

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO  
SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6  
PISOS PROYECTADOS MEDIANTE LOS  
SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y  
MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA,  
CAJAMARCA 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniera Civil**

**Autor:**

Patricia Lizbeth Abanto Linares

**Asesor:**

Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

<https://orcid.org/0000-0003-2668-4909>

Cajamarca - Perú

2023

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	Erlyn Salazar Huamán	71106769
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Mario Carranza Liza	26602358
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Henry Villanueva Bazán	46486085
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 6 PISOS PROYECTADOS MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022

#### INFORME DE ORIGINALIDAD



#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.urp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>6%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to Universidad Católica de Santa María</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>

Excluir citas    Activo    Excluir coincidencias < 1%  
 Excluir bibliografía    Activo

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres y hermana, por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente durante todo este tiempo, para poder continuar con mis metas trazadas, pues ellos son fuente de motivación e inspiración para no rendirme y seguir creciendo como profesional.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi guía y brindarme sabiduría, además a mi familia y a mi tía Blanquita y mi Madrina Elizabeth, promotores de mis sueños, por su confianza y su infinito amor. Así mismo a mis docentes, pues forjaron en mis enriquecedores conocimientos, demostrándome que con perseverancia se pueden lograr todos nuestros objetivos.

## Tabla de contenido

<b>JURADO EVALUADOR .....</b>	<b>2</b>
<b>INFORME DE SIMILITUD.....</b>	<b>3</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>10</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>13</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1. Realidad problemática .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1.1 Bases teóricas .....</b>	<b>22</b>
<b>1.1.1.1 Sistemas estructurales .....</b>	<b>22</b>
1.1.1.1.1 Sistema de muros estructurales.....	22
1.1.1.1.2 Sistema de muros de ductilidad limitada.....	23
<b>1.1.1.2 Configuración estructural .....</b>	<b>23</b>
1.1.1.2.1 Factores de irregularidad (Ia, Ip).....	24
<b>1.1.1.3 Cargas .....</b>	<b>25</b>
1.1.1.3.1 Carga muerta.....	25
1.1.1.3.2 Carga viva .....	26
<b>1.1.1.4 Comportamiento sísmico .....</b>	<b>26</b>
<b>1.1.1.5 Diseño Sismorresistente.....</b>	<b>26</b>
<b>1.1.1.6 Peligro Sísmico.....</b>	<b>27</b>
1.1.1.6.1 Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas, R .....	28

1.1.1.7	<b>Análisis estructural</b> .....	<b>28</b>
1.1.1.7.1	Estimación del Peso (P) .....	28
1.1.1.8	<b>Parámetros generales</b> .....	<b>29</b>
1.1.1.9	<b>Análisis sísmico</b> .....	<b>31</b>
1.1.1.9.1	Análisis Estático .....	31
1.1.1.9.2	Análisis Dinámico.....	32
1.2.	<b>Formulación del problema</b> .....	<b>33</b>
1.3.	<b>Objetivos</b> .....	<b>33</b>
1.3.1	<b>Objetivo general</b> .....	<b>33</b>
1.3.2	<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>33</b>
1.4.	<b>Hipótesis</b> .....	<b>33</b>
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA</b> .....		<b>34</b>
2.1.	<b>Tipo de investigación</b> .....	<b>34</b>
2.2.	<b>Población y muestra</b> .....	<b>34</b>
2.2.1	<b>Población</b> .....	<b>34</b>
2.2.2	<b>Muestra</b> .....	<b>34</b>
2.3.	<b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b> .....	<b>35</b>
2.3.1	<b>Técnicas de recolección datos</b> .....	<b>35</b>
2.3.2	<b>Instrumentos de recolección y análisis de datos</b> .....	<b>35</b>
2.4.	<b>Procedimiento</b> .....	<b>37</b>
2.4.1	<b>Diseño arquitectónico</b> .....	<b>38</b>
2.4.2	<b>Sistema de muros estructurales</b> .....	<b>42</b>
2.4.2.1	<b>Estructuración del sistema de muros estructurales</b> .....	<b>42</b>
2.4.2.1.1	Configuración estructural .....	46
a.	<b>Irregularidades estructurales en altura</b> .....	<b>46</b>
a.1	Irregularidad de rigidez (piso blando).....	46
a.2	Irregularidad de rigidez (piso débil).....	46
a.3	Irregularidad de masa o pesos.....	46
a.4	Irregularidad en geometría vertical.....	46
a.5	Discontinuidad de los sistemas estructurales .....	47
b.	<b>Irregularidades estructurales en altura</b> .....	<b>47</b>
b.1	Irregularidad torsional .....	47

b.2	Esquinas entrantes.....	48
b.3	Discontinuidad de diafragma.....	49
b.4	Sistemas no paralelos .....	49
2.4.2.1.2	Masas y peso de la edificación.....	49
<b>2.4.2.2</b>	<b>Análisis sísmico del sistema de muros estructurales.....</b>	<b>50</b>
2.4.2.2.1	Modelamiento estructural del sistema de muros estructurales .....	50
<b>a.</b>	<b>Parámetros de los materiales considerados .....</b>	<b>51</b>
<b>b.</b>	<b>Análisis sísmico .....</b>	<b>52</b>
b.1	Resultados modales de la estructura: .....	52
b.2	Análisis estático .....	53
b.3	Análisis dinámico .....	60
<b>2.4.3</b>	<b>Sistema de muros de muros de ductilidad limitada.....</b>	<b>71</b>
<b>2.4.3.1</b>	<b>Estructuración del sistema de muros de ductilidad limitada.....</b>	<b>71</b>
2.4.3.1.1	Configuración estructural.....	75
<b>a.</b>	<b>Irregularidades estructurales en altura .....</b>	<b>75</b>
a.1	Irregularidad de rigidez (piso blando).....	75
a.2	Irregularidad de rigidez (piso débil).....	75
a.3	Irregularidad de masa o pesos.....	75
a.4	Irregularidad en geometría vertical.....	75
a.5	Discontinuidad de los sistemas estructurales .....	76
<b>b.</b>	<b>Irregularidades estructurales en altura .....</b>	<b>76</b>
b.1	Irregularidad torsional .....	76
b.2	Esquinas entrantes.....	77
b.3	Discontinuidad de diafragma.....	78
b.4	Sistemas no paralelos .....	78
2.4.3.1.2	Masas y peso de la edificación.....	78
<b>2.4.3.2</b>	<b>Análisis sísmico del sistema de muros de ductilidad limitada .....</b>	<b>79</b>
2.4.3.2.1	Modelamiento estructural del sistema de muros de ductilidad limitada .....	79
<b>a.</b>	<b>Parámetros de los materiales considerados .....</b>	<b>80</b>
<b>b.</b>	<b>Análisis sísmico del sistema de muros de ductilidad limitada .....</b>	<b>81</b>
b.1	Resultados modales de la estructura: .....	81
b.2	Análisis estático .....	81

b.3	Análisis dinámico .....	88
2.4.4	Aspectos éticos .....	99
2.4.5	Matriz de operacionalización de variables .....	100
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS.....</b>		<b>101</b>
3.1.	Parámetros generales de los materiales .....	101
3.2.	Configuración estructural .....	102
3.3.	Análisis estático .....	106
3.4.	Análisis dinámico .....	107
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>		<b>109</b>
5.1.	Discusión .....	109
5.2.	Conclusiones.....	113
<b>REFERENCIA .....</b>		<b>114</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>117</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Viviendas particulares según material predominante en paredes exteriores</i> .....	17
<b>Tabla 2</b> <i>Sistemas estructurales de concreto armado</i> .....	22
<b>Tabla 3</b> <i>Irregularidad en altura</i> .....	24
<b>Tabla 4</b> <i>Irregularidad en planta</i> .....	24
<b>Tabla 5</b> <i>Pesos unitarios</i> .....	25
<b>Tabla 6</b> <i>Cargas vivas mínimas repartidas</i> .....	26
<b>Tabla 7</b> <i>Factores de zona</i> .....	29
<b>Tabla 8</b> <i>Factores de suelo "S"</i> .....	30
<b>Tabla 9</b> <i>Periodos "<math>T_p</math>" y "<math>T_L</math>"</i> .....	30
<b>Tabla 10</b> <i>Categoría de la estructura</i> .....	31
<b>Tabla 11</b> <i>Centro de masa y centro de rigidez</i> .....	47
<b>Tabla 12</b> <i>Irregularidad torsional</i> .....	48
<b>Tabla 13</b> <i>Irregularidad por esquinas entrantes</i> .....	48
<b>Tabla 14</b> <i>Peso por nivel de la edificación</i> .....	49
<b>Tabla 15</b> <i>Periodos de vibración</i> .....	52
<b>Tabla 16</b> <i>Ratios de participación de carga modal</i> .....	52
<b>Tabla 17</b> <i>Parámetros sísmicos en dirección X-X</i> .....	54
<b>Tabla 18</b> <i>Parámetros sísmicos en dirección Y-Y</i> .....	55
<b>Tabla 19</b> <i>Fuerza sísmica y cortante basal en X</i> .....	56
<b>Tabla 20</b> <i>Fuerza sísmica y cortante basal en Y</i> .....	57
<b>Tabla 21</b> <i>Desplazamiento por Niveles y en el centro de masa</i> .....	58

<b>Tabla 22</b>	<i>Análisis de derivas en dirección X-X</i> .....	59
<b>Tabla 23</b>	<i>Análisis de derivas en dirección X-X</i> .....	59
<b>Tabla 24</b>	<i>Verificación del sistema estructural en ambas direcciones</i> .....	60
<b>Tabla 25</b>	<i>Espectro de Pseudo – aceleración - dirección horizontal</i> .....	61
<b>Tabla 26</b>	<i>Espectro de Pseudo – aceleración - dirección vertical</i> .....	64
<b>Tabla 27</b>	<i>Verificación de cortante y factor de escala</i> .....	67
<b>Tabla 28</b>	<i>Fuerza cortante por nivel</i> .....	68
<b>Tabla 29</b>	<i>Cortante basal dinámica</i> .....	68
<b>Tabla 30</b>	<i>Verificación de cortante</i> .....	69
<b>Tabla 31</b>	<i>Desplazamiento por Niveles y en el centro de masa</i> .....	69
<b>Tabla 32</b>	<i>Análisis de derivas en dirección X-X</i> .....	70
<b>Tabla 33</b>	<i>Análisis de derivas en dirección Y-Y</i> .....	70
<b>Tabla 34</b>	<i>Verificación del sistema estructural en ambas direcciones</i> .....	71
<b>Tabla 35</b>	<i>Centro de masa y centro de rigidez</i> .....	76
<b>Tabla 36</b>	<i>Irregularidad torsional</i> .....	77
<b>Tabla 37</b>	<i>Irregularidad por esquinas entrantes</i> .....	77
<b>Tabla 38</b>	<i>Peso por nivel de la edificación</i> .....	78
<b>Tabla 39</b>	<i>Peso por nivel de la edificación</i> .....	81
<b>Tabla 40</b>	<i>Ratios de participación de carga modal</i> .....	81
<b>Tabla 41</b>	<i>Parámetros sísmicos en dirección X-X</i> .....	83
<b>Tabla 42</b>	<i>Parámetros sísmicos en dirección Y-Y</i> .....	84
<b>Tabla 43</b>	<i>Fuerza sísmica y cortante basal en X</i> .....	85
<b>Tabla 44</b>	<i>Fuerza sísmica y cortante basal en Y</i> .....	86
<b>Tabla 45</b>	<i>Desplazamiento por Niveles y en el centro de masa</i> .....	87
<b>Tabla 46</b>	<i>Análisis de derivas en dirección X-X</i> .....	88

<b>Tabla 47</b>	<i>Análisis de derivas en dirección Y-Y</i> .....	88
<b>Tabla 48</b>	<i>Espectro de Pseudo – aceleración - dirección horizontal</i> .....	89
<b>Tabla 49</b>	<i>Espectro de diseño en dirección vertical</i> .....	93
<b>Tabla 50</b>	<i>Verificación de cortante y factor de escala</i> .....	96
<b>Tabla 51</b>	<i>Fuerza cortante por nivel</i> .....	97
<b>Tabla 52</b>	<i>Cortante basal dinámica</i> .....	97
<b>Tabla 53</b>	<i>Verificación de cortante</i> .....	97
<b>Tabla 54</b>	<i>Desplazamiento por Niveles y en el centro de masa</i> .....	98
<b>Tabla 55</b>	<i>Análisis de derivas en dirección X-X</i> .....	98
<b>Tabla 56</b>	<i>Análisis de derivas en dirección Y-Y</i> .....	99
<b>Tabla 57</b>	<i>Parámetros de los materiales por sistema estructural</i> .....	102
<b>Tabla 58</b>	<i>Irregularidad en altura (<math>I_a</math>)</i> .....	103
<b>Tabla 59</b>	<i>Irregularidad en planta (<math>I_p</math>)</i> .....	103
<b>Tabla 60</b>	<i>Peso de la edificación</i> .....	104
<b>Tabla 61</b>	<i>Parámetros sísmicos</i> .....	105
<b>Tabla 62</b>	<i>Fuerza cortante basal</i> .....	106
<b>Tabla 63</b>	<i>Derivas máximas</i> .....	106
<b>Tabla 64</b>	<i>Fuerza cortante basal</i> .....	107
<b>Tabla 65</b>	<i>Derivas máximas</i> .....	107
<b>Tabla 66</b>	<i>Periodo fundamental de vibración</i> .....	108

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Perú: Evolución del número de viviendas particulares en departamento en edificio, 1993-2017</i> .....	16
<b>Figura 2</b> <i>Plano en planta – piso 1</i> .....	40
<b>Figura 3</b> <i>Plano en planta – piso 2-6</i> .....	41
<b>Figura 4</b> <i>Plano estructural – piso 1-5</i> .....	44
<b>Figura 5</b> <i>Plano estructural – piso 6</i> .....	45
<b>Figura 6</b> <i>Modelamiento estructural - vista frontal</i> .....	51
<b>Figura 7</b> <i>Cortante basal estática “V”</i> .....	57
<b>Figura 8</b> <i>Espectro de diseño en dirección horizontal / x-x</i> .....	63
<b>Figura 9</b> <i>Espectro de diseño en dirección horizontal / y-y</i> .....	63
<b>Figura 10</b> <i>Espectro de diseño en dirección horizontal / x-x</i> .....	66
<b>Figura 11</b> <i>Espectro de diseño en dirección horizontal / y-y</i> .....	67
<b>Figura 12</b> <i>Plano estructural – piso 1-5</i> .....	73
<b>Figura 13</b> <i>Plano estructural - piso 6</i> .....	74
<b>Figura 14</b> <i>Modelamiento estructural - vista frontal</i> .....	80
<b>Figura 15</b> <i>Cortante basal estática “V”</i> .....	86
<b>Figura 16</b> <i>Espectro de diseño en dirección horizontal / x-x</i> .....	91
<b>Figura 17</b> <i>Espectro de diseño en dirección horizontal / y-y</i> .....	92
<b>Figura 18</b> <i>Espectro de diseño en dirección horizontal / x-x</i> .....	95
<b>Figura 19</b> <i>Espectro de diseño en dirección horizontal / y-y</i> .....	95

## RESUMEN

La siguiente investigación tuvo como finalidad, comparar el comportamiento sísmico de un edificio de 6 pisos proyectado mediante los sistemas de muros estructurales y muros de ductilidad limitada. La tesis fue de carácter descriptiva y para su desarrollo se consideran los resultados del estudio de suelos de un terreno ubicado en el Jr. Perea B1 cuadra 11, siendo este de tipo S3. En esta área de terreno se proyecta la misma arquitectura para ambos sistemas, pero con diferente configuración estructural lo que está será una limitante, posterior a ello se determinan las características generales de los materiales empleados (concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>, concreto de 175 kg/cm<sup>2</sup> y acero ASTM 992) y se ingresan los parámetros en el software ETABS 21.0.1 con lo que se modeló la estructura. Dando como resultado en el análisis dinámico derivas en (X:0.0003) y en (Y:0.0001) del sistema de muros de ductilidad limitada las cuales son menores a las derivas en (X:0.0011) y en (Y:0.0011) del sistema de muros estructurales. En cuanto a sus periodos de vibración en (X: 0.176) y en (Y: 0.106) del sistema de muros de ductilidad limitada son menores en comparación al sistema de muros estructurales. Con los resultados obtenidos se realizó la comparación dejando notar que el sistema de muros de ductilidad limitada presenta mejor comportamiento frente al otro sistema pues sus derivas y periodos al ser menores, implican que su rigidez lateral es mayor generando deformaciones poco considerables.

**PALABRAS CLAVES:** Muros, ductilidad, cortante basal, derivas, periodos.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En el mundo de la ingeniería, los sistemas estructurales son parte de un ámbito dinámico en constante evolución y estos en el tiempo se complementan con el análisis y el diseño de las estructuras, para comprender y describir adecuadamente su comportamiento. En la búsqueda de mejorar y concebir nuevas propuestas como la tendencia al crecimiento vertical en construcciones, dan lugar a edificios multifamiliares que desarrollen comportamientos óptimos en cuanto a desplazamientos considerables producto de fuerzas sísmicas, son la razón principal para incidir en la investigación del comportamiento sísmico de ambos sistemas.

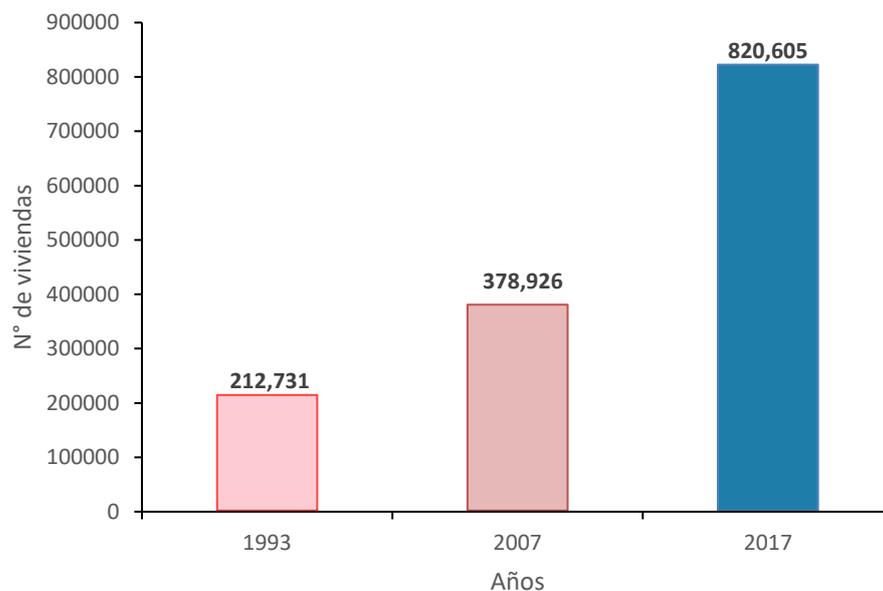
De lo mencionado, en el año 2010 en Chile tras un terremoto se evidenció que, de los sistemas estructurales, el de muros delgados o muros de ductilidad limitada destinados en su mayoría para albergar familias, estuvieron sometidos a deformaciones altas de compresión en los extremos generando fallas frágiles por aplastamiento, estas se incrementaron por la cantidad de números de pisos que cumplen según lo indicado en la Norma (Arias y Quijada, 2019). El aporte del citado autor indicó que, el comportamiento estructural y sismorresistente al construir sistemas con muros de ductilidad limitada presenta deficiencia ante cargas laterales y cargas axiales, por la difícil colocación de un núcleo confinado en los extremos de los muros, por lo que si se construye a mayores pisos afectaría en su desempeño.

Nuestro país no es ajeno a esta situación el crecimiento poblacional originó incremento en la demanda de viviendas para nuevas familias, los datos censales recogidos en el año 2017 muestran un panorama en el que las viviendas que presentan crecimiento vertical hacen referencia a condominios, multifamiliares o algún tipo de estructura con esta

tendencia, lo que les permite albergar familiar cuyo número de integrantes es a más extenso (INEI, 2017). Uno de los tipos de viviendas que adoptaron mayor crecimiento es la departamental, según el INEI (2017) realiza un comparativo frente al censo del INEI (2007).

### Figura 1

*Perú: Evolución del número de viviendas particulares en departamento en edificio, 1993-2017*



*Nota.* Adaptado de Instituto Nacional de Estadística (p. 291), por F. Acosta, 2017. Del gráfico se observa el crecimiento respecto al número de viviendas particulares en departamento en un periodo de tres años según censo, en el que vemos la variación del 78,1% entre el año 1993-2007.

Si se hace un análisis por departamento Lima presenta el mayor crecimiento de viviendas de tipo multifamiliar o departamental, en relación a los años 2007-2017 tiene un valor absoluto de 354,677 viviendas que en porcentaje es 122,5%; por su parte Cajamarca según los censos de 1993, 2007 y 2017 tienen una crecida considerable cada año y finalmente cierran con 5,457 viviendas particulares en edificio (INEI, 2017).

Además, un sistema estructural difiere de otro por la materia empleada por lo que según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017) recoge datos referentes al material predominante en una estructura, de las cuales están aquellas viviendas con paredes exteriores de ladrillos o bloques de cemento que representan 4 millones 298 mil 274 viviendas equivalente al 55,8%, al compararlo con el censo del 2007 el incremento sigue siendo considerable.

**Tabla 1**

*Viviendas particulares según material predominante en paredes exteriores*

MATERIAL PREDOMINANTE EN LAS PAREDES EXTERIORES	CENSO 2007		CENSO 2017		VARIACIÓN INTERCENSAL 2007-2017		INCREMENTO ANUAL
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%	
Ladrillo o bloque de cemento	2,991,627	46,7	4,298,274	55,8	1,306,647	43,7	130,665
Piedra o sillar con cal o cemento	33,939	0,5	43,170	0,6	9,231	27,2	923
Adobe y tapia	2,229,715	34,8	2,148,494	27,9	-81,221	-3,6	-8,122
Quincha (caña con barro)	183,862	2,9	164,538	2,1	-19,324	-10,5	-1,932
Piedra con barro	106,823	1,7	77,593	1,0	-29,230	-27,4	-2,923
Madera (pona, tornillo etc.)	617,742	9,7	727,778	9,5	110,036	17,8	11,004
Otro material	236,423	3,7	239,053	3,1	2,630	1,1	263

*Nota.* Adaptado de Instituto Nacional de Estadística (p. 297), por F. Acosta, 2017. En la tabla se puede notar el incremento de las viviendas en cuanto se emplee el material de ladrillo o bloques de cemento en las paredes exteriores, esto significa un 43,7% y en términos absolutos equivale a 1 millón 306 mil 647 número de viviendas.

En una entrevista Vera, 2016, como se citó en (Villarreal, 2006), deja expresar que desde el año 2000 empezó el auge de los sistemas estructurales en base a concreto de los cuales resalta los muros de ductilidad limitada ya que apuntan en una reducción de costo y del 50% en tiempo, en el año 2001 las empresas concreteras y productoras de acero

habilitado en conjunto con los proyectistas lograron un edificio de muros de concreto armado apropiado para cubrir el déficit habitacional del sector medio y medio-bajo. Bajo lo mencionado en diciembre del 2004, el Servicio de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) incluye características y pautas específicas para edificaciones con el sistema de muros de ductilidad limitada contempladas en el Reglamento Nacional de Edificaciones en la norma E.030.

Villareal (2015) hace mención sobre una de las consideraciones que se debe tener en cuenta durante el proceso constructivo del sistema con muros de ductilidad limitada enfatizando en la comparación que se tiene con la norma, la cual permite construir edificios de hasta 8 niveles versus la recomendación que él tiene bajo el criterio de considerar un margen de seguridad sísmica que conlleva a construir edificios de hasta 7 niveles. Por mucho tiempo la demanda de estas edificaciones son parte de la vulnerabilidad sísmica que encabezan situaciones constructivas informales ya que no cumplen con lo establecido por las normas (Zavaleta, 2009).

Por su ubicación, nuestro país es considerado una zona de alta sismicidad, habitualmente a ello se le adiciona el crecimiento poblacional como lo demuestran los datos de los censos expuestos párrafos arriba, lo cual origina un incremento de la demanda de viviendas para las nuevas familias que se han ido formando cada año, según CAPECO (2018), "En el Perú el 80% de viviendas son construcciones informales y de ese porcentaje, la mitad son altamente vulnerables a un terremoto de alta intensidad. En las zonas periféricas de las ciudades esta cifra llega al 90%", tal es el caso de Lima que, cerca de 18 millones de habitantes peruanos que representan el 30%, están expuestos a constantes amenazas por el limitado conocimiento de los parámetros que rigen cada sistema estructural.

En una entrevista realizada por radio Capital el 24 de febrero del 2018, el decano Ignacio Pacheco de la Universidad Privada del Norte, reafirma que el comportamiento de los sistemas estructurales, recaen en los rasgos característicos frente a su desenvolvimiento estructural y sísmico.

Bajo este contexto, Ticona (2018) en su investigación "Análisis y diseño estructural en concreto armado, de un edificio multifamiliar de 6 pisos, ubicado en la ciudad de Arequipa", tuvo como objetivo realizar un estudio y diseño siguiendo los lineamientos descritos en la norma E.030, una de las principales consideraciones fue la capacidad portante mínima del suelo siendo esta  $2.06 \text{ kg/cm}^2$ , para modelar la edificación se usó el programa ETABS 2016.1.0 y SAFE 2016, los resultados que consiguió del análisis fueron las derivas máximas en dirección  $x-x = 0.0053$  y en dirección  $y-y = 0.0028$ , notándose que ambas cumplen con la deriva máxima permitida por la norma, asimismo el sistema estructural resultante es el de muros estructurales de concreto armado ya que ese resiste el 95.5% del cortante basal en la dirección X-X y el 92.9% en la dirección Y-Y (pp. 89-90).

Por otro lado, Campos (2018) en su tesis "Análisis del comportamiento estructural de una edificación con muros de ductilidad limitada, en el distrito de Pillco Marca-Huánuco", proporcionó como unidad de estudio una edificación de 7 niveles, con el objetivo de analizar el comportamiento estructural de una edificación con Muros de Ductilidad Limitada, la metodología empleada para el estudio del comportamiento estructural fue en base del modelamiento en el software ETABS para el análisis dinámico de la edificación con sistema estructural de muros de ductilidad limitada, de siete niveles, cada nivel alberga apartamentos multifamiliares, la ubicación de la estructura es en una zona 3, asimismo los parámetros del suelo se consideró de acuerdo a la norma de sismo resistente E.030, finalmente como resultados obtuvo que los valores de las derivas máximas de

entrepiso en el  $d_{xx}$  y  $d_{yy}$  son menores que 0.005, concluyó así que este no presentó deformaciones importantes que puedan comprometer o poner en riesgo a los habitantes (pp. 94-108).

Anco et ál. (2020), desarrollaron la tesis “Análisis y diseño estructural de un edificio de vivienda multifamiliar con muros de ductilidad limitada en la ciudad de Tacna – 2020”, con el objetivo de analizar y diseñar estructuralmente un edificio de vivienda multifamiliar con muros de ductilidad limitada en base al Reglamento Nacional de Edificaciones, su unidad de estudio estaba conformada por un edificio de 5 niveles, a partir de ello la metodología empleada se basó en estudios de mecánica de suelos para la obtención de la capacidad portante y la definición del modelo arquitectónico abarca un terreno de 236.73 m<sup>2</sup>, conformada por 4 apartamentos por nivel, con una altura de entrepiso de 2.40 m y muros de 15 cm de espesor, permitiendo la modelación estructural del proyecto mediante el uso del software ETABS, para el análisis estático y dinámico se tomó en consideración la Norma E.030. Los resultados obtenidos del estudio mencionado enfatizaron que, los sistemas de muros de ductilidad limitada presentaron un adecuado comportamiento estructural ante amenazas sísmicas, ya que en sus desplazamientos de entre piso se obtuvo una distorsión máxima de 0.0012 en la dirección X y una distorsión máxima de 0.0005 en la dirección Y, las cuales son inferiores al límite permisible (distorsión máxima de 0.005) (pp. 79-83).

La tesis “Diseño de un edificio de Concreto Armado de 5 niveles”, desarrollada por Loayza (2015) tuvo como objetivo realizar el análisis y diseño estructural de un edificio de 5 pisos destinados para una vivienda ubicada en el distrito de San Miguel – Lima, como unidad de estudio utilizó un edificio de 5 niveles, su desarrollo metodológico contempla un edificio de concreto armado, con una resistencia a compresión de  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y un sistemas estructural con muros de corte, combinados con algunos pórticos, las placas fueron

representados como elementos bidireccionales y para su análisis se usó el programa ETABS. Este estudio generó como resultados, solicitaciones sísmicas adecuadas con derivas de 3% para direcciones en X e Y (valores menores al límite permisible del 7% dados por la Norma), en cuanto a su comportamiento estructural los muros de concreto armado consideran al 80% de fuerza cortante sísmica resistida por el concreto, las solicitaciones de carga cumplieron con lo requerido, por ende, se sintetizó que su comportamiento fue óptimo (pp. 82-83).

