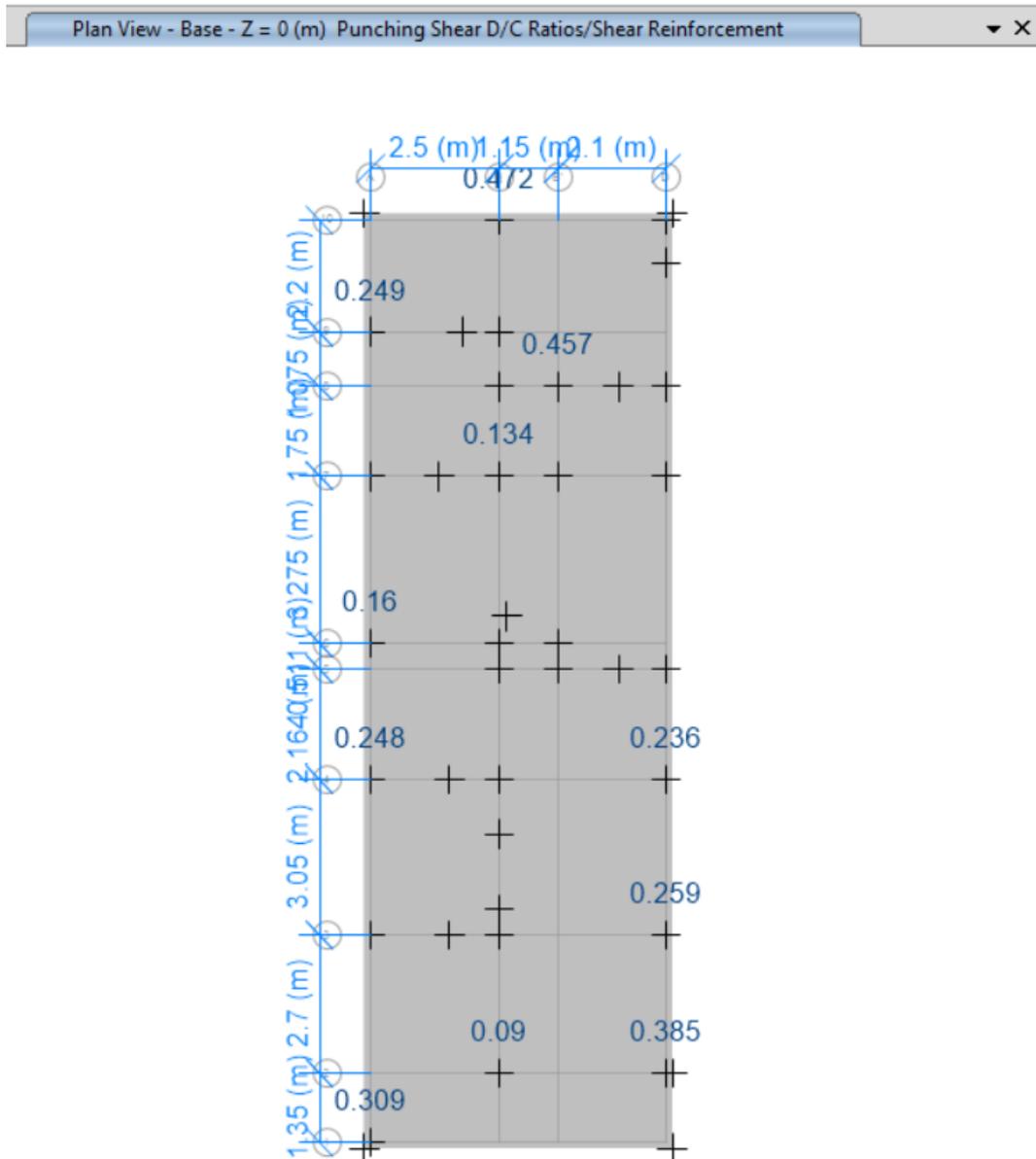
#### 4.6.2.1.2. Diseño a corte

- **Por punzonamiento**

Puesto que la patea de cimentación presenta una gran rigidez, cumple con holgura la sollicitación a corte por punzonamiento.

**Figura 58**

*Plata H=0.70m, punzonamiento*



**Fuente:** Los autores (2024)

Detalles de la verificación del corte por punzonamiento:

$$\sigma_c = 11.19 \frac{kg}{cm^2} \quad \sigma_u = 5.12 \frac{kg}{cm^2} \quad \frac{D}{C} = 0.46$$

- **Por capacidad**

Teniendo en cuenta que la capacidad de resistencia a corte del concreto es:

$$\emptyset V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

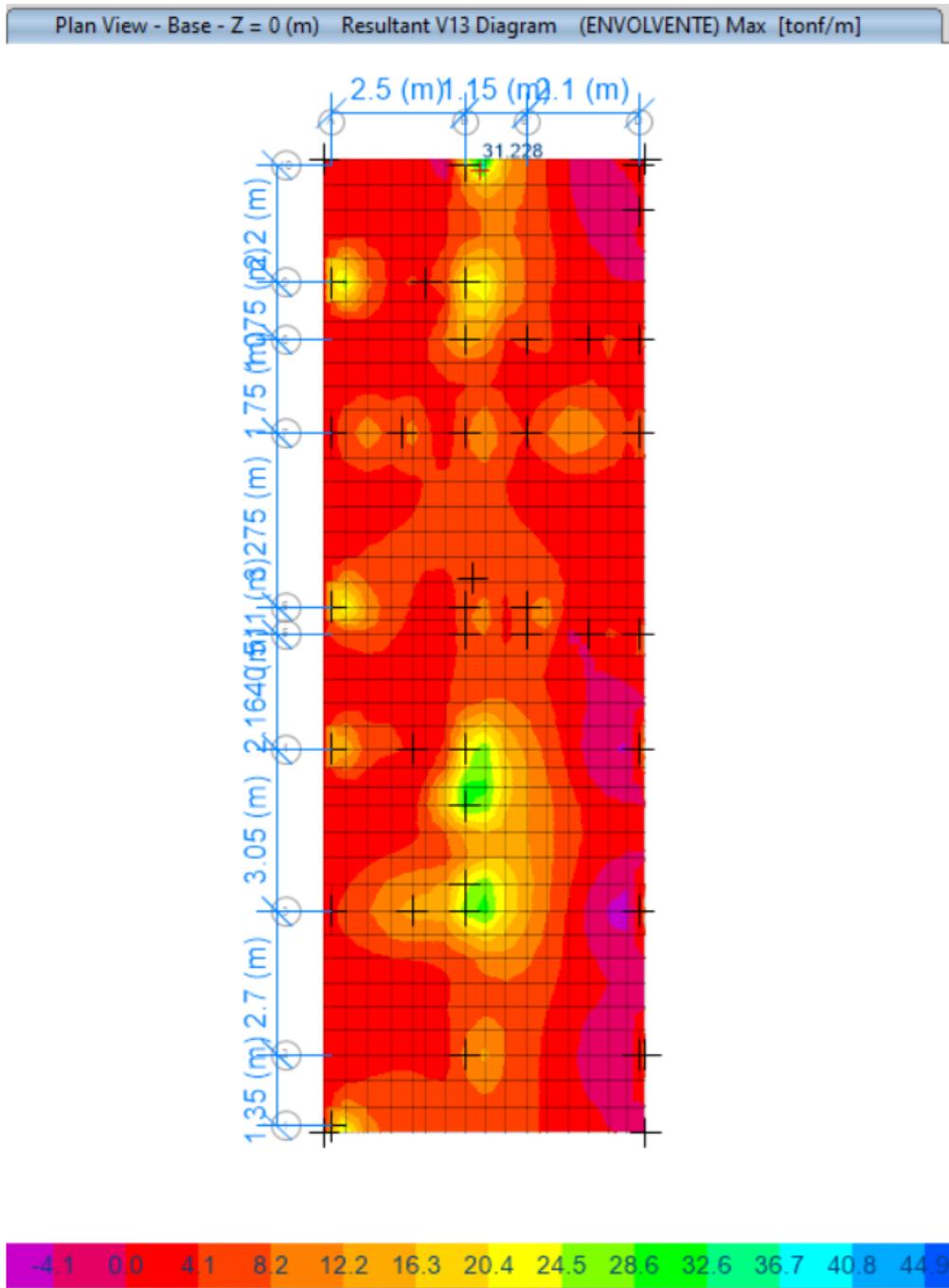
$$\emptyset V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 100 \times 60$$

$$\emptyset V_c = 39.17 \text{ ton}$$

Según el análisis realizado el cortante máximo actuante en la dirección X es de 31.22 Ton. y en la dirección Y es de 38.68 Ton con lo cual el peralte escogido satisface la condición solicitada.

**Figura 59**

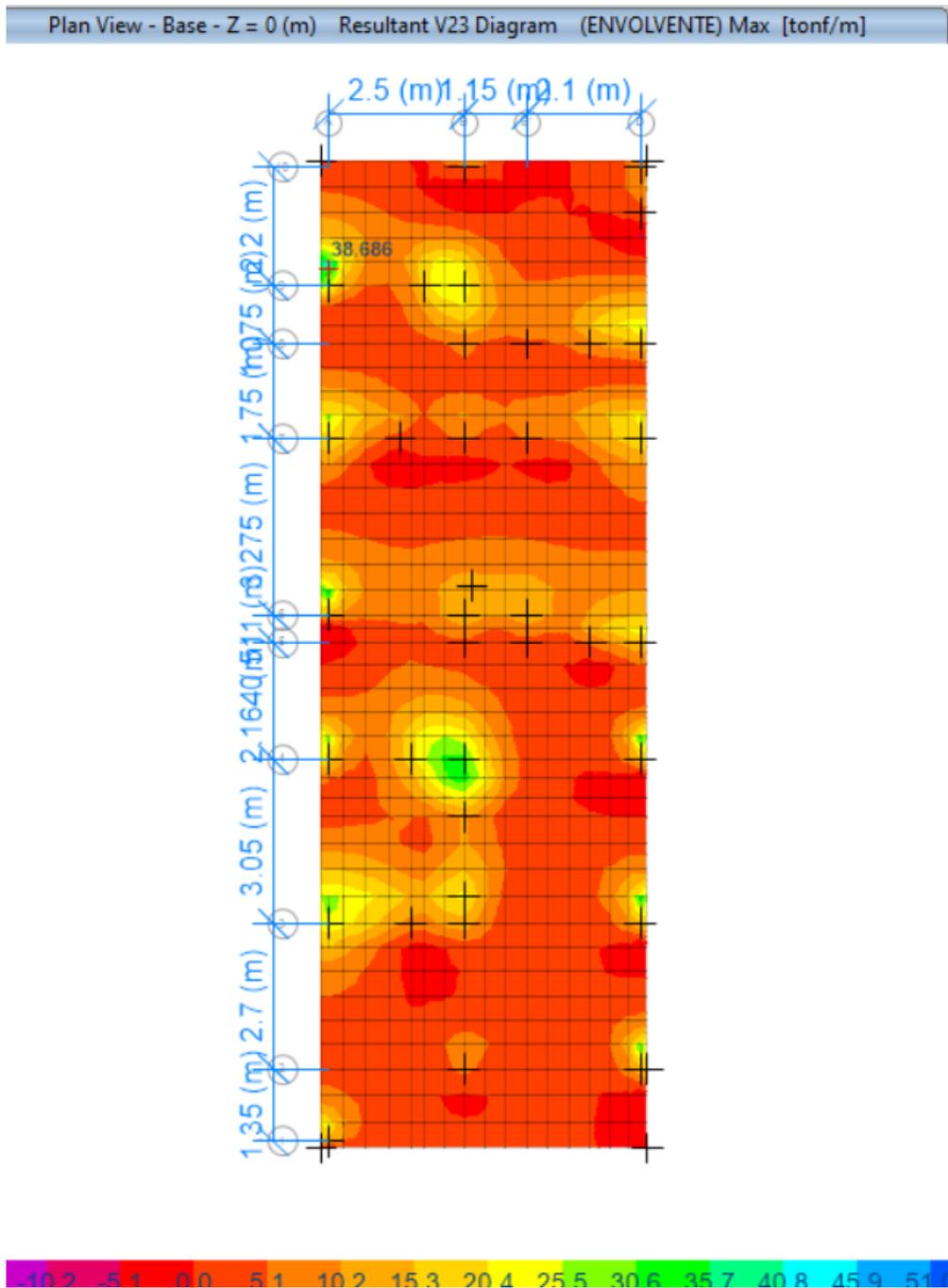
*Cortante máximo "X" platea H=0.70m*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 60**

*Cortante máximo "Y" platea H=0.70m*



**Fuente:** Los autores (2024)

#### 4.6.2.1.3. Diseño a flexión

Considerando que lo que se busca, es lograr que la disposición de acero cumpla las solicitudes requeridas a la par de lograr que sea la alternativa más económica, se plantea diseñar con el acero mínimo para losas.

Según el artículo 9.72 de la norma E060 la mínima cuantía por retracción y temperatura es de 0.0018

Entonces considerando que es una platea y que tendrá doble malla se considera:

$$A_{smin} = 0.0012 \times b \times h = 0.0012 \times 100 \text{ cm} \times 70 \text{ cm} = 8.4 \text{ cm}^2$$

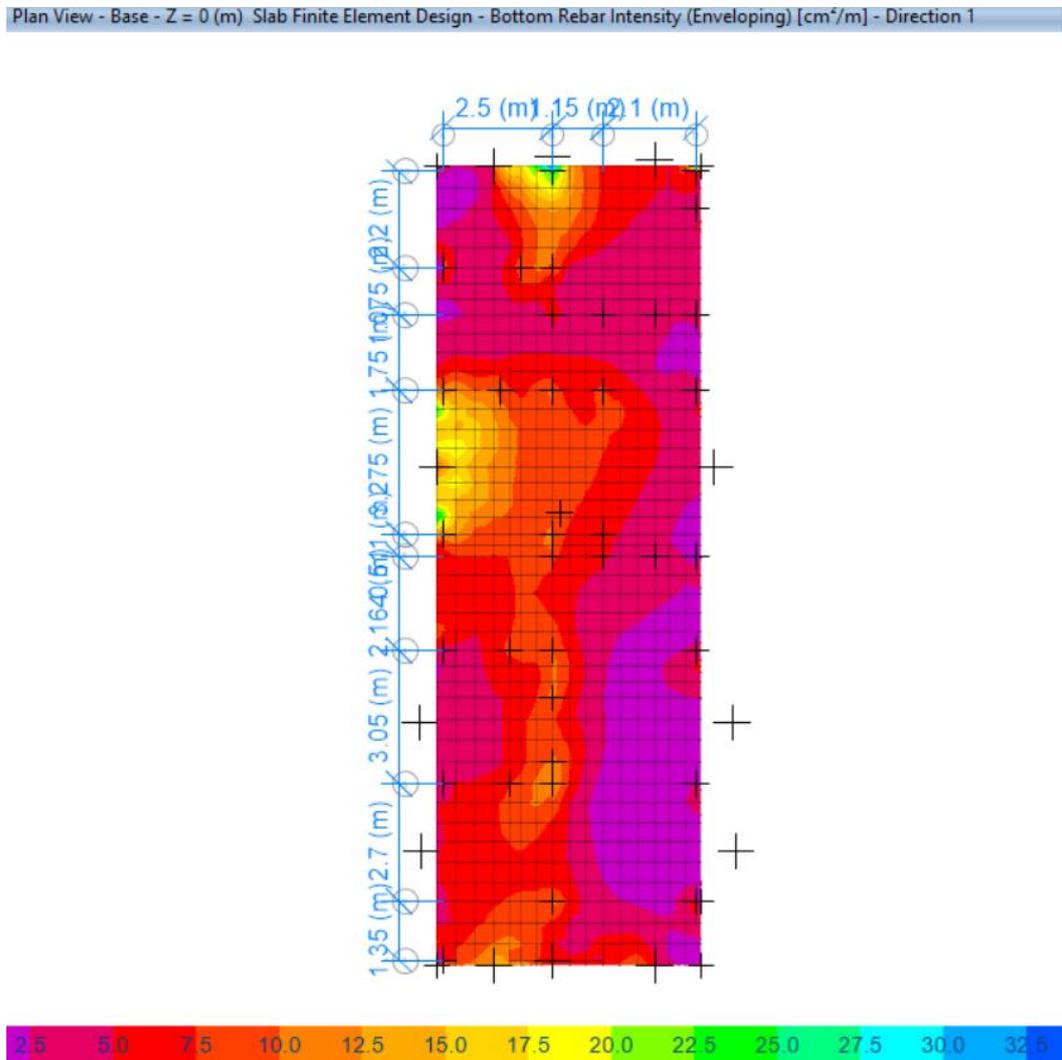
Y usando varillas de 5/8" tendríamos una separación de:

$$sep = \frac{A_{s \text{ var}}}{A_{s \text{ min}}}$$
$$sep = \frac{1.98 \text{ cm}^2}{8.4 \frac{\text{cm}^2}{m}} = 0.23 \text{ m}$$

De acuerdo con el análisis efectuado se concluye que al utilizar Ø 3/4" @ 0.20 m, puede cumplirse con las solicitudes requeridas en la losa de cimentación.

**Figura 61**

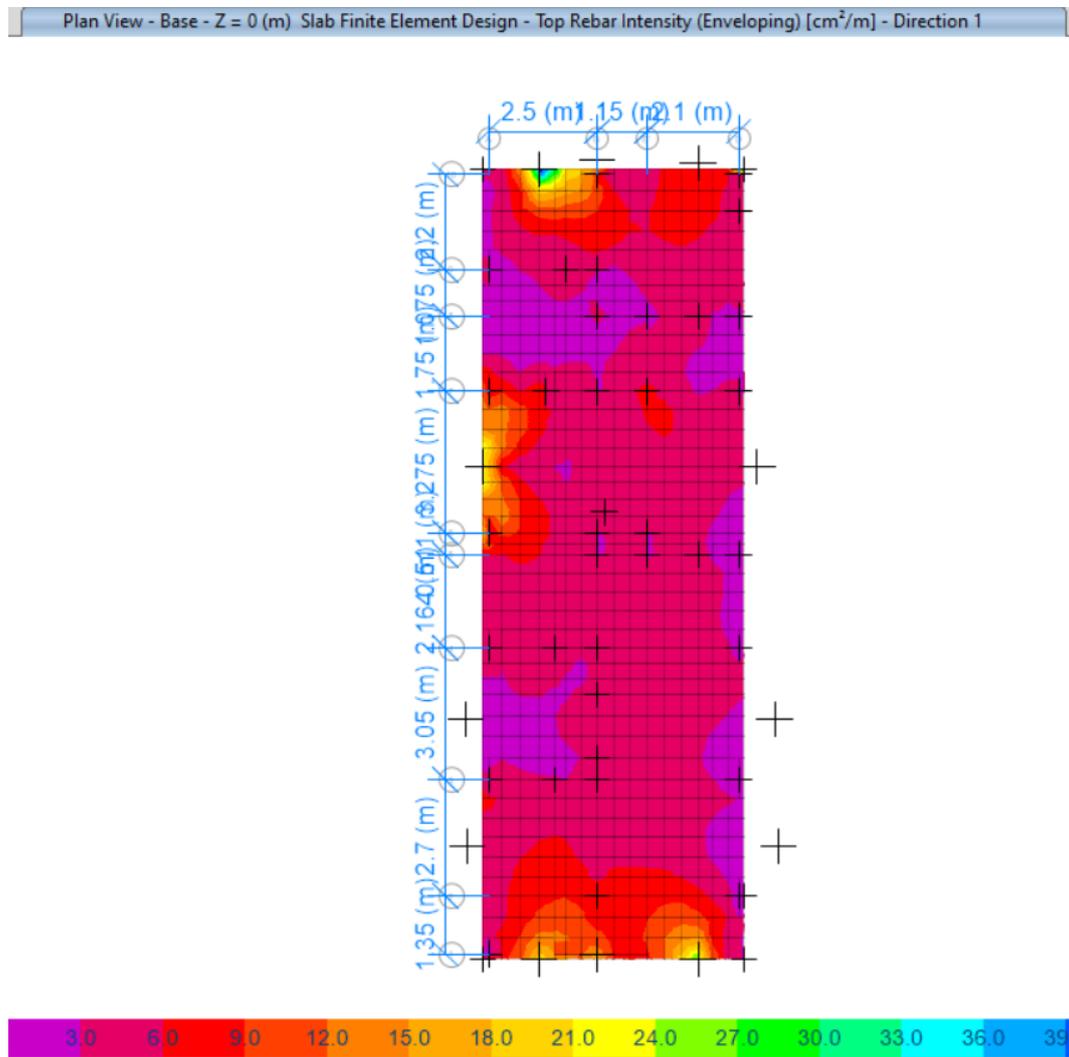
*Refuerzo inferior eje "X" platea H=0.70m*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 62**

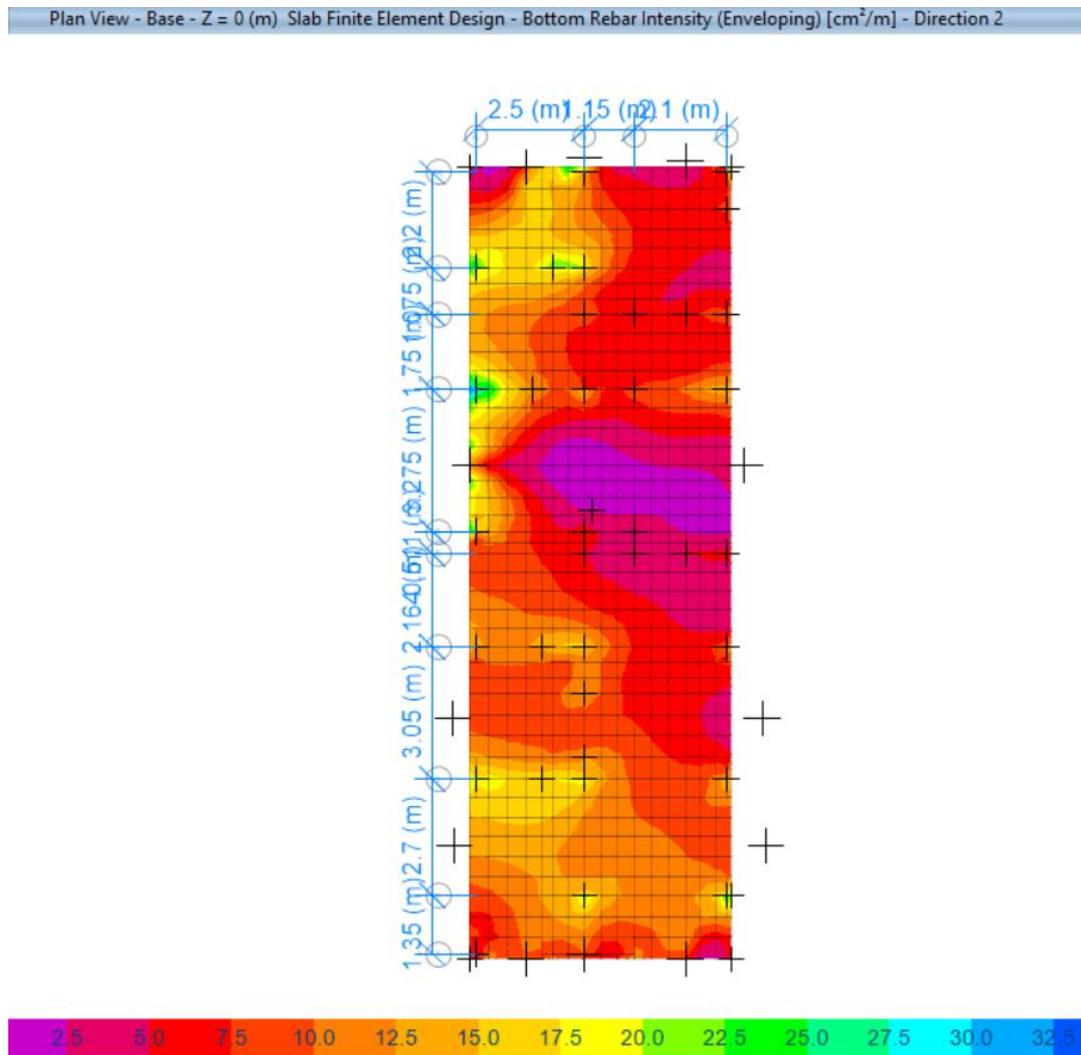
*Refuerzo superior eje "X" platea H=0.70m*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 63**

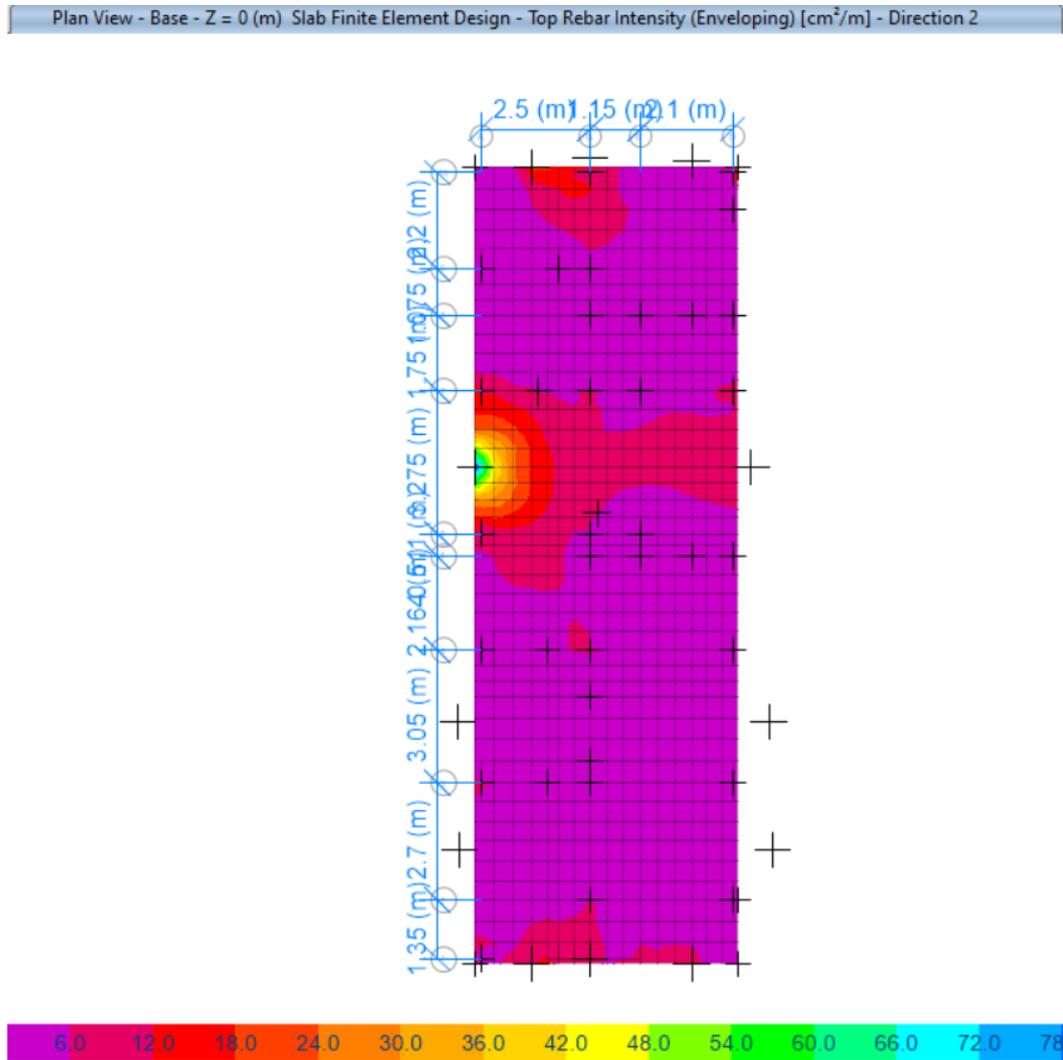
*Refuerzo inferior eje "Y" platea H=0.70m*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 64**

*Refuerzo superior eje "Y" platea H=0.70m*



**Fuente:** Los autores (2024)



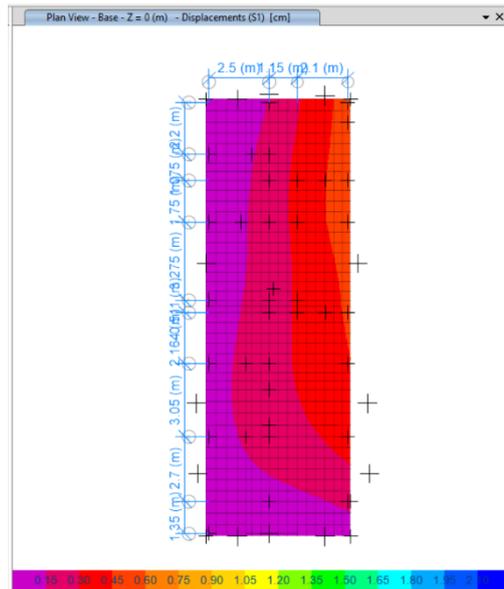
- **Caso de carga  $D + L \pm 0.8 S_x$**

Para el caso  $D + L + 0.8 S_x$  se tiene un asentamiento máximo de: 0.54 cm

Para el caso  $D + L - 0.8 S_x$  se tiene un asentamiento máximo de: 0.26 cm

**Figura 66**

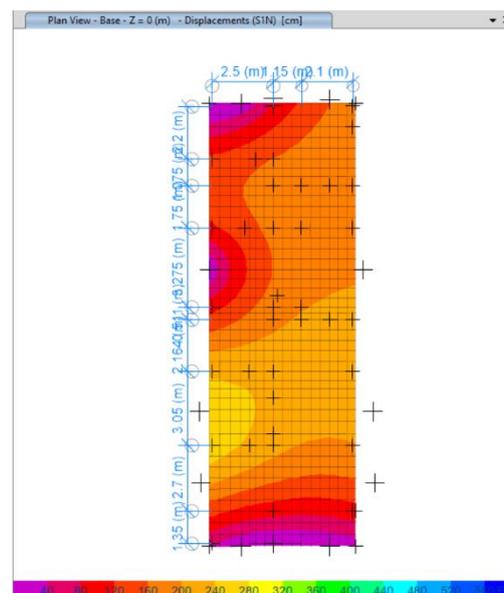
*Asentamiento carga  $D + L + 0.8 S_x$*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 67**

*Asentamiento carga  $D + L - 0.8 S_x$*



**Fuente:** Los autores (2024)

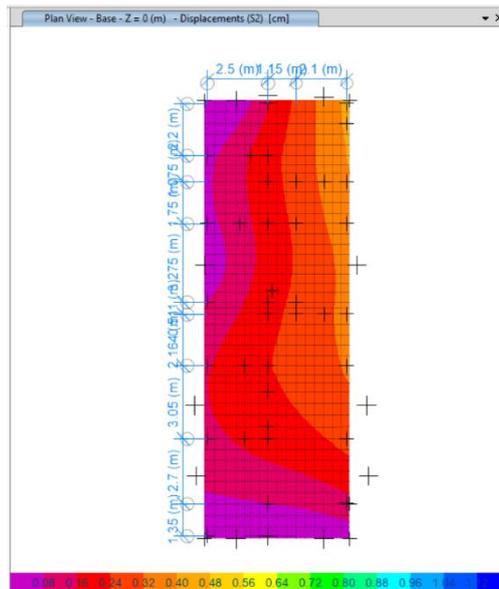
- **Caso de carga  $D + L \pm 0.8 S_y$**

Para el caso  $D + L + 0.8 S_y$  se tiene un asentamiento máximo de: 0.43 cm

Para el caso  $D + L - 0.8 S_y$  se tiene un asentamiento máximo de: 0.35 cm

**Figura 68**

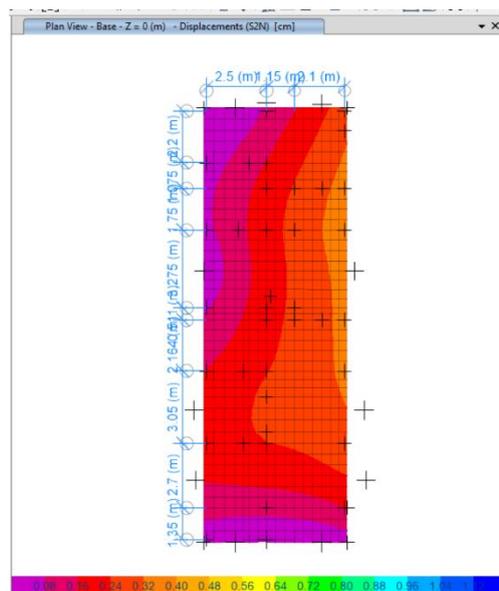
*Asentamiento carga  $D + L + 0.8 S_y$*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 69**

*Asentamiento carga  $D + L - 0.8 S_y$*



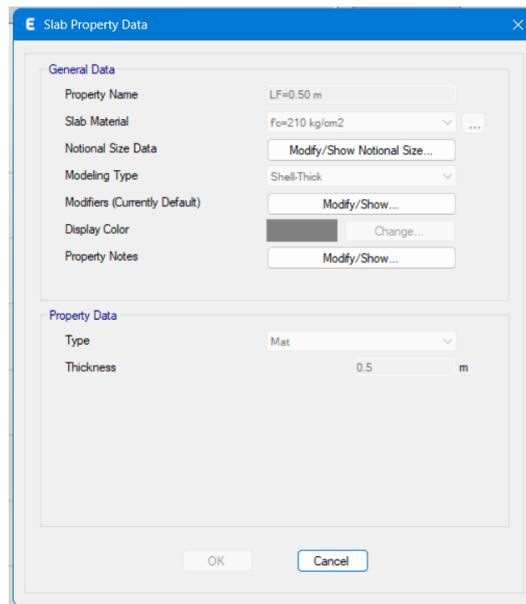
**Fuente:** Los autores (2024)

#### 4.6.2.2. Cimentación flexible – platea con vigas de cimentación

Para el caso de la presente cimentación, nos hemos decantado por una platea de cimentación con 0.50 m de peralte y vigas de 0.45 x 0.90 m.

**Figura 70**

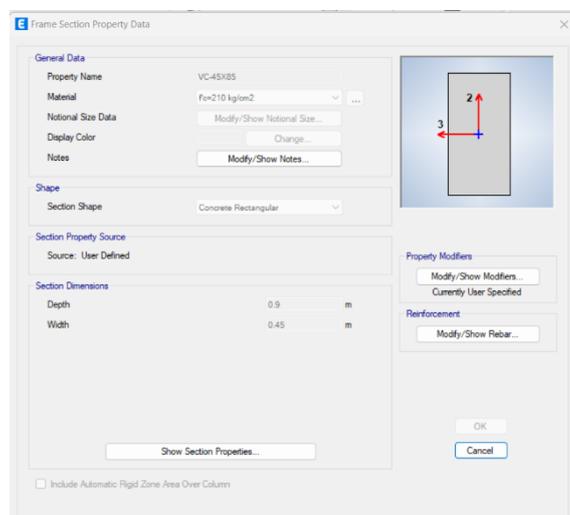
*Definición de platea  $H=0.50m$*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 71**

*Asignación VC 0.45 x 0.90 m*



**Fuente:** Los autores (2024)

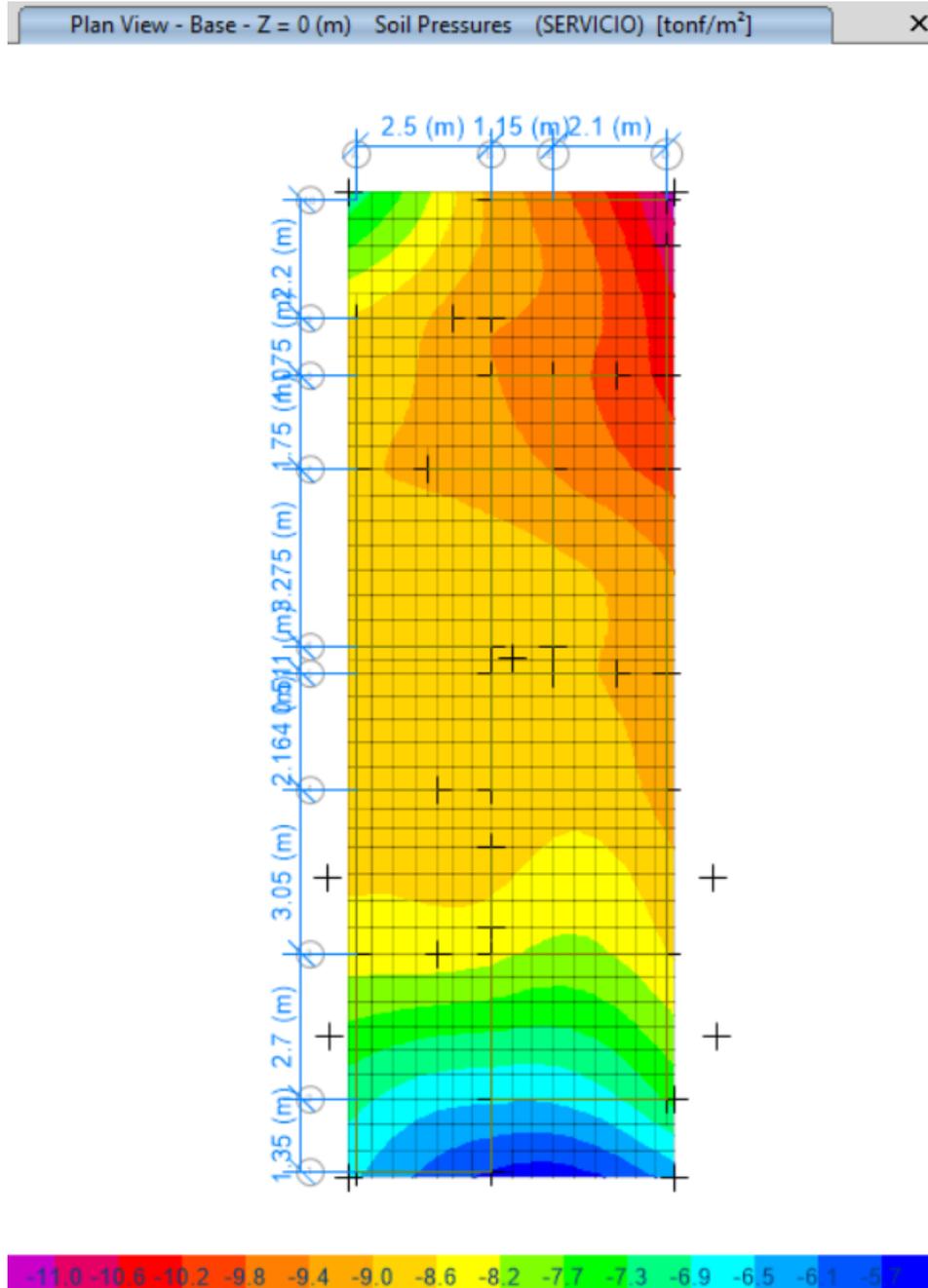
#### 4.6.2.2.1. Verificación de presiones

- Caso de carga D + L

Para el presente caso se tiene una presión máxima de 1.05 kg/cm<sup>2</sup>

Figura 72

Presiones de platea – carga D + L



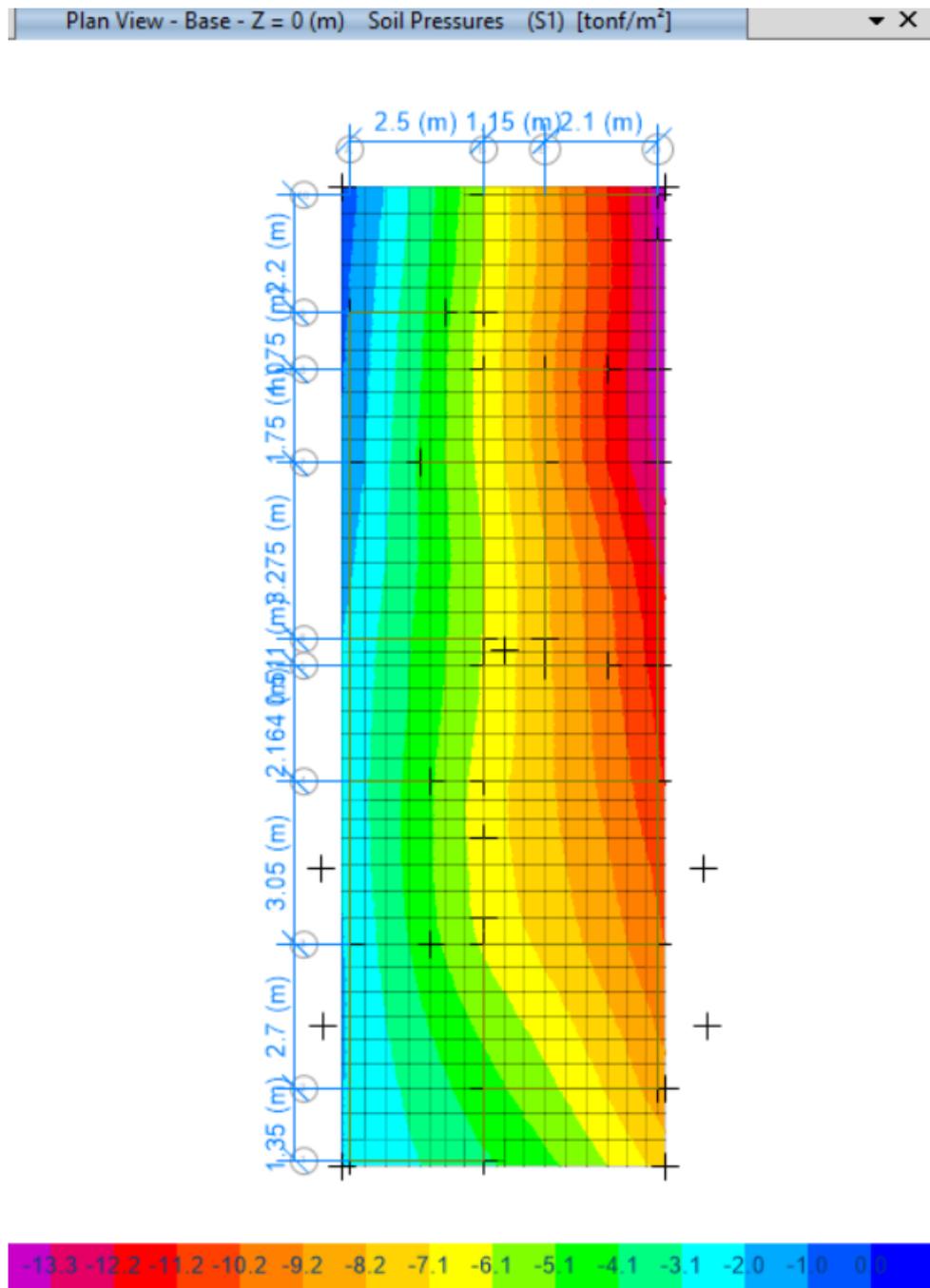
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L + 0.8 Sx**

Para el presente caso, se tiene una máxima presión de 1.25 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 73**

*Presiones de platea H=0.50m - carga D + L + 0.8 Sx*



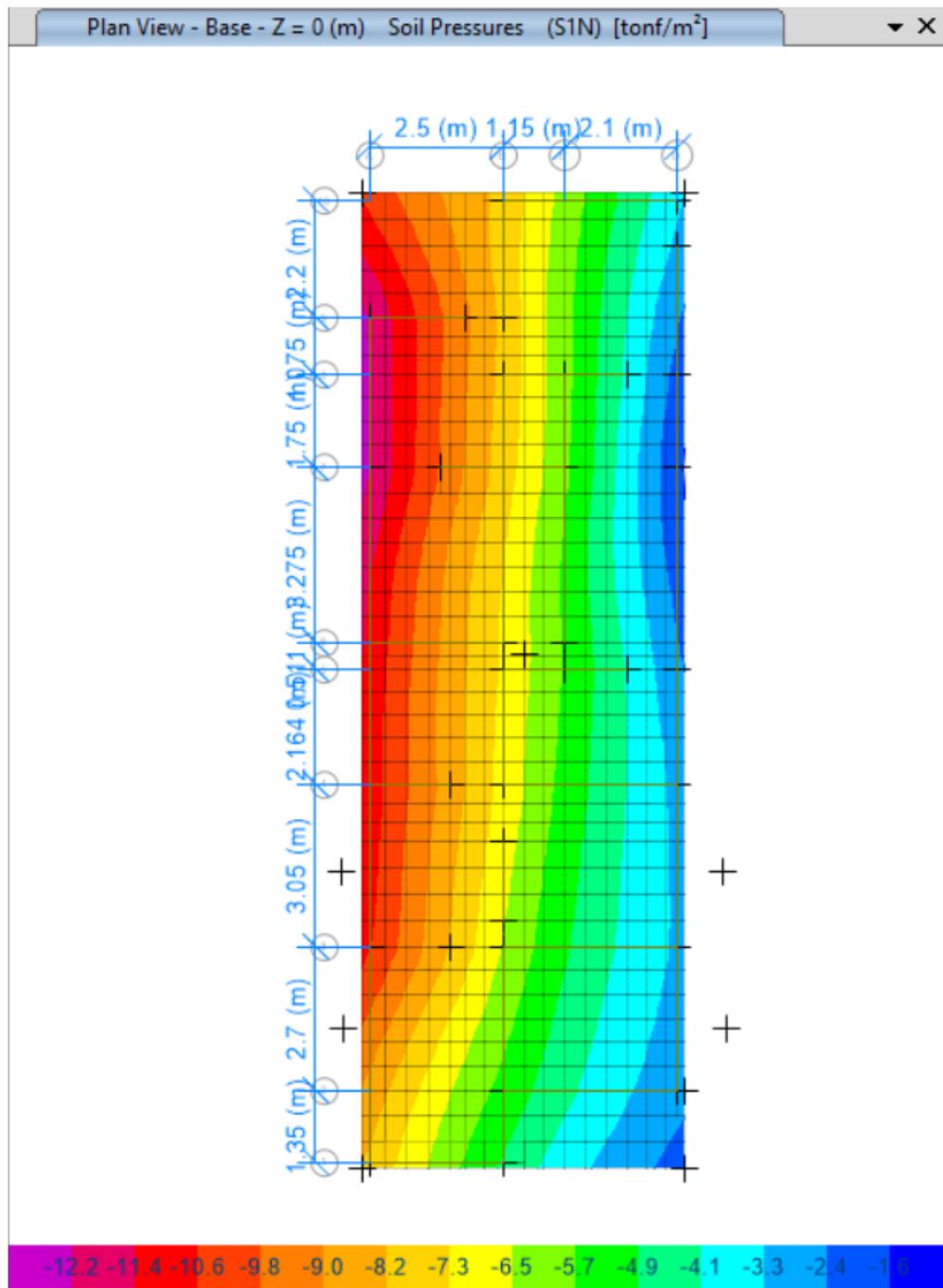
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L - 0.8 Sx**

Para el presente caso, se tiene una máxima presión de 1.20 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 74**

*Presiones de platea H=0.50m - carga D + L - 0.8 Sx*



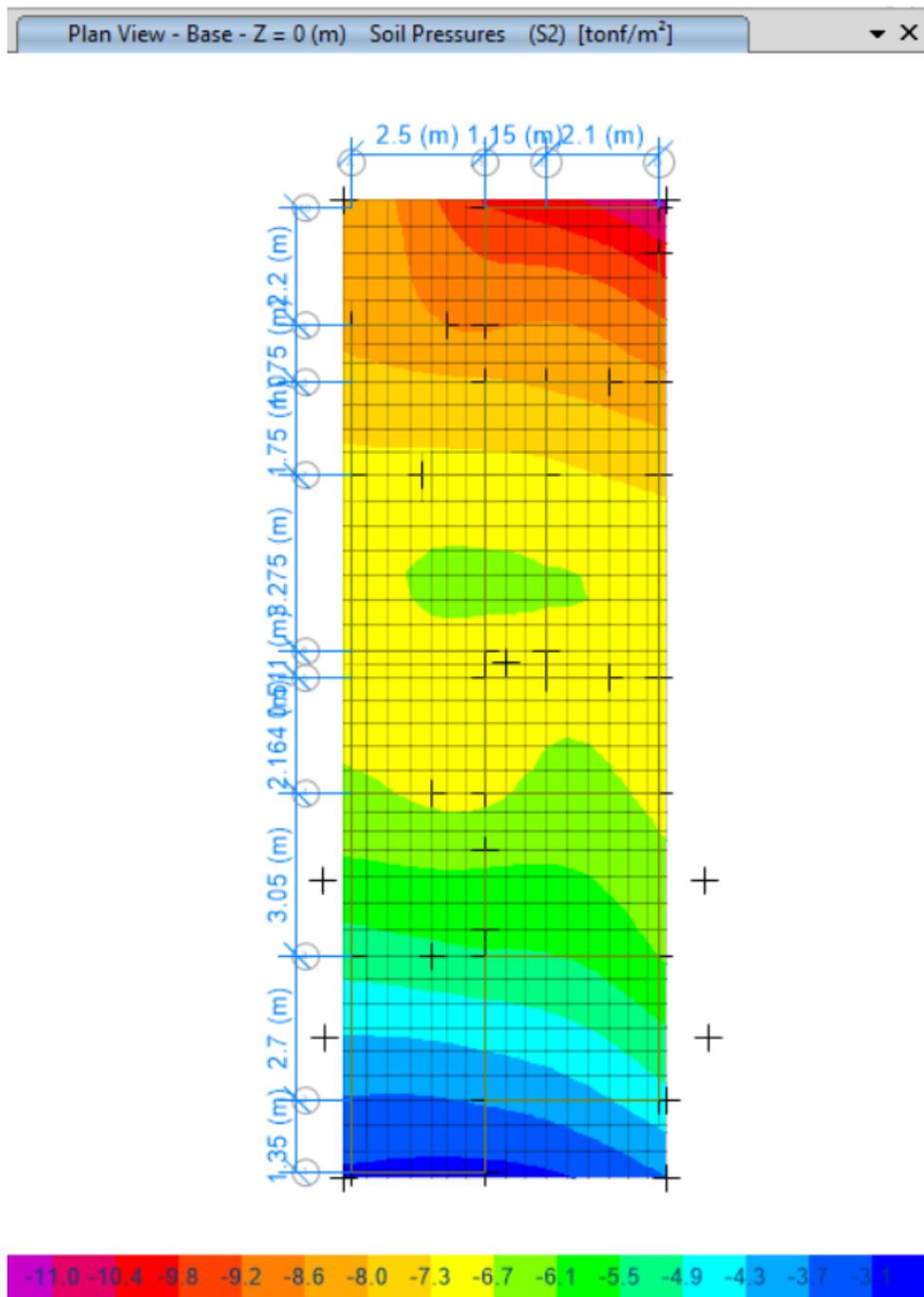
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L + 0.8 Sy**

Para el presente caso, se tiene una máxima presión de 1.07 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 75**

*Presiones de platea H=0.50m - carga D + L + 0.8 Sy*



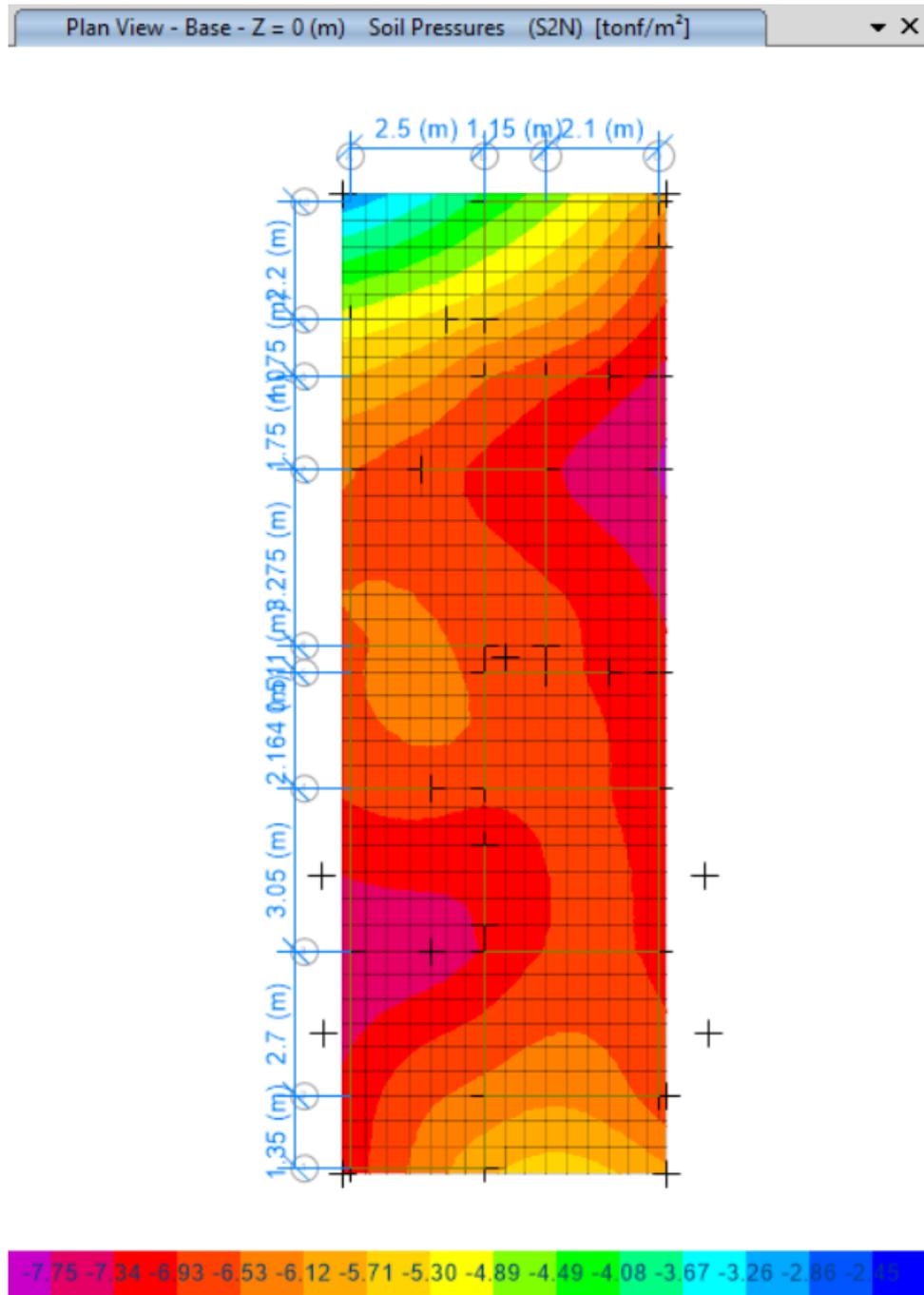
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L - 0.8 Sy**

Para el presente caso, se tiene una máxima presión de 0.78 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 76**

*Presiones de platea H=0.50m - carga D + L - 0.8 Sy*



Fuente: Los autores (2024)

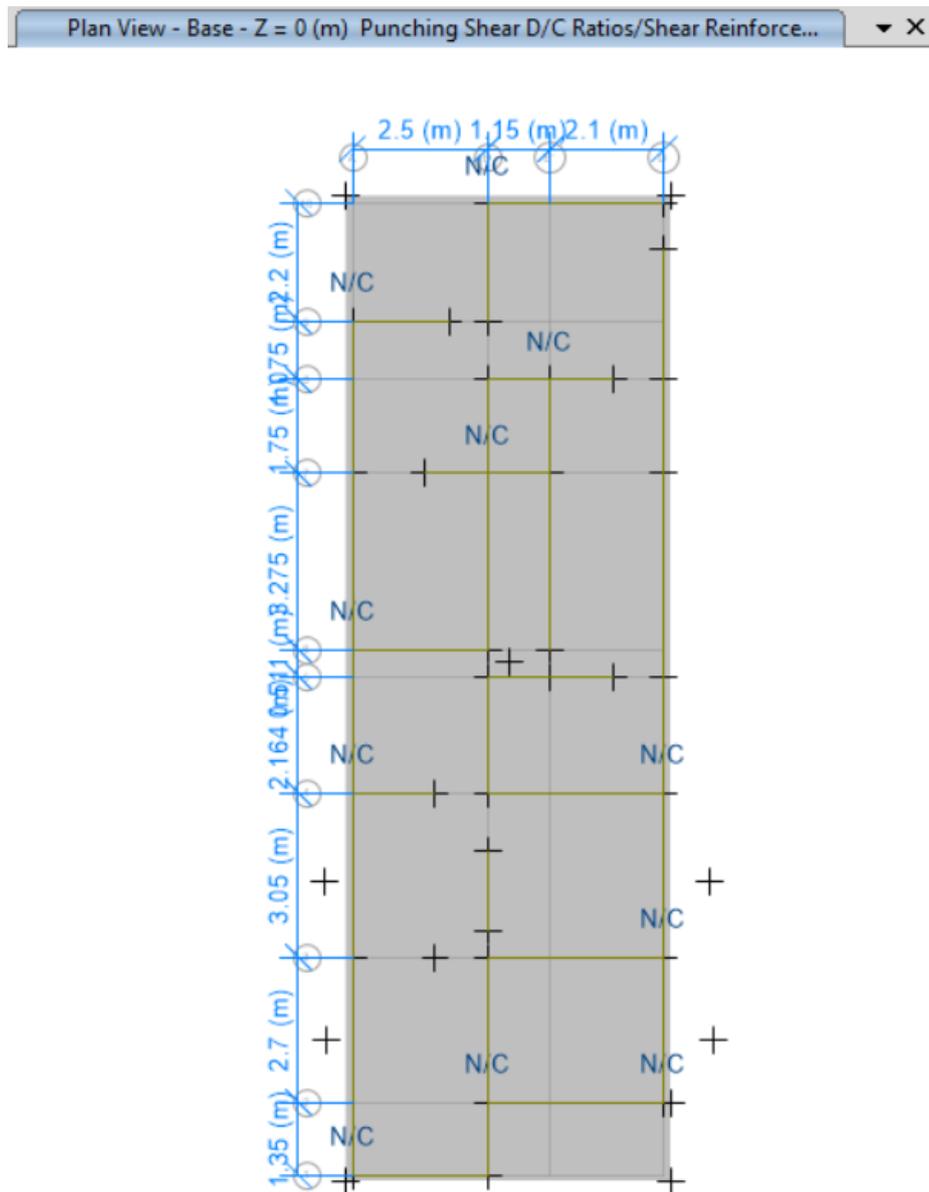
#### 4.6.2.2.2. Diseño a corte

- Por punzonamiento

Dado que en este caso existen vigas de cimentación que conectan todos los elementos verticales, no existe verificación a punzonamiento calculada.

Figura 77

Plataea  $H=0.50m$  punzonamiento



Fuente: Los autores (2024)

- **Por capacidad**

Considerando que la capacidad de resistencia a corte del concreto en la losa es:

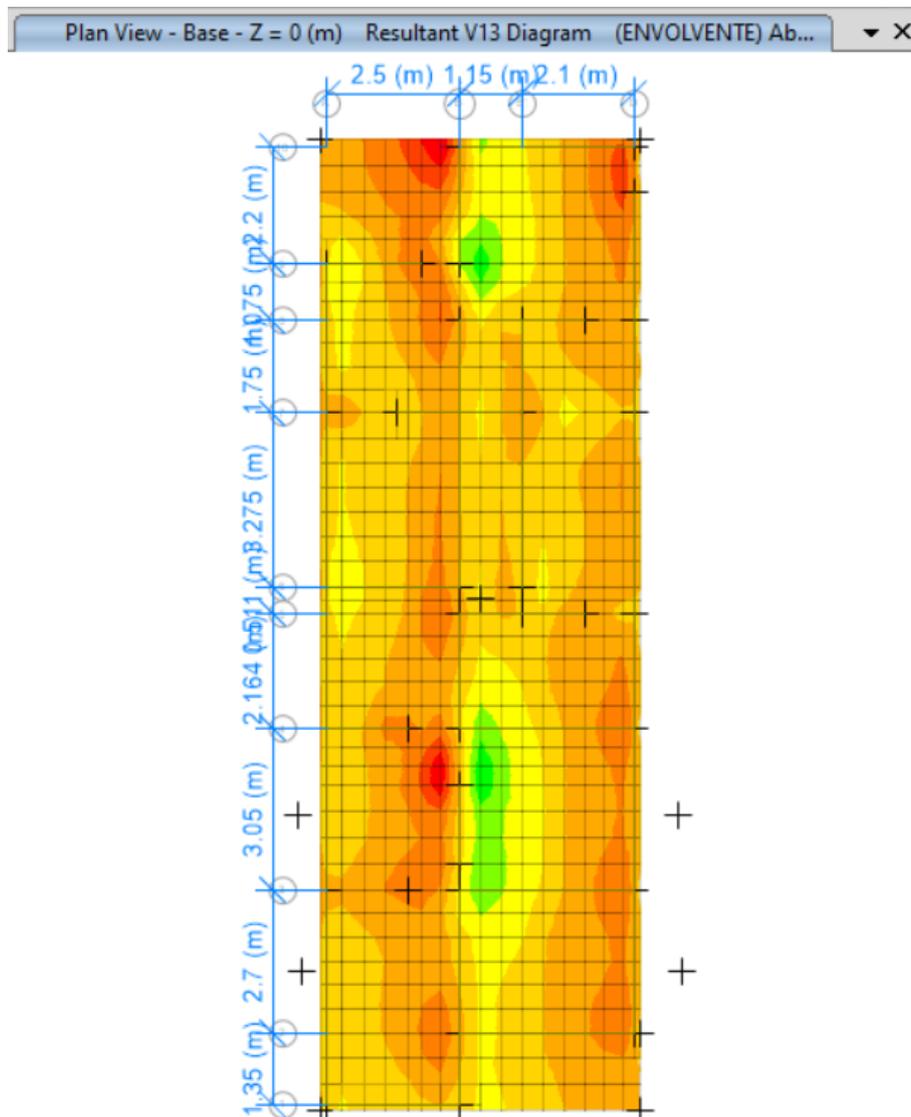
$$\phi V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

$$\phi V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 100 \times 40$$

$$\phi V_c = 26.11 \text{ ton}$$

**Figura 78**

*Cortante máximo "X" platea H=0.50m*



**Fuente:** Los autores (2024)

Según el análisis realizado el cortante máximo actuante en la dirección X es de 20.02 Ton. y en la dirección Y es de 22.49 Ton con lo cual el peralte escogido para la losa satisface la condición solicitada.

Ahora Teniendo en cuenta que la capacidad de resistencia a corte del concreto en las vigas es:

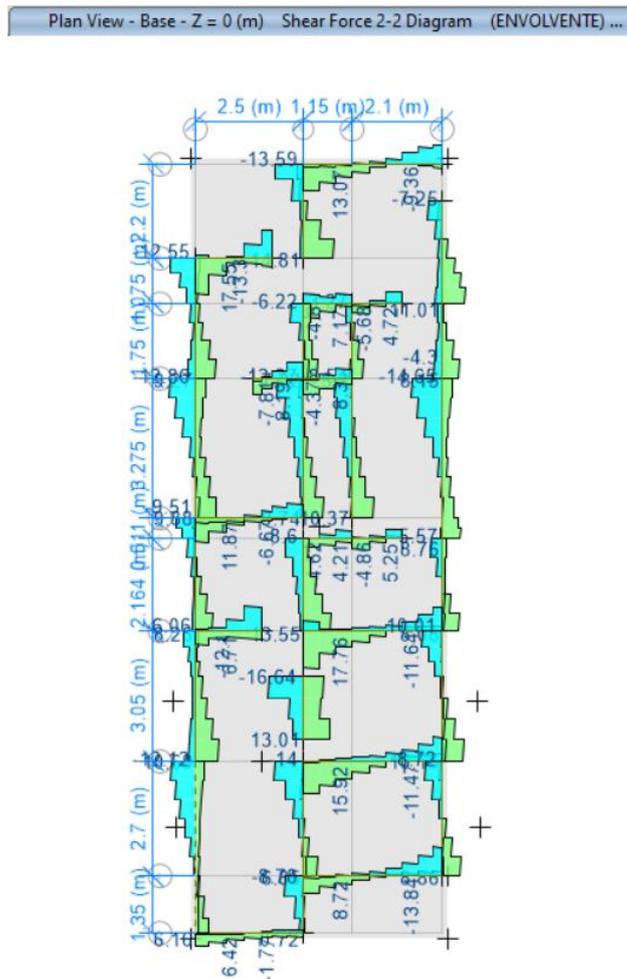
$$\phi V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{f'c} \times b \times d$$

$$\phi V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 45 \times 80$$

$$\phi V_c = 23.50 \text{ ton}$$

**Figura 79**

*Diagrama cortante platea H=0.50m*



**Fuente:** Los autores (2024)

Según lo analizado, el cortante máximo actuante en las vigas es de 14.5 Ton con lo cual el peralte escogido para la losa satisface la condición solicitada.

#### 4.6.2.2.3. Diseño a flexión

Considerando que lo que se busca es lograr que la disposición de acero cumpla las solicitaciones requeridas a la par de lograr que sea la alternativa más económica, se plantea diseñar con el acero mínimo para losas.

Según el artículo 9.72 de la norma E060 la mínima cuantía por retracción y temperatura es de 0.0018 y según el artículo 10.5.4.

Considerando que es una platea, y que se tendrá el doble de malla, se obtiene:

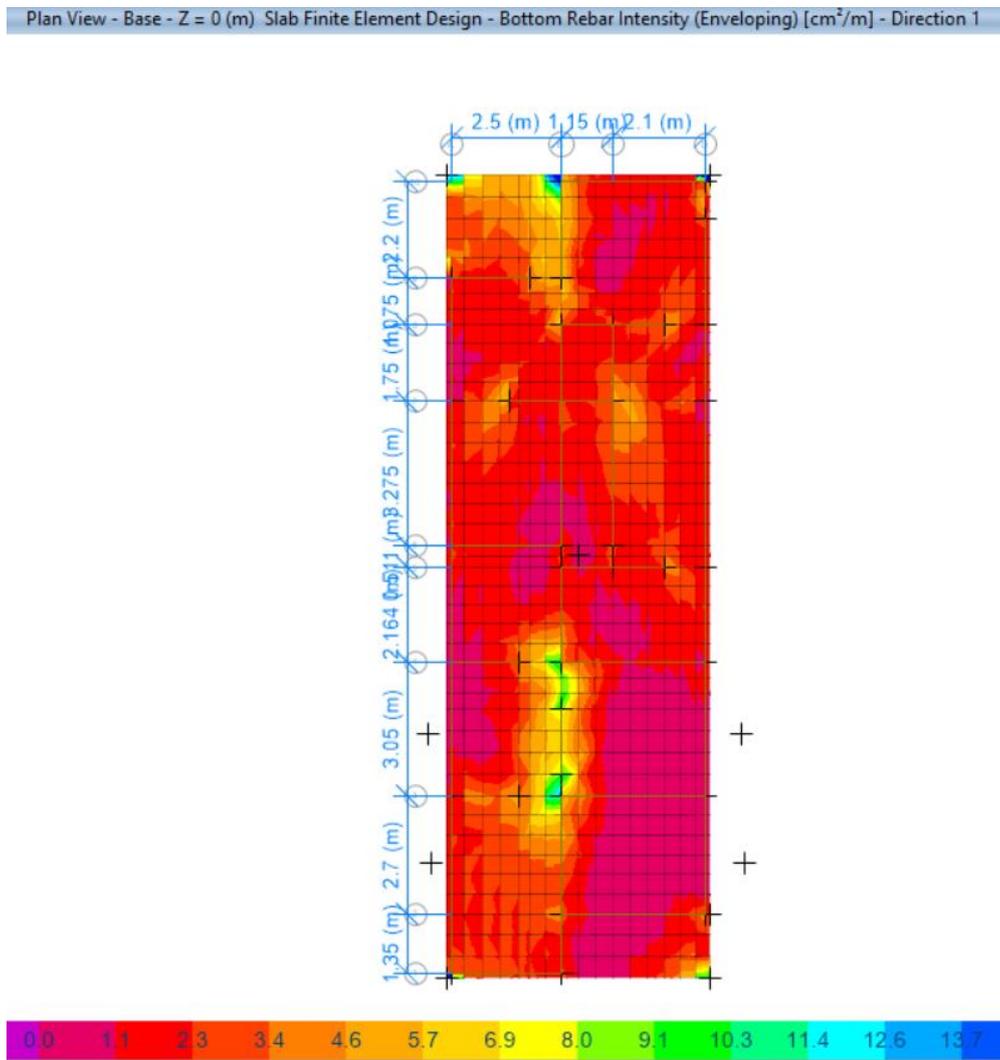
$$A_{smin} = 0.0012 \times b \times h = 0.0012 \times 100 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} = 6 \text{ cm}^2$$

Y usando varillas de 5/8" tendríamos una separación de:

$$ep = \frac{As \text{ var}}{As \text{ min}}$$
$$sep = \frac{1.98 \text{ cm}^2}{6 \text{ cm}^2/\text{m}} = 0.33 \text{ m}$$

**Figura 80**

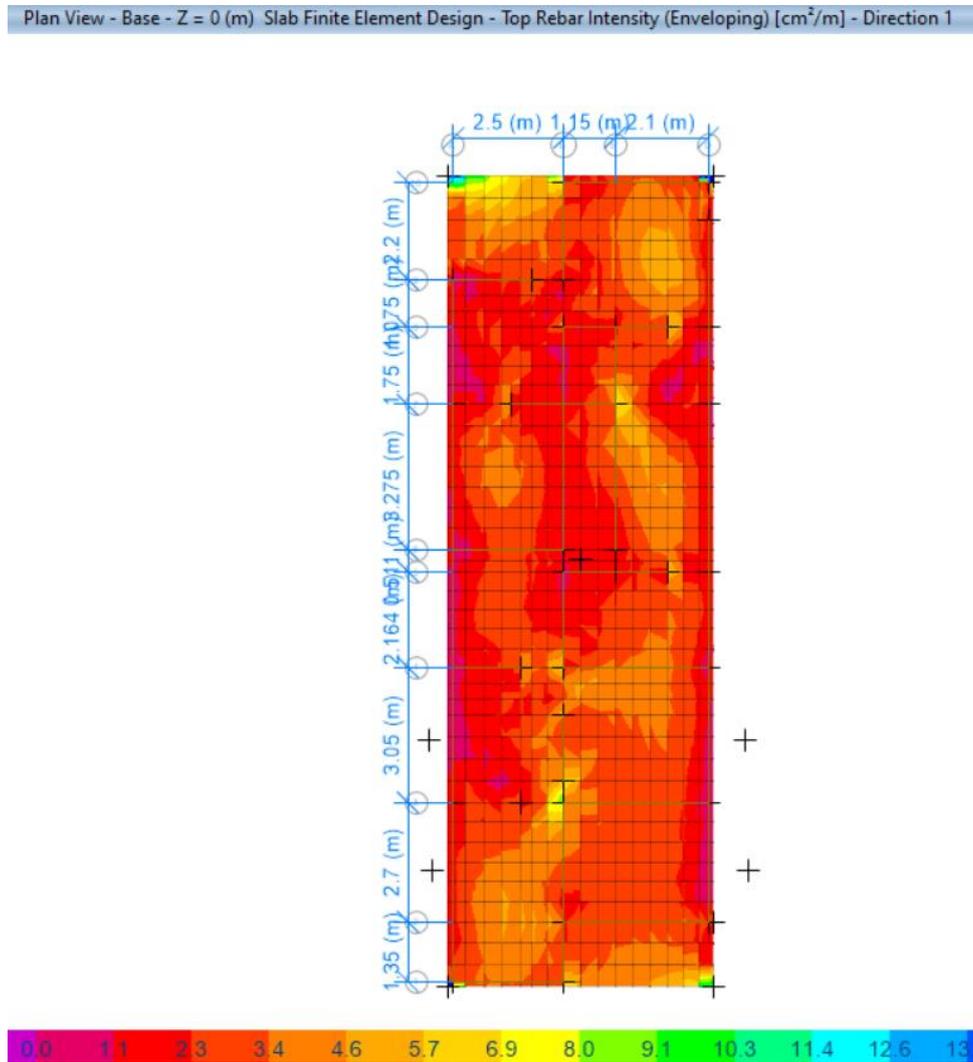
*Refuerzo inferior eje "X" platea H=0.50m*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 81**

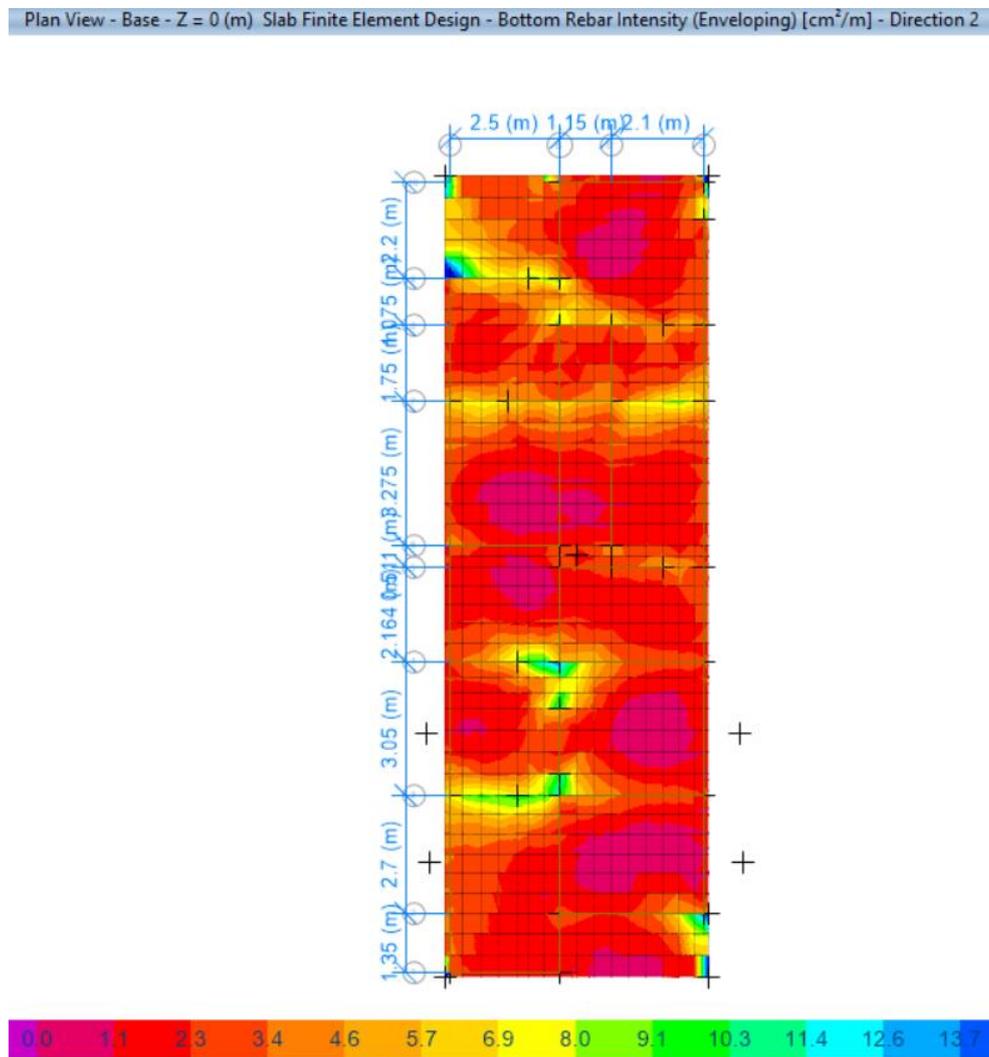
*Refuerzo superior eje "X" platea H=0.50m*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 82**

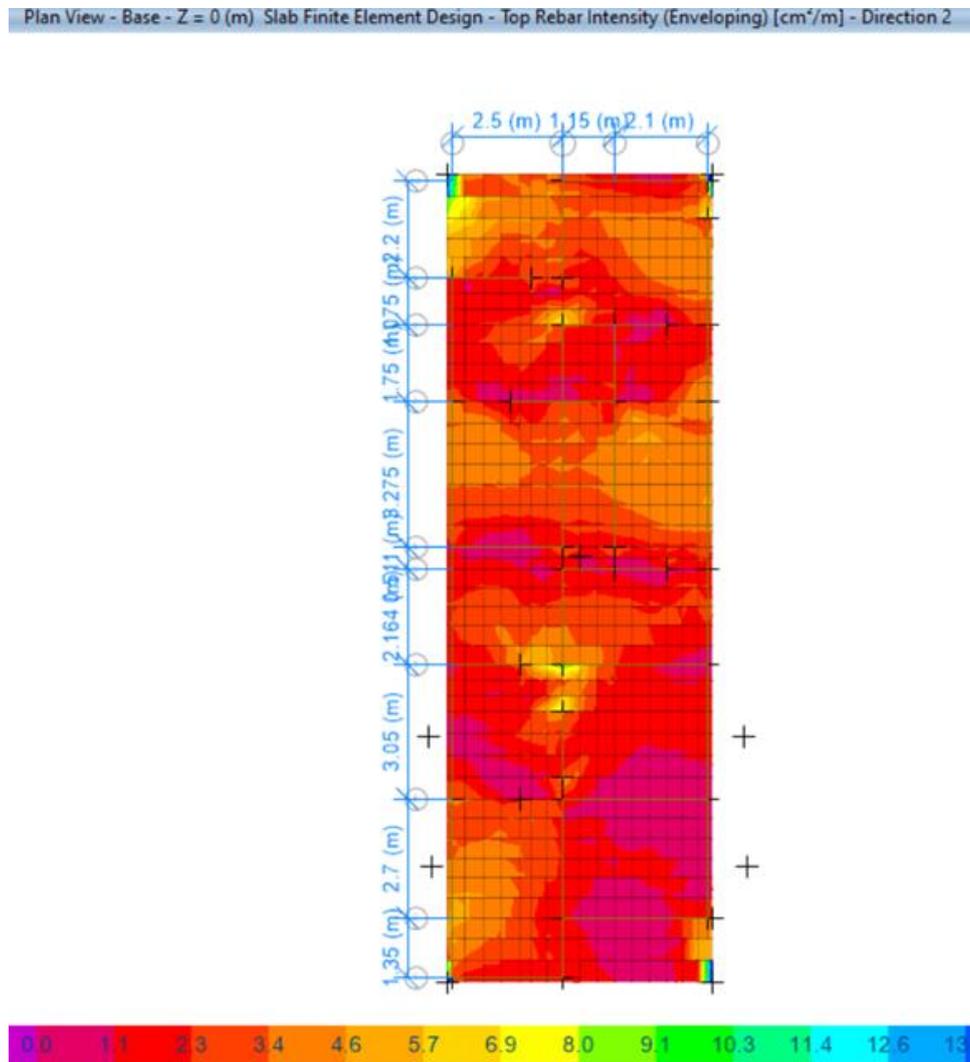
*Refuerzo inferior eje "Y" platea H=0.50m*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 83**

*Refuerzo superior eje "Y" platea H=0.50m*



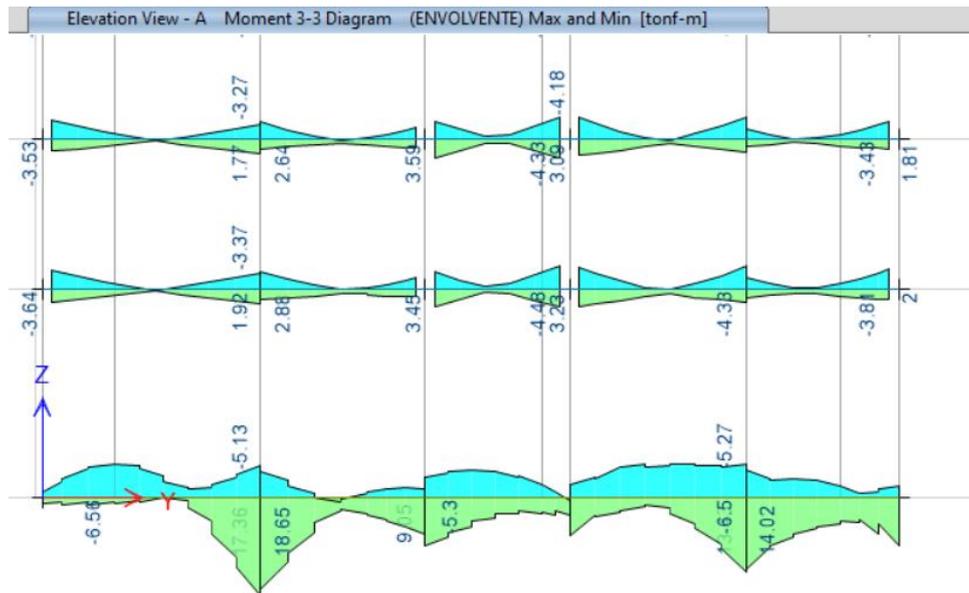
**Fuente:** Los autores (2024)

De acuerdo con el análisis efectuado se concluye que al utilizar  $\varnothing 5/8$  @ 0.20 m, puede cumplirse con las solicitaciones requeridas en la losa de cimentación.

Para el caso de las vigas, el acero mínimo se calcula de acuerdo con los artículos 10.3.4 y 10.5.2 de la norma E.060 con lo cual el acero mínimo requerido en este caso es de 9.13 cm<sup>2</sup>.

**Figura 84**

*Diagrama momento VC 0.45x0.90m*

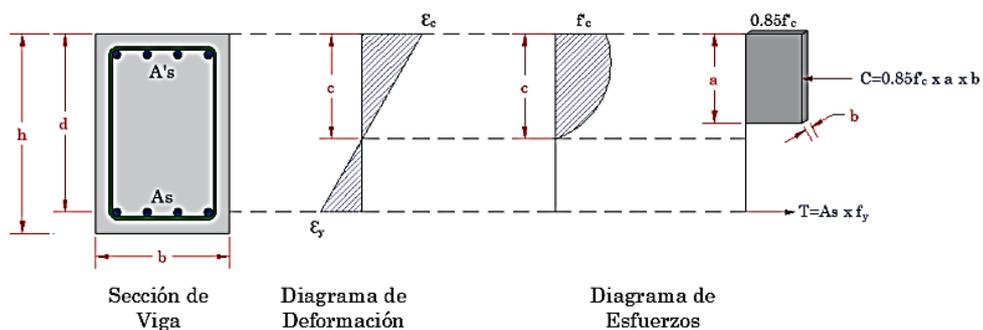


**Fuente:** Los autores (2024)

Tomando como ejemplo del diseño el eje A-A se tiene como momento de diseño 18.65 Ton/m.

**Figura 85**

*Verificación de fluencia VC 0.45x0.90m*



**Fuente:** Los autores (2024)

Altura del Bloque de Compresiones

$$a = \frac{A_{S_{colocado}} * f_y}{0.85 * f'_c * b}$$

$$a = 5.961 \text{ cm}$$

Distancia al Eje Neutro de la Sección

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$c = 7.013 \text{ cm}$$

Deformación Unitaria del Acero

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_s(d - c)}{c}$$

$$\varepsilon_s = 7.013 \text{ cm}$$

Ductilidad de la Sección

$$\mu = \frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_{sy}}$$

$$\mu = 7.013 \text{ cm}$$

Comportamiento sección, falla dúctil o frágil

*Tipo falla = "Falla ductil"*

Momento Resistente de la Sección

$$M_r = 38.795 \text{ tonf} - m$$

Utilizando 4 Ø 3/4" se tiene un momento resistente de 38.795 Ton/m con lo cual se cumple la sollicitación del momento actuante este proceso se ha repetido en el resto de las vigas.

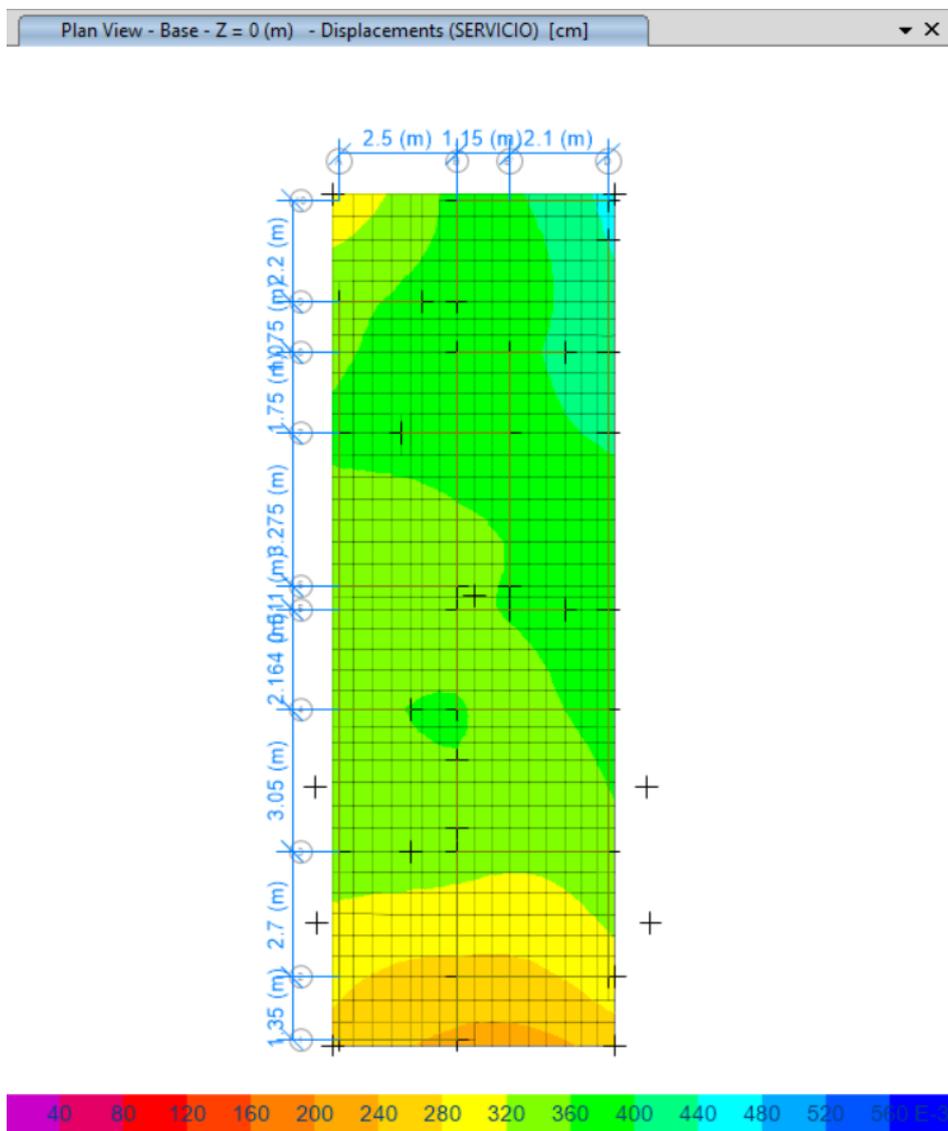
#### 4.6.2.2.4. Verificación de asentamientos

- **Caso de carga D + L**

Para este caso de carga se tiene un asentamiento máximo de: 0.45 cm

**Figura 86**

*Asentamiento carga D + L*



**Fuente:** Los autores (2024)

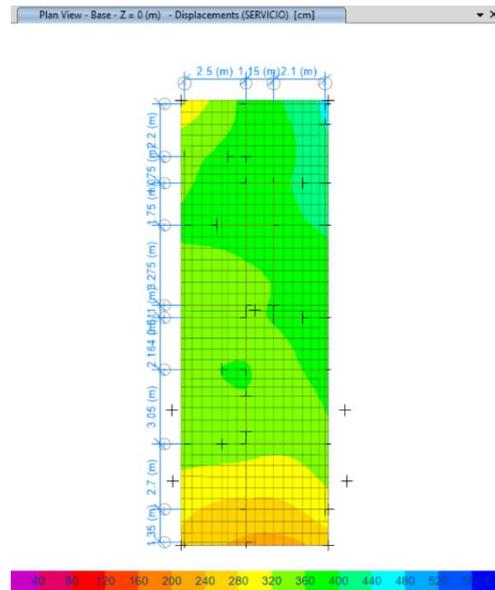
- **Caso de carga  $D + L \pm 0.8 S_x$**

Para el caso  $D + L + 0.8 S_x$  se tiene un asentamiento máximo de: 0.56 cm

Para el caso  $D + L - 0.8 S_x$  se tiene un asentamiento máximo de: 0.50 cm

**Figura 87**

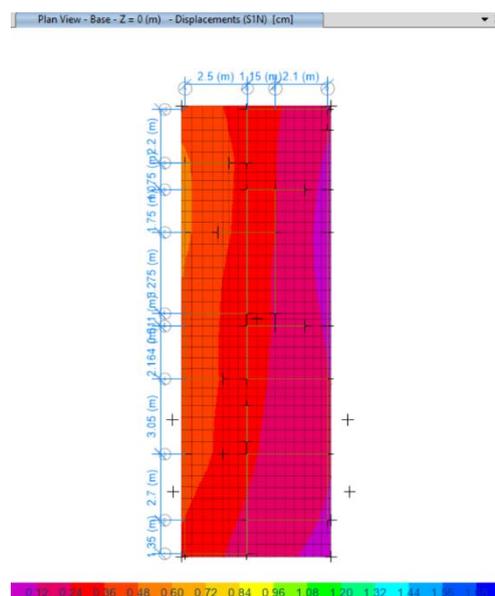
*Asentamiento carga  $D + L + 0.8 S_x$*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 88**

*Asentamiento carga  $D + L - 0.8 S_x$*



**Fuente:** Los autores (2024)



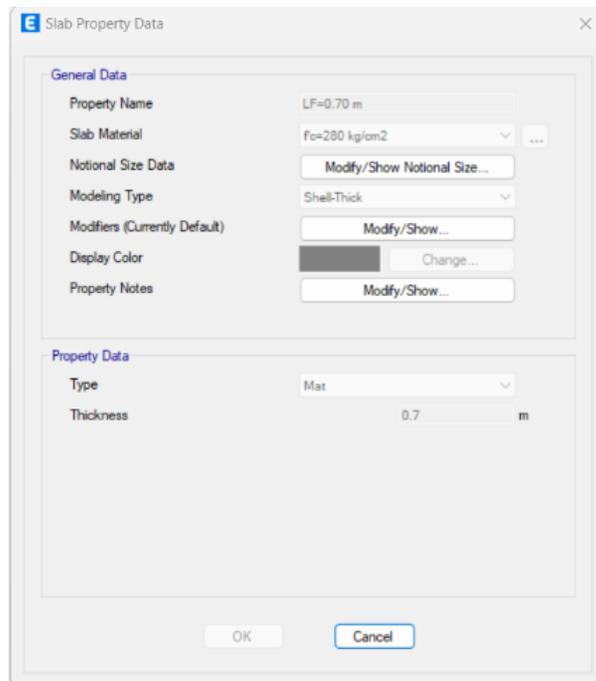
### 4.6.3. Cimentación para edificación 7 niveles – sector 1

#### 4.6.3.1. Cimentación rígida - platea

Para el caso de esta cimentación nos hemos decantado por una platea de espesor constante de 0.70 m, así mismo se ha considerado en el diseño una mejora del suelo con el fin de obtener una mayor de la capacidad portante, el método escogido dada las condiciones del terreno es el de compactación dinámica para alcanzar una capacidad portante de al menos 2.5 kg/cm<sup>2</sup>.

#### Figura 91

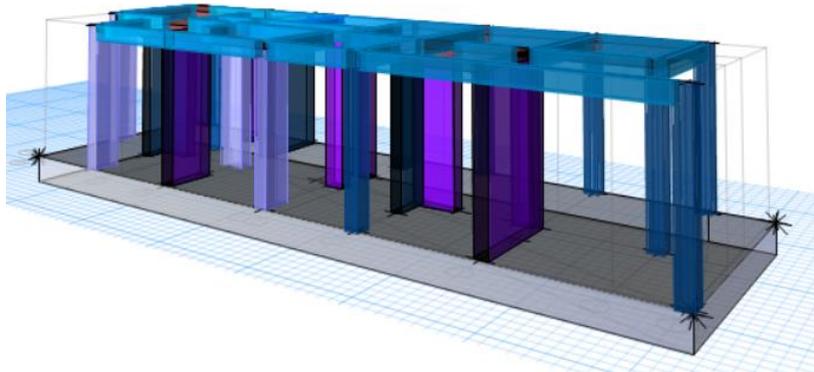
*Definición de platea H=0.70m*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 92**

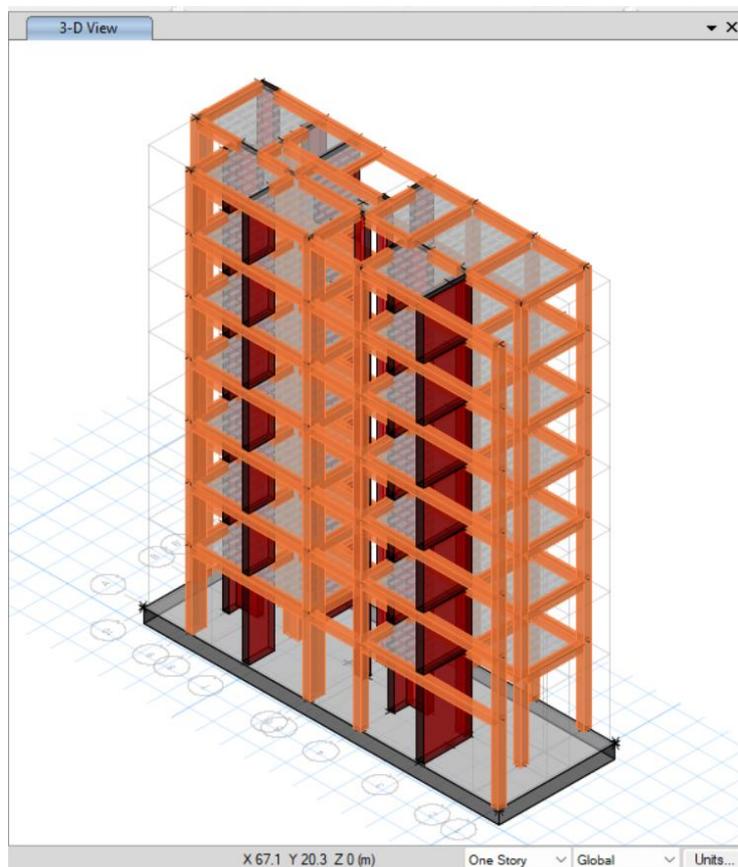
*3D platea H=0.70 m*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 93**

*3D elevación platea H=0.70 m*



**Fuente:** Los autores (2024)

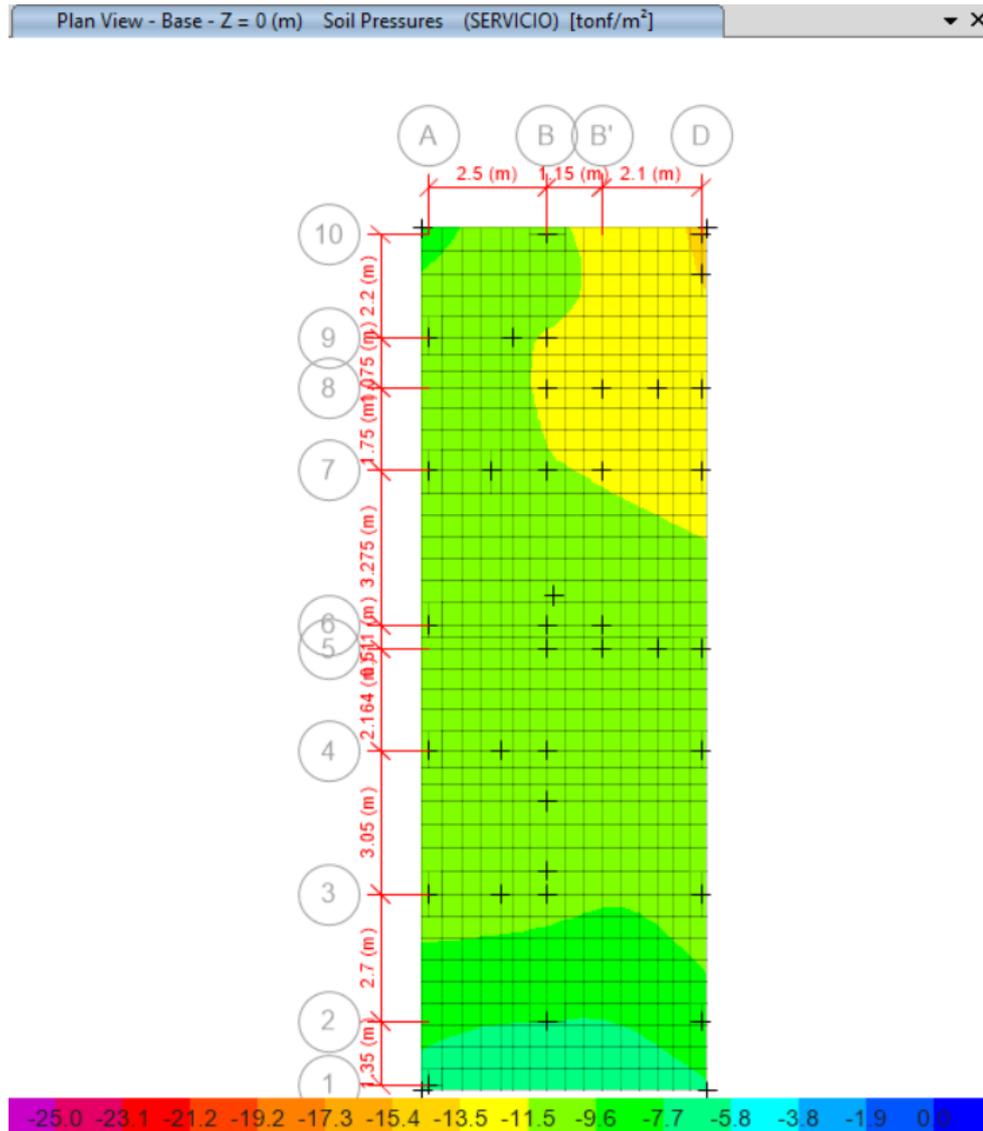
#### 4.6.3.1.1. Verificación de presiones

- Caso de carga D + L

En el caso de carga D+L se tiene una presión máxima de 1.43 kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 94**

*Presiones de platea H=0.70m - carga D + L*



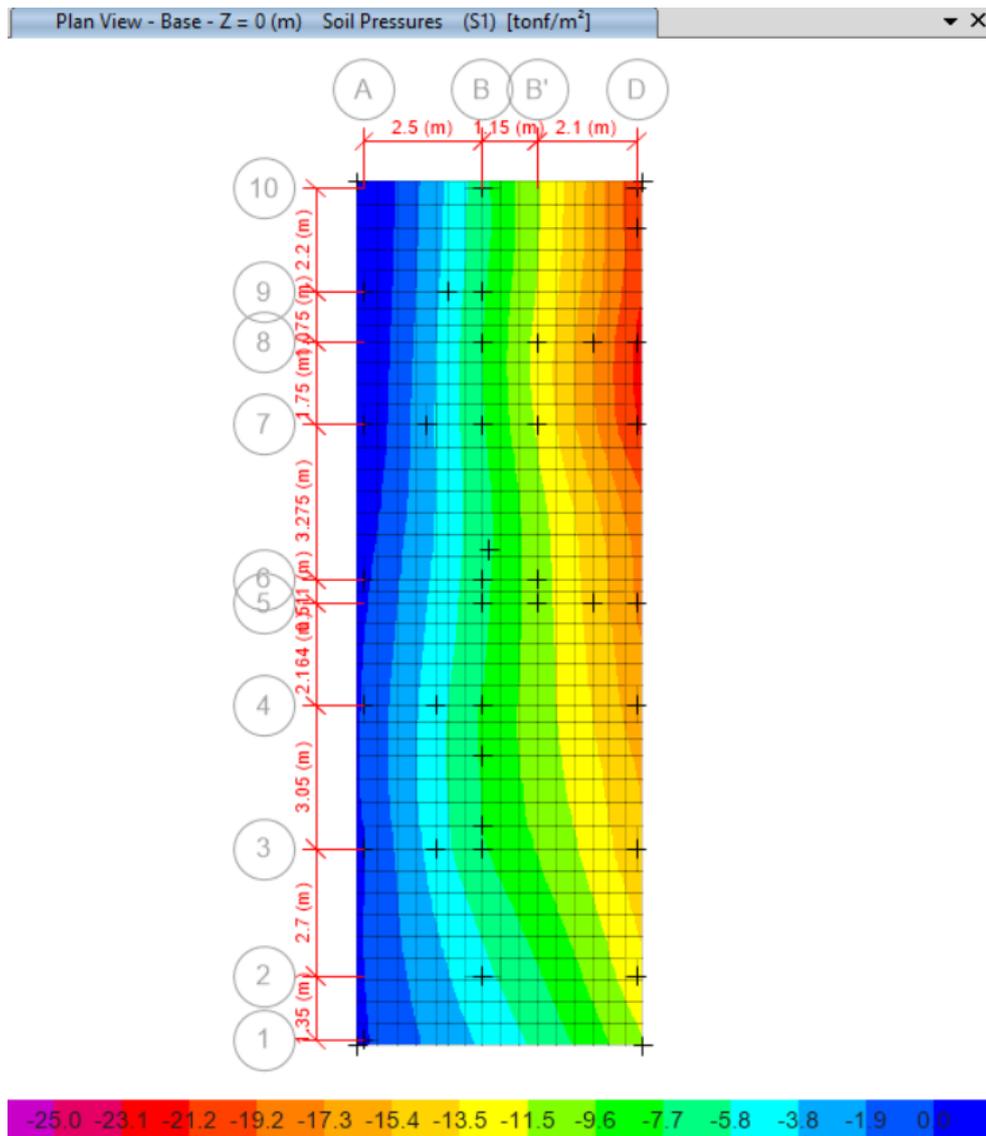
**Fuente:** Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L + 0.8 Sx**

Para el presente caso, se tiene una máxima presión de 2.22 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 95**

*Presiones de platea H=0.70m - carga D + L + 0.8 Sx*



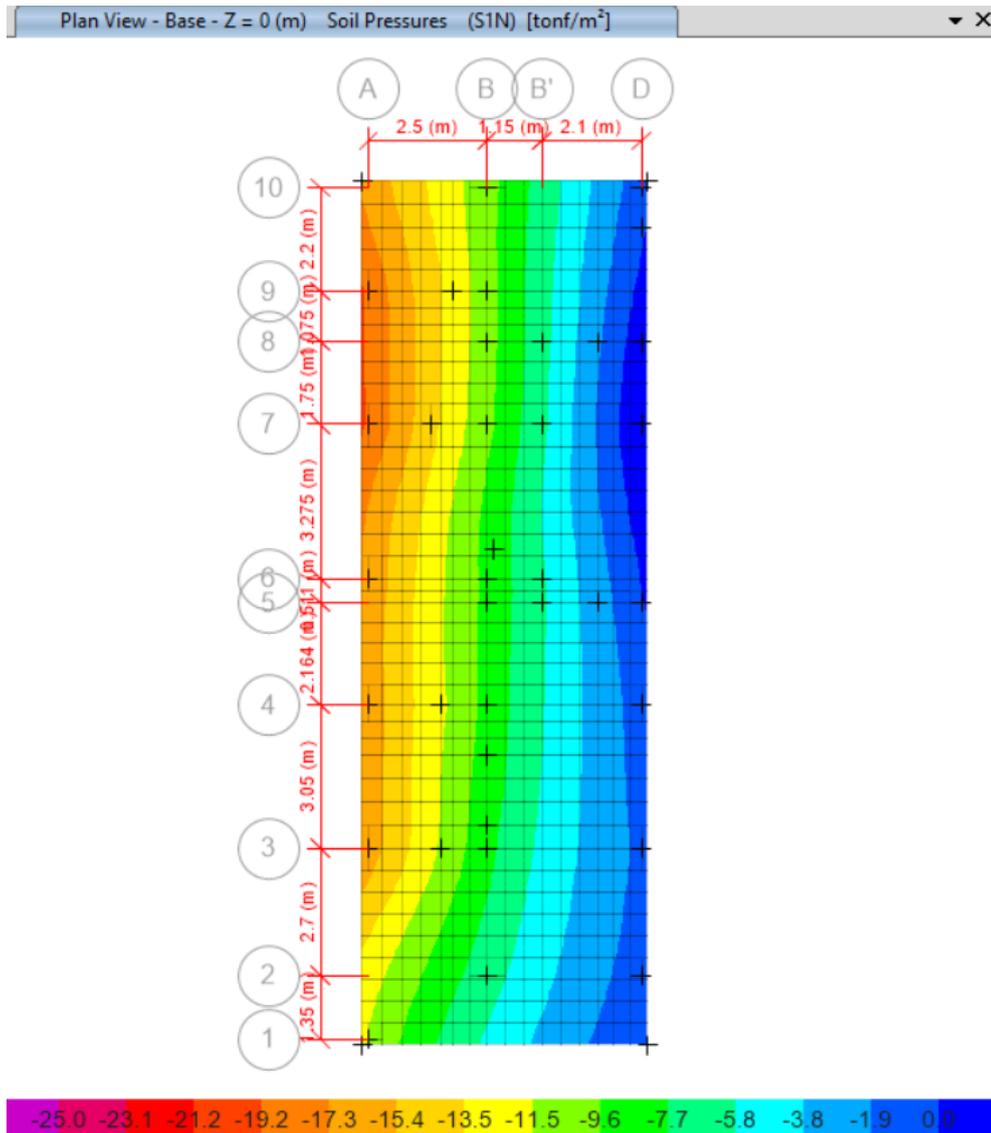
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L - 0.8 Sx**

Para el presente caso, se tiene una máxima presión de 1.90 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 96**

*Presiones de platea H=0.70m - carga D + L - 0.8 Sx*



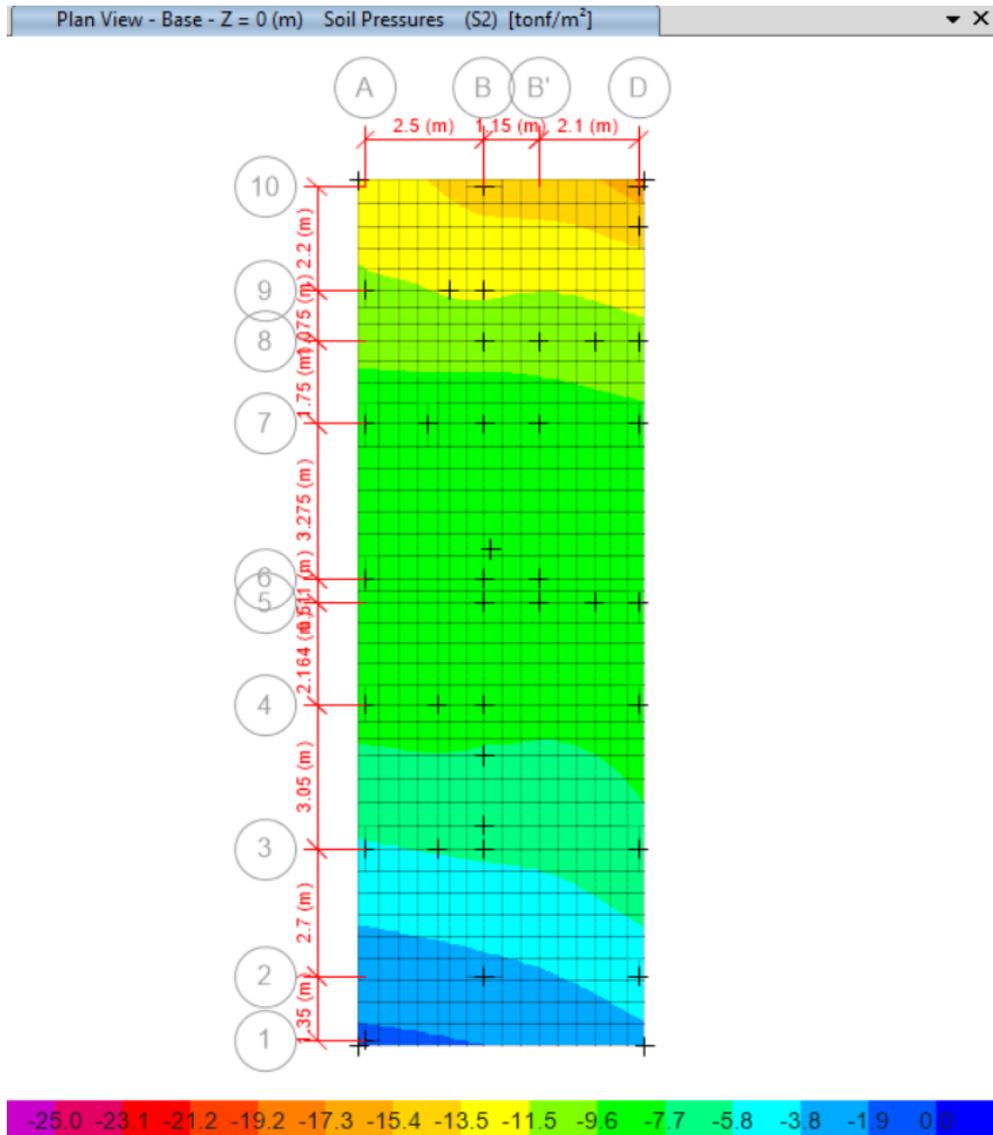
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L + 0.8 Sy**

Para el presente caso, se tiene una máxima presión de 1.64 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 97**

*Presiones de platea H=0.70m - carga D + L + 0.8 Sy*



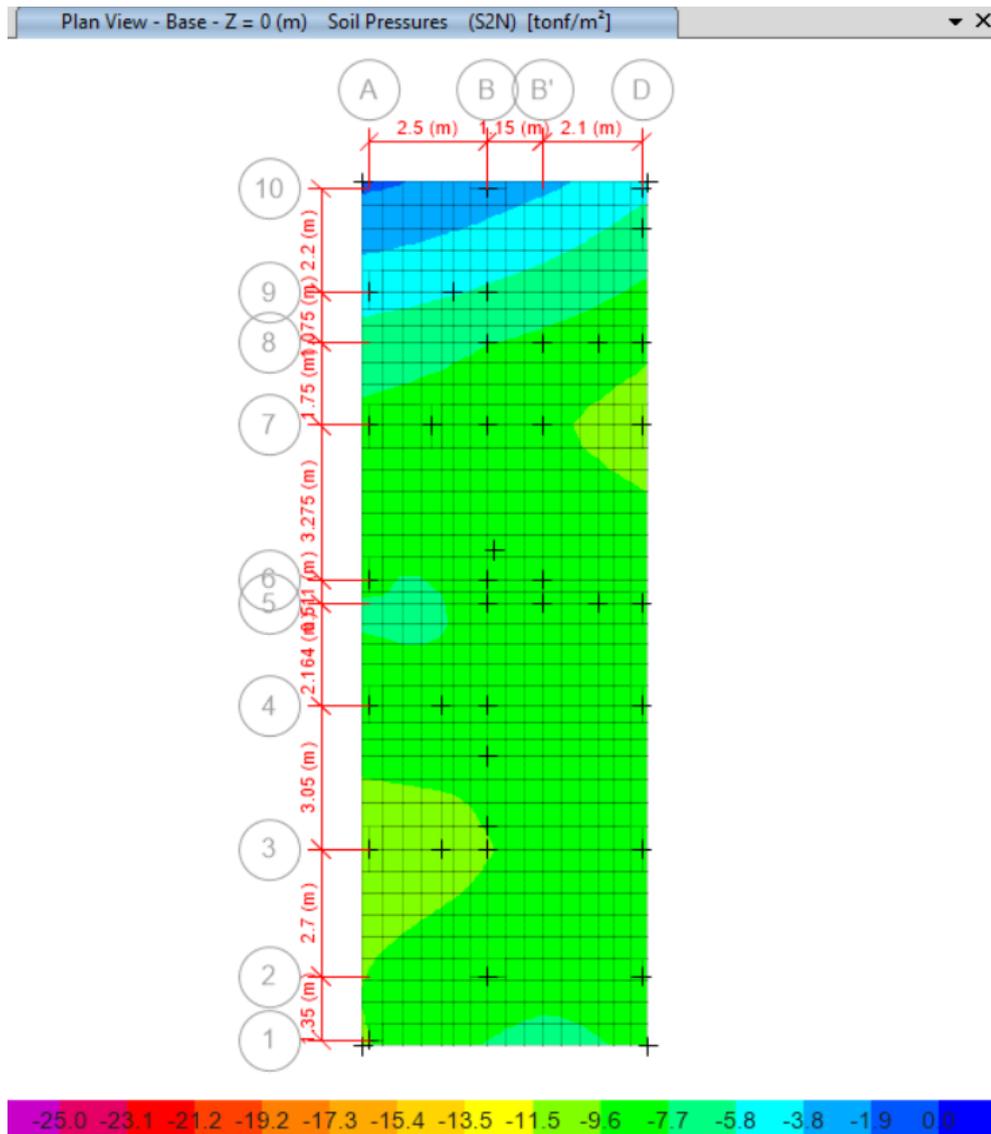
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L - 0.8 Sy**

Para el presente caso, se tiene una máxima presión de 1.06 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 98**

*Presiones de platea H=.70m - carga D + L - 0.8 Sy*



Fuente: Los autores (2024)

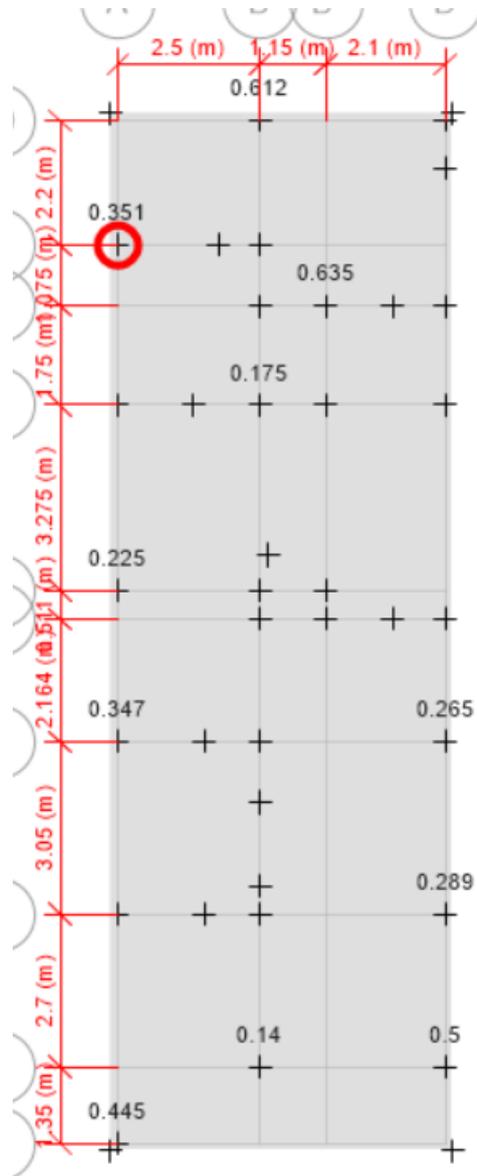
#### 4.6.3.1.2. Diseño a corte

- Por punzonamiento

Como era de esperarse dada la gran rigidez de la platea de cimentación cumple con holgura la sollicitación a corte por punzonamiento.

**Figura 99**

*Platea  $H=0.70$  m punzonamiento*



**Fuente:** Los autores (2024)

Detalles de la verificación del Corte por punzonamiento:

$$\sigma_c = 13.06 \frac{kg}{cm^2} \quad \sigma_U = 8.30 \frac{kg}{cm^2} \quad \frac{D}{C} = 0.64$$

- **Por capacidad**

Teniendo en cuenta que la capacidad de resistencia a corte del concreto es:

$$\emptyset V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

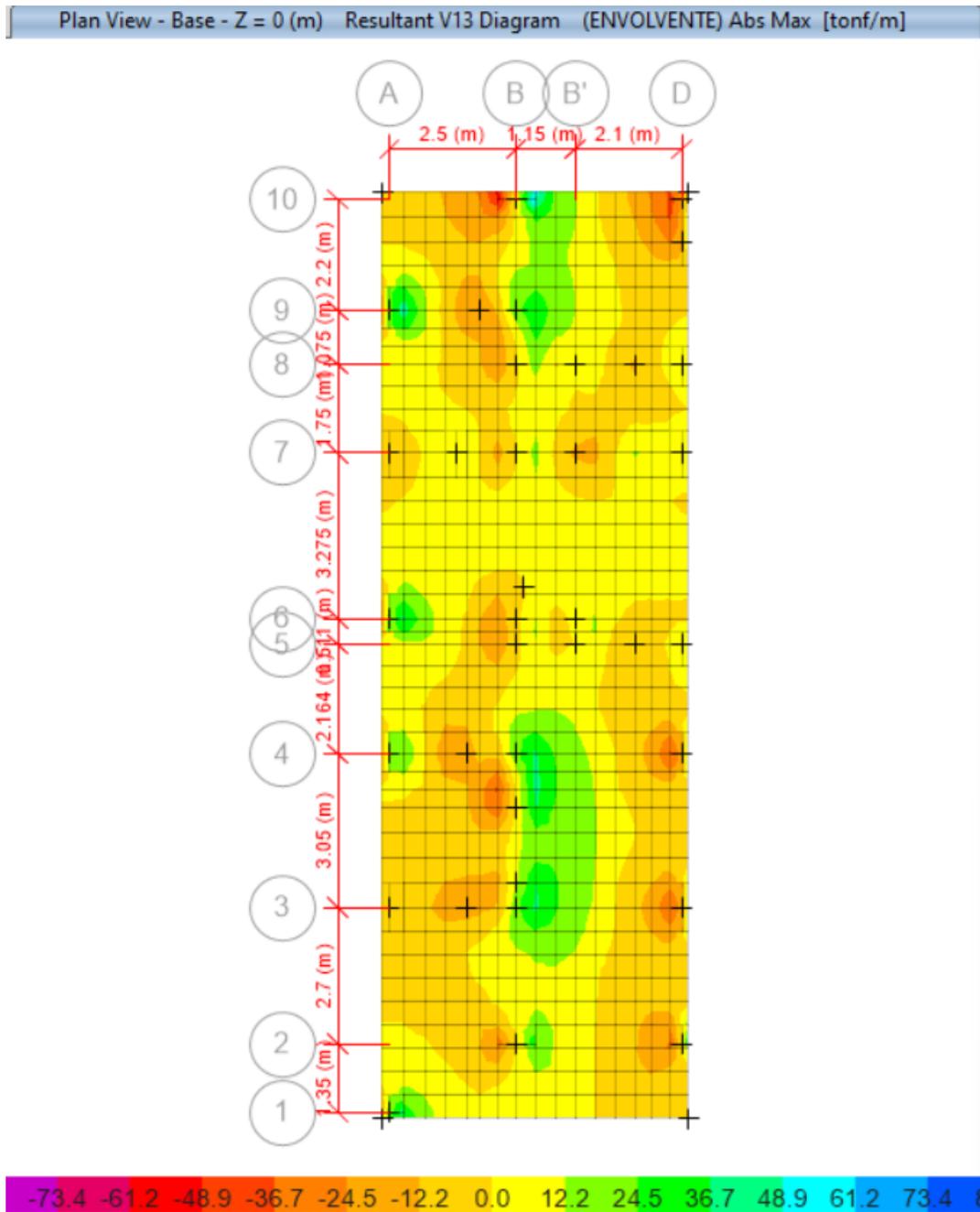
$$\emptyset V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 100 \times 60$$

$$\emptyset V_c = 39.17 \text{ ton}$$

Según el análisis realizado el cortante máximo actuante en la dirección X es de 31.22 Ton. y en la dirección Y es de 38.80 Ton con lo cual el peralte escogido satisface la condición solicitada.

**Figura 100**

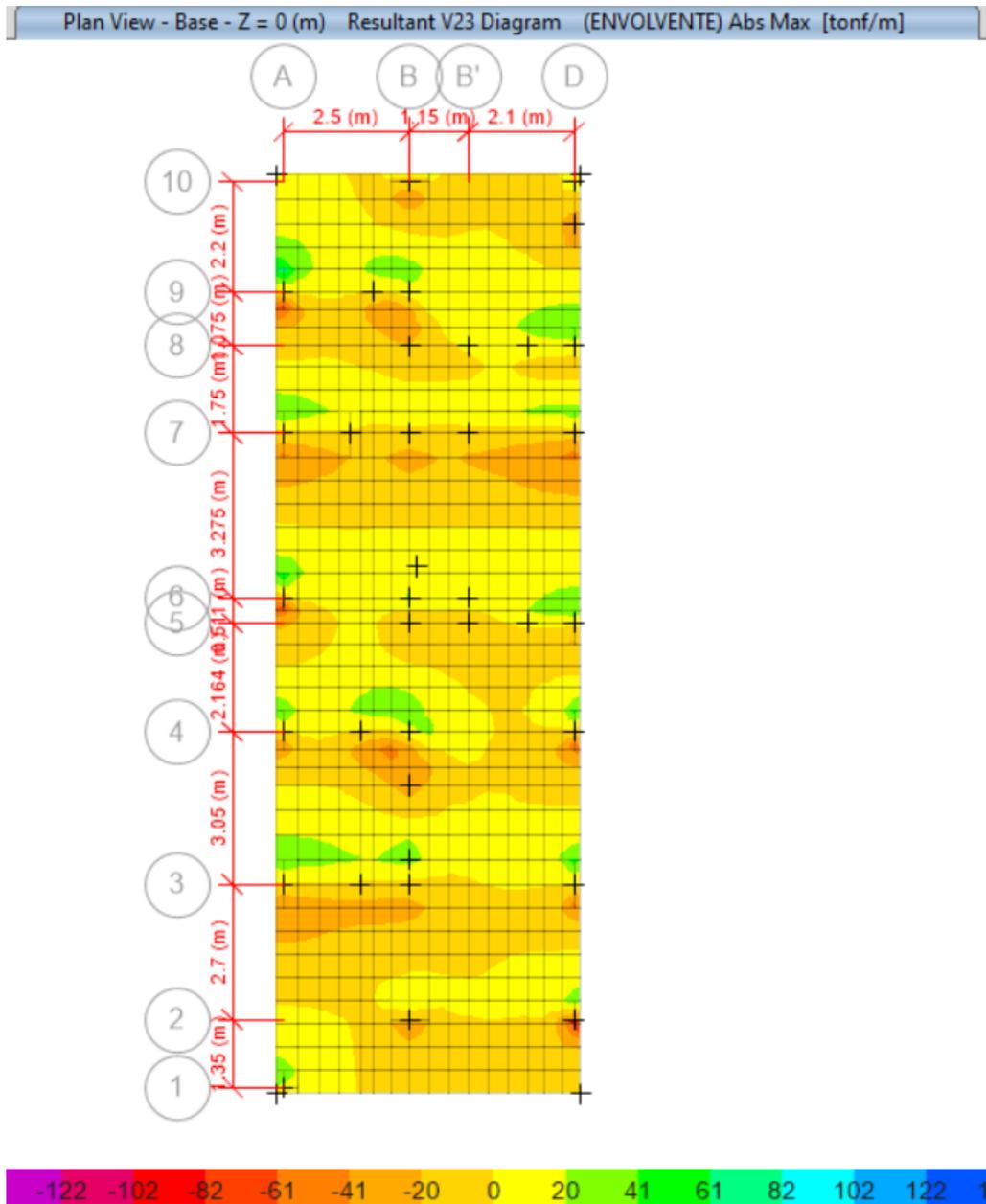
*Cortante máximo "X" platea H=0.70m*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 101**

*Cortante máximo "Y" platea H=0.70m*



**Fuente:** Los autores (2024)

#### 4.6.3.1.3. Diseño a flexión

Considerando que lo que se busca es lograr que la disposición de acero cumpla las solicitudes requeridas a la par de lograr que sea la alternativa más económica, se plantea diseñar con el acero mínimo para losas.