Cajamarca ubicada en la zona sísmica 03, no es ajena a situaciones que representan un riesgo por su alta vulnerabilidad en sus infraestructuras más aún si se cuenta con la presencia de suelos blandos y Quiroz (2016), en su tesis “Comparación del comportamiento estructural de una vivienda multifamiliar proyectada mediante los sistemas de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada en la ciudad de Cajamarca”, estudió un multifamiliar de 4 niveles, realizó un análisis estático y dinámico y para el modelamiento utilizó el programa ETABS concluyendo, que el sistema de Muros de Ductilidad Limitada presentó menos deformaciones en sus niveles cuyo valor fue de 0.0016, asimismo las derivas máximas de entrepiso en el  $d_{xx} = 0.000168$  y en  $d_{yy} = 0.00039$  (deriva máxima permisible según norma 0.005) reflejan mayor rigidez lateral, cumpliendo con un adecuado comportamiento sísmico a nivel de superestructura y cimentación (pp. 188-190).

Además Cervera (2020) en su investigación “Comparación estructural entre el sistema de placas y el sistema de muros de ductilidad limitada en un edificio multifamiliar de siete niveles” realizada en la ciudad de Cajamarca, busca comparar el comportamiento de ambos sistemas, para su análisis se realizó la estructuración, el análisis estructural y sísmico la herramienta empleada para el cálculo de los parámetros mencionados fue el software ETABS 18.0.2 tomando consideraciones de acuerdo a la Norma E.030; de esta manera se llegó a la

conclusión que el sistema de placas presenta un óptimo comportamiento estructural ante cargas de gravedad y cargas de sismo.

### 1.1.1 Bases teóricas

#### 1.1.1.1 Sistemas estructurales

El Reglamento Nacional de Edificaciones contempla en su Norma E.030 (2020) distintos sistemas estructurales con características propias pues uno difiere del otro por el material empleado las cuales pueden ser de concreto armado, acero, albañilería armada o confinada, madera y tierra; en cuanto a su estructuración está definida por parámetros que forman parte del comportamiento sismorresistente en ambas direcciones. Para este estudio se profundiza las características de las estructuras de concreto armado.

#### Tabla 2

*Sistemas estructurales de concreto armado*

SISTEMAS ESTRUCTURALES	COEFICIENTE BÁSICO DE REDUCCIÓN $R_0$
<b>Concreto armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4

*Nota.* De la tabla, los coeficientes básicos de reducción tomados de la Norma E.030 Diseño Sismorresistente, se aplican en estructuras de elementos horizontales y verticales que permiten la disipación de energía generando estabilidad.

##### 1.1.1.1.1 Sistema de muros estructurales

Según la Norma E.030 (2020), menciona que son un “Sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 70% de la fuerza cortante en la base” (p. 7). Del mismo modo este sistema constructivo puede resistir cargas verticales y cargas horizontales perpendiculares y

paralelas a su cara (Harmsen, 2002, p. 301). Además, estos elementos se desarrollan en altura de gran magnitud, contra ancho y espesor intermedio.

En el Perú desde la década de los 70 se empezó a utilizar este sistema con la que se buscaba generar mayor rigidez lateral en las estructuras con un espesor mínimo de 1/25 veces su altura entre elementos de arriostre o losas.

#### 1.1.1.1.2 Sistema de muros de ductilidad limitada

La Norma E.030 (2020) estipula que son “Edificaciones que se caracterizan por tener un sistema estructural donde la resistencia sísmica y de cargas de gravedad está dada por muros de concreto armado de espesores reducidos en los que prescinde de extremos confinados y el esfuerzo vertical se dispone en una sola capa” (p.19) y se puede construir un máximo de 8 pisos.

Este sistema en el Perú se viene aplicando desde la década del 2000 con unos espesores típicos entre 10 y 15 cm, reforzados con acero corrugado convencional en los extremos y malla electrosoldada o barras corrugadas en el alma del muro (Zavaleta, 2010).

#### 1.1.1.2 Configuración estructural

La configuración de una estructura es variante, pero es más seguro y conveniente que la proyección de los elementos verticales y el dimensionamiento sea similar en todas las plantas convirtiéndolas en típicas por lo que en la Norma de Diseño Sismorresistente E.030 (2020), clasifica a las estructuras en regulares e irregulares.

- i. Estructuras regulares: Su configuración atribuye a las estructuras resistencia ante cargas laterales por lo que su factor  $I_a$  e  $I_p$  es igual a 1, por tanto, no presenta irregularidad en planta ni en altura.

- ii. Estructuras irregulares: la Norma E.030 Diseño Sismorresistente describe parámetros que nos permiten identificar el tipo de irregularidad, ya sea en planta o en altura, para cada una de ellas se considera un factor.

#### 1.1.1.2.1 Factores de irregularidad (Ia, Ip)

Los factores dependen del tipo de irregularidad que presente, el factor Ia o Ip se dan para las dos direcciones de análisis y para cada factor se toma el menor valor entre los obtenidos.

**Tabla 3**

*Irregularidad en altura*

IRREGULARIDADES	FACTOR DE IRREGULARIDAD Ia
Irregularidad de Rigidez - Piso Blando	0.75
Irregularidad de Resistencia -Piso Débil	0.75
Irregularidad Extrema de Resistencia	0.50
Irregularidad Extrema de Resistencia	0.50
Irregularidad de Masa o Peso	0.90
Irregularidad Geométrica Vertical	0.90
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	0.80
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	0.60

*Nota.* En la tabla se detalla el factor para cada tipo de irregularidad en altura que presente una estructura. Datos tomados de la Norma E.030 Diseño Sismorresistente (p. 22), 2020.

**Tabla 4**

*Irregularidad en planta*

IRREGULARIDADES	FACTOR DE IRREGULARIDAD Ip
Irregularidad Torsional	0.75
Irregularidad Torsional Extrema	0.60
Esquinas Entrantes	0.90
Discontinuidad de Diafragma	0.85
Sistemas no paralelos	0.90

*Nota.* Los valores considerados determinan el tipo de irregularidad en planta que presenta

una estructura. Datos tomados de la Norma E.030 Diseño Sismorresistente (p. 23), 2020.

### 1.1.1.3 Cargas

Según la Norma E.020 (2022), representan a las fuerzas o algún tipo de acción resultado del peso que aportan los ocupantes, las pertenencias, materiales empleados para la construcción, efectos del medio ambiente, movimientos diferenciales y cambios dimensionales restringidos, por lo que la norma establece cargas mínimas dadas en condiciones de servicio impuestas como consecuencia de su uso previsto. Estas cargas se ven concentrada o distribuidas por una unidad de longitud, superficie o por una unidad de volumen.

#### 1.1.1.3.1 Carga muerta

La Norma E.020 (2022), lo conceptualiza como el peso de los materiales, dispositivos de servicios, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación incluyendo su peso propio, que sean permanentes o con una variación de su magnitud en el tiempo es pequeña. De igual modo Andrade (2014) en el libro la define a la carga muerta como aquella que permanece indefinidamente en el componente de una estructura.

### Tabla 5

*Pesos unitarios*

MATERIALES	PESO Kn/m <sup>3</sup> (kgf/m <sup>3</sup> )
Concreto simple de:	
Grava	23,0 (2300)
Concreto armado	Añadir 1,0 (100) al peso del concreto simple

*Nota.* En la tabla se considera los pesos unitarios de los materiales utilizados en la estructura en estudio. Tomado del Reglamento Nacional de Edificaciones (p. 210), 2020.

### 1.1.1.3.2 Carga viva

Aquella carga que presenta periódicamente durante la vida útil de la estructura, los valores de carga mínima repartida están contemplados en el reglamento de construcción y dependen del tipo de ocupación al que está destinada la estructura (Andrade, 2014). La Norma E.020 (2022) menciona que la carga viva es el peso de todos los ocupantes, materiales, muebles y otros elementos móviles soportados por la edificación.

**Tabla 6**

*Cargas vivas mínimas repartidas*

<b>OCUPACIÓN O USO</b>	<b>CARGAS REPARTIDAS kPa (kgf/m<sup>3</sup>)</b>
Viviendas	2,0 (200)
Azotea con acceso	2,0 (200)
Corredores	2,0 (200)
Escaleras	2,0 (200)

*Nota.* Valores de cargas mínimas repartidas para el uso de multifamiliares. Adaptado de la Norma E.020 Cargas (p. 12) por el Reglamento Nacional de Edificaciones, 2020.

### 1.1.1.4 Comportamiento sísmico

Se define como una respuesta frente a impactos provocados por fuerzas y desplazamientos producto de un sismo, por lo que abarca el estudio de parámetros para su determinación los cuales inciden en los sistemas en estudio y según Oblitas (2018), en términos generales el comportamiento sísmico se conceptualiza por la simetría, continuidad en planta como elevación, resistencia a cargas laterales y capacidad de deformación de las estructuras más allá del rango elástico que pueden afectar a los elementos que conforman el casco estructural (vigas, columnas, muros estructurales y losas).

### 1.1.1.5 Diseño Sismorresistente

Estos términos se los alberga en el Reglamento Nacional de Edificaciones, en el Perú está regulado por la Norma E.030 en la que se contempla las condiciones que definen los

principales parámetros a los que se ven sometidas las estructuras además de obligar a otros proyectos que puedan alinearse a lo que especifica la norma. Cabe resaltar que la filosofía y los principios del diseño sismorresistente buscan evitar pérdidas humanas, minimizar daños a la propiedad porque estas pueden colapsar y no soportar los movimientos considerados del suelo producto de los sismos. En la norma se manifiesta tres características importantes la rigidez, resistencia y ductilidad que toda estructura debe contemplar en su diseño (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2021).

En la Norma de Diseño Sismorresistente E.030 (2028) al igual que la tesis “Diseño estructural de un edificio educativo, mediante la metodología Building Information Modelin (BIM), en la ciudad de Trujillo”, tienen en consideración aspectos indispensables que permiten concebir una estructura con características sismorresistentes para el diseño:

- a. Simetría en la distribución de masas como la rigidez.
- b. Peso mínimo en pisos altos.
- c. Selección y uso adecuado de los materiales de construcción.
- d. Resistencia adecuada en ambas direcciones, frente a cargas laterales.
- e. Continuidad estructural en planta y elevación.
- f. Ductilidad, capacidad de deformación de la estructura más allá del rango elástico.
- g. Deformación lateral limitada.
- h. Inclusión de líneas sucesivas de resistencia.
- i. Consideración de condiciones locales.
- j. Buena práctica constructiva y supervisión rigurosa.

#### **1.1.1.6 Peligro Sísmico**

Este término engloba los conceptos de peligrosidad y vulnerabilidad sísmica, frente a ello el peligro sísmico evalúa y cuantifica las consecuencias provocadas por un terremoto

dando como resultado la falla de las distintas estructuras cuya capacidad de resistencia se ve afectada por ser excedida. Parte del análisis incluye caracterizar las zonas, fuerzas sísmicas, atenuación del movimiento del suelo según su tipo y en algunas estructuras se debe tener en cuenta el coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas con lo que se pretende disipar la energía (Adolfo et.al.,2008).

#### 1.1.1.6.1 Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas, R

Este se determina mediante el producto del coeficiente básico de reducción ( $R_0$ ), el menor valor de irregularidad en planta y en altura, según el Reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma de Diseño Sismorresistente E.030.

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

#### 1.1.1.7 Análisis estructural

Jose Melchor lo referencia como la determinación del efecto causado por acciones que inciden en una parte o en toda la estructura, lo que proporciona como resultado reacciones y desplazamientos aproximados al comportamiento real. En la Norma de Diseño Sismorresistente E.030 menciona que el análisis para estructuras regulares considera el total de las fuerzas sísmicas que actúan independientemente en dos direcciones y para estructuras irregulares la acción sísmica ocurre en la dirección que resulte más desfavorable.

##### 1.1.1.7.1 Estimación del Peso (P)

Para el cálculo del Peso (P) se adiciona un porcentaje de la carga viva o sobrecarga, esto depende de la categoría de la edificación según mencione la Norma de Diseño Sismorresistente E.030 (2020).

- a. En edificaciones de categoría C se toma el 25% de la carga viva.

### 1.1.1.8 Parámetros generales

Los parámetros mencionados a continuación son tomados de la Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2020.

- i. Zonificación: el Perú se divide en 4 zonas dependiendo de las características de los movimientos sísmicos y su atenuación, a cada zona se le asigna un factor interpretado como la aceleración máxima horizontal en un suelo rígido. Por este estudio la zona en el que se hace el análisis es la zona 3.

**Tabla 7**

*Factores de zona*

ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

*Nota.* La Norma E.030 de Diseño Sismorresistente (p.13), 2020. Detalla en la tabla los factores correspondientes según el mapa de zonificación sísmica.

- ii. Perfiles de suelo: su clasificación se basa en la velocidad promedio de la propagación de las ondas de corte, la norma de Diseño Sismorresistente E.030 describe cinco perfiles de suelo:
  - Perfil tipo S<sub>0</sub>: roca dura
  - Perfil tipo S<sub>1</sub>: roca o suelos muy rígidos
  - Perfil tipo S<sub>2</sub>: suelos intermedios
  - Perfil tipo S<sub>3</sub>: suelos blandos
  - Perfil tipo S<sub>4</sub>: condiciones excepcionales
- iii. Parámetros de sitio (S, T<sub>P</sub>, T<sub>L</sub>): para ello utilizan los valores del factor de ampliación del suelo S y los periodos T<sub>P</sub> y T<sub>L</sub>.

**Tabla 8**
*Factores de suelo "S"*

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

*Nota.* La tabla detalla los factores por cada tipo de suelo según la zona sísmica a la que pertenece. Datos tomados de la Norma E.030 Diseño Sismorresistente (p. 16), 2020.

**Tabla 9**
*Periodos "T<sub>p</sub>" y "T<sub>L</sub>"*

PERIODOS	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
T <sub>P</sub> (s)	0.30	0.40	0.60	1.00
T <sub>L</sub> (s)	3.00	2.50	2.00	1.60

*Nota.* Se acoge lo factores de tipo de suelo para periodos cortos y periodos largos. Tabla tomada de la Norma E.030 Diseño Sismorresistente (p. 16), 2020.

- iv. Factor de ampliación sísmica (C): son coeficientes que estiman el periodo fundamental de un edificio y se lo interpreta como el factor de ampliación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo y depende de las características de sitio.

$$\begin{aligned}
 T < T_P & \quad C = 2.5 \\
 T_P < T < T_L & \quad C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right) \\
 T > T_L & \quad C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)
 \end{aligned}$$

- v. Categoría de la edificación y factor de uso (U): todas las edificaciones se clasifican por su categoría de ello depende el factor de uso o importancia (U), en el caso de los edificios con aislamiento sísmico en la base se considera U = 1.

**Tabla 10**

*Categoría de la estructura*

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
C Edificaciones comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarrea peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1.0

*Nota.* Se muestra la categoría a la que pertenece siendo esta una edificación común (vivienda) y el factor de uso para esta es de 1.0. Adaptado de la Norma E.030 (p. 18) adaptado por el Reglamento Nacional de Edificaciones, 2020.

**1.1.1.9 Análisis sísmico**

El Reglamento Nacional de Edificaciones contempla dos métodos que nos permiten analizar el comportamiento ante un sismo de una estructura, esto se puede dar por el análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes o por el análisis modal espectral. Ambos procedimientos de análisis consideran un modelo lineal y estático con solicitaciones sísmicas bajas.

**1.1.1.9.1 Análisis Estático**

Llamado también como análisis de fuerzas estáticas equivalentes cuyas solicitaciones sísmicas se representa como un conjunto de fuerzas que actúan en el centro de masa de cada nivel. Además, se emplea en edificaciones regulares e irregulares que se ubican en la zona 1, en caso pertenezca a otra zona sísmica debe tener en consideración una estructura regular de no más de 30 m de altura y 15 m de altura para estructuras de muros portantes y albañilería armada o confinada.

- i. Fuerza cortante en la base: aquella fuerza que se determina para la dirección que se quiere analizar por lo que utilizamos la expresión:

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

- ii. Distribución de fuerza sísmicas en altura: en cualquier nivel las fuerzas horizontales sísmicas corresponden a la dirección considerada, para ello se utiliza una expresión matemática en la que n es el número de pisos, (k) es un exponente relacionado con el periodo fundamental de vibración de la estructura (T). Norma de Diseño Sismorresistente E.030 (2018).

$$F_i = a_i \cdot V$$

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

#### 1.1.1.9.2 Análisis Dinámico

Con los resultados por combinación modal espectral se puede diseñar una estructura por ello la Norma de Diseño Sismorresistente E.030 (2018) contempla ciertos criterios.

- i. Modos de vibración: la norma de Diseño Sismorresistente E.030 considera las características de rigidez y distribución de las masas, los modos de vibración considerados en cada dirección deben cumplir que la suma de sus masas sea por lo menos el 90% de la masa total tomando en cuenta los tres primeros modos predominantes.
- ii. Aceleración espectral: se utiliza el espectro inelástico de pseudo-aceleración para cada dirección definido por la expresión:

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

- iii. Criterios de combinación: son necesarios para obtener la respuesta máxima elástica (r) para los parámetros globales como la fuerza cortante en la base, cortantes de entrepiso, momentos de volteo, desplazamientos totales y relativos de entrepiso.

Por lo expuesto y lo estudiado con anterioridad, nos servirá de apertura para continuar con la investigación, llegando a ser conveniente realizar la comparación del comportamiento sísmico de los sistemas con muros estructurales y muros de ductilidad limitada con la finalidad de alcanzar el cálculo de las fuerzas sísmicas en altura, desplazamientos, fuerzas de la cortante basal y derivas de entrepiso de un multifamiliar proyectados 6 pisos y tener constancia de como estos parámetros influyen y a su vez difieren en valor numérico dejando notar un mejor comportamiento de un sistema sobre el otro y mediante esta redacción nos sirva de referente para alcanzar los objetivos planteados.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál de los dos sistemas de muros, estructurales o de ductilidad limitada, de un edificio multifamiliar de seis pisos presenta un mejor comportamiento sísmico?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Comparar el comportamiento sísmico de un edificio multifamiliar de 6 pisos proyectado mediante los sistemas de muros estructurales y muros de ductilidad limitada.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- i. Comparar las derivas o desplazamientos máximas de los sistemas de muros estructurales y de ductilidad limitada mediante el análisis estático y dinámico.
- ii. Comparar el periodo fundamental de vibración para cada sistema estructural estudiado.

## **1.4. Hipótesis**

El sistema de muros estructurales presenta un mejor comportamiento sísmico en un edificio multifamiliar de 6 pisos, frente al sistemas de muros de ductilidad limitada.

## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo de investigación**

Según el propósito, la presente investigación es de tipo aplicada, ya que el enfoque radica en el planteamiento de un problema y en la solución del mismo basándose en teorías descritas y sustentadas mediante reglamentos que nos permitan proyectar una realidad (Martinez y Benites, 2016). Por consiguiente, el diseño de la investigación es transversal descriptiva porque recoge observaciones en campo y durante un periodo determinado, además describe el fenómeno del comportamiento sísmico en los sistemas de muros estructurales y de muros de ductilidad limitada permitiéndonos identificar la variación de los mismos en base a previo cálculo de algunos parámetros.

La investigación estudia aspectos numéricos y medibles propios de un enfoque cuantitativo, porque parte de su desarrollo tiene como medio principal la medición y el cálculo, según (Hernández et al., 2014). De lo mencionado en este estudio cada paso que conlleva a determinar el comportamiento de los sistemas es calculado y emiten valores, los cuales deberán verse contemplados en los parámetros que establecen las bases teóricas como normas, de esta manera pueden ser medibles. Por consiguiente, servirán de sustento para poder describir los resultados.

### **2.2. Población y muestra**

#### **2.2.1 Población**

La población lo constituyen todos los edificios multifamiliares construidos bajo los sistemas de muros estructurales y muros de ductilidad limitada de la ciudad de Cajamarca.

#### **2.2.2 Muestra**

Siendo por efectos de la presente investigación, se tiene un muestreo no probabilístico de tipo intencional, dando lugar a un edificio multifamiliar de seis niveles para

el cual se diseñará una misma arquitectura típica para ambos sistemas con diferente configuración estructural y condiciones propias para cada uno, importante para el análisis del comportamiento sísmico considerando un sistema de muros estructurales y un sistema con muros de ductilidad limitada.

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

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

La técnica de recolección y análisis de datos que se utilizó fue la observación porque se planteó y elaboró datos en condiciones controladas por el investigador, donde las características de la materia en estudio con la que se parte es un terreno cuyos datos luego se sintetizan. En esta investigación el método utilizado es planificado, controlado, sujeto a comprobaciones que se darán posterior al respectivo diseño de la estructura.

Además, la técnica de revisión bibliográfica forma parte de todo el desarrollo de la investigación necesaria para redactar el contenido del tema a indagar y permitir que esté sustentada en bases teóricas confiables, con ello se pueden establecer los parámetros necesarios para plantear el diseño arquitectónico respectivo que nos permita realizar el análisis de ambos sistemas.

#### **2.3.2 Instrumentos de recolección y análisis de datos**

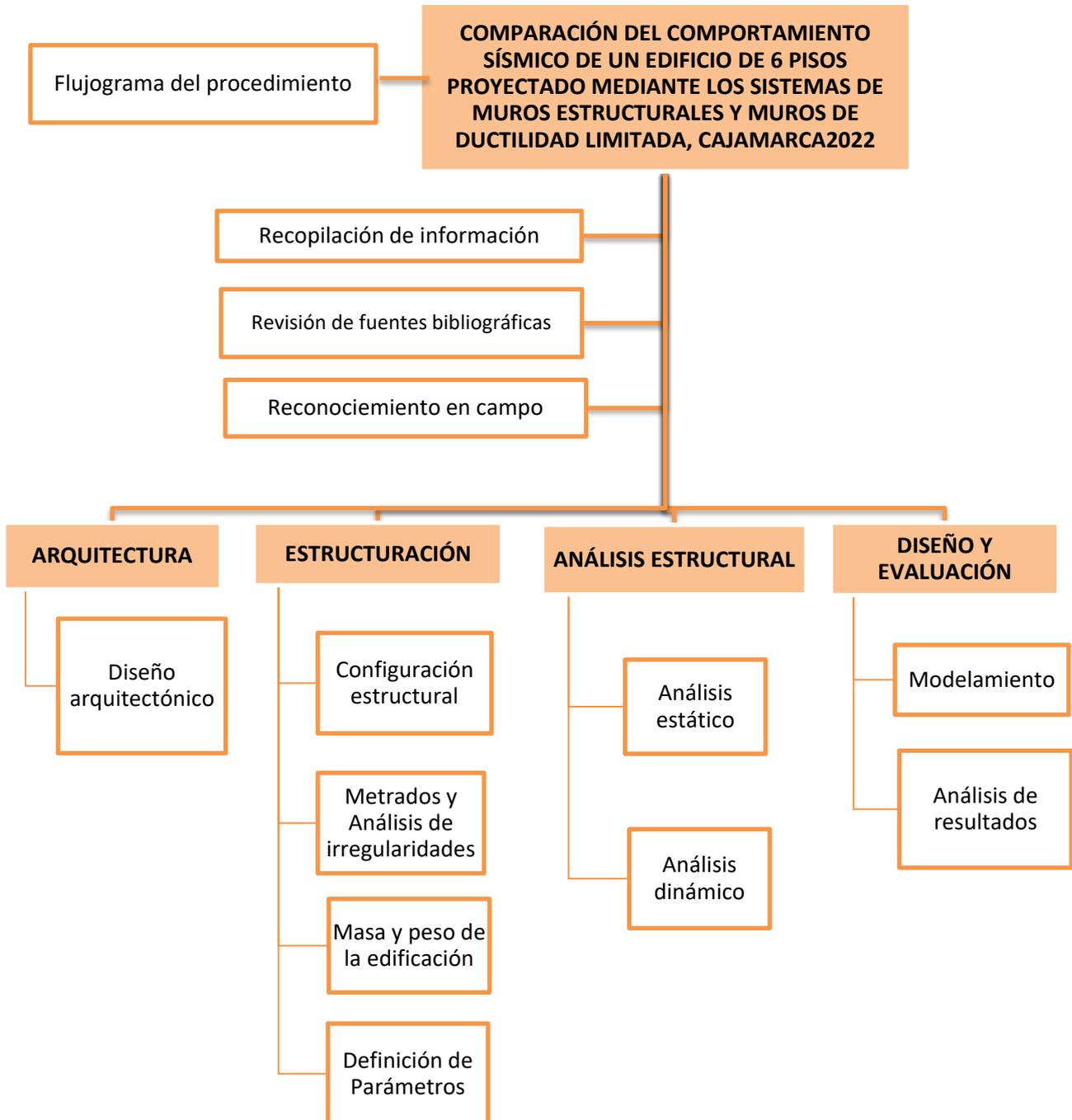
Para la presente investigación uno de los instrumentos de recolección y análisis de datos que se utilizó fueron distintos informes como tesis, libros y la Norma E.030 Diseño Sismorresistente, considerados como guías de análisis de contenido compuesta por un conjunto de ítems orientados a recabar información objetiva importante para la investigación que se ve enmarcada en parámetros influyentes en el comportamiento sísmico de los sistemas en estudio.

Es así, que producto de la revisión bibliográfica se planteó la elaboración del plano arquitectónico (conceptualiza la distribución de ambientes) y el plano estructural (contempla para este estudio los elementos estructurales considerados más no su estructuración). Estos instrumentos gráficos que recogen los principales datos, especificaciones y características de ambos sistemas a proyectar, que al analizarlo forman parte de un proceso de resultados no numéricos. Por otro lado, el software Microsoft Excel es un instrumento de recolección que nos permite almacenar todo dato numérico tomado en campo y aquellos que serán designados para su posterior procesamiento.

Con ello se puede llevar el control de los resultados obtenidos que servirán para cada parámetro indispensable que a su vez conlleva al uso del software ETABS 21.0.1, considerado un instrumento que nos permite realizar el análisis de lo procesado mediante el modelamiento de la estructura.

Para procesar los resultados obtenidos por el software se utiliza formatos de recolección de datos o resultados, estos fueron validados y autorizados por el asesor. Este instrumento facilita el análisis comparativo entre el sistema de muros estructurales y el sistema de muros de ductilidad limitada

## 2.4. Procedimiento



Referente al procedimiento que sigue la presente investigación tiene como apertura el diseño de la misma arquitectura en ambos casos, pero los elementos estructurales son distribuidos y considerados según el tipo de sistema, es decir la arquitectura solo responde para esa configuración estructural, es así que el sistema en base a muros de ductilidad limitada utiliza en su configuración muros de 15 cm de espesor y para el sistema de muros estructurales utiliza muros de 25 cm solo donde se lo requiera, además de verificar que el sistema sea de muros portantes sobre los que actúa por lo menos el 70% de la fuerza cortante en la base. Este multifamiliar de seis niveles fue proyectado en un terreno en el Jirón Perea B1 cuadra 11, donde se realizó una calicata para determinar la clasificación ZUCS mediante el estudio de mecánica de suelos, de ello se tiene como dato algunos parámetros que determinaron el perfil del suelo para este estudio "S3" (suelo blando), además se trabaja con los parámetros generales de los materiales (concreto y acero) para el caso del acero no se hizo el cálculo si no que se utiliza solo lo el acero calculado por el software. Posterior a ello con el modelamiento en el software ETABS 20.0.1 nos permite continuar con el análisis sísmico y con los valores obtenidos propios de cada sistema se procede a realizar la comparación.

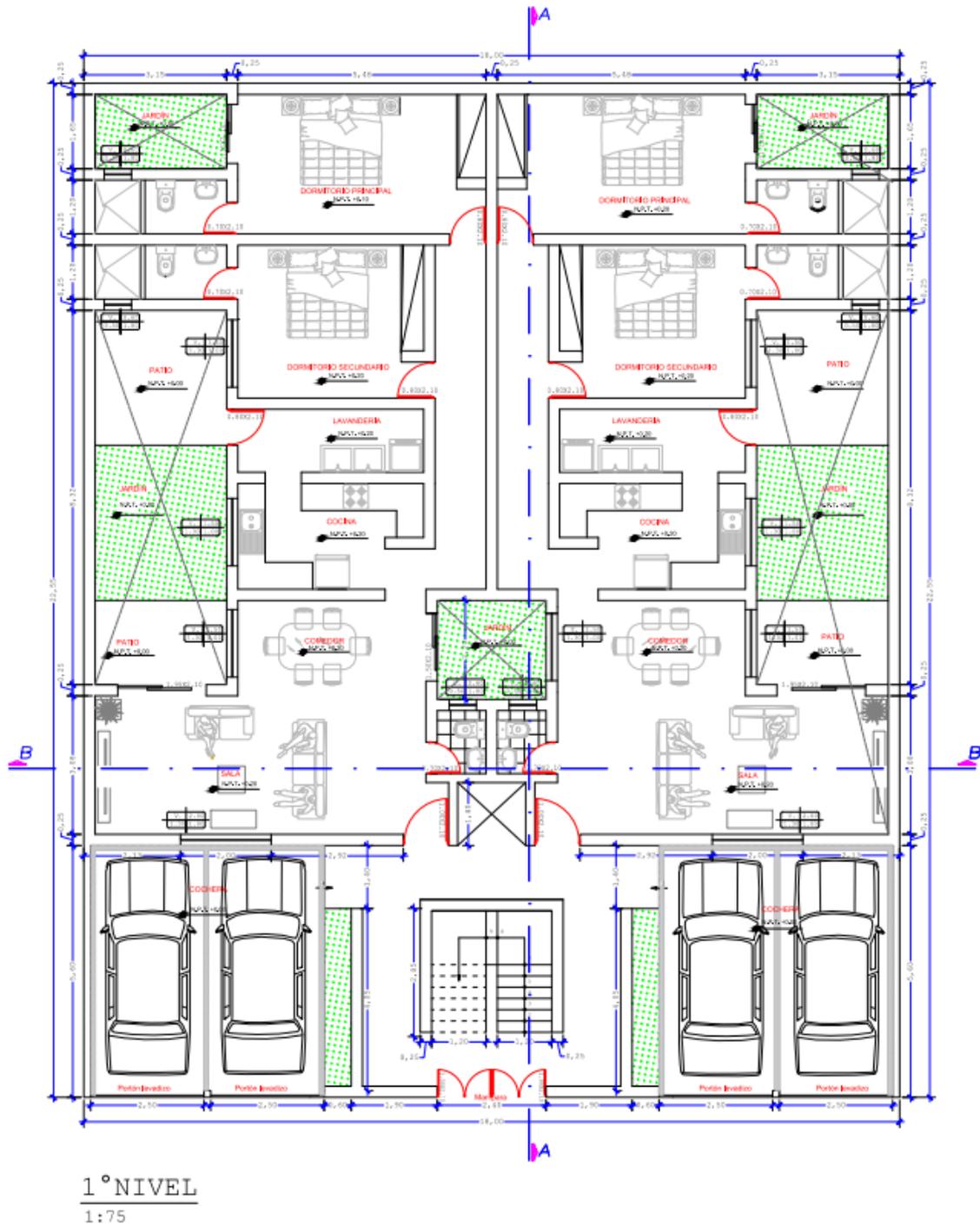
#### **2.4.1 Diseño arquitectónico**

Para definir la arquitectura de ambas estructuras se debe tener en cuenta la Norma A.10 Consideraciones Generales de Diseño y la Norma Técnica A.020 Vivienda del Reglamento Nacional de Edificaciones, con ello se toma en consideración las características típicas de un edificio multifamiliar (estructura que acoge dos o más viviendas en una sola edificación); sus dimensiones acogen a un terreno de 405 m<sup>2</sup> de área, de la cual 276.25 m<sup>2</sup> son área construida y 135.66 m<sup>2</sup> son de área libre. El edificio en estudio tiene un frontis de 18 m con una longitud de 22.55 m y una altura de 16.12 m. Cada estructura tiene 6 niveles y cada nivel acoge dos multifamiliares conformados por un servicio higiénico para visitas,

sala – comedor, cocina, lavandería y dos dormitorios con sus propios servicios higiénicos. Cada ambiente está dispuesto de tal manera que al ingreso se encuentre el área social y seguidamente el área íntima. En el primer nivel los multifamiliares tienen acceso a las áreas libres lo cual están destinados para jardines o patios y para los pisos superiores cumplen el papel importante de iluminación y ventilación natural, además estas estructuras presenta dos cocheras que alberga cada una a dos vehículos, esto debe guardar relación con la cantidad de multifamiliares de la estructura. Para tener una libre circulación a los distintos niveles del edificio se cuentan con escaleras de 1.20 m de ancho y un ascensor. Cabe mencionar que en primera instancia la arquitectura se proyecta para un sistema de muros estructurales y en segundo lugar un sistema de muros de ductilidad limitada (para mayor detalle ver anexo: planos de arquitectura).

**Figura 2**

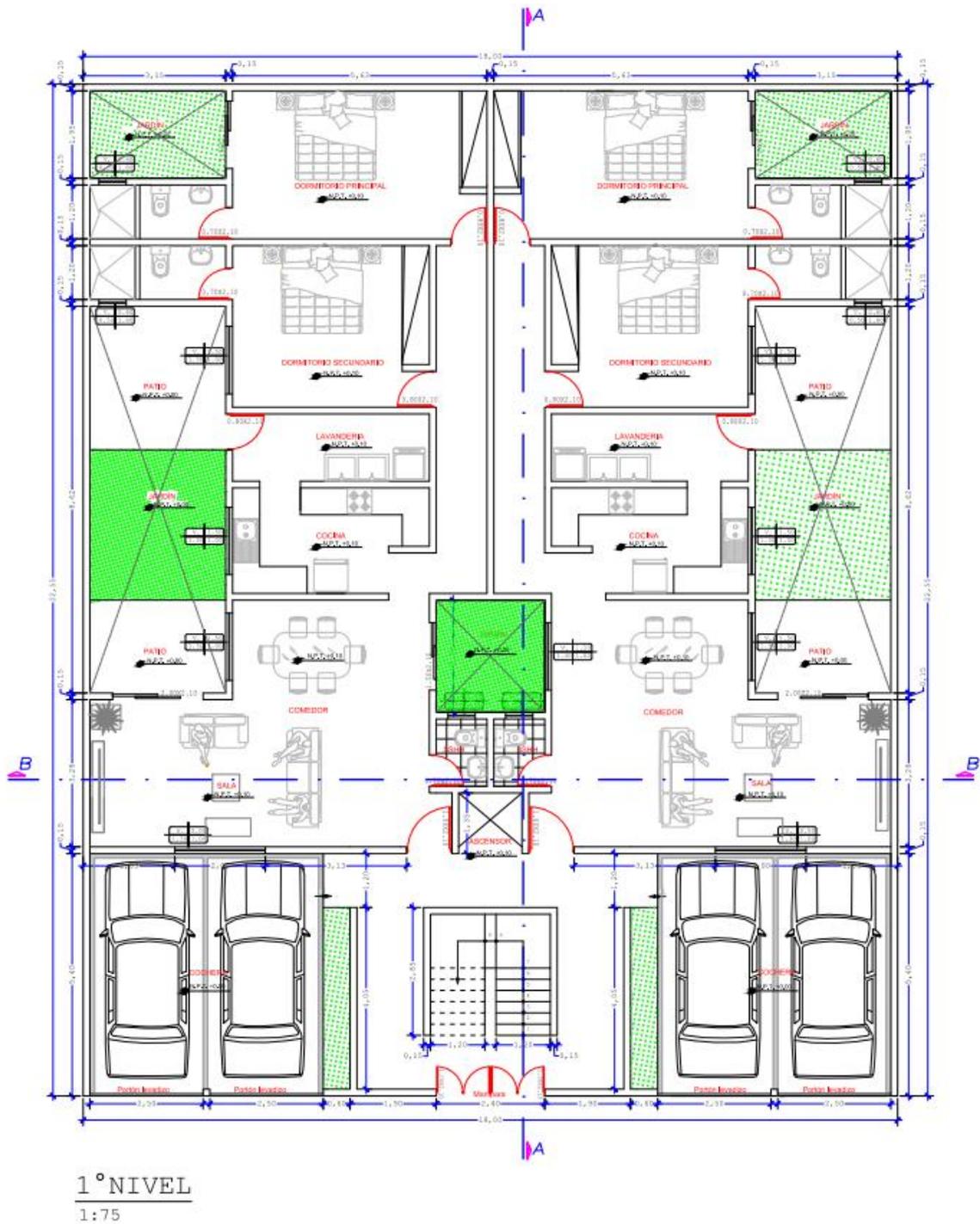
*Plano en planta – piso 1*



*Nota.* Plano en planta de arquitectura del primer nivel con el sistema de muros estructurales.

**Figura 3**

*Plano en planta – piso 2-6*



*Nota.* Plano en planta de arquitectura del primer nivel con el sistema de muros de ductilidad limitada

## 2.4.2 Sistema de muros estructurales

### 2.4.2.1 Estructuración del sistema de muros estructurales

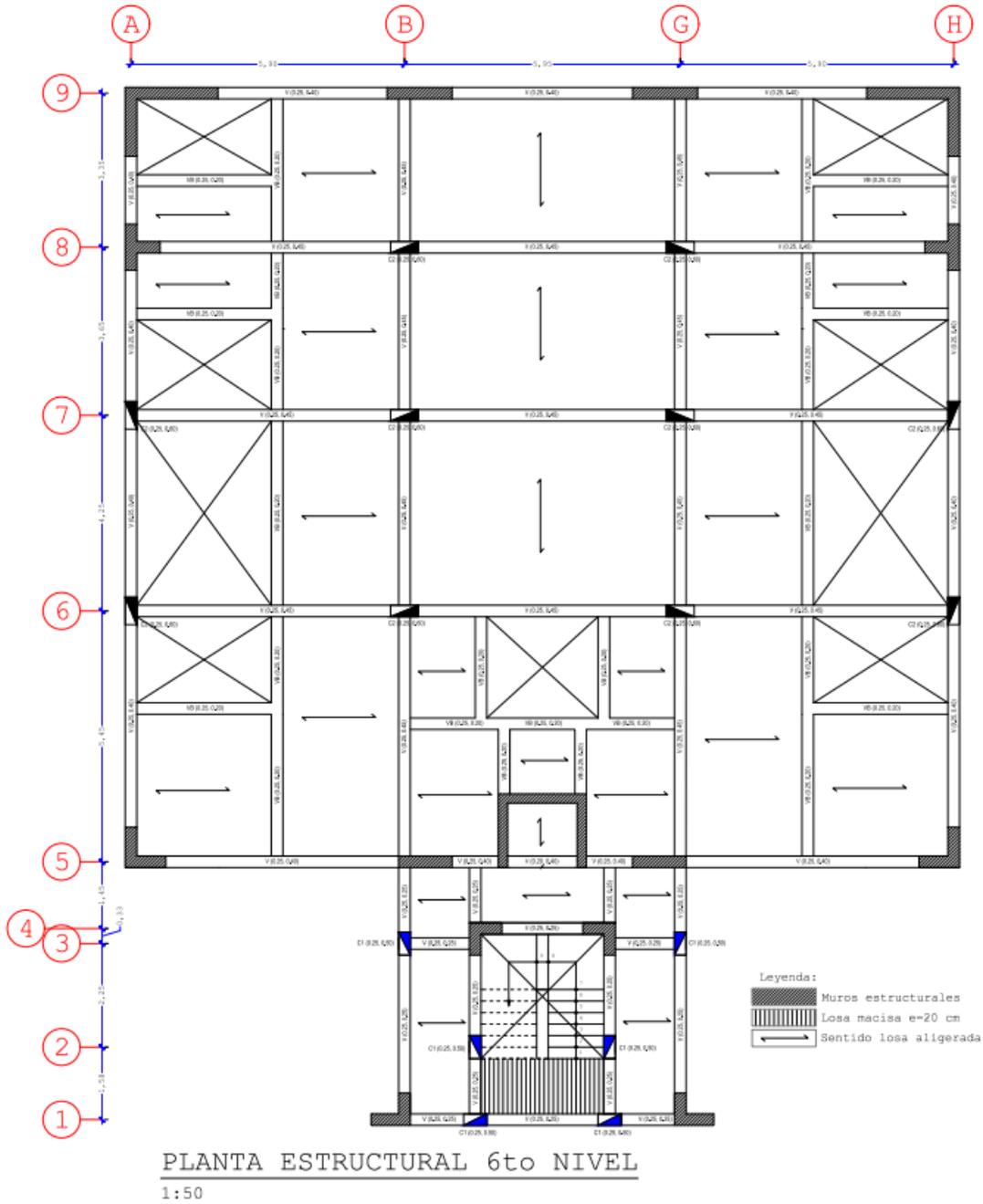
Sistema en el que el ancho de los muros genera de estos una estructura esbelta proporcionando en una dirección una gran resistencia y rigidez ante movimientos laterales o sísmicos, el espesor mínimo debe ser  $1/25$  veces su altura entre los elementos de arriostre o losas, pero no menor a 15 cm (Blanco, 2015). Como parte del proceso se define la ubicación de los elementos estructurales columnas, vigas, tipos y espesor de losa. El sistema de muros estructurales distribuye los muros según donde sea conveniente.

- i. Muros estructurales: estructuras de concreto armado de 25 cm de espesor en ambos sentidos ubicados en puntos estratégicos con la finalidad de generar rigidez lateral y la distribución uniforme de las fuerzas disminuyendo de forma considerable las deformaciones, en otros estudios hacen mención que el espesor es el indicado ya que por fines constructivos permite colocar dos hileras de refuerzo.
- ii. Losas: para su cálculo en la Norma E.060 (año) se toma la luz libre o el lado de menor longitud que tiende a ser el lado paralelo al sentido del techado además de considerar la sobre carga que actúa sobre la losa, para este caso son  $200 \text{ kg/m}^2$  a lo que le corresponde lo siguiente ( $L/28$ ), de ello se proyectan dos tipos de losas: aligeradas de 20 cm de espesor en dirección de “x” y “y” por lo que es de tipo ribbed y losas macizas en las que se identifica la luz libre y se utiliza la expresión ( $L/25 - 5$ ) (C.Garcia, video, 01 de abril, 2015), además esta expresión matemática también fue tomada del curso Concreto dictado en la UPN, de ello se tienen losas de 20 cm en las zonas de los servicios higiénicos lo que genera facilidad para realizar las instalaciones como las de desagüe donde se usan tuberías de 4”, en los descansos también se usó estas losas.

- iii. Vigas: como Villareal (2020) menciona, las vigas principales soportaran de manera directa el aligerado, para su peralte (h) consideramos la luz libre en la expresión  $(L/10$  ó  $L/12)$  y para el ancho (b) consideramos la mitad del peralte, tener en cuenta que en este proyecto el ancho de los muros es de 25 cm por lo que coincide con el ancho de las vigas.
- iv. Columnas: sus dimensiones dependen del área tributaria y algunos autores como Villareal (2020) toman criterios establecidos por la Norma A.C.I 318 en base a la ubicación de estos elementos se debe considerar como dato el peso de servicio  $(P*A*N)$  entre los factores  $0.45f'c$  (columnas centrales) o  $0.35f'c$  (columnas excéntricas y esquinadas), además se tiene en cuenta la carga de servicio de uso práctico dato que depende de la categoría de edificación en este caso categoría “C” con un peso de servicio de  $1000 \text{ kg/m}^2$ , de ello se tiene las siguiente:

**Figura 4**

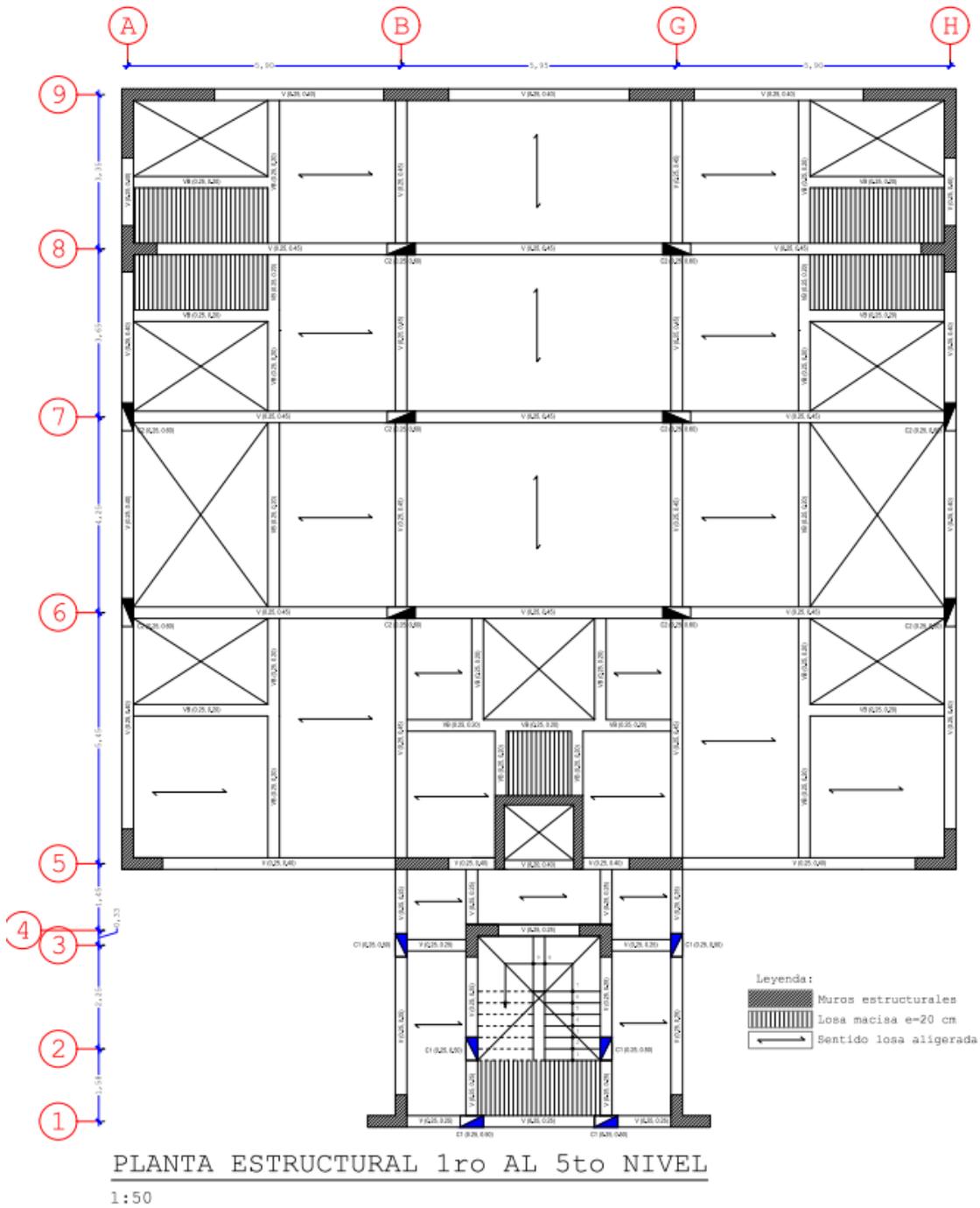
*Plano estructural – piso 1-5*



*Nota.* Plano de la configuración estructural del primer al quinto nivel.

**Figura 5**

*Plano estructural – piso 6*



*Nota.* Plano de la configuración estructural del sexto nivel

#### 2.4.2.1.1 Configuración estructural

La configuración es propia para cada sistema siendo este un limitante por tanto la arquitectura responde a esta configuración. De ello en la presente investigación se proyecta un multifamiliar con un sistema de muros estructurales en donde se toma en consideración elementos verticales principales (muros estructurales) que se mantienen proyectados sin modificación en las 6 plantas logrando continuidad vertical, su estructuración pasa por el análisis de irregularidades con la finalidad de asegurar la mayor regularidad posible.

##### a. Irregularidades estructurales en altura

###### a.1 Irregularidad de rigidez (piso blando)

En la estructura no se presenta este tipo de irregularidad de irregularidad porque la variación de la rigidez lateral en "x" y "y" entre un piso inferior respecto a uno superior es mayor al 70% y mayor al 80% del promedio de la rigidez lateral puesto que; todos los elementos se repiten en cada planta.

###### a.2 Irregularidad de rigidez (piso débil)

En ambas direcciones de análisis la resistencia de entrepiso respecto a las fuerzas cortantes es mayor al 80% por tanto no presenta irregularidad.

###### a.3 Irregularidad de masa o pesos

La masa al ser afectado por la gravedad obtenemos el peso de cada nivel este al ser comparado con un piso superior obtenemos que es 1.5 veces menos que el peso del piso adyacente ya que, la distribución de cargas que se tiene del primero al sexto nivel es similar por lo que no existe irregularidad.

###### a.4 Irregularidad en geometría vertical

No aplica esta irregularidad ya que las dimensiones en planta en ambos ejes (18 m x 22.55 m) se mantienen en todos los niveles generando resistencia a cargas laterales menores a 1,3 las dimensiones del piso adyacente.

#### a.5 Discontinuidad de los sistemas estructurales

No presenta esta irregularidad porque los elementos verticales resistentes no tienen desalineamiento vertical además de no tener un cambio de orientación en ambos ejes.

#### b. Irregularidades estructurales en altura

##### b.1 Irregularidad torsional

En el presente modelamiento debido a la asimetría de la estructura se verifica el cálculo de excentricidad por nivel la cual relaciona al centro de masa con el centro de rigidez teniendo valores mayores a cero, cabe la probabilidad de que pueda presentar irregularidad por torsión.

**Tabla 11**

*Centro de masa y centro de rigidez*

NIVEL	MASA (Tn-s <sup>2</sup> /m)	PESO (Tn)	CENTRO DE MASA		CENTRO DE RIGIDEZ		EXCENTRICIDAD	
			Xcm (m)	Ycm (m)	Xcr (m)	Ycr (m)	ex (m)	ey (m)
6	21.599	211.886	8.886	12.064	8.997	11.315	0.111	0.748
5	23.699	232.487	8.880	12.484	9.009	11.722	0.129	0.762
4	23.484	230.375	8.880	12.509	9.014	12.277	0.134	0.231
3	23.484	230.375	8.880	12.509	9.012	12.970	0.132	0.461
2	23.484	230.375	8.880	12.509	8.992	13.851	0.111	1.343
1	23.601	231.528	8.880	12.503	8.934	14.664	0.054	2.161

*Nota.* En la tabla se contempla los valores de centro de masa y rigidez resultado de la relación de ambos se tiene por nivel la excentricidad para los muros estructurales,

De los resultados obtenidos de la excentricidad se realiza la verificación de la irregularidad y la estructura si presenta torsión, pero sus valores son permisibles pues están dentro de lo establecido por norma ya que la relación entre la máxima

deriva y el promedio de la de deriva es menor a 1.3.

**Tabla 12**

*Irregularidad torsional*

NIVEL	VARIACIÓN DERIVA (X) > 1.3	VARIACIÓN DERIVA (Y) > 1.3	VERIFICACIÓN X	VERIFICACIÓN Y
6	1.283	1.027	Regular	Regular
5	1.221	1.026	Regular	Regular
4	1.168	1.025	Regular	Regular
3	1.116	1.024	Regular	Regular
2	1.054	1.022	Regular	Regular
1	1.044	1.020	Regular	Regular

*Nota.* Se muestra la variación de las derivas en “X” y “Y”, estas al ser verificadas dan como resultado una estructura regular.

b.2 Esquinas entrantes

Por el modelo de la arquitectura se toma en cuenta la relación de las dimensiones totales en ambas direcciones entre las dimensiones de las esquinas de la estructura y estas son mayores al 20%, lo que a la estructura le corresponde un factor de irregularidad  $I_p$  (0.90).

**Tabla 13**

*Irregularidad por esquinas entrantes*

NIVEL	LONG. TOTAL (X)m	LONG. REDUCIDA (X)m	LONG. TOTAL (Y)m	LONG. REDUCIDA (Y)m	VARIACIÓN (X) > 20%	VARIACIÓN (Y) > 20%	VERIFICACIÓN	$I_{px/I_{py}}$
6	18.000	11.800	22.550	5.600	65.56%	24.83%	Irregular	0.9
5	18.000	11.800	22.550	5.600	65.56%	24.83%	Irregular	
4	18.000	11.800	22.550	5.600	65.56%	24.83%	Irregular	
3	18.000	11.800	22.550	5.600	65.56%	24.83%	Irregular	
2	18.000	11.800	22.550	5.600	65.56%	24.83%	Irregular	
1	18.000	11.800	22.550	5.600	65.56%	24.83%	Irregular	

*Nota.* La variación respecto a la longitud total entre la longitud de las esquinas de cada dirección es mayor al 20% como se muestra en la tabla.

### b.3 Discontinuidad de diafragma

La estructura presenta vacíos que son parte de las áreas libres como jardines y la escalera y representan el 21.23% del área bruta por lo que es menor al 50% y no presenta irregularidad. Como segunda instancia se comprobó con la sección transversal bruta más crítica respecto a la sección transversal neta presentando una variación de 43.53% en “X” y 26.22% en “Y”, porcentajes mayores al 25% que estipula la Norma E.030, a partir de ello se descarta este tipo de irregularidad.

### b.4 Sistemas no paralelos

Los elementos estructurales como los muros de concreto son paralelos y los ejes de estos no forman ángulos menores a 30° bajo esa premisa no se tiene presente este tipo de irregularidad.

#### 2.4.2.1.2 Masas y peso de la edificación

Para la estimación del Peso (P) se tuvo en cuenta la categoría de la edificación (C) y con ello en el cálculo se adiciona a la carga permanente y total de toda la estructura el 25 % de la carga viva como lo contempla la Norma E.030 Diseño Sismorresistente.

**Tabla 14**

*Peso por nivel de la edificación*

NIVEL	MASA (Tn-s <sup>2</sup> /m)	Peso (Tn)
6	21.599	211.886
5	23.699	232.487
4	23.484	230.375
3	23.484	230.375
2	23.484	230.375
1	23.601	231.528

*Nota.* La tabla muestra el peso por piso de la edificación lo que da como resultado un peso total de los 6 niveles de 1367.025 toneladas.

## 2.4.2.2 Análisis sísmico del sistema de muros estructurales

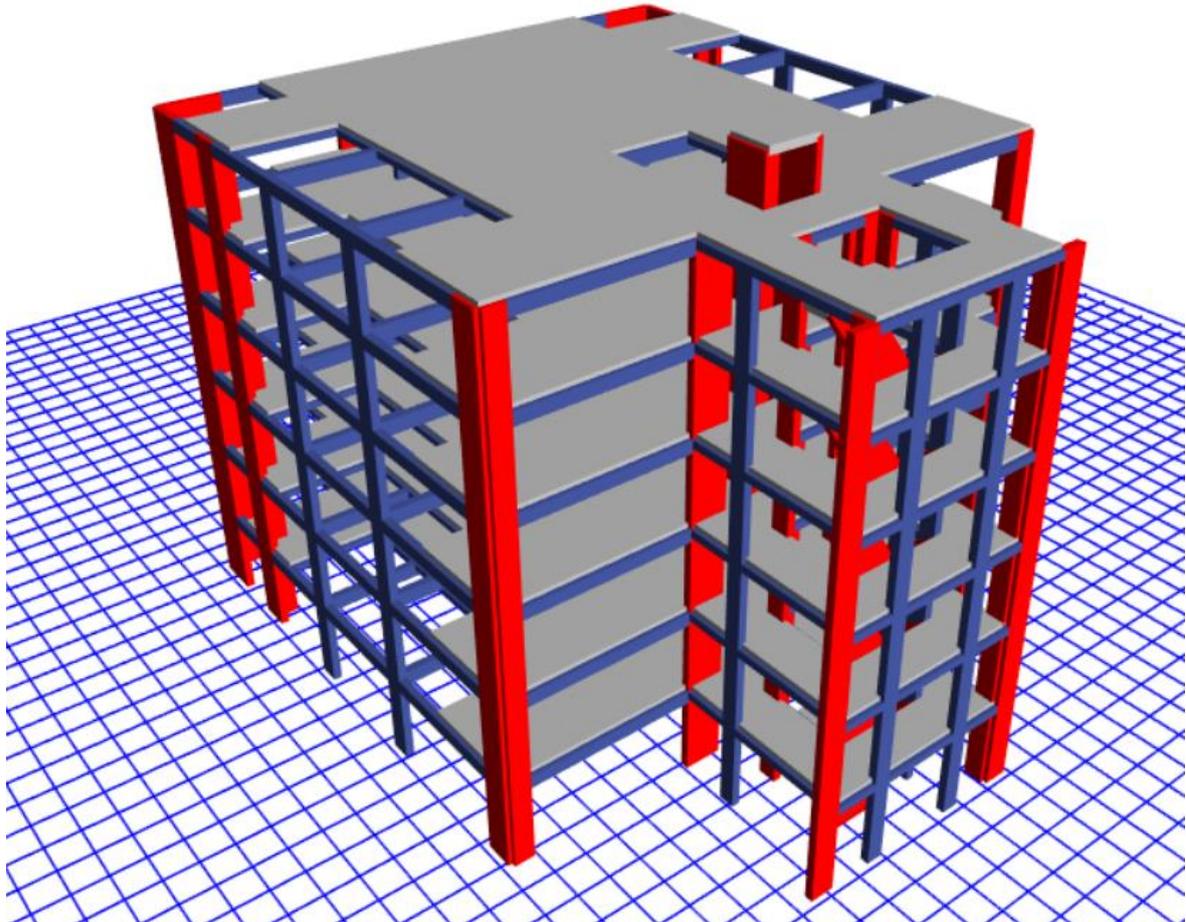
### 2.4.2.2.1 Modelamiento estructural del sistema de muros estructurales

El modelamiento tubo como base el uso del software ETABS 20.0.1 porque es una herramienta computacional que nos permite determinar con más precisión los resultados para el análisis del comportamiento sísmico con una vista en tres dimensiones. Hoy en día es común valerse de estos programas, ya que emplean el método de elementos finitos en donde se trabaja con fórmulas o expresiones que contempla la norma y parámetros geométricos lo que genera prototipos analizados en el aspecto sísmicos muy cercanos a la realidad. Como parte del proceso la primera etapa consiste en la discretización de los elementos estructurales y la consideración de los parámetros para las características de los materiales empleados; el elemento estructural en el que se centra la investigación son los muros estructurales de 25 cm de espesor modelados como elementos Shell-Thin, losas macizas de 20 cm modelados como elementos Slab al igual que las losas aligeradas en dos direcciones de 20 cm y de tipo ribbed y para poder mejorar el comportamiento de la estructura y hacer un proyecto sustentable se tienen vigas con la finalidad de repartir cargas y columnas que soportan estas. La base no fue diseñada o modelada, pero se la consideró como una plataforma rígida y sus apoyos se los consideró como empotramientos, las escaleras fueron diseñadas como losas inclinadas de tipo Slab al igual que las losas de descanso de un espesor de 20 cm; para el ascensor se tomó en cuenta un sistema de placas de 20 cm de espesor de tipo Shell-Thin, posterior a ello se ingresan las cargas de peso propio, la carga viva y carga muerta, por lo mencionado anteriormente se refleja a continuación el modelamiento y el análisis estático y dinámico dando como resultado valores que nos permiten describir el comportamiento sísmico de la edificación de muros estructurales.