Según el artículo 9.72 y 10.5.4 de la norma E.060 la mínima cuantía por retracción y temperatura es de 0.0018

Entonces considerando que es una platea y que tendrá doble malla se considera:

$$A_{smin} = 0.0012 \times b \times h = 0.0012 \times 100 \text{ cm} \times 70 \text{ cm} = 8.4 \text{ cm}^2$$

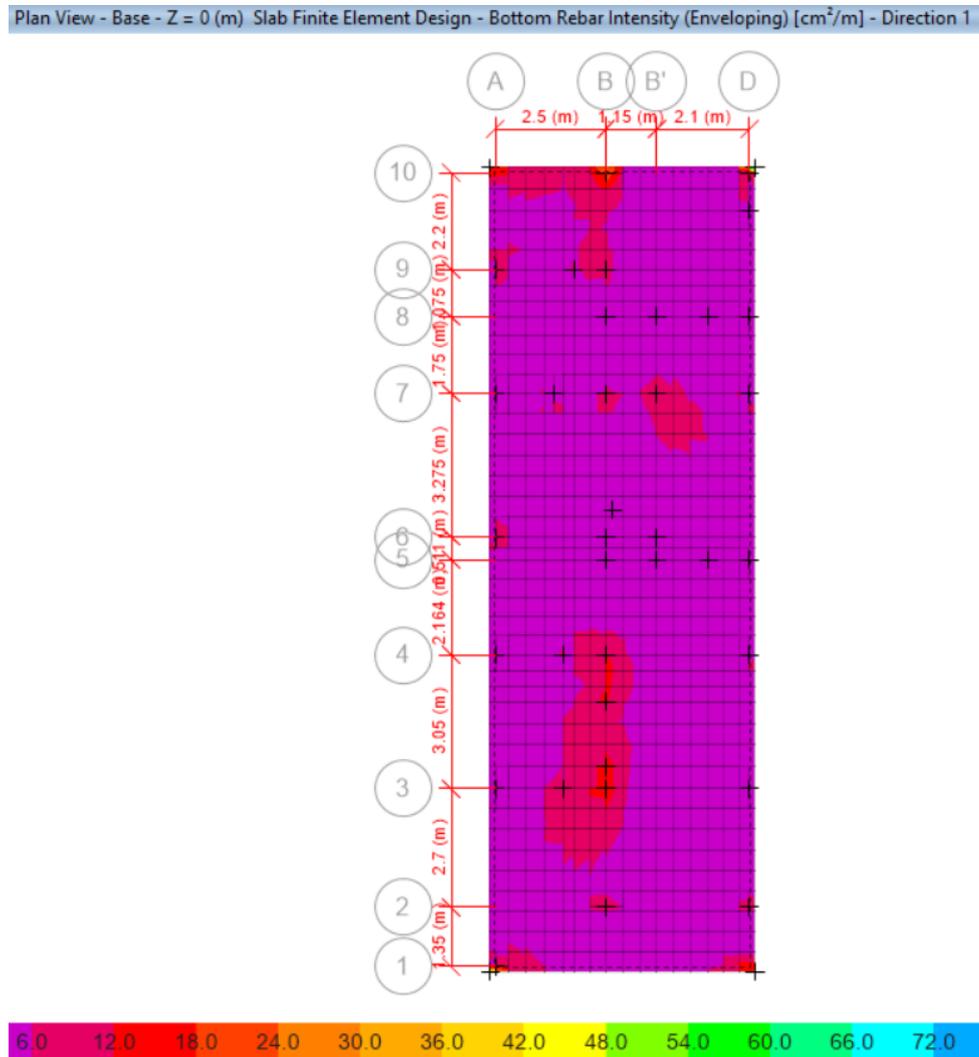
Y usando varillas de 5/8" tendríamos una separación de:

$$sep = \frac{A_{s \text{ var}}}{A_{s \text{ min}}}$$
$$sep = \frac{1.98 \text{ cm}^2}{8.4 \text{ cm}^2/\text{m}} = 0.23 \text{ m}$$

Pudiendo utilizar  $\emptyset$  5/8" @ 0.20 m, aplicando dicha configuración al software se tiene que:

**Figura 102**

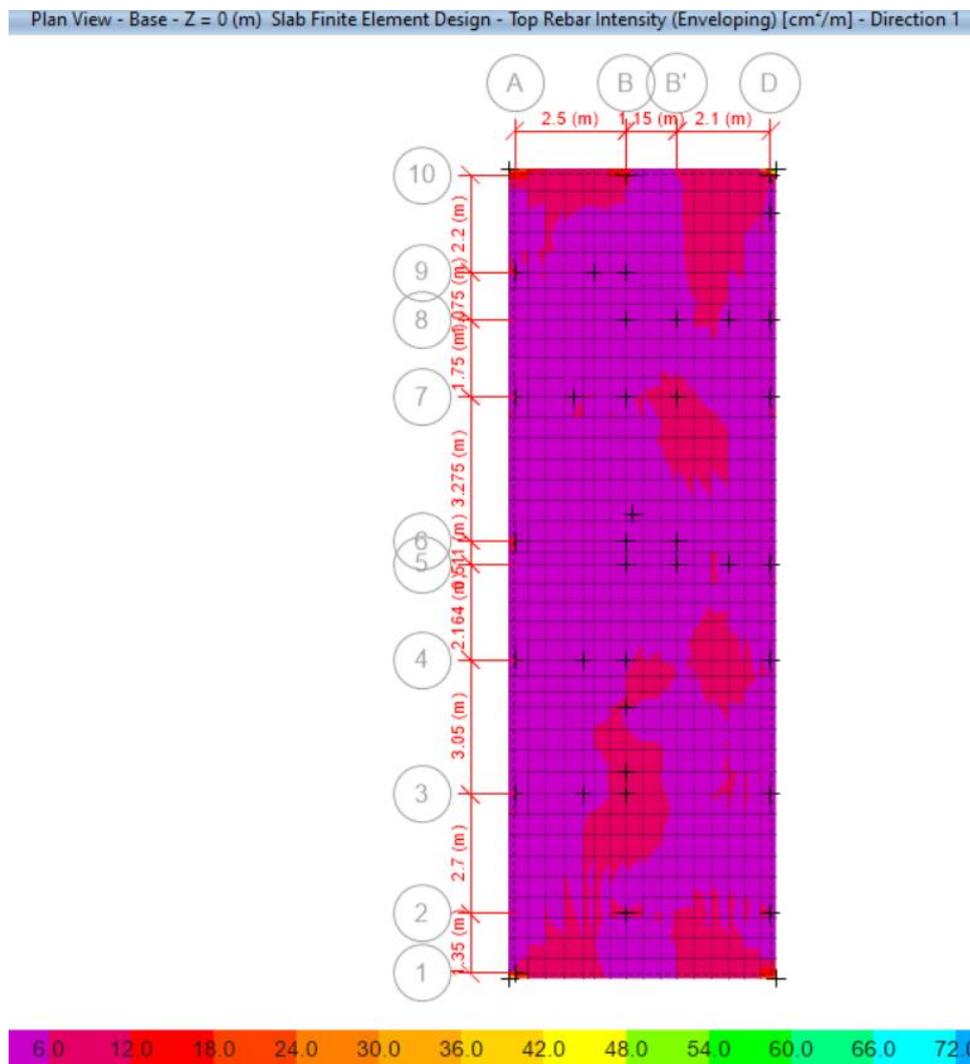
*Refuerzo inferior eje "X" platea H=0.70m*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 103**

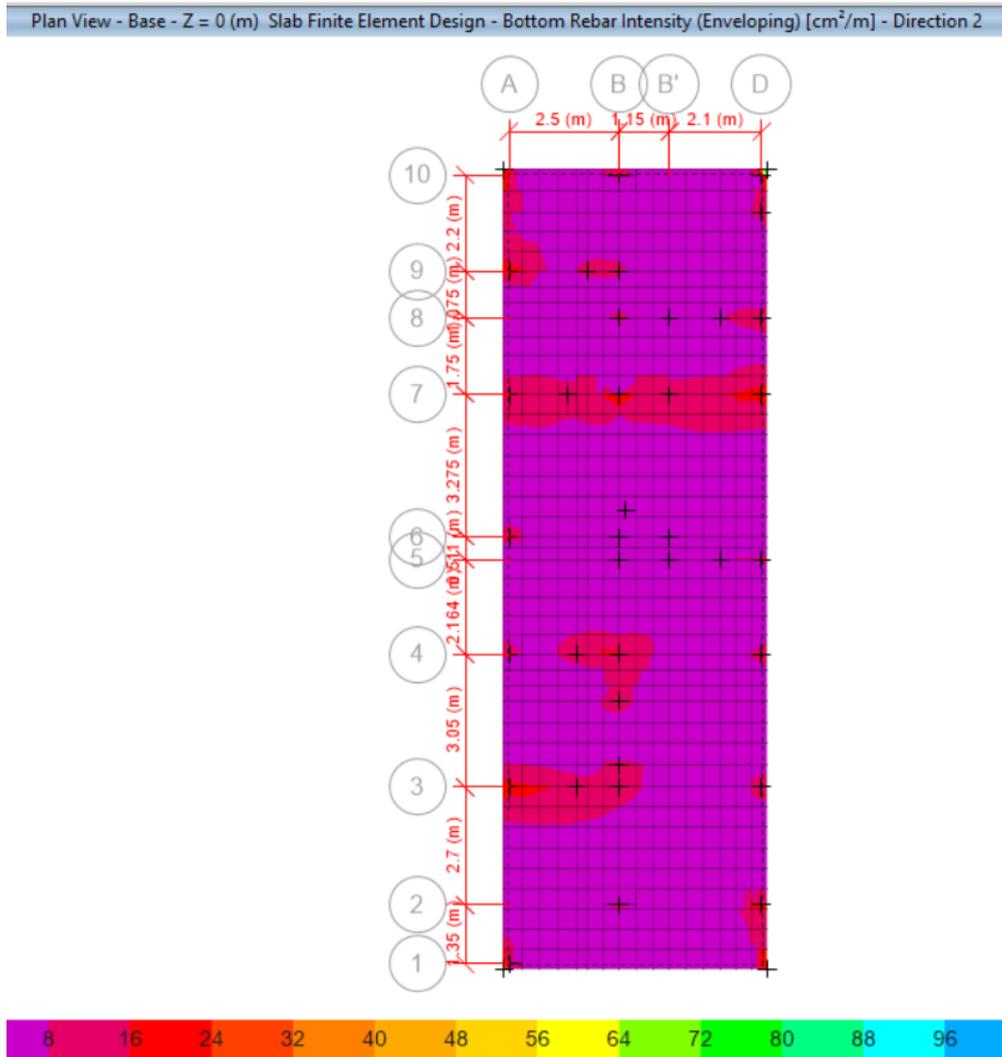
*Refuerzo superior eje "X" platea H=0.70m*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 104**

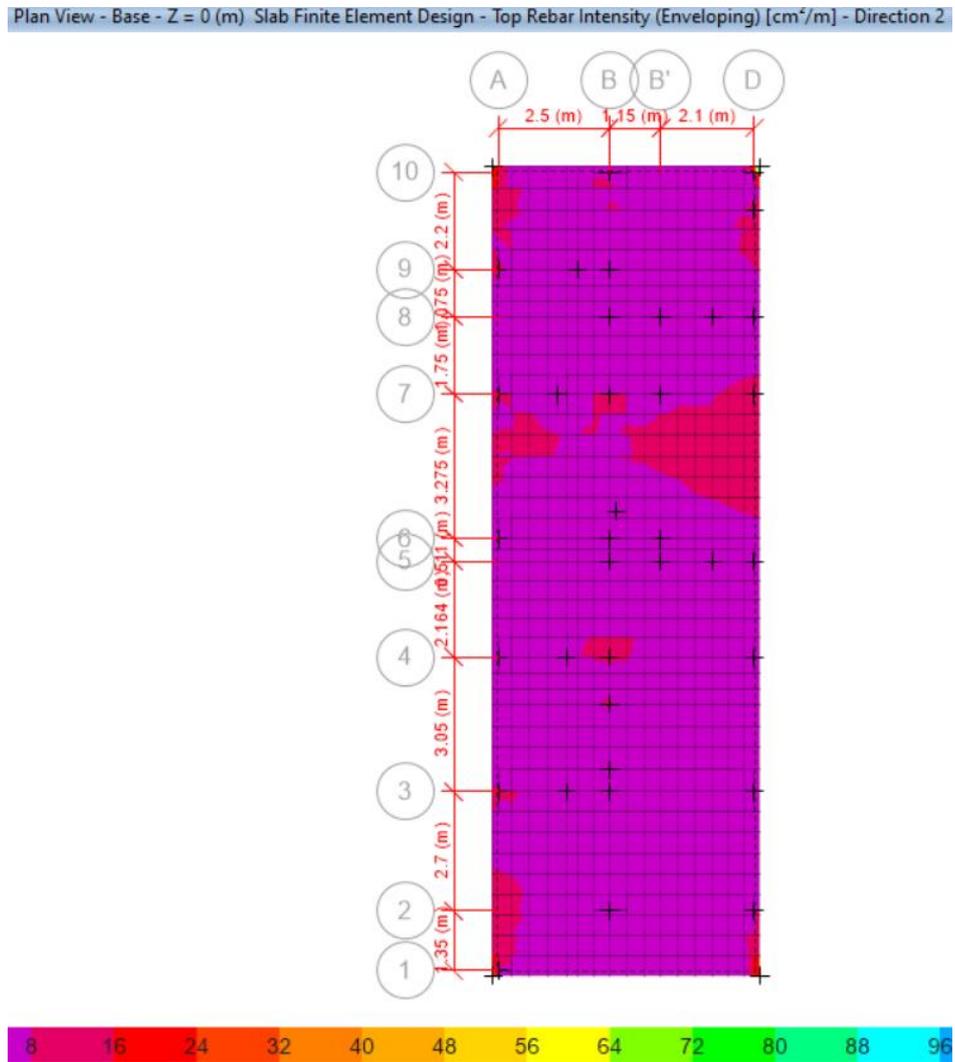
*Refuerzo inferior eje "Y" platea H=0.70m*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 105**

*Refuerzo superior eje "Y" platea H=0.70m*



**Fuente:** Los autores (2024)

Se denota que en ambas direcciones tanto en la cara superior como inferior cumple con un armado de Ø5/8" @ 0.20 m.

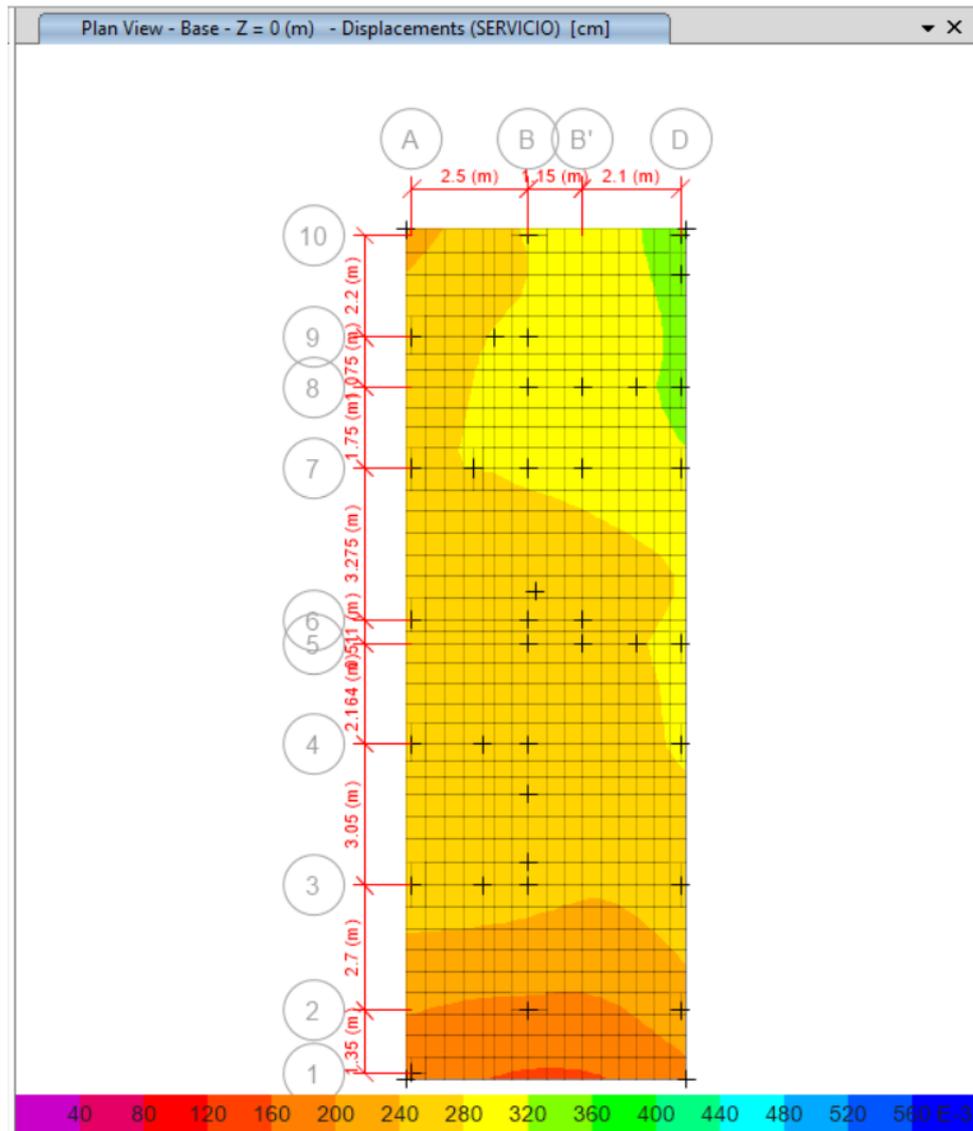
#### 4.6.3.1.4. Verificación de asentamientos

- Caso de carga  $D + L \pm 0.8 S_x$

Para el caso  $D + L$ , se tiene un asentamiento máximo de: 0.35 cm

**Figura 106**

*Asentamiento carga  $D + L$*



Fuente: Los autores (2024)

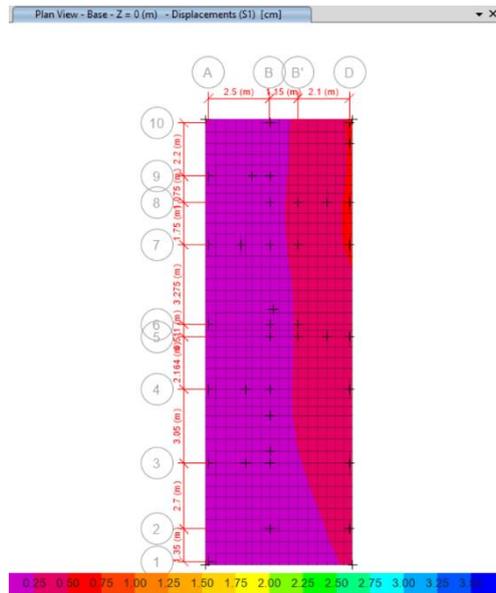
- **Caso de carga  $D + L \pm 0.8 S_x$**

Para el caso  $D + L + 0.8 S_x$  se tiene un asentamiento máximo de: 0.53 cm

Para el caso  $D + L - 0.8 S_x$  se tiene un asentamiento máximo de: 0.47 cm

**Figura 107**

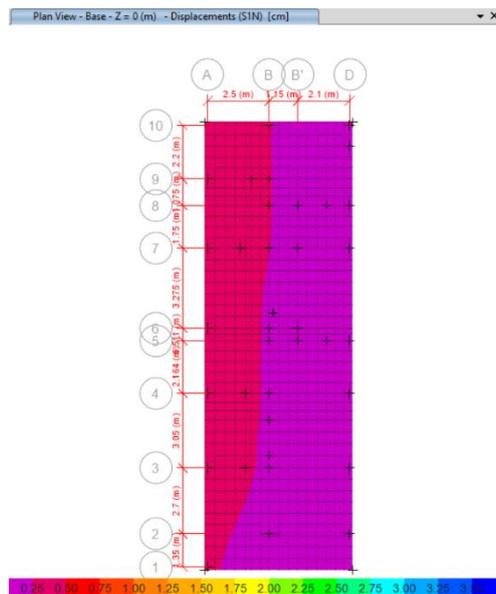
*Asentamiento carga  $D + L + 0.8 S_x$*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 108**

*Asentamiento carga  $D + L - 0.8 S_x$*



**Fuente:** Los autores (2024)

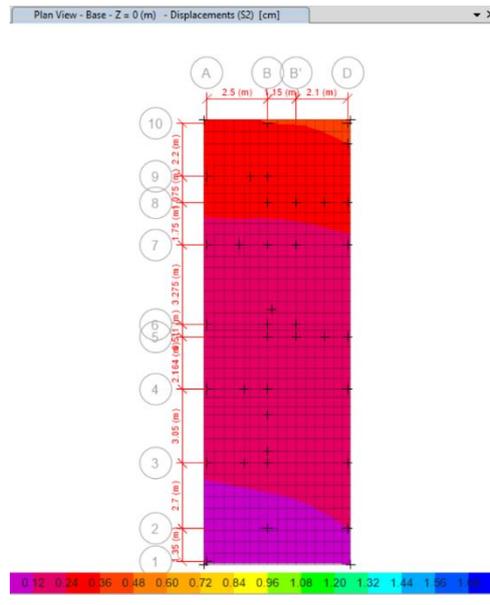
- **Caso de carga  $D + L \pm 0.8 S_y$**

Para el caso  $D + L + 0.8 S_x$  se tiene un asentamiento máximo de: 0.40 cm

Para el caso  $D + L - 0.8 S_x$  se tiene un asentamiento máximo de: 0.26 cm

**Figura 109**

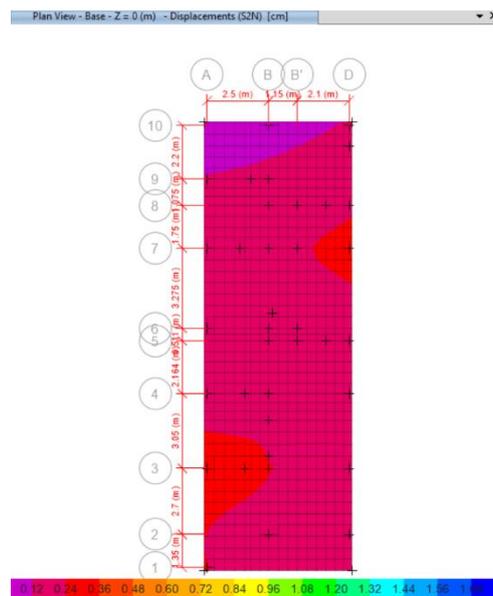
*Asentamiento carga  $D + L + 0.8 S_y$*



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 110**

*Asentamiento carga  $D + L - 0.8 S_y$*



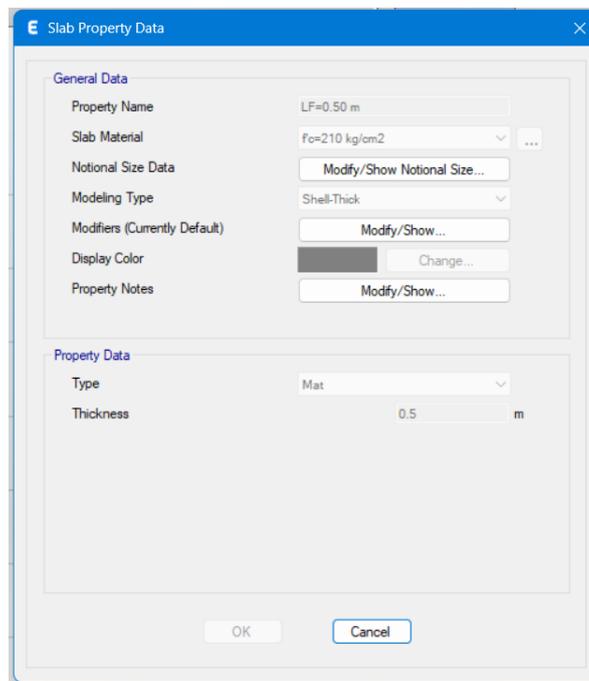
Fuente: Los autores (2024)

#### 4.6.3.2. Cimentación flexible – platea con vigas de cimentación.

Para el caso de esta cimentación nos hemos decantado por una platea de espesor constante de 0.50 m con vigas rígidas de 0.35 x 0.80m. Así mismo se ha considerado en el diseño una mejora del suelo con el fin de obtener una mejora de la capacidad portante, el método escogido dada las condiciones del terreno es el de compactación dinámica para alcanzar una capacidad portante de al menos 2.5 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 111**

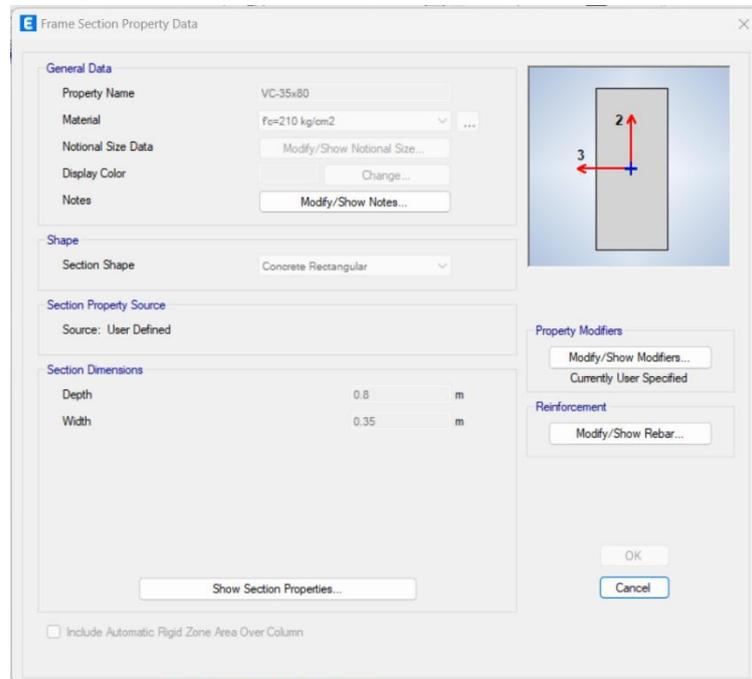
*Definición de platea H=0.50m*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 112**

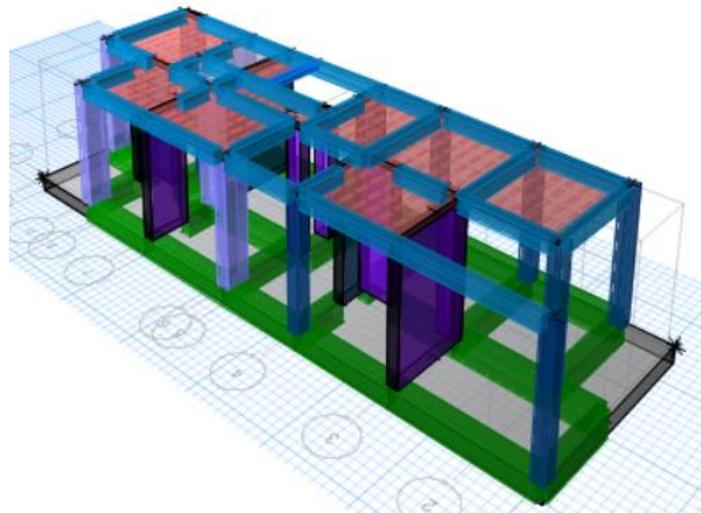
*Definición de VC 0.35 x 0.80m*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 113**

*3D platea H=0.50m*



**Fuente:** Los autores (2024)

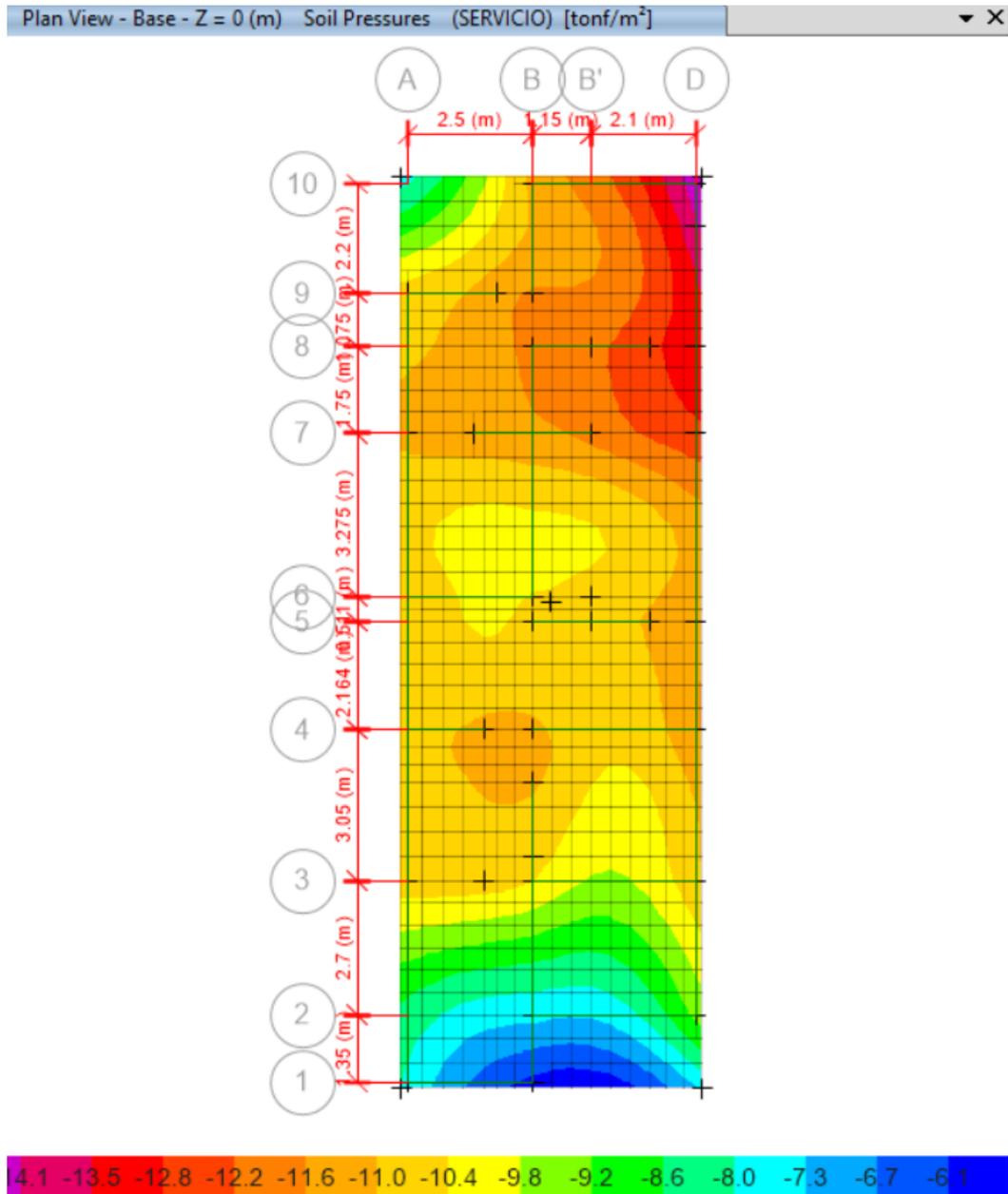
#### 4.6.3.2.1. Verificación de presiones

- Caso de carga D + L

En el caso de carga D+L se tiene una presión máxima de 1.41 kg/cm<sup>2</sup>

Figura 114

Presiones de platea H=0.50m - carga D + L



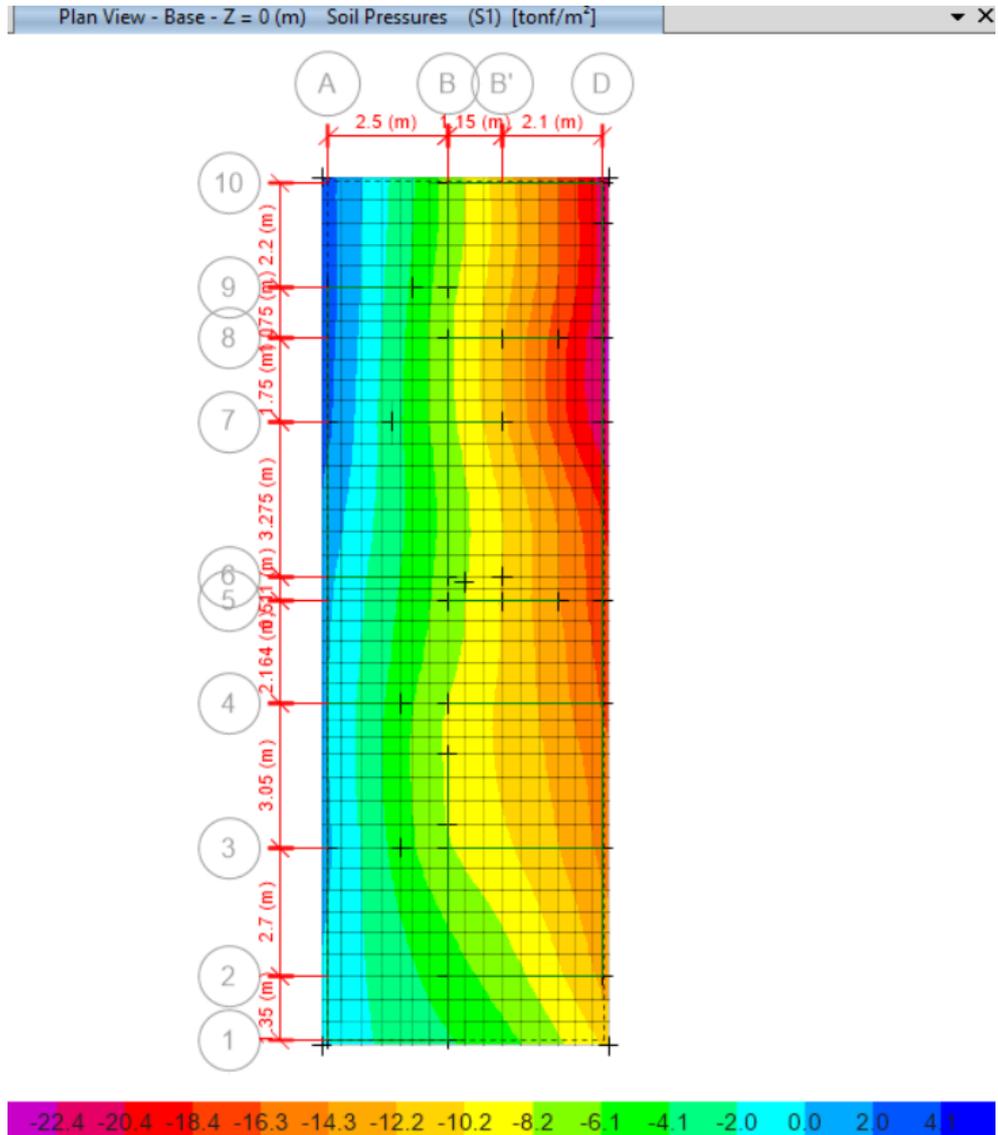
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L + 0.8 Sx**

Para el presente caso, se tiene una máxima presión de 2.28 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 115**

*Presiones de platea H=0.50m - carga D + L + 0.8 Sx*



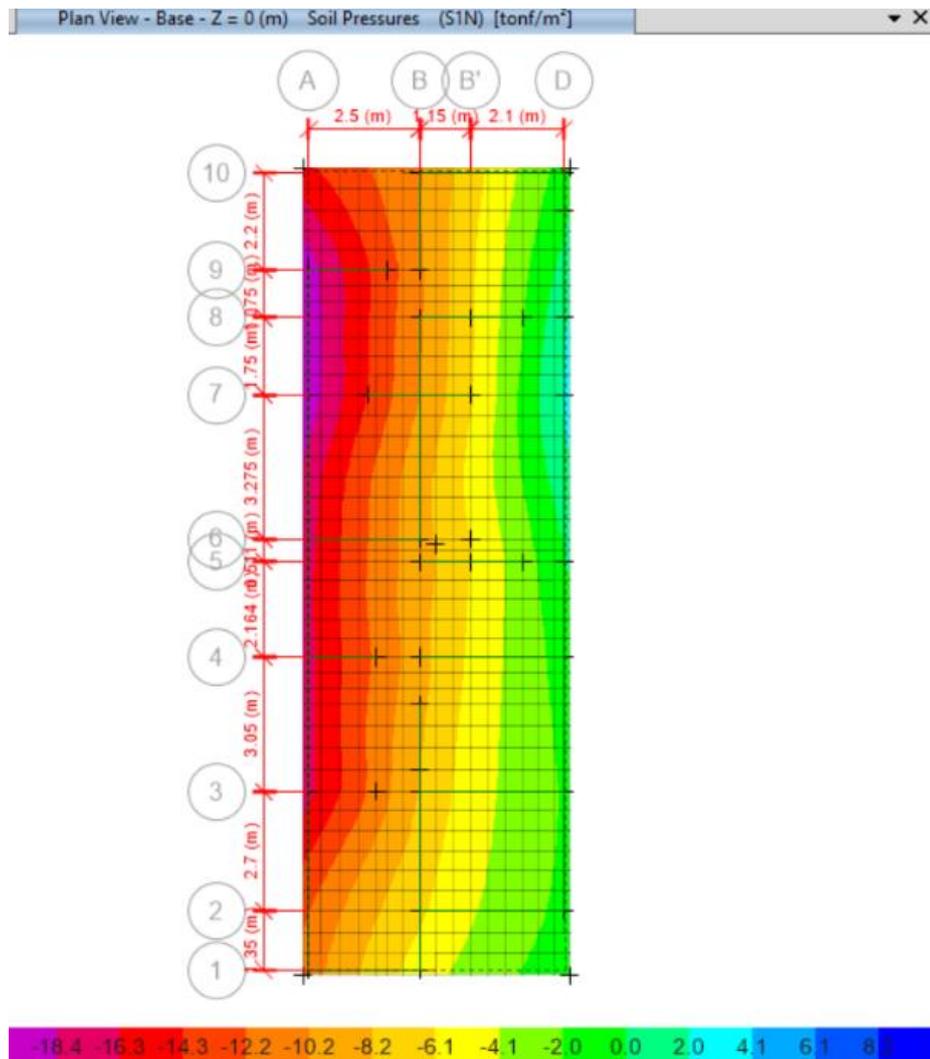
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L - 0.8 Sx**

Para el presente caso, se tiene una máxima presión de 2.01 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 116**

*Presiones de platea H=0.50m - carga D + L - 0.8 Sx*



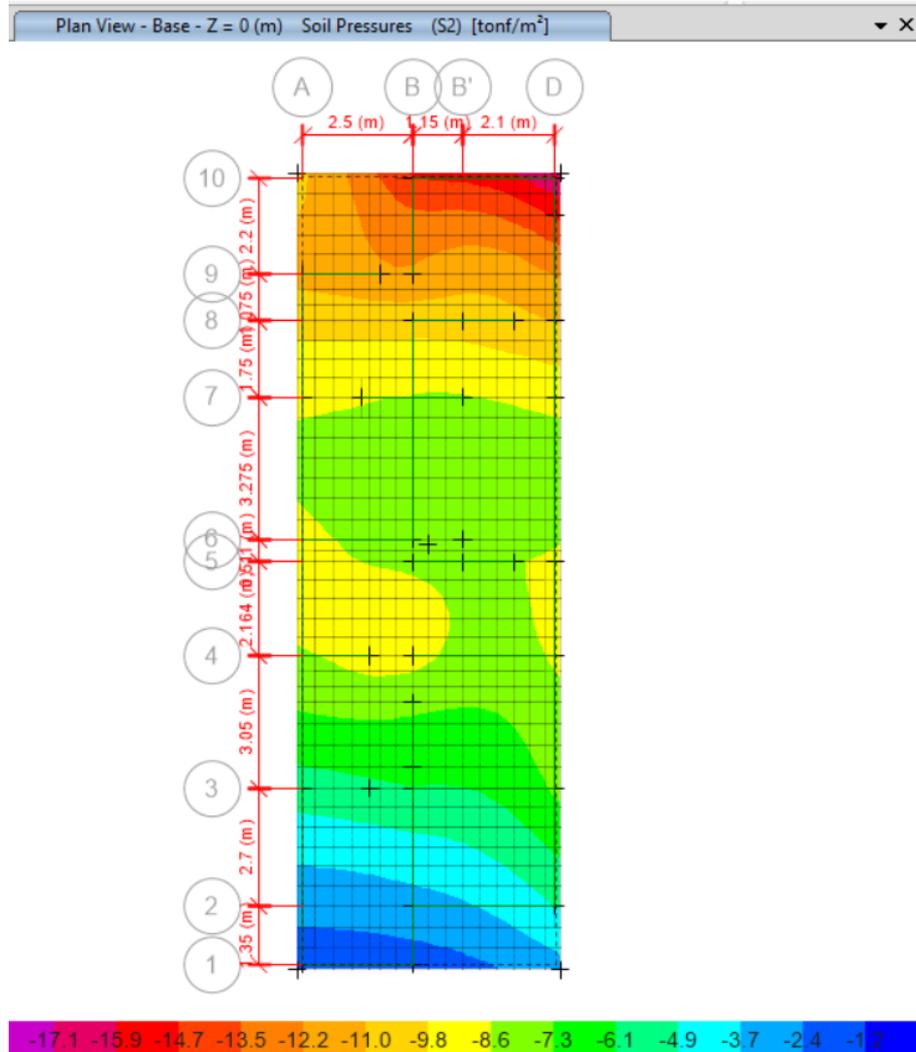
**Fuente:** Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L + 0.8 Sy**

Para el presente caso, se tiene una máxima presión de 1.72 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 117**

*Presiones de platea H=0.50m - carga D + L + 0.8 Sy*



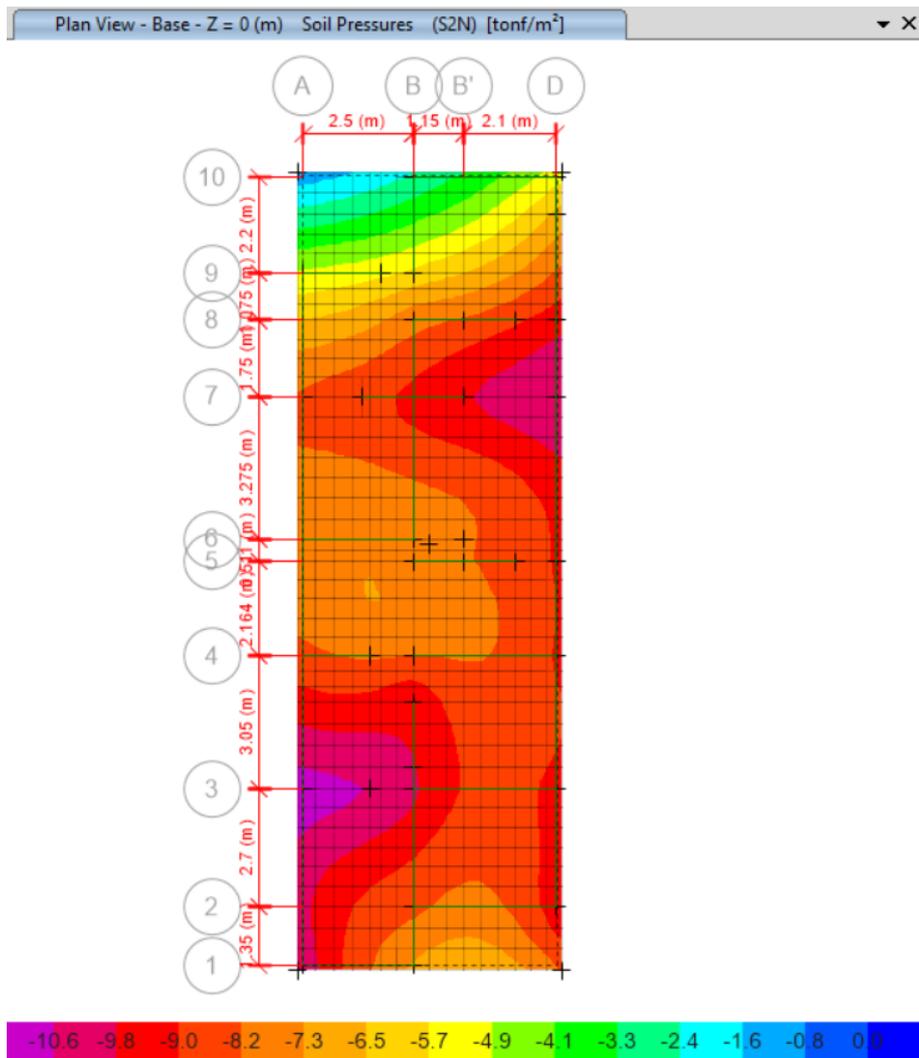
**Fuente:** Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L - 0.8 Sy**

Para el presente caso, se tiene una máxima presión de 1.09 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 118**

*Presiones de platea H=0.50m - carga D + L - 0.8 Sy*



**Fuente:** Los autores (2024)

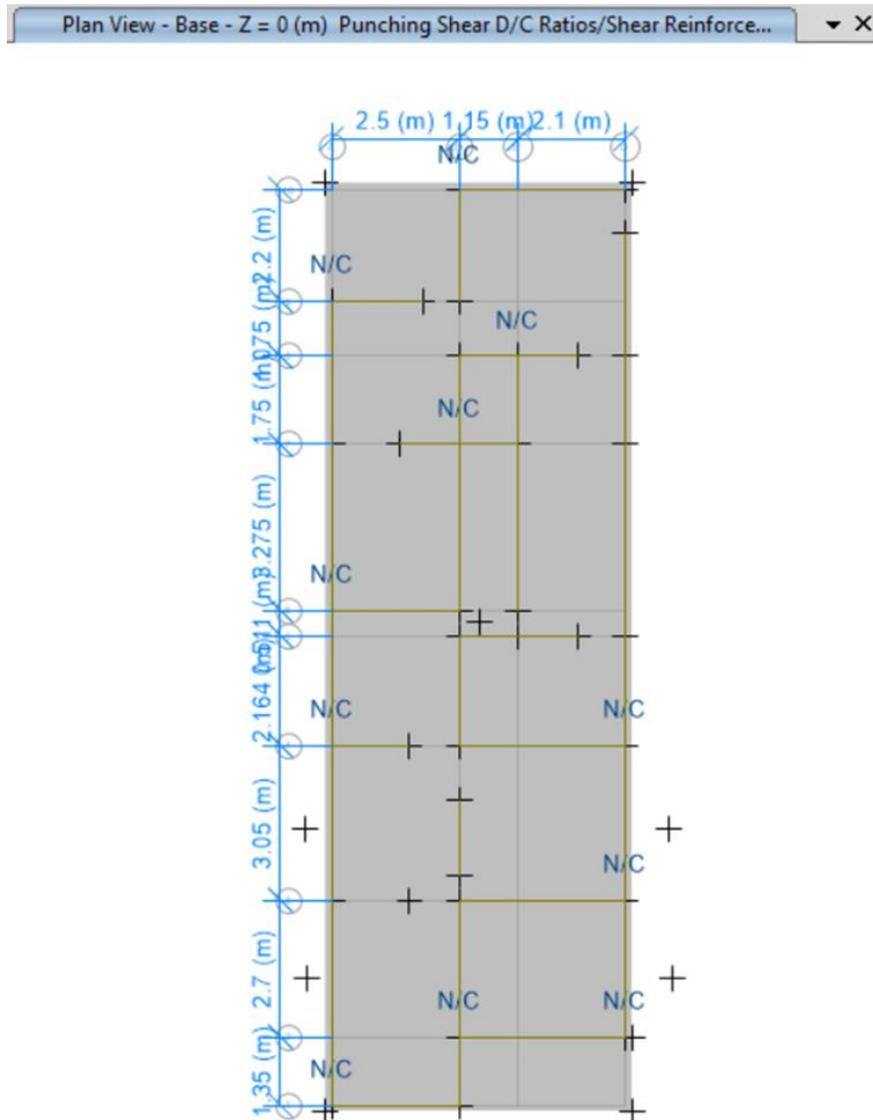
#### 4.6.3.2.2. Diseño a corte

- Por punzonamiento

Dado que en este caso existen vigas de cimentación que conectan todos los elementos verticales, no existe verificación a punzonamiento calculada.

**Figura 119**

*Plata H=0.50m punzonamiento*



**Fuente:** Los autores (2024)

- **Por capacidad**

Teniendo en cuenta que la capacidad de resistencia a corte del concreto en la losa es:

$$\phi V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

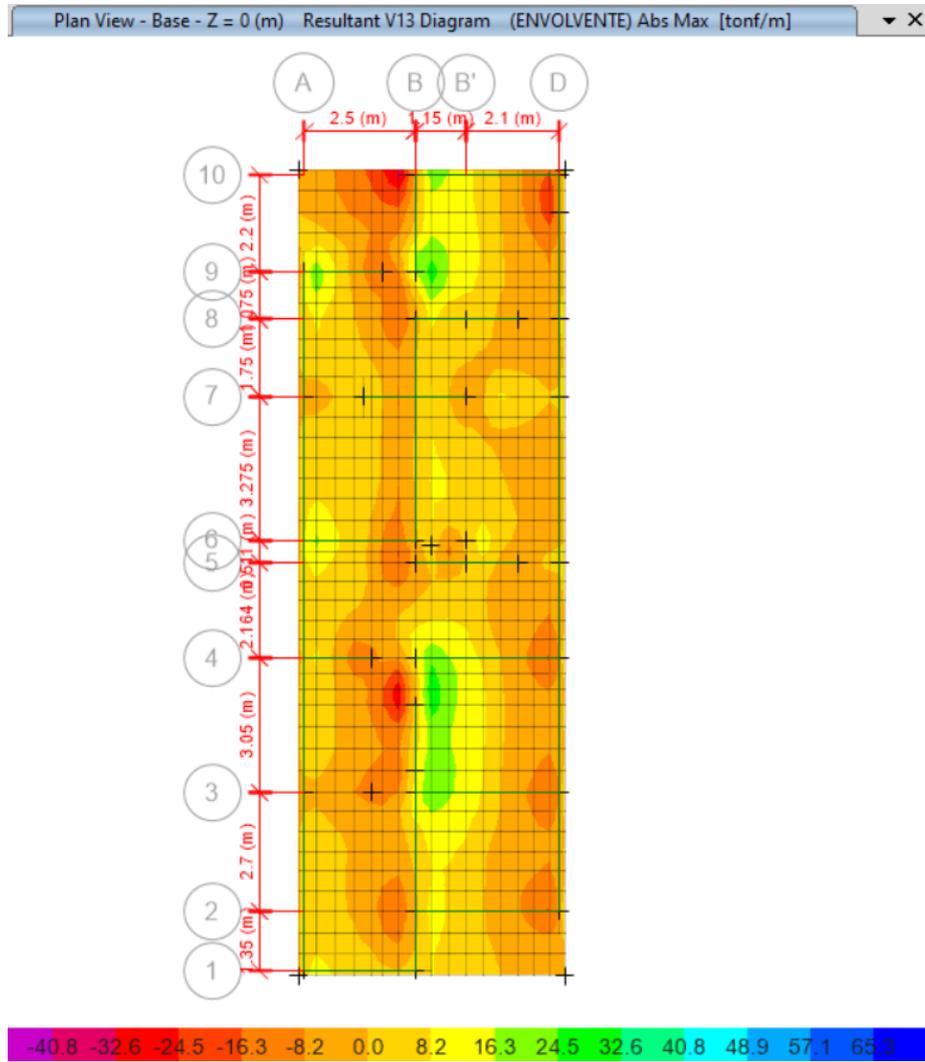
$$\phi V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 100 \times 40$$

$$\phi V_c = 26.11 \text{ ton}$$

Según el análisis realizado el cortante máximo actuante en la dirección X-X es de 23.34 Ton. y en la dirección Y-Y es de 25.72 Ton con lo cual el peralte escogido para la losa satisface la condición solicitada.

**Figura 120**

*Cortante máximo "X" platea H=0.50m*



**Fuente:** Los autores (2024)

Ahora Teniendo en cuenta que la capacidad de resistencia a corte del concreto en las vigas es:

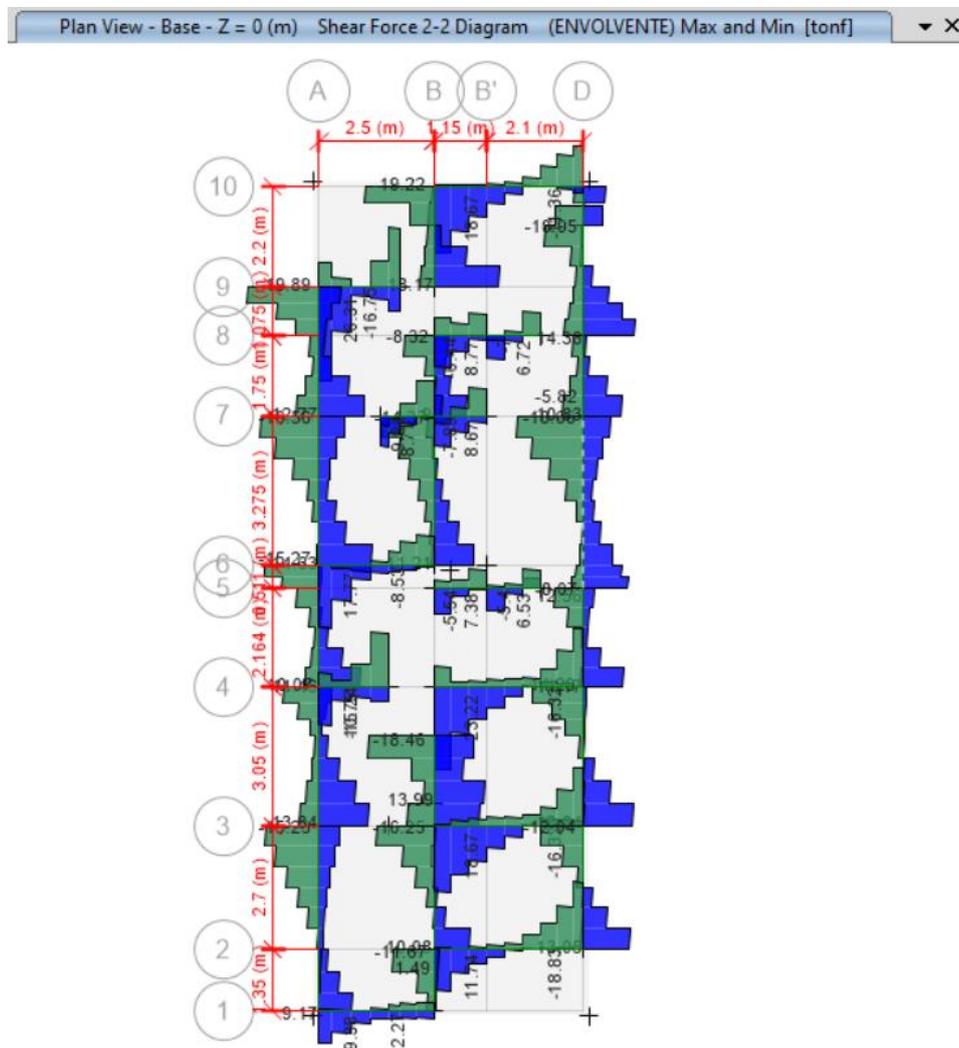
$$\phi V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{f'c} \times b \times d$$

$$\phi V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 35 \times 80$$

$$\phi V_c = 18.29 \text{ ton}$$

**Figura 121**

*Diagrama cortante platea H=0.50m*



**Fuente:** Los autores (2024)

Según el análisis realizado el cortante máximo actuante en las vigas es de 14.7 Ton con lo cual el peralte escogido para la VIGA satisface la condición solicitada.

#### 4.6.3.2.3. Diseño a flexión

Considerando que lo que se busca es lograr que la disposición de acero cumpla las solicitaciones requeridas a la par de lograr que sea la alternativa más económica, se plantea diseñar con el acero mínimo para losas.

Según el artículo 9.72 de la norma E060 la cuantía mínima por retracción y temperatura es de 0.0018

Entonces considerando que es una platea y que tendrá doble malla se considera:

$$A_{smin} = 0.0012 \times b \times h = 0.0012 \times 100 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} = 6 \text{ cm}^2$$

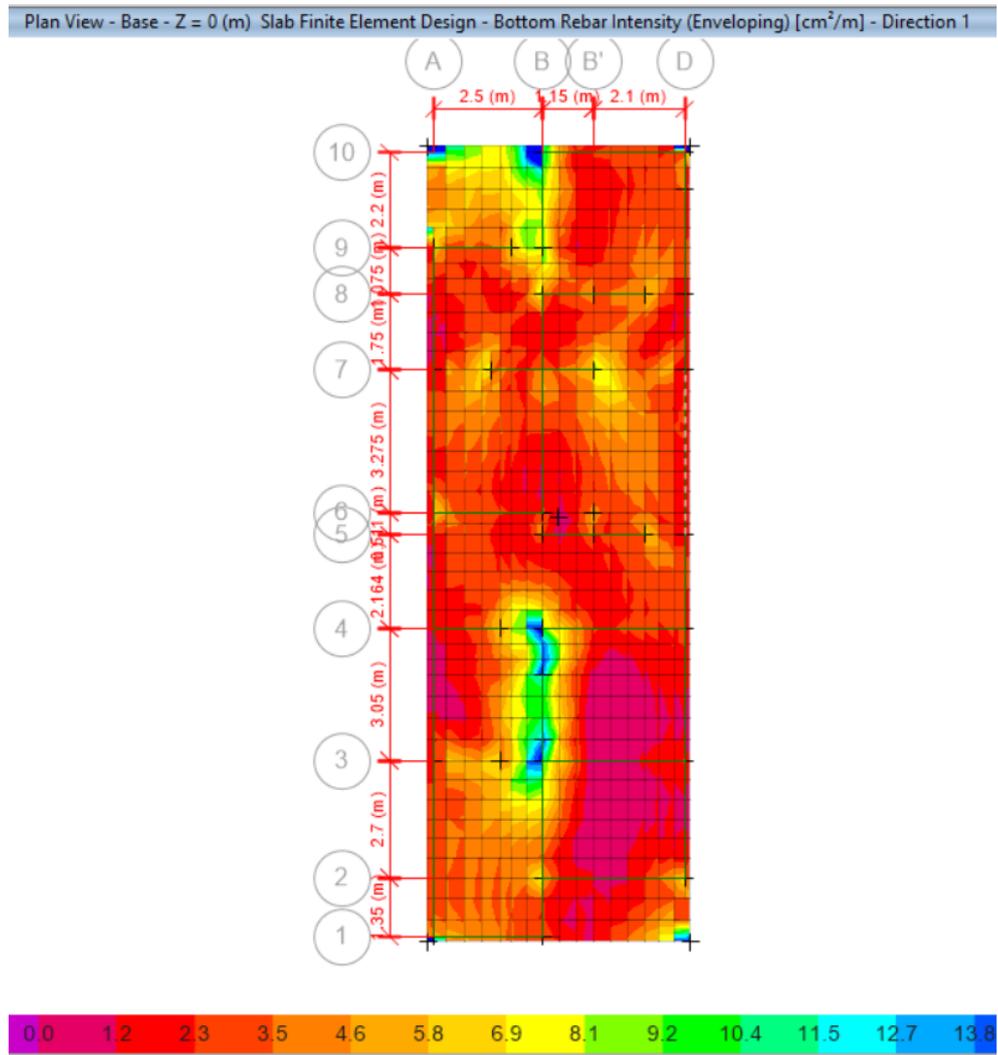
Y usando varillas de 5/8" tendríamos una separación de:

$$sep = \frac{A_{s \text{ var}}}{A_{s \text{ min}}}$$
$$sep = \frac{1.98 \text{ cm}^2}{6 \text{ cm}^2/\text{m}} = 0.33 \text{ m}$$

De acuerdo con el análisis efectuado se concluye que al utilizar Ø 5/8" @ 0.20 m, puede cumplirse con las solicitaciones requeridas en la losa de cimentación.

**Figura 122**

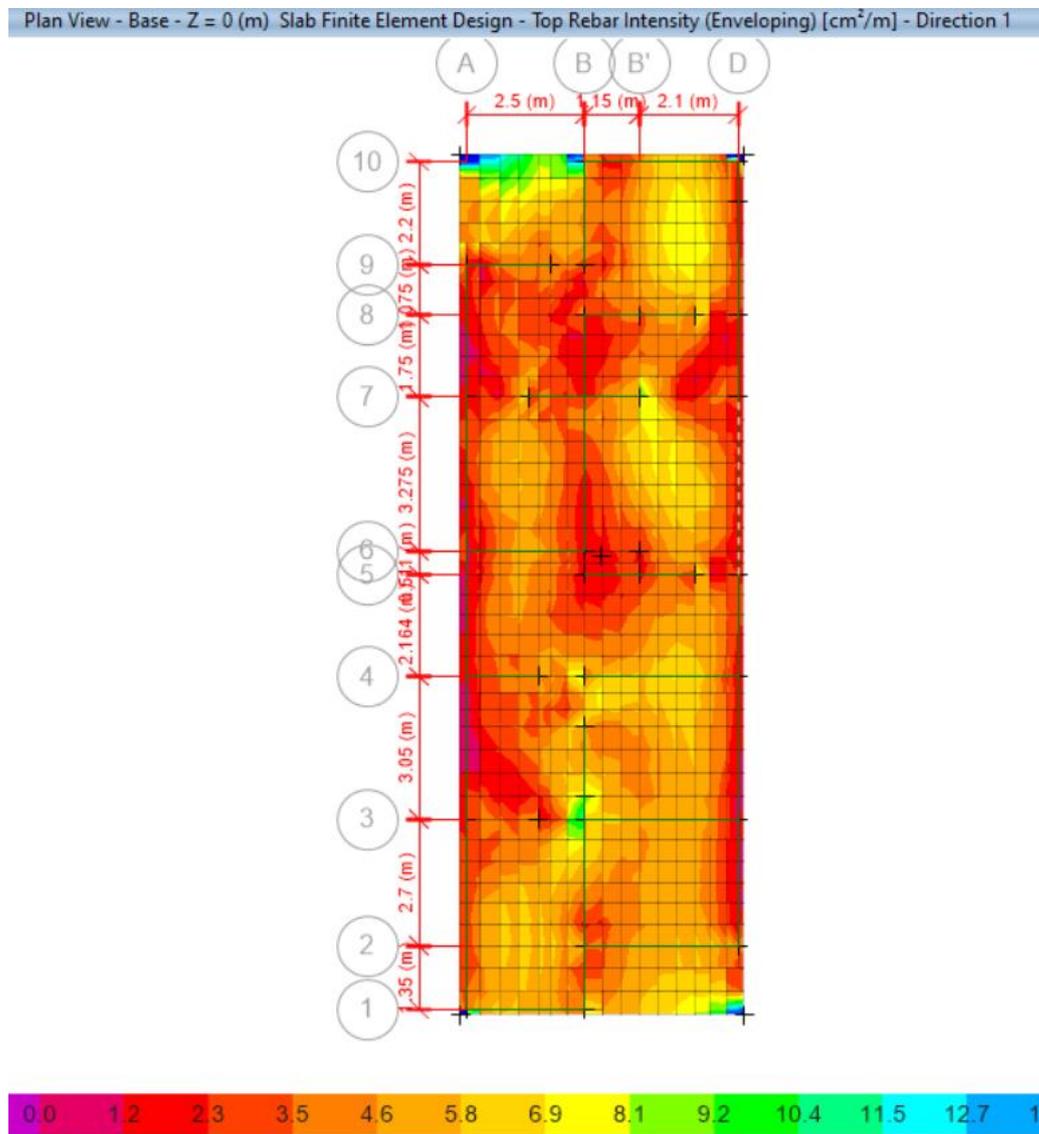
*Refuerzo inferior eje "X" platea H=0.50m*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 123**

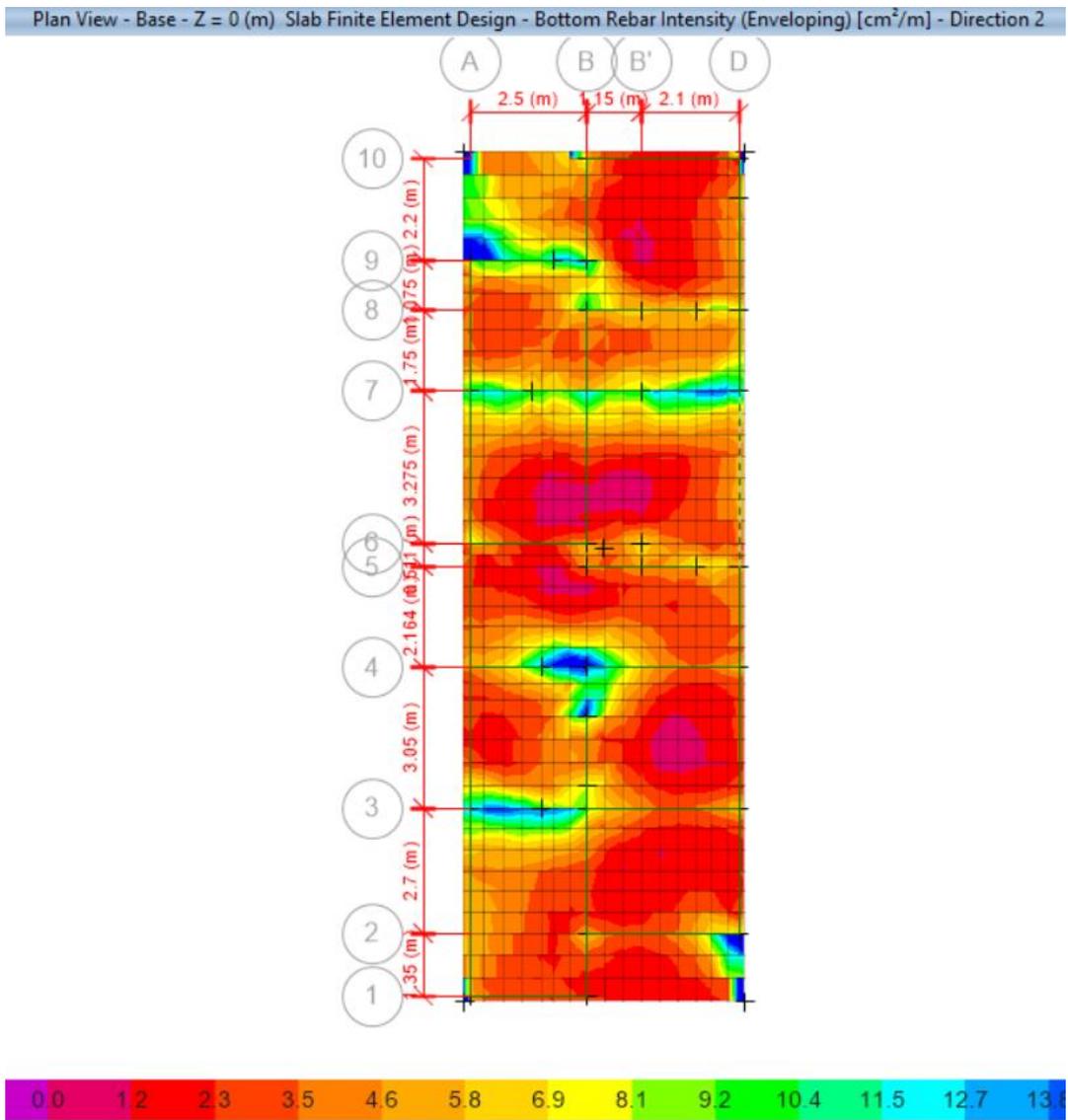
*Refuerzo superior eje "X" platea H=0.50m*



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 124**

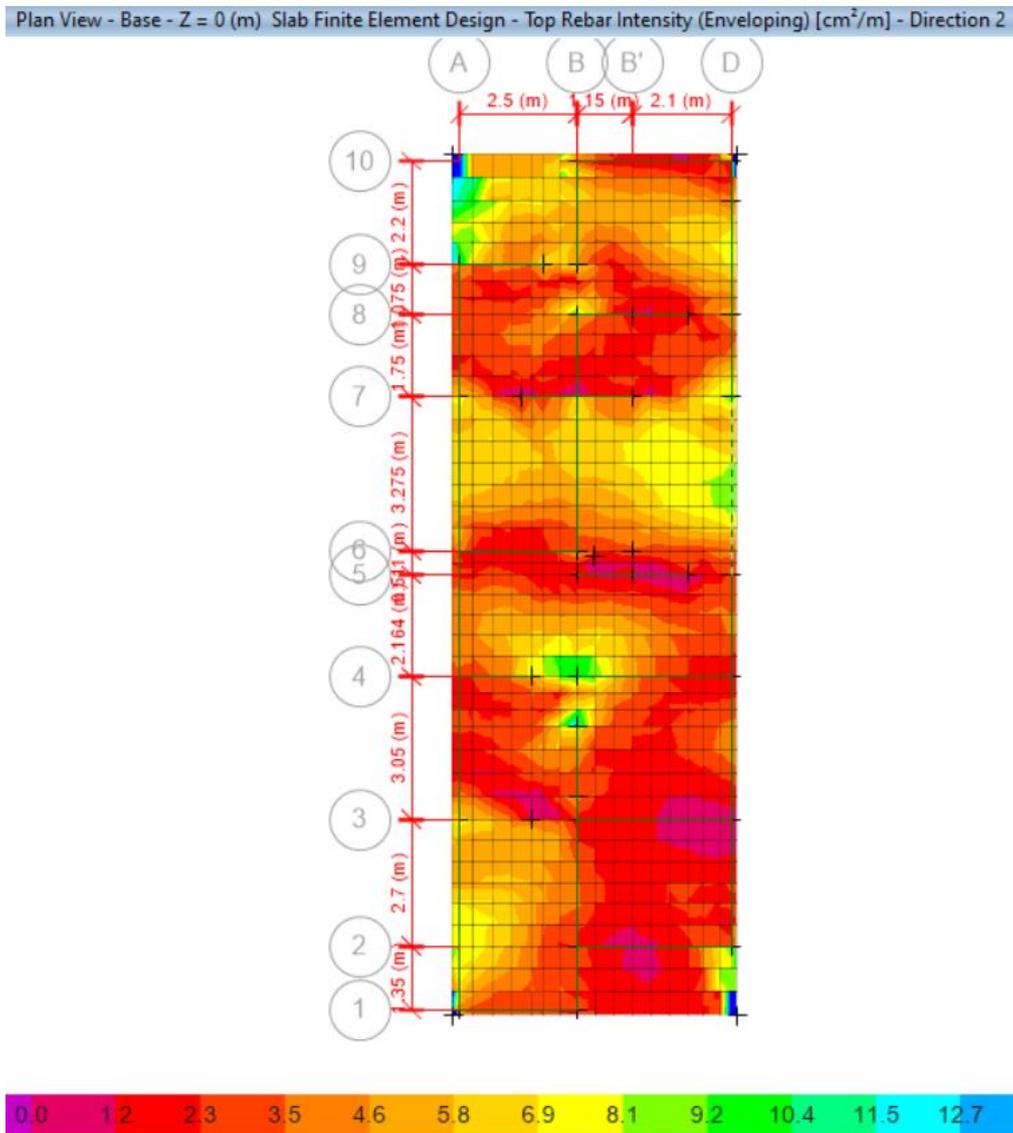
*Refuerzo inferior eje "Y" platea H=0.50m*



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 125**

*Refuerzo superior eje "Y" platea H=0.50m*

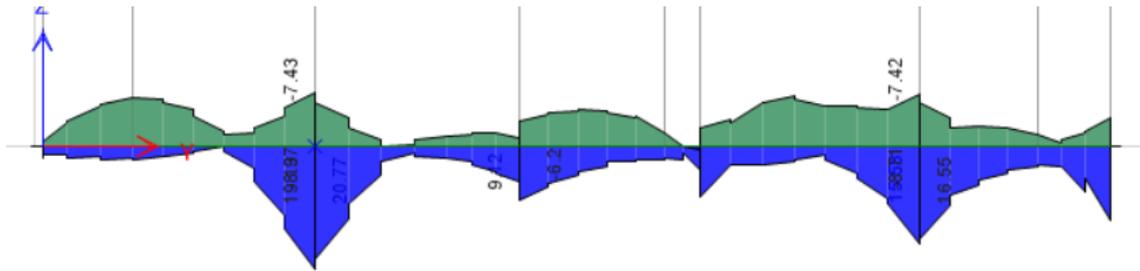


Fuente: Los autores (2024)

Para el caso de las vigas, el acero mínimo se calcula de acuerdo con los artículos 10.3.4 y 10.5.2 de la norma E.060 con lo cual el acero mínimo requerido en este caso es de 9.13 cm<sup>2</sup>.

**Figura 126**

*Diagrama momento VC 0.35x0.80m*

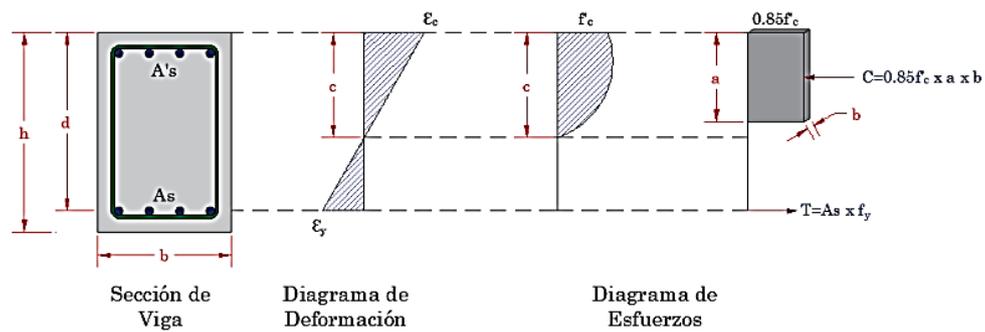


Fuente: Los autores (2024)

Tomando como ejemplo del diseño el eje A-A se tiene como momento de diseño 20.77 Ton/m

**Figura 127**

*Verificación de la fluencia VC 0.35x0.80m*



Fuente: Los autores (2024)

Altura del Bloque de Compresiones

$$a = \frac{A_{S_{colocado}} * f_y}{0.85 * f'_c * b}$$

$$a = 5.961 \text{ cm}$$

Distancia al Eje Neutro de la Sección

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$c = 7.013 \text{ cm}$$

Deformación Unitaria del Acero

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_s(d - c)}{c}$$

$$\varepsilon_s = 7.013 \text{ cm}$$

Ductilidad de la Sección

$$\mu = \frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_{sy}}$$

$$\mu = 7.013 \text{ cm}$$

Comportamiento sección, falla dúctil o frágil

*Tipo falla = "Falla ductil"*

Momento Resistente de la Sección

$$M_r = 38.795 \text{ tonf} - m$$

Utilizando 4 Ø 3/4" se tiene un momento resistente de 38.795 Ton/m con lo cual se cumple la sollicitación del momento actuante este proceso se ha repetido en el resto de las vigas.

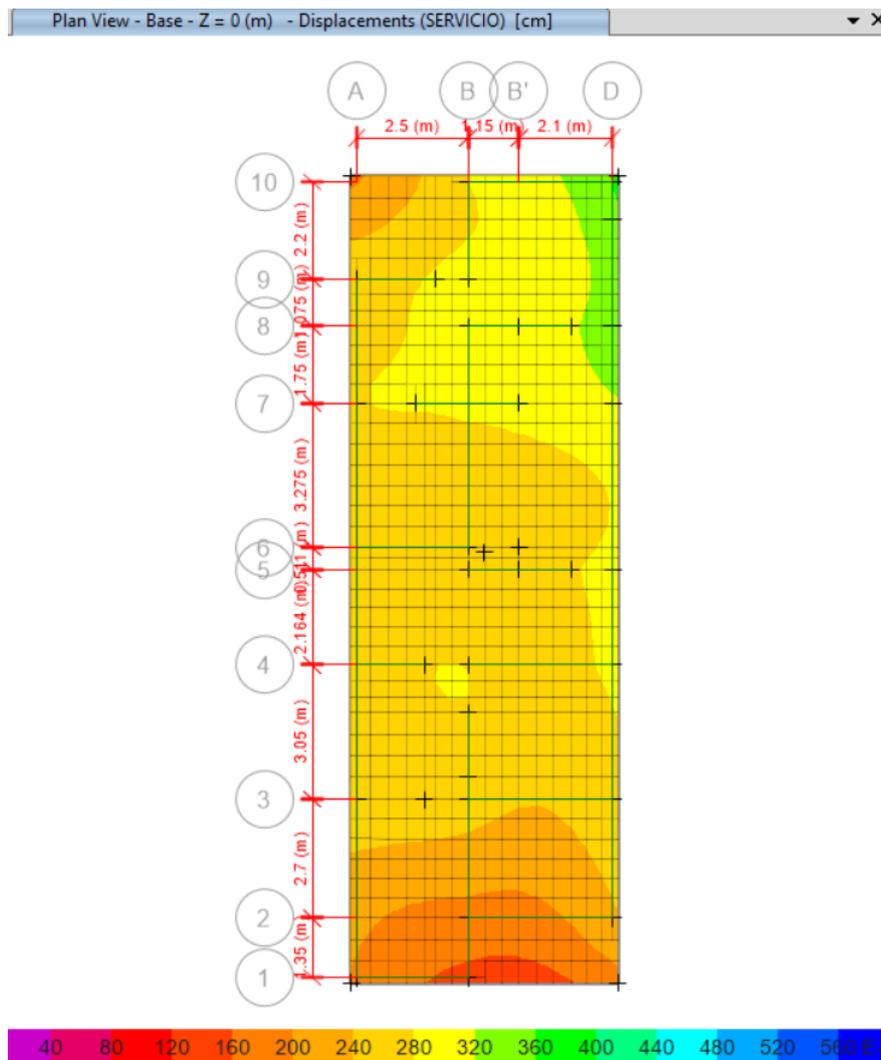
#### 4.6.3.2.4. Verificación de asentamientos

- **Caso de carga D + L**

Para este caso de carga se tiene un asentamiento máximo de: 0.36 cm

**Figura 128**

*Asentamiento carga D + L*



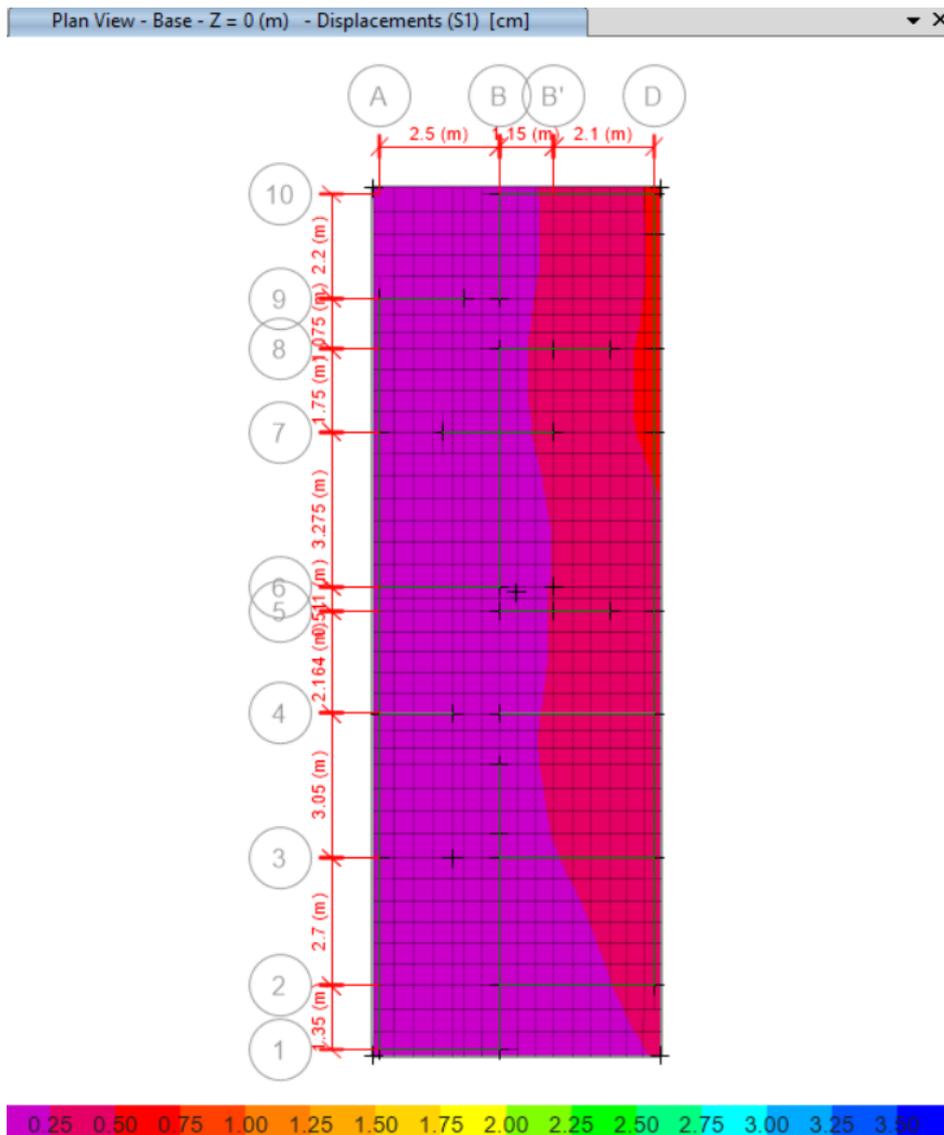
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga  $D + L + 0.8 S_x$**

Para este caso de carga, se tiene un asentamiento máximo de: 0.52 cm

**Figura 129**

*Asentamiento carga  $D + L + 0.8 S_x$*



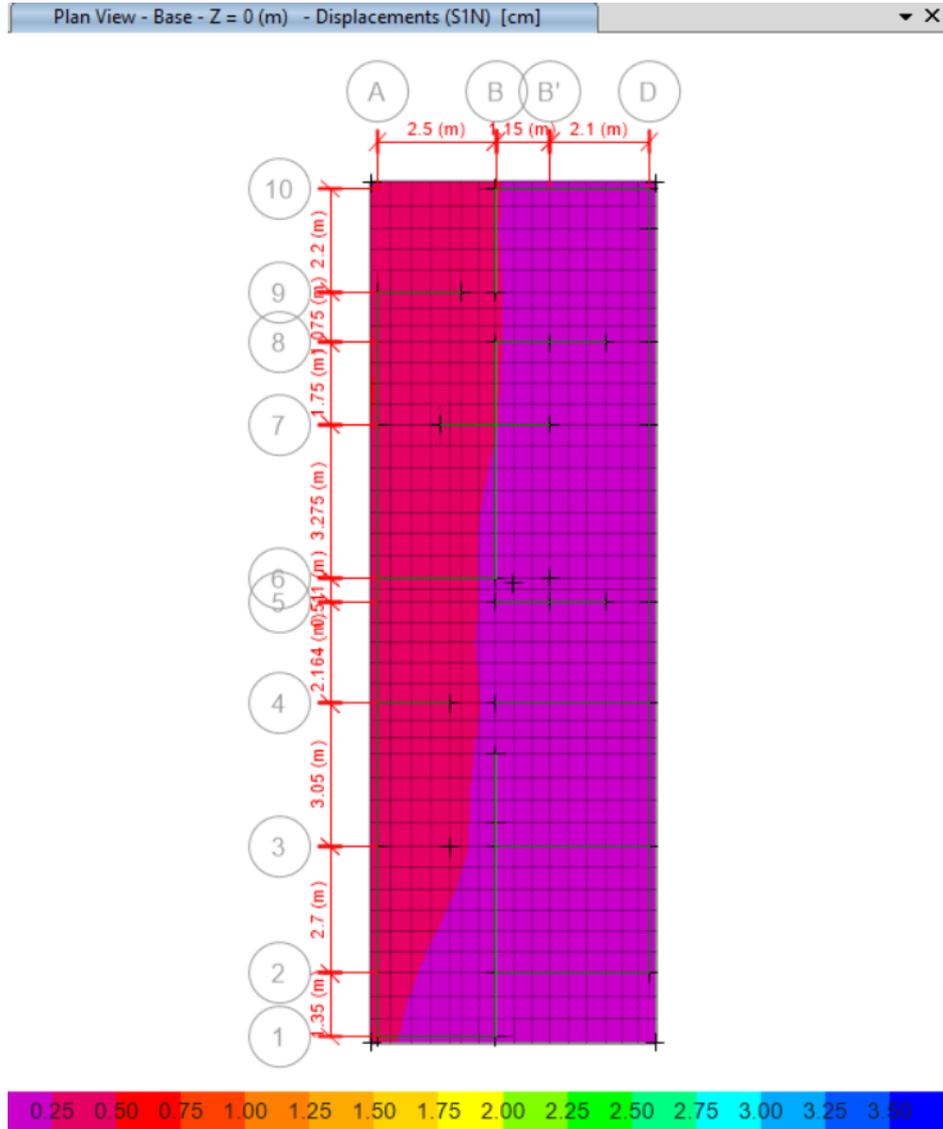
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga  $D + L - 0.8 S_x$**

Para este caso de carga, se tiene un asentamiento máximo de: 0.48 cm

**Figura 130**

*Asentamiento carga  $D + L - 0.8 S_x$*



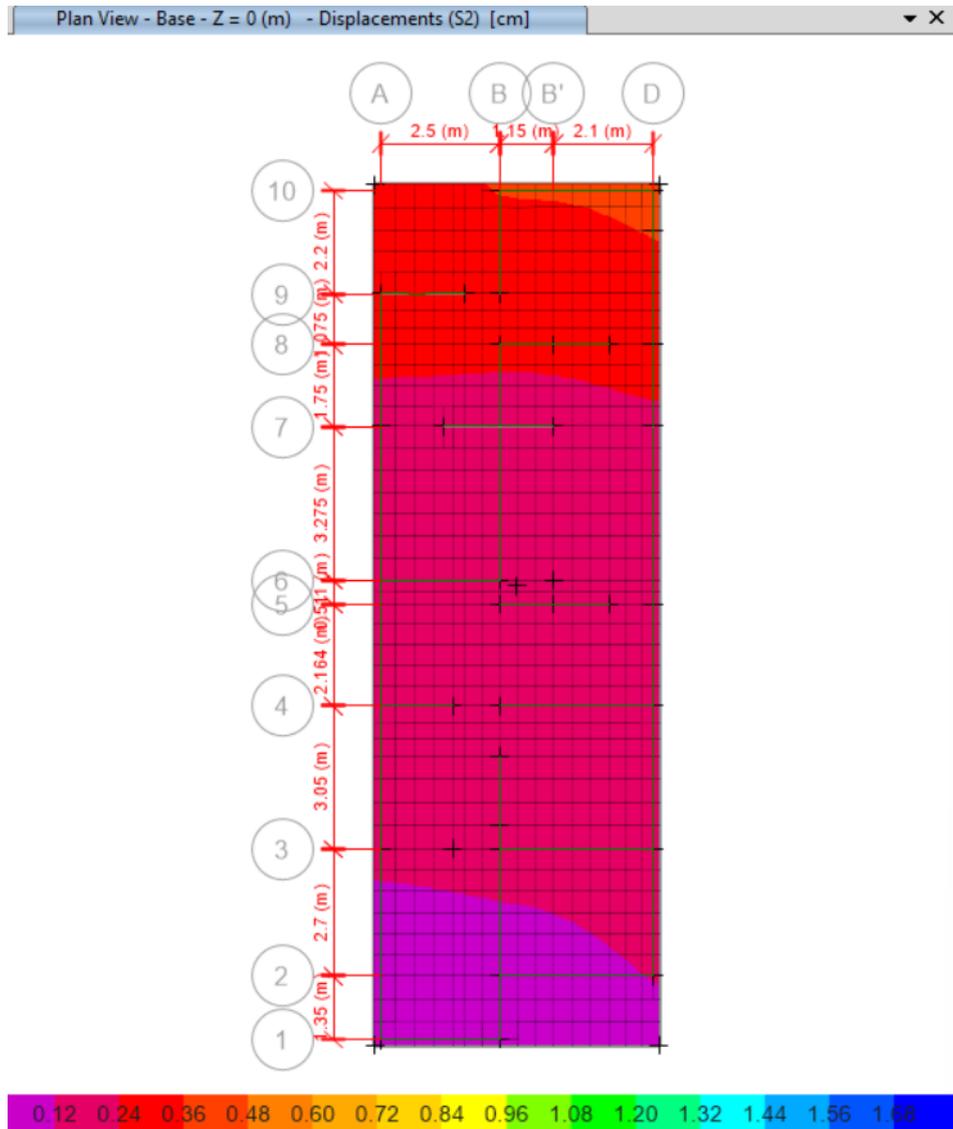
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L + 0.8 Sy**

Para este caso de carga, se tiene un asentamiento máximo de: 0.48 cm

**Figura 131**

*Asentamiento carga D + L + 0.8 Sy*



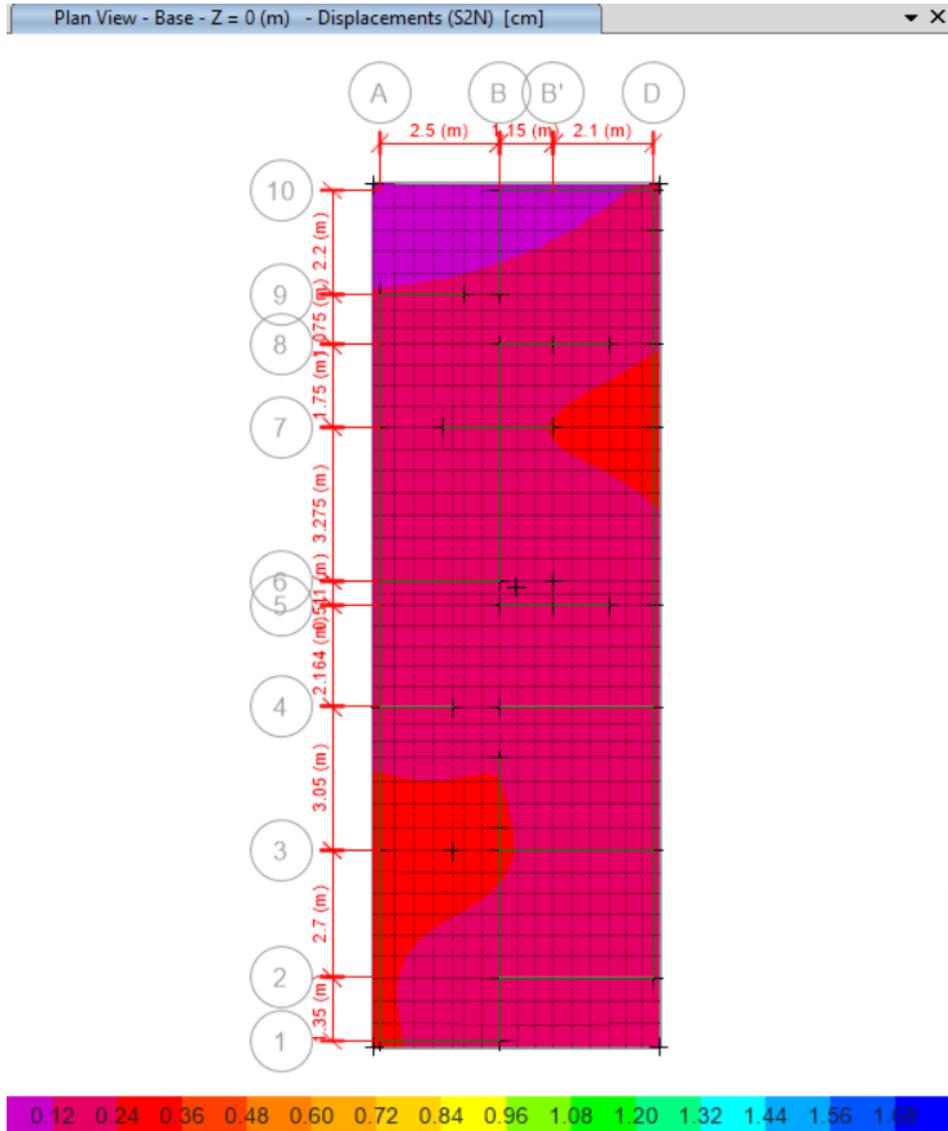
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L - 0.8 Sy**

Para este caso de carga, se tiene un asentamiento máximo de: 0.27 cm

**Figura 132**

*Asentamiento carga D + L - 0.8 Sy*



Fuente: Los autores (2024)

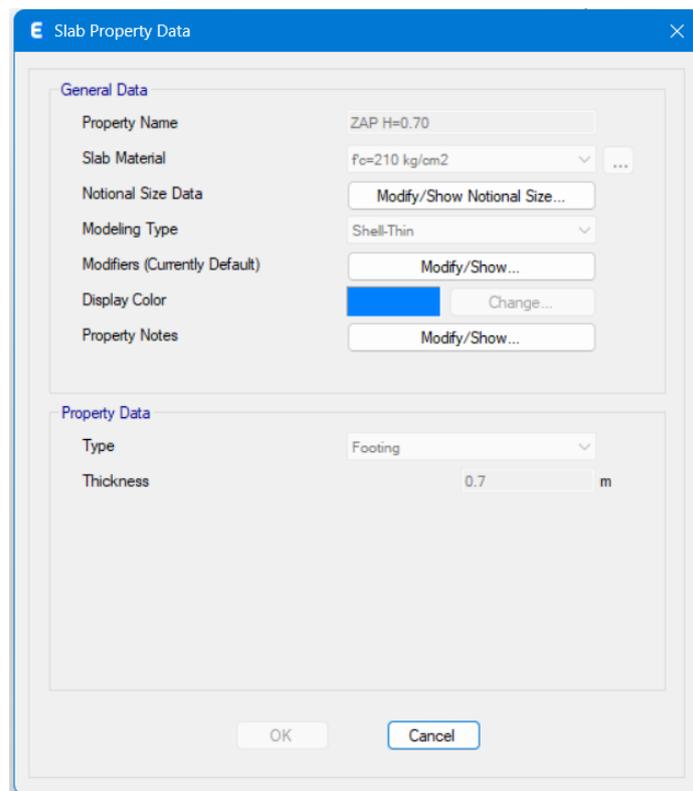
#### 4.6.4. Cimentación para edificación 5 niveles – sector 2

##### 4.6.4.1. Cimentación rígida – zapatas aisladas

Para el caso de esta cimentación nos hemos decantado por zapatas aisladas de 0.80m de espesor.

### Figura 133

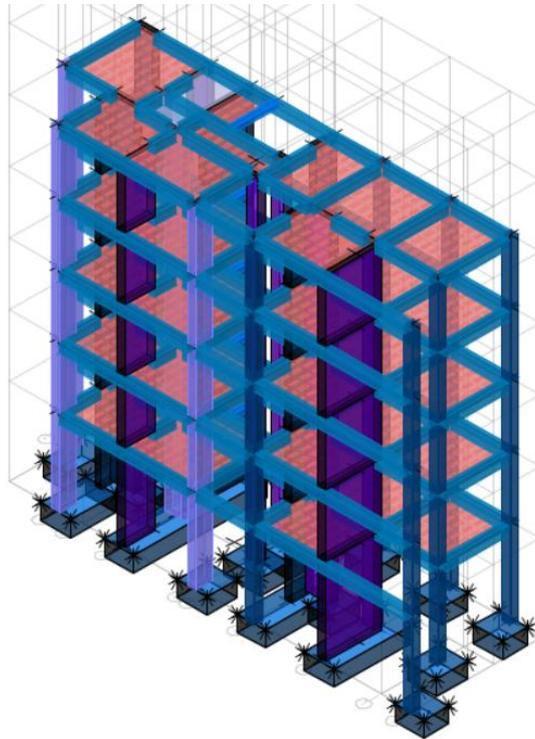
*Definición de zapata H=0.80m*



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 134**

*3D elevación zapatas  $H=0.80\text{ m}$*



Fuente: Los autores (2024)

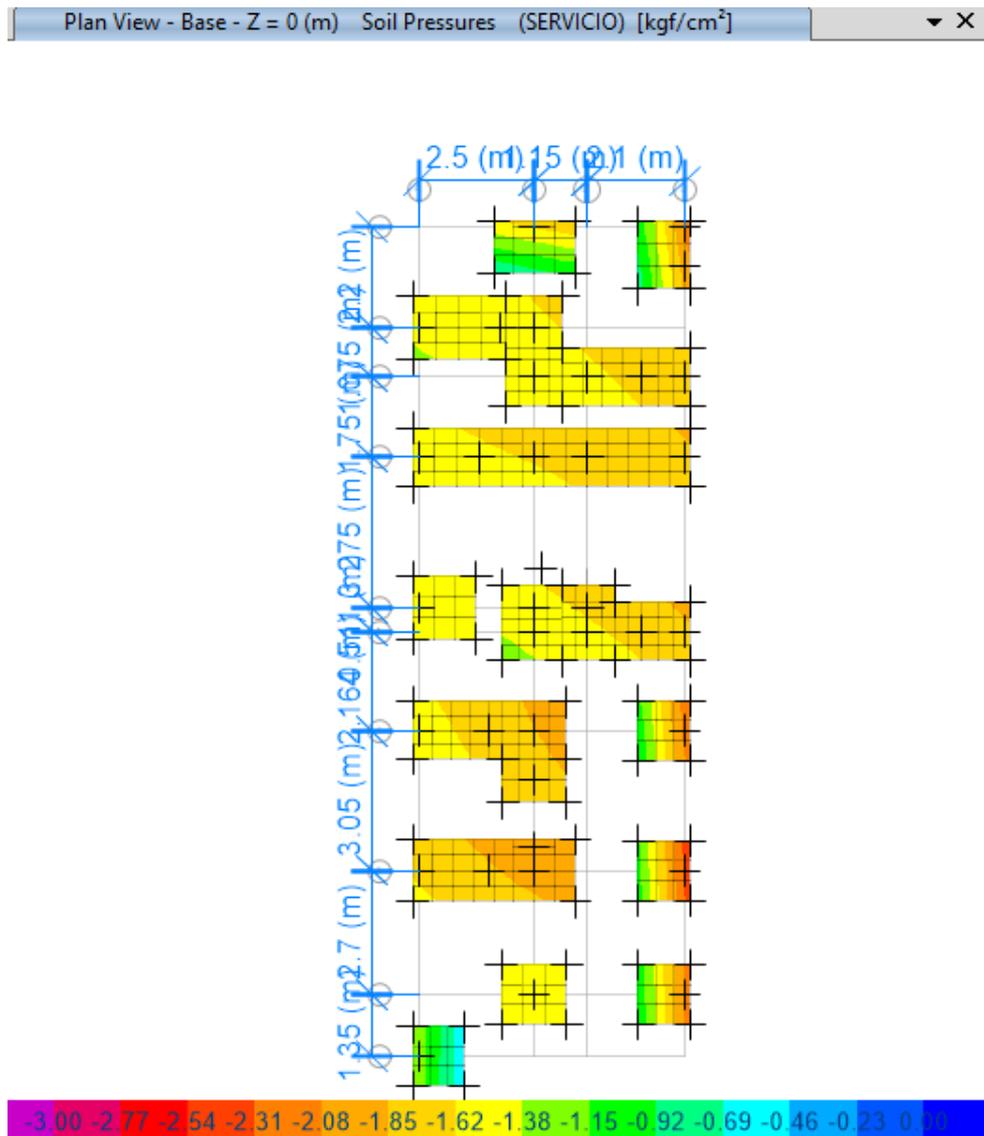
#### 4.6.4.1.1. Verificación de presiones

- Caso de carga D + L

Para el presente caso, se tiene una presión máxima de 2.50 kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 135**

*Presiones de zapatas H=0.80m - carga D + L*



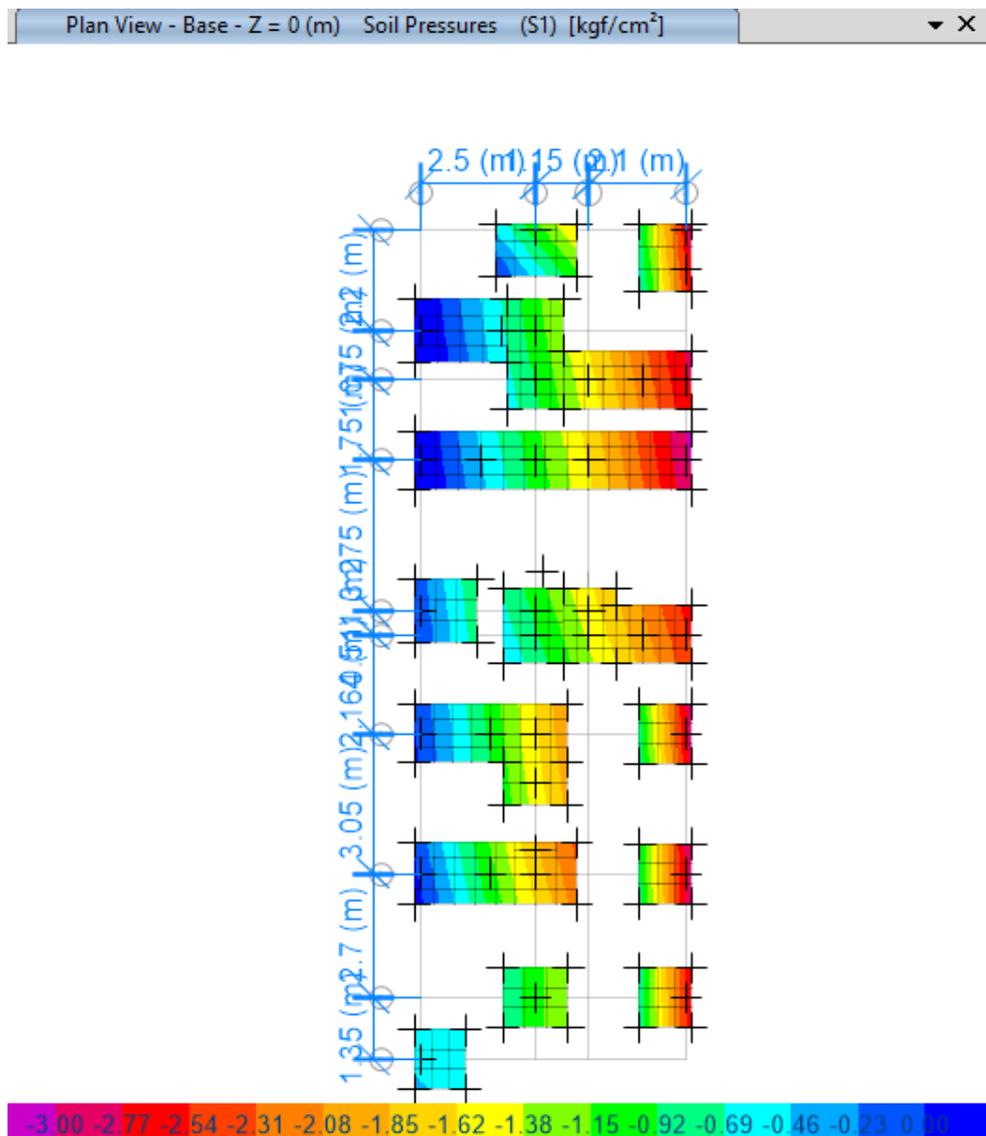
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L + 0.8 Sx**

Para el presente caso, se tiene una presión máxima de 2.90 kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 136**

*Presiones de zapatas H=0.80m - carga D + L + 0.8 Sx*



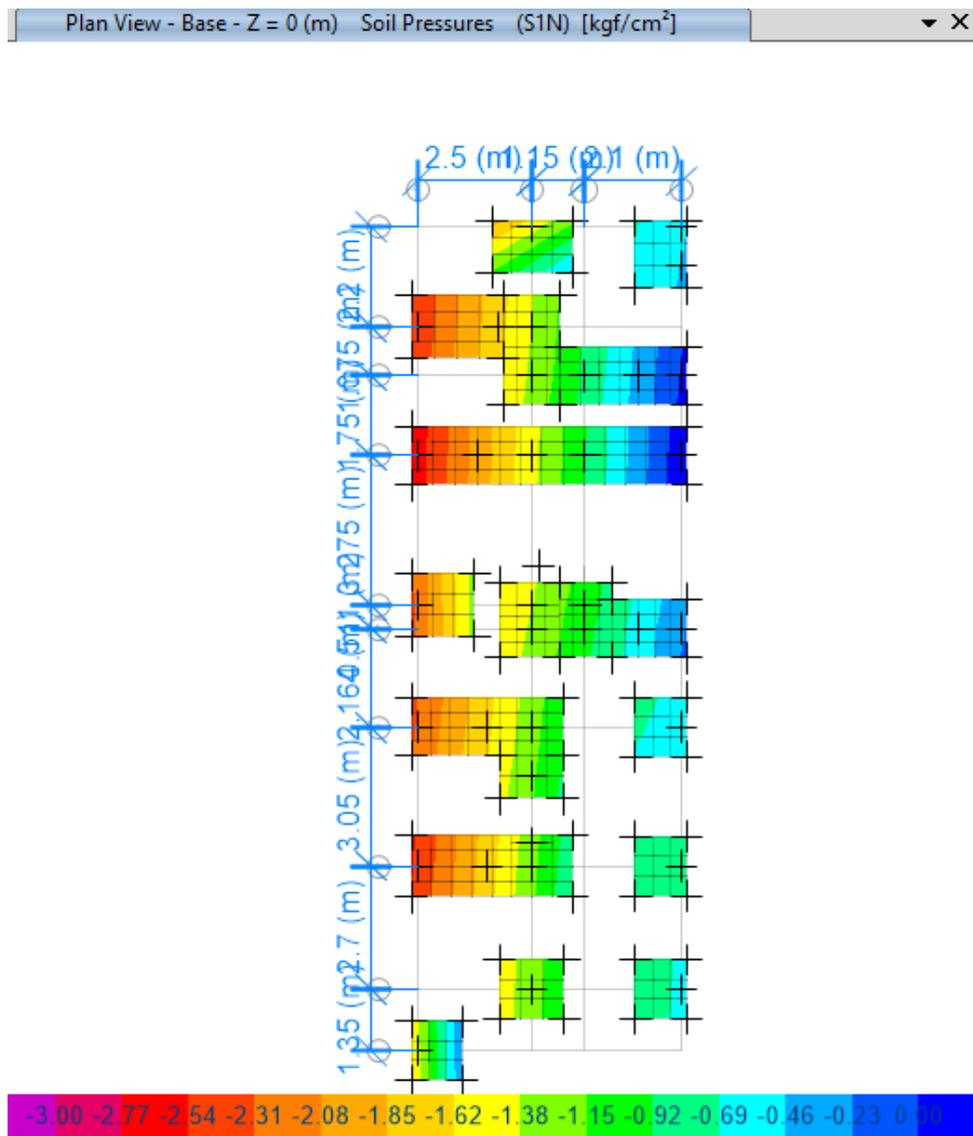
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L - 0.8 Sx**

Para el presente caso, se tiene una presión máxima de 2.75 kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 137**

*Presiones de zapatas H=0.80m - carga D + L - 0.8 Sx*



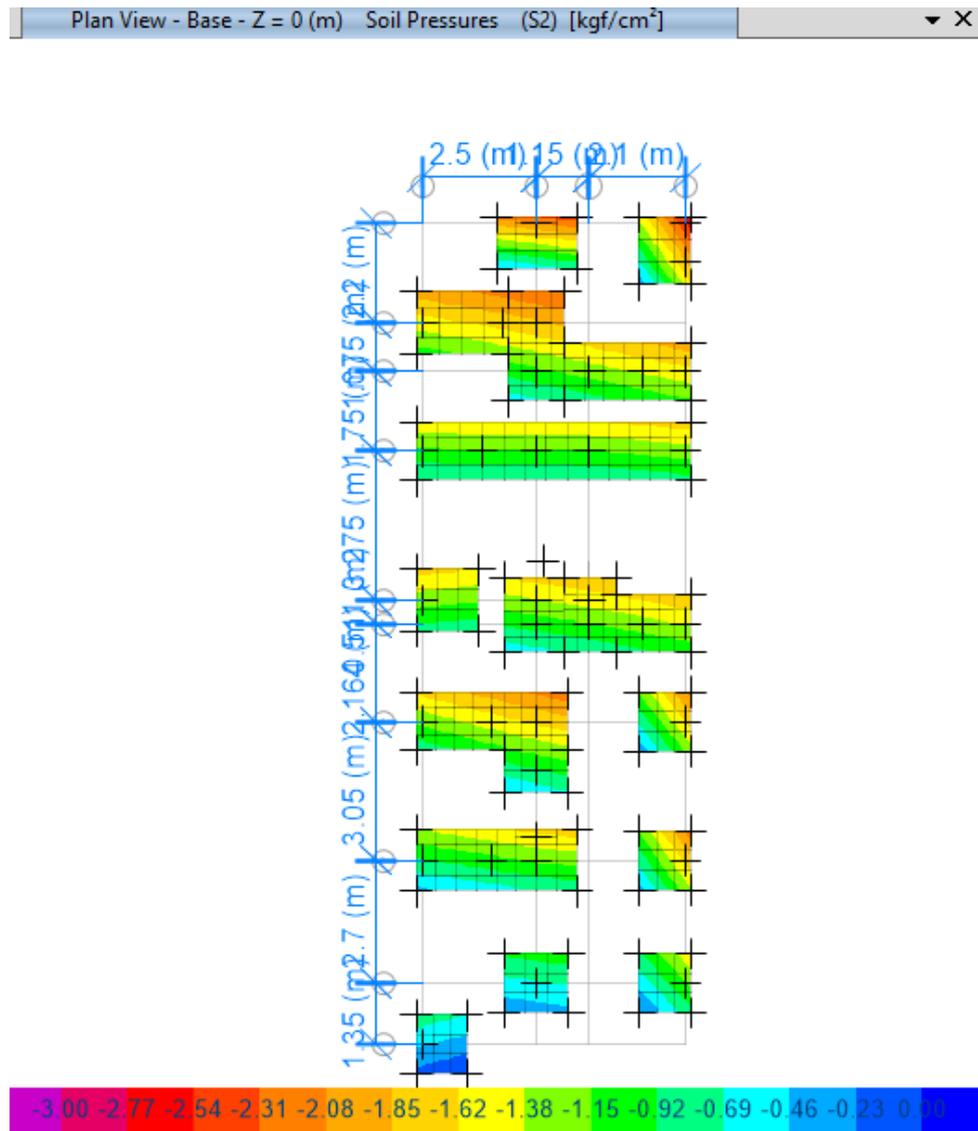
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L + 0.8 Sy**

Para el presente caso, se tiene una presión máxima de 2.71 kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 138**

*Presiones de zapatas H=0.80m - carga D + L + 0.8 Sy*



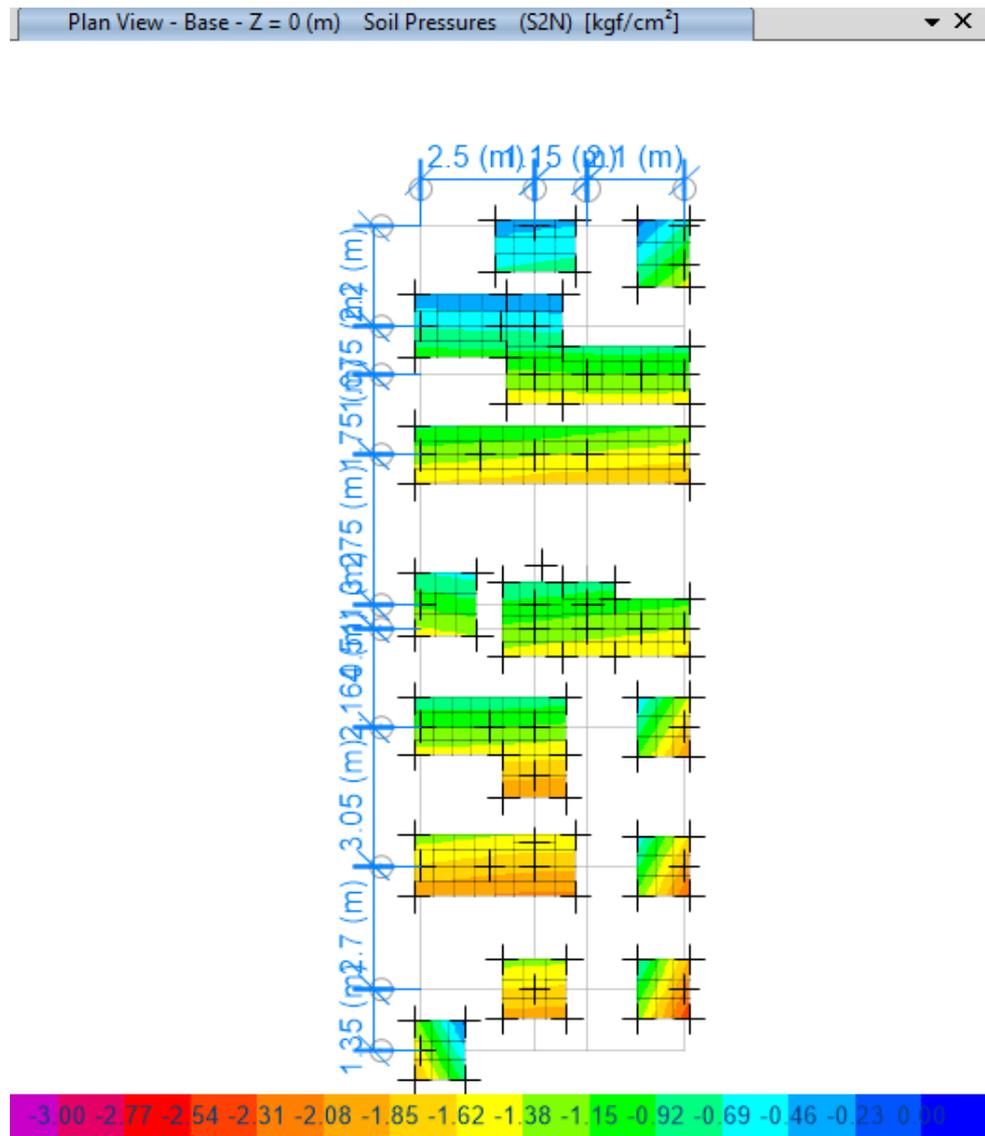
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L - 0.8 Sy**

Para el presente caso, se tiene una presión máxima de 2.52 kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 139**

*Presiones de zapatas H=0.80m - carga D + L - 0.8 Sy*



Fuente: Los autores (2024)

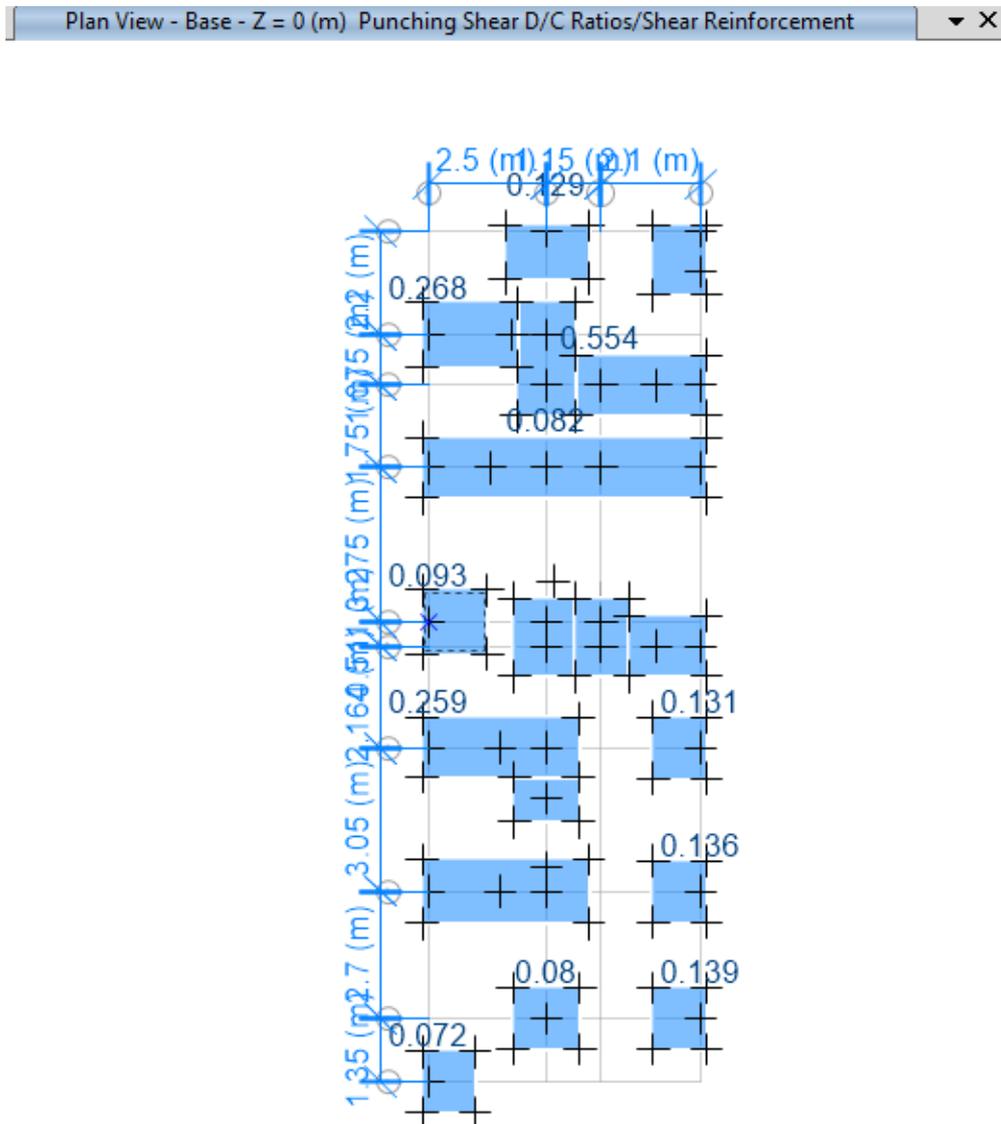
#### 4.6.4.1.2. Diseño a corte

- **Por punzonamiento**

Como era de esperarse dada la gran rigidez de la zapata cumple con holgura la sollicitación a corte por punzonamiento.

**Figura 140**

*Zapatas H=0.80m punzonamiento*



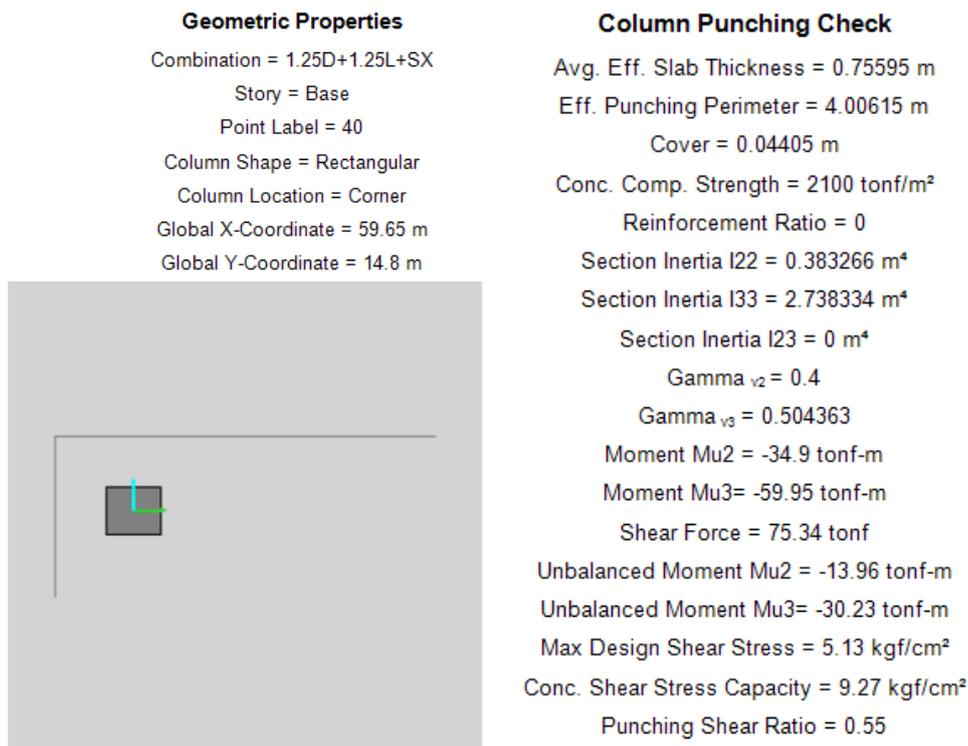
Fuente: Los autores (2024)

Detalles de la verificación del Corte por punzonamiento:

$$\sigma_c = 9.27 \frac{kg}{cm^2} \quad \sigma_U = 5.13 \frac{kg}{cm^2} \quad \frac{D}{C} = 0.55$$

**Figura 141**

*Verificación del corte por punzonamiento zapata H=80cm*



Fuente: Los autores (2024)

- **Por capacidad**

Teniendo en cuenta que la capacidad de resistencia a corte del concreto es:

$$\emptyset V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

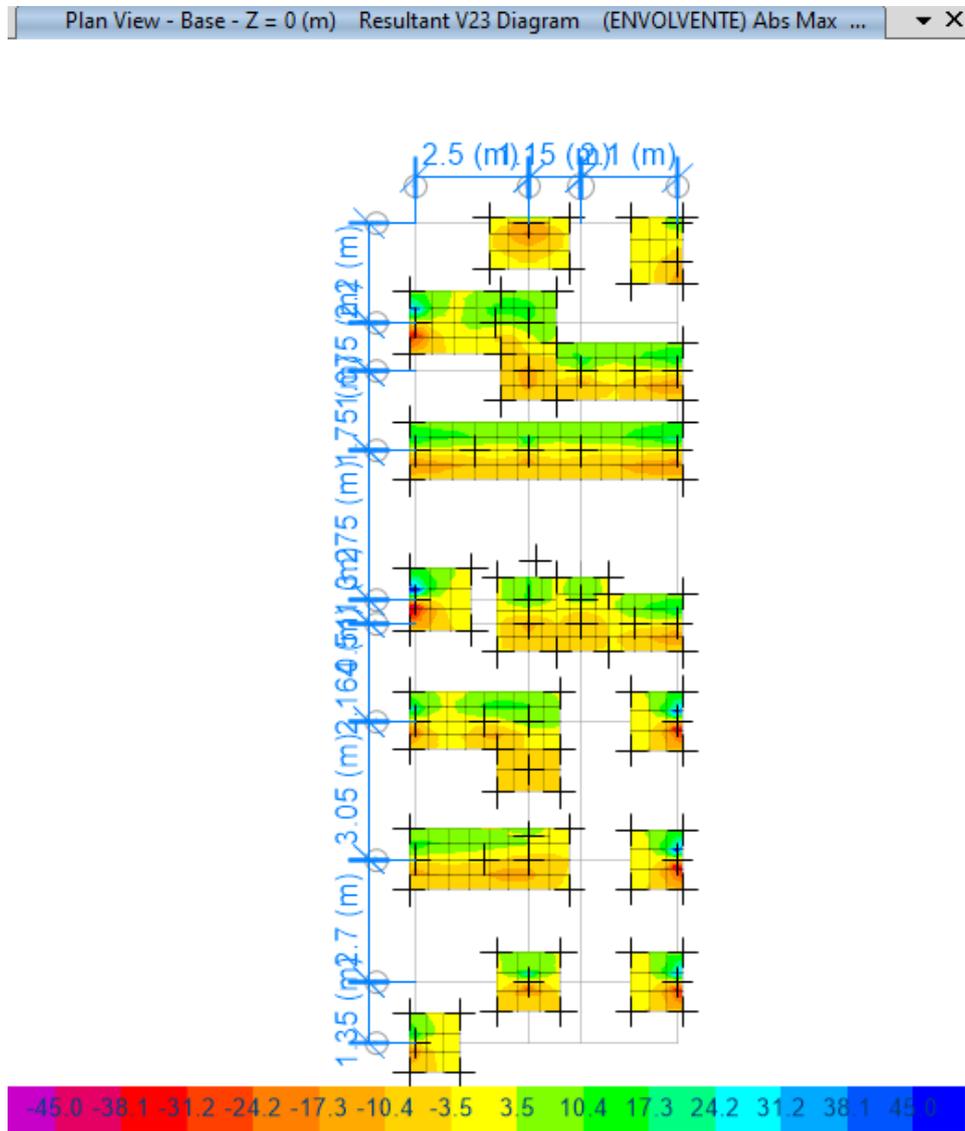
$$\emptyset V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 100 \times 70$$

$$\emptyset V_c = 45.72 \text{ ton}$$



**Figura 143**

*Cortante máximo "Y" zapatas H=0.80m*



Fuente: Los autores (2024)

#### 4.6.4.1.3. Diseño a flexión

Considerando que lo que se busca es lograr que la disposición de acero cumpla las solicitaciones requeridas a la par de lograr que sea la alternativa más económica, se plantea diseñar con el acero mínimo para losas.