*Modelamiento estructural – vista frontal*

**Figura 6**

*Modelamiento estructural - vista frontal*



*Nota.* Modelamiento del sistema de muros estructurales

**a. Parámetros de los materiales considerados**

- Resistencia a la compresión del concreto: 210 kg/cm<sup>2</sup>
- Peso del concreto por unidad de volumen: 2400 kg/m<sup>3</sup>
- Módulo de elasticidad del concreto: 2173706.51 Tn/m<sup>2</sup>
- Módulo de Poisson: 0.20
- Módulo de corte: 905711.05 Tn/m<sup>2</sup>
- Propiedad mecánica direccional: Isotrópico

- Esfuerzo de fluencia del acero:  $4200 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia a la tracción del acero:  $6300 \text{ kg/cm}^2$
- Peso por unidad de volumen del acero:  $7849.05 \text{ kg/m}^3$
- Módulo de elasticidad del acero:  $2038901.92 \text{ kg/cm}^2$

b. Análisis sísmico

b.1 Resultados modales de la estructura:

Se obtienen con ellos los periodos y frecuencias en base a 18 modos de los que corresponden 3 modos por nivel, con ellos se puede verificar el artículo 29.1.2 de la Norma de Diseño Sismorresistente donde se cumple que el porcentaje de participación de la masa modal es superior al 90% lo que significa que participa toda la masa en sus diferentes formas de vibración y en los ejes que correspondan es decir actuaron, se desplazaron y regresaron.

**Tabla 15**

*Periodos de vibración*

MODOS	PERIODO "T" (seg)	MASA PARTICIPATIVA					
		Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz
1	0.462	0.002	0.770	0.000	0.269	0.001	0.000
2	0.421	7.453	0.002	0.000	0.001	0.286	0.008
3	0.342	0.013	0.000	0.000	0.000	0.002	0.737

*Nota.* La siguiente tabla muestra los periodos de los 3 modos más significativos.

**Tabla 16**

*Ratios de participación de carga modal*

CASO MODAL	MASA PARTICIPATIVA	ESTÁTICO (%)	DINÁMICO (%)
Modal	Ux	100	100
Modal	Uy	100	100

*Nota.* La siguiente tabla muestra el porcentaje de participación de la masa modal siendo

superior al 90%.

## b.2 Análisis estático

Con el procedimiento que estipula la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente se trabaja para realizar el análisis en donde se definen primero los parámetros sísmicos como zonificación, parámetros de sitio, factor de ampliación sísmica, uso, factor de reducción sísmica, alguno de estos datos nos servirá para el cálculo de la cortante basal.

### b.2.1 Parámetros sísmicos generales – Dirección X-X

Estos valores son asignados según la ubicación del proyecto, para esta investigación la proyección de la estructura es en la ciudad de Cajamarca ubicada en la zona sísmica 3, donde se realizó un estudio de suelos para poder obtener los parámetros de sitio teniendo como resultado un suelo ( $S_3$ ), ver Anexo N° 1. De este estudio se tiene una capacidad admisible de carga o de diseño equivalente a  $2.50 \text{ kg/cm}^2$  con característica de un suelo limoso inorgánico de baja plasticidad con 24.99% de grava y 7.56% de arena gruesa a fina, finalmente se recomienda tener en cuenta una losa de cimentación. La estructura tiene características de vivienda y le corresponde la categoría “C” y no acepta irregularidades extremas, sin embargo, del cálculo de irregularidades la edificación presenta irregularidad en planta y no es considerada extrema porque sus valores están dentro de lo permisible y la Norma de Diseño Sismorresistente nos brinda un factor de irregularidad de 0.90. Con los datos obtenidos se procede con cálculo del coeficiente de reducción ( $R$ ) y el factor de ampliación ( $C$ ).

**Tabla 17**
*Parámetros sísmicos en dirección X-X*

PARÁMETROS SÍSMICOS - DIRECCIÓN X-X		
Zonificación	Zona	3
	Z	0.35
Parámetros de sitio	Suelo	S <sub>3</sub>
	S	1.2
	T <sub>p</sub> (seg)	1
	T <sub>L</sub> (seg)	1.6
Factor de ampliación sísmica	Tx (seg)	0.421
	C	2.5
Uso	Categoría	C
	U	1
Muros Estructurales		
Factor de reducción sísmica	R <sub>0</sub>	6
	I <sub>a</sub>	1
	I <sub>p</sub>	0.9
	R	5.4
ZUCS/R		0.19

*Nota.* La tabla recoge los valores numéricos y en dirección x tenemos el resultado modal (Tx).

El mismo análisis se realiza en dirección (Y), de los parámetros generales en (X) el que difiere es Ty con un valor de 0.462 seg.

**Tabla 18**
*Parámetros sísmicos en dirección Y-Y*

PARÁMETROS SÍSMICOS - DIRECCIÓN Y-Y		
Zonificación	Zona	3
	Z	0.35
Parámetros de sitio	Suelo	S <sub>3</sub>
	S	1.2
	T <sub>p</sub> (seg)	1
	T <sub>L</sub> (seg)	1.6
Factor de ampliación sísmica	T <sub>y</sub> (seg)	0.46
	C	2.5
Uso	Categoría	C
	U	1
Muros Estructurales		
Factor de reducción sísmica	R <sub>0</sub>	6
	I <sub>a</sub>	1
	I <sub>p</sub>	0.9
	R	5.4
ZUCS/R		0.19

*Nota.* La tabla recoge los valores numéricos y en dirección x tenemos el resultado modal (Tx).

En ambas direcciones, los datos obtenidos en los parámetros sísmicos son verificados con el enunciado  $C/R \geq 0.11$ , cumpliendo con lo establecido en el artículo 28.2.2 de la Norma E.030.

$$\frac{2.5}{5.4} \geq 0.11$$

$$0.46 \geq 0.11$$

Para los desplazamientos laterales se toma en cuenta que la estructura presenta irregularidad en planta y se debe multiplicar el coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas (R) por un factor de 0.85 establecido en el artículo 31 de la Norma E.030 Diseño Sismorresistente.

$$0.85 * R$$

$$0.85 * 5.4 = 4.59$$

El factor (K) para este análisis es 1, con ello se distribuye las fuerzas sísmicas en los niveles de la estructura siempre que (T) sea menos a 0.5 segundos como lo mencionado en el artículo 28.3.2. de la Norma E.030.

#### b.2.2 Fuerza sísmica y cortante basal – dirección X-X

Para su cálculo se tiene como dato el peso sísmico total (P) de 1367.025 Tn y como dato previo se calculó el coeficiente sísmico de 0.19 resultando con ello una cortante basal (x) de 265.810 Tn.

**Tabla 19**

*Fuerza sísmica y cortante basal en X*

PISO	PESO SÍSMICO (Tn)	ALTURA "H"		H <sup>k</sup>	PxH <sup>k</sup>	ax	Fx (Tn)	Vx (Tn)
		H (m)	H ACUMULADO (m)					
6	211.886	2.670	16.120	16.120	22036.447	0.284	75.611	75.611
5	232.487	2.670	13.450	13.450	18386.490	0.237	63.087	138.698
4	230.375	2.670	10.780	10.780	14736.532	0.190	50.564	189.262
3	230.375	2.670	8.110	8.110	11086.575	0.143	38.040	227.301
2	230.375	2.670	5.440	5.440	7436.617	0.096	25.516	252.818
1	231.528	2.770	2.770	2.770	3786.660	0.049	12.993	265.810
Total	1367.025	16.120	-	-	77469.322	-	265.810	

*Nota.* Se muestra los valores de la fuerza sísmica y la cortante basal de 265.810 Tn en dirección (X).

#### b.2.3 Fuerza sísmica y cortante basal – dirección Y-Y

Para su cálculo se tiene como dato el peso sísmico total (P) de 1367.025 Tn y como dato previo se calculó el coeficiente sísmico de 0.19 resultando con ello una cortante basal (y) de 265.811 Tn.

**Tabla 20**

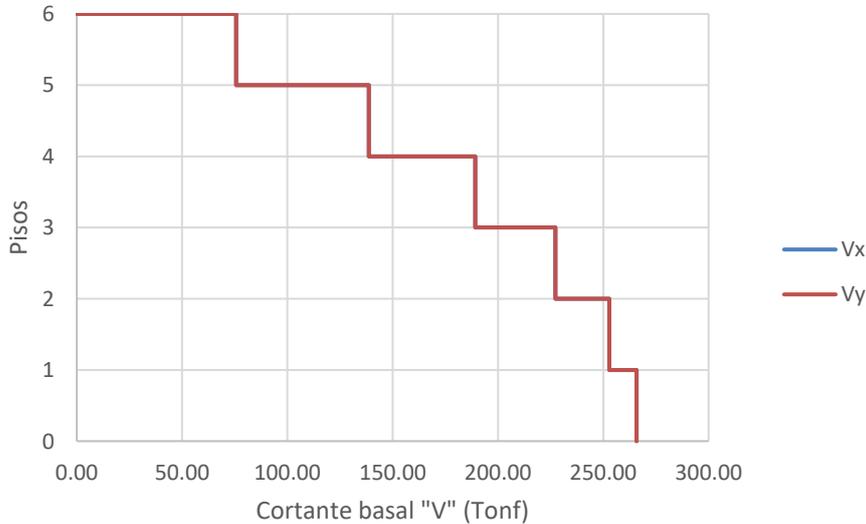
*Fuerza sísmica y cortante basal en Y*

PISO	PESO SÍSMICO (Tn)	ALTURA "H"		H <sup>k</sup>	PxH <sup>k</sup>	ax	Fy (Tn)	Vy (Tn)
		H (m)	H ACUMULADO (m)					
6	211.886	2.670	16.120	16.120	22036.447	0.284	75.611	75.611
5	232.487	2.670	13.450	13.450	18386.490	0.237	63.087	138.698
4	230.375	2.670	10.780	10.780	14736.532	0.190	50.564	189.262
3	230.375	2.670	8.110	8.110	11086.575	0.143	38.040	227.301
2	230.375	2.670	5.440	5.440	7436.617	0.096	25.516	252.818
1	231.528	2.770	2.770	2.770	3786.660	0.049	12.993	265.810
Total	1367.025	16.120	-	-	77469.322	-	265.810	

*Nota.* Se muestra los valores de la fuerza sísmica y la cortante basal de 265.810 Tn en dirección (Y).

Figura 1

***Cortante basal estática "V"***



*Nota.* En el gráfico se tiene la cortante basal en ambas direcciones y estas coinciden con un valor de 265.810 Ton.

#### b.2.4 Desplazamientos

En el programa ETABS 20.0.1 cuando ingresamos los datos como sismo estático en ambas direcciones y el factor de cortante basal nos proporciona los desplazamientos por niveles y desplazamientos en el centro de masa

**Tabla 21**

*Desplazamiento por Niveles y en el centro de masa*

NIVEL	DIRECCIÓN X-X			DIRECCIÓN Y-Y		
	$\Delta$ MAX (m)	$\Delta$ PROM (m)	$\Delta$ CM (m)	$\Delta$ MAX (m)	$\Delta$ PROM (m)	$\Delta$ CM (m)
6	0.017	0.015	0.015	0.018	0.018	0.018
5	0.014	0.012	0.013	0.016	0.015	0.015
4	0.011	0.010	0.010	0.013	0.012	0.012
3	0.007	0.007	0.007	0.009	0.009	0.009
2	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005	0.005
1	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002

*Nota.* La tabla recoge los desplazamientos máximos por nivel y los desplazamientos en el centro de masa en ambas direcciones.

Con el análisis anterior que nos muestra los desplazamientos máximos o absolutos obtenemos los desplazamientos relativos y estos al dividirse con la altura tenemos como resultado las derivas que representan la distorsión de entrepiso, es importante recordar que para estructuras de concreto armado la deriva máxima es de 0.007 y en la siguiente tabla se aprecia que cumple con lo establecido por la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente ya que las derivas obtenidas son menores a los establecido.

**Tabla 22**
*Análisis de derivas en dirección X-X*

NIVEL	$\Delta$ ABSOLUTO (m)	$\Delta$ RELATIVO (m)	ALTURA "H" (m)	DISTORSIÓN DE ENTREPISO
6	0.017	0.003	2.670	0.0011
5	0.014	0.003	2.670	0.0012
4	0.011	0.003	2.670	0.0013
3	0.007	0.003	2.670	0.0012
2	0.004	0.003	2.670	0.0010
1	0.001	0.001	2.770	0.0005

*Nota.* Se presentan en la tabla las derivas obtenidas en dirección X-X y estas son menores a la deriva máxima permisible 0.007.

**Tabla 23**
*Análisis de derivas en dirección X-X*

NIVEL	$\Delta$ ABSOLUTO (m)	$\Delta$ RELATIVO (m)	ALTURA "H" (m)	DISTORSIÓN DE ENTREPISO
6	0.018	0.002	2.670	0.0009
5	0.016	0.003	2.670	0.0011
4	0.013	0.004	2.670	0.0013
3	0.009	0.004	2.670	0.0014
2	0.005	0.003	2.670	0.0013
1	0.002	0.002	2.770	0.0007

*Nota.* Se presentan en la tabla las derivas obtenidas en dirección Y-Y y estas son menores a la deriva máxima permisible 0.007.

#### b.2.5 Verificación del Sistema Estructural

El proceso de verificación del tipo de sistema estructural nos permite corroborar para esta investigación que fue correcto proyectar la estructura bajo el sistema de muros estructurales. La Norma E.030 de Diseño Sismorresistente menciona que para este tipo de sistema la cortante de los muros es mayor al 70% ( $V_{\text{mayor}} > 70\%$ ).

**Tabla 24**

*Verificación del sistema estructural en ambas direcciones*

ELEMENTO ESTRUCTURAL	DIRECCIÓN X-X		DIRECCIÓN Y-Y	
	Vx TOTAL (Tn)	Vx (%)	Vy TOTAL (Tn)	Vy (%)
Columnas	29.973	11%	39.446	15%
Placas	233.527	89%	226.205	85%
Total	263.501	100%	265.655	100%

*Nota.* Las cortantes de las placas ( $V_x / V_y$ ) en ambas direcciones son mayores al 70%, lo cual cumple con lo establecido.

### b.3 Análisis dinámico

#### b.3.1 Espectro de respuesta

Se lo trabaja en base a los parámetros establecidos mencionados con anterioridad con ello se obtiene un factor de ampliación sísmica (C) respecto al periodo (T), con ello se calcula el periodo de aceleración para este cálculo consideramos el valor de la gravedad ( $9.81 \text{ m/s}^2$ ), tener en cuenta que un espectro nos grafica la pseudo - aceleración vs periodo fundamental que permite estudiar el comportamiento dinámico.

**Tabla 25**
*Espectro de Pseudo – aceleración - dirección horizontal*

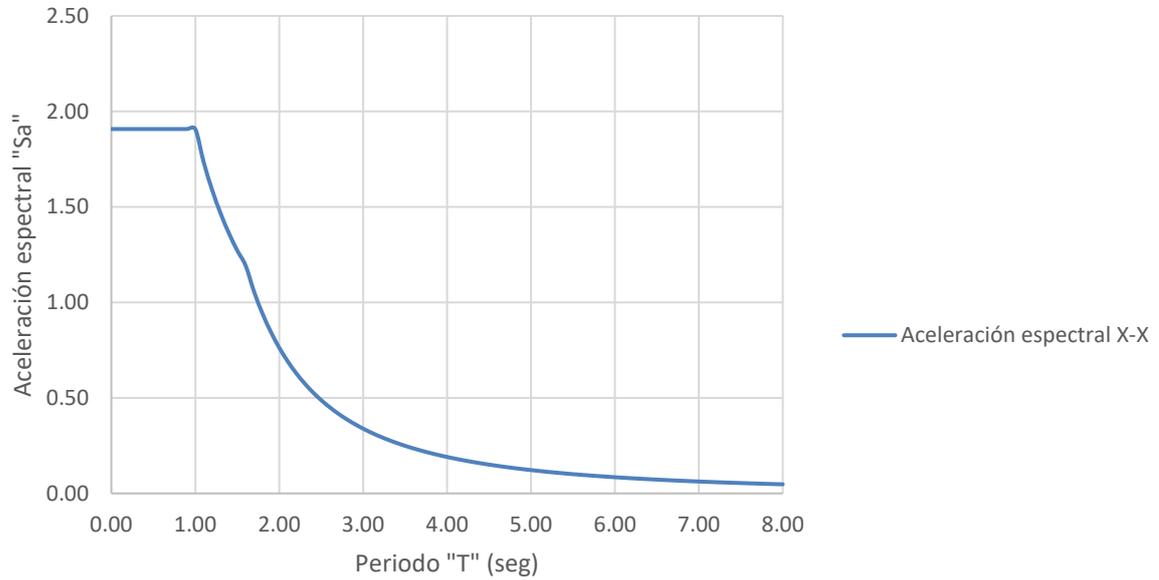
PERIODO	DIRECCIÓN X-X		DIRECCIÓN Y-Y	
	FACTOR "C"	PSEUDO - ACELERACIÓN	FACTOR "C"	PSEUDO - ACELERACIÓN
0.00	2.500	1.908	2.500	1.908
0.10	2.500	1.908	2.500	1.908
0.20	2.500	1.908	2.500	1.908
0.30	2.500	1.908	2.500	1.908
0.40	2.500	1.908	2.500	1.908
0.50	2.500	1.908	2.500	1.908
0.60	2.500	1.908	2.500	1.908
0.70	2.500	1.908	2.500	1.908
0.80	2.500	1.908	2.500	1.908
0.90	2.500	1.908	2.500	1.908
1.00	2.500	1.908	2.500	1.908
1.10	2.273	1.734	2.273	1.734
1.20	2.083	1.590	2.083	1.590
1.30	1.923	1.467	1.923	1.467
1.40	1.786	1.363	1.786	1.363
1.50	1.667	1.272	1.667	1.272
1.60	1.563	1.192	1.563	1.192
1.70	1.384	1.056	1.384	1.056
1.80	1.235	0.942	1.235	0.942
1.90	1.108	0.845	1.108	0.845
2.00	1.000	0.763	1.000	0.763
2.10	0.907	0.692	0.907	0.692
2.20	0.826	0.631	0.826	0.631
2.30	0.756	0.577	0.756	0.577
2.40	0.694	0.530	0.694	0.530
2.50	0.640	0.488	0.640	0.488
2.60	0.592	0.451	0.592	0.451
2.70	0.549	0.419	0.549	0.419
2.80	0.510	0.389	0.510	0.389
2.90	0.476	0.363	0.476	0.363
3.00	0.444	0.339	0.444	0.339
3.10	0.416	0.318	0.416	0.318
3.20	0.391	0.298	0.391	0.298
3.30	0.367	0.280	0.367	0.280
3.40	0.346	0.264	0.346	0.264
3.50	0.327	0.249	0.327	0.249
3.60	0.309	0.235	0.309	0.235
3.70	0.292	0.223	0.292	0.223
3.80	0.277	0.211	0.277	0.211

3.90	0.263	0.201	0.263	0.201
4.00	0.250	0.191	0.250	0.191
4.10	0.238	0.182	0.238	0.182
4.20	0.227	0.173	0.227	0.173
4.30	0.216	0.165	0.216	0.165
4.40	0.207	0.158	0.207	0.158
4.50	0.198	0.151	0.198	0.151
4.60	0.189	0.144	0.189	0.144
4.70	0.181	0.138	0.181	0.138
4.80	0.174	0.132	0.174	0.132
4.90	0.167	0.127	0.167	0.127
5.00	0.160	0.122	0.160	0.122
5.10	0.154	0.117	0.154	0.117
5.20	0.148	0.113	0.148	0.113
5.30	0.142	0.109	0.142	0.109
5.40	0.137	0.105	0.137	0.105
5.50	0.132	0.101	0.132	0.101
5.60	0.128	0.097	0.128	0.097
5.70	0.123	0.094	0.123	0.094
5.80	0.119	0.091	0.119	0.091
5.90	0.115	0.088	0.115	0.088
6.00	0.111	0.085	0.111	0.085
6.10	0.107	0.082	0.107	0.082
6.20	0.104	0.079	0.104	0.079
6.30	0.101	0.077	0.101	0.077
6.40	0.098	0.075	0.098	0.075
6.50	0.095	0.072	0.095	0.072
6.60	0.092	0.070	0.092	0.070
6.70	0.089	0.068	0.089	0.068
6.80	0.087	0.066	0.087	0.066
6.90	0.084	0.064	0.084	0.064
7.00	0.082	0.062	0.082	0.062
7.10	0.079	0.061	0.079	0.061
7.20	0.077	0.059	0.077	0.059
7.30	0.075	0.057	0.075	0.057
7.40	0.073	0.056	0.073	0.056
7.50	0.071	0.054	0.071	0.054
7.60	0.069	0.053	0.069	0.053
7.70	0.067	0.051	0.067	0.051
7.80	0.066	0.050	0.066	0.050
7.90	0.064	0.049	0.064	0.049
8.00	0.063	0.048	0.063	0.048

*Nota.* La tabla contiene el cálculo del espectro de Pseudo – Aceleración en dirección horizontal.

**Figura 8**

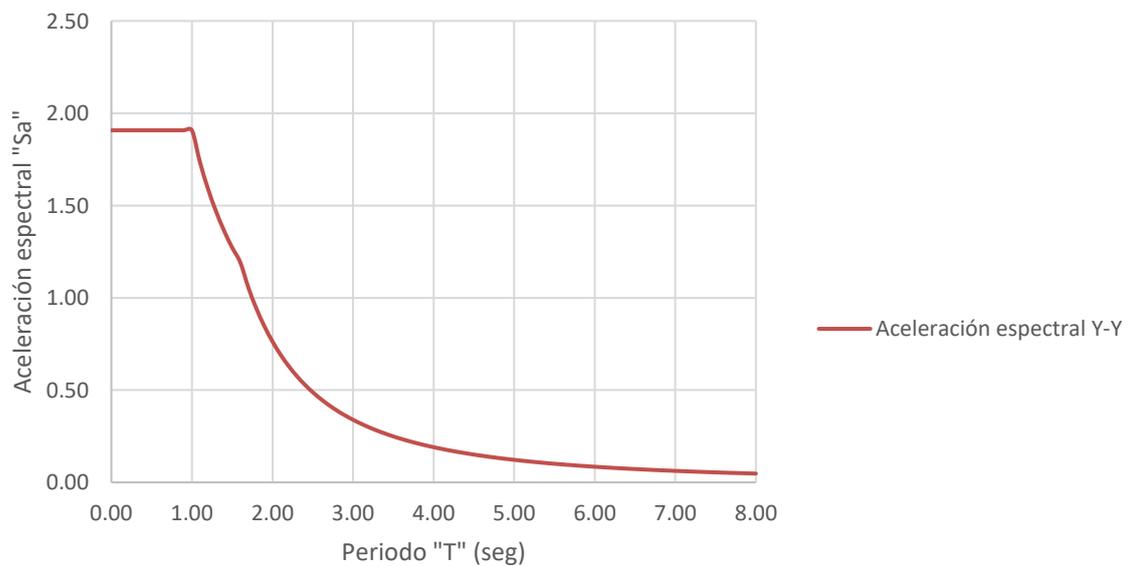
*Espectro de diseño en dirección horizontal / x-x*



*Nota.* El grafico representa el espectro de pseudo aceleración horizontal en dirección X-X.

**Figura 9**

*Espectro de diseño en dirección horizontal / y-y*



*Nota.* Gráfico de pseudo aceleración horizontal en dirección Y-Y.

La Norma E.030 de Diseño Sismorresistente considera el espectro vertical como resultado de  $2/3$  del espectro inelástico de pseudo-aceleración teniendo como resultado un espectro menor.

**Tabla 26**

*Espectro de Pseudo – aceleración - dirección vertical*

PERIODO	DIRECCIÓN X-X		DIRECCIÓN Y-Y	
	FACTOR "C"	PSEUDO - ACELERACIÓN	FACTOR "C"	PSEUDO - ACELERACIÓN
0.00	1.000	0.509	1.000	0.509
0.10	1.750	0.890	1.750	0.890
0.20	2.500	1.272	2.500	1.272
0.30	2.500	1.272	2.500	1.272
0.40	2.500	1.272	2.500	1.272
0.50	2.500	1.272	2.500	1.272
0.60	2.500	1.272	2.500	1.272
0.70	2.500	1.272	2.500	1.272
0.80	2.500	1.272	2.500	1.272
0.90	2.500	1.272	2.500	1.272
1.00	2.500	1.272	2.500	1.272
1.10	2.273	1.156	2.273	1.156
1.20	2.083	1.060	2.083	1.060
1.30	1.923	0.978	1.923	0.978
1.40	1.786	0.908	1.786	0.908
1.50	1.667	0.848	1.667	0.848
1.60	1.563	0.795	1.563	0.795
1.70	1.384	0.704	1.384	0.704
1.80	1.235	0.628	1.235	0.628
1.90	1.108	0.564	1.108	0.564
2.00	1.000	0.509	1.000	0.509
2.10	0.907	0.461	0.907	0.461
2.20	0.826	0.420	0.826	0.420
2.30	0.756	0.385	0.756	0.385
2.40	0.694	0.353	0.694	0.353
2.50	0.640	0.326	0.640	0.326
2.60	0.592	0.301	0.592	0.301
2.70	0.549	0.279	0.549	0.279
2.80	0.510	0.260	0.510	0.260
2.90	0.476	0.242	0.476	0.242
3.00	0.444	0.226	0.444	0.226
3.10	0.416	0.212	0.416	0.212
3.20	0.391	0.199	0.391	0.199

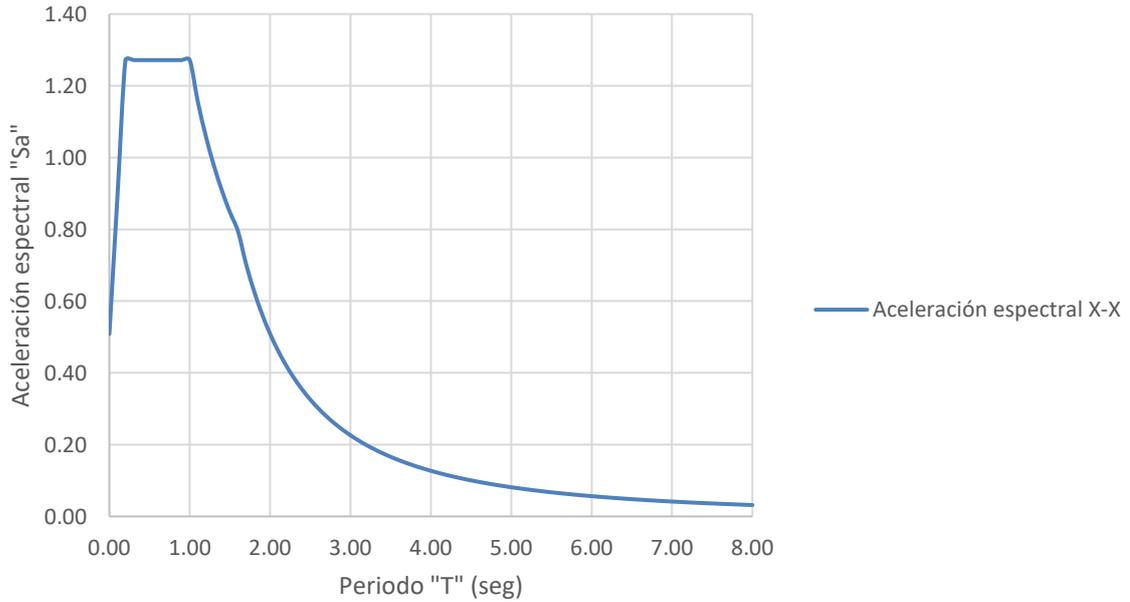
3.30	0.367	0.187	0.367	0.187
3.40	0.346	0.176	0.346	0.176
3.50	0.327	0.166	0.327	0.166
3.60	0.309	0.157	0.309	0.157
3.70	0.292	0.149	0.292	0.149
3.80	0.277	0.141	0.277	0.141
3.90	0.263	0.134	0.263	0.134
4.00	0.250	0.127	0.250	0.127
4.10	0.238	0.121	0.238	0.121
4.20	0.227	0.115	0.227	0.115
4.30	0.216	0.110	0.216	0.110
4.40	0.207	0.105	0.207	0.105
4.50	0.198	0.100	0.198	0.100
4.60	0.189	0.096	0.189	0.096
4.70	0.181	0.092	0.181	0.092
4.80	0.174	0.088	0.174	0.088
4.90	0.167	0.085	0.167	0.085
5.00	0.160	0.081	0.160	0.081
5.10	0.154	0.078	0.154	0.078
5.20	0.148	0.075	0.148	0.075
5.30	0.142	0.072	0.142	0.072
5.40	0.137	0.070	0.137	0.070
5.50	0.132	0.067	0.132	0.067
5.60	0.128	0.065	0.128	0.065
5.70	0.123	0.063	0.123	0.063
5.80	0.119	0.060	0.119	0.060
5.90	0.115	0.058	0.115	0.058
6.00	0.111	0.057	0.111	0.057
6.10	0.107	0.055	0.107	0.055
6.20	0.104	0.053	0.104	0.053
6.30	0.101	0.051	0.101	0.051
6.40	0.098	0.050	0.098	0.050
6.50	0.095	0.048	0.095	0.048
6.60	0.092	0.047	0.092	0.047
6.70	0.089	0.045	0.089	0.045
6.80	0.087	0.044	0.087	0.044
6.90	0.084	0.043	0.084	0.043
7.00	0.082	0.042	0.082	0.042
7.10	0.079	0.040	0.079	0.040
7.20	0.077	0.039	0.077	0.039
7.30	0.075	0.038	0.075	0.038
7.40	0.073	0.037	0.073	0.037
7.50	0.071	0.036	0.071	0.036
7.60	0.069	0.035	0.069	0.035
7.70	0.067	0.034	0.067	0.034
7.80	0.066	0.033	0.066	0.033
7.90	0.064	0.033	0.064	0.033

8.00      0.063      0.032      0.063      0.032

*Nota.* La tabla contiene el cálculo del espectro de Pseudo – Aceleración en dirección vertical.