Según el artículo 9.72 de la norma E060 la cuantía mínima por retracción y temperatura es de 0.0018

Entonces considerando que es una zapata aislada y que tendrá una sola malla se considera:

$$A_{smin} = 0.0018 \times b \times h = 0.0018 \times 100 \text{ cm} \times 80 \text{ cm} = 14.4 \text{ cm}^2$$

Y usando varillas de 3/4" tendríamos una separación de:

$$sep = \frac{A_{s \text{ var}}}{A_{s \text{ min}}}$$
$$sep = \frac{2.85 \text{ cm}^2}{14.4 \frac{\text{cm}^2}{m}} = 0.20 \text{ m}$$

Por otro lado, considerando que es una zapata combinada y que tendrá doble malla se considera:

$$A_{smin} = 0.0012 \times b \times h = 0.0012 \times 100 \text{ cm} \times 80 \text{ cm} = 9.6 \text{ cm}^2$$

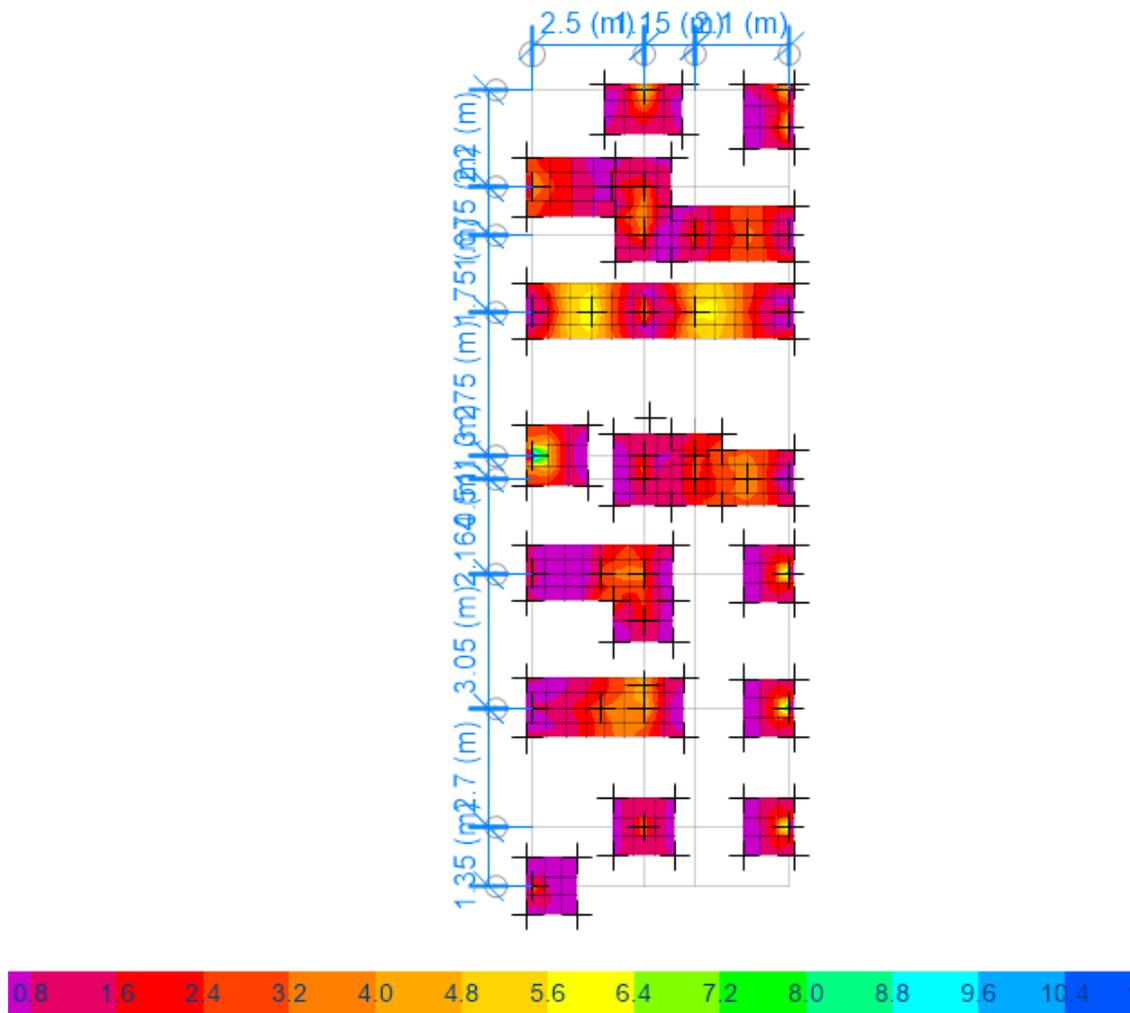
Y usando varillas de 5/8" tendríamos una separación de:

$$sep = \frac{A_{s \text{ var}}}{A_{s \text{ min}}}$$
$$sep = \frac{1.98 \text{ cm}^2}{9.60 \text{ cm}^2/m} = 0.20 \text{ m}$$

**Figura 144**

*Refuerzo inferior eje "X" zapata H=0.80m*

Plan View - Base - Z = 0 (m) Slab Finite Element Design - Bottom Rebar Intensity (Enveloping) [cm<sup>2</sup>/m] - Direction 1

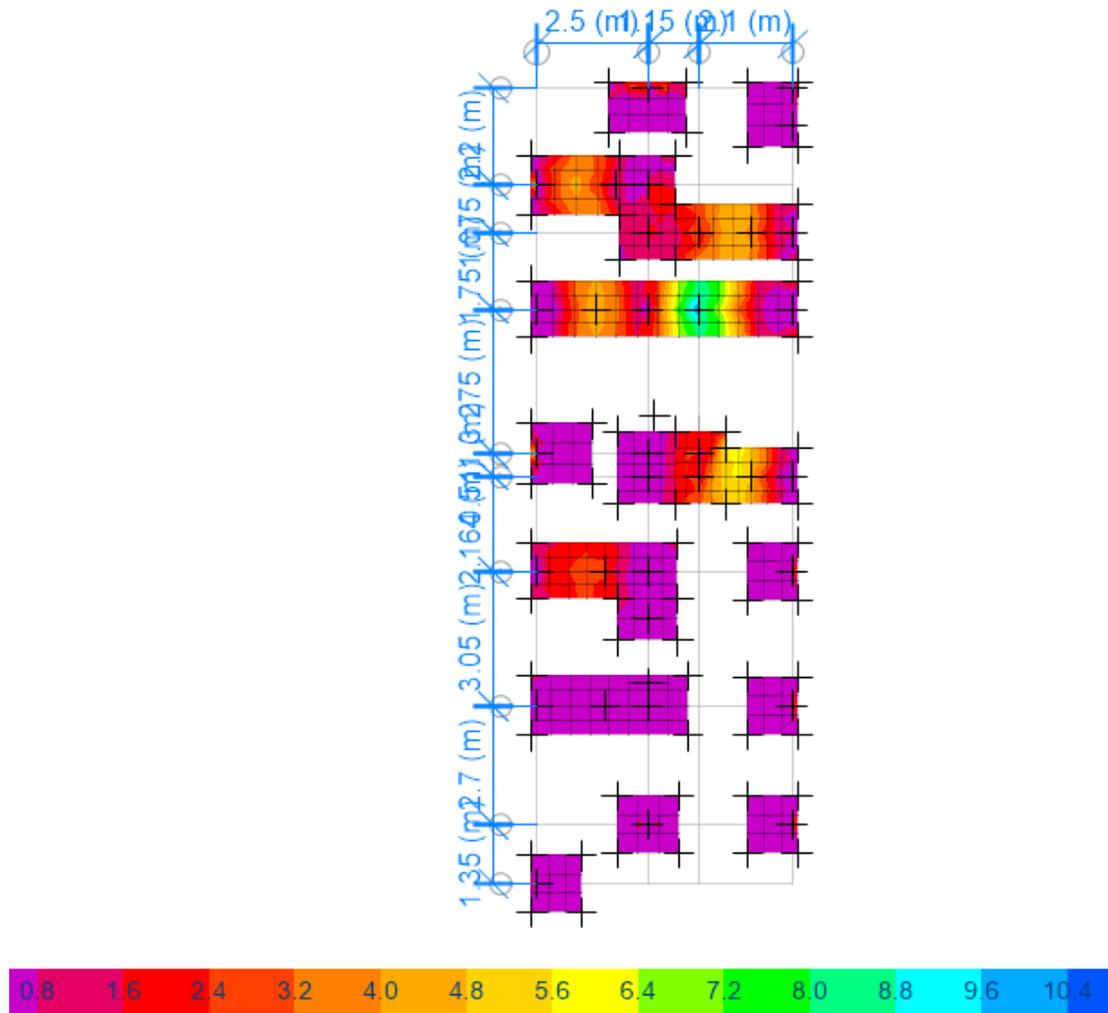


Fuente: Los autores (2024)

**Figura 145**

*Refuerzo superior eje "X" zapata H=0.80m*

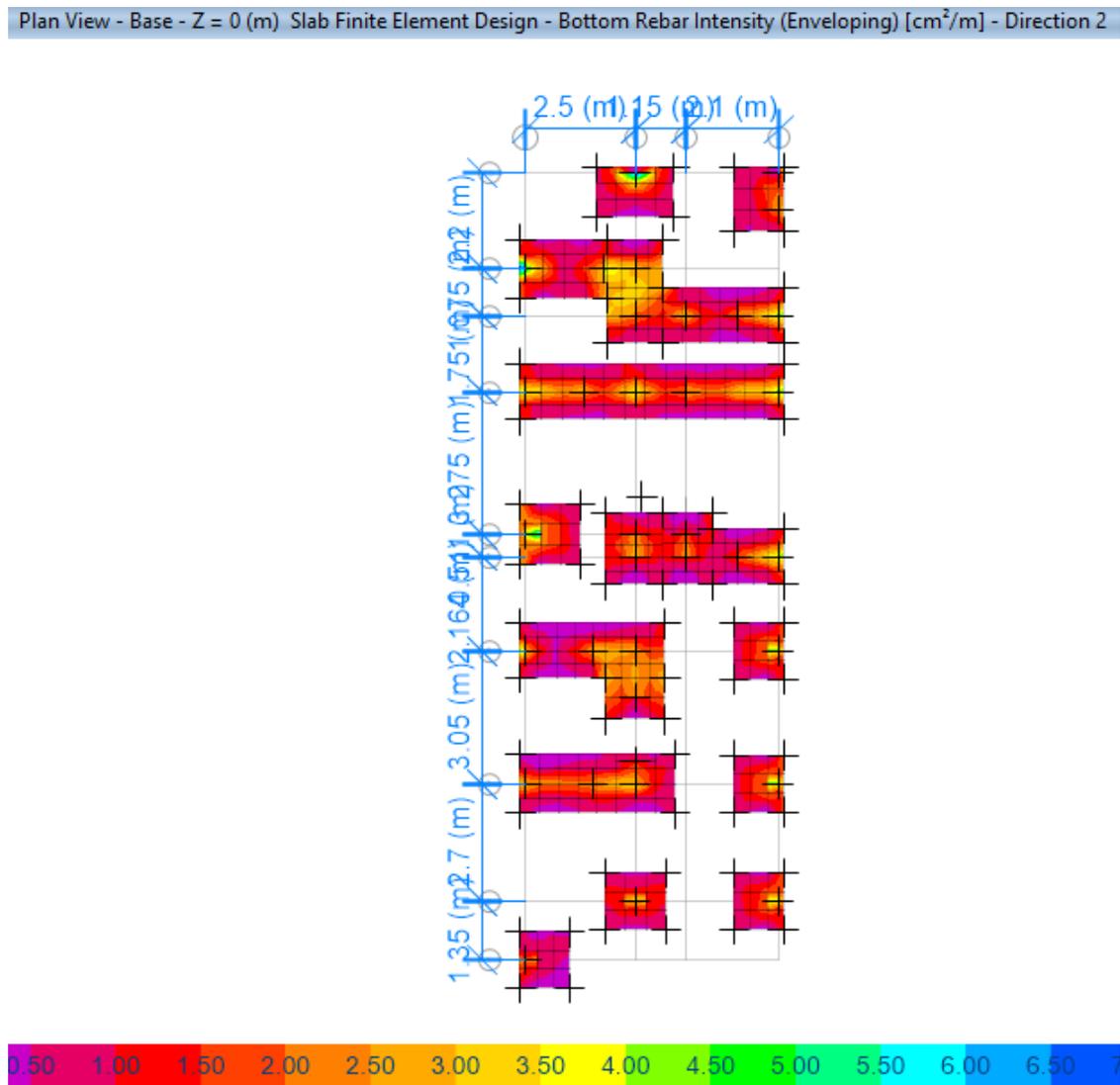
Plan View - Base - Z = 0 (m) Slab Finite Element Design - Top Rebar Intensity (Enveloping) [cm<sup>2</sup>/m] - Direction 1



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 146**

*Refuerzo inferior eje "Y" zapata H=0.80m*



Fuente: Los autores (2024)





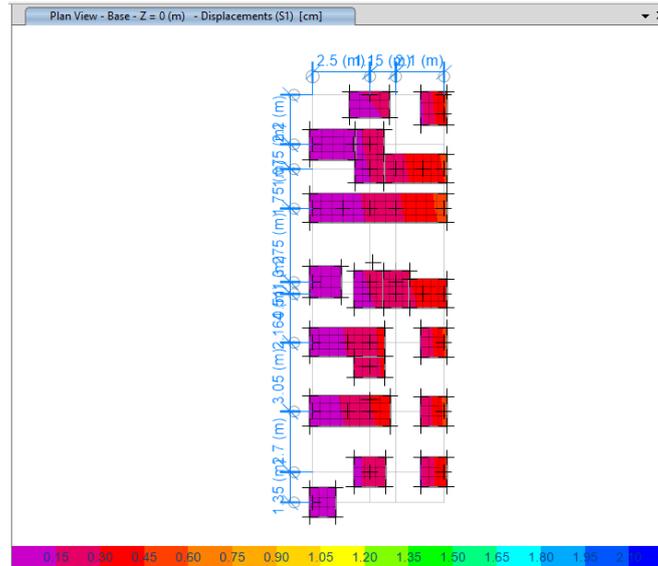
- **Caso de carga  $D + L \pm 0.8 S_x$**

Para caso  $D + L + 0.8 S_x$ , se tiene un asentamiento máximo de: 0.49 cm

Para caso  $D + L - 0.8 S_x$ , se tiene un asentamiento máximo de: 0.40 cm

**Figura 149**

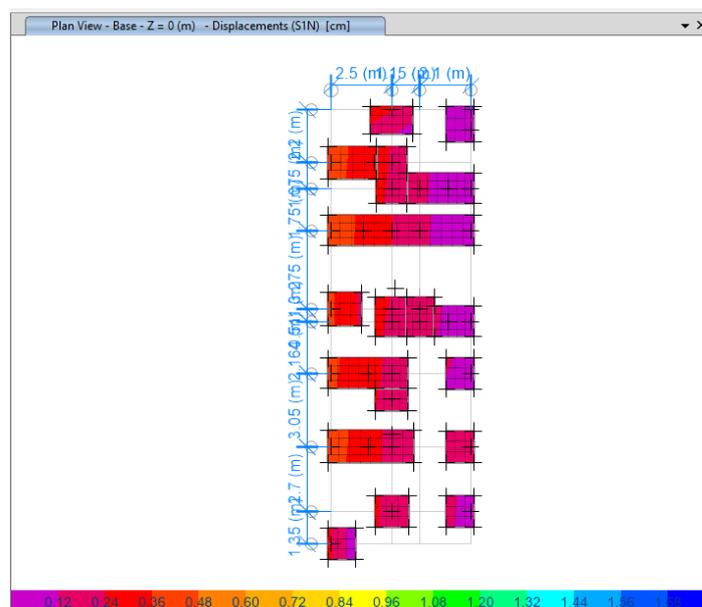
*Asentamiento carga  $D + L + 0.8 S_x$*



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 150**

*Asentamiento carga  $D + L - 0.8 S_x$*



Fuente: Los autores (2024)

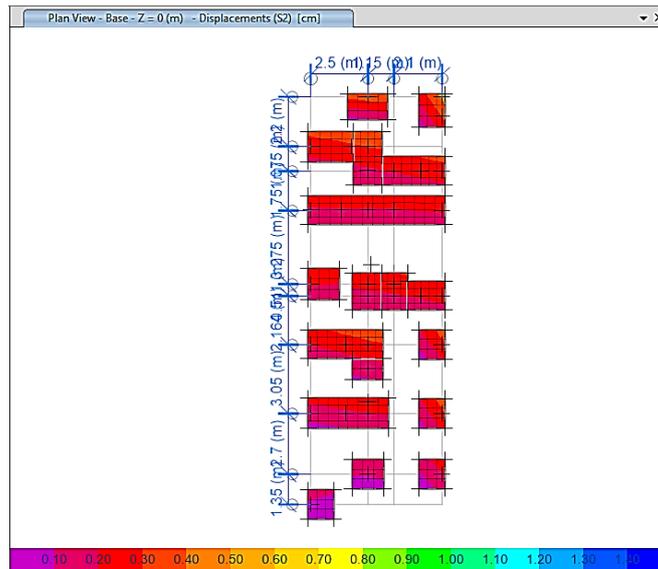
- **Caso de carga  $D + L \pm 0.8 S_y$**

Para caso  $D + L + 0.8 S_y$ , se tiene un asentamiento máximo de: 0.45 cm

Para caso  $D + L - 0.8 S_y$ , se tiene un asentamiento máximo de: 0.42 cm

**Figura 151**

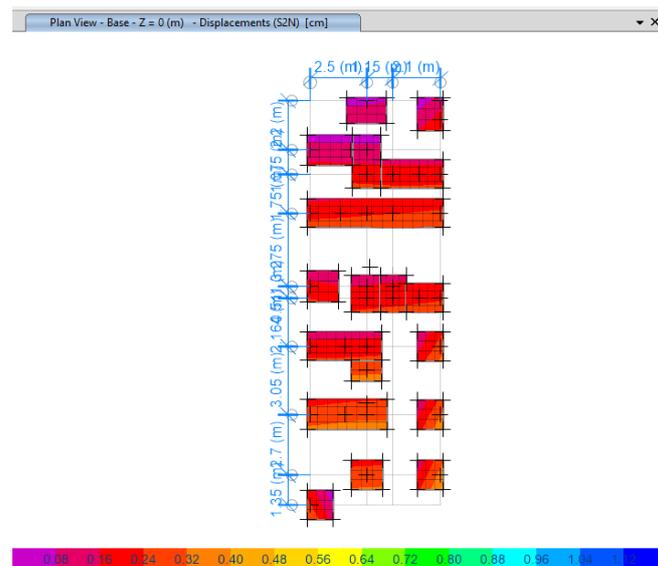
*Asentamiento carga  $D + L + 0.8 S_y$*



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 152**

*Asentamiento carga  $D + L - 0.8 S_y$*



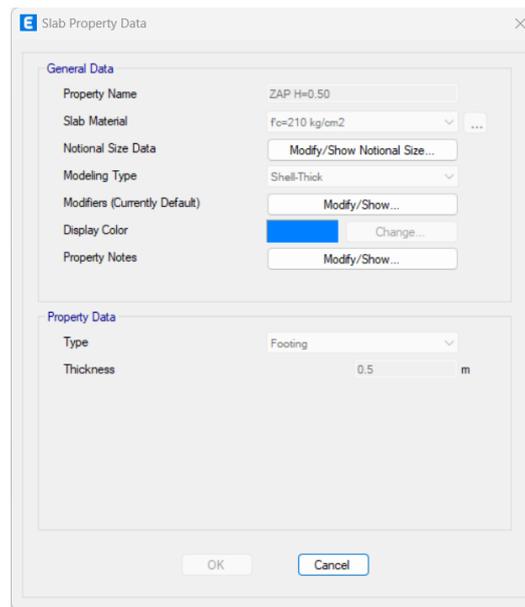
Fuente: Los autores (2024)

#### 4.6.4.2. Cimentación flexible – zapatas aisladas $H=0.50m$

Para el caso de esta cimentación nos hemos decantado por zapatas de 0.50m de espesor.

**Figura 153**

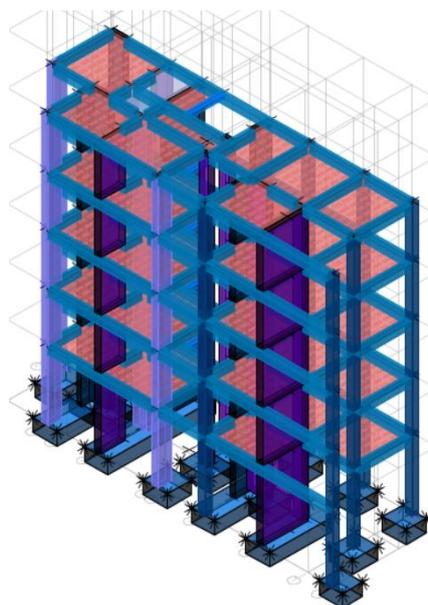
*Definición zapata  $H=0.50m$*



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 154**

*3D modelado zapata  $H=0.50m$*



Fuente: Los autores (2024)

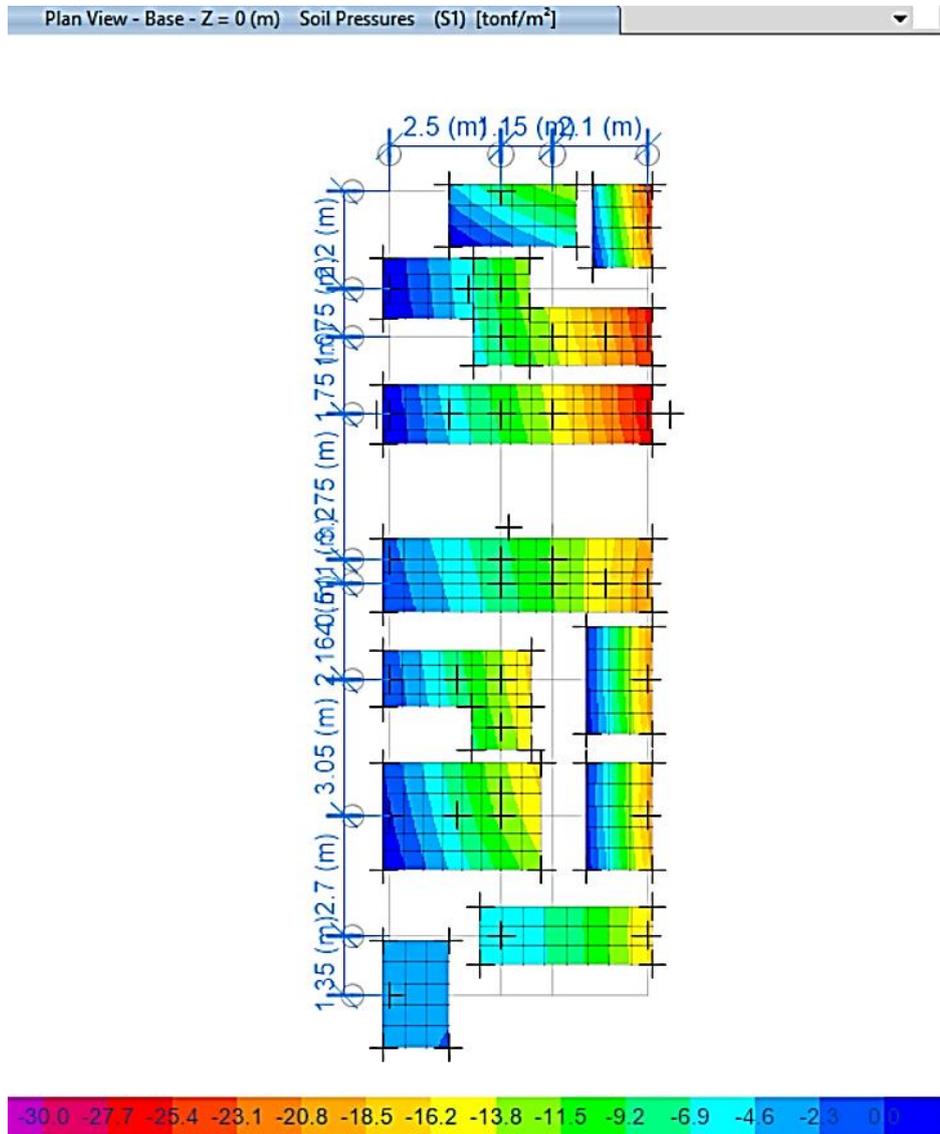


- **Caso de carga D + L + 0.8 Sx**

Para el presente caso, se tiene una presión máxima de 2.70 kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 156**

*Presiones de zapatas H=0.50m - carga D + L + 0.8 Sx*



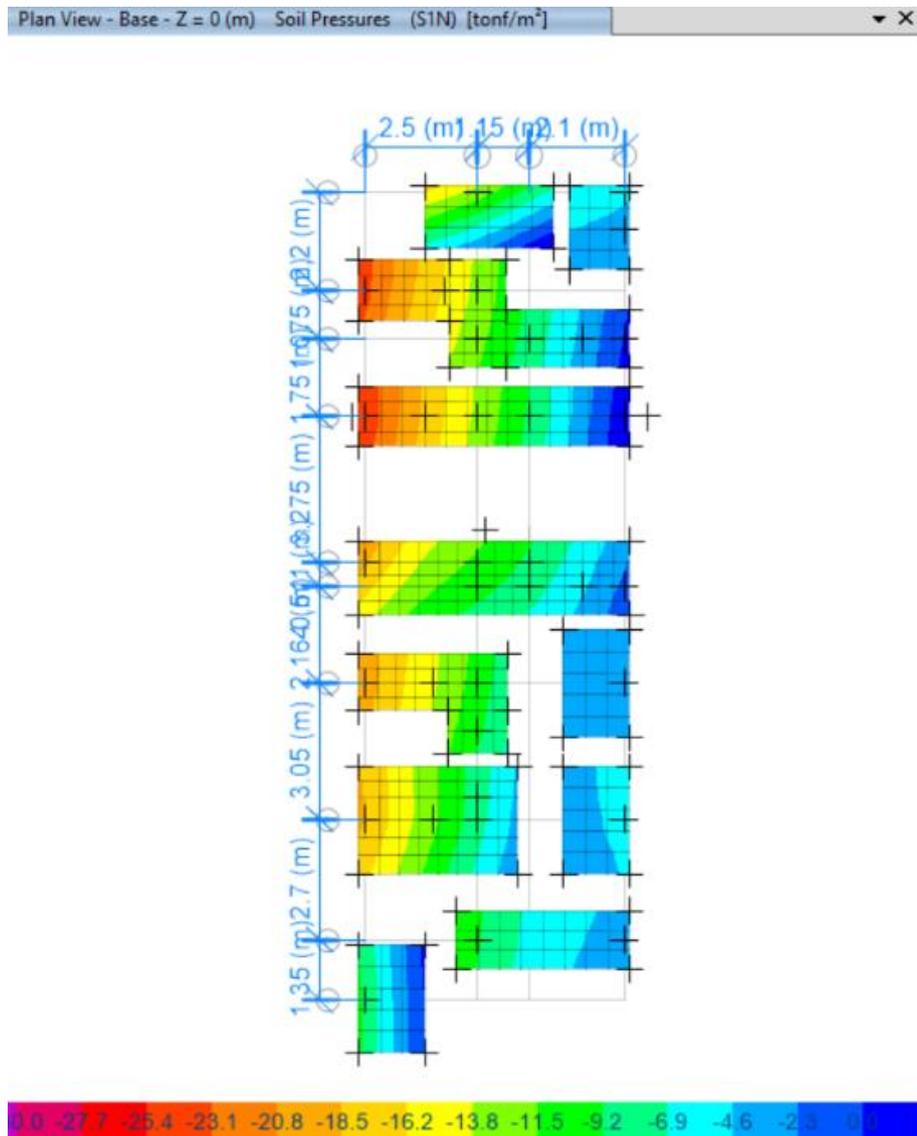
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L - 0.8 Sx**

Para el presente caso, se tiene una presión máxima de 2.53 kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 157**

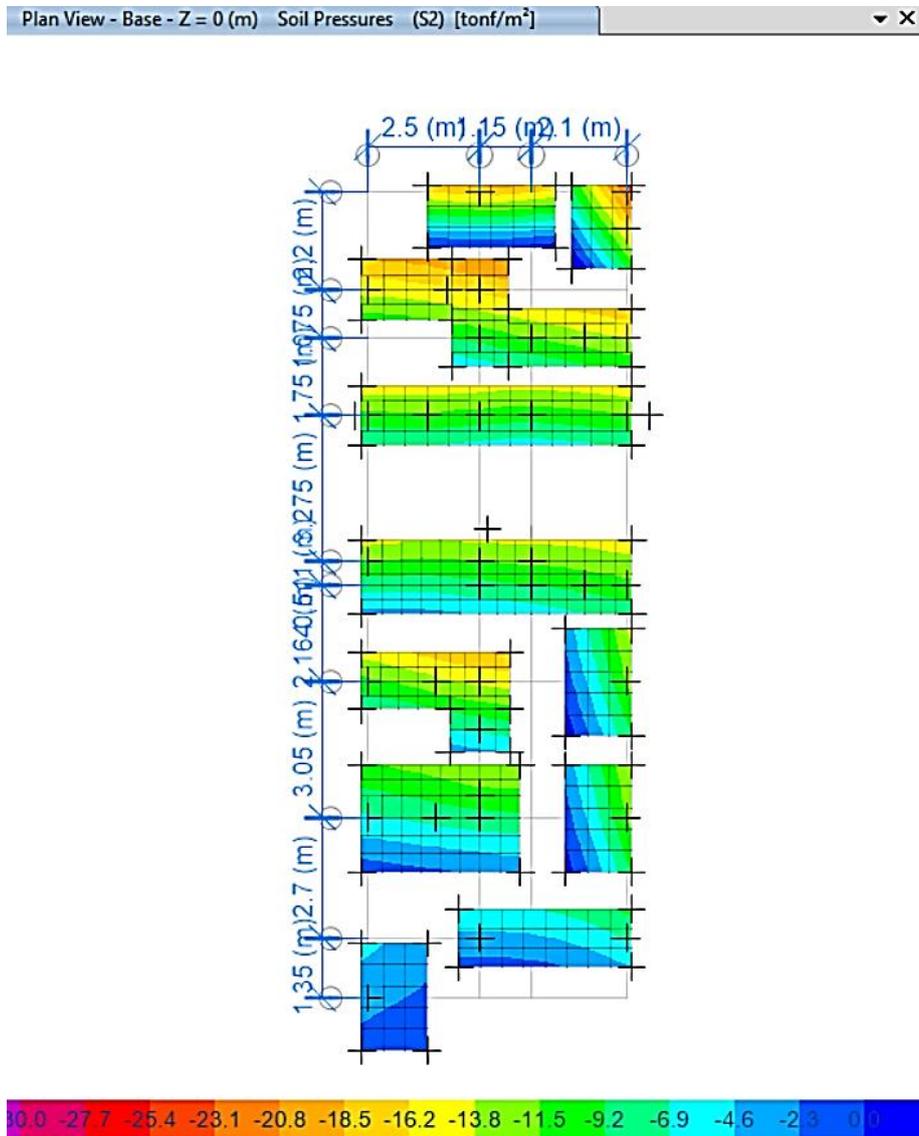
*Presiones de zapatas H=0.50m - carga D + L - 0.8 Sx*



Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L + 0.8 Sy**

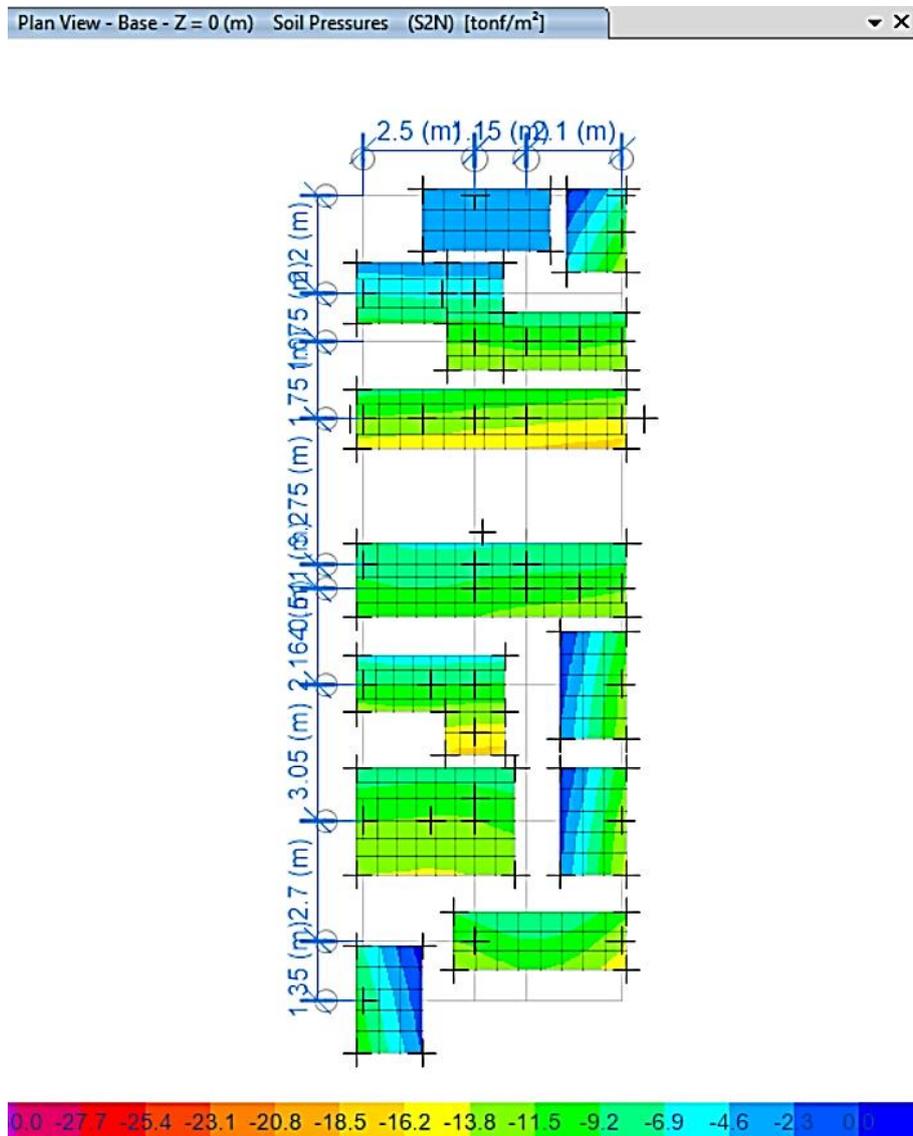
Para el presente caso, se tiene una presión máxima de 2.42 kg/cm<sup>2</sup>



Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L - 0.8 Sy**

Para el presente caso, se tiene una presión máxima de 1.71 kg/cm<sup>2</sup>



Fuente: Los autores (2024)

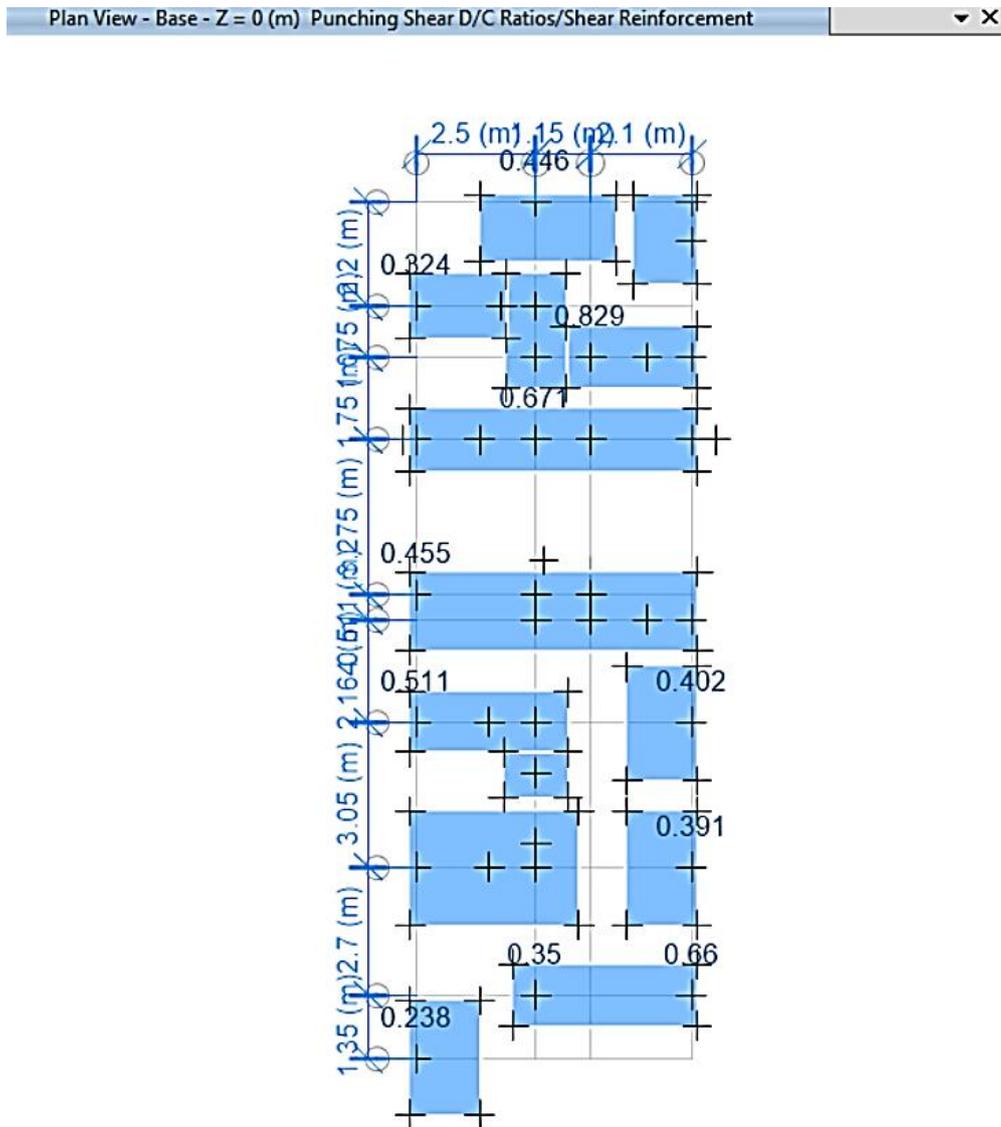
#### 4.6.4.2.2. Diseño a corte

- **Por punzonamiento**

Se cumple con el peralte necesario para superar la sollicitación de corte por punzonamiento.

**Figura 158**

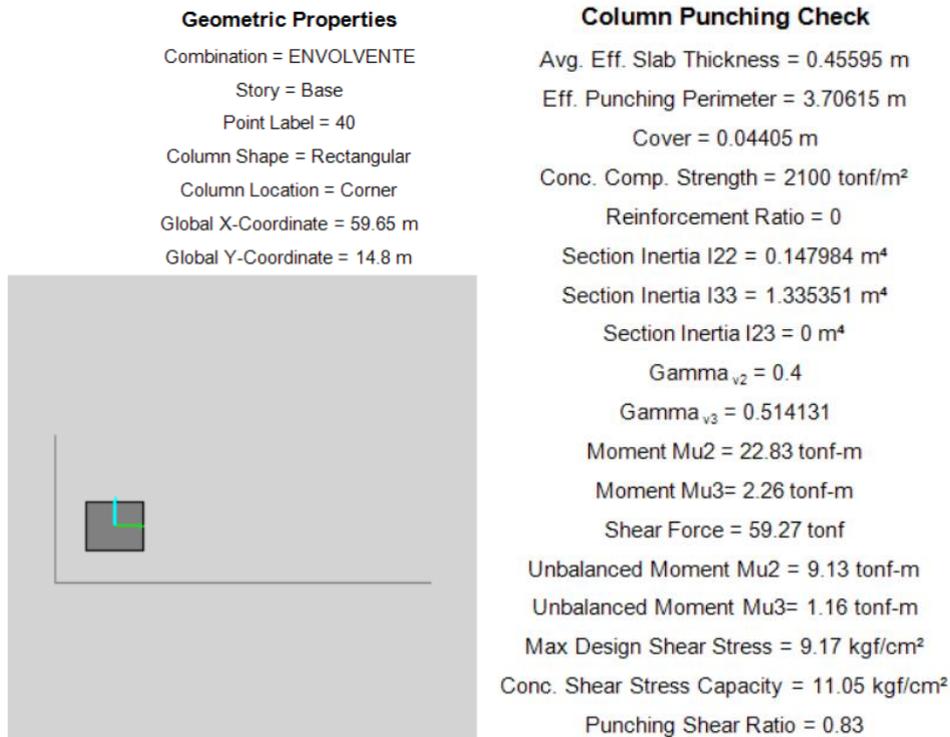
*Zapata H=0.50m punzonamiento*



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 159**

*Verificación del corte por punzonamiento*



Fuente: Los autores (2024)

Detalles de la verificación del Corte por punzonamiento:

$$\sigma_c = 11.05 \frac{kg}{cm^2} \quad \sigma_U = 9.17 \frac{kg}{cm^2} \quad \frac{D}{C} = 0.83$$

- **Por capacidad**

Teniendo en cuenta que la capacidad de resistencia a corte del concreto es :

$$\emptyset V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

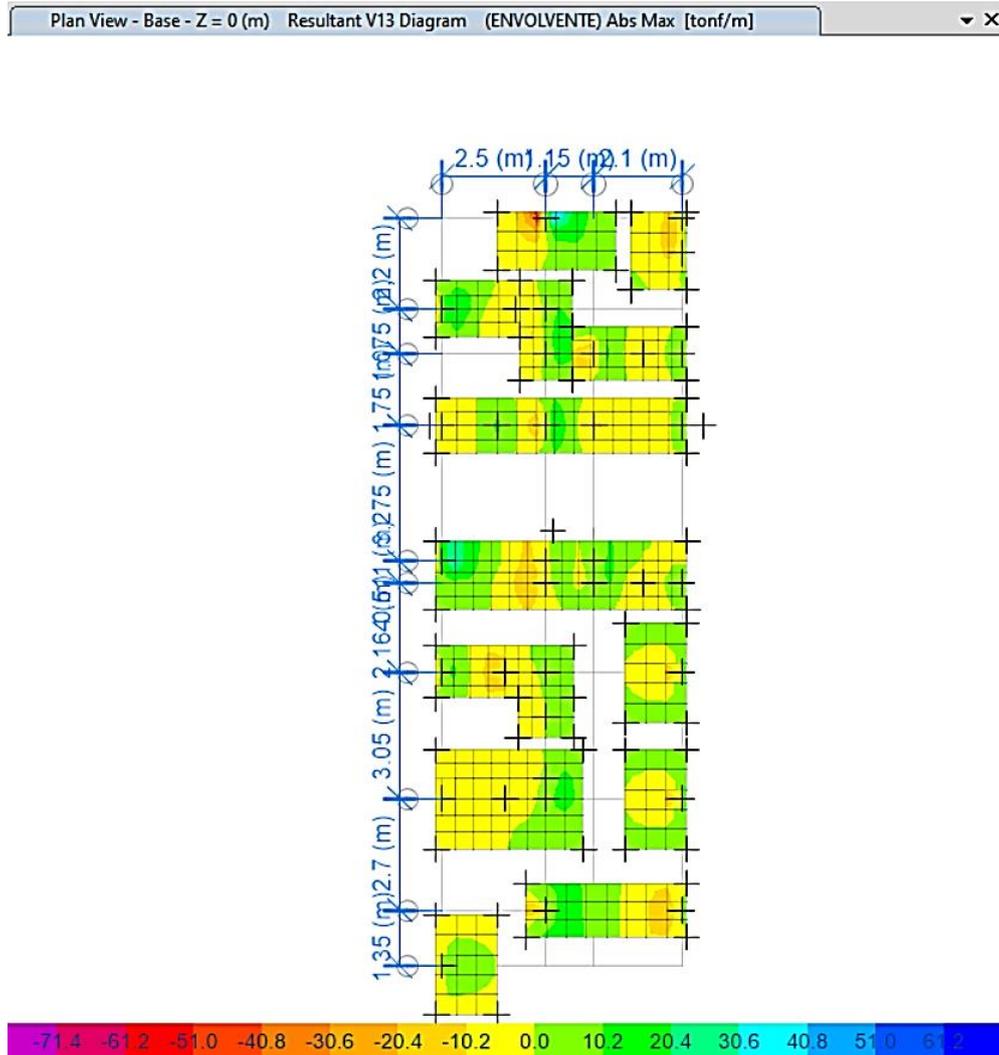
$$\emptyset V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 100 \times 40$$

$$\emptyset V_c = 26.12 \text{ ton}$$

Según el análisis realizado el cortante máximo actuante en la dirección X-X es de 24.59 Ton. y en la dirección Y-Y es de 21.49 Ton con lo cual el peralte escogido satisface la condición solicitada.

**Figura 160**

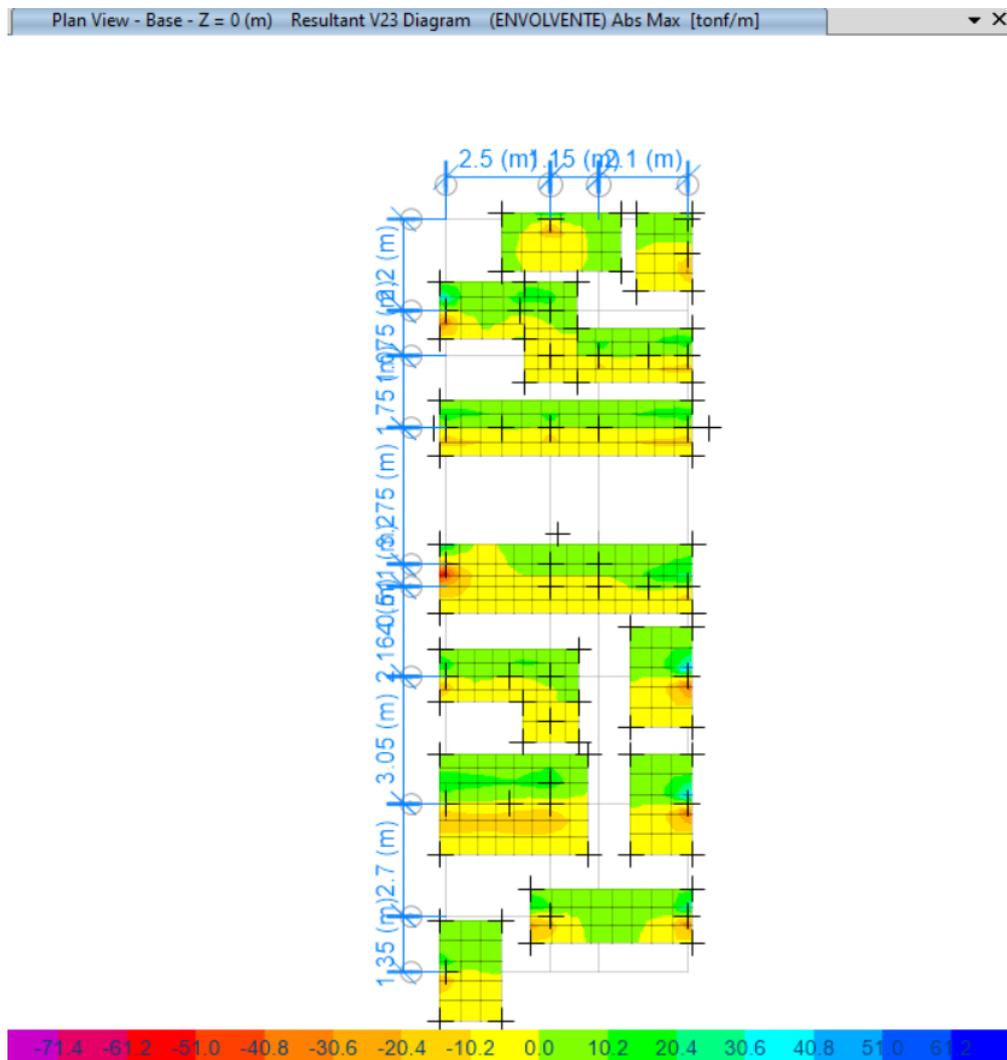
*Cortante máximo "X" zapata H=0.50m*



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 161**

*Cortante máximo "Y" zapata H=0.50m*



Fuente: Los autores (2024)

#### **4.6.4.2.3. Diseño a flexión**

Considerando que lo que se busca es lograr que la disposición de acero cumpla las solicitaciones requeridas a la par de lograr que sea la alternativa más económica, se plantea diseñar con el acero mínimo para losas.

Según el artículo 9.72 de la norma E060 la cuantía mínima por retracción y temperatura es de 0.0018

Entonces considerando que es una zapata aislada y que tendrá una sola malla se considera:

$$A_{smin} = 0.0018 \times b \times h = 0.0018 \times 100 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} = 9.00 \text{ cm}^2$$

Y usando varillas de 5/8" tendríamos una separación de:

$$sep = \frac{A_{s \text{ var}}}{A_{s \text{ min}}}$$
$$sep = \frac{1.98 \text{ cm}^2}{9.00 \frac{\text{cm}^2}{m}} = 0.22 \text{ m}$$

Por otro lado, considerando que es una zapata combinada y que tendrá doble malla se considera:

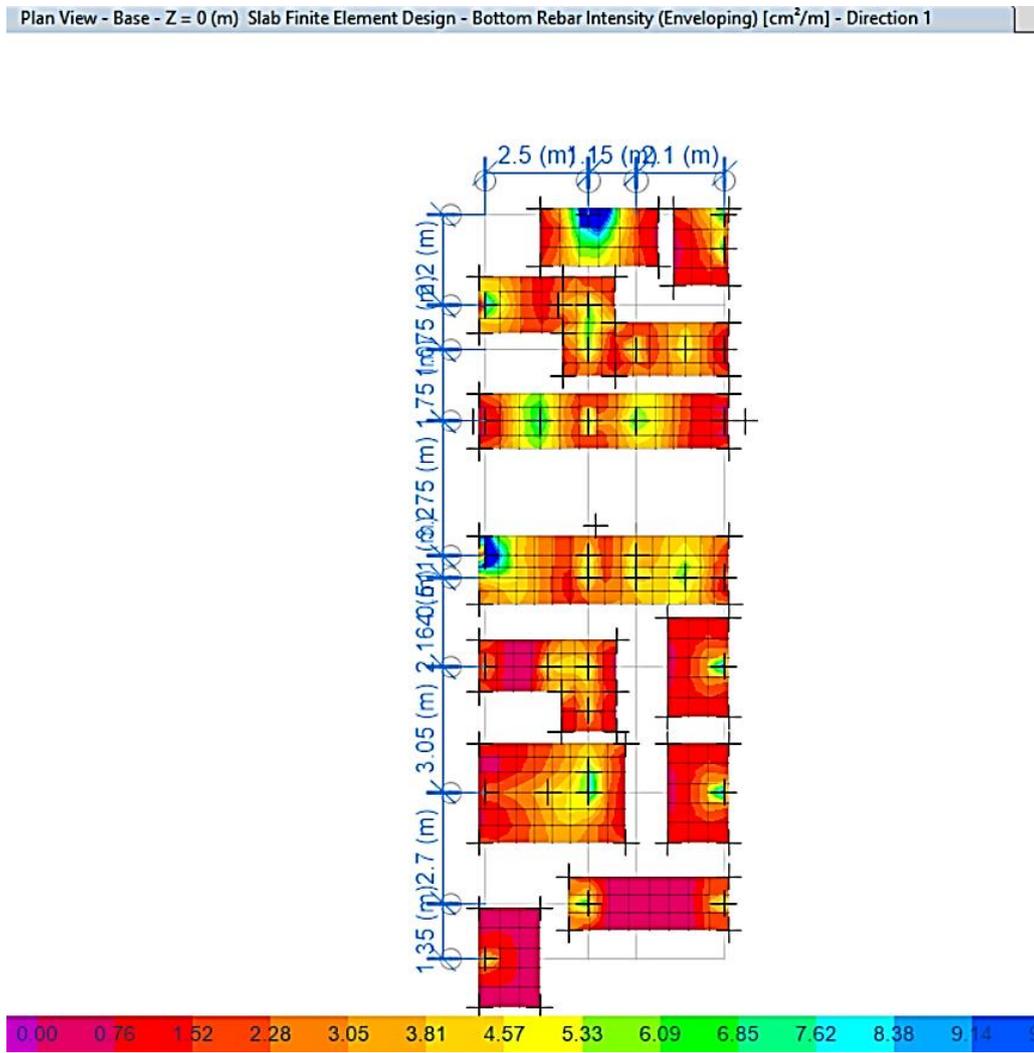
$$A_{smin} = 0.0012 \times b \times h = 0.0012 \times 100 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} = 6.00 \text{ cm}^2$$

Y usando varillas de 1/2" tendríamos una separación de:

$$sep = \frac{A_{s \text{ var}}}{A_{s \text{ min}}}$$
$$sep = \frac{1.27 \text{ cm}^2}{6.00 \text{ cm}^2/m} = 0.20 \text{ m}$$

**Figura 162**

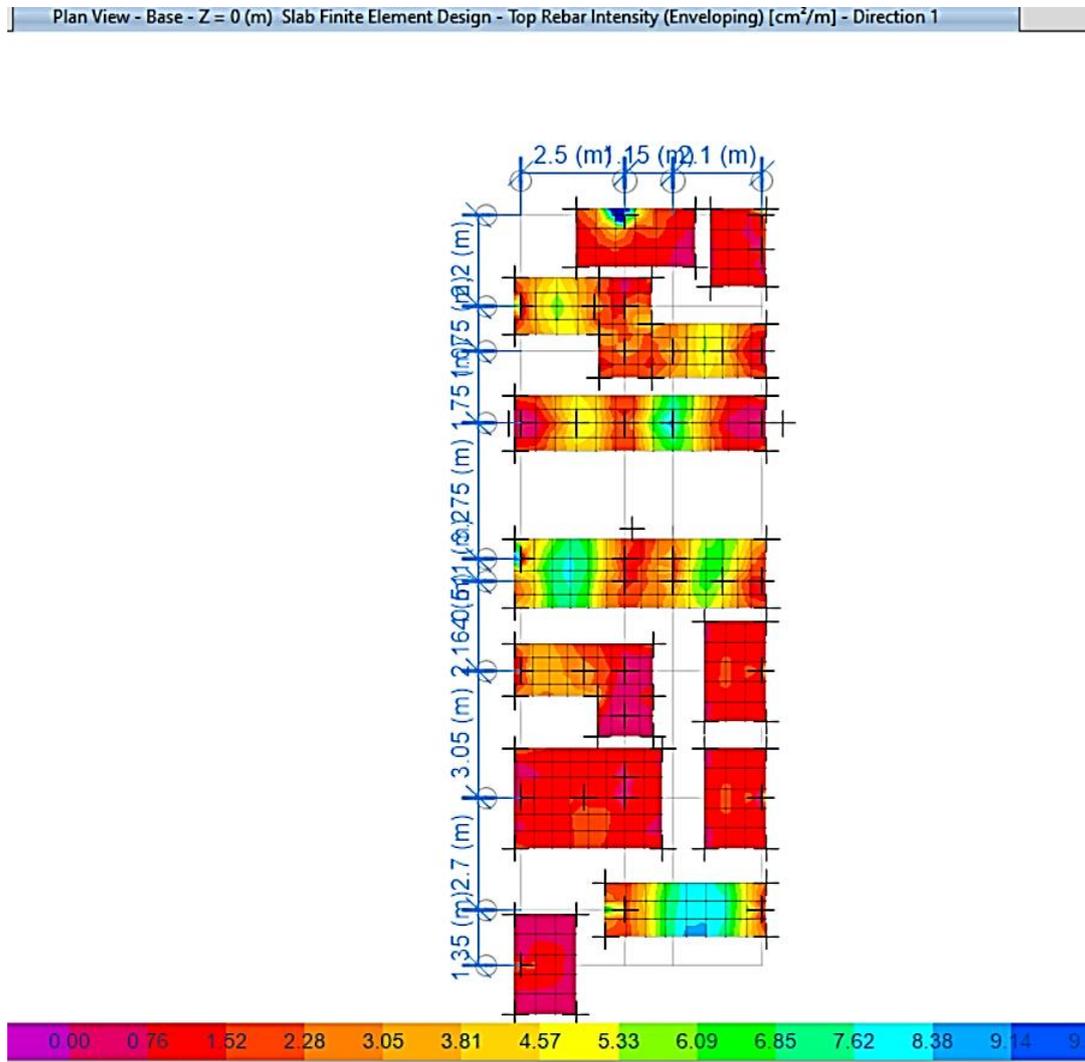
*Refuerzo inferior eje "X" zapata H=0.50m*



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 163**

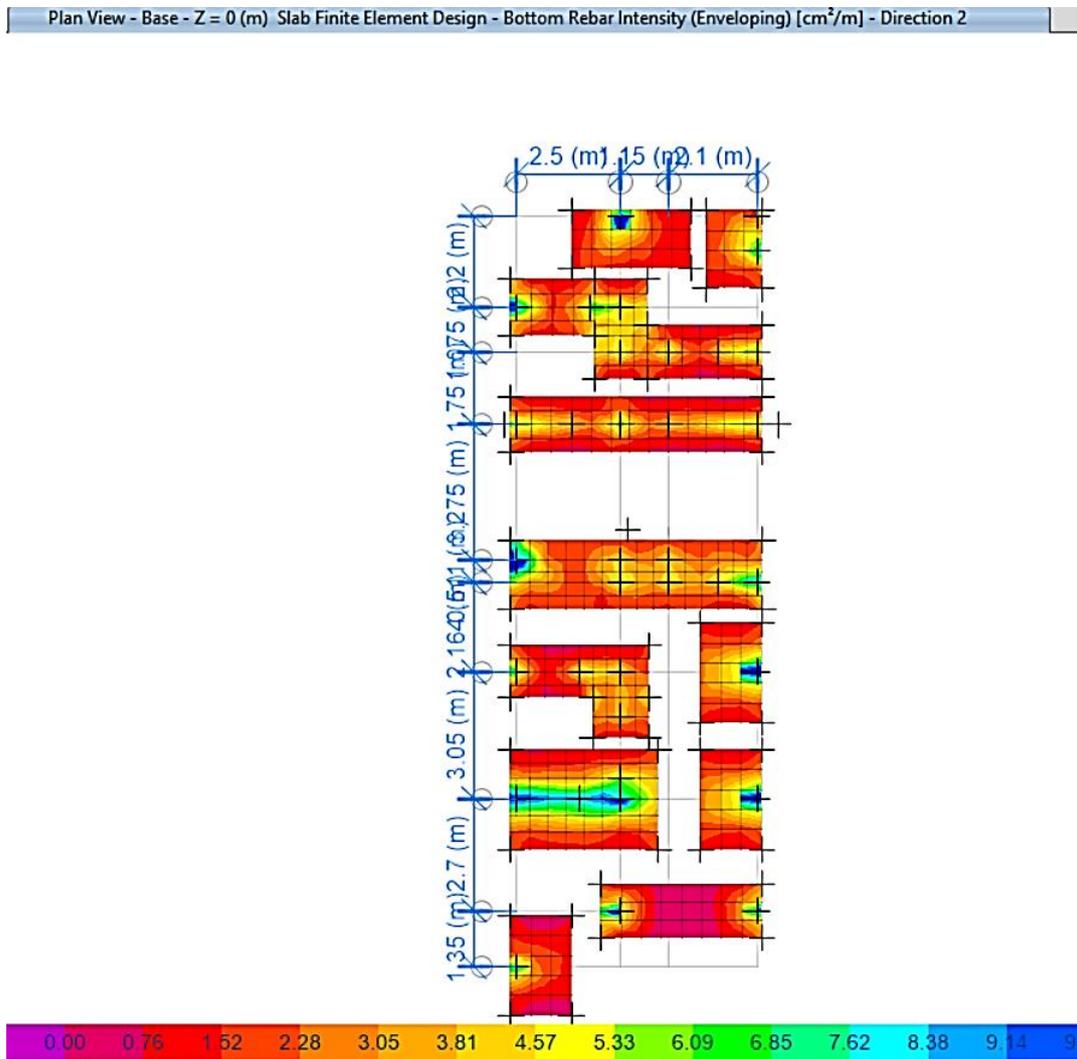
*Refuerzo superior eje "X" zapata H=0.50m*



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 164**

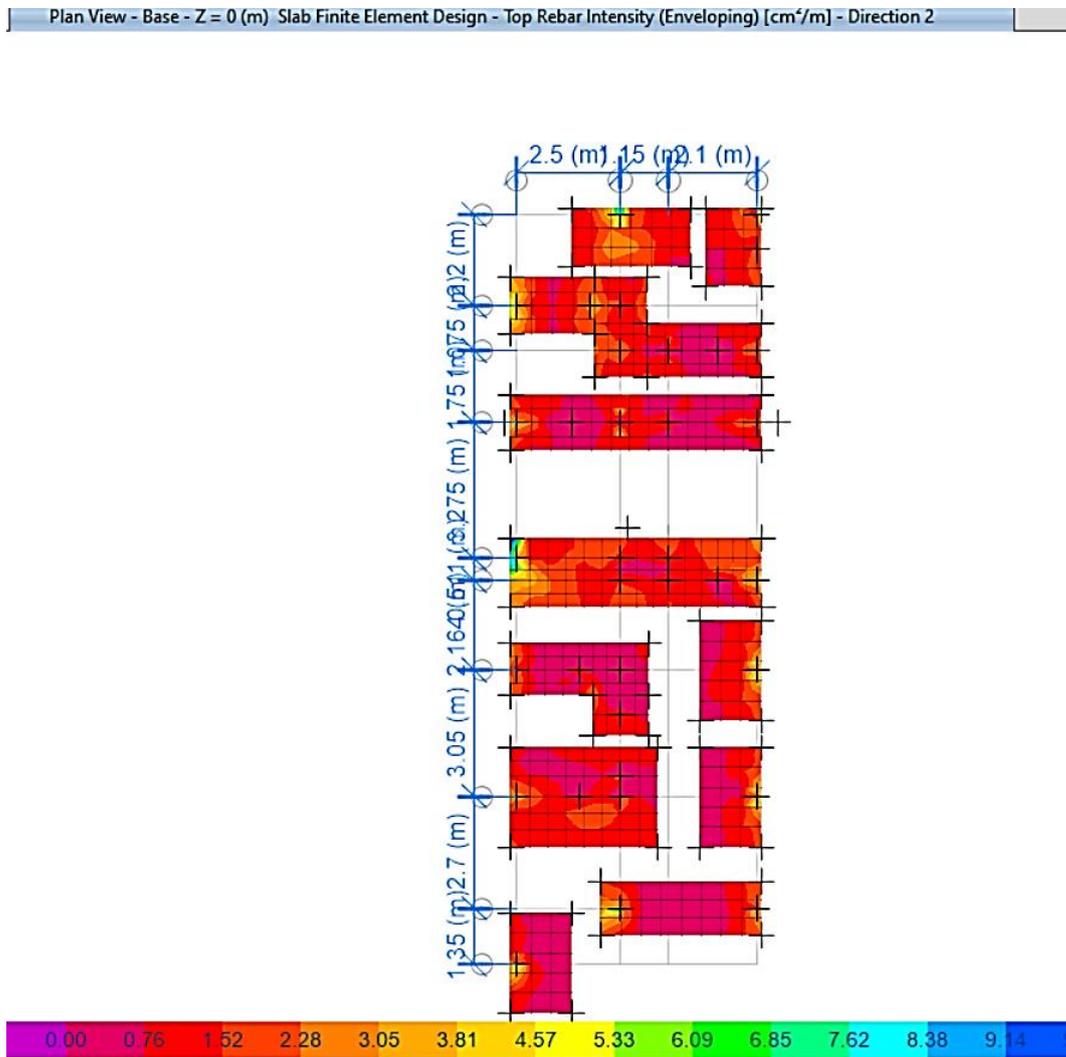
*Refuerzo inferior eje "Y" zapata H=0.50m*



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 165**

*Refuerzo superior eje "Y" zapata H=0.50m*



Fuente: Los autores (2024)

De acuerdo con el análisis efectuado se concluye que al utilizar  $\varnothing 5/8'' @ 0.20$  m, puede cumplir con las solicitaciones requeridas en las zapatas aisladas y que al utilizar  $\varnothing 5/8'' @ 0.20$  m, puede cumplir con las solicitaciones requeridas en las zapatas COMBINADAS.



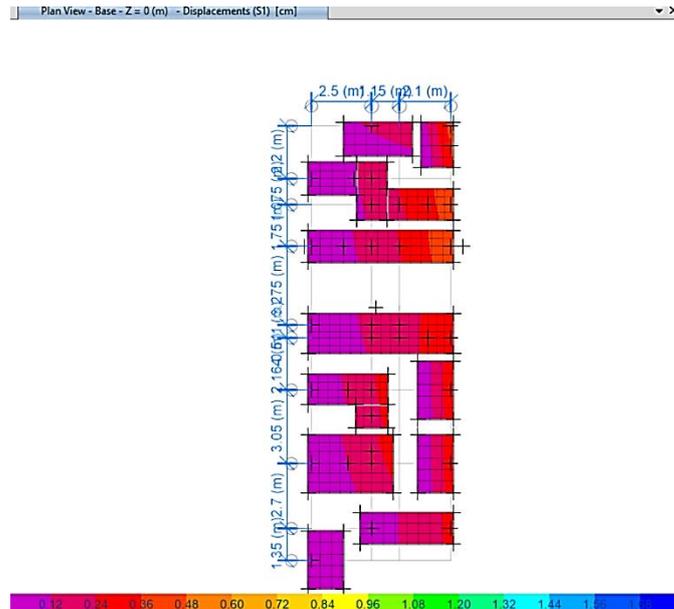
- **Caso de carga  $D + L \pm 0.8 S_x$**

Para caso  $D + L + 0.8 S_x$ , se tiene un asentamiento máximo de: 0.43 cm

Para caso  $D + L - 0.8 S_x$ , se tiene un asentamiento máximo de: 0.40 cm

**Figura 167**

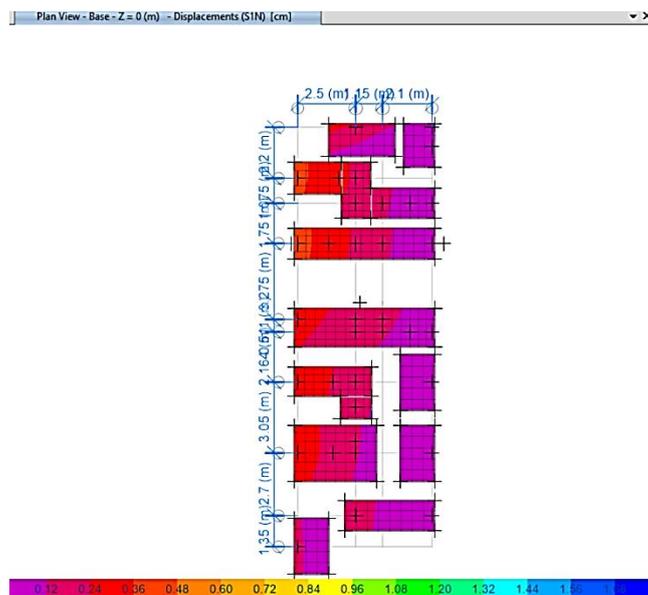
*Asentamiento carga  $D + L + 0.8 S_x$*



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 168**

*Asentamiento carga  $D + L - 0.8 S_x$*



Fuente: Los autores (2024)

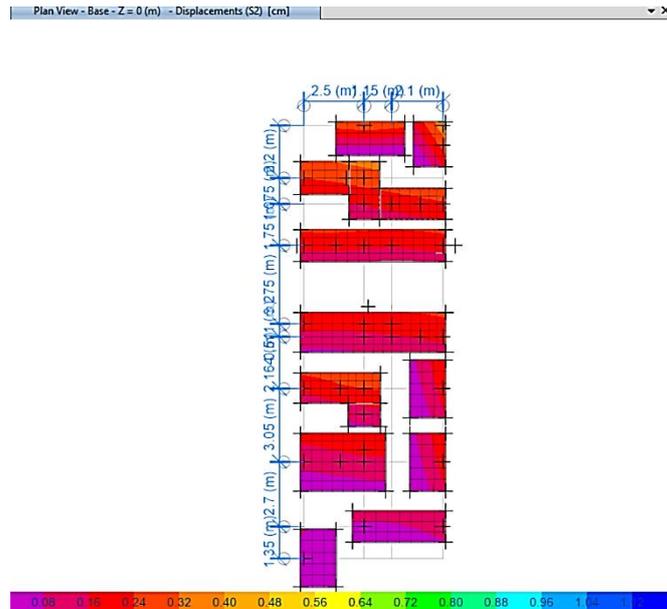
- **Caso de carga  $D + L \pm 0.8 S_y$**

Para caso  $D + L + 0.8 S_y$ , se tiene un asentamiento máximo de: 0.45 cm

Para caso  $D + L - 0.8 S_y$ , se tiene un asentamiento máximo de: 0.26 cm

**Figura 169**

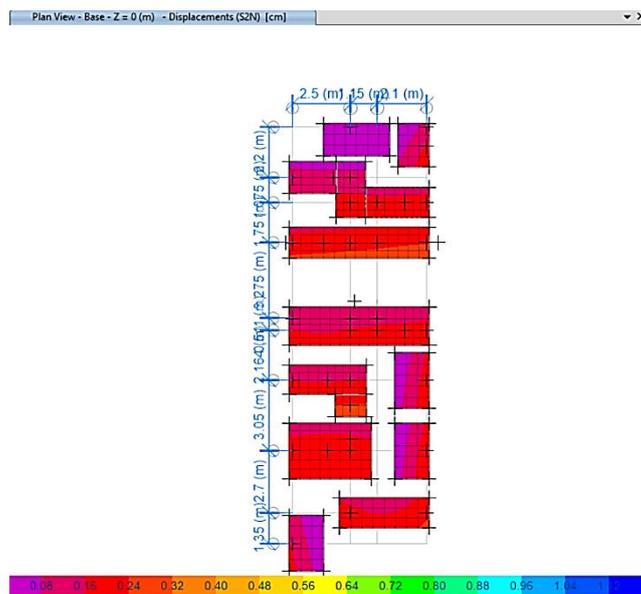
*Asentamiento carga  $D + L + 0.8 S_y$*



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 170**

*Asentamiento carga  $D + L - 0.8 S_y$*



Fuente: Los autores (2024)

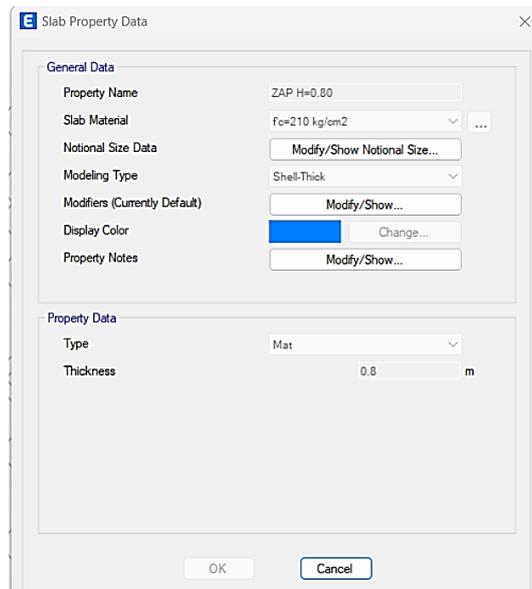
## 4.6.5. Cimentación para edificación 7 niveles - sector 2

### 4.6.5.1. Cimentación rígida – zapatas combinadas $H=0.80m$

Para el caso de esta cimentación nos hemos decantado por zapatas de 0.80m de espesor.

**Figura 171**

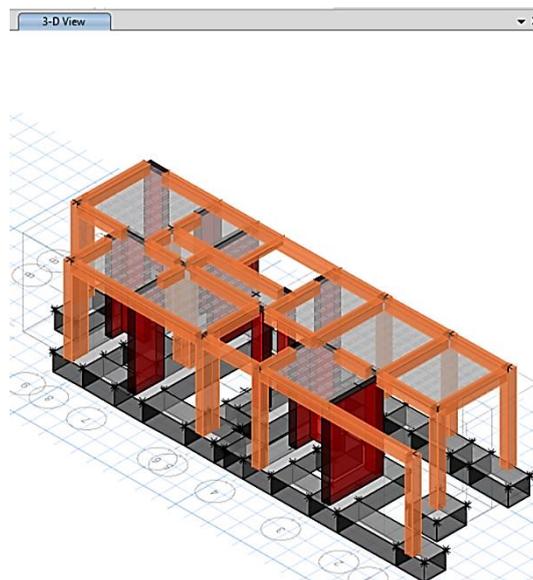
*Definición zapata combinada  $H=0.80m$*



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 172**

*3D modelado zapatas combinadas  $H=0.80m$*



Fuente: Los autores (2024)

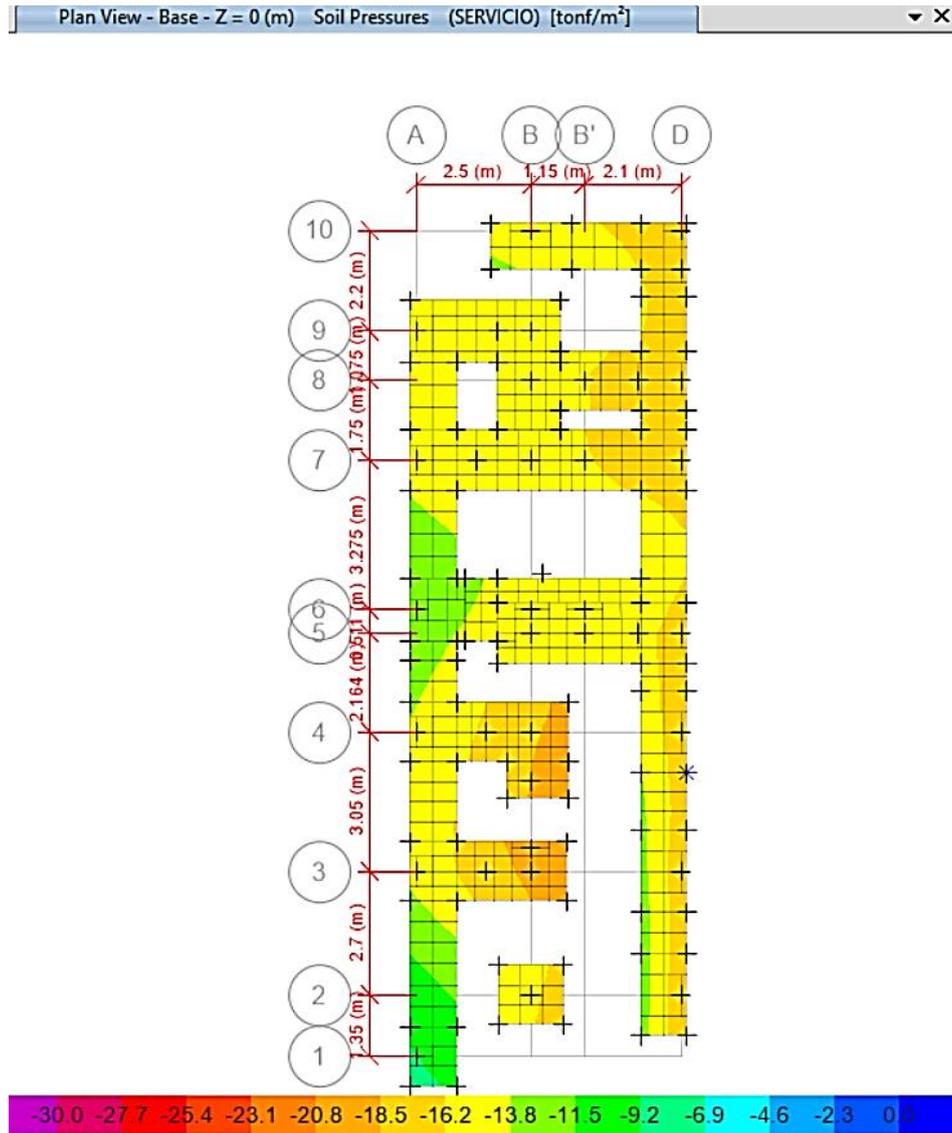
#### 4.6.5.1.1. Verificación de presiones

- **Caso de carga D + L**

Para el presente caso, se tiene una presión máxima de 2.06 kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 173**

*Presiones de zapatas H=0.80m - carga D + L*



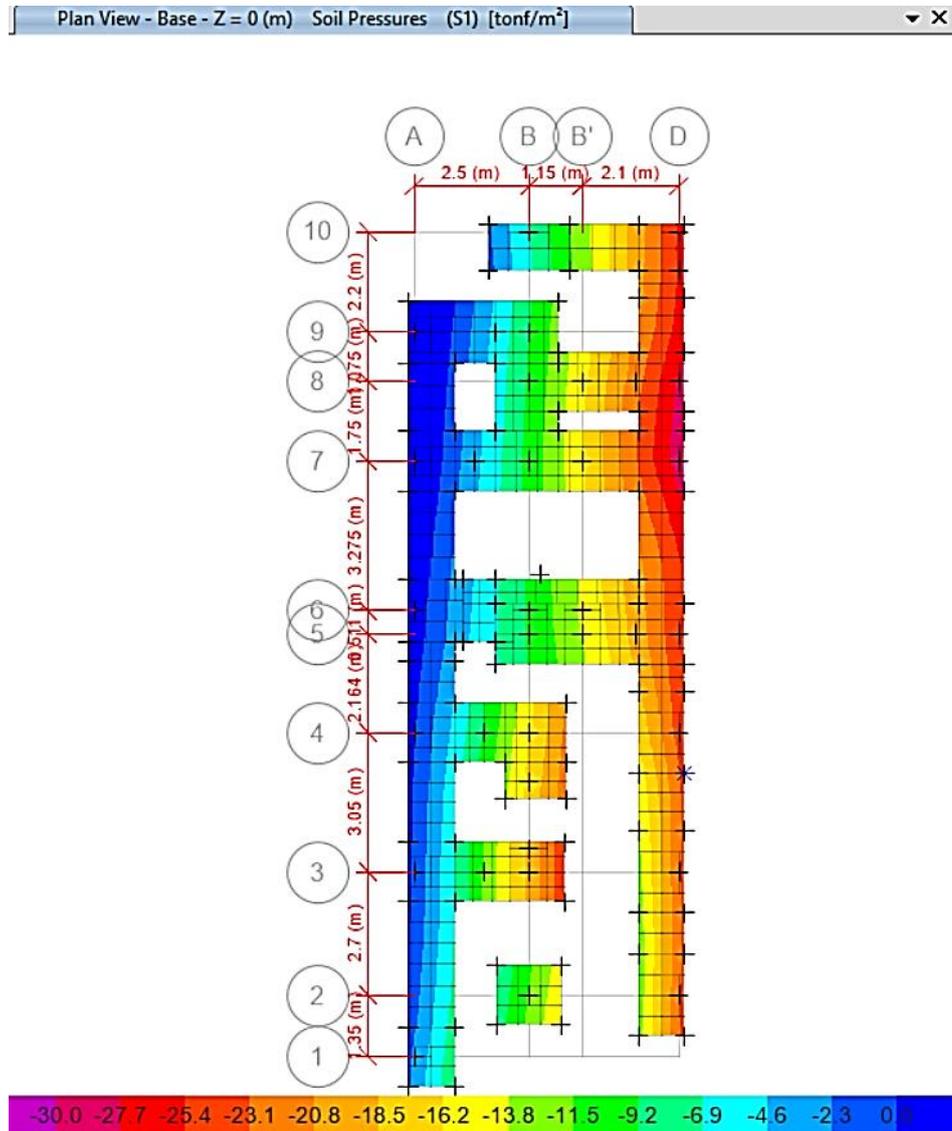
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L + 0.8 Sx**

Para el presente caso, se tiene una presión máxima de 2.94 kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 174**

*Presiones de zapatas H=0.80m - carga D + L + 0.8 Sx*



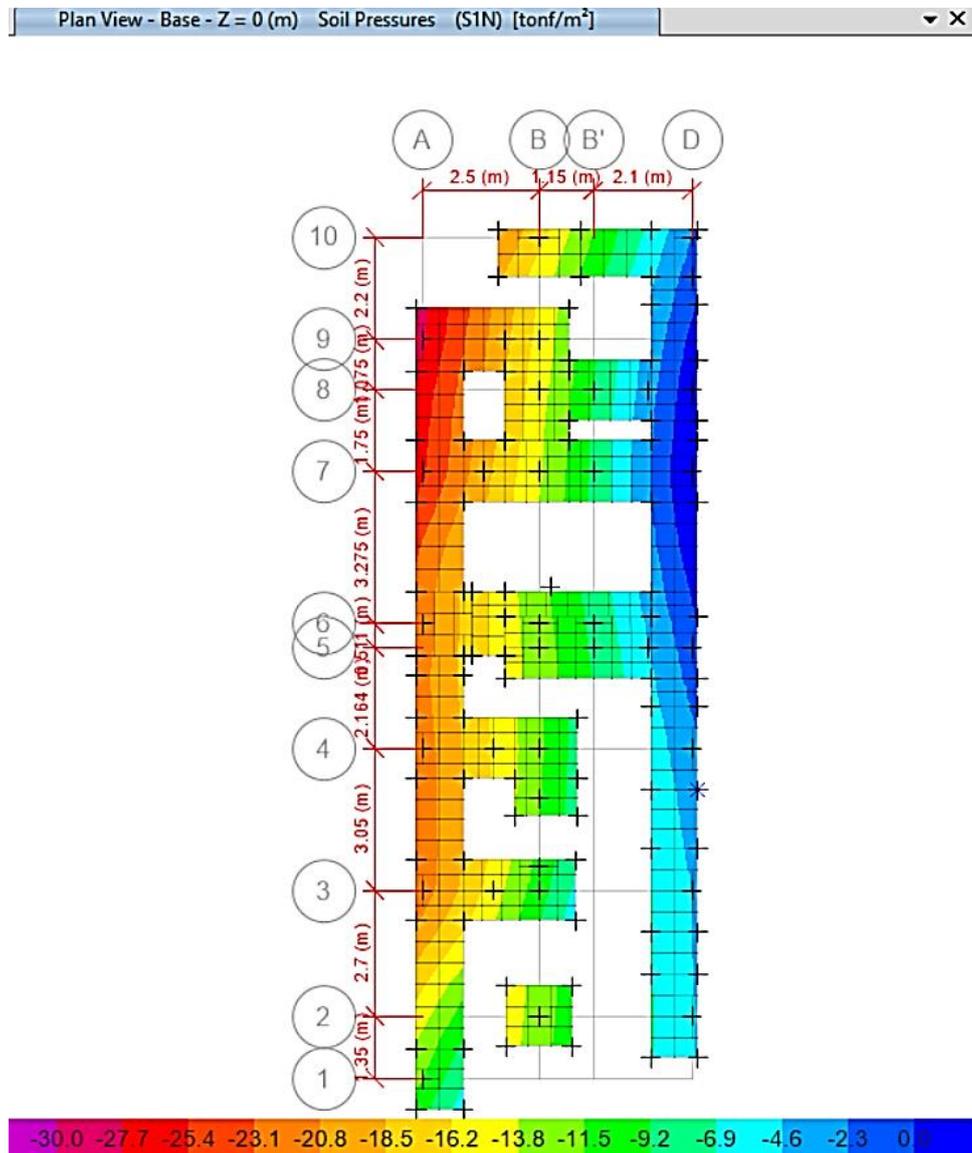
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L - 0.8 Sx**

Para el presente caso, se tiene una presión máxima de 2.91 kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 175**

*Presiones de zapatas H=0.80m - carga D + L - 0.8 Sx*



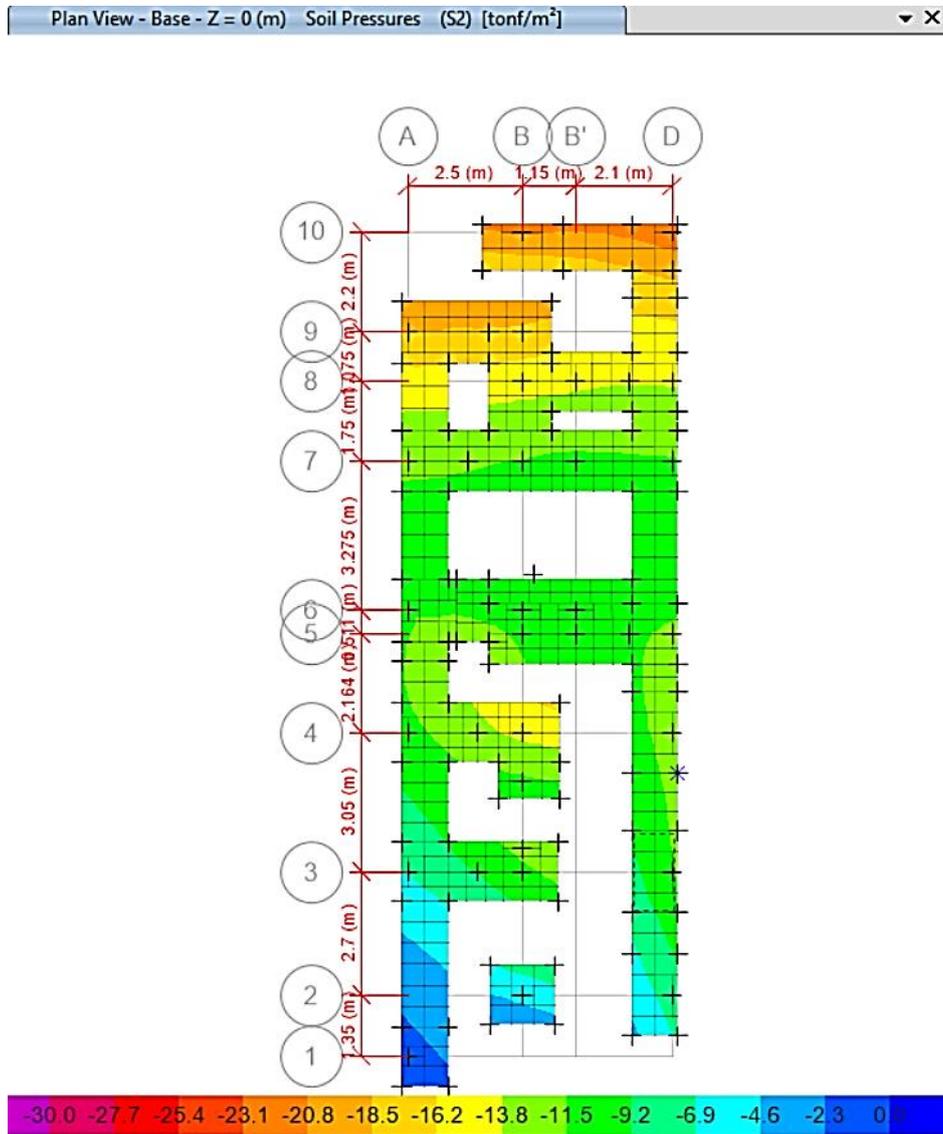
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L + 0.8 Sy**

Para el presente caso, se tiene una presión máxima de 2.29 kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 176**

*Presiones de zapatas H=0.80m - carga D + L + 0.8 Sy*



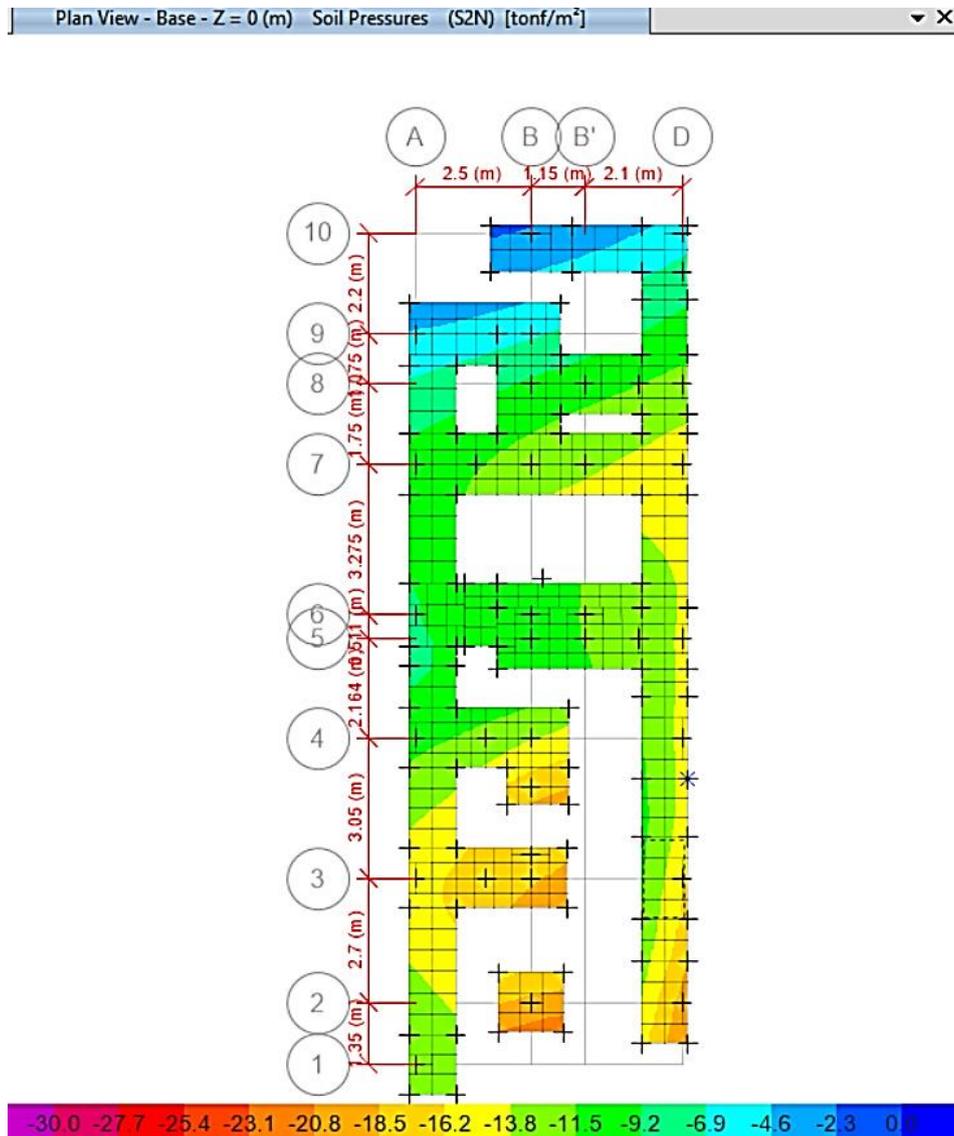
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L - 0.8 Sy**

Para el presente caso, se tiene una presión máxima de 2.23 kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 177**

*Presiones de zapatas H=0.80m - carga D + L - 0.8 Sy*



Fuente: Los autores (2024)

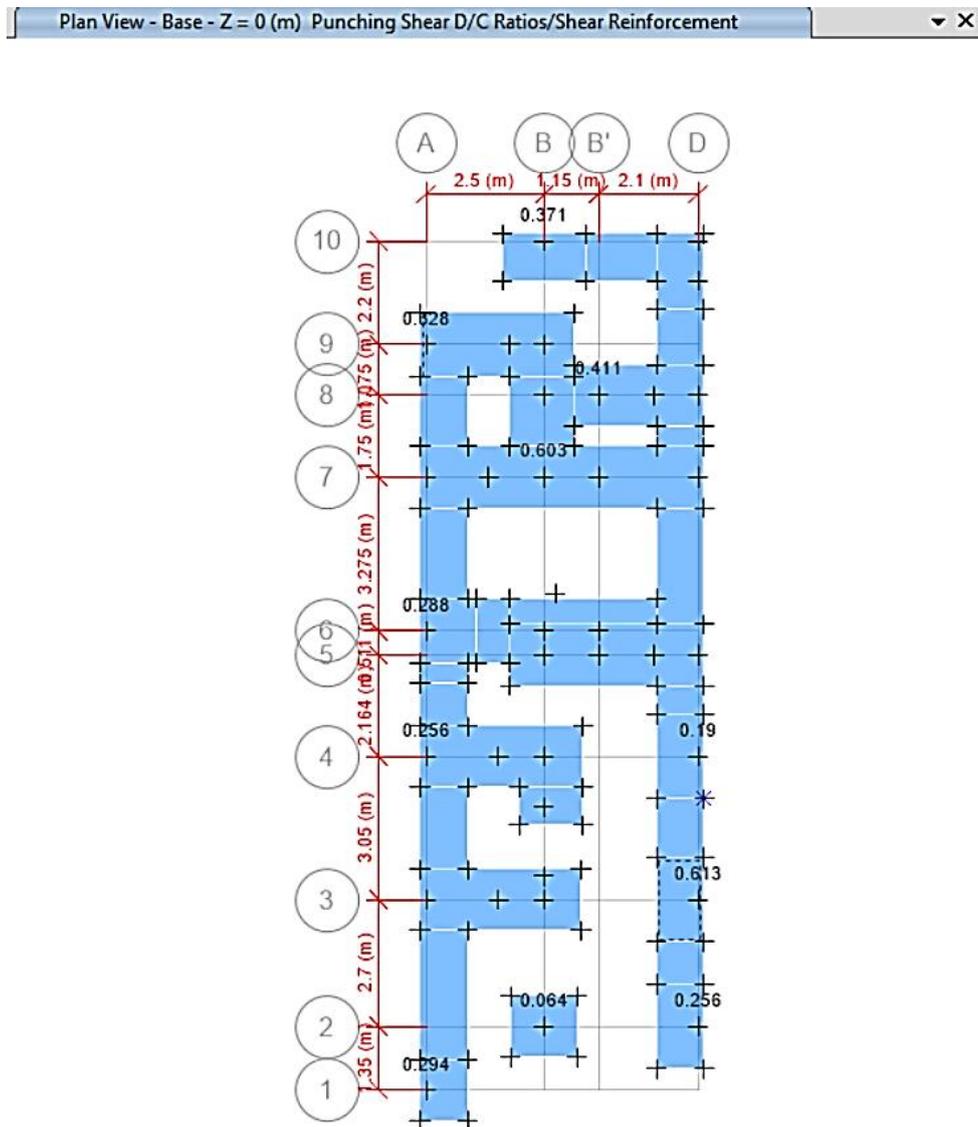
#### 4.6.5.1.2. Diseño a corte

- Por punzonamiento

Como era de esperarse dada la gran rigidez de la zapata cumple con holgura la sollicitación a corte por punzonamiento.

Figura 178

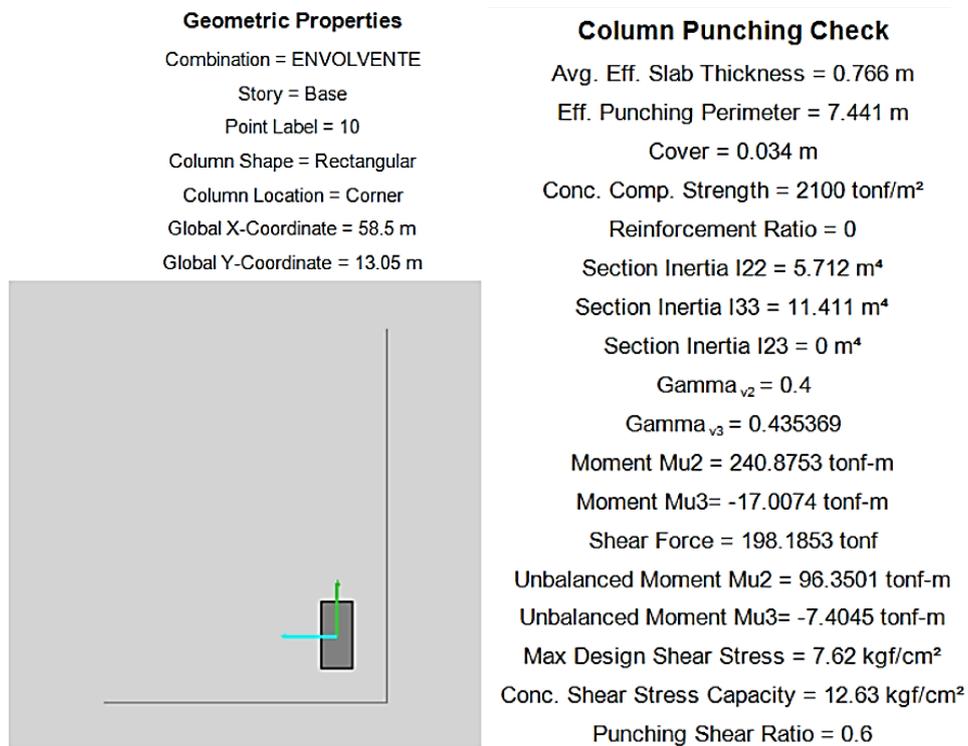
Zapatas  $H=0.80m$  punzonamiento



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 179**

*Verificación del corte por punzonamiento*



Fuente: Los autores (2024)

Detalles de la verificación del Corte por punzonamiento:

$$\sigma_c = 12.63 \frac{kg}{cm^2} \quad \sigma_u = 7.62 \frac{kg}{cm^2} \quad \frac{D}{C} = 0.55$$

- **Por capacidad**

Teniendo en cuenta que la capacidad de resistencia a corte del concreto es:

$$\emptyset V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{f'c} \times b \times d$$

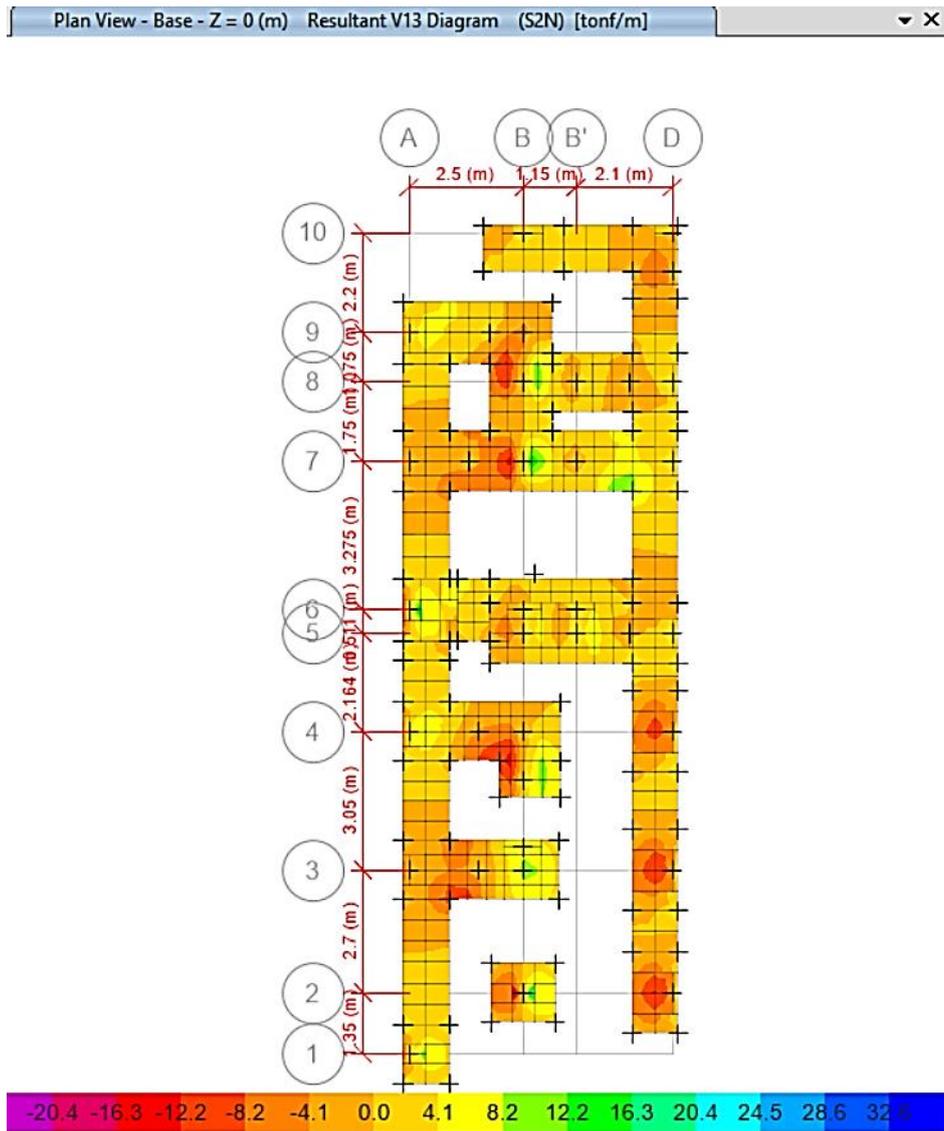
$$\emptyset V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 100 \times 70$$

$$\emptyset V_c = 45.72 \text{ ton}$$

Según el análisis realizado el cortante máximo actuante en la dirección X-X es de 23.35 Ton. y en la dirección Y-Y es de 26.84 Ton con lo cual el peralte escogido satisface la condición solicitada.

**Figura 180**

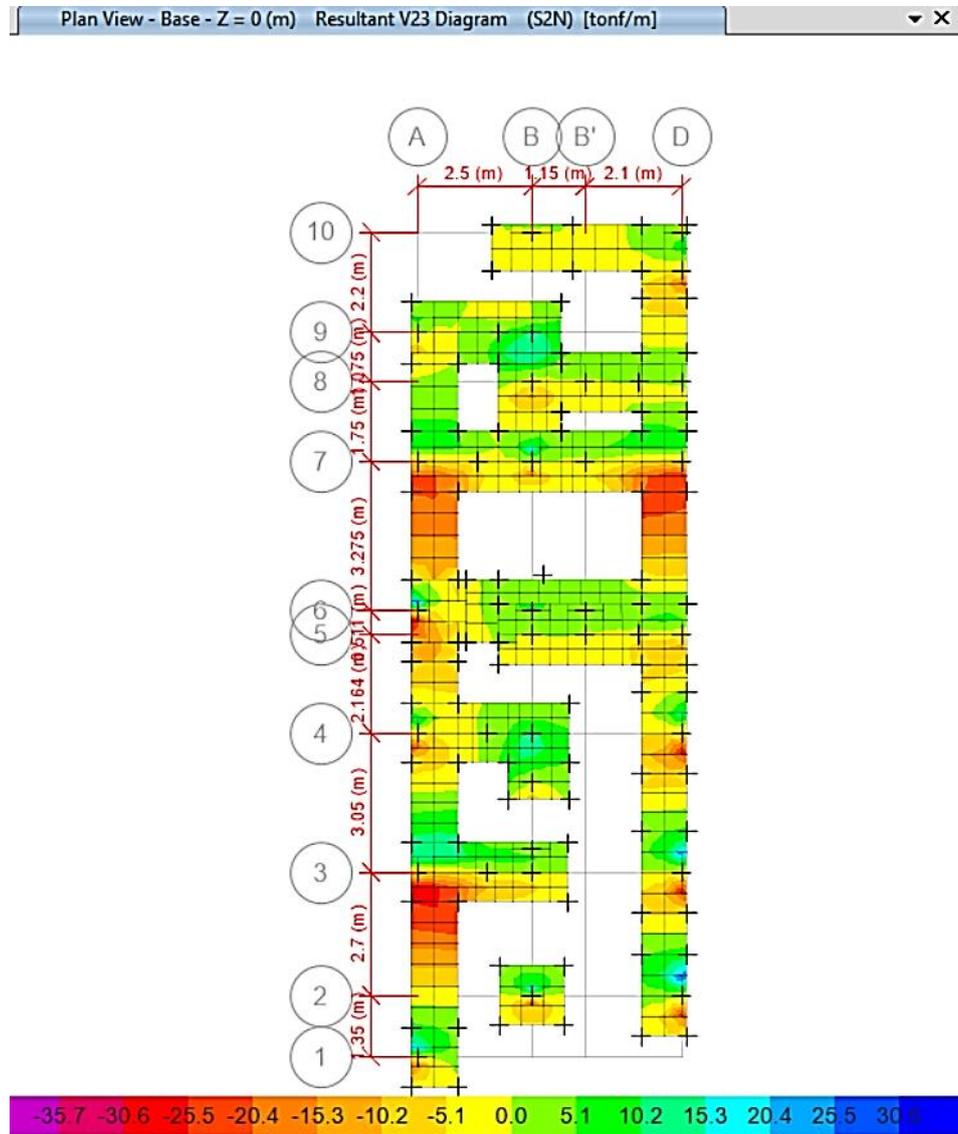
*Cortante máximo "X" zapata H=0.80m*



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 181**

*Cortante máximo "Y" zapata H=0.80m*



Fuente: Los autores (2024)

#### 4.6.5.1.3. Diseño a flexión

Considerando que lo que se busca es lograr que la disposición de acero cumpla las solicitudes requeridas a la par de lograr que sea la alternativa más económica, se plantea diseñar con el acero mínimo para losas.

Según el artículo 9.72 de la norma E060 la cuantía mínima por retracción y temperatura es de 0.0018

Entonces considerando que es una zapata aislada y que tendrá una sola malla se considera:

$$A_{smin} = 0.0018 \times b \times h = 0.0018 \times 100 \text{ cm} \times 80 \text{ cm} = 14.4 \text{ cm}^2$$

Y usando varillas de 3/4" tendríamos una separación de:

$$sep = \frac{A_{s \text{ var}}}{A_{s \text{ min}}}$$
$$sep = \frac{2.85 \text{ cm}^2}{14.4 \frac{\text{cm}^2}{m}} = 0.20 \text{ m}$$

Por otro lado, considerando que es una zapata combinada y que tendrá doble malla se considera:

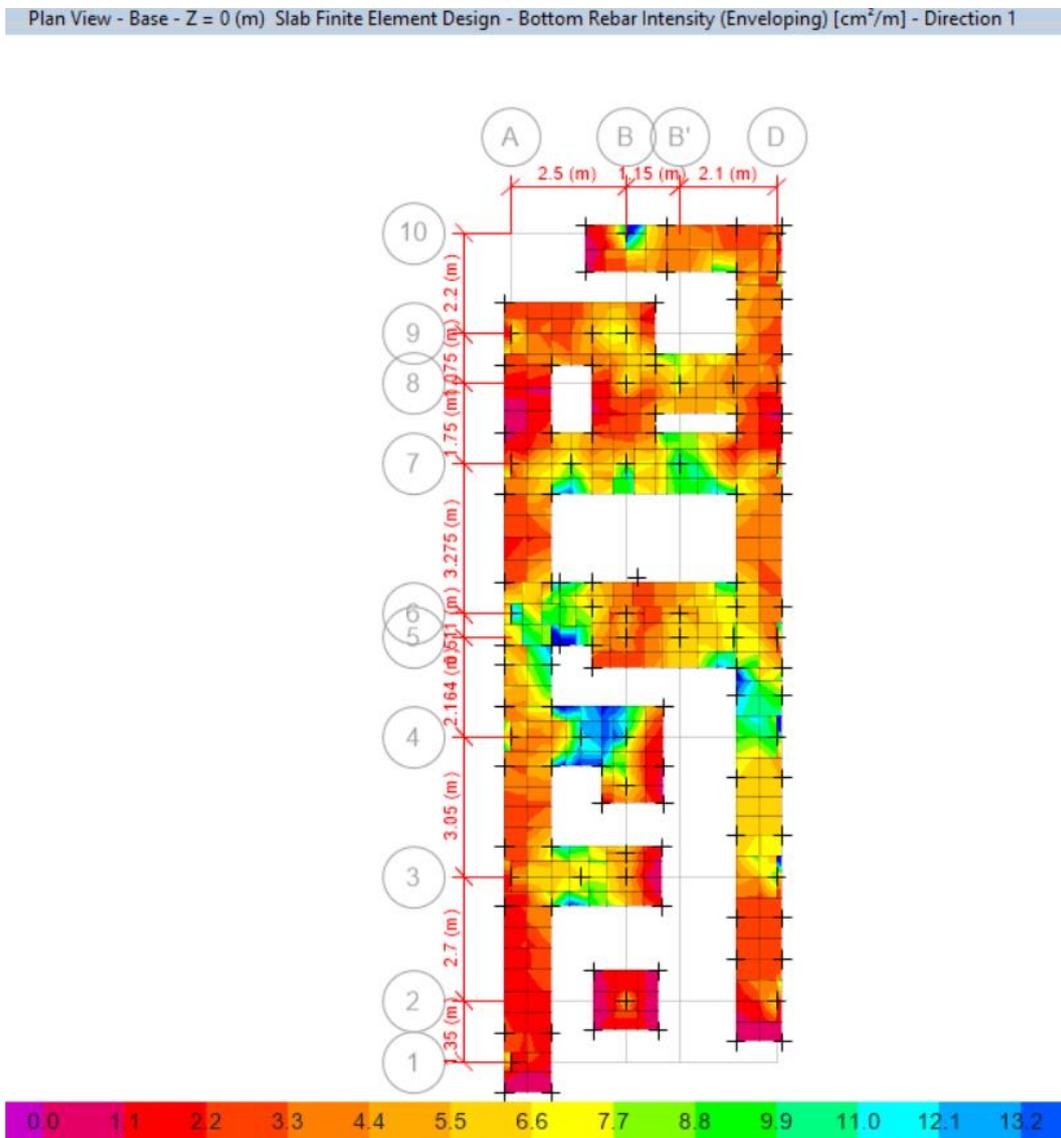
$$A_{smin} = 0.0012 \times b \times h = 0.0012 \times 100 \text{ cm} \times 80 \text{ cm} = 9.6 \text{ cm}^2$$

Y usando varillas de 5/8" tendríamos una separación de:

$$sep = \frac{A_{s \text{ var}}}{A_{s \text{ min}}}$$
$$sep = \frac{1.98 \text{ cm}^2}{9.60 \text{ cm}^2/m} = 0.20 \text{ m}$$

**Figura 182**

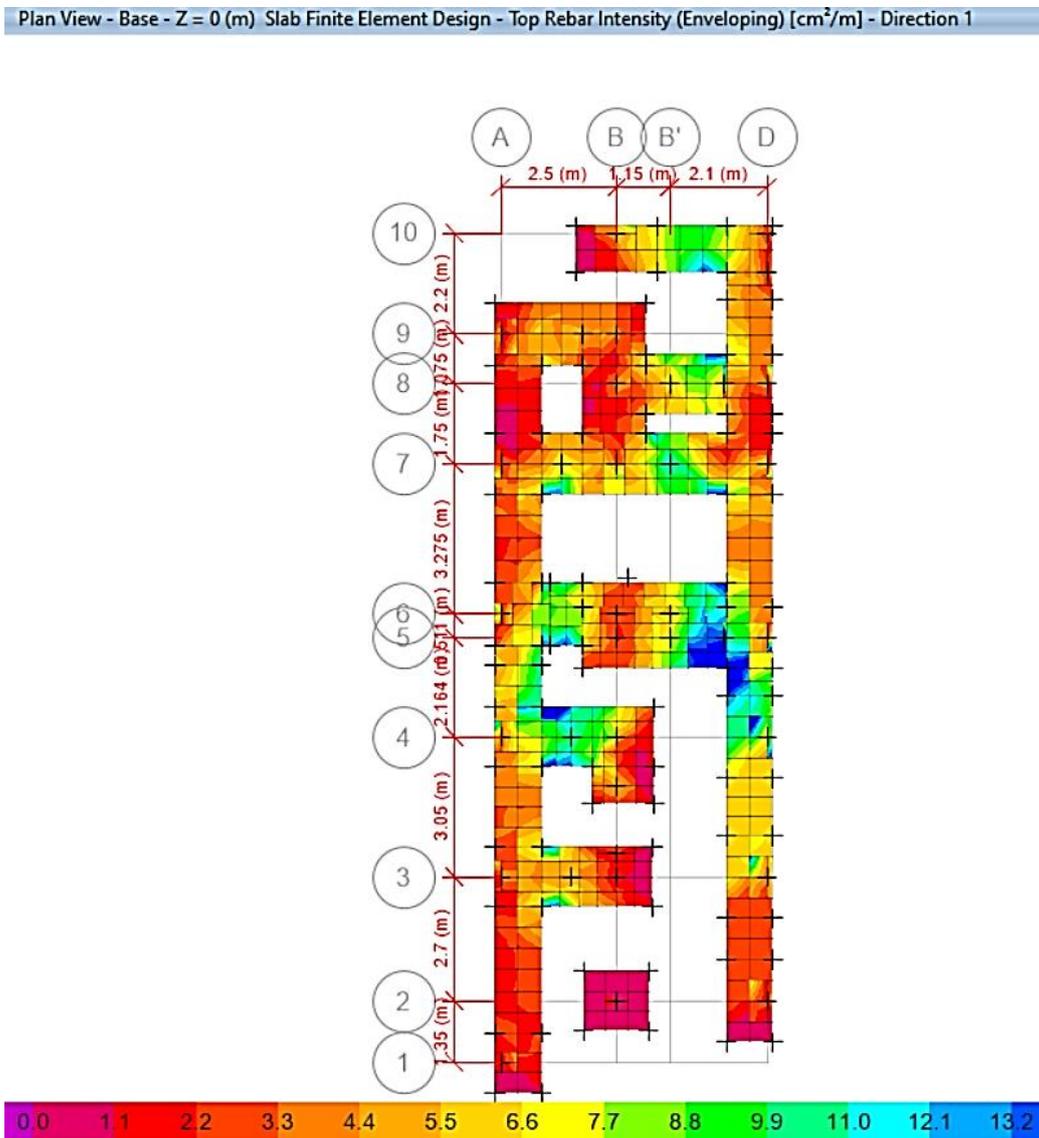
*Refuerzo inferior eje "X" zapata H=0.80m*



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 183**

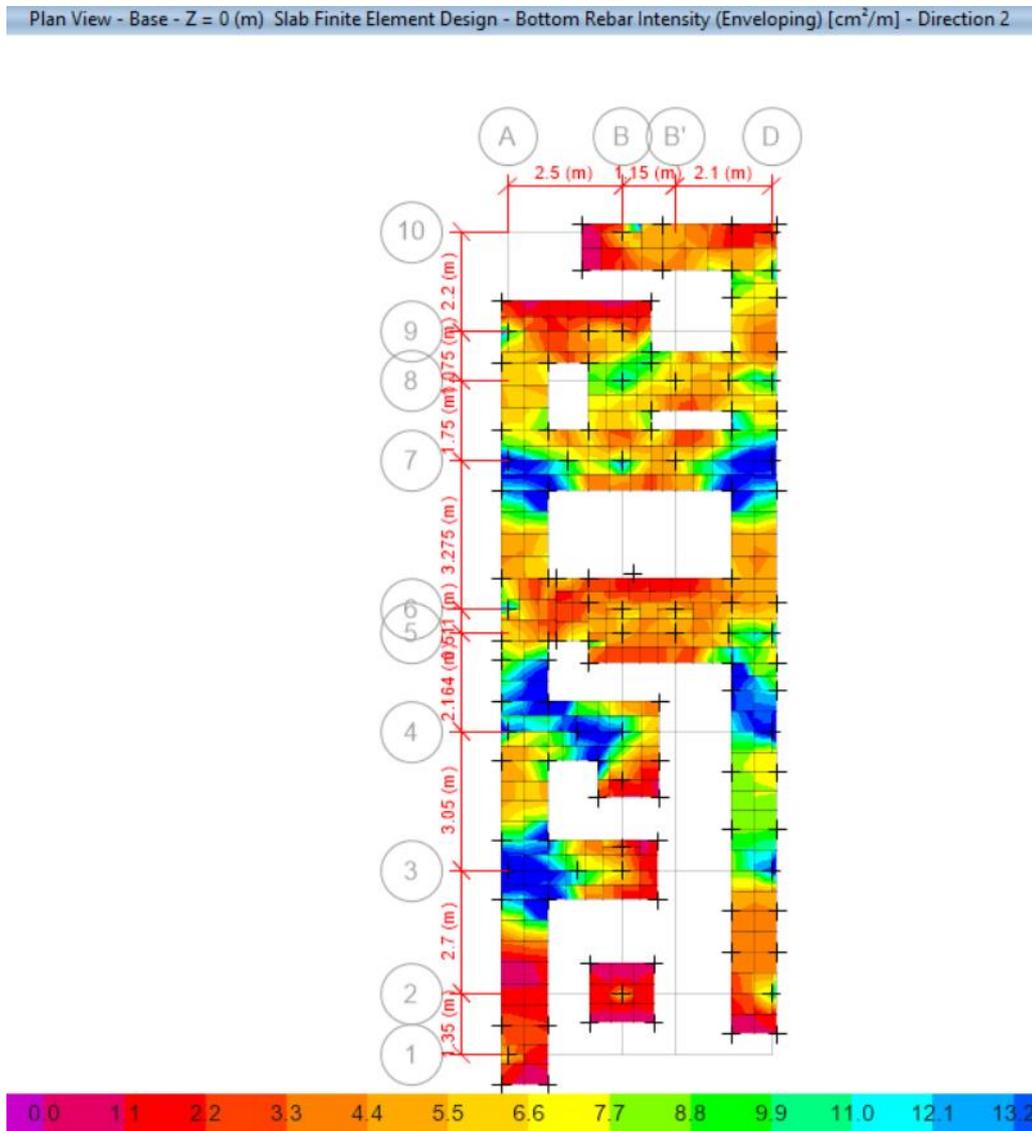
*Refuerzo superior eje "X" zapata H=0.80m*



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 184**

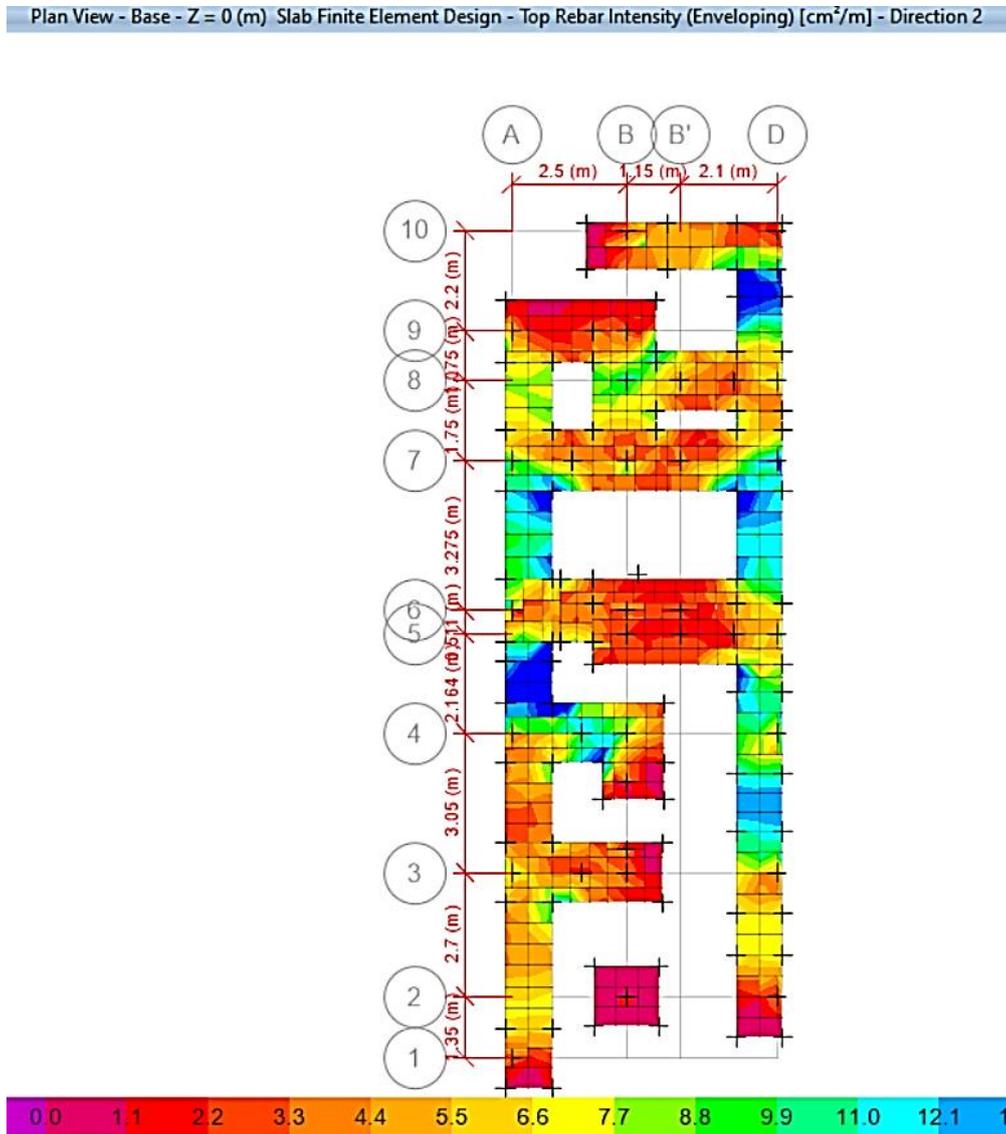
*Refuerzo inferior eje "Y" zapata H=0.80m*



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 185**

*Refuerzo superior eje "Y" zapata H=0.80m*



Fuente: Los autores (2024)

De acuerdo con el análisis efectuado se concluye que al utilizar  $\varnothing 3/4'' @ 0.20$  m, en doble malla se puede cumplir con las solicitaciones requeridas en las zapatas combinadas.

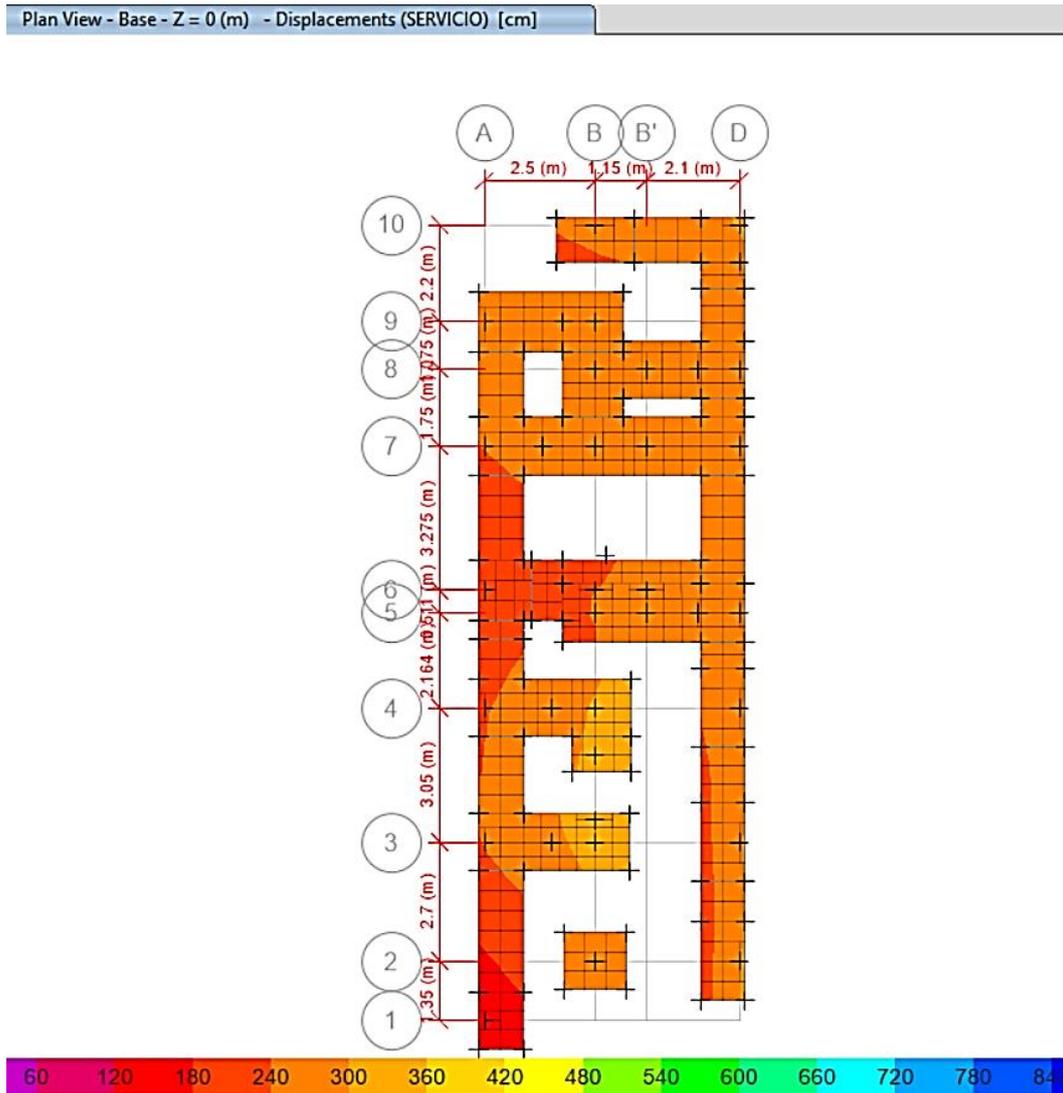
#### 4.6.5.1.4. Verificación de asentamientos

- Caso de carga D + L

Para este caso de carga, se tiene un asentamiento máximo de 0.30 cm

Figura 186

Asentamiento carga D + L



Fuente: Los autores (2024)

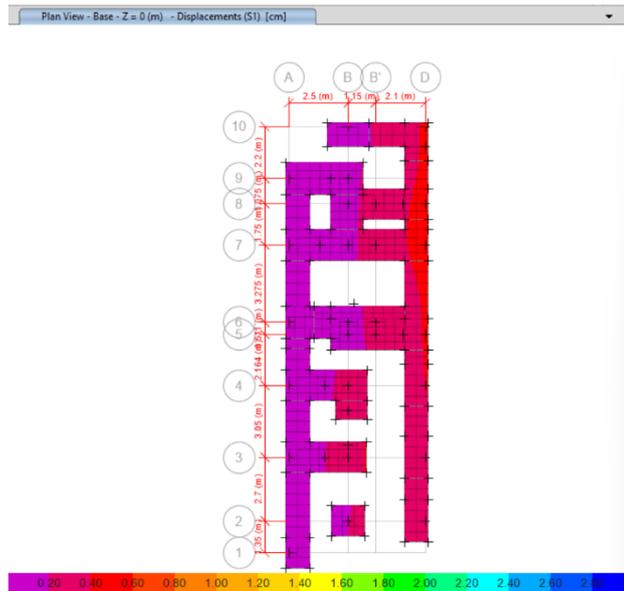
- **Caso de carga  $D + L \pm 0.8 S_x$**

Para caso  $D + L + 0.8 S_x$ , se tiene un asentamiento máximo de: 0.49 cm

Para caso  $D + L - 0.8 S_x$ , se tiene un asentamiento máximo de: 0.48 cm

**Figura 187**

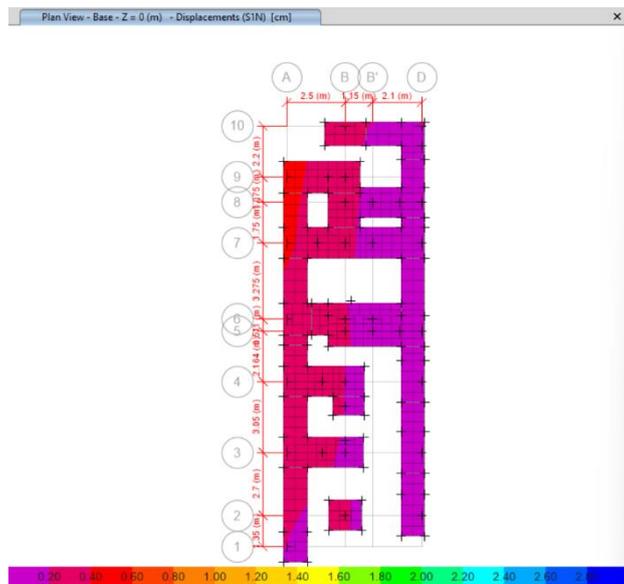
*Asentamiento carga  $D + L + 0.8 S_x$*



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 188**

*Asentamiento carga  $D + L - 0.8 S_x$*



Fuente: Los autores (2024)

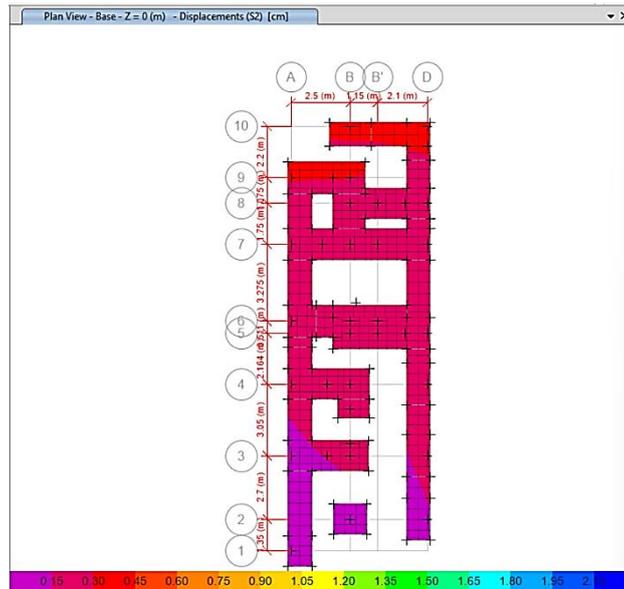
- **Caso de carga  $D + L \pm 0.8 S_y$**

Para caso  $D + L + 0.8 S_y$ , se tiene un asentamiento máximo de: 0.36 cm

Para caso  $D + L - 0.8 S_y$ , se tiene un asentamiento máximo de: 0.35 cm

**Figura 189**

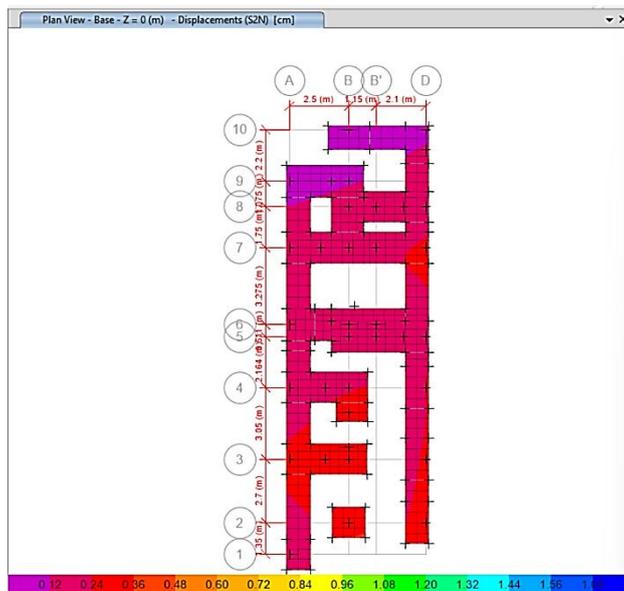
*Asentamiento carga  $D + L + 0.8 S_y$*



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 190**

*Asentamiento carga  $D + L - 0.8 S_y$*



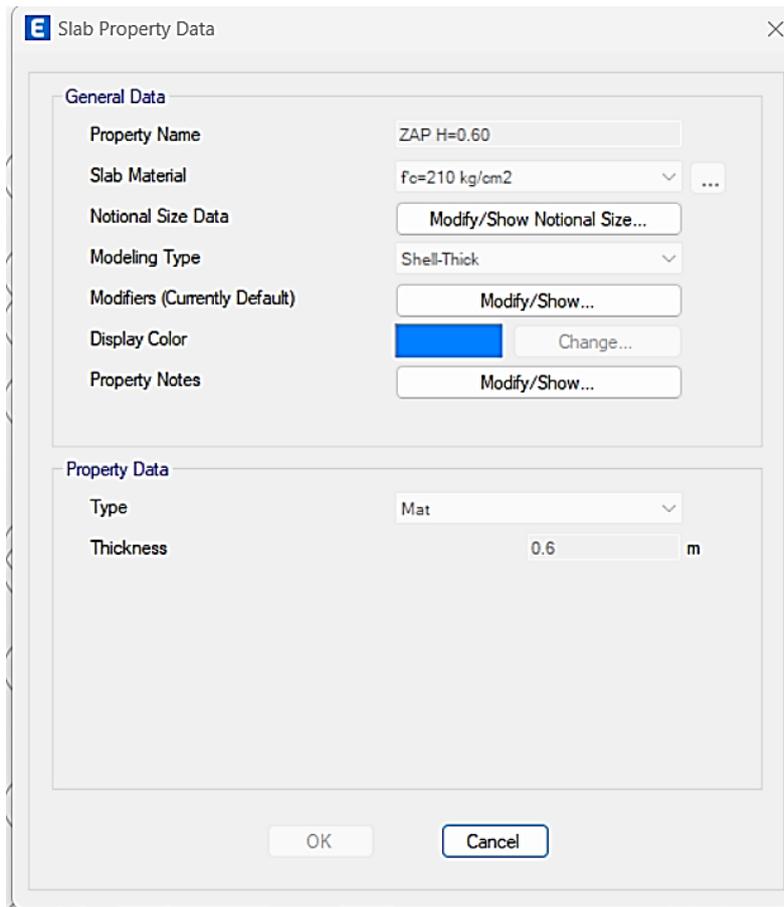
Fuente: Los autores (2024)

#### 4.6.5.2. Cimentación flexible – zapatas combinadas H=0.60m

Para el caso de esta cimentación nos hemos decantado por zapatas de 0.60m de espesor.