**Figura 10**

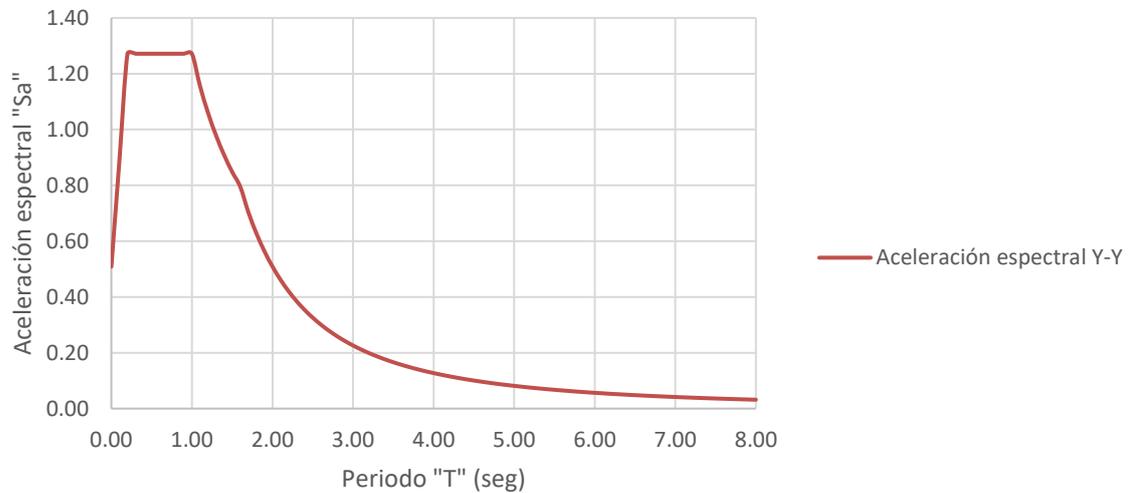
*Espectro de diseño en dirección horizontal / x-x*



*Nota.* El grafico representa el espectro de pseudo aceleración vertical en dirección X-X.

**Figura 11**

*Espectro de diseño en dirección horizontal / y-y*



*Nota.* Gráfico de pseudo aceleración vertical en dirección Y-Y.

### **b.3.2 Fuerza cortante**

En el software ETABS 20.0.0 ingresamos al detalle de las fuerzas del sismo dinámico en la base, en ambas direcciones y tomamos como dato las cortantes en (X) y (Y), es de importancia tomar en cuenta lo que menciona el artículo 29.4 de la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente, en donde se menciona realizar la verificación de la cortante dinámica del primer entrepiso porque esta no puede ser menor al 90%. Sin embargo, en nuestro cálculo no cumplía para ello se escaló los resultados (factor de escala), con la excepción de que no sea vea afectado los desplazamientos.

**Tabla 27**

*Verificación de cortante y factor de escala*

DIRECCIÓN DE ANÁLISIS	V ESTÁTICA (Tn)	V DINÁMICA (Tn)	VERIFICACIÓN	FACTOR DE ESCALA
Dirección X	265.810	202.020	76%	1.184
Dirección Y	265.810	208.746	79%	1.146

*Nota.* Se muestra el porcentaje de verificación y este no es mayor al 90% por lo que en la tabla figuran los valores que tomarán el factor de escala por dirección.

Tenemos el factor de escala en ambas direcciones, por lo que el valor de la cortante dinámica se verá afectada por este, a partir de ello después de la verificación se tuvieron valores que pasan lo mínimo (90%) establecido por la Norma E.030.

**Tabla 28**

*Fuerza cortante por nivel*

NIVEL	DIRECCIÓN X-X			DIRECCIÓN X-X		
	Vx (Tn)	Fx (Tn)	T (Tn.m)	Vx (Tn)	Fx (Tn)	T (Tn.m)
6	71.400	71.400	925.899	69.558	69.558	657.424
5	130.867	59.466	1752.558	128.220	58.662	1221.569
4	175.958	45.092	2378.099	174.181	45.961	1663.440
3	208.905	32.947	2824.732	208.398	34.218	1992.007
2	230.001	21.095	3098.390	230.439	22.040	2203.164
1	239.193	9.192	3210.827	240.059	9.621	2294.863

*Nota.* En la tabla se tienen los valores de la cortante basal (Vx) y (Vy) por nivel.

De la Tabla 28 se obtienen la cortante basal dinámica por piso y dirección, afectadas por el factor de escala de 1.184 en dirección (X) y 1.146 en dirección (Y).

**Tabla 29**

*Cortante basal dinámica*

CORTANTE BASAL	
Vx (Tn)	239.193
Vy (Tn)	240.059

*Nota.* Se detalla el valor de la cortante basal por dirección.

**Tabla 30**
*Verificación de cortante*

DIRECCIÓN DE ANÁLISIS	V ESTÁTICA (Tn)	V DINÁMICA (Tn)	VERIFICACIÓN
Dirección X	265.810	239.193	0.900
Dirección Y	265.810	240.059	0.903

*Nota.* En la tabla se detalla la verificación de la cortante y este cumple por ser mayor al 90% según lo establecido por la Norma E.030.

**b.3.3 Desplazamientos**

Se repite el procedimiento que se sigue en el análisis estático, cabe resaltar que los desplazamientos no son amplificados.

**Tabla 31**
*Desplazamiento por Niveles y en el centro de masa*

PISOS	DIRECCIÓN X-X			DIRECCIÓN Y-Y		
	$\Delta$ MAX (m)	$\Delta$ PROM (m)	$\Delta$ CM (m)	$\Delta$ MAX (m)	$\Delta$ PROM (m)	$\Delta$ CM (m)
6	0.014	0.012	0.012	0.015	0.014	0.014
5	0.012	0.010	0.010	0.013	0.012	0.012
4	0.009	0.008	0.008	0.010	0.010	0.010
3	0.006	0.006	0.005	0.007	0.007	0.007
2	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004
1	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001

*Nota.* La tabla recoge los desplazamientos máximos por nivel y los desplazamientos en el centro de masa en ambas direcciones.

**Tabla 32**
*Análisis de derivas en dirección X-X*

NIVEL	$\Delta$ ABSOLUTO (m)	$\Delta$ RELATIVO (m)	ALTURA "H" (m)	DISTORSIÓN DE ENTREPISO
6	0.014	0.002	2.670	0.0009
5	0.012	0.003	2.670	0.0010
4	0.009	0.003	2.670	0.0011
3	0.006	0.003	2.670	0.0010
2	0.003	0.002	2.670	0.0008
1	0.001	0.001	2.770	0.0004

*Nota.* Se presentan en la tabla las derivas obtenidas en dirección X-X y estas son menores a la deriva máxima permisible 0.007.

**Tabla 33**
*Análisis de derivas en dirección Y-Y*

PISOS	$\Delta$ ABSOLUTO (m)	$\Delta$ RELATIVO (m)	ALTURA "H" (m)	DISTORSIÓN DE ENTREPISO
6	0.015	0.002	2.670	0.0007
5	0.013	0.002	2.670	0.0009
4	0.010	0.003	2.670	0.0011
3	0.007	0.003	2.670	0.0011
2	0.004	0.003	2.670	0.0010
1	0.002	0.002	2.770	0.0006

*Nota.* Se presentan en la tabla las derivas obtenidas en dirección Y-Y y estas son menores a la deriva máxima permisible 0.007.

#### b.3.4 Verificación del Sistema Estructural

La verificación que debe cumplir establecida por la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente menciona que para este tipo de sistema la cortante de los muros es mayor al 70% ( $V_{\text{mayor}} > 70\%$ ).

**Tabla 34**
*Verificación del sistema estructural en ambas direcciones*

ELEMENTO ESTRUCTURAL	DIRECCIÓN X-X		DIRECCIÓN Y-Y	
	Vx TOTAL (Tn)	Vx (%)	Vy TOTAL (Tn)	Vx (%)
Columnas	27.343	12%	27.342	11%
Placas	197.765	88%	212.578	89%
Total	225.108	100%	239.921	100%

*Nota.* Las cortantes de las placas ( $V_x / V_y$ ) en ambas direcciones son mayores al 70%, lo cual cumple con lo establecido.

### 2.4.3 Sistema de muros de muros de ductilidad limitada

#### 2.4.3.1 Estructuración del sistema de muros de ductilidad limitada

Este sistema se define por presentar muros de concreto armado de espesores reducidos que soportan cargas de gravedad y sismo, además no desarrollan desplazamientos inelásticos importantes. No cuenta con confinamiento en los extremos y tienen una sola hilera de refuerzo vertical y en mucho de los casos emplean una malla electrosoldada.

Las estructuras con el sistema de muros estructurales se encuentran dentro del grupo de los sistemas de muros portantes, en el Perú desde la década de los 40 es muy común que los multifamiliares o zonas residenciales adquieran este sistema empleando muros de 10 a 15 cm de espesor, para este estudio se utilizaron en su configuración muros de 15 cm y a su vez la arquitectura del sistema debe responde a la configuración estructural (Aranguren, 2021).

De la estructuración cabe resaltar la distribución de los elementos como muros, vigas y las características del tipo de losas empleada.

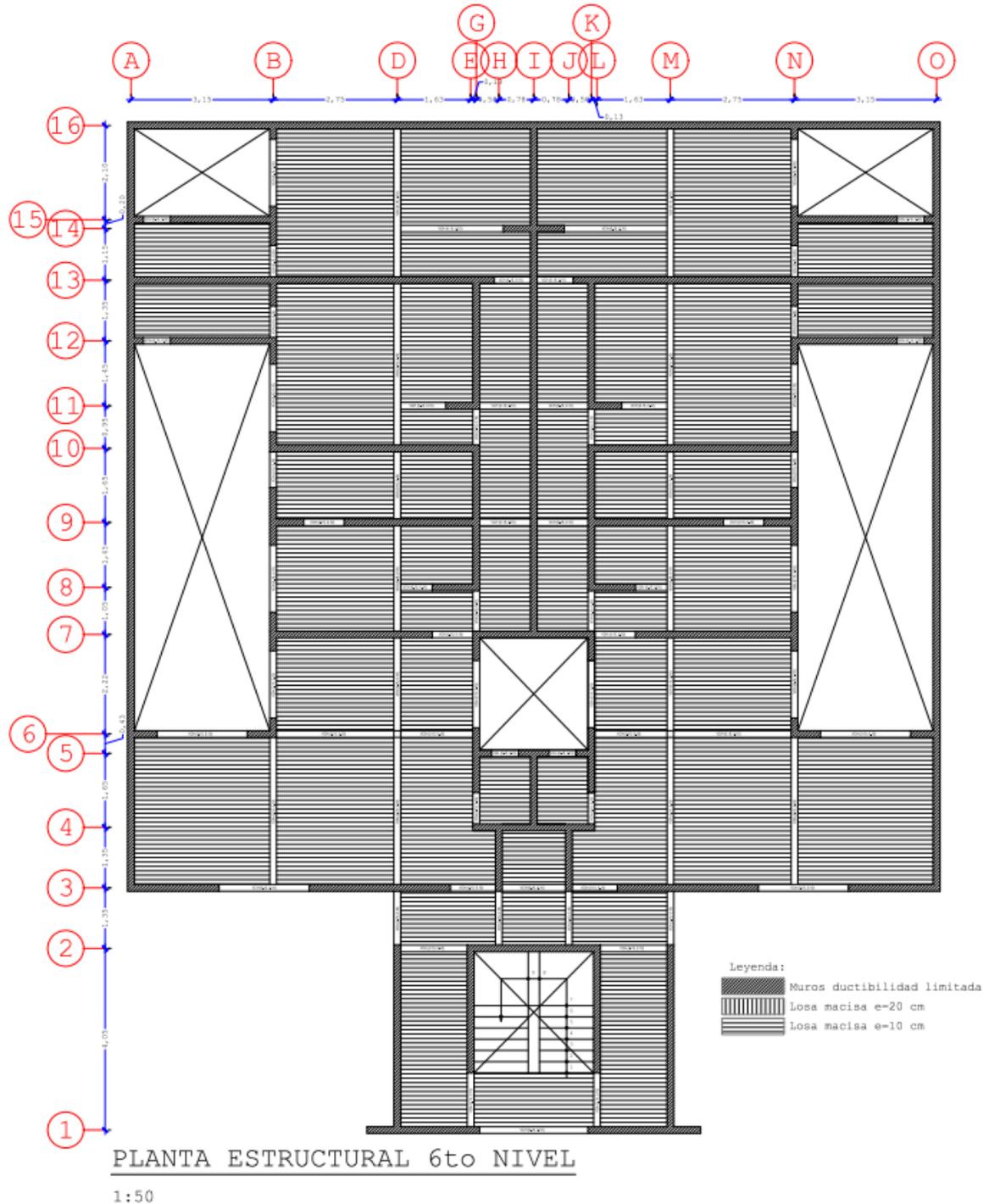
- i. Muros de ductilidad limitada: elementos de concreto armado proyectados en ambas direcciones de 15 cm de espesor con la finalidad de incrementar la rigidez lateral ante

fuerzas sísmicas. Tiene una configuración estructural propia muy diferente al sistema opuesto (sistema de muros estructurales).

- ii. Losa: para su cálculo en la Norma E.060 (2020) encontramos el sustento, en su estructuración se tienen losas macizas por lo que identificamos la luz libre y utilizamos la expresión  $(L/25 - 5)$  (C.Garcia, video, 01 de abril, 2015), además esta expresión matemática también fue tomada del curso Concreto dictado en la UPN. De este análisis se tienen losas macizas de 20 cm en las áreas de los servicios higiénicos por las tuberías que pasan por esta, en cuanto a las áreas restantes y las losas de los descansos se utilizan losas de 10 cm de espesor ambas son de tipo de Membrana que combinada con las vigas chatas solo sirven para repartición de cargas en sus cuatro lados.
- iii. Vigas: en este tipo de estructuras las vigas chatas sirven para distribuir cargas. Como Villareal (2020) menciona, para su peralte (h) consideramos la luz libre en la expresión  $(L/10$  ó  $L/12)$  y a su vez que pueda coincidir con el espesor de las losas, para el ancho (b) se toma en cuenta la mitad del peralte, en esta estructura el ancho de los muros es de 15 cm por tanto coincide con el ancho de las vigas.

**Figura 12**

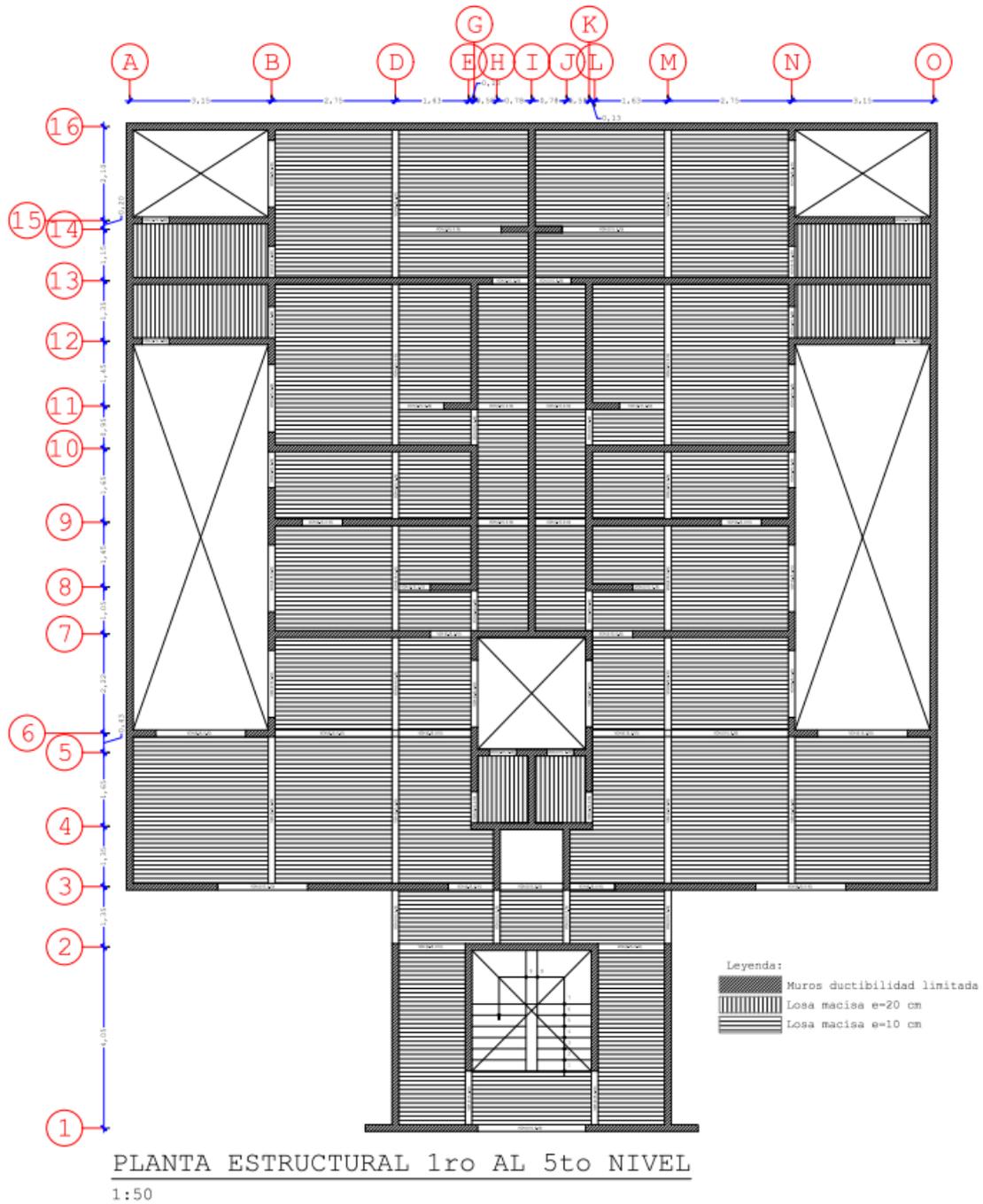
*Plano estructural – piso 1-5*



*Nota.* Plano de configuración estructural del primer al quinto piso

**Figura 13**

*Plano estructural - piso 6*



*Nota.* Plano de configuración estructural del sexto nivel

#### 2.4.3.1.1 Configuración estructural

Se proyecta un multifamiliar con un sistema de muros de ductilidad limitada en donde se toma en consideración elementos verticales (muros de ductilidad limitada) de 15 cm de espesor, proyectados sin modificación en las 6 plantas logrando continuidad vertical, presenta como limitante su configuración estructural ya que es propia del sistema y responde a la arquitectura propuesta la que pasa por un análisis de irregularidades como parte del proceso de investigación.

##### a. Irregularidades estructurales en altura

###### a.1 Irregularidad de rigidez (piso blando)

En la estructura no se presenta este tipo de irregularidad de porque la variación de la rigidez lateral en “x” y “y” entre un piso inferior respecto a uno superior es mayor al 70% y mayor al 80% del promedio de la rigidez lateral puesto que; todos los elementos se repiten en cada planta.

###### a.2 Irregularidad de rigidez (piso débil)

En ambas direcciones de análisis la resistencia de entrepiso respecto a las fuerzas cortantes en mayor al 80% por tanto no presenta irregularidad.

###### a.3 Irregularidad de masa o pesos

La masa al ser afectado por la gravedad obtenemos el peso de cada nivel este al ser comparado con un piso superior obtenemos que es 1.5 veces menos que el peso del piso adyacente ya que, la distribución de cargas que se tiene del primero al sexto nivel es similar por lo que no existe irregularidad.

###### a.4 Irregularidad en geometría vertical

No aplica esta irregularidad ya que las dimensiones en planta en ambos ejes (18 m x 22.55 m) se mantienen en todos los niveles generando resistencia a cargas laterales menores a 1,3 las dimensiones del piso adyacente.

a.5 Discontinuidad de los sistemas estructurales

No presenta esta irregularidad porque los elementos verticales resistentes no tienen desalineamiento vertical y no se presentan cambios de orientación en ambos ejes.

b. Irregularidades estructurales en altura

b.1 Irregularidad torsional

En el presente modelamiento debido a la asimetría de la estructura se verifica el cálculo de excentricidad por nivel la cual relaciona al centro de masa con el centro de rigidez teniendo valores mayores a cero, cabe la probabilidad de que pueda presentar irregularidad por torción.

**Tabla 35**

*Centro de masa y centro de rigidez*

NIVEL	MASA (Tn-s <sup>2</sup> /m)	PESO (Tn)	CENTRO DE MASA		CENTRO DE RIGIDEZ		EXCENTRICIDAD	
			Xcm (m)	Ycm (m)	Xcr (m)	Ycr (m)	ex (m)	ey (m)
6	20.421	200.331	8.920	12.570	8.925	15.785	0.004	3.216
5	30.745	301.606	8.925	12.971	8.928	17.514	0.002	4.543
4	30.886	302.991	8.925	12.931	8.928	18.992	0.002	6.062
3	30.886	302.991	8.925	12.931	8.928	20.299	0.002	7.369
2	30.886	302.991	8.925	12.931	8.927	21.461	0.002	8.530
1	31.239	306.457	8.925	12.931	8.928	22.380	0.002	9.449

*Nota.* En la tabla se contempla los valores de centro de masa y rigidez resultado de la relación de ambos se tiene por nivel la excentricidad.

De los resultados obtenidos de la excentricidad se realiza la verificación con los valores de las derivas por piso entre la deriva mínima para sistemas de muros de ductilidad limitada (0.005), esto dio como resultado valores menores al 50% del

desplazamiento permisible, por tanto, al no cumplir con el criterio no procede la irregularidad.

**Tabla 36**

*Irregularidad torsional*

PISO	DISTORSIÓN DE ENTREPISO	DISTORSIÓN MÁXIMA PERMISIBLE	VERIFICACIÓN
6	0.0004	0.005	0.0761
5	0.0004	0.005	0.0796
4	0.0004	0.005	0.0809
3	0.0004	0.005	0.0763
2	0.0003	0.005	0.0626
1	0.0002	0.005	0.0334

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la verificación con valores menores a 0.5 de acuerdo a lo establecido por la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente.

b.2 Esquinas entrantes

Por el modelo de la arquitectura se toma en cuenta la relación de las dimensiones totales en ambas direcciones entre las dimensiones de las esquinas de la estructura y estas son mayores al 20%, generando irregularidad con un factor de  $I_p$  (0.90).

**Tabla 37**

*Irregularidad por esquinas entrantes*

NIVEL	LONG. TOTAL (X)m	LONG. REDUCIDA (X)m	LONG. TOTAL (Y)m	LONG. REDUCIDA (Y)m	VARIACIÓN (X) > 20%	VARIACIÓN (Y) > 20%	VERIFICACIÓN	$I_{px/I_{py}}$
6	18.000	11.800	22.550	5.600	65.56%	24.83%	Irregular	0.9
5	18.000	11.800	22.550	5.600	65.56%	24.83%	Irregular	
4	18.000	11.800	22.550	5.600	65.56%	24.83%	Irregular	
3	18.000	11.800	22.550	5.600	65.56%	24.83%	Irregular	
2	18.000	11.800	22.550	5.600	65.56%	24.83%	Irregular	
1	18.000	11.800	22.550	5.600	65.56%	24.83%	Irregular	

*Nota.* De la tabla los porcentajes de variación en ambas direcciones son mayores al 20% y esta la convierte en una estructura irregular.

### b.3 Discontinuidad de diafragma

La estructura presenta vacíos que son parte de las áreas libres como jardines y la escalera y representan el 22.37% del área bruta por lo que es menor al 50% y no presenta irregularidad.

### b.4 Sistemas no paralelos

Los elementos estructurales como los muros de concreto son paralelos y los ejes de estos no forman ángulos menores a 30° bajo esa premisa no se tiene presente este tipo de irregularidad.

#### 2.4.3.1.2 Masas y peso de la edificación

Para la estimación del Peso (P) se tuvo en cuenta la categoría de la edificación (C) y con ello en el cálculo se adiciona a la carga permanente y total de toda la estructura el 25 % de la carga viva como lo contempla la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente.

**Tabla 38**

*Peso por nivel de la edificación*

NIVEL	MASA (Tn-s2/m)	Peso (Tn)
6	20.421	200.331
5	30.745	301.606
4	30.886	302.991
3	30.886	302.991
2	30.886	302.991
1	31.239	306.457

*Nota.* La tabla muestra el peso por piso de la edificación lo que da como resultado un peso total de los 6 niveles de 1717.366 toneladas.

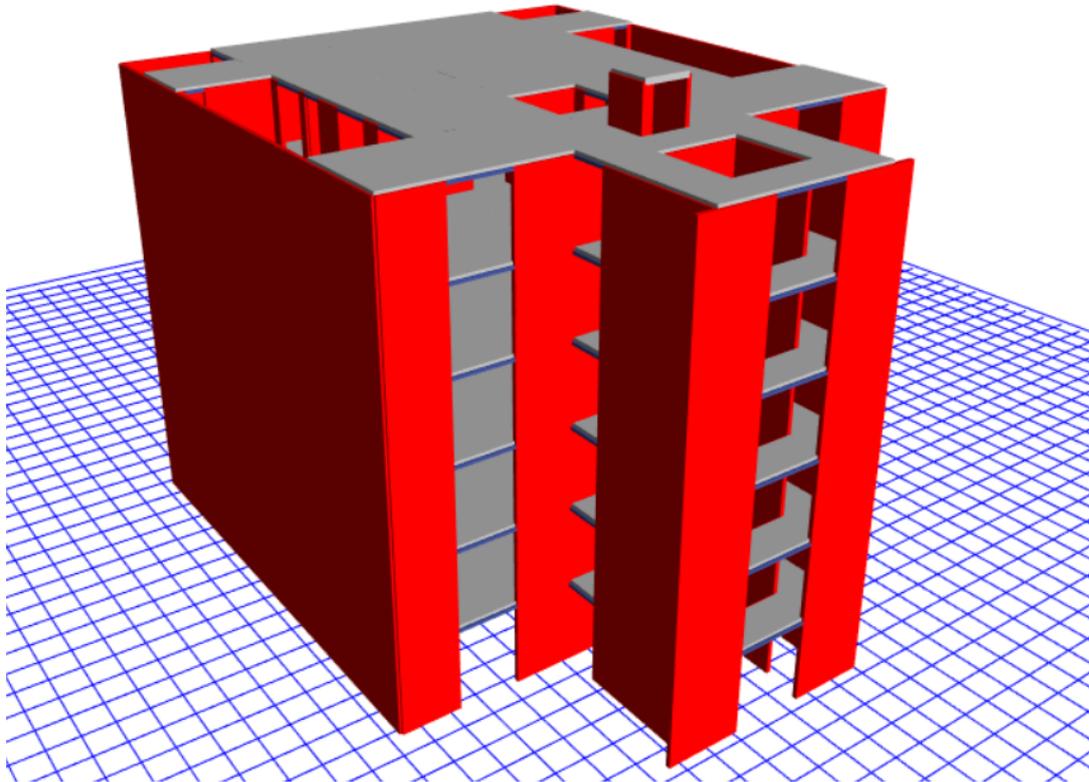
### **2.4.3.2 Análisis sísmico del sistema de muros de ductilidad limitada**

#### 2.4.3.2.1 Modelamiento estructural del sistema de muros de ductilidad limitada

Para el modelamiento la herramienta computacional principal utilizada es el software ETABS 21.0.1 porque nos permite determinar con más precisión los resultados para el análisis del comportamiento sísmico con una vista en tres dimensiones. En la actualidad es común trabajar con estos programas, ya que emplean el método de elementos finitos, se trabaja con fórmulas o expresiones que contempla la norma y parámetros geométricos dando como resultado modelamientos que son analizados y tienen una respuesta ante las fuerzas expuestas que se asemejan a la realidad. Como parte del proceso la primera etapa consiste en la discretización de los elementos estructurales y la consideración de los parámetros para las características de los materiales empleados; el elemento estructural en el que se centra la investigación son los muros de ductilidad limitada de 15 cm de espesor modelados como elementos Shell-Thin, losas macizas de 10 y 20 cm de espesor modelados como elementos Slab con vigas chatas cuyo ancho son del espesor del muro y su peralte coincide con el espesor de la losa considerados como elementos solo para confinamiento. También no se diseña o modela la base pero se la considera como una plataforma con empotramientos rígidos, las escaleras fueron diseñadas como losas inclinadas de tipo Slab al igual que las losas de descanso de un espesor de 20 cm; para el ascensor se tomó en cuenta un sistema de placas de 15 cm de espesor de tipo Shell-Thin, posterior a ello se ingresan las cargas de peso propio, la carga viva y carga muerta, por lo mencionado anteriormente se refleja a continuación el modelamiento y el análisis estático y dinámico dando como resultado valores que nos permiten describir el comportamiento sísmico de la edificación de muros estructurales.