**Figura 191**

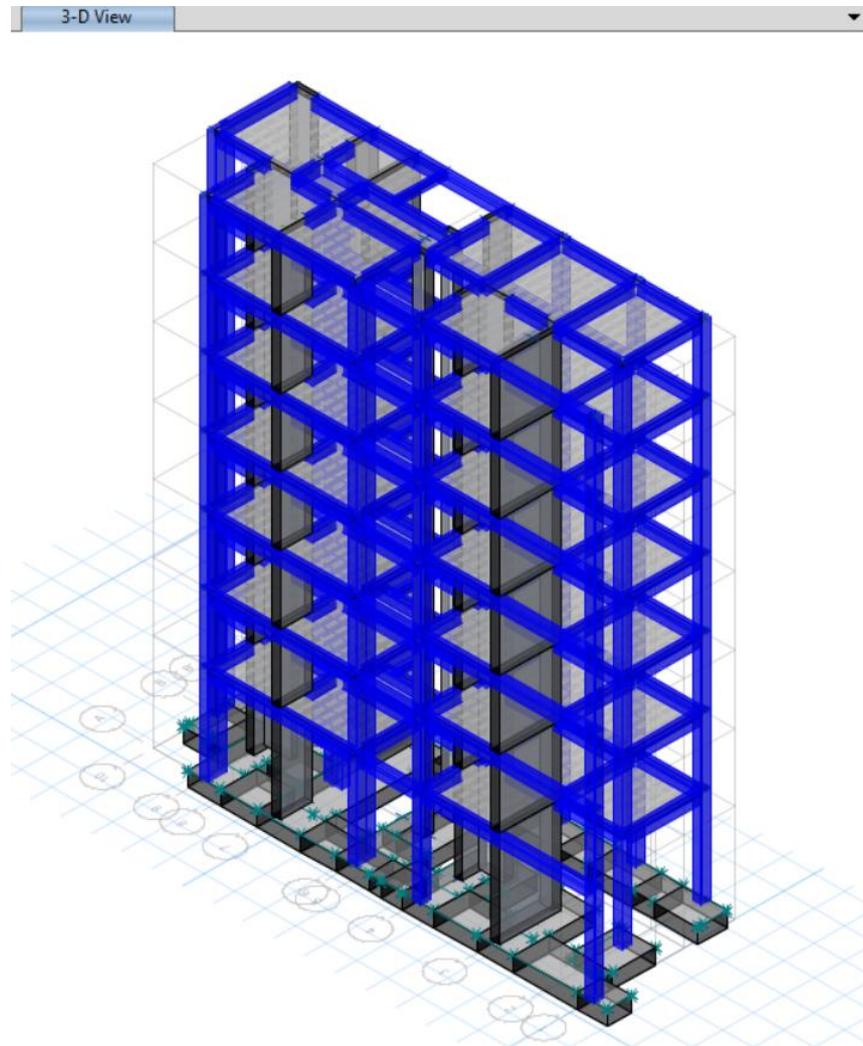
*Definición de zapata H=0.60m*



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 192**

*3D modelado zapata H=0.60m*



Fuente: Los autores (2024)

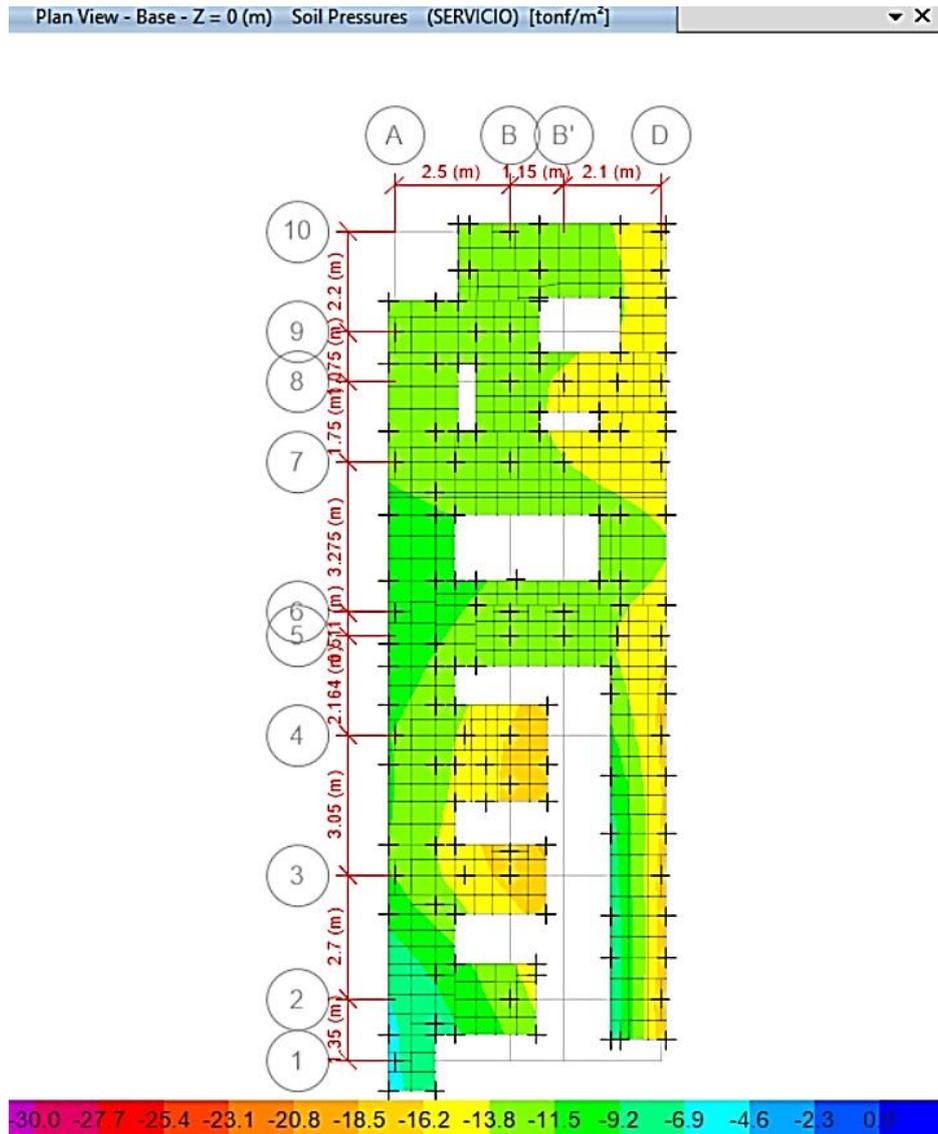
#### 4.6.5.2.1. Verificación de presiones

- Caso de carga D + L

Para el presente caso, se tiene una presión máxima de 1.81 kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 193**

*Presiones de zapatas H=0.60m - carga D + L*



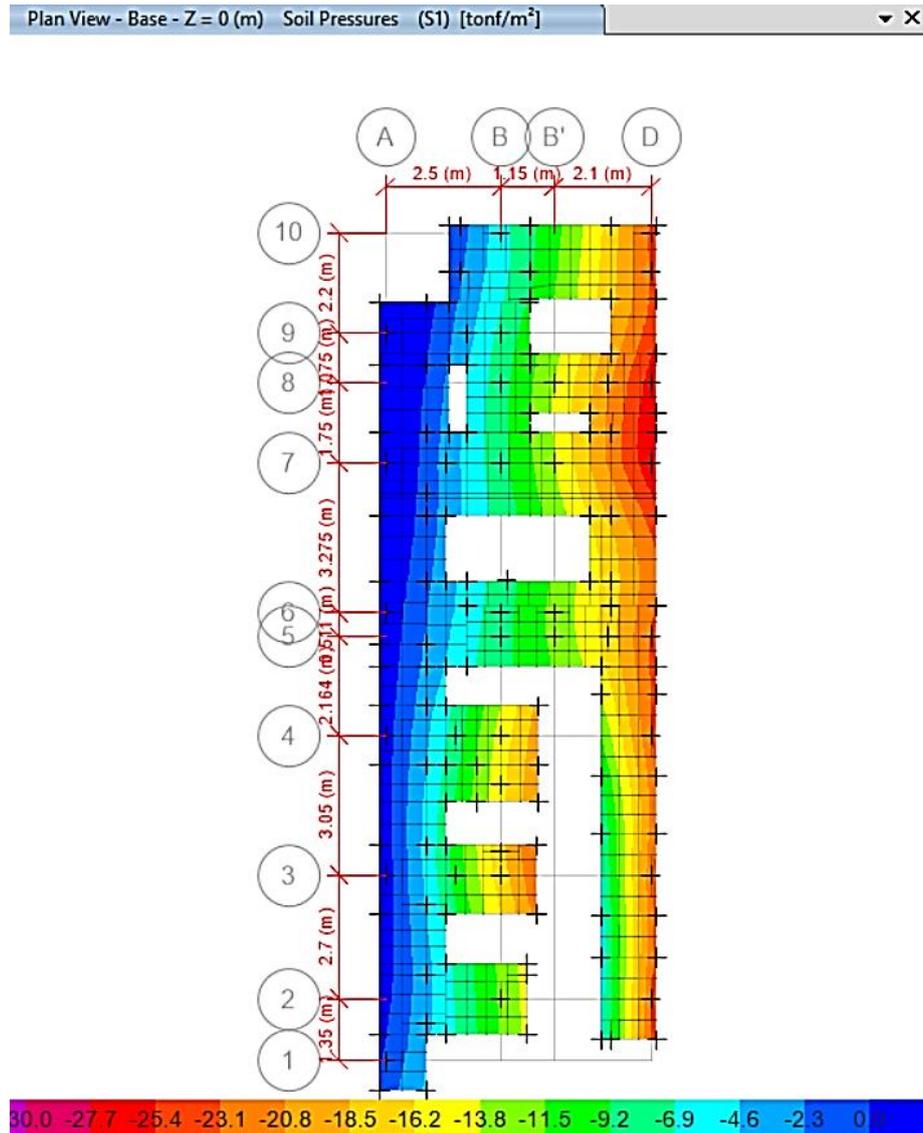
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L + 0.8 Sx**

Para el presente caso, se tiene una presión máxima de 2.80 kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 194**

*Presiones de zapatas H=0.60m - carga D + L + 0.8 Sx*



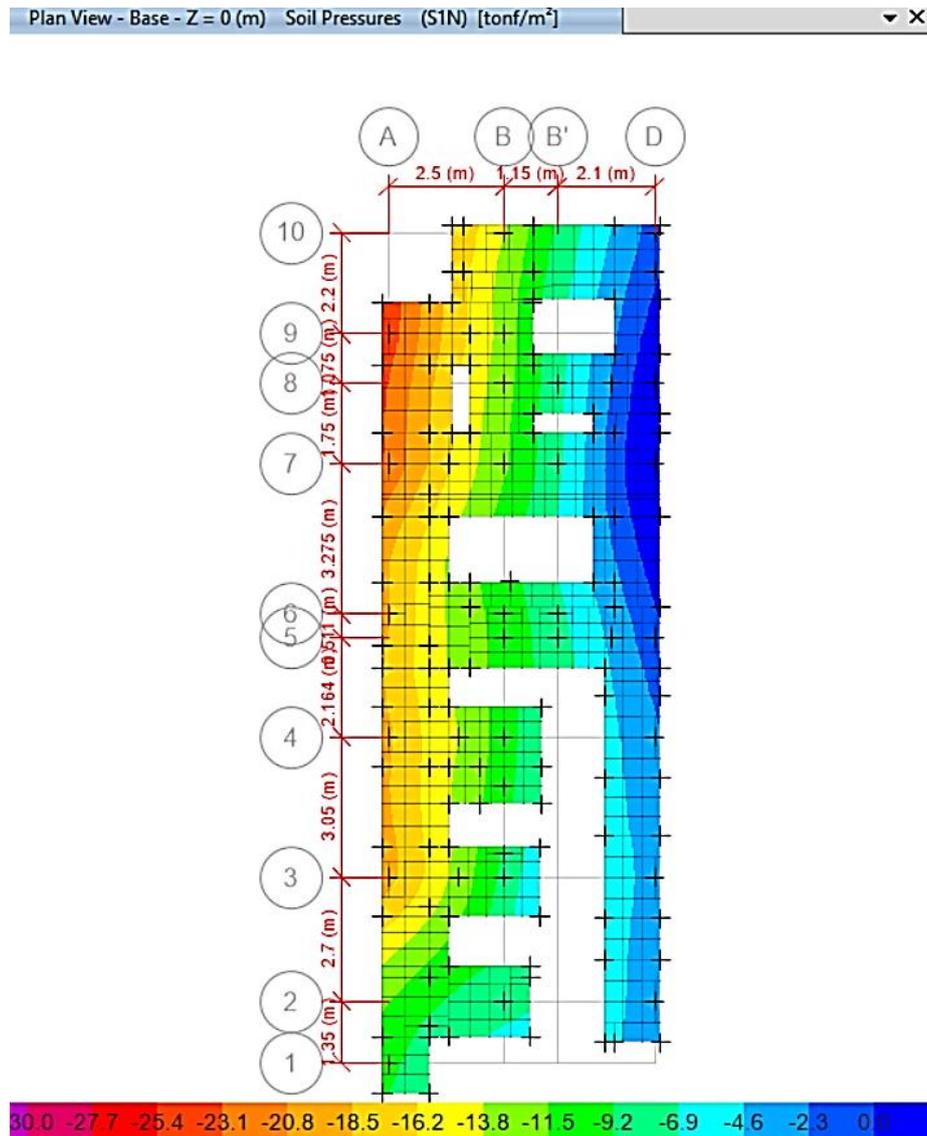
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L - 0.8 Sx**

Para el presente caso, se tiene una presión máxima de 2.53 kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 195**

*Presiones de zapatas H=0.60m - carga D + L - 0.8 Sx*



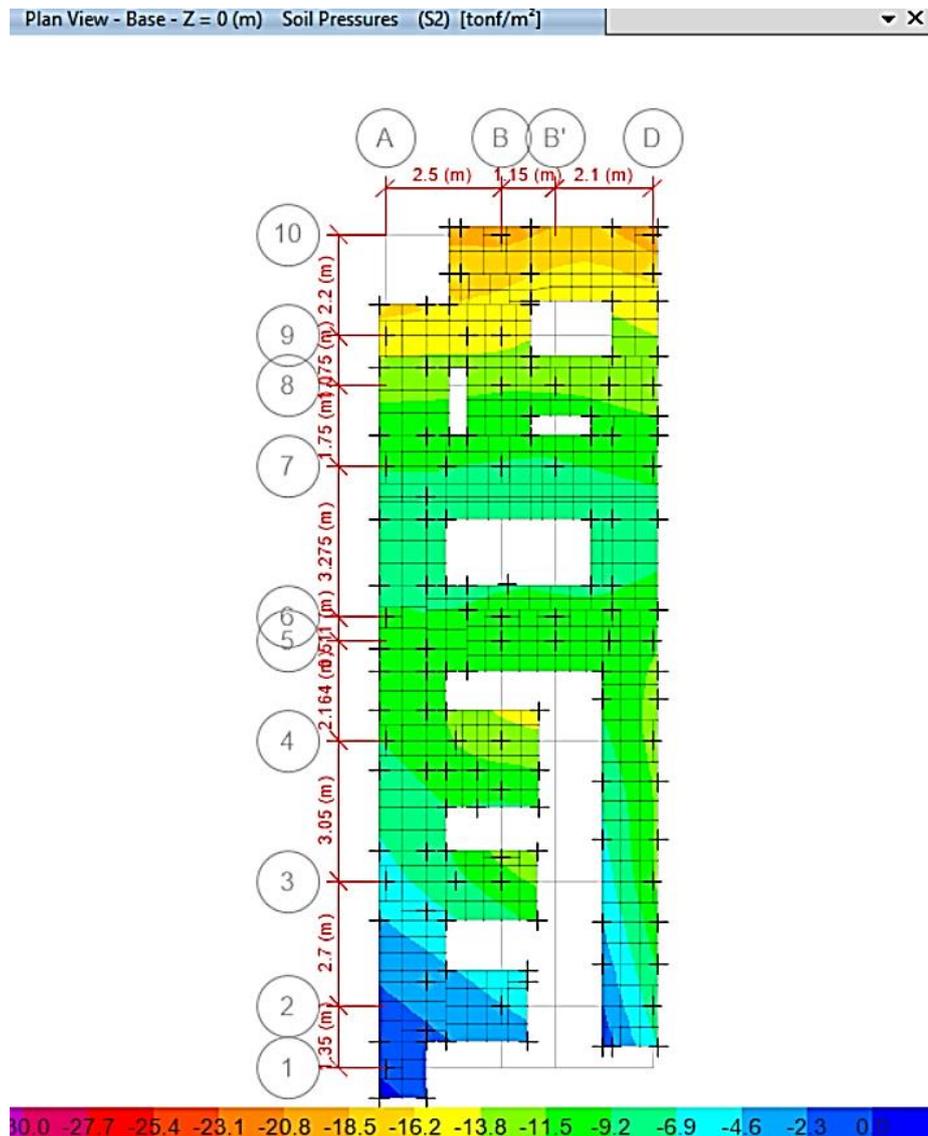
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L + 0.8 Sy**

Para el presente caso, se tiene una presión máxima de 2.06 kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 196**

*Presiones de zapatas H=0.60m - carga D + L + 0.8 Sy*



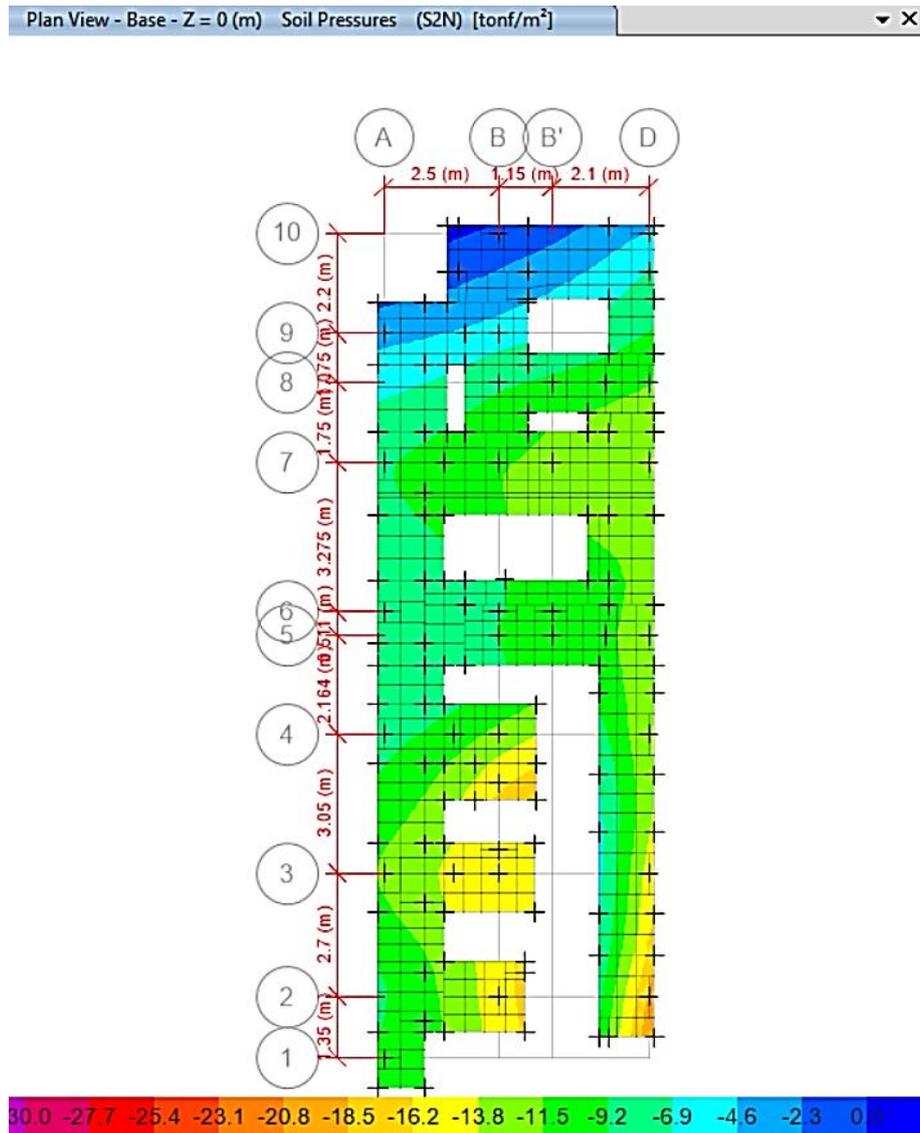
Fuente: Los autores (2024)

- **Caso de carga D + L - 0.8 Sy**

Para el presente caso, se tiene una presión máxima de 2.12 kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 197**

*Presiones de zapatas H=0.60m - carga D + L - 0.8 Sy*



Fuente: Los autores (2024)

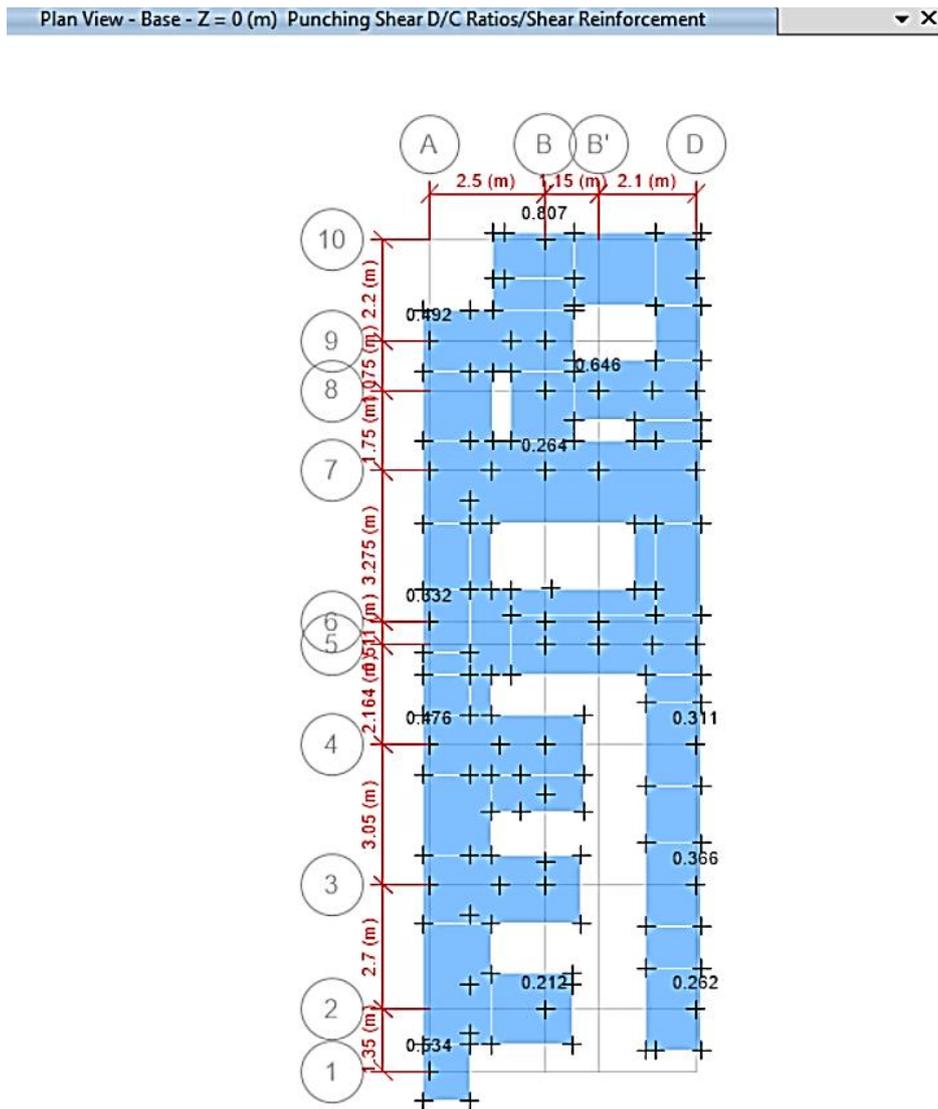
#### 4.6.5.2.2. Diseño a corte

- Por punzonamiento

La zapata cumple con holgura la sollicitación a corte por punzonamiento.

Figura 198

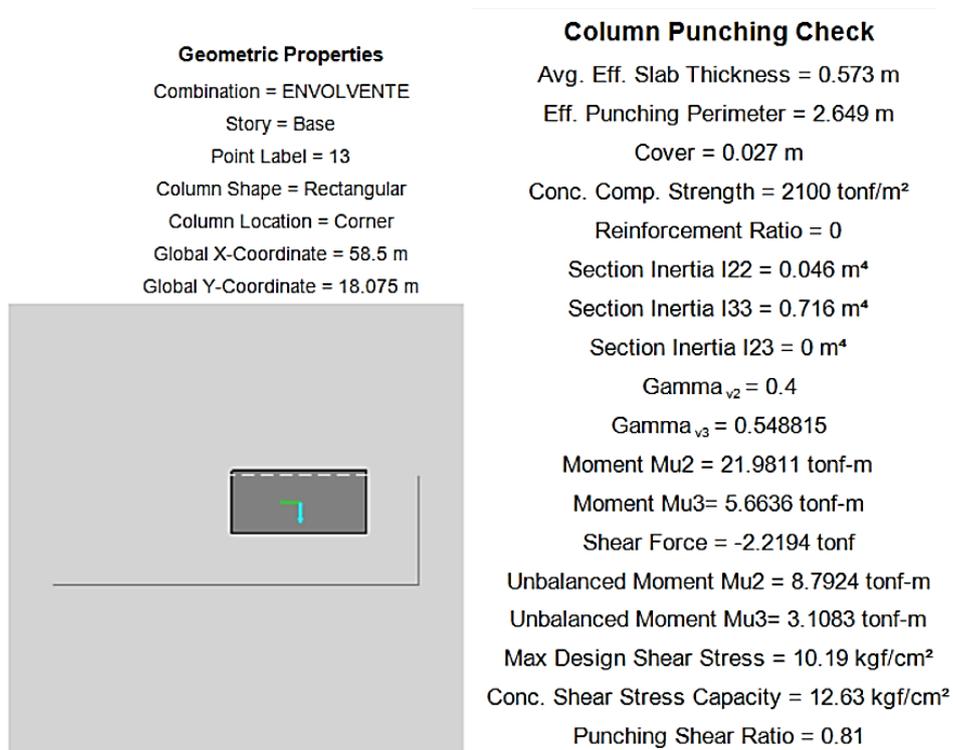
Zapatas  $H=0.60m$  punzonamiento



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 199**

*Verificación del corte por punzonamiento*



Fuente: Los autores (2024)

Detalles de la verificación del Corte por punzonamiento:

$$\sigma_c = 12.63 \frac{kg}{cm^2} \quad \sigma_U = 10.19 \frac{kg}{cm^2} \quad \frac{D}{C} = 0.81$$

- **Por capacidad**

Teniendo en cuenta que la capacidad de resistencia a corte del concreto es:

$$\emptyset V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

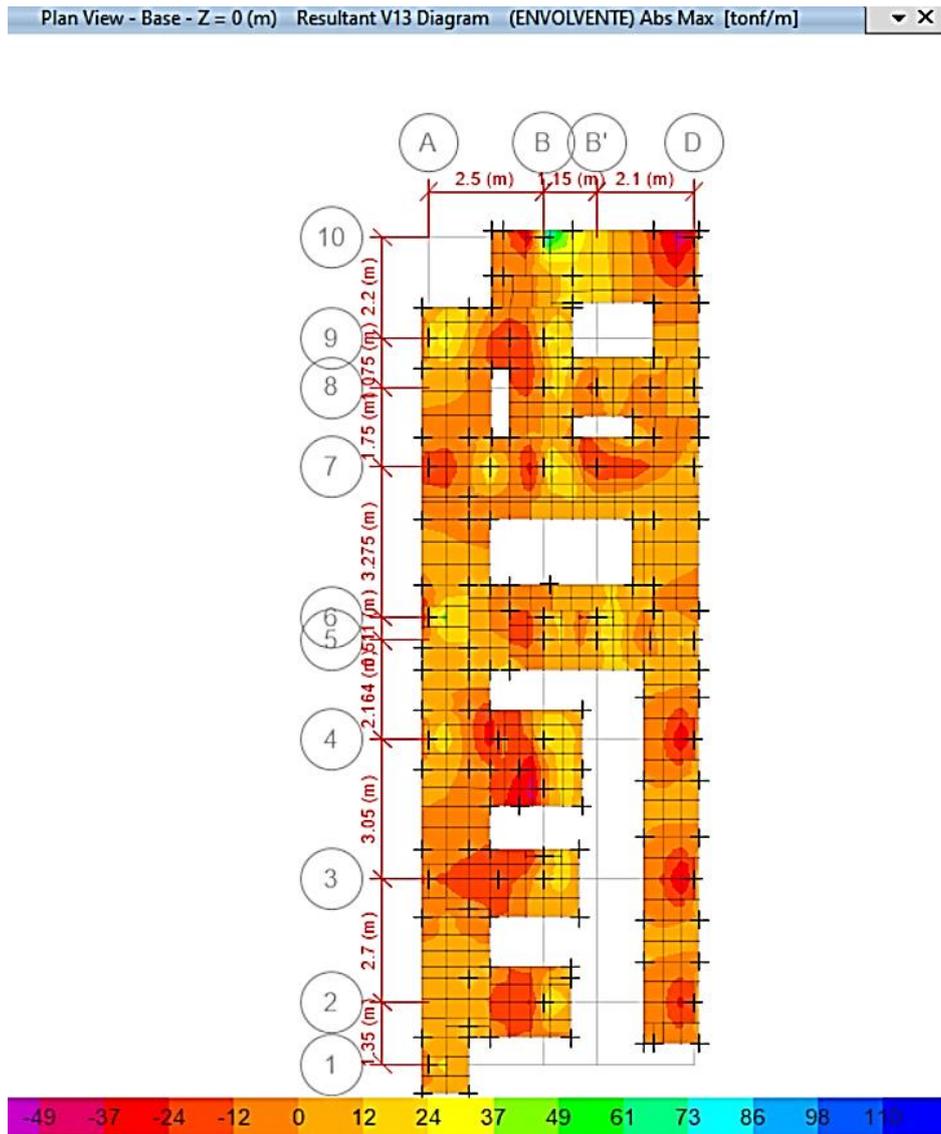
$$\emptyset V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 100 \times 50$$

$$\emptyset V_c = 32.66 \text{ ton}$$

Según el análisis realizado el cortante máximo actuante en la dirección X-X es de 23.00 Ton. y en la dirección Y-Y es de 28.6 Ton con lo cual el peralte escogido satisface la condición solicitada.

**Figura 200**

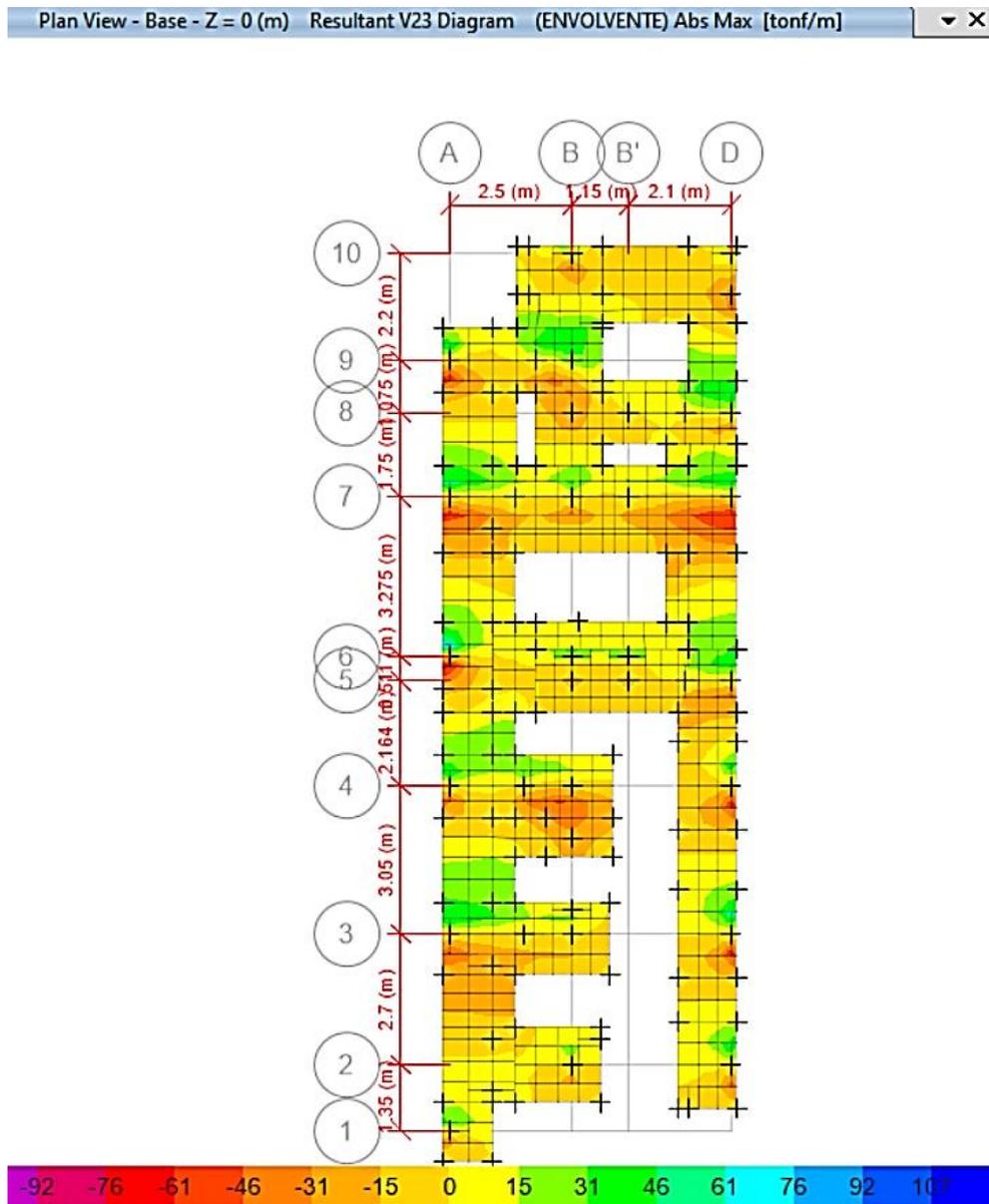
*Cortante máximo "X" zapata H=0.60m*



Fuente: Los autores (2024)

Figura 201

Cortante máximo "Y" zapata  $H=0.60m$



Fuente: Los autores (2024)

#### 4.6.5.2.3. Diseño a flexión

Considerando que lo que se busca es lograr que la disposición de acero cumpla las solicitaciones requeridas a la par de lograr que sea la alternativa más económica, se plantea diseñar con el acero mínimo para losas.

Según el artículo 9.72 de la norma E060 la cuantía mínima por retracción y temperatura es de 0.0018

Entonces considerando que es una zapata aislada y que tendrá una sola malla se considera:

$$A_{smin} = 0.0018 \times b \times h = 0.0018 \times 100 \text{ cm} \times 60 \text{ cm} = 10.80 \text{ cm}^2$$

Y usando varillas de 5/8" tendríamos una separación de:

$$sep = \frac{A_{s \text{ var}}}{A_{s \text{ min}}}$$
$$sep = \frac{1.98 \text{ cm}^2}{10.80 \text{ cm}^2/\text{m}} = 0.175 \text{ m}$$

Por otro lado, considerando que es una zapata combinada y que tendrá doble malla se considera:

$$A_{smin} = 0.0012 \times b \times h = 0.0012 \times 100 \text{ cm} \times 60 \text{ cm} = 7.20 \text{ cm}^2$$

Y usando varillas de 5/8" tendríamos una separación de:

$$sep = \frac{A_{s \text{ var}}}{A_{s \text{ min}}}$$
$$sep = \frac{1.98 \text{ cm}^2}{7.20 \text{ cm}^2/\text{m}} = 0.25 \text{ m}$$

**Figura 202**

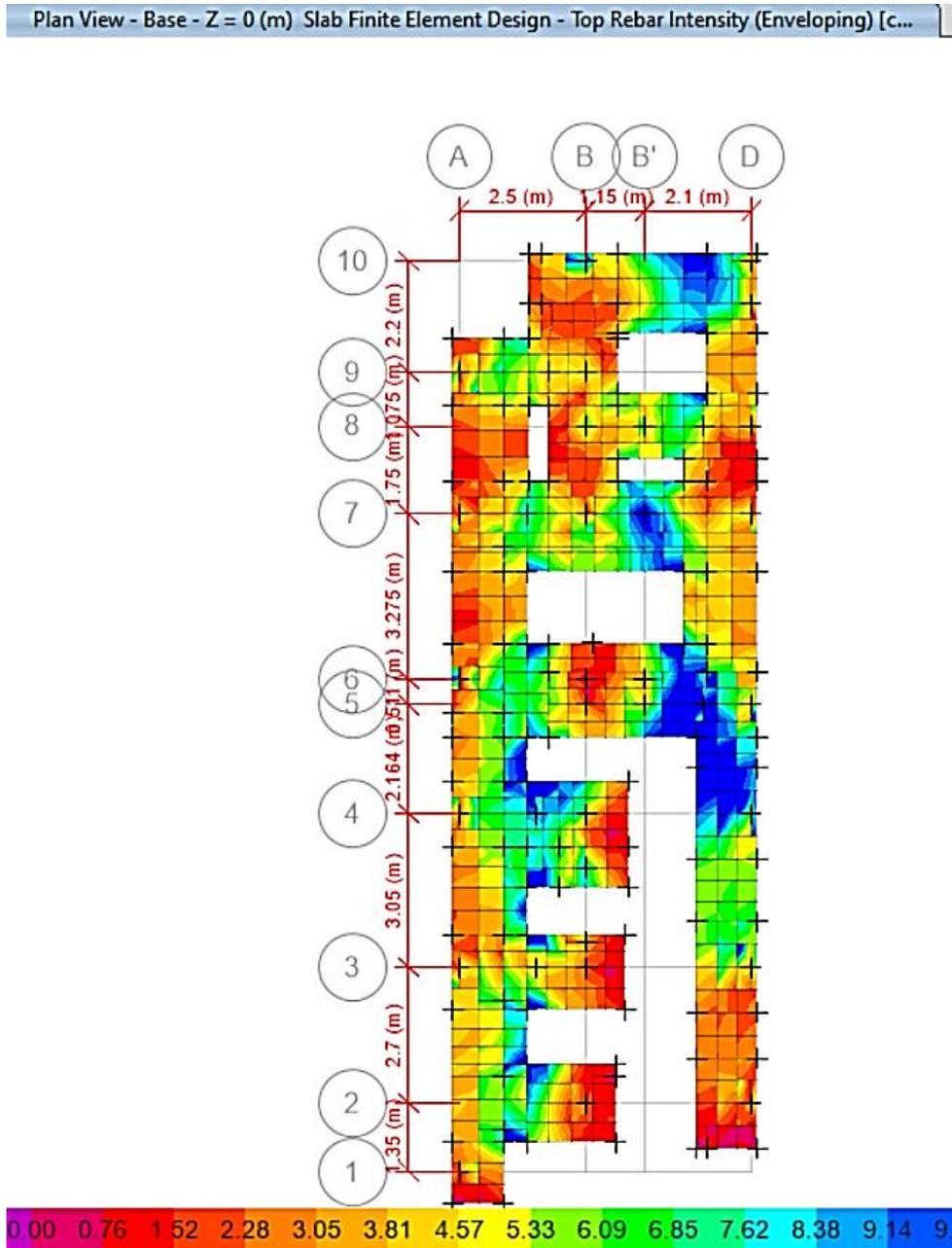
*Refuerzo inferior eje "X" zapata H=0.60m*



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 203**

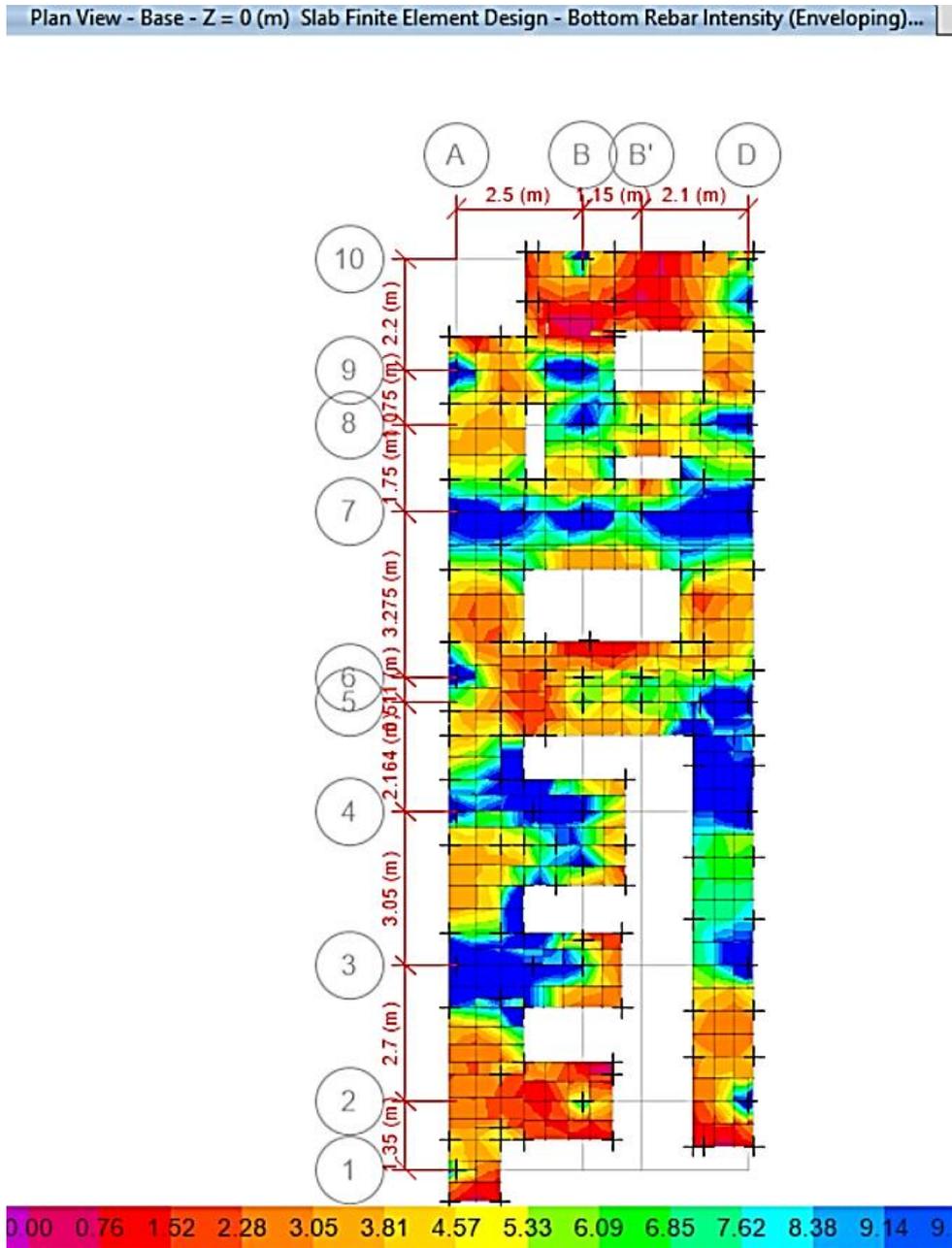
*Refuerzo superior eje "X" zapata H=0.60m*



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 204**

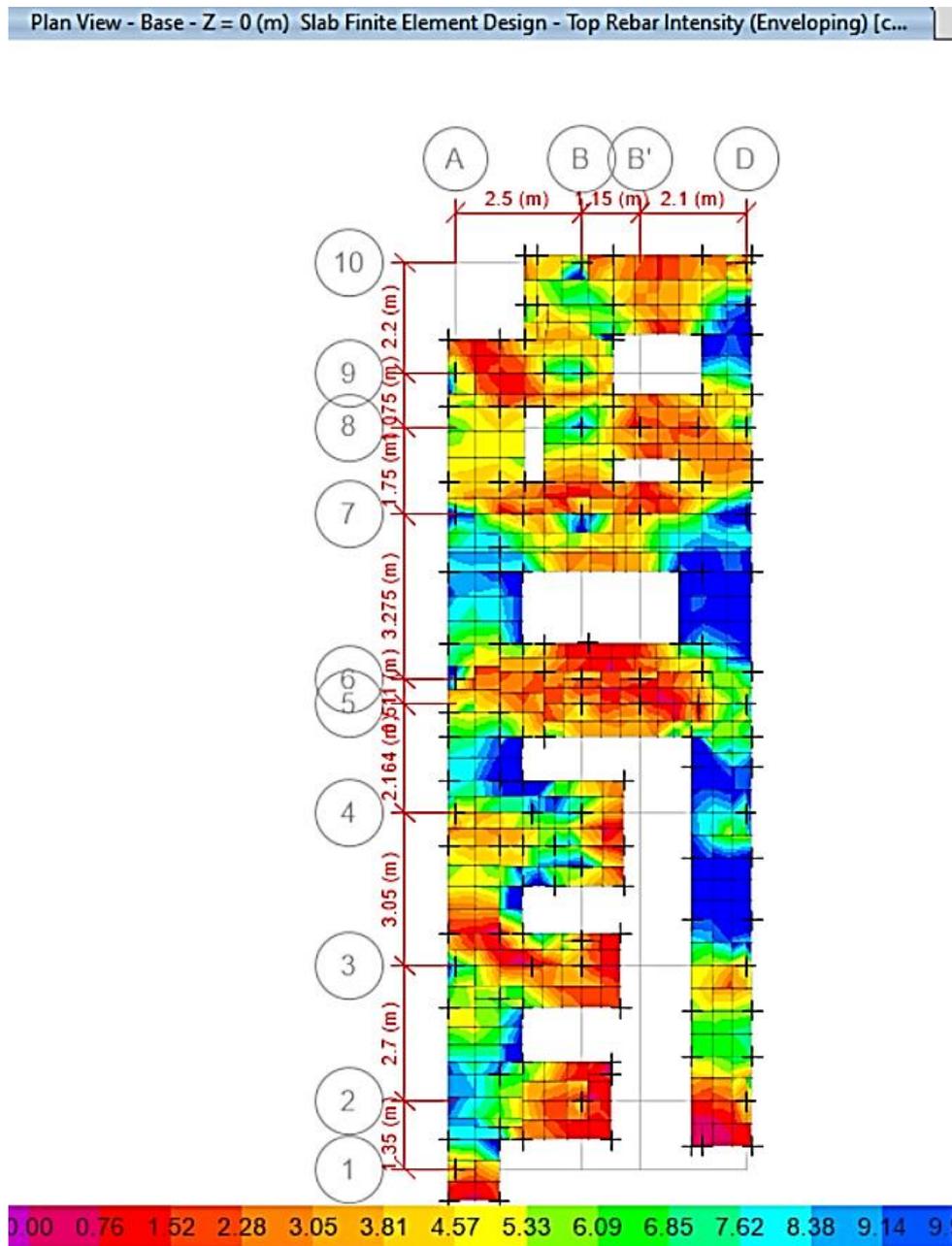
*Refuerzo inferior eje "Y" zapata H=0.60m*



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 205**

*Refuerzo superior eje "Y" zapata H=0.60m*



Fuente: Los autores (2024)

De acuerdo con el análisis efectuado se concluye que al utilizar  $\varnothing 5/8'' @ 0.20$  m, en doble malla se puede cumplir con las solicitaciones requeridas en las zapatas combinadas con bastoneos en zonas específicas.

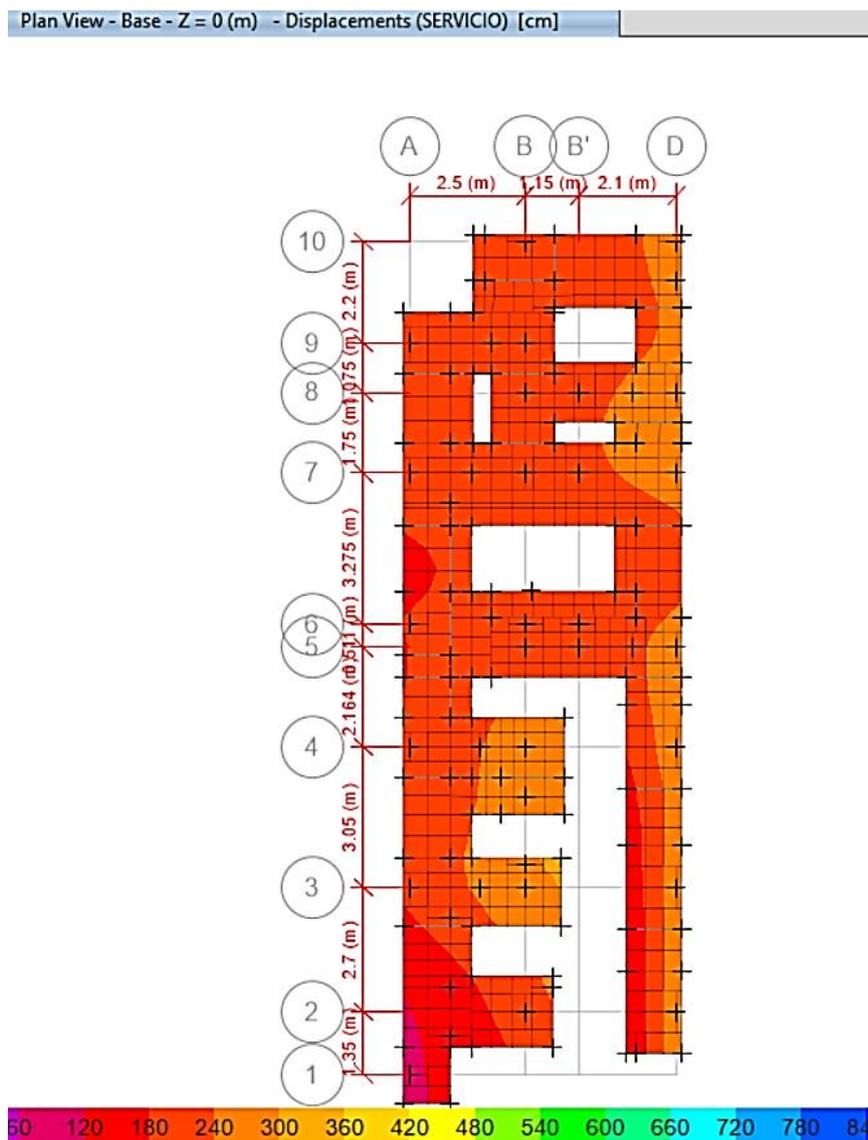
#### 4.6.5.2.4. Verificación de asentamientos

- Caso carga D + L

Para el presente caso, se tiene un asentamiento máximo de 0.27 cm

**Figura 206**

*Asentamiento carga D + L*



Fuente: Los autores (2024)

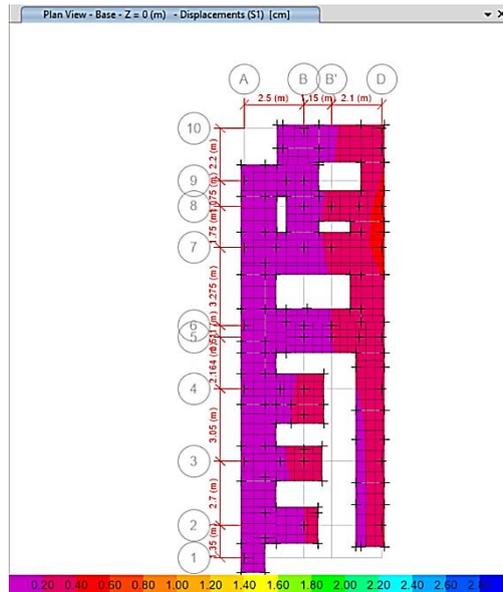
- **Caso de carga  $D + L \pm 0.8 S_x$**

Para caso  $D + L + 0.8 S_x$ , se tiene un asentamiento máximo de: 0.45 cm

Para caso  $D + L - 0.8 S_x$ , se tiene un asentamiento máximo de: 0.42 cm

**Figura 207**

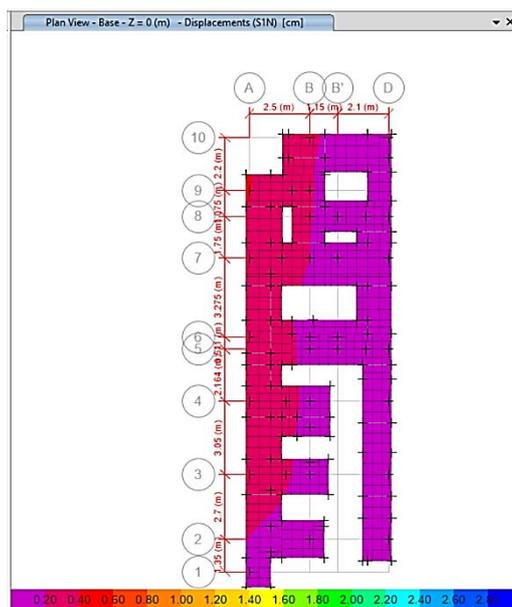
*Asentamiento carga  $D + L + 0.8 S_x$*



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 208**

*Asentamiento carga  $D + L - 0.8 S_x$*



Fuente: Los autores (2024)

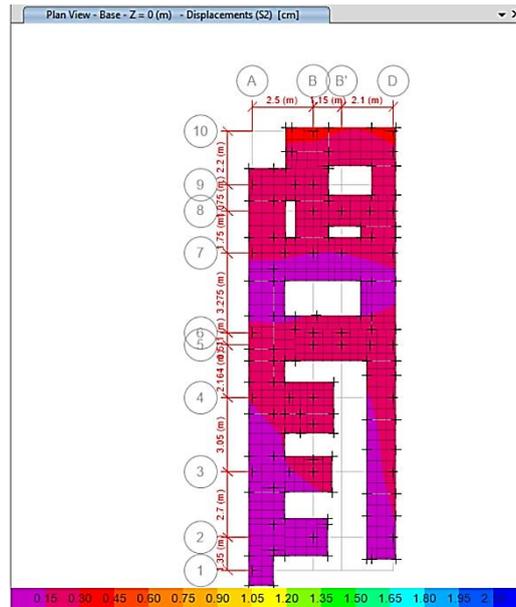
- **Caso de carga  $D + L \pm 0.8 S_y$**

Para caso  $D + L + 0.8 S_y$ , se tiene un asentamiento máximo de: 0.35 cm

Para caso  $D + L - 0.8 S_y$ , se tiene un asentamiento máximo de: 0.35 cm

**Figura 209**

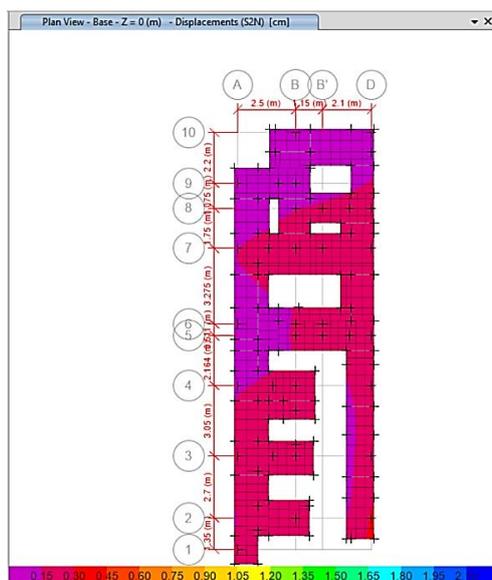
*Asentamiento carga  $D + L + 0.8 S_y$*



Fuente: Los autores (2024)

**Figura 210**

*Asentamiento carga  $D + L - 0.8 S_y$*



Fuente: Los autores (2024)

#### 4.7. Presupuesto de cada cimentación

##### 4.7.1. Cimentación rígida – 5 niveles – sector 1

**Tabla 66**

*Presupuesto cimentación rígida - 5 niveles - sector 1*

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
<b>02</b>	<b>ESTRUCTURAS</b>					<b>119896.67</b>
<b>02.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
<b>02.01.01</b>	<b>EXCAVACIONES</b>					10611.93
02.01.01.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA CIMIENTOS	m3	220.20	48.19	10611.93	
<b>02.01.02</b>	<b>RELLENO</b>					3822.60
02.01.02.01	RELLENO CON ARENILLA COMPACTADA	m3	41.42	71.64	2966.97	
02.01.02.02	RELLENO CON AFIRMADO	m3	10.35	82.64	855.63	
<b>02.01.03</b>	<b>NIVELACION DE TERRENO</b>					952.55
02.01.03.01	NIVELACIÓN DEL TERRENO	m2	103.54	9.20	952.55	
<b>02.01.04</b>	<b>ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE</b>					6187.94
02.01.04.01	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	220.20	28.10	6187.94	
<b>02.02</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>					
<b>02.02.01</b>	<b>CIMIENTOS CORRIDOS</b>					22878.09
02.02.01.01	CONCRETO CICLOPEO F'C=100 kg/cm2 + 30% PG	m3	88.08	259.74	22878.09	
<b>02.03</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>					
<b>02.03.01</b>	<b>LOSAS DE CIMENTACIÓN</b>					75443.55
02.03.01.01	CONCRETO PARA LOSAS DE CIMENTACIÓN F'C = 210 KG/CM2	m3	77.07	507.30	39097.70	
02.03.01.02	ACERO FY = 4200 KG/CM2 GRADO: 60	kg	5729.88	6.34	36345.86	

**Fuente:** Los autores (2024)

#### 4.7.2. Cimentación flexible – 5 niveles – sector 1

**Tabla 67**

*Presupuesto cimentación flexible - 5 niveles - sector 1*

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
<b>02</b>	<b>ESTRUCTURAS</b>					<b>139362.65</b>
<b>02.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
<b>02.01.01</b>	<b>EXCAVACIONES</b>					10611.93
02.01.01.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA CIMIENTOS	m3	220.20	48.19	10611.93	
<b>02.01.02</b>	<b>RELLENO</b>					2698.39
02.01.02.01	RELLENO CON ARENILLA COMPACTADA	m3	29.24	71.64	2094.40	
02.01.02.02	RELLENO CON AFIRMADO	m3	7.31	82.64	604.00	
<b>02.01.03</b>	<b>NIVELACION DE TERRENO</b>					671.49
02.01.03.01	NIVELACIÓN DEL TERRENO	m3	72.99	9.20	671.49	
<b>02.01.04</b>	<b>ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE</b>					6187.94
02.01.04.01	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	220.20	28.10	6187.94	
<b>02.02</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>					
<b>02.02.01</b>	<b>CIMIENTOS CORRIDOS</b>					22878.09
02.02.01.01	CONCRETO CICLOPEO F'C=100 kg/cm2 + 30% PG	m3	88.08	259.74	22878.09	
<b>02.03</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>					
<b>02.03.01</b>	<b>LOSAS DE CIMENTACIÓN</b>					51416.36
02.03.01.01	CONCRETO PARA LOSAS DE CIMENTACIÓN F'C = 210 KG/CM2	m3	55.05	507.30	27926.93	
02.03.01.02	ACERO FY = 4200 KG/CM2 GRADO: 60	kg	3703.08	6.34	23489.43	
<b>02.03.02</b>	<b>VIGAS DE CIMENTACIÓN</b>					44898.45
02.03.02.01	CONCRETO PARA VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 210 KG/CM2	m3	14.81	507.30	7510.59	
02.03.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN VIGAS DE CIMENTACIÓN	m2	58.14	42.31	2459.90	
02.03.02.03	ACERO FY = 4200 KG/CM2 GRADO: 60	kg	5506.35	6.34	34927.96	

**Fuente:** Los autores (2024)

### 4.7.3. Cimentación rígida – 7 niveles – sector 1

**Tabla 68**

*Presupuesto cimentación rígida - 7 niveles - sector 1*

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
<b>02</b>	<b>ESTRUCTURAS</b>					<b>79280.90</b>
<b>02.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
<b>02.01.01</b>	<b>EXCAVACIONES</b>					8255.30
02.01.01.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA CIMIENTOS	m3	220.20	37.49	8255.30	
<b>02.01.02</b>	<b>RELLENO</b>					2735.46
02.01.02.01	RELLENO CON ARENILLA COMPACTADA	m3	41.42	47.88	1982.95	
02.01.02.02	RELLENO CON AFIRMADO	m3	10.35	72.68	752.51	
<b>02.01.03</b>	<b>NIVELACION DE TERRENO</b>					348.92
02.01.03.01	NIVELACIÓN DEL TERRENO	m2	103.54	3.37	348.92	
<b>02.01.04</b>	<b>ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE</b>					3380.07
02.01.04.01	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	220.20	15.35	3380.07	
<b>02.02</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>					
<b>02.02.01</b>	<b>CIMIENTOS CORRIDOS</b>					21132.15
02.02.01.01	CONCRETO CICLOPEO FC=100 kg/cm <sup>2</sup> + 30% PG	m3	88.08	239.92	21132.15	
<b>02.03</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>					
<b>02.03.01</b>	<b>LOSAS DE CIMENTACIÓN</b>					43428.99
02.03.01.01	CONCRETO PARA LOSAS DE CIMENTACIÓN FC = 210 KG/CM <sup>2</sup>	m3	77.07	410.05	31602.55	
02.03.01.02	ACERO FY = 4200 KG/CM <sup>2</sup> GRADO: 60	kg	3530.28	3.35	11826.44	

**Fuente:** Los autores (2024)

#### 4.7.4. Cimentación flexible – 7 niveles – sector 1

**Tabla 69**

*Presupuesto cimentación flexible - 7 niveles - sector 1*

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
<b>02</b>	<b>ESTRUCTURAS</b>					<b>90203.27</b>
<b>02.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
<b>02.01.01</b>	<b>EXCAVACIONES</b>					8255.30
02.01.01.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA CIMIENTOS	m3	220.20	37.49	8255.30	
<b>02.01.02</b>	<b>RELLENO</b>					2148.28
02.01.02.01	RELLENO CON ARENILLA COMPACTADA	m3	32.53	47.88	1557.30	
02.01.02.02	RELLENO CON AFIRMADO	m3	8.13	72.68	590.98	
<b>02.01.03</b>	<b>NIVELACION DE TERRENO</b>					237.79
02.01.03.01	NIVELACIÓN DEL TERRENO	m3	70.56	3.37	237.79	
<b>02.01.04</b>	<b>ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE</b>					3380.07
02.01.04.01	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	220.20	15.35	3380.07	
<b>02.02</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>					
<b>02.02.01</b>	<b>CIMIENTOS CORRIDOS</b>					21132.15
02.02.01.01	CONCRETO CICLOPEO F'C=100 kg/cm2 + 30% PG	m3	88.08	239.92	21132.15	
<b>02.03</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>					
<b>02.03.01</b>	<b>LOSAS DE CIMENTACIÓN</b>					32491.16
02.03.01.01	CONCRETO PARA LOSAS DE CIMENTACIÓN F'C = 210 KG/CM2	m3	55.05	410.05	22573.25	
02.03.01.02	ACERO FY = 4200 KG/CM2 GRADO: 60	kg	2960.57	3.35	9917.91	
<b>02.03.02</b>	<b>VIGAS DE CIMENTACIÓN</b>					22558.52
02.03.02.01	CONCRETO PARA VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 210 KG/CM2	m3	8.64	410.05	3541.29	
02.03.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN VIGAS DE CIMENTACIÓN	m2	43.61	42.31	1844.93	
02.03.02.03	ACERO FY = 4200 KG/CM2 GRADO: 60	kg	5126.06	3.35	17172.30	

**Fuente:** Los autores (2024)

#### 4.7.5. Cimentación rígida – 5 niveles – sector 2

**Tabla 70**

*Presupuesto cimentación rígida - 5 niveles - sector 2*

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
<b>02</b>	<b>ESTRUCTURAS</b>					<b>60472.94</b>
<b>02.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
<b>02.01.01</b>	<b>EXCAVACIONES</b>					2687.68
02.01.01.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA CIMIENTOS	m3	55.77	48.19	2687.68	
<b>02.01.02</b>	<b>RELLENO</b>					2222.48
02.01.02.01	RELLENO CON ARENILLA COMPACTADA	m3	19.42	71.64	1390.94	
02.01.02.02	RELLENO CON AFIRMADO	m3	10.06	82.64	831.53	
<b>02.01.03</b>	<b>NIVELACION DE TERRENO</b>					1012.00
02.01.03.01	NIVELACIÓN DEL TERRENO	m2	110.00	9.20	1012.00	
<b>02.01.04</b>	<b>ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE</b>					1567.22
02.01.04.01	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	55.77	28.10	1567.22	
<b>02.02</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>					
<b>02.02.01</b>	<b>CIMIENTOS CORRIDOS</b>					21132.15
02.02.01.01	CONCRETO CICLOPEO F'C=100 kg/cm2 + 30% PG	m3	88.08	239.92	21132.15	
<b>02.03</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>					
<b>02.03.01</b>	<b>ZAPATAS</b>					31851.41
02.03.01.01	CONCRETO PARA ZAPATAS F'C = 210 KG/CM2	m3	37.18	507.30	18861.45	
02.03.01.02	ACERO FY = 4200 KG/CM2 GRADO: 60	kg	2047.85	6.34	12989.96	

**Fuente:** Los autores (2024)

#### 4.7.6. Cimentación flexible – 5 niveles – sector 2

**Tabla 71**

*Presupuesto cimentación flexible - 5 niveles - sector 2*

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
<b>02</b>	<b>ESTRUCTURAS</b>					<b>50436.07</b>
<b>02.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
<b>02.01.01</b>	<b>EXCAVACIONES</b>					2699.54
02.01.01.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA CIMIENTOS	m3	56.02	48.19	2699.54	
<b>02.01.02</b>	<b>RELLENO</b>					2778.85
02.01.02.01	RELLENO CON ARENILLA COMPACTADA	m3	27.18	71.64	1947.32	
02.01.02.02	RELLENO CON AFIRMADO	m3	10.06	82.64	831.53	
<b>02.01.03</b>	<b>NIVELACION DE TERRENO</b>					1012.00
02.01.03.01	NIVELACIÓN DEL TERRENO	m3	110.00	9.20	1012.00	
<b>02.01.04</b>	<b>ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE</b>					1574.13
02.01.04.01	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	56.02	28.10	1574.13	
<b>02.02</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>					
<b>02.02.01</b>	<b>CIMIENTOS CORRIDOS</b>					21132.15
02.02.01.01	CONCRETO CICLOPEO F'C=100 kg/cm <sup>2</sup> + 30% PG	m3	88.08	239.92	21132.15	
<b>02.03</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>					
<b>02.03.01</b>	<b>ZAPATAS</b>					21239.40
02.03.01.01	CONCRETO PARA ZAPATAS F'C = 210 KG/CM <sup>2</sup>	m3	23.34	507.30	11840.41	
02.03.01.02	ACERO FY = 4200 KG/CM <sup>2</sup> GRADO: 60	kg	1481.74	6.34	9398.99	

**Fuente:** Los autores (2024)

#### 4.7.7. Cimentación rígida – 7 niveles – sector 2

##### Figura 211

*Presupuesto cimentación rígida - 7 niveles - sector 2*

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
<b>02</b>	<b>ESTRUCTURAS</b>					<b>74714.70</b>
<b>02.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
<b>02.01.01</b>	<b>EXCAVACIONES</b>					2687.68
02.01.01.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA CIMIENTOS	m3	55.77	48.19	2687.68	
<b>02.01.02</b>	<b>RELLENO</b>					2222.48
02.01.02.01	RELLENO CON ARENILLA COMPACTADA	m3	19.42	71.64	1390.94	
02.01.02.02	RELLENO CON AFIRMADO	m3	10.06	82.64	831.53	
<b>02.01.03</b>	<b>NIVELACION DE TERRENO</b>					1012.00
02.01.03.01	NIVELACIÓN DEL TERRENO	m2	110.00	9.20	1012.00	
<b>02.01.04</b>	<b>ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE</b>					1567.22
02.01.04.01	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	55.77	28.10	1567.22	
<b>02.02</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>					
<b>02.02.01</b>	<b>CIMIENTOS CORRIDOS</b>					21132.15
02.02.01.01	CONCRETO CICLOPEO F'C=100 kg/cm2 + 30% PG	m3	88.08	239.92	21132.15	
<b>02.03</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>					
<b>02.03.01</b>	<b>ZAPATAS</b>					46093.17
02.03.01.01	CONCRETO PARA ZAPATAS F'C = 210 KG/CM2	m3	44.62	507.30	22633.75	
02.03.01.02	ACERO FY = 4200 KG/CM2 GRADO: 60	kg	3698.35	6.34	23459.43	

**Fuente:** Los autores (2024)

#### 4.7.8. Cimentación flexible – 7 niveles – sector

**Figura 212**

*Presupuesto cimentación flexible - 7 niveles - sector 2*

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
<b>02</b>	<b>ESTRUCTURAS</b>					<b>62298.30</b>
<b>02.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
<b>02.01.01</b>	<b>EXCAVACIONES</b>					2699.54
02.01.01.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA CIMIENTOS	m3	56.02	48.19	2699.54	
<b>02.01.02</b>	<b>RELLENO</b>					2778.85
02.01.02.01	RELLENO CON ARENILLA COMPACTADA	m3	27.18	71.64	1947.32	
02.01.02.02	RELLENO CON AFIRMADO	m3	10.06	82.64	831.53	
<b>02.01.03</b>	<b>NIVELACION DE TERRENO</b>					1012.00
02.01.03.01	NIVELACIÓN DEL TERRENO	m3	110.00	9.20	1012.00	
<b>02.01.04</b>	<b>ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE</b>					1574.13
02.01.04.01	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	56.02	28.10	1574.13	
<b>02.02</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>					
<b>02.02.01</b>	<b>CIMIENTOS CORRIDOS</b>					21132.15
02.02.01.01	CONCRETO CICLOPEO F'C=100 kg/cm2 + 30% PG	m3	88.08	239.92	21132.15	
<b>02.03</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>					
<b>02.03.01</b>	<b>ZAPATAS</b>					33101.63
02.03.01.01	CONCRETO PARA ZAPATAS F'C = 210 KG/CM2	m3	28.01	507.30	14209.50	
02.03.01.02	ACERO FY = 4200 KG/CM2 GRADO: 60	kg	2978.32	6.34	18892.12	