**Figura 14**

*Modelamiento estructural - vista frontal*



*Nota.* Modelamiento del sistema de muros de ductilidad limitada

a. Parámetros de los materiales considerados

- Resistencia a la compresión del concreto: 175 kg/cm<sup>2</sup>
- Peso del concreto por unidad de volumen: 2400 kg/m<sup>3</sup>
- Módulo de elasticidad del concreto: 1984313.48 Tn/m<sup>2</sup>
- Módulo de Poisson: 0.20
- Módulo de corte: 826797.28 Tn/m<sup>2</sup>
- Propiedad mecánica direccional: Isotrópico
- Esfuerzo de fluencia del acero: 4200 kg/cm<sup>2</sup>
- Resistencia a la tracción del acero: 6300 kg/cm<sup>2</sup>

- Peso por unidad de volumen del acero:  $7849.05 \text{ kg/m}^3$
- Módulo de elasticidad del acero:  $2038901.92 \text{ kg/cm}^2$

b. Análisis sísmico del sistema de muros de ductilidad limitada

b.1 Resultados modales de la estructura:

Se tiene los periodos y frecuencias en base a 24 modos, tener en cuenta que para sistemas de alta ductilidad sus modos de vibración pueden incrementarse, ya que el porcentaje de participación de la masa modal era menor al 90%.

**Tabla 39**

*Peso por nivel de la edificación*

MODOS	PERIODO "T" (seg)	MASA PARTICIPATIVA					
		Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz
1	0.176	0.605	0.000	0.000	0.000	0.308	0.125
2	0.106	0.000	0.792	0.000	0.296	0.000	0.000
5	0.071	0.126	0.000	0.000	0.000	0.050	0.706

*Nota.* La siguiente tabla muestra los periodos de los 3 modos más significativos,

**Tabla 40**

*Ratios de participación de carga modal*

CASO MODAL	MASA PARTICIPATIVA	ESTÁTICO (%)	DINÁMICO (%)
Modal	Ux	99.80	90.40
Modal	Uy	99.71	93.10

*Nota.* La siguiente tabla muestra el porcentaje de participación de la masa modal siendo superior al 90%.

b.2 Análisis estático

Con el procedimiento que estipula la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente se trabaja para realizar el análisis en donde se definen primero los parámetros sísmicos como zonificación, parámetros de sitio, factor de ampliación sísmica, uso, factor de

reducción sísmica, alguno de estos datos nos servirá para el cálculo de la cortante basal.

#### b.2.1 Parámetros generales – Dirección X-X

Estos valores son asignados según la ubicación del proyecto, para esta investigación la proyección de la estructura es en la ciudad de Cajamarca ubicada en la zona sísmica 3, donde se realizó un estudio de suelos para poder obtener los parámetros de sitio teniendo como resultado un suelo ( $S_3$ ), ver Anexo N° 1, de este estudio se tiene una capacidad admisible de carga o de diseño equivalente a  $2.50 \text{ kg/cm}^2$  con característica de un suelo limoso inorgánico de baja plasticidad con 24.99% de grava y 7.56% de arena gruesa a fina, finalmente se recomienda tener en cuenta una losa de cimentación. La estructura tiene características de vivienda por ende corresponde a la categoría “C” y no acepta irregularidades extremas, sin embargo, del cálculo de irregularidades la edificación presenta irregularidad en planta y no es considerada extrema porque sus valores están dentro de lo permisible y la Norma de Diseño Sismorresistente nos brinda un factor de irregularidad de 0.90. Con los datos obtenidos se procede con cálculo del coeficiente de reducción (R) y el factor de ampliación (C).

**Tabla 41**

*Parámetros sísmicos en dirección X-X*

PARÁMETROS SÍSMICOS - DIRECCIÓN X-X		
Zonificación	Zona	3
	Z	0.35
Parámetros de sitio	Suelo	S <sub>3</sub>
	S	1.2
	T <sub>p</sub> (seg)	1
	T <sub>L</sub> (seg)	1.6
Factor de ampliación sísmica	T <sub>x</sub> (seg)	0.421
	C	2.5
Uso	Categoría	C
	U	1
Muros Estructurales		
Factor de reducción sísmica	R <sub>0</sub>	6
	I <sub>a</sub>	1
	I <sub>p</sub>	0.9
	R	5.4
ZUCS/R	0.19	

*Nota.* La tabla recoge los valores numéricos y en dirección x tenemos el resultado modal (T<sub>x</sub>).

El mismo análisis se realiza en dirección (Y), de los parámetros generales en (X) el que difiere es (T<sub>y</sub>) con un valor de 0.108 seg.

**Tabla 42**

*Parámetros sísmicos en dirección Y-Y*

PARÁMETROS SÍSMICOS - DIRECCIÓN Y-Y		
Zonificación	Zona	3
	Z	0.35
Parámetros de sitio	Suelo	S <sub>3</sub>
	S	1.2
	Tp (seg)	1
	TL (seg)	1.6
Factor de ampliación sísmica	Tx (seg)	0.18
	C	2.5
Uso	Categoría	C
	U	1
Muros de Ductilidad Limitada		
Factor de reducción sísmica	R <sub>0</sub>	4
	I <sub>a</sub>	1
	I <sub>p</sub>	0.9
	R	3.6
ZUCS/R		0.29

*Nota.* La tabla recoge los valores numéricos y en dirección x tenemos el resultado modal (Tx),

En ambas direcciones, los datos obtenidos en los parámetros sísmicos son verificados con el enunciado  $C/R \geq 0.11$ , cumpliendo con lo establecido en el artículo 28.2.2 de la Norma E.030.

$$\frac{2.5}{3.6} \geq 0.11$$

$$0.69 \geq 0.11$$

Para los desplazamientos laterales se toma en cuenta que la estructura presenta irregularidad en planta y se debe multiplicar el coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas (R) por un factor de 0.85 establecido en el artículo 31 de la Norma E.030 Diseño Sismorresistente.

$$0.85 * R$$

$$0.85 * 3.6 = 3.06$$

El factor (K) para este análisis es 1, con ello se distribuye las fuerzas sísmicas en los niveles de la estructura siempre que (T) sea menos a 0.5 segundos como lo mencionado en el artículo 28.3.2. de la Norma E.030.

#### b.2.2 Fuerza sísmica y cortante basal – dirección X-X

Para su cálculo se tiene como dato el peso sísmico total (P) de 1717.366 Tn y como dato previo se calculó el coeficiente sísmico de 0.29 resultando con ello una cortante basal (x) de 500.898 Ton.

**Tabla 43**

*Fuerza sísmica y cortante basal en X*

PISO	PESO sísmico (Tonf)	ALTURA "H"		H <sup>k</sup>	PxH <sup>k</sup>	ax	Fx (Tnf)	Vx (Tnf)
		H (m)	H ACUMULADO (m)					
6	200.331	2.670	16.120	16.120	27683.933	0.284	142.482	142.482
5	301.606	2.670	13.450	13.450	23098.567	0.237	118.883	261.365
4	302.991	2.670	10.780	10.780	18513.201	0.190	95.283	356.648
3	302.991	2.670	8.110	8.110	13927.835	0.143	71.683	428.331
2	302.991	2.670	5.440	5.440	9342.469	0.096	48.083	476.415
1	306.457	2.770	2.770	2.770	4757.103	0.049	24.484	500.898
Total	1717.366	16.120	-	-	97323.107	-	500.898	

*Nota.* Se muestra los valores de la fuerza sísmica y la cortante basal de 500.898 Tn en dirección (X).

#### b.2.3 Fuerza sísmica y cortante basal – dirección Y-Y

Para su cálculo se tiene como dato el peso sísmico total (P) de 1717.366 Tn y como dato previo se calculó el coeficiente sísmico de 0.29 resultando con ello una cortante basal (y) de 500.898 Tn.

**Tabla 44**

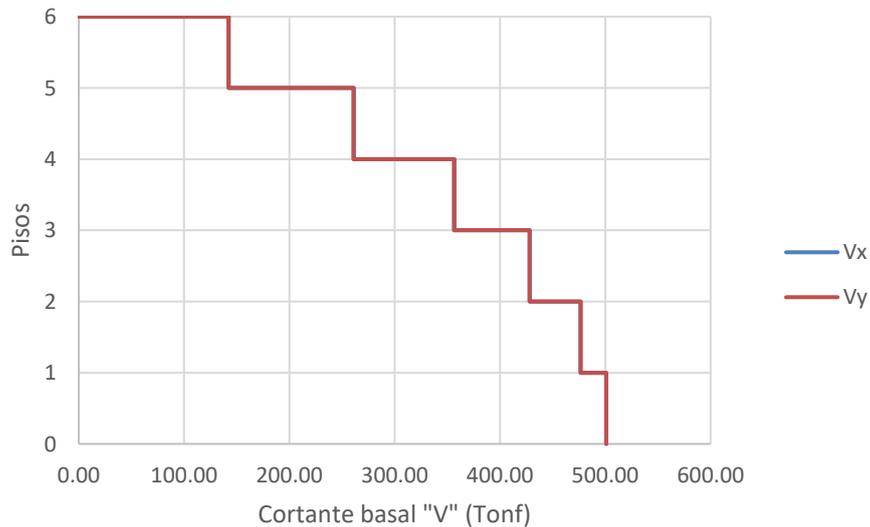
*Fuerza sísmica y cortante basal en Y*

PISO	PESO SISMICO (Tnf)	ALTURA "H"		Hk	PxHk	ax	Fx (Tnf)	Vx (Tnf)
		H (m)	H ACUMULADO (m)					
6	200.331	2.670	16.120	16.120	27683.933	0.284	142.482	142.482
5	301.606	2.670	13.450	13.450	23098.567	0.237	118.883	261.365
4	302.991	2.670	10.780	10.780	18513.201	0.190	95.283	356.648
3	302.991	2.670	8.110	8.110	13927.835	0.143	71.683	428.331
2	302.991	2.670	5.440	5.440	9342.469	0.096	48.083	476.415
1	306.457	2.770	2.770	2.770	4757.103	0.049	24.484	500.898
Total	1717.366	16.120	-	-	97323.107	-	500.898	

*Nota.* Se muestra los valores de la fuerza sísmica y la cortante basal de 500.898 Tn en dirección (Y).

**Figura 15**

*Cortante basal estática "V"*



*Nota.* En el gráfico se tiene la cortante basal en ambas direcciones y estas coinciden con un valor de 500.898 Ton.

#### b.2.4 Desplazamientos

En el programa ETABS 20.0.1 cuando ingresamos los datos como sismo estático en ambas direcciones y el factor de cortante basal nos proporciona los desplazamientos por niveles y desplazamientos en el centro de masa

**Tabla 45**

*Desplazamiento por Niveles y en el centro de masa*

PISOS	DIRECCIÓN X-X			DIRECCIÓN Y-Y		
	$\Delta$ MAX (m)	$\Delta$ PROM (m)	$\Delta$ CM (m)	$\Delta$ MAX (m)	$\Delta$ PROM (m)	$\Delta$ CM (m)
6	0.005	0.004	0.004	0.002	0.001	0.001
5	0.004	0.003	0.003	0.001	0.001	0.001
4	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001
3	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001
2	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

*Nota.* La tabla recoge los desplazamientos máximos por nivel y los desplazamientos en el centro de masa en ambas direcciones.

Con el análisis anterior que nos muestra los desplazamientos máximos o absolutos obtenemos los desplazamientos relativos y estos al dividirse con la altura tenemos como resultado las derivas que representan la distorsión de entrepiso, es importante recordar que para estructuras de ductilidad limitada la deriva máxima es de 0.005 y en la siguiente tabla se aprecia que cumple con lo establecido por la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente ya que las derivas obtenidas son menores a los establecido.

**Tabla 46**
*Análisis de derivas en dirección X-X*

PISOS	$\Delta$ ABSOLUTO (m)	$\Delta$ RELATIVO (m)	ALTURA "H" (m)	DISTORSIÓN DE ENTREPISO
6	0.005	0.001	2.670	0.0004
5	0.004	0.001	2.670	0.0004
4	0.003	0.001	2.670	0.0004
3	0.002	0.001	2.670	0.0004
2	0.001	0.001	2.670	0.0003
1	0.000	0.000	2.770	0.0002

*Nota.* Se presentan en la tabla las derivas obtenidas en dirección X-X y estas son menores a la deriva máxima permisible 0.005.

**Tabla 47**
*Análisis de derivas en dirección Y-Y*

PISOS	$\Delta$ ABSOLUTO (m)	$\Delta$ RELATIVO (m)	ALTURA "H" (m)	DISTORSIÓN DE ENTREPISO
6	0.002	0.0002	2.670	0.0001
5	0.001	0.0002	2.670	0.0001
4	0.001	0.0003	2.670	0.0001
3	0.001	0.0003	2.670	0.0001
2	0.000	0.0003	2.670	0.0001
1	0.000	0.0002	2.770	0.0001

*Nota.* Se presentan en la tabla las derivas obtenidas en dirección Y-Y y estas son menores a la deriva máxima permisible 0.005.

### b.3 Análisis dinámico

#### b.3.1 Espectro de respuesta

Se lo trabaja en base a los parámetros establecidos mencionados con anterioridad con ello se obtiene un factor de ampliación sísmica (C) respecto al periodo (T), con ello se calcula el periodo de aceleración para este cálculo consideramos el valor de la

gravedad ( $9.81 \text{ m/s}^2$ ), tener en cuenta que un espectro nos grafica la pseudo-aceleración vs periodo fundamental que permite estudiar el comportamiento dinámico.

**Tabla 48**

*Espectro de Pseudo – aceleración - dirección horizontal*

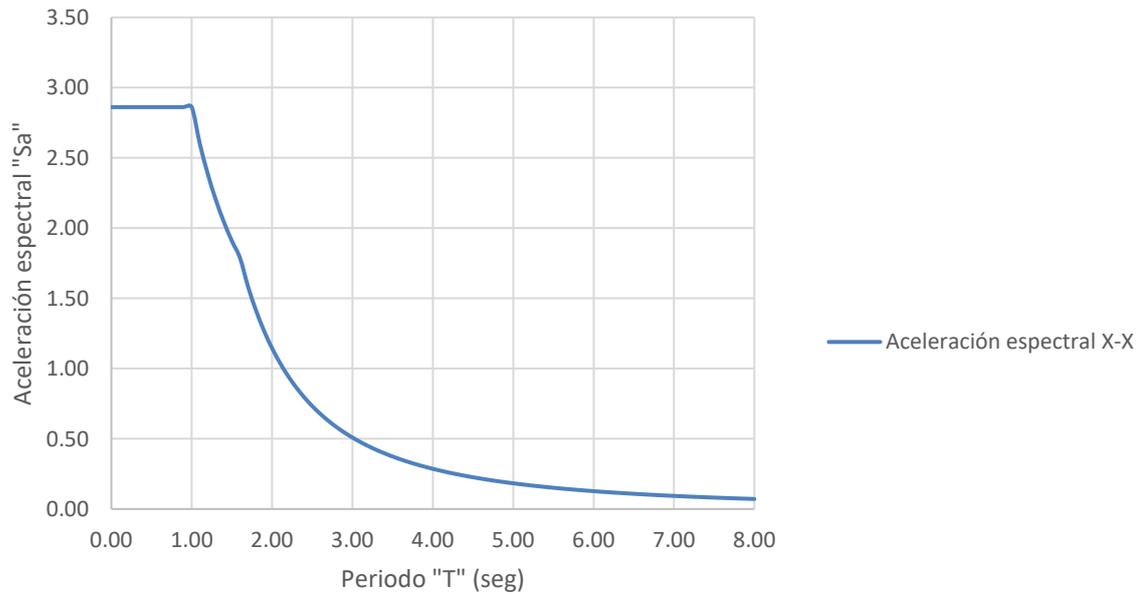
PERIODO	DIRECCIÓN X-X		DIRECCIÓN Y-Y	
	FACTOR "C"	PSEUDO - ACELERACIÓN	FACTOR "C"	PSEUDO - ACELERACIÓN
0.00	2.500	2.861	2.500	2.861
0.10	2.500	2.861	2.500	2.861
0.20	2.500	2.861	2.500	2.861
0.30	2.500	2.861	2.500	2.861
0.40	2.500	2.861	2.500	2.861
0.50	2.500	2.861	2.500	2.861
0.60	2.500	2.861	2.500	2.861
0.70	2.500	2.861	2.500	2.861
0.80	2.500	2.861	2.500	2.861
0.90	2.500	2.861	2.500	2.861
1.00	2.500	2.861	2.500	2.861
1.10	2.273	2.601	2.273	2.601
1.20	2.083	2.384	2.083	2.384
1.30	1.923	2.201	1.923	2.201
1.40	1.786	2.044	1.786	2.044
1.50	1.667	1.908	1.667	1.908
1.60	1.563	1.788	1.563	1.788
1.70	1.384	1.584	1.384	1.584
1.80	1.235	1.413	1.235	1.413
1.90	1.108	1.268	1.108	1.268
2.00	1.000	1.145	1.000	1.145
2.10	0.907	1.038	0.907	1.038
2.20	0.826	0.946	0.826	0.946
2.30	0.756	0.865	0.756	0.865
2.40	0.694	0.795	0.694	0.795
2.50	0.640	0.732	0.640	0.732
2.60	0.592	0.677	0.592	0.677
2.70	0.549	0.628	0.549	0.628
2.80	0.510	0.584	0.510	0.584
2.90	0.476	0.544	0.476	0.544
3.00	0.444	0.509	0.444	0.509
3.10	0.416	0.476	0.416	0.476
3.20	0.391	0.447	0.391	0.447
3.30	0.367	0.420	0.367	0.420

3.40	0.346	0.396	0.346	0.396
3.50	0.327	0.374	0.327	0.374
3.60	0.309	0.353	0.309	0.353
3.70	0.292	0.334	0.292	0.334
3.80	0.277	0.317	0.277	0.317
3.90	0.263	0.301	0.263	0.301
4.00	0.250	0.286	0.250	0.286
4.10	0.238	0.272	0.238	0.272
4.20	0.227	0.260	0.227	0.260
4.30	0.216	0.248	0.216	0.248
4.40	0.207	0.236	0.207	0.236
4.50	0.198	0.226	0.198	0.226
4.60	0.189	0.216	0.189	0.216
4.70	0.181	0.207	0.181	0.207
4.80	0.174	0.199	0.174	0.199
4.90	0.167	0.191	0.167	0.191
5.00	0.160	0.183	0.160	0.183
5.10	0.154	0.176	0.154	0.176
5.20	0.148	0.169	0.148	0.169
5.30	0.142	0.163	0.142	0.163
5.40	0.137	0.157	0.137	0.157
5.50	0.132	0.151	0.132	0.151
5.60	0.128	0.146	0.128	0.146
5.70	0.123	0.141	0.123	0.141
5.80	0.119	0.136	0.119	0.136
5.90	0.115	0.132	0.115	0.132
6.00	0.111	0.127	0.111	0.127
6.10	0.107	0.123	0.107	0.123
6.20	0.104	0.119	0.104	0.119
6.30	0.101	0.115	0.101	0.115
6.40	0.098	0.112	0.098	0.112
6.50	0.095	0.108	0.095	0.108
6.60	0.092	0.105	0.092	0.105
6.70	0.089	0.102	0.089	0.102
6.80	0.087	0.099	0.087	0.099
6.90	0.084	0.096	0.084	0.096
7.00	0.082	0.093	0.082	0.093
7.10	0.079	0.091	0.079	0.091
7.20	0.077	0.088	0.077	0.088
7.30	0.075	0.086	0.075	0.086
7.40	0.073	0.084	0.073	0.084
7.50	0.071	0.081	0.071	0.081
7.60	0.069	0.079	0.069	0.079
7.70	0.067	0.077	0.067	0.077
7.80	0.066	0.075	0.066	0.075
7.90	0.064	0.073	0.064	0.073
8.00	0.063	0.072	0.063	0.072

*Nota.* La tabla contiene el cálculo del espectro de Pseudo – Aceleración en dirección horizontal.

**Figura 16**

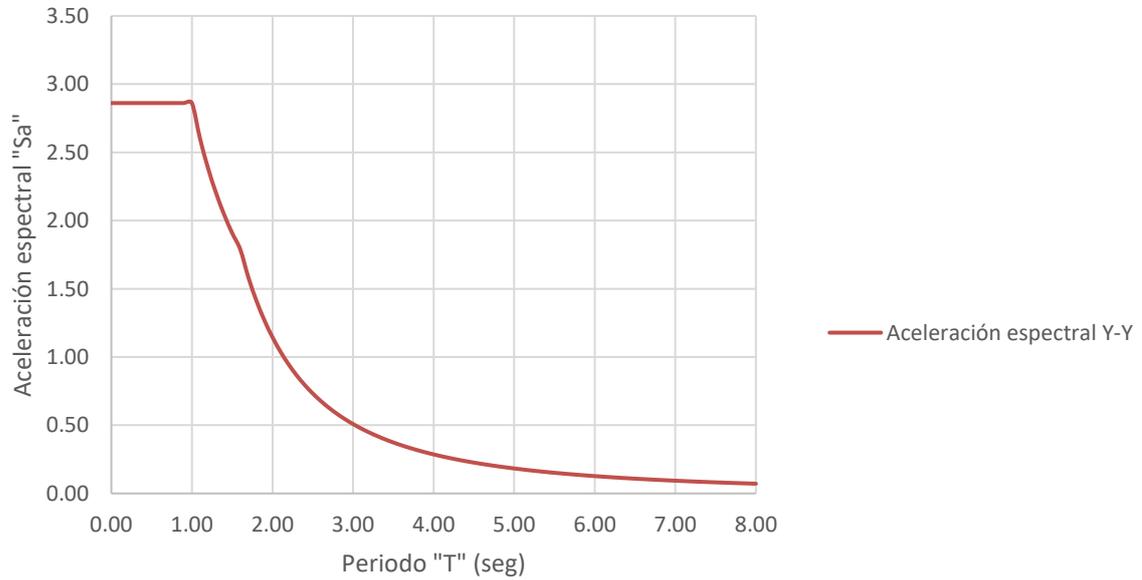
*Espectro de diseño en dirección horizontal / x-x*



*Nota.* Gráfico de pseudo aceleración horizontal en dirección X-X.

**Figura 17**

*Espectro de diseño en dirección horizontal / y-y*



*Nota.* Gráfico de pseudo aceleración horizontal en dirección Y-Y.

La Norma E.030 de Diseño Sismorresistente considera el espectro vertical como resultado de  $2/3$  del espectro inelástico de pseudo-aceleración teniendo como resultado un espectro menor.

**Tabla 49**

*Espectro de diseño en dirección vertical*

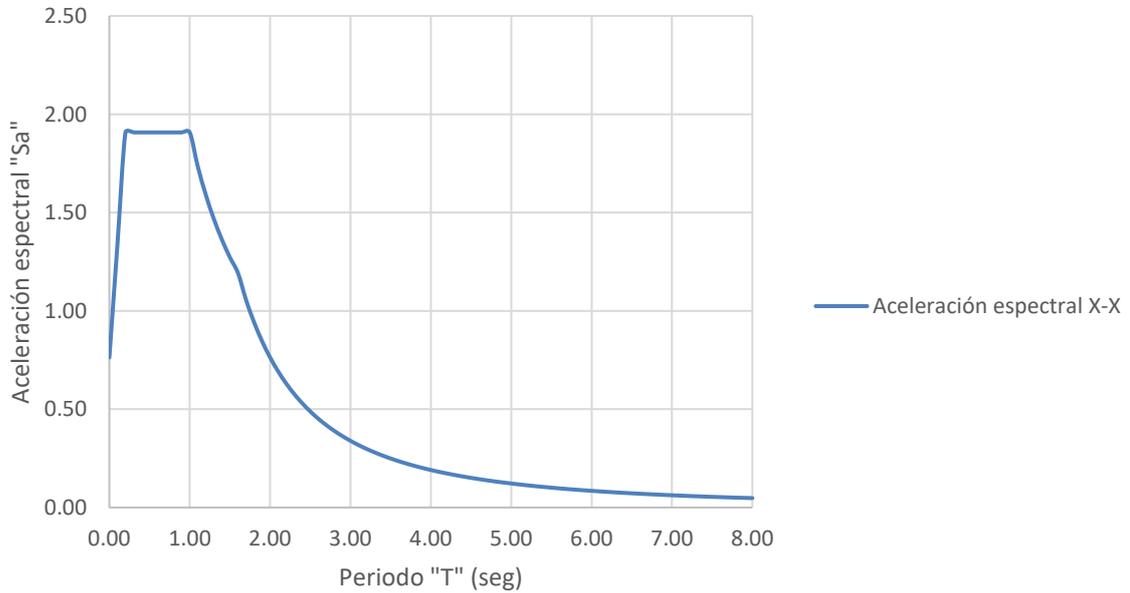
PERIODO	DIRECCIÓN X-X		DIRECCIÓN Y-Y	
	FACTOR "C"	PSEUDO - ACELERACIÓN	FACTOR "C"	PSEUDO - ACELERACIÓN
0.00	1.000	0.763	1.000	0.763
0.10	1.750	1.335	1.750	1.335
0.20	2.500	1.908	2.500	1.908
0.30	2.500	1.908	2.500	1.908
0.40	2.500	1.908	2.500	1.908
0.50	2.500	1.908	2.500	1.908
0.60	2.500	1.908	2.500	1.908
0.70	2.500	1.908	2.500	1.908
0.80	2.500	1.908	2.500	1.908
0.90	2.500	1.908	2.500	1.908
1.00	2.500	1.908	2.500	1.908
1.10	2.273	1.734	2.273	1.734
1.20	2.083	1.590	2.083	1.590
1.30	1.923	1.467	1.923	1.467
1.40	1.786	1.363	1.786	1.363
1.50	1.667	1.272	1.667	1.272
1.60	1.563	1.192	1.563	1.192
1.70	1.384	1.056	1.384	1.056
1.80	1.235	0.942	1.235	0.942
1.90	1.108	0.845	1.108	0.845
2.00	1.000	0.763	1.000	0.763
2.10	0.907	0.692	0.907	0.692
2.20	0.826	0.631	0.826	0.631
2.30	0.756	0.577	0.756	0.577
2.40	0.694	0.530	0.694	0.530
2.50	0.640	0.488	0.640	0.488
2.60	0.592	0.451	0.592	0.451
2.70	0.549	0.419	0.549	0.419
2.80	0.510	0.389	0.510	0.389
2.90	0.476	0.363	0.476	0.363
3.00	0.444	0.339	0.444	0.339
3.10	0.416	0.318	0.416	0.318
3.20	0.391	0.298	0.391	0.298
3.30	0.367	0.280	0.367	0.280
3.40	0.346	0.264	0.346	0.264
3.50	0.327	0.249	0.327	0.249
3.60	0.309	0.235	0.309	0.235
3.70	0.292	0.223	0.292	0.223
3.80	0.277	0.211	0.277	0.211
3.90	0.263	0.201	0.263	0.201

4.00	0.250	0.191	0.250	0.191
4.10	0.238	0.182	0.238	0.182
4.20	0.227	0.173	0.227	0.173
4.30	0.216	0.165	0.216	0.165
4.40	0.207	0.158	0.207	0.158
4.50	0.198	0.151	0.198	0.151
4.60	0.189	0.144	0.189	0.144
4.70	0.181	0.138	0.181	0.138
4.80	0.174	0.132	0.174	0.132
4.90	0.167	0.127	0.167	0.127
5.00	0.160	0.122	0.160	0.122
5.10	0.154	0.117	0.154	0.117
5.20	0.148	0.113	0.148	0.113
5.30	0.142	0.109	0.142	0.109
5.40	0.137	0.105	0.137	0.105
5.50	0.132	0.101	0.132	0.101
5.60	0.128	0.097	0.128	0.097
5.70	0.123	0.094	0.123	0.094
5.80	0.119	0.091	0.119	0.091
5.90	0.115	0.088	0.115	0.088
6.00	0.111	0.085	0.111	0.085
6.10	0.107	0.082	0.107	0.082
6.20	0.104	0.079	0.104	0.079
6.30	0.101	0.077	0.101	0.077
6.40	0.098	0.075	0.098	0.075
6.50	0.095	0.072	0.095	0.072
6.60	0.092	0.070	0.092	0.070
6.70	0.089	0.068	0.089	0.068
6.80	0.087	0.066	0.087	0.066
6.90	0.084	0.064	0.084	0.064
7.00	0.082	0.062	0.082	0.062
7.10	0.079	0.061	0.079	0.061
7.20	0.077	0.059	0.077	0.059
7.30	0.075	0.057	0.075	0.057
7.40	0.073	0.056	0.073	0.056
7.50	0.071	0.054	0.071	0.054
7.60	0.069	0.053	0.069	0.053
7.70	0.067	0.051	0.067	0.051
7.80	0.066	0.050	0.066	0.050
7.90	0.064	0.049	0.064	0.049
8.00	0.063	0.048	0.063	0.048

*Nota.* La tabla contiene el cálculo del espectro de Pseudo – Aceleración en dirección vertical.

**Figura 18**

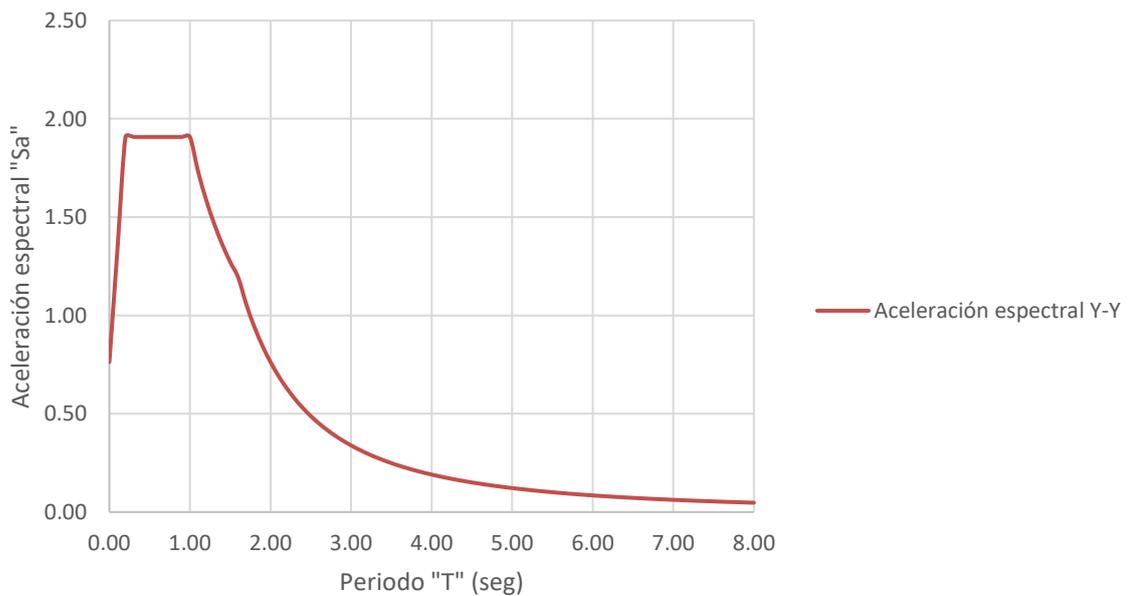
*Espectro de diseño en dirección horizontal / x-x*



*Nota.* El grafico representa el espectro de pseudo aceleración vertical en dirección X-X.

**Figura 19**

*Espectro de diseño en dirección horizontal / y-y*



*Nota.* Gráfico de pseudo aceleración vertical en dirección Y-Y.

### b.3.2 Fuerza cortante

En el software ETABS 20.0.0 ingresamos al detalle de las fuerzas del sismo dinámico en la base, en ambas direcciones y tomamos como dato las cortantes en (X) y (Y), es de importancia tomar en cuenta lo estipulado por artículo 29.4 de la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente, en donde se menciona realizar la verificación de la cortante dinámica del primer entrepiso porque esta no puede ser menor al 90%. Sin embargo, en nuestro cálculo no cumplía para ello se escaló los resultados (factor de escala), con la excepción de que no sea vea afectado los desplazamientos.

**Tabla 50**

*Verificación de cortante y factor de escala*

DIRECCIÓN DE ANÁLISIS	V ESTÁTICA (Tn)	V DINÁMICA (Tn)	VERIFICACIÓN	FACTOR DE ESCALA
Dirección X	500.898	288.799	58%	1.561
Dirección Y	500.898	363.343	73%	1.241

*Nota.* Se muestra el porcentaje de verificación y este no es mayor al 90% por lo que en la tabla figuran los valores que tomarán el factor de escala por dirección.

Tenemos el factor de escala en ambas direcciones, por lo que el valor de la cortante dinámica se verá afectada por este, a partir de ello después de la verificación se tuvieron valores que pasan lo mínimo (90%) establecido por la Norma E.030.

**Tabla 51**

*Fuerza cortante por nivel*

N PISOS	DIRECCIÓN X-X			DIRECCIÓN Y-Y		
	Vx (Tn)	Fx (Tn)	T (Ton.m)	Vy (Tn)	Fy (Tn)	T (Tn.m)
6	108.432	108.432	1174.79	96.5336	96.534	917.674
5	231.288	122.856	2591.13	216.0409	119.507	2042.41
4	322.145	90.857	3692.89	309.4394	93.399	2921.5
3	387.922	65.776	4515.04	379.2542	69.815	3578.67
2	431.31	43.388	5061.01	427.0541	47.800	4028.7
1	450.818	19.508	5314.9	450.9109	23.857	4253.27

*Nota.* En la tabla se tienen los valores de la cortante basal (Vx) y (Vy) por nivel.

De la Tabla 52 se obtienen la cortante basal dinámica por piso y dirección, afectadas por el factor de escala de 1.561 en dirección (X) y 1.241 en dirección (Y).

**Tabla 52**

*Cortante basal dinámica*

CORTANTE BASAL	
Vx (Tn)	450.818
Vy (Tn)	451.911

*Nota.* Se detalla el valor de la cortante basal por dirección.

**Tabla 53**

*Verificación de cortante*

DIRECCIÓN DE ANÁLISIS	V ESTÁTICA (Tn)	V DINÁMICA (Tn)	VERIFICACIÓN
Dirección X	500.898	450.818	0.900
Dirección Y	500.898	450.911	0.900

*Nota.* En la tabla se detalla la verificación de la cortante y este cumple por ser mayor al 90% según lo establecido por la Norma E.030.

### b.3.3 Desplazamientos

Se repite el procedimiento que se sigue en el análisis estático, cabe resaltar que los desplazamientos no son amplificados.

**Tabla 54**

*Desplazamiento por Niveles y en el centro de masa*

PISOS	DIRECCIÓN X-X			DIRECCIÓN Y-Y		
	$\Delta_{MAX}$ (m)	$\Delta_{PROM}$ (m)	$\Delta_{CM}$ (m)	$\Delta_{MAX}$ (m)	$\Delta_{PROM}$ (m)	$\Delta_{CM}$ (m)
6	0.004	0.003	0.003	0.001	0.001	0.001
5	0.004	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001
4	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001
3	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
2	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

*Nota.* La tabla recoge los desplazamientos máximos por nivel y los desplazamientos en el centro de masa en ambas direcciones.

**Tabla 55**

*Análisis de derivas en dirección X-X*

PISOS	$\Delta$ ABSOLUTO (m)	$\Delta$ RELATIVO (m)	ALTURA "H" (m)	DISTORSIÓN DE ENTREPISO
6	0.004	0.001	2.670	0.0003
5	0.004	0.001	2.670	0.0003
4	0.003	0.001	2.670	0.0003
3	0.002	0.001	2.670	0.0003
2	0.001	0.001	2.670	0.0002
1	0.000	0.000	2.770	0.0001

*Nota.* Se presentan en la tabla las derivas obtenidas en dirección X-X y estas son menores a la deriva máxima permisible 0.005.

**Tabla 56**

*Análisis de derivas en dirección Y-Y*

PISOS	$\Delta$ ABSOLUTO (m)	$\Delta$ RELATIVO (m)	ALTURA "H" (m)	DISTORSIÓN DE ENTREPISO
6	0.001	0.0001	2.670	0.0001
5	0.001	0.0002	2.670	0.0001
4	0.001	0.0002	2.670	0.0001
3	0.001	0.0002	2.670	0.0001
2	0.000	0.0002	2.670	0.0001
1	0.000	0.0002	2.770	0.0001

*Nota.* Se presentan en la tabla las derivas obtenidas en dirección Y-Y y estas son menores a la deriva máxima permisible 0.005.

Finalmente, con los resultados propios de cada sistema en estudio se procede a realizar la comparación especificando los parámetros de las propiedades.

#### **2.4.4 Aspectos éticos**

Para la redacción de la presente investigación se ha considerado los derechos de autor de cada estudio analizado, haciendo referencia a cada investigación mediante el formato APA séptima edición, de manera que no se presente plagio y se deje notar la calidad del estudio, transparencia en su elaboración y la ética profesional fundamental que detalla los valores que deben verse plasmados en el accionar de los profesionales.

## 2.4.5 Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>SISTEMA ESTRUCTURAL</b>	Es el ensamblaje de los elementos resistentes que al vincularse generan estructuras armadas tales como las de muros estructurales y muros de ductilidad limitada.	Los sistemas estructurales son obtenidos según la clasificación de la Norma E.030 Diseño Sismorresistente, los categoriza según el material usado y el sistema de estructuración sismorresistente por dirección de análisis.	Muros estructurales  Muros de ductilidad limitada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Al menos 70% de fuerza cortante basal.</li> <li>Espesor 10-15 cm.</li> <li>Una capa de refuerzo vertical.</li> <li>8 pisos máx.</li> </ul>
<b>COMPORTAMIENTO SÍSMICO</b>	Conceptualmente se define como la respuesta frente a impactos provocados por fuerzas y desplazamientos producto de un sismo, por lo que abarca el estudio de parámetros para su determinación que inciden en el sistema de muros estructurales y el sistema de muros de ductilidad limitada.	El comportamiento sísmico del sistema de muros estructurales y el sistema de muros de ductilidad limitada se determina mediante la operacionalización del análisis de cargas de sismos y cargas de gravedad; resultado de una proyección previa de ambas estructuras	Fuerzas sísmicas en altura y  Derivas máximas  Periodo fundamental de vibración	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>F_i = a_i \cdot V</math></li> <li><math display="block">a = \frac{P_i (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j (h_j)^k}</math></li> <li>Modelamiento en ETABS Norma E.030 detalla: ME &lt; deriva (0.007) MDL &lt; deriva (0.005)</li> <li><math>T = \frac{hn}{CT}</math></li> </ul>

## **CAPÍTULO III: RESULTADOS**

Para sintetizar los resultados obtenidos del análisis sísmico de los sistemas de muros estructurales y muros de ductilidad se emplea las fichas de análisis con previa aprobación, las que albergan datos importantes de las características generales e indispensables para el cálculo, cuadros comparativos de los principales resultados obtenidos en base a nuestras variables en estudio, cabe resaltar que cada ficha cuenta con observaciones que describen el análisis de los datos procesados en estas y a su vez nos sirva para determinar el comportamiento óptimo de uno de los sistemas estructurales en mención lo podrán encontrar adjunto en Anexos. A continuación de lo descrito líneas arriba se detalla los resultados obtenidos:

### **3.1. Parámetros generales de los materiales**

Los valores numéricos tomados de los parámetros de cada material son indispensables ya que al ser diferentes para cada sistema influyen en el peso o masa de la estructura, la rigidez o desplazamientos que aspectos considerables motivo de estudio.

**Tabla 57**

*Parámetros de los materiales por sistema estructural*

MATERIALES	PARÁMETROS	MUROS ESTRUCTURALES	MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA
Concreto	Resistencia a la compresión del concreto:	210 kg/cm <sup>2</sup>	175 kg/cm <sup>2</sup>
	Peso del concreto por unidad de volumen:	2400 kg/m <sup>3</sup>	2400 kg/m <sup>3</sup>
	Módulo de elasticidad del concreto:	2173706.51 Tn/m <sup>2</sup>	1984313.48 Tn/m <sup>2</sup>
	Módulo de Poisson:	0.15	0.
	Módulo de corte	905711.05 Tn/m <sup>2</sup>	826797.28 Tn/m <sup>2</sup>
	Propiedad mecánica direccional del concreto:	Isotrópico	Isotrópico
Acero	Esfuerzo de fluencia del acero:	4200 kg/cm <sup>2</sup>	4200 kg/cm <sup>2</sup>
	Resistencia a la tracción del acero:	6300 kg/cm <sup>2</sup>	6300 kg/cm <sup>2</sup>
	Peso por unidad de volumen del acero:	7849.05 kg/m <sup>3</sup>	7849.05 kg/m <sup>3</sup>
	Módulo de elasticidad del acero:	2038901.92 kg/cm <sup>2</sup>	2038901.92 kg/cm <sup>2</sup>

*Nota.* Se presenta variación en la resistencia a la compresión del concreto y esto incide en las propiedades mecánicas de los materiales.

En el caso del sistema de muros de ductilidad limitada debido a la rigidez lateral que presentan y a la densidad de muros que conforman la estructura es recomendable tener una resistencia nominal del concreto de 175 kg/cm<sup>2</sup> además que algunos autores como mencionan que en obra esto puede incrementarse hasta un 30%.

### 3.2. Configuración estructural

Se comparan el resultado del análisis de irregularidades presentes en la estructura, el peso o masa en ambos sistemas se les considera que pertenecen a la categoría C y como carga permanente se le adiciona el 25% de la carga viva. Estos datos son parte de los parámetros sísmicos.

**Tabla 58**

*Irregularidad en altura ( $I_a$ )*

TIPOS	MUROS ESTRUCTURALES	MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA
Irregularidad de rigidez (piso blando)	Regular	Regular
Irregularidad de rigidez (piso débil)	Regular	Regular
Irregularidad de masa o pesos	Regular	Regular
Irregularidad en geometría vertical	Regular	Regular
Discontinuidad de los sistemas estructurales	Regular	Regular

**Tabla 59**

*Irregularidad en planta ( $I_p$ )*

TIPOS	MUROS ESTRUCTURALES	MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA
Irregularidad torsional	Regular	Regular
Esquinas entrantes	Irregular (factor = 0.90)	Irregular (factor = 0.90)
Discontinuidad de diafragma	Regular	Regular
Sistemas no paralelos	Regular	Regular

*Nota.* Se deja notar que ambos sistemas presentan irregularidad por esquinas entrantes.

Los factores de irregularidad son resultado de su verificación en planta o en altura, por su diseño arquitectónico ambos sistemas presentan irregularidad por esquinas entrantes ya que al relacionar las longitudes generales del terreno con la longitud de las esquinas en (X) se tiene una variación del 65.56% y en (Y) una variación de 24.83% en ambos casos supera lo permisible igual a 20%. Al tener irregularidades en una estructura se ve afectado de manera directa el parámetro de reducción sísmica.

**Tabla 60**

*Peso de la edificación*

NIVEL	MUROS ESTRUCTURALES		MUROS DE DUCTILIDAD LIMITAS	
	MASA (Tn-s <sup>2</sup> /m)	Peso (Tn)	MASA (Tn-s <sup>2</sup> /m)	Peso (Tn)
6	21.599	211.886	20.421	200.331
5	23.699	232.487	30.745	301.606
4	23.484	230.375	30.886	302.991
3	23.484	230.375	30.886	302.991
2	23.484	230.375	30.886	302.991
2	23.601	231.528	31.239	306.457
Total (Ton)		1367.025		1717.366

*Nota.* En la tabla se aprecia el mayor peso presente en el sistema de muros de ductilidad limitada.

Se puede notar una diferencia de 350.341 Tn del sistema de muros de ductilidad limitada frente al sistema de muros estructurales. Esto se debe a la consideración de muros que se tienen toda su configuración está dada por muros de ductilidad limitada, por su lado el sistema opuesto solo utiliza algunos muros en donde se lo considere necesario y estos puedan aportar la rigidez a la estructura.

**Tabla 61**

*Parámetros sísmicos*

PARÁMETROS		MUROS ESTRUCTURALES	MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA
Zonificación	Zona	3	3
	Z	0.35	0.35
	Suelo	S3	S3
Parámetros de sitio	S	1.2	1.2
	Tp (seg)	1	1
	TL (seg)	1.6	1.6
Factor de ampliación sísmica	Tx (seg)	0.421	0.177
	Ty (seg)	0.46	0.108
	C	2.5	2.5
Uso	Categoría	C	C
	U	1	1
Factor de reducción sísmica	R0	6	4
	Ia	1	1
	Ip	0.9	0.9
	R	5.4	3.6
ZUCS/R		0.19	0.29

*Nota.* Se tiene la definición de los parámetros sísmicos que permiten el análisis estático y dinámico.

Los parámetros sísmicos que refieren a la zonificación, parámetros de sitio y uso son los mismos en ambas estructuras debido al lugar de proyección que se tubo, si embargo el factor de reducción sísmica difiere por el tipo de sistema y se ve afectado por las irregularidades (en los dos sistemas presentan el mismo factor  $I_a = 0.90$ ). De ello el sistema de muros de ductilidad limitada presenta un coeficiente de 3.6 siendo un valor menor al del otro sistema debido a que este presenta periodos cortos. El sistema de muros estructurales tiene un factor de reducción para las fuerzas sísmicas de 5.6 este es mayor porque presenta periodos más largos.

### 3.3. Análisis estático

Los resultados de la fuerza cortante basal y derivas máximas durante el procedimiento dejaron notar que para cada sistema estos parámetros están aceptados y dentro de los valores permisibles por la Norma de Diseño Sismorresistente.

**Tabla 62**

*Fuerza cortante basal*

SISTEMAS	CORTANTE BASAL (Tnf)	
Muros estructurales	Vx: 265.810	Vy: 265.810
Muros de ductilidad limitada	Vx: 500.898	Vy: 500.898

*Nota.* Tabla de la cortante basal presentan los mismos valores en ambas direcciones.

La cortante basal de cada sistema coincide en ambas direcciones, pero el sistema de muros estructurales tiene una fuerza cortante de 265.810 Tnf siendo un 53% menor al valor la cortante basal del sistema de muros de ductilidad limitada. Con este parámetro de determina la fuerza lateral de la estructura presentando mayor rigidez el sistema de muros de ductilidad limitada para más detalles revisar Anexo N° 17.

**Tabla 63**

*Derivas máximas*

SISTEMAS	DERIVAS MÁXIMAS		COMPROBACIÓN
Muros estructurales	X-X: 0.0013	Y-Y: 0.0014	Si cumple menor a 0.007
Muros de ductilidad limitada	X-X: 0.0004	Y-Y: 0.0001	Si Cumple menor a 0.005

*Nota.* Cortante basal para direcciones.

Las derivas máximas representan los desplazamientos de la estructura, tal es el caso que los muros de ductilidad limitada presentan derivas mínimas y esto se puede relacionar a la rigidez lateral por la cantidad o densidad de muros que presentan. Para más detalle ver Anexo N° 18.

### 3.4. Análisis dinámico

**Tabla 64**

*Fuerza cortante basal*

SISTEMAS	CORTANTE BASAL (Tnf)	
Muros estructurales	Vx: 239.193	Vy: 240.193
Muros de ductilidad limitada	Vx: 450.911	Vy: 450.911

*Nota.* Tabla de la cortante basal presentan los mismos valores similares en ambas direcciones.

La cortante basal dinámica para cada sistema coincide en la dirección Y y en X es similar. El sistema con una cortante basal mayor es el de muros de ductilidad limitada, pero tener en cuenta que cuando se realizó la verificación de fuerza cortante del primer piso no superó el 90% por tanto a la cortante se la escala y sus factores para este sistema fueron superiores respecto a otro sistema. Para más detalle revisar el anexo Anexo N° 19.

**Tabla 65**

*Derivas máximas*

SISTEMAS	DERIVAS MÁXIMAS	
Muros estructurales	X-X: 0.0011	Y-Y: 0.0011
Muros de ductilidad limitada	X-X: 0.0003	Y-Y: 0.0001

*Nota.* Tabla del resultado de las derivas dinámicas en ambas direcciones de los sistemas en estudio.

El sistema de muros estructurales presenta mayores derivas en ambas direcciones, pero también son mínimas ya que lo permisible es una deriva de 0.007 y el sistema de muros de ductilidad limitada tiene derivas de 0.0004 menores a lo la deriva que estipula la Norma E.030 de 0.005, para más detalle revisar el Anexo N° 20.

**Tabla 66***Periodo fundamental de vibración*

<b>SISTEMAS</b>	<b>PERIODOS DE VIBRACIÓN (seg)</b>	
Muros estructurales	X-X: 0.421	Y-Y: 0.462
Muros de ductilidad limitada	X-X: 0.176	Y-Y: 0.106

*Nota.* Periodos de vibración de los sistemas estructurales en (X) y (Y).

El sistema de muros de ductilidad limitada presenta periodos fundamentales de vibración menores respecto al otro sistema, por tanto, el tiempo que demora en hacer un ciclo al ser menor la estructura es más rígida. Cabe resaltar que al tomar en cuenta estos periodos identificamos la masa participativa modal que logró ser mayor al 90%. En los sistemas de muros estructurales se alcanzó porcentaje de masa participativa del 100% mientras que el sistema de muros de ductilidad limitada para alcanzar el porcentaje mínimo se aumentó de 18 modos que es lo normal (3 por cada piso) a 24 modos.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 5.1. Discusión

Según lo analizado con anterioridad referente a los sistemas de muros estructurales y muros de ductilidad limitada se discuten los siguientes resultados:

Para esta investigación es importante tomar en cuenta las características de los materiales empleados; de ello en ambos sistemas tienen como base de su estudio el análisis del comportamiento de muros de concreto armado, sin embargo, los muros de ductilidad limitada fueron diseñados bajo la resistencia a la compresión de concreto de  $175 \text{ kg/cm}^2$  y los muros estructurales bajo la resistencia de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , esto incide en el resto de propiedades del material empleado como el módulo de corte y elasticidad que se deja notar en la Tabla 57, la decisión de emplear concreto de  $175 \text{ kg/cm}^2$  recae en la rigidez lateral y a la gran cantidad o densidad de muros que conforman a este sistema y como parte constructiva la resistencia puede incrementarse en un 30%.

De lo expuesto en las tablas 58, nos lleva a continuar con la configuración estructural en la que tras un análisis de las irregularidades a las que puede estar sometido un sistema se aprecia que no presentan irregularidad altura (Ia), ya que cumplen con la rigidez mayor al 70% de un piso respecto a otro superior, también el peso es similar en todos los pisos al igual que sus dimensiones en planta y finalmente sus elementos verticales no presentan desalineamiento vertical o cambio de orientación. Por otro lado, ambos sistemas diseñados presentan irregularidad en planta (Ip) de tipo de esquinas entrantes, la que se deja notar en la distribución arquitectónica teniendo como resultado porcentajes superiores al 20% en relación a las dimensiones totales en ambas direcciones entre las dimensiones de las esquinas, pues en la dirección (X) obtenemos una variación del 65.66 % y en la dirección

(Y) una variación del 24.83 % correspondiéndole un factor de irregularidad de 0.90 como se muestra en la tabla 59.

De este análisis se puede comparar los parámetros sísmicos generales mostrados en la tabla 61 y difieren respecto al factor de reducción sísmica, el cual para el sistema de muros de ductilidad limitada es de 3.6 y para los muros estructurales es de 5.4; la diferencia se define por el tipo de sistema estructural y se aprecia que el factor de reducción sísmica en el sistema de muros de ductilidad limitada es menor porque presenta pocas posibilidades de desarrollar desplazamientos importantes en comparación al sistema de muros estructurales.

En cuanto al peso sísmico, el sistema de muros de ductilidad limitada sobresale con 1717.366 Tn respecto al otro tiene 350.341 Tn más de masa, pese al espesor reducido de los muros (15 cm), su peso se incrementa por la cantidad o densidad de los muros de ductilidad limitada que tiene en su configuración estructural la que demuestra que para la arquitectura presentada responde de manera óptima. Es importante mencionar que en ambos sistemas se le adiciono a la carga muerta el 25% de la carga viva.

Con lo considerado es los anteriores puntos se puede discutir los resultados obtenidos en el análisis estático de los sistemas en estudio teniendo en la tabla 62 que la fuerza cortante en la base de la estructura de muros de ductilidad limitada es de 500.898 Tn siendo superior a la de los muros estructurales que tiene una cortante de 265.810 Tn, esto se debe a la presencia de muros en toda la estructura pues la configuración estructural de una difiere de la otra incrementado así el peso sísmico en el sistema de muros estructurales; de lo mencionado en el caso del sistema de muros estructurales las placas alcanzaron resistir el 89% de la cortante y en comparativa a una tesis desarrollada por Loayza (2015) quien estudió un edificio de 5 niveles, obtuvo que los muros resisten el 80% de la fuerza cortante sísmica

lo que da como certeza para ambos estudios es que la estructura si pertenece al sistema de muros estructurales porque supera el 70% de la cortante.

De ello las derivas máximas del análisis dinámico son menores en el sistema de muros de ductilidad limitada, ya que no pueden presentar desplazamientos significativos. Cabe recalcar que las derivas máximas para el sistema de muros estructurales son menores a 0.007 valor permisible por la Norma E.030 y como resultado obtuvimos derivas de (X-X: 0.0013 y Y-Y: 0.0014) y para el sistema de muros de ductilidad limitada sus derivas son menores a 0.005 y menores respecto a las derivas del otro sistema y como resultado tenemos derivas en (X-X: 0.0004 y Y-Y: 0.0001); tal como se aprecia en el estudio de Campos (2018) en el que el sistema de muros de ductilidad limitada presenta derivas de entrepiso en ambas direcciones menores a 0.005, por lo que sus deformaciones no son representativas y no generan daños significativos. Adicionalmente si esta tesis lo comparamos con el de Quiroz (2016), quien consideró también en su investigación estudiar dos sistemas, para lo cual el de muros de ductilidad limitada refleja desplazamientos conservadores por presentar derivas bajas.

En cuanto al análisis dinámico las cortantes de cada sistema y por dirección son similares en (X) y (Y), de su análisis la cortante dinámica mínima el sistema de muros de ductilidad limitada no supera el 90% solo alcanza en su valor mínimo de 58% por lo que esta cortante se verá afectada por un factor de escalamiento de 1.56 en (X) y 1.24 en (Y), tal como se adjunta en el Anexo N° 19. Tener en cuenta que el factor solo afecta a la cortante basal mas no se consideran desplazamientos. De este análisis se obtuvieron cortantes dinámicas mayores en los muros de ductilidad limitada con valores en (X: 450.818 Tn) y en (Y: 450.911 Tn).

Finalmente, en la tabla 66 los periodos de vibración en el sistema de muros de ductilidad limitada son menores respecto al otro sistema, por tanto, el tiempo que demora en hacer un ciclo al ser menor la estructura es más rígida. Cabe resaltar que al tomar en cuenta estos periodos para ambos sistemas identificamos que la masa participativa modal logró ser mayor al 90% llegando hasta el 100% y para que el sistema de muros de ductilidad limitada pueda llegar al valor mínimo establecido por la Norma se aumentaron de 18 modos a 24 de participación.

En lo que respecta a las limitaciones de la investigación el análisis de iteración suelo estructura no se ve contemplado, esto conlleva a estudiar el diseño y efectos provocados por la cimentación, adicionalmente plantear para ambos sistemas el mismo modelamiento estructural en base a parámetros iguales de los materiales (como la misma resistencia del concreto) pueden ser de guía para futuras investigaciones; de ello se ve afectado el estudio realizado ya que los resultados obtenidos solo se alinean a las condiciones limitantes de diferente estructuración para una misma arquitectura.

De lo analizado, se puede apreciar que los dos sistemas cumplen con un comportamiento aceptable por la Norma E.030 Diseño Sismorresistente debido al resultado de sus parámetros en estudio, sin embargo con la comparativa se tiene que el sistema de muros de ductilidad limitada al presentar menores valores numéricos en sus derivas y menores valores en sus periodos de vibración generan en este más rigidez por tanto menores desplazamientos evitando así grandes deformaciones; de ello se reconoce tener un mejor comportamiento sísmico frente al sistema de muros estructurales.

## 5.2. Conclusiones

- El edificio multifamiliar de 6 pisos con el sistema de muros de ductilidad limitada presenta mejor comportamiento sísmico puesto que sus derivas en (X:0.0003) y (Y:0.0001) son menores en comparación a las del sistema de muros estructurales.
- El sistema de muros estructurales en el análisis estático presenta derivas en (X:0.0013) y en (Y:0.0014) las cuales son mayores a las derivas del sistema de muros de ductilidad limitada que tiene valores de (X:0.0004) y en (Y:0.0001).
- En el análisis dinámico las derivas en (X:0.0011) y en (Y:0.0011) del sistema de muros estructurales son mayores a las derivas en (X:0.0003) y en (Y:0.0001) del sistema de muros de ductilidad limitada. Con ello, se concluye que el sistema de muros de ductilidad limitada presenta mayor rigidez lateral ya que genera deformaciones poco considerables.
- El sistema de muros de ductilidad limitada presenta menores valores en cuanto a los periodos de vibración de la estructura en (X: 0.176 seg) y en (Y: 0.106 seg) esto se relaciona con las deformaciones producto de los desplazamientos que son también menores, por lo que indica mayor rigidez en este tipo de estructura planteada, en cambio el sistema de muros estructurales tiene periodos de vibración en (X: 0.421 seg) y en (Y: 0.462 seg) los cuales son mayores.

## REFERENCIA

- Andrade, H. (2014). Estructuras 1: Apuntes de clase. Gráficas del Sur,  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=693803>
- Arangueren, R., Donayre, R., Huatuco, J., Madrid, I., Ruesta, L. y Solís, C. (2021).  
Ductilidad limitada Construcción 2B. FAUA RIVA,  
[https://issuu.com/rodrigoaranbau1999/docs/muros\\_de\\_ductilidad\\_limitada\\_investigaci\\_n\\_](https://issuu.com/rodrigoaranbau1999/docs/muros_de_ductilidad_limitada_investigaci_n_)
- Arias, D y Quijada, C. (2016). Comparación de aspectos estructurales y económicos entre un edificio de 8 pisos para vivienda de muros de ductilidad limitada y sistema dual tipo I optimizado. [tesis para optar título, Pontificia Universidad Católica del Perú].  
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/15326>
- Campos, J. (2018). Análisis del comportamiento estructural de una edificación con muros de ductilidad limitada, en el Distrito de Pillco Marca -Huánuco [tesis para optar título, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/UNHEVAL/3989>.
- Elias, V. (2016). Sistemas de muros de ductilidad limitada SMDL – Perú [Diapositivas de PowerPoint]. Slideshare.  
<https://es.slideshare.net/HctorEliasVeraSalvad/sistema-de-muros-de-ductilidad-limitada-smdl-per>
- Esteban, K. y Cordova, J. (2020). Comportamiento sísmico de los sistemas estructurales de pórticos y albañilería confinada en una vivienda multifamiliar, Jr. Mantaro, El Tambo, 2020 [tesis para optar grado de

bachiller, Universidad Continental].