**Fuente:** Los autores (2024)

## 4.8. Comparativa

### 4.8.1. Económica

Tabla 72

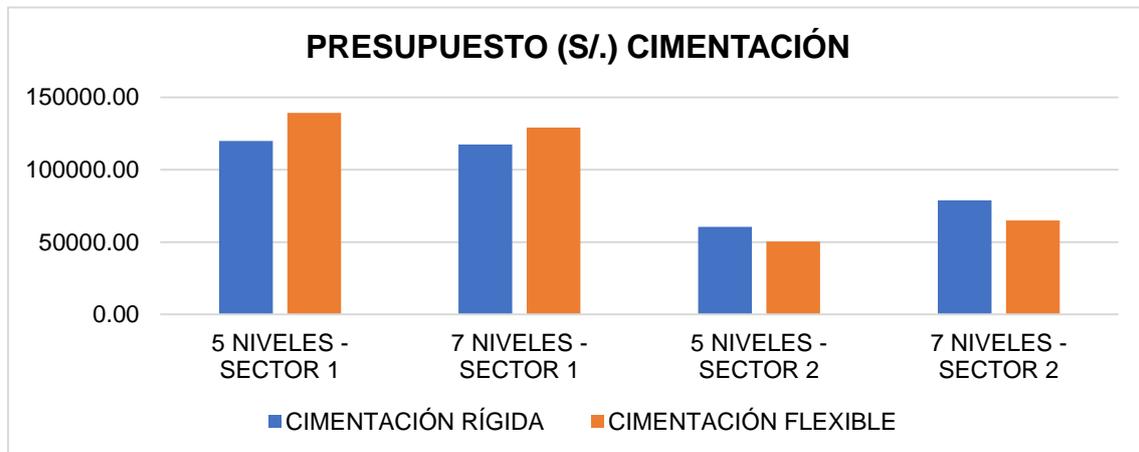
Comparativa presupuestal (S/.) cimentación

DESCRIPCIÓN	PRESUPUESTO (S/.)	
	CIMENTACIÓN RÍGIDA	CIMENTACIÓN FLEXIBLE
5 NIVELES - SECTOR 1	119896.67	139362.65
7 NIVELES - SECTOR 1	117455.82	129019.71
5 NIVELES - SECTOR 2	60472.94	50436.07
7 NIVELES - SECTOR 2	78717.14	64913.94

Fuente: Los autores (2024)

Figura 213

Diagrama barras presupuesto (S/.) cimentación



Fuente: Los autores (2024)

**Tabla 73**

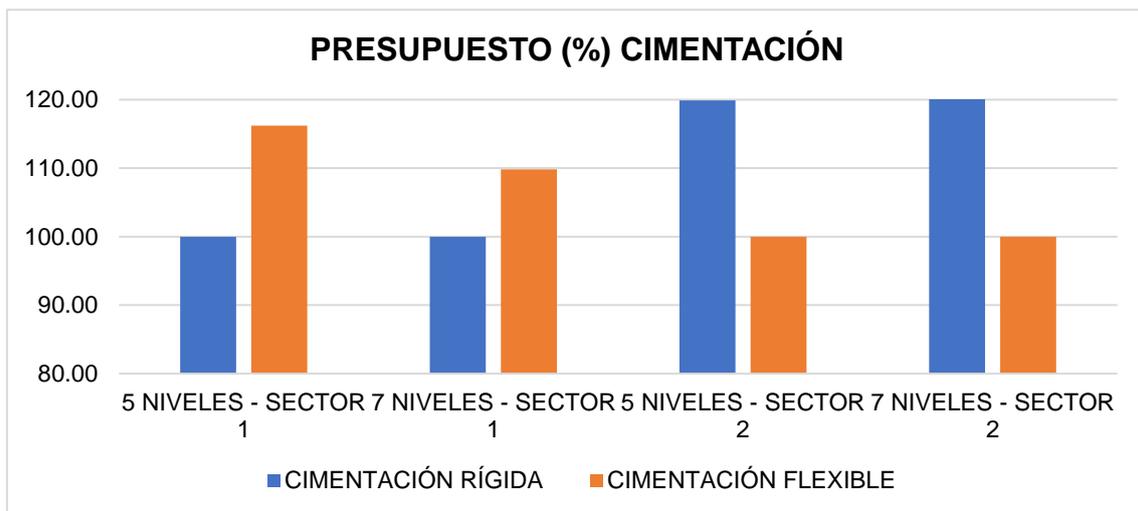
*Comparativa porcentual (%) cimentación*

DESCRIPCIÓN	CIMENTACIÓN RÍGIDA	CIMENTACIÓN FLEXIBLE
5 NIVELES - SECTOR 1	100.00	116.24
7 NIVELES - SECTOR 1	100.00	109.85
5 NIVELES - SECTOR 2	119.90	100.00
7 NIVELES - SECTOR 2	121.26	100.00

**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 214**

*Diagrama barras presupuesto (%) cimentación*



**Fuente:** Los autores (2024)

#### 4.8.2. Materiales – acero

**Tabla 74**

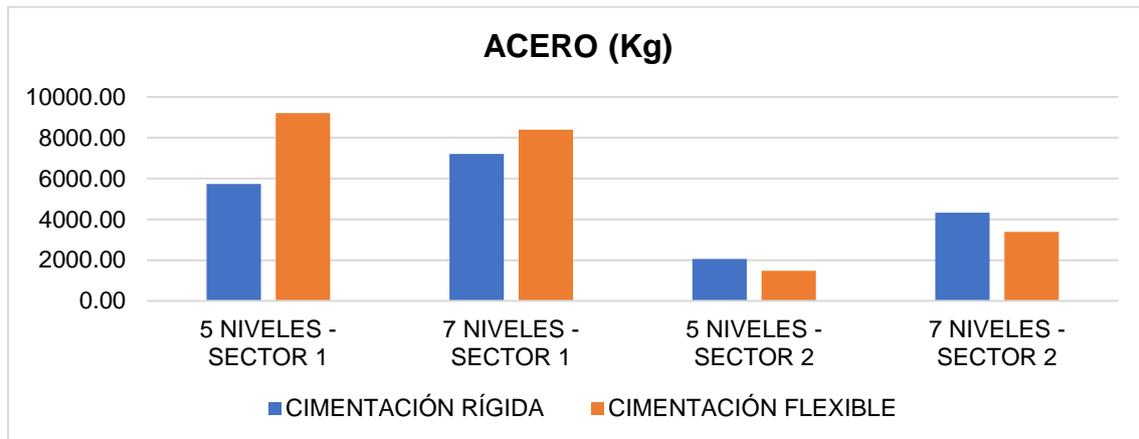
*Comparativa acero (S/.) cimentación*

DESCRIPCIÓN	ACERO (Kg)	
	CIMENTACIÓN RÍGIDA	CIMENTACIÓN FLEXIBLE
5 NIVELES - SECTOR 1	5729.88	9209.43
7 NIVELES - SECTOR 1	7211.00	8400.07
5 NIVELES - SECTOR 2	2047.85	1481.74
7 NIVELES - SECTOR 2	4329.33	3390.67

**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 215**

*Diagrama barras acero (Kg)*



**Fuente:** Los autores (2024)

**Tabla 75**

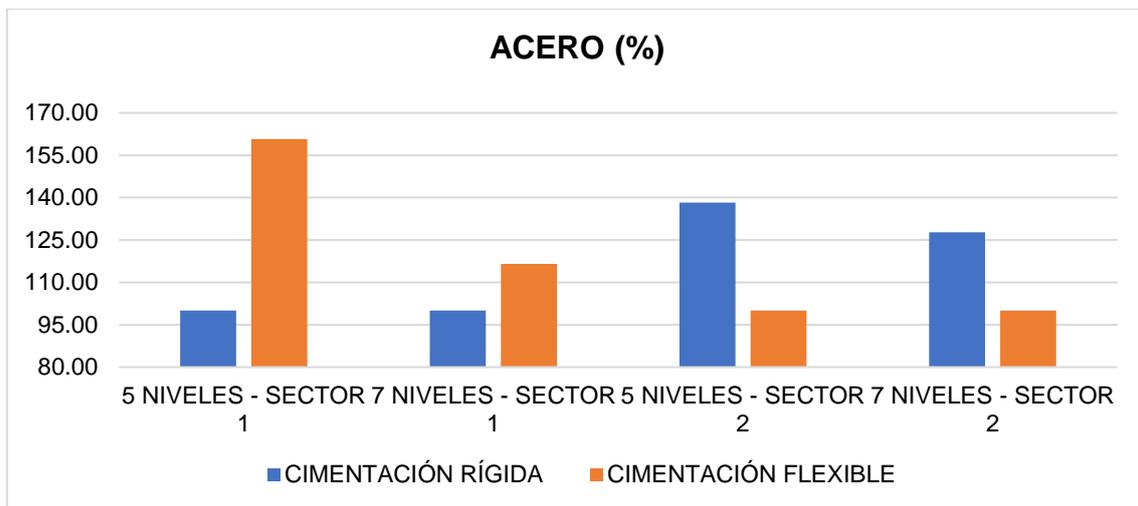
*Comparativa acero (%) cimentación*

DESCRIPCIÓN	CIMENTACIÓN RÍGIDA	CIMENTACIÓN FLEXIBLE
5 niveles - sector 1	100.00	160.73
7 niveles - sector 1	100.00	116.49
5 niveles - sector 2	138.21	100.00
7 niveles - sector 2	127.68	100.00

**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 216**

*Diagrama barras acero (%)*



**Fuente:** Los autores (2024)

### 4.8.3. Materiales - concreto

Tabla 76

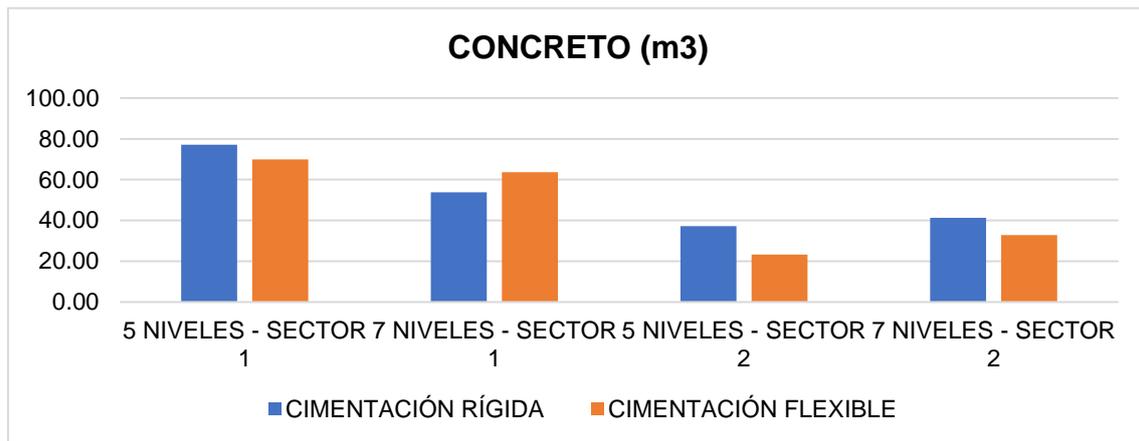
Comparativa concreto (m3) cimentación

DESCRIPCIÓN	CIMENTACIÓN RÍGIDA	CIMENTACIÓN FLEXIBLE
5 niveles - sector 1	77.07	69.86
7 niveles - sector 1	53.74	63.69
5 niveles - sector 2	37.18	23.34
7 niveles - sector 2	41.36	32.78

Fuente: Los autores (2024)

Figura 217

Diagrama barras concreto (m3)



Fuente: Los autores (2024)

**Tabla 77**

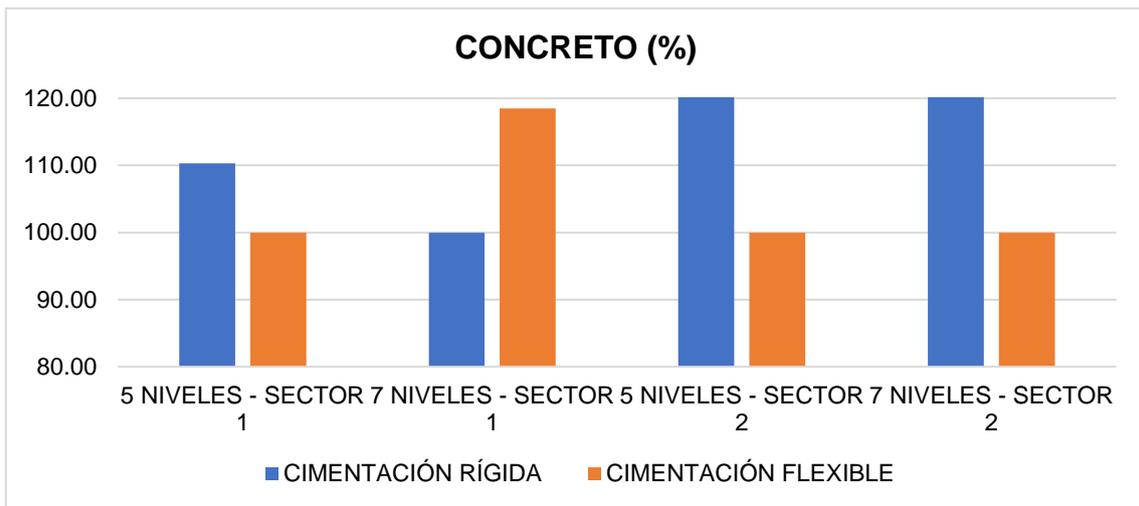
*Comparativa concreto (%) cimentación*

DESCRIPCIÓN	CIMENTACIÓN RÍGIDA	CIMENTACIÓN FLEXIBLE
5 niveles - sector 1	110.33	100.00
7 niveles - sector 1	100.00	118.51
5 niveles - sector 2	159.30	100.00
7 niveles - sector 2	126.17	100.00

**Fuente:** Los autores (2024)

**Figura 218**

*Diagrama barras concreto (%)*



**Fuente:** Los autores (2024)

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1. Contrastación de hipótesis

#### 5.6.1. Hipótesis general HG: Costo en edificaciones

H.G.: El diseño estructural con cimentación flexible disminuye el costo en edificaciones de diferentes alturas en el distrito Chiclayo, respecto a la cimentación rígida, según el tipo de suelo.

La hipótesis general HG es válida en el sector 2 (suelo rígido), ya que al evaluar la edificación y realizar el diseño de la cimentación, se obtiene que la cimentación rígida es más costosa que la cimentación flexible, caso contrario en el sector 1 (suelo blando).

**Tabla 78**

*Contrastación de hipótesis general*

Hipótesis planteada	Métodos aplicados	Resultados obtenidos	Observaciones
<b>HG:</b> El diseño estructural con cimentación flexible disminuye el costo en edificaciones de diferentes alturas en el distrito Chiclayo, respecto a la cimentación rígida, según el tipo de suelo.	Modelamiento de la edificación en ETABS v21, diseño y presupuesto en hojas de cálculo EXCEL	El diseño estructural con cimentación flexible varía considerablemente cuando tenemos un suelo rígido, en este caso para una capacidad portante de 3.05 kg/cm <sup>2</sup>	La hipótesis es válida para el sector 2, donde presenciamos un suelo rígido

**Fuente:** Elaborado por autores

### 5.6.2. Hipótesis específica H1: Estudio de mecánica de suelos

H3: Los parámetros del estudio de mecánica de suelos, nos permitió realizar el correcto diseño de la cimentación, obteniendo los siguientes resultados; para sector 1, una capacidad portante de 1.15 kg/cm<sup>2</sup>, suelo arcilloso del tipo S2; para sector 2, una capacidad portante de 3.05 kg/cm<sup>2</sup>, suelo gravoso del tipo S2.

**Tabla 79**

*Contrastación de hipótesis específica 1*

<b>Hipótesis planteada</b>	<b>Métodos aplicados</b>	<b>Resultados obtenidos</b>	<b>Observaciones</b>
H1: Los parámetros de los estudios de mecánica de suelos, nos permitió realizar el correcto diseño de la cimentación.	Estudio de mecánica de suelos	Para el sector 1, tenemos un suelo arcilloso con capacidad portante 1.15 kg/cm <sup>2</sup> y en el sector 2, un suelo gravoso con capacidad portante 3.05 kg/cm <sup>2</sup>	La hipótesis es válida, puesto que obtuvimos los parámetros necesarios para el diseño de la cimentación

**Fuente:** Elaborado por autores

### 5.6.3. Hipótesis específica H2: Predimensionamiento estructural

H1: El predimensionamiento estructural determinó las medidas aproximadas de los elementos estructurales para realizar el diseño con cimentación rígida y flexible.

Con las medidas iniciales de los elementos estructurales; como son columnas, vigas, losas; se verifica que no cumple con los parámetros mínimos según el RNE, por lo que se debe aumentar las dimensiones.

**Tabla 80**

*Contrastación de hipótesis específica 2*

<b>Hipótesis planteada</b>	<b>Métodos aplicados</b>	<b>Resultados obtenidos</b>	<b>Observaciones</b>
H2: El predimensionamiento estructural determinó las medidas de los elementos estructurales para el diseño con cimentación rígida y flexible.	Estructuración y predimensionamiento mediante fórmulas en hojas de cálculo EXCEL	Las dimensiones iniciales de losas, vigas, columnas fueron; 0.20m, 0.25x0.30m, 0.25x0.25m respectivamente	La hipótesis es válida para este objetivo, puesto que se obtuvo las medidas de los elementos estructurales, aún faltando realizar el modelamiento para verificar parámetros sismorresistentes.

**Fuente:** Elaborado por autores

#### 5.6.4. Hipótesis específica H3: Modelamiento estructural

H2: El modelamiento estructural nos permitió conocer las descargas hacia al suelo para el diseño con cimentación rígida y flexible.

Con las medidas finales de los elementos estructurales, se realiza el modelamiento en el software ETABS, obteniendo las descargas para poder diseñar cada tipo de cimentación.

**Tabla 81**

*Contrastación de la hipótesis específica 3*

<b>Hipótesis planteada</b>	<b>Métodos aplicados</b>	<b>Resultados obtenidos</b>	<b>Observaciones</b>
H3: El modelamiento estructural nos permitió conocer las descargas hacia el suelo para el diseño con cimentación rígida y flexible	Uso del software ETABS v21	Se modeló la estructura cumpliendo los parámetro de la norma E030, para posteriormente determinar las descargas hacia el suelo en cada apoyo.	Se tuvo que aumentar las dimensiones iniciales de los elementos estructurales para cumplir parámetros que manda la norma E0.30, para luego determinar las descargas hacia el suelo

**Fuente:** Elaborado por autores

### 5.6.5. Hipótesis específica H4: Presupuesto

H4: El presupuesto de cada cimentación nos permitió determinar cuál es la más óptima a nivel de costo.

En el sector 1, obtenemos que la cimentación rígida es más óptima a nivel de costo, caso contrario en el sector 2, donde la cimentación flexible es la más óptima a nivel de costo

**Tabla 82**

*Contrastación de la hipótesis específica 4*

<b>Hipótesis planteada</b>	<b>Métodos aplicados</b>	<b>Resultados obtenidos</b>	<b>Observaciones</b>
H4: El presupuesto de cada cimentación nos permitió determinar cuál es la más óptima a nivel de costo	Presupuesto en hojas de cálculo EXCEL	El presupuesto de la cimentación rígida es menor hasta en un 16% respecto de la cimentación flexible para el sector 1, caso contrario para el sector 2 donde la cimentación flexible tiene un presupuesto menor hasta en un 19%	La hipótesis es válida para el presente objetivo, puesto que se obtuvo el presupuesto de cada cimentación para poder determinar cuál es la mejor opción según el costo.

**Fuente:** Elaborado por autores

## **5.2. Contratación de antecedentes**

### **5.2.1. Antecedentes internacionales**

**Abril (2023)** en su investigación “Comparación técnica entre cimentaciones rígidas y flexible en función de la descarga y tipo de suelo”.

**Resultado:** Las cimentaciones flexibles, además de tener una mejor adaptación al suelo, presentan un mejor comportamiento en suelos con baja capacidad portante, caso contrario a las cimentaciones rígidas.

**Observaciones:** comparando con la presente investigación realizado por los autores, se determina que la cimentación rígida presenta un mejor comportamiento a suelos con baja capacidad portante, ya que los asentamientos son más uniformes.

### **5.2.2. Antecedentes nacionales**

**Roa & Vidal (2019)**, en su investigación “Evaluación técnico – económica de cimentaciones en terrenos con baja capacidad portante, caso: Edificio Marañón de Huamachuco, La Perla, Callao 2019.

**Resultado:** La opción de losa o platea de fundición es la más recomendable y económica por un 5.16%, además de recomendar la mejora del suelo cuando presenten una capacidad portante baja

**Observaciones:** Como se puede observar en la presente investigación se decantó por diseñar una platea de cimentación para el sector 1 que presenta una capacidad admisible de 1.15 kg/cm<sup>2</sup>, además de realizar una mejora del suelo mediante la compactación dinámica.

## CONCLUSIONES

1. Al realizar el **diseño estructural con cimentación rígida y flexible**, se disminuye el costo de las edificaciones en el distrito de Chiclayo. De acuerdo con los resultados, se observa que la cimentación flexible en el sector 1 es más costosa en comparación que la cimentación flexible, caso contrario en el sector 2, donde la cimentación rígida es más costosa.
2. El **Estudio de Mecánica de Suelos**, permitió conocer características principales del suelo en ambos sectores, como la capacidad portante de 1.15 kg/cm<sup>2</sup> y 3.05 kg/cm<sup>2</sup> para el sector 1 y 2 respectivamente, que será de gran influencia para el desarrollo del diseño.
3. El **predimensionamiento**, permitió conocer las dimensiones iniciales de los elementos estructurales de la edificación, cuyas medidas son las siguientes; losa aligerada de 0.20m, vigas de 0.25x0.25m, y columnas de 0.25x0.25m, con estas medidas se verifica que la edificación cumpla con los parámetros según la norma E.030 Diseño Sismorresistente.
4. El **modelamiento estructural** permitió determinar las dimensiones finales de los elementos estructurales (columnas de 0.30x0.40m, 0.35x0.75m, 0.35x0.85m; vigas de 0.30x0.40m); cumpliendo con las derivas de entrepiso mínima de 0.007, irregularidades de la edificación, determinando las descargas hacia el suelo, teniendo como medidas de cimentación las siguientes: platea de 70cm y 50cm para cimentación rígida y flexible respectivamente en la edificación de 5 niveles emplazada en el sector 1; platea de 70cm y 50cm con vigas de conexión para cimentación rígida y flexible respectivamente en la edificación de 7 niveles emplazada en el sector 1; zapatas aisladas de 80cm y 50cm para

cimentación rígida y flexible respectivamente en la edificación de 5 niveles emplazada en el sector 2; zapatas combinadas de 80cm y 60cm para cimentación rígida y flexible respectivamente en la edificación de 7 niveles emplazada en el sector 2, permitiendo el cálculo de acero en cada una de ellas.

5. El diseño de cimentaciones rígidas y flexibles se pueden analizar en cualquier tipo de situación, sin embargo, para disminuir el costo de las edificaciones, el presupuesto permitió conocer que cimentación es la más óptima en tema de costo, determinando lo siguiente; en el sector 1, la edificación de 5 niveles se obtiene S/. 119896.67 y S/. 139362.65 para la cimentación rígida y flexible respectivamente; en la edificación de 7 niveles S/. 117455.82 y S/. 129019.71 para la cimentación rígida y flexible respectivamente; en el sector 2, la edificación de 5 niveles se obtiene S/. 60472.94 y S/. 50436.07 para la cimentación rígida y flexible respectivamente; en la edificación de 7 niveles S/. 78717.14 y S/. 64913.94 para la cimentación rígida y flexible respectivamente

## RECOMENDACIONES

- Aplicar el diseño de cimentación flexible para un suelo rígido con capacidad portante alta, y el diseño de cimentación rígida para un suelo blando con capacidad portante baja, para optimizar el costo en las edificaciones.
- El predimensionamiento es importante hasta cierto punto; puesto que, en su mayoría, se debe aumentar dimensiones de los elementos para poder cumplir con parámetros como rigidez, torsión, desplazamientos, etc.
- Se debe realizar un modelado correcto y eficaz, además de interpretar muy bien los resultados obtenidos del ETABS
- Realizar siempre el estudio de mecánica de suelos, con el fin de conocer los parámetros y características del suelo donde se va a cimentar la edificación, puesto que es muy importante para realizar el diseño de la cimentación.
- Tener en cuenta que el distrito de Chiclayo no sólo presenta suelos blandos, sino también suelos rígidos con capacidad portante mayor a 2 kg/cm<sup>2</sup>.
- Utilizar el criterio de Winkler para definir la rigidez y flexibilidad de la cimentación, ya que no sólo considera el peralte de la cimentación, el módulo de elasticidad del material, la luz máxima entre apoyos verticales; sino también el coeficiente de subrasante del suelo.
- Elegir qué tipo de cimentación es conveniente desde el punto de vista económico, depende del suelo donde se va a realizar la cimentación.
- Realizar la actualización de la microzonificación geotécnica del distrito de Chiclayo según INDECI, puesto que en el sector I de su clasificación, los

suelos tienen capacidad portante máxima de 2.0 kg/cm<sup>2</sup>, comprobando que existen zonas con mayor capacidad portante.

- Dejar de lado el patrón de confianza que siguen los especialistas al momento de realizar el diseño de una cimentación, ya que se puede comprobar que, para un suelo con alta capacidad portante, la cimentación flexible se comporta de manera óptima, además de ser más económica.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

- ABC Ciencia España (2015). *¿Por qué se producen los terremotos?*  
<https://www.abc.es/ciencia/20150223/abci-causa-terremotos-201502232012.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.abc.es%2Fciencia%2F20150223%2Fabci-causa-terremotos-201502232012.html>
- Abril Orellana, C. (2023). *Tipos de cimentaciones par una casa*.  
<https://alemarquitectura.com/tipos-de-cimentacion/>
- Alem Arquitectura (202). *Comparación técnica entre cimentaciones rígidas y flexibles en función de la descarga y el tipo de suelo* [Tesis de grado, Universidad del Azuay]. Repositorio académico Uazuay.  
<http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/1341>
- Blanco, A. (1999). *Diseño y construcción de cimentaciones*. Colegio de Ingenieros del Perú.  
<https://www.udocz.com/apuntes/427438/cimentaciones-blanco-blasco>
- Bozzo, L., & Barbat, A. (2004). *Diseño sismorresistente de edificios, técnicas convencionales y avanzadas*. Reverté S.A.  
<https://es.scribd.com/document/345773761/Diseno-Sismorresistente-de-Edificios-Escrito-Por-Luis-M-Bozzo-Rotondo-Alex-H-Barbat>
- Calavera, J. (2000). *Cálculo de Estructuras de Cimentación*. Intemac Ediciones.  
<https://www.udocz.com/apuntes/21904/calculo-de-estructuras-de-cimentacion-4ta-edicion---j-calavera>
- Canales, M (2013). Modelo para cimientos de concreto reforzado rígidos y flexibles en función del suelo bajo una carga uniforme.  
[https://www.researchgate.net/publication/348977298\\_MODELO\\_PARA\\_CIMIENTOS\\_DE\\_CONCRETO\\_REFORZADO\\_RIGIDOS\\_Y\\_FLEXIBLES\\_EN\\_FUNCION\\_DEL\\_SUELO\\_BAJO\\_UNA\\_CARGA\\_UNIFORME](https://www.researchgate.net/publication/348977298_MODELO_PARA_CIMIENTOS_DE_CONCRETO_REFORZADO_RIGIDOS_Y_FLEXIBLES_EN_FUNCION_DEL_SUELO_BAJO_UNA_CARGA_UNIFORME)
- Das, B. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones* (7 ed.). Cengage Learning.  
[https://www.academia.edu/42603156/Braja\\_Das\\_Fundamentos\\_de\\_ingenieria\\_de\\_cimentaciones\\_7ed](https://www.academia.edu/42603156/Braja_Das_Fundamentos_de_ingenieria_de_cimentaciones_7ed)

- Instituto Geofísico del Perú. (s.f.). *Mapas Sísmicos*  
<https://ultimosismo.igp.gob.pe/mapas-sismicos>
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2003). *Plan de prevención ante desastres: Usos de suelo y medidas de mitigación ciudad de Chiclayo*.  
[http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios\\_CS/Region\\_lambayeque/chiclayo/chiclayo.pdf](http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_lambayeque/chiclayo/chiclayo.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Resultados Definitivos de los Censos Nacionales 2017. Lambayeque*.  
[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1560/](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1560/)
- Harmsen, T. (2002). *Diseño de estructuras de concreto armado* (3 ed.). Fondo Editorial.  
[https://books.google.com.pe/books?id=Gr3Ga9\\_NB4C&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=Gr3Ga9_NB4C&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false)
- Li Davelouis, J., & Zegarra Chávez, J. (2019). *Diseño de propuestas de solución y evaluación técnico-económica para la cimentación de tres edificios de concreto armado de sistema de muros de 4, 6 y 8 pisos situados en un suelo de capacidad portante de 1.01kg/cm<sup>2</sup>* [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC.  
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/626088>
- Lucetero (2010). *Distritos de Chiclayo*. Blogspot.  
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/626088>
- Ministerio de Fomento (2010) Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)  
[https://www.transportes.gob.es/recursos\\_mfom/1820100.pdf](https://www.transportes.gob.es/recursos_mfom/1820100.pdf)
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2018). *Reglamento Nacional de Edificaciones: Cargas (E.020)*. Lima.  
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366640/50%20E.020%20CARGAS.pdf?v=1677250657>

- Ministerio de Vivienda, C. y. (2018). *Reglamento Nacional de Edificaciones: Diseño Sismorresistente (E.030)*. Lima.  
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366641/51%20E.030%20DISE%C3%91O%20SISMORRESISTENTE%20RM-043-2019-VIVIENDA.pdf?v=1677250657>
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2018). *Reglamento Nacional de Edificaciones: Suelos y Cimentaciones (E.050)*. Lima.  
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366655/54%20E.050%20SUELOS%20Y%20CIMENTACIONES%20RM%20N%C2%B0%20406-2018-VIVIENDA.pdf?v=1677250657>
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2019). *Concreto Armado (E.060)*. Lima.  
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366660/55%20E.060%20CONCRETO%20ARMADO%20DS%20N%C2%B0%20010-2009.pdf?v=1677250657>
- Morales Zúñiga, H. (2023). *Estudio del comportamiento sísmico de la interacción suelo-cimentación en una estructura metálica representativa* [Tesis de maestría, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio académico UTA.  
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/40143>
- Mori Infante, M., & Tori Tori, F. (2020). *Evaluación de la respuesta sísmica de una edificación de concreto armado con cimentación rígida en el distrito de Lince considerando los efectos de la interacción suelo – estructura* [Tesis de grado, Universidad San Ignacio de Loyola]. Repositorio académico USIL.  
<https://repositorio.usil.edu.pe/handle/20.500.14005/10647>
- Muñoz, A. (2002). *Ingeniería Sismorresistente*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Muñoz, S. (2020). Correlación en costos de un diseño de una cimentación superficial rígida y flexible considerando la consolidación unidimensional. *Revista Espistemía*, 4(3), 2-21.  
<https://revistas.uss.edu.pe/index.php/EPT/article/view/1310/1944>

- Roa Alvarado, R., & Vidal Saenz, O. (2019). *Evaluación técnico-económica de cimentaciones en terreno con baja capacidad portante, caso: edificio Marañón de Huamachuco, La Perla, Callao 2019* [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio académico URP.  
<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2629>
- Sarango Alba, J., & Trávez Carrasco, B. (2024). *Estudio paramétrico del espesor de cimentaciones rígidas, utilizando la norma ACI 336.2R-88 y el modelo Winkler por medio del programa safe* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio académico UPS.  
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27184>
- Sauter, F. (1989). *Introducción a la Sismología, Fundamentos de Ingeniería Sísmica I*. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.  
[https://www.academia.edu/38778866/INTRODUCCI%C3%93N\\_A\\_LA\\_SISMOLOG%C3%8DA\\_FRANZ\\_SAUTER](https://www.academia.edu/38778866/INTRODUCCI%C3%93N_A_LA_SISMOLOG%C3%8DA_FRANZ_SAUTER)
- Tipán Erazo, C., & Villacís Núñez, E. (2022). *Diseño de cimentaciones aisladas y losas de cimentación, en una edificación de 4 plantas para comparar los métodos: rígido y elástico, con el uso del programa informativo safe* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador]. Repositorio académico UPS.  
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22209>
- Turcios Medina, D. (2020). *Comparación de diseño estructural para cimentaciones superficiales utilizando el método rígido convencional y el método Winkler por elementos finitos* [Tesis de grado, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio académico TEC.  
<https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/12457>
- Villarreal, G., & Olivera, R. (2023). Interacción Suelo-Estructura para edificaciones con platea de cimentación por los modelos estático y dinámico. *Memoria Investigaciones En Ingeniería*(25), 137–171.  
<https://doi.org/10.36561/ING.25.9>
- Yepes, V. (2020). *Procedimientos de Construcción de Cimentaciones y Estructuras de Contención*.

[https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/31b0d684-f0a7-4ee7-b8f4-73694e138d5e/TOC\\_0328\\_09\\_02.pdf?quest=true](https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/31b0d684-f0a7-4ee7-b8f4-73694e138d5e/TOC_0328_09_02.pdf?quest=true)

# **ANEXOS**

ANEXO 1: Matriz de consistencia

 <b>MATRIZ DE CONSISTENCIA</b>						
<b>TÍTULO DE TESIS: DISEÑO ESTRUCTURAL CON CIMENTACIÓN RÍGIDA Y FLEXIBLE PARA MEJORAR EL COSTO EN EDIFICACIONES DE DIFERENTES ALTURAS EN CHICLAYO</b>						
Elaborado por: <b>Rayona Vásquez, Benghy Jafeth Andrés - Beniles Choquehuanca, Harold Edwar</b>						
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensión	Indicador	metodología
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente			Diseño
¿Cuál es la influencia del diseño estructural <b>cimentación rígida y flexible</b> para mejorar el costo en edificaciones de diferentes alturas en Chiclayo?	Elaborar el diseño estructural con <b>cimentación rígida y flexible</b> para mejorar el costo en edificaciones de diferentes alturas en Chiclayo.	El diseño estructural con <b>cimentación flexible</b> disminuye el costo en edificaciones de diferentes alturas en el distrito Chiclayo, respecto a la cimentación rígida, según el tipo de suelo.	<b>X: Diseño estructural con cimentación rígida y flexible</b>	Predimensionamiento	Muros Columnas Vigas Losas	Tipo de Investigación: Cuantitativa  Nivel de Investigación: Aplicada  Diseño de Investigación: Diseño Experimental
				Modelamiento	Cortantes Momentos Distorsiones	
				Estudio de suelos	Contenido de humedad Capacidad portante Módulo de elasticidad Contenido de humedad	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variable Dependiente			Muestra
¿Cuál es la importancia de realizar el estudio de <b>mecánica de suelos</b> para el diseño estructural con cimentación rígida y flexible?	Realizar el estudio de <b>mecánica de suelos</b> para el diseño estructural con cimentación rígida y flexible para mejorar el costo en edificaciones de diferentes alturas.	El estudio de <b>mecánica de suelos</b> , permite conocer los parámetros idóneos para realizar el correcto diseño de la cimentación.	<b>Y: Costo en edificaciones de diferentes alturas</b>	Costo	Metrados  Presupuesto	Está conformada por edificaciones de 5 y 7 niveles en dos sectores del distrito de Chiclayo
¿Cuál es la influencia del <b>predimensionamiento</b> para el diseño estructural con cimentación rígida y flexible para mejorar el costo en edificaciones de diferentes alturas?	Realizar el <b>predimensionamiento</b> de los elementos estructurales para el diseño con cimentación rígida y flexible en edificaciones de diferentes alturas.	El <b>predimensionamiento</b> determina las medidas de los elementos estructurales para el diseño con cimentación rígida y flexible.				<b>Instrumentos</b>  Recopilación de datos Etapa, excel E020, E030, E050, E060 Estudio mecánica de suelos
¿Cuál es la influencia del <b>modelamiento</b> para el diseño estructural con cimentación rígida y flexible en edificaciones de diferentes alturas?	Realizar el <b>modelamiento</b> para el diseño estructural con cimentación rígida y flexible para mejorar el costo en edificaciones de diferentes alturas.	El <b>modelamiento</b> estructural determina las descargas hacia el suelo para el diseño con cimentación rígida y flexible.				<b>Procedimiento</b>  Procesamiento de la información, ensayos para el estudio de mecánica de suelos, diseño de la estructura y cimentaciones, elaboración de planos, realizar el metrado correspondiente y analizar el costos de los diseños.
¿Cuál es la influencia del <b>presupuesto</b> de la cimentación rígida y flexible en la mejora del costo de las edificaciones?	Realizar el <b>presupuesto</b> para cada tipo de cimentación con el fin de comparar e interpretar los resultados obtenidos.	El presupuesto de cada cimentación nos permitió determinar cuál es la cimentación más óptima a nivel de costo.				

ANEXO 2: Estudio de mecánica de suelos

**GCL INGENIERIA S.R.L**

"VIVIENDA UNIFAMILIAR"

CALLE ALFREDO LAPPOINT, DISTRITO DE CHICLAYO, PROVINCIA DE CHICLAYO, REGIÓN DE LAMBAYEQUE



**ANEXO I**

**FORMATO OBLIGATORIO DE LA HOJA DE RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN**

**Nombre del solicitante:** Benghy Bayona Vásquez - Harold Benites Choquehuanca

**ESTUDIO DE MECÁNICA SUELOS PARA DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN**

Nombre del proyecto: "VIVIENDA UNIFAMILIAR" - Calle Alfredo Lapoint, Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

Distrito Chiclayo- Provincia Chiclayo - Departamento Lambayeque.

De conformidad con la Norma Técnica E.050 "Suelos y Cimentaciones" la siguiente información deberá transcribirse literalmente en los planos de cimentación. Esta información no es limitativa, deberá cumplir con todo lo especificado en el presente Estudio de Mecánica de Suelos (**EMS**) y con el Reglamento Nacional de Edificaciones (**RNE**).

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN	
<b>Profesional Responsable (PR):</b> Gaby Rosita Chunque Ocaña	<b>Ing. Civil CIP:287806</b>
<b>Tipo de Cimentación:</b> Cimiento cuadrado	
<b>Estrato de apoyo de la cimentación:</b> Arcilla Inorgánica (CL).	
<b>Profundidad de la Napa Freática:</b> No presenta	<b>Fecha:</b> 24/04/2024
<b>Parámetros de Diseño de la Cimentación</b>	
Profundidad de Cimentación: 1.50 m	
Presión Admisible: 1.15 kg/cm <sup>2</sup>	
Factor de Seguridad por Corte (Estático, Dinámico): 3	
Asentamiento Diferencial Máximo Aceptable: 1/150 (Limite seguro para estructuras convencionales)	
<b>Parámetros Sísmicos del suelo (De acuerdo a la Norma E.030)</b>	
Zona Sísmica: Zona 4 (Z4)	
Tipo de perfil del suelo: 1	
Factor del suelo (S): S2 Suelos Intermedios	
Periodo TP (s): 0.60	
Periodo TL (s) :2.00	
<b>Agresividad del Suelo a la Cimentación:</b> El terreno presenta agentes moderados agresivos en contenido de cloruros y sulfatos.	
<b>Problemas Especiales de cimentación</b>	
Licuación: No presenta	
Colapso: No presenta	
expansión: No presenta	
<b>Indicaciones Adicionales: ---</b>	

Fecha: 24/04/2024

**GCL INGENIERIA S.R.L.**  
**GABY ROSITA CHUNQUE OCAÑA**  
**ING. CIVIL - CIP 287806**



**GCL INGENIERIA S.R.L**  
 INGENIERIA GEOTÉCNICA, PAVIMENTOS, CONCRETO E INSPECCIÓN DE CALIDAD  
**INFORME DE MECANICA DE SUELOS**

**SUELOS. Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas. 1a Edición. NTP 339.171:2002 (revisada el 2017)**

Cliente (\*) : Danyly Bayona Viquez  
 Proyecto (\*) : "Diseño estructural con cimentación rígida y flexible para mejorar el costo en edificaciones en el distrito Chichayo".  
 Ubicación (\*) : Cerropon - Distrito Chichayo - Chichayo - Lambayeque

**SUELOS. Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas. 1a Edición. NTP 339.171:2002 (revisada el 2017)**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cartera / Sondaje : Calicata No.: 01  
 M<sup>o</sup> de Muestra : M-001  
 Profundidad (m) : 0.00-2.00  
 Nivel freático : No presenta  
 Coordenadas : --  
 Fecha recepción: 30/05/2024  
 Fecha ensayo: 4/06/2024  
 Fecha entrega: 10/06/2024

Estado : Remoldeada

Dimensiones de la muestra		Densidad de la muestra				
Diámetro	5.03	Peso		164.41		
Altura	2.00	Peso unitario húmedo		2.66		
Área	20.15	Contenido de humedad		0.66		
Volumen	57.50	Peso unitario seco		2.63		
Deformación Tangencial	Esfuerzo de Corte					
	Tangencial (kg/cm <sup>2</sup> )			Normalizado (kg/cm <sup>2</sup> )		
	M-01	M-02	M-03	M-01	M-02	M-03
0.10	0.063	0.186	0.308	0.141	0.209	0.174
0.20	0.093	0.220	0.409	0.209	0.257	0.231
0.30	0.115	0.261	0.487	0.259	0.295	0.275
0.40	0.132	0.287	0.562	0.297	0.323	0.317
0.50	0.148	0.307	0.625	0.334	0.346	0.332
0.60	0.162	0.332	0.684	0.366	0.375	0.388
0.70	0.179	0.350	0.744	0.404	0.394	0.419
0.80	0.190	0.367	0.799	0.429	0.414	0.431
0.90	0.202	0.386	0.855	0.455	0.446	0.482
1.00	0.216	0.413	0.904	0.487	0.466	0.509
1.10	0.222	0.434	0.941	0.500	0.489	0.530
1.20	0.236	0.451	0.988	0.532	0.509	0.544
1.30	0.245	0.463	0.987	0.552	0.522	0.558
1.40	0.251	0.476	1.028	0.566	0.536	0.579
1.50	0.257	0.485	1.053	0.579	0.547	0.594
1.60	0.266	0.494	1.067	0.599	0.557	0.601
1.70	0.272	0.504	1.077	0.613	0.568	0.607
1.80	0.281	0.504	1.082	0.633	0.569	0.610
1.90	0.287	0.500	1.112	0.646	0.573	0.627
2.00	0.296	0.515	1.122	0.667	0.580	0.632
2.10	0.307	0.518	1.132	0.693	0.584	0.638
2.20	0.311	0.522	1.150	0.701	0.589	0.648
2.30	0.314	0.526	1.168	0.706	0.593	0.658
2.40	0.317	0.530	1.182	0.716	0.597	0.666
2.50	0.321	0.533	1.192	0.723	0.601	0.672
2.60	0.321	0.537	1.202	0.725	0.606	0.677
2.70	0.325	0.538	1.216	0.732	0.607	0.685
2.80	0.328	0.540	1.222	0.740	0.618	0.689
2.90	0.332	0.554	1.224	0.748	0.625	0.690
3.00	0.332	0.558	1.230	0.749	0.629	0.693
3.10	0.336	0.562	1.232	0.757	0.634	0.694
3.20	0.336	0.563	1.234	0.758	0.635	0.696
3.30	0.337	0.564	1.236	0.759	0.636	0.697
3.40	0.337	0.565	1.238	0.760	0.637	0.698
3.50	0.338	0.566	1.240	0.762	0.638	0.699

Realizado por:

Autorizado por:

**Consideraciones:**

- A. (\*) Los datos indicados han sido proporcionados por el cliente.
- B. El cliente brinda las referencias y ubicación de los puntos donde se fue tomada las muestras.
- C. Es necesario contar con una autorización escrita del gerente para llevar a cabo cualquier tipo de reproducción.
- D. Este informe ha sido preparado y está destinado exclusivamente para el cliente mencionado.
- E. Los copios e divulgación del informe sin el consentimiento previo del cliente, están prohibidos.

GCL INGENIERIA S.R.L. **GCL**  
 GABY ROSITA CHUNQUE OCAÑA  
 ING. CIVIL - CIP 26760

- Para salir de la pantalla completa, presione **Esc**

**INGENIERIA**

Cliente (\*) : Bengly Bayona Viquez  
 Proyecto (\*) : "Diseño estructural con cimentación rígida y flexible para mejorar el costo en edificaciones en el distrito Chiclayo".  
 Ubicación (\*) : Carropan - Distrito Chiclayo - Chiclayo - Lambayeque

**SUELOS. Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas. 1a Edición. NTP 339.171:2002 (revisada el 2017)**

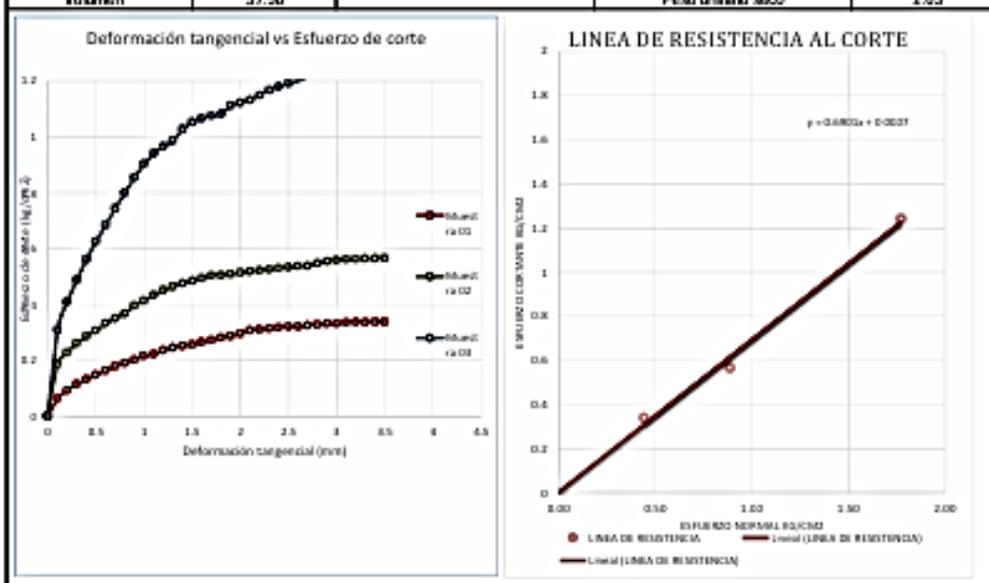
**DATOS DE LA MUESTRA**

Cartera / Sondaje : Calicata No.: 01  
 N° de Muestra : M-001  
 Profundidad (m) : 0.00-2.00  
 Nivel freático : No presente  
 Coordenadas : --  
 Fecha recepción: 3/05/2024  
 Fecha ensayo: 4/05/2024  
 Fecha entrega: 3/05/2024

Estado : No molida

Dimensiones de la muestra	
Diámetro	6.03
Altura	2.02
Área	28.35
Volumen	57.50

Densidad de la muestra	
Peso	124.41
Peso unitario húmedo	2.38
Contenido de humedad	8.58
Peso unitario seco	2.63



Cohesión	0.00
Angulo de Fricción Interna	34.6

Realizado por:

Autorizado por:

**Consideraciones:**

- Los datos indicados han sido proporcionados por el cliente.
- El cliente brinda las referencias y ubicación de los puntos donde se han tomado las muestras.
- Es necesario contar con una autorización escrita del gerente para llevar a cabo cualquier tipo de reproducción.
- Este informe ha sido preparado y es destinado exclusivamente para el cliente mencionado.
- Las copias o divulgación del informe sin el consentimiento previo del cliente, están prohibidas.

OCL INGENIERIA S.R.L. **OCL**  
 GABY ROSITA CHUNQUE OCAÑA  
 ING. CIVIL - CIP 28760

- Para salir de la pantalla completa, presione **Esc**

INGENIERIA

INFORME DE MECANICA DE SUELOS

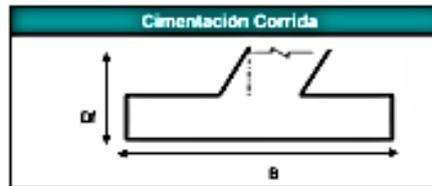
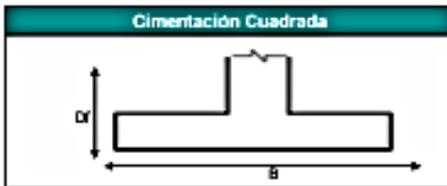
Capacidad Admisible de Suelos Cimentación Superficial (Teoría Terzaghi)

Cliente (*)	Bonghy Bayona Viquez
Proyecto (*)	"Diseño estructural con cimentación rígida y flexible para mejorar el costo en edificaciones en el distrito Chiclayo".
Ubicación (*)	Carropon - Distrito Chiclayo - Chiclayo - Lambayeque

Capacidad Admisible de Suelos Cimentación Superficial (Teoría Terzaghi)

DATOS DE LA MUESTRA		
Cartera / Sondaje	Calicata No.: 01	
N° de Muestra	M-001	
Profundidad (m)	0.00-2.00	Fecha recepción: 3/05/2024
Nivel freático	No presenta	Fecha ensayo: 4/05/2024
Coordenadas	--	Fecha entrega: 3/05/2024

Cohesión del Suelo, $c$ , kg/cm <sup>2</sup>	0.00
Angulo de Fricción, $\phi^*$	34.61
Angulo de Fricción,	24.70
Densidad Humeda, $\gamma$ , g/cm <sup>3</sup>	2.88
Nivel Frático, m	0.00
Profundidad de Cimentación, $D_f$ , m	2.00
Ancho de Cimentación, $B$ , m	2.00



Falla General por Corte

$$q_{ult} = 1.3c' N_c + qN_q + 0.40\gamma BN_y$$

Falla Local por corte

$$q_{ult} = 0.867c' N_c + qN_q + 0.40\gamma BN_y$$

$N_c$ :	55.70	24.60
$N_q$ :	39.45	12.32
$N_\gamma$ :	44.13	8.79

Factor de seguridad, FS: 3

Falla General por Corte

$$q_{ult} = c' N_c + qN_q + 0.50\gamma BN_y$$

Falla Local por corte

$$q_{ult} = 0.67c' N_c + qN_q + 0.50\gamma BN_y$$

Cimentación Cuadrada		
	$q_u$	$q_{adm}$
Falla General (kg/cm <sup>2</sup> )	35.22	11.74
	$q_u$	$q_{adm}$
Falla Local (kg/cm <sup>2</sup> )	9.57	3.19

Cimentación Corrida		
	$q_u$	$q_{adm}$
Falla General (kg/cm <sup>2</sup> )	32.70	10.90
	$q_u$	$q_{adm}$
Falla Local (kg/cm <sup>2</sup> )	9.07	3.02

Realizado por:

Autorizado por:

OCL INGENIERIA S.R.L. **CR**  
 GABY ROSITA CHUNQUE OCARRA  
 ING. CIVIL - CIP 267600

















### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

**A. MATERIALES:**

1. Cemento Portland: Tipo 40, 50 o 60 (según especificaciones de la zona)
2. Arena: Limpia, gruesa, con módulo de finura de 2.5 a 3.0
3. Grava: Limpia, con módulo de finura de 20 a 25

**B. CONCRETOS:**

1. Concreto para zapatas: f'c = 200 kg/cm<sup>2</sup>
2. Concreto para columnas: f'c = 200 kg/cm<sup>2</sup>
3. Mortar: f'c = 100 kg/cm<sup>2</sup>

**C. ARMADURA PARA CONCRETO:**

1. Tipo: #4, #5, #6
2. Longitud: 120 cm para barras de refuerzo en zapatas
3. Diámetro: 12 mm para barras de refuerzo en columnas
4. Tipo: #4, #5, #6
5. Longitud: 120 cm para barras de refuerzo en zapatas
6. Diámetro: 12 mm para barras de refuerzo en columnas

**D. REQUISITOS DEL TERRENO:**

1. Tipo de suelo: Suelo firme
2. Capacidad de carga: 100 t/m<sup>2</sup>
3. Tipo de cimentación: Zapatas aisladas
4. Tipo de estructura: Estructura de concreto armado
5. Tipo de uso: Vivienda
6. Tipo de cimentación: Zapatas aisladas
7. Tipo de estructura: Estructura de concreto armado

**E. DIMENSIONES MÍNIMAS DE ARMADURA:**

Barra	Longitud	Diámetro	Tipos
#4	120 cm	12 mm	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
#5	120 cm	14 mm	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
#6	120 cm	16 mm	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

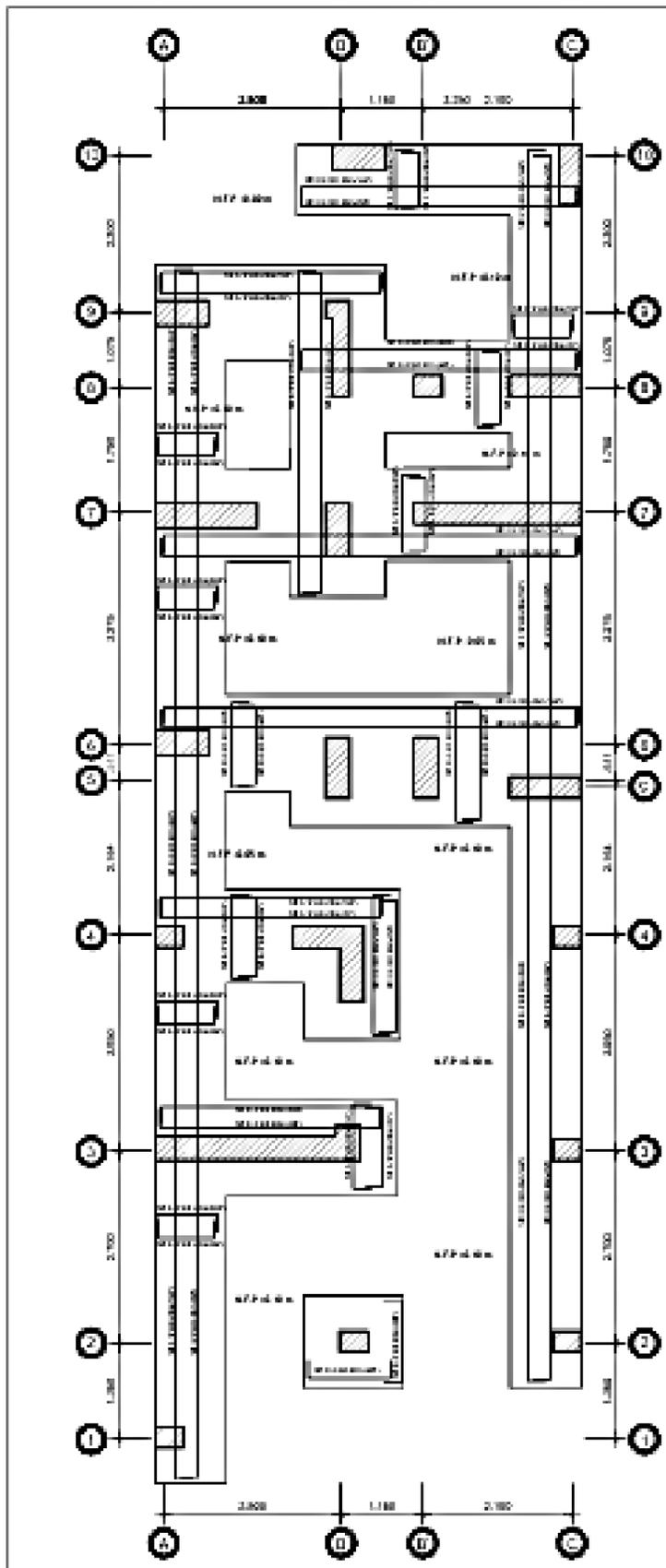
**F. DETALLE DE CIMENTACIÓN:**

**DETALLE ZAPATA**  
ESC. 1/20

**G. DETALLE DE CIMENTACIÓN DE COLUMNA:**

<b>VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b>		ALCANTARILLADO	SANEAMIENTO
<b>SISTEMA ESTRUCTURAL CON CIMENTACIÓN FLEXIBLE Y FLEXIBLE PARA ANCLAJES EN CORROS EN EDIFICACIONES DE DIFERENTES ALTURAS EN EL CENTRO DE CHICAGO</b>		<b>MANUAL DE CONSTRUCCIÓN</b>	
REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN PARA EDIFICACIONES DE DIFERENTES ALTURAS EN EL CENTRO DE CHICAGO		PREVENCIÓN DE SISMOS	
<b>ESTRUCTURAL</b>	<b>CIMENTACIÓN FLEXIBLE EDIFICACIONES EN FLEJE SECTOR 2</b>	<b>E-06</b>	

CIMENTACIÓN RÍGIDA – 7 NIVELES – SECTOR 2 – ZAPATAS COMBINADAS



### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

**A. MATERIALES:**

1. Concreto armado: f'c = 280 kg/cm<sup>2</sup> y f'yd = 420 kg/cm<sup>2</sup> (norma ASTM C 39).
2. Concreto masado: f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup> y f'yd = 315 kg/cm<sup>2</sup> (norma ASTM C 39).
3. Acero estructural: fy = 420 kg/cm<sup>2</sup> (norma ASTM A 601).

**B. CONCRETOS SIMPLES:**

1. Zapatas: f'c = 280 kg/cm<sup>2</sup> y f'yd = 420 kg/cm<sup>2</sup> (norma ASTM C 39).
2. Columnas: f'c = 280 kg/cm<sup>2</sup> y f'yd = 420 kg/cm<sup>2</sup> (norma ASTM C 39).
3. Paredes: f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup> y f'yd = 315 kg/cm<sup>2</sup> (norma ASTM C 39).
4. Losas: f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup> y f'yd = 315 kg/cm<sup>2</sup> (norma ASTM C 39).

**C. ALUMBRADO DE CIMENTACIÓN:**

1. Tipo de alumbrado: f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup> y f'yd = 315 kg/cm<sup>2</sup> (norma ASTM C 39).
2. Tipo de acero: fy = 420 kg/cm<sup>2</sup> (norma ASTM A 601).
3. Espesor de concreto: 10 cm.
4. Espesor de acero: 10 mm.
5. Tipo de concreto: f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup> y f'yd = 315 kg/cm<sup>2</sup> (norma ASTM C 39).
6. Tipo de acero: fy = 420 kg/cm<sup>2</sup> (norma ASTM A 601).

**D. REQUISITOS DE EJECUCIÓN:**

1. Preparación del terreno: nivelación y compactación.
2. Instalación de formas: tipo y tamaño de acuerdo a las especificaciones.
3. Colocación de acero: tipo y tamaño de acuerdo a las especificaciones.
4. Colocación de concreto: tipo y tamaño de acuerdo a las especificaciones.
5. Cuidado de la superficie: limpieza y protección.

**E. REQUISITOS DE INSPECCIÓN:**

1. Inspección de la obra: tipo y tamaño de acuerdo a las especificaciones.
2. Inspección de los materiales: tipo y tamaño de acuerdo a las especificaciones.
3. Inspección de la ejecución: tipo y tamaño de acuerdo a las especificaciones.
4. Inspección de la terminación: tipo y tamaño de acuerdo a las especificaciones.

**F. SECCIONES TÍPICAS:**

**G. LÍMITES MÍNIMOS DE ANCLAJE:**

SECCION	LÍM. MÍN. (cm)	LÍM. MÁX. (cm)	LÍM. RECOM. (cm)
Columna	40	40	40
Zapata	40	40	40
Columna	40	40	40
Zapata	40	40	40

**H. NORMAS Y REFERENCIAS:**

**I. PARAMETROS DE EJECUCIÓN:**

ITEM	VALOR
1. Factor de seguridad	1.5
2. Factor de seguridad	1.5
3. Factor de seguridad	1.5
4. Factor de seguridad	1.5
5. Factor de seguridad	1.5

**J. MÁXIMOS DESPLAZAMIENTOS:**

NIVEL	DESPLAZ. MÁX. (cm)	DESPLAZ. MÁX. (cm)	DESPLAZ. MÁX. (cm)
7	0.005	0.005	0.005
6	0.005	0.005	0.005
5	0.005	0.005	0.005
4	0.005	0.005	0.005
3	0.005	0.005	0.005
2	0.005	0.005	0.005
1	0.005	0.005	0.005

**K. LÍMITE DE SEPARACIÓN:**

1. Zapatas: 10 cm.
2. Columnas: 10 cm.

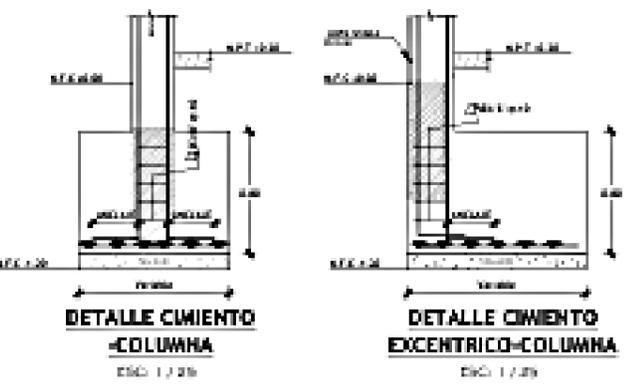
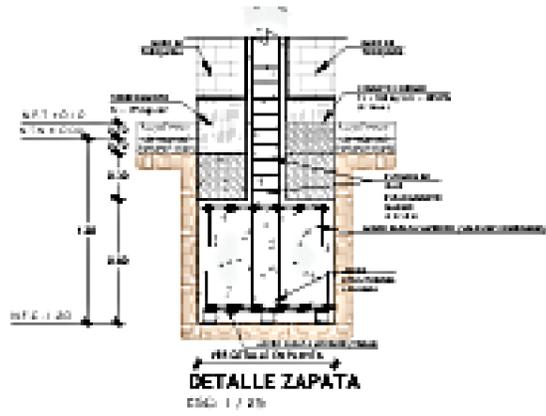
### CONDICIONES DE CIMENTACIÓN

**CONDICIONES DE CIMENTACIÓN:**

1. Tipo de suelo: tipo de suelo de acuerdo a las especificaciones.
2. Tipo de cimentación: tipo de cimentación de acuerdo a las especificaciones.
3. Tipo de estructura: tipo de estructura de acuerdo a las especificaciones.
4. Tipo de carga: tipo de carga de acuerdo a las especificaciones.
5. Tipo de viento: tipo de viento de acuerdo a las especificaciones.
6. Tipo de temperatura: tipo de temperatura de acuerdo a las especificaciones.
7. Tipo de humedad: tipo de humedad de acuerdo a las especificaciones.
8. Tipo de corrosión: tipo de corrosión de acuerdo a las especificaciones.

### NOTAS DE CIMENTACIÓN

1. Todas las dimensiones de la cimentación deben ser de acuerdo a las especificaciones.
2. El tipo de suelo debe ser de acuerdo a las especificaciones.
3. El tipo de estructura debe ser de acuerdo a las especificaciones.
4. El tipo de carga debe ser de acuerdo a las especificaciones.
5. El tipo de viento debe ser de acuerdo a las especificaciones.
6. El tipo de temperatura debe ser de acuerdo a las especificaciones.
7. El tipo de humedad debe ser de acuerdo a las especificaciones.
8. El tipo de corrosión debe ser de acuerdo a las especificaciones.



VIVIENDA MULTIFAMILIAR		SECTOR 2	1/20
DISEÑO ESTRUCTURAL CON CIMENTACIÓN RÍGIDA Y PLANTAS PARA MUESTRAS DE EL COSTO EN BARRICACIONES DE DIFERENTES ALTURAS EN EL QUINCE DE JULIO DE 2010		FABRICA DE BARRAS REFORZADAS	
REVISADO POR: [Nombre]		PROYECTOS DE BARRAS	
ESTRUCTURAS	CIMENTACIÓN RÍGIDA EDIFICACION 7 PISO SECTOR 2	E-07	