<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8207>

Gálvez, A., Burgos, M. y Ortiz, M. (2008). Propuesta del factor de reducción de fuerza sísmica para sistemas estructurales en concreto armado con muros reforzados por barras dúctiles y mallas electrosoldadas, [https://www.academia.edu/6829057/PROPUESTA\\_DEL\\_FACTOR\\_DE\\_REDUCCION\\_DE\\_FUERZA\\_SISMICA\\_PARA\\_SISTEMAS\\_ESTRUCTURALES\\_EN\\_CONCRETO\\_ARMADO\\_CON\\_MUROS\\_REFORZADOS\\_POR\\_BARRAS\\_DUCTILES\\_Y\\_MALLAS\\_ELECTROSOLDADAS\\_Por](https://www.academia.edu/6829057/PROPUESTA_DEL_FACTOR_DE_REDUCCION_DE_FUERZA_SISMICA_PARA_SISTEMAS_ESTRUCTURALES_EN_CONCRETO_ARMADO_CON_MUROS_REFORZADOS_POR_BARRAS_DUCTILES_Y_MALLAS_ELECTROSOLDADAS_Por)

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018). Perú: Perfil Sociodemográfico Informe Nacional.

[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf)

Loayza, J. (2015). Diseño de un edificio de concreto armado de 5 niveles [tesis para optar título, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6106>.

Pasquel, E. (2006). Muros de ductilidad limitada Construcción 2 B. *Faua Riba*, 6-7.

[https://issuu.com/rodrigoaranbau1999/docs/muros\\_de\\_ductilidad\\_limitada\\_investigacion](https://issuu.com/rodrigoaranbau1999/docs/muros_de_ductilidad_limitada_investigacion)

Harmsen, T. (2005). Diseño de estructuras de concreto armado. Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial.

- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014) Metodología de la Investigación (6ta ed.). Editorial Mexicana.  
[https://www.academia.edu/32697156/Hern%C3%A1ndez\\_R\\_2014\\_Metodologia\\_de\\_la\\_Investigacion](https://www.academia.edu/32697156/Hern%C3%A1ndez_R_2014_Metodologia_de_la_Investigacion)
- Quiroz, C. (2016). Comparación del comportamiento estructural de una vivienda multifamiliar proyectada mediante los sistemas de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada en la ciudad de Cajamarca [tesis para optar título, Universidad Privada del Norte].  
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/10254>.
- Ticona, E. (2018). Análisis y diseño estructural en concreto armado, de un edificio multifamiliar de 6 pisos, ubicado en la Ciudad de Arequipa [tesis para optar título, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio Institucional.  
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5841>.
- Zavaleta L. (2010). Análisis y diseño estructural comparativo entre el sistema de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada de una vivienda multifamiliar en la ciudad de Trujillo [tesis de pregrado, Universidad Privado Antenor Orrego].  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/26133>
- Reglamento Nacional de Edificaciones. Proyecto de Norma Técnica Peruana E-030 Diseño Sismorresistente 2020 (1ra ed.). Edición Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO.  
<https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>

## ANEXOS

**ANEXO N° 1:** Informes de estudio de suelos forme del estudio de mecánica de suelos para definir parámetros sísmicos.

 <p><b>GUERSAN</b> INGENIEROS S.R.L.</p>	<p>SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE INGENIERÍA ELABORACIÓN DE PERFILES Y EXPEDIENTES TÉCNICOS ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS SERVICIO DE TOPOGRAFÍA Y ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS CEL. 939291809 / TEL. 076 633319</p>
<p>RUC: 20602101488 Dirección: Psj. Diego Ferre N° 295 – Barrio San Martín – Cajamarca. CORREO: guersaningenieros@gmail.com</p>	
<h3>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN</h3> <p><b>TESIS:</b></p> <p>“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”</p> <p><b>UBICACIÓN:</b></p> <p>JR. PEREA B1, CUADRA 11, SECTOR 19, DISTRITO CAJAMARCA, PROVINCIA CAJAMARCA, DEPARTAMENTO CAJAMARCA</p> <p><b>TESISTA:</b></p> <p>PATRICIA LIZBETH ABANTO LINARES</p> <p><b>ASESOR:</b></p> <p>DR. ING. MOSQUEIRA MORENO, MIGUEL ANGEL</p> <p>CAJAMARCA, 12 DE NOVIEMBRE DEL 2022</p> <p>GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  Jhonny Vásquez Torres INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 255746</p>	

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
	<p align="center"><b>“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”</b></p>	<p align="center"><b>GI-EMS-012-11-22</b></p>
		<p align="center"><b>Fecha:</b> 12/11/2022</p>

**ÍNDICE**

1. MEMORIA DESCRIPTIVA.....	3
1.1. Resumen de las condiciones de cimentación.....	3
1.2. Objetivo del Informe:.....	5
1.3. Normatividad.....	5
1.4. Ubicación y Descripción del Área en Estudio.....	5
1.5. Antecedentes.....	7
1.6. Alcance del EMS.....	7
1.7. Condición climática y altitud de la zona.....	8
2. GEOMORFOLOGÍA, GEOLOGÍA Y SISMICIDAD DEL ÁREA EN ESTUDIO.....	8
2.1. Geomorfología.....	8
2.2. Geología.....	9
2.3. Sismicidad.....	9
3. INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....	10
3.1. Determinación de Parámetros Sísmicos según Norma E-030.....	10
3.2. Registro de puntos de exploración:.....	12
3.3. Muestreo Disturbado.....	12
4. ENSAYOS DE LABORATORIO.....	12
4.1 Ensayos Estándar.....	13
4.2 Ensayos Especiales.....	13
4.3 Clasificación de Suelos.....	13
5. PERFIL DEL SUELO.....	13
6. ASPECTOS RELACIONADOS CON LA NAPA FREÁTICA.....	13
7. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN.....	14
7.1. Cálculo de la Capacidad de Carga Admisible.....	14
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	17
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

  
 Johnny Vásquez Torres  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 255746

Pág. 1

Este documento es propiedad intelectual de Guersan Ingenieros S.R.L. Se prohíbe su reproducción total o parcial. Documento no controlado al imprimirse. Verificar en la red antes de su uso.

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
	“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”	GI-EMS-012-11-22
		Fecha: 12/11/2022

- ANEXO 1. RESULTADOS DE LABORATORIO
- ANEXO 2. PERFILES ESTRATIGRÁFICOS
- ANEXO 3. CROQUIS DE CIMENTACIÓN
- ANEXO 4. PANEL FOTOGRÁFICO



GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

*Jhony Páez Torres*  
.....  
Jhony Páez Torres  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 255746

Pág. 2

Este documento es propiedad intelectual de Guersan Ingenieros S.R.L. Se prohíbe su reproducción total o parcial. Documento no controlado al imprimirse. Verificar en la red antes de su uso.

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
	<p>“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”</p>	<p>GI-EMS-012-11-22</p>
		<p>Fecha: 12/11/2022</p>

## INFORME DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

### 1. MEMORIA DESCRIPTIVA

#### 1.1. Resumen de las condiciones de cimentación

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN
<b>C – 01 (CASO 1)</b>
<p><b>Profesional Responsable (PR):</b> Ing. Jhonny Vásquez Torres  <b>Ing. Civil CIP:</b> 255746</p>
<p><b>Tipo de Cimentación:</b> Platea – Dimensiones de 17.15 m x 18.00 m.</p>
<p><b>Profundidad de la Napa Freática:</b> No se encontró</p>
<p><b>Parámetros de Diseño de la Cimentación</b>            Profundidad de excavación: 1.90 m            Presión Admisible: <math>Q_{adm} = 2.38 \text{ kg/cm}^2</math>. Para valores de <math>D_f = 0.60 \text{ m}</math>            Factor de Seguridad por Corte (Estático, Dinámico): 3.00</p>
<p><b>Parámetros Sísmicos del Suelo (De acuerdo a la Norma E.030)</b>            Zona Sísmica: (Zona 3) <math>Z=0.35</math>            Tipo de perfil del suelo: <math>S_3</math>            Factor del Suelo (S): <math>S=1.20</math>            Período TP (s): 1.0            Período TL (s): 1.6</p>
<p><b>Indicaciones Adicionales:</b> -</p>

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

  
 Jhonny Vásquez Torres  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIPN° 255746

Pág. 3

Este documento es propiedad intelectual de Guersan Ingenieros S.R.L. Se prohíbe su reproducción total o parcial. Documento no controlado al imprimirse. Verificar en la red antes de su uso.

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
	<b>“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”</b>	<b>GI-EMS-012-11-22</b>
		<b>Fecha:</b> <b>12/11/2022</b>

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN
<b>C – 01 (CASO 2)</b>
<b>Profesional Responsable (PR):</b> Ing. Jhonny Vásquez Torres <b>Ing. Civil CIP:</b> 255746
<b>Tipo de Cimentación:</b> Platea – Dimensiones de 18.00 m x 22.55 m
<b>Profundidad de la Napa Freática:</b> No se encontró
<b>Parámetros de Diseño de la Cimentación</b> Profundidad de excavación: 1.90 m Presión Admisible: $Q_{adm} = 2.50 \text{ kg/cm}^2$ . Para valores de $D_f = 0.60 \text{ m}$ Factor de Seguridad por Corte (Estático, Dinámico): 3.00
<b>Parámetros Sísmicos del Suelo (De acuerdo a la Norma E.030)</b> Zona Sísmica: (Zona 3) $Z=0.35$ Tipo de perfil del suelo: $S_3$ Factor del Suelo (S): $S=1.20$ Período TP (s): 1.0 Período TL (s): 1.6
<b>Indicaciones Adicionales:</b> -

  
 GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
 Jhonny Vásquez Torres  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 255746

Pág. 4

Este documento es propiedad intelectual de Guersan Ingenieros S.R.L. Se prohíbe su reproducción total o parcial. Documento no controlado al imprimirse. Verificar en la red antes de su uso.

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
	<p>“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”</p>	<p>GI-EMS-012-11-22</p>
		<p>Fecha: 12/11/2022</p>

## 1.2. Objetivo del Informe:

El presente Estudio de mecánica de suelos tiene por finalidad dar a conocer a la tesista: PATRICIA LIZBETH ABANTO LINARES, los resultados de las investigaciones del suelo del terreno de fundación donde se ejecutará la tesis: “COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”.

La metodología para cumplir dicho objetivo consiste en trabajos de campo a través de un (01) pozo de exploración a cielo abierto o calicata, ensayos de laboratorio estándar y especiales a fin de obtener las principales características físicas y mecánicas del subsuelo, sus propiedades de resistencia y labores de gabinete en base a los cuales se define el perfil estratigráfico, tipo y profundidad de cimentación, Capacidad de Carga Admisible, conclusiones y recomendaciones generales para la cimentación.

El programa de trabajo realizado con este propósito ha consistido en:

- Ejecución de Ensayos de Laboratorio.
- Evaluación de los Trabajos de Campo y Laboratorio.
- Perfiles Estratigráficos.
- Análisis de la Capacidad de Carga Admisible.
- Conclusiones y Recomendaciones.

## 1.3. Normatividad

El presente trabajo de consultoría está en concordancia con las siguientes normativas:

- Norma Técnica E.030 “Diseño sismo resistente”.
- Norma Técnica E.050 “Suelos y Cimentaciones”.
- Norma Técnica E.060 “Concreto Armado”.
- ASTM y NTP (Referentes a los ensayos de mecánica de suelos).

## 1.4. Ubicación y Descripción del Área en Estudio.

El terreno destinado para la ejecución de la tesis: “COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”, se encuentra ubicado en:

- Región: Cajamarca
- Provincia: Cajamarca
- Distrito: Cajamarca
- Dirección: Jr. Perea B1, Cuadra 11-Sector 19

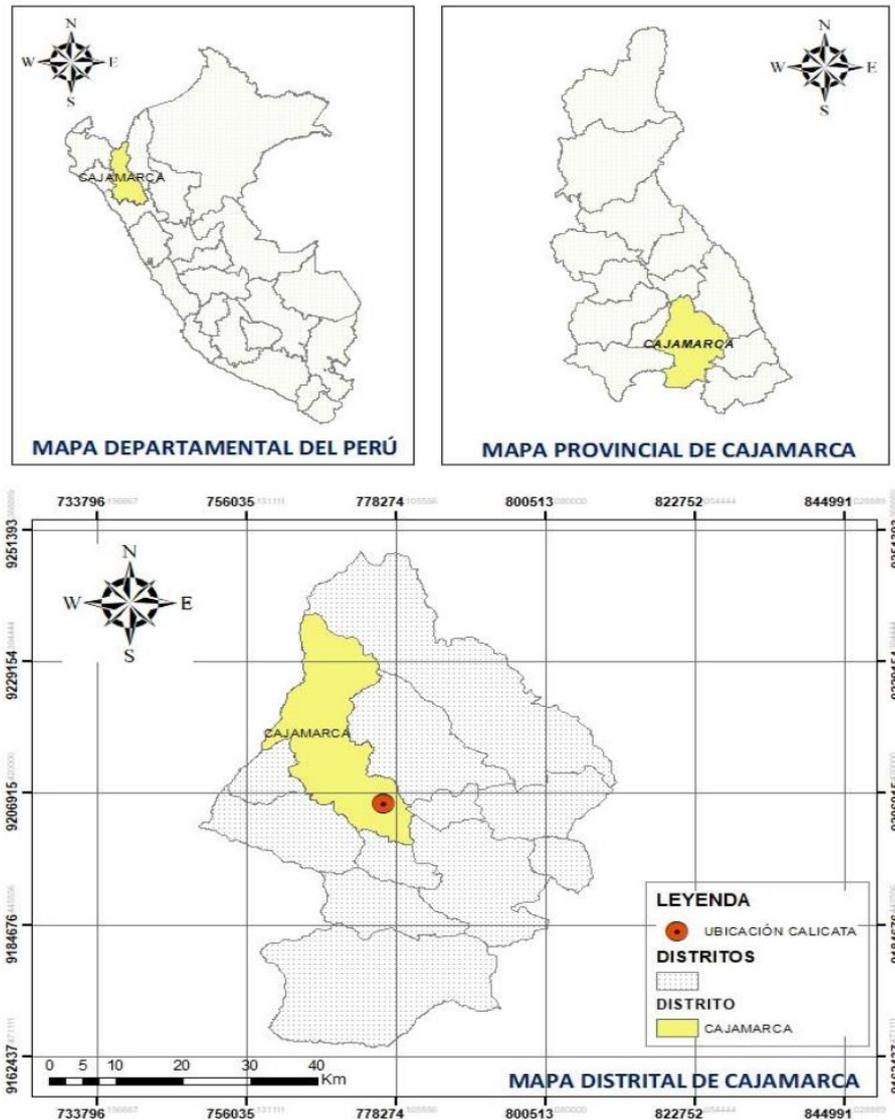
GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
  
 .....  
 Johnny Vásquez Torres  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIPN° 255746

Pág. 5

Este documento es propiedad intelectual de Guersan Ingenieros S.R.L. Se prohíbe su reproducción total o parcial. Documento no controlado al imprimirse. Verificar en la red antes de su uso.

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
	<p>“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”</p>	<p>GI-EMS-012-11-22</p>
		<p>Fecha: 12/11/2022</p>

**GRÁFICO 1.** Mapa Político de la zona de estudio. (Fuente propia)



GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

*Jhony Vásquez Torres*  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIPN° 255746

Pág. 6

Este documento es propiedad intelectual de Guersan Ingenieros S.R.L. Se prohíbe su reproducción total o parcial. Documento no controlado al imprimirse. Verificar en la red antes de su uso.

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
	<p>“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”</p>	<p>GI-EMS-012-11-22</p>
		<p>Fecha: 12/11/2022</p>

**LOCALIZACIÓN:** La tesis (hito amarillo) se encuentra en Jr. Perea B1, Cuadra 11, Sector 19, distrito de Cajamarca, la vista satelital es la siguiente:

**GRÁFICO 2.** Ubicación Satelital de la zona de emplazamiento de la tesis. Fuente: Elaboración propia – Google Earth).



#### 1.5. Antecedentes.

El área de estudio según la información facilitada por nuestro solicitante es un área libre, donde se prevé la construcción de una edificación multifamiliar.

Además de la información de la tesis, se ha dispuesto otra documentación para la confección del informe: Reglamento de Edificaciones, información geográfica a través de programas como GEOCATMIN, Google Earth y otros estudios realizados en la zona junto con la biografía que figura al final del informe.

#### 1.6. Alcance del EMS

El presente EMS se limita geográficamente al terreno donde se proyectará una edificación multifamiliar para la tesis: “COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”. Asimismo, técnicamente el estudio es válido en la profundidad y estratos encontrados en la exploración de campo.

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

*Jhony Vásquez Torres*  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 255746

Pág. 7

Este documento es propiedad intelectual de Guersan Ingenieros S.R.L. Se prohíbe su reproducción total o parcial. Documento no controlado al imprimirse. Verificar en la red antes de su uso.

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
	<p>“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”</p>	GI-EMS-012-11-22
		Fecha: 12/11/2022

### 1.7. Condición climática y altitud de la zona

El distrito de Cajamarca se encuentra a una altitud media de 2750 m.s.n.m. En Cajamarca, los veranos son frescos y nublados y los inviernos son cortos, fríos, secos y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 5 °C a 19 °C y rara vez baja a menos de 3 °C o sube a más de 21 °C. La temporada templada dura 3.4 meses, del 1 de diciembre al 14 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 18 °C. El mes más cálido del año en Cajamarca es febrero, con una temperatura máxima promedio de 18 °C y mínima de 8 °C.

## 2. GEOMORFOLOGÍA, GEOLOGÍA Y SISMICIDAD DEL ÁREA EN ESTUDIO.

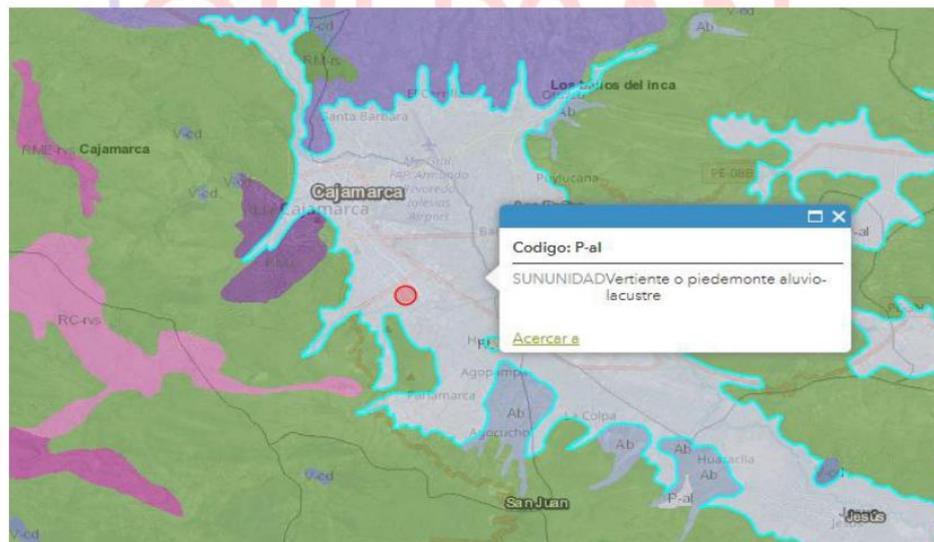
### 2.1. Geomorfología

La zona de estudio, está ubicada en las siguientes unidades:

Unidad de Piedemonte, subunidad de Vertiente o piedemonte aluvio-lacustre (P-al):

Esta se caracteriza por ocupar las partes bajas del relieve montañoso y colinoso. Su origen es producto de la acumulación de sedimentos aluviales y fluviales sobre concavidades lagunares.

**GRÁFICO 3.** Geomorfología de la zona de emplazamiento de la tesis (Fuente: GEOCATMIN, 2022)



GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

*Jhony Vázquez Torres*  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 255746

Pág. 8

Este documento es propiedad intelectual de Guersan Ingenieros S.R.L. Se prohíbe su reproducción total o parcial. Documento no controlado al imprimirse. Verificar en la red antes de su uso.

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
	<p align="center"><b>“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”</b></p>	<p align="center"><b>GI-EMS-012-11-22</b></p>
		<p align="center">Fecha: <b>12/11/2022</b></p>

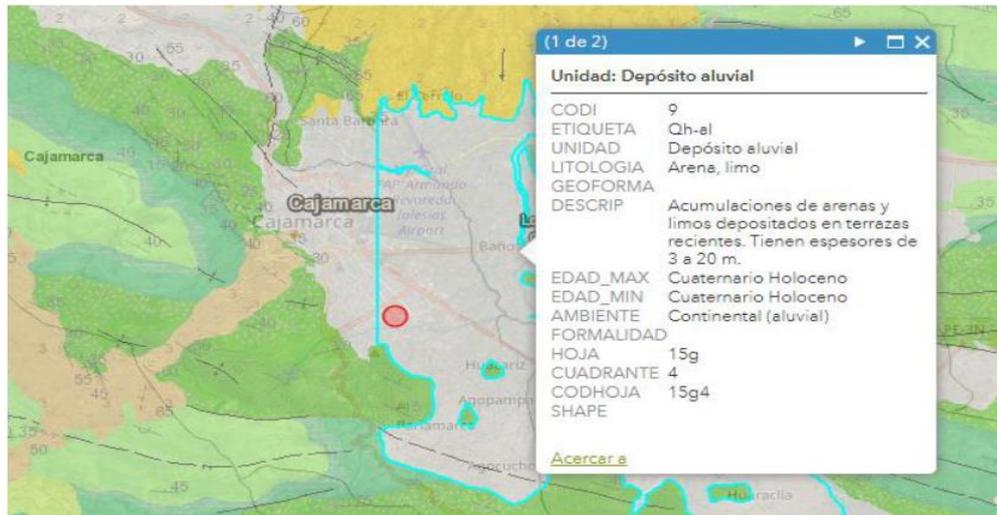
## 2.2. Geología

La zona de estudio se encuentra en las siguientes unidades:

### Unidad Depósito aluvial (Qh-al):

Pertenciente a la era Cenozoica, Sistema Cuaternario y serie Holoceno. Está compuesta, litológicamente, por la acumulación de gravas finas y gruesas, arenas medias a gruesas, limo y arcillas con clastos subangulosos a angulosos. Estos son materiales generalmente en estado suelto o poco consolidado, de naturaleza heterogénea.

**GRÁFICO 4.** Geología de la zona de emplazamiento de la tesis (Fuente: GEOCATMIN, 2022)



## 2.3. Sismicidad

El Perú por estar comprendido como una de las regiones de más alta actividad sísmica, forma parte del Cinturón Circunpacifico, que es una de las zonas sísmicas más activas del mundo. Razón por la cual debe tenerse la posibilidad de que ocurran sismos de intensidades altas. Dentro del territorio peruano se ha establecido diversas zonas sísmicas las cuales presentan diferentes características de acuerdo a la mayor o menor presencia de los sismos.

En particular, el área de estudio tiene un valor de aceleración de  $4.0 \text{ m/s}^2$ , de acuerdo con los datos del *United States Geological Survey (USGS)*. Este representa un 40.77% del valor de la aceleración de la gravedad.

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

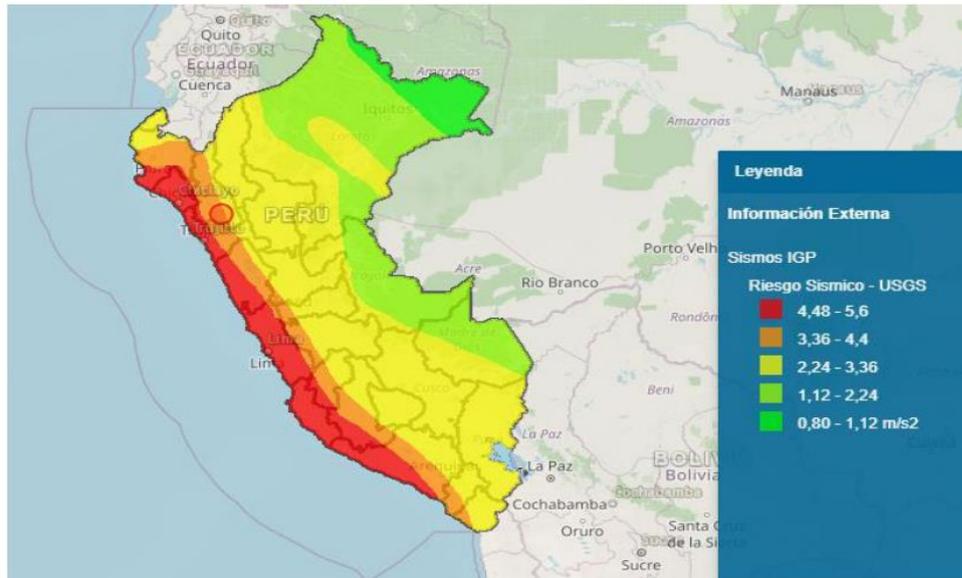
*Jhoany Vásquez Torres*  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 255746

Pág. 9

Este documento es propiedad intelectual de Guersan Ingenieros S.R.L. Se prohíbe su reproducción total o parcial. Documento no controlado al imprimirse. Verificar en la red antes de su uso.

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
	<p>“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”</p>	<p>GI-EMS-012-11-22</p>
		<p>Fecha: 12/11/2022</p>

**GRÁFICO 5.** Riesgo sísmico del área de estudio (color rojo). Fuente: USGS, 2022.



### 3. INVESTIGACIÓN DE CAMPO

#### 3.1. Determinación de Parámetros Sísmicos según Norma E-030.

Respecto a la zonificación sísmica, dado que la tesis se ubica en distrito de *Cajamarca*, provincia de *Cajamarca* y departamento de *Cajamarca*, esta será **Zona 3**. Luego el factor de zona correspondiente es **0.35**.

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
CAJAMARCA	CAJAMARCA	ENCAÑADA	2	UN DISTRITO
		ASUNCIÓN		
		CAJAMARCA	3	ONCE DISTRITOS
		CHETILLA		
		COSPÁN		
		JESÚS		
		LLACANORA		
		LOS BAÑOS DEL INCA		
		MAGDALENA		
		MATARA		
		NAMORA		
SAN JUAN				

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

*Jhony Vásquez Torres*  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 255746

Pág. 10

Este documento es propiedad intelectual de Guersan Ingenieros S.R.L. Se prohíbe su reproducción total o parcial. Documento no controlado al imprimirse. Verificar en la red antes de su uso.

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
	<p>“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”</p>	<p>GI-EMS-012-11-22</p>
		<p>Fecha: 12/11/2022</p>

ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Para la selección del tipo de perfil de suelo se consideró lo siguiente:

El estrato predominante en la calicata C-01 es un limo inorgánico baja plasticidad (ML). Luego la resistencia al corte en condición no drenada  $S_u$  es 17.85 kPa. De acuerdo con la norma E.030, este correspondería a un perfil del suelo  $S_3$ .

Perfil	$\bar{V}_s$	$\bar{N}_{60}$	$\bar{S}_u$
S <sub>0</sub>	> 1500 m/s	-	-
S <sub>1</sub>	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kPa
S <sub>2</sub>	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S <sub>3</sub>	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S <sub>4</sub>	Clasificación basada en el EMS		

Luego, y teniendo en cuenta los anteriores criterios sísmicos, se obtienen los siguientes parámetros de sitio:

ZONA	SUELO	FACTOR DE SUELO "S"			
		S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>		0.80	1.00	1.05	1.10
Z <sub>3</sub>		0.80	1.00	1.15	1.20
Z <sub>2</sub>		0.80	1.00	1.20	1.40
Z <sub>1</sub>		0.80	1.00	1.60	2.00

	Perfil de Suelo			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
T <sub>P</sub> (S)	0.3	0.4	0.6	1.0
T <sub>L</sub> (S)	3.0	2.5	2.0	1.6

Finalmente, como se proyecta construir una edificación multifamiliar, en el área de estudio, esta se clasifica como una edificación común (C). Por ello el factor de uso a considerar debe ser 1.0.

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
  
 Johnny Vásquez Torres  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 255746

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
	<b>“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”</b>	<b>GI-EMS-012-11-22</b>
		<b>Fecha:</b> <b>12/11/2022</b>

TABLAN°5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
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

En resumen, y de acuerdo a la norma NTE E.030 Diseño Sismorresistente, se tiene:

<b>Ubicación de la Tesis</b>	Distrito Cajamarca, Provincia Cajamarca, Departamento Cajamarca.
<b>Categoría de edificación y Factor U</b>	C-1.0
<b>Zona Sísmica</b>	3
<b>Factor de Zona (Z)</b>	0.35
<b>Perfil Tipo</b>	S <sub>3</sub>
<b>Factor de Suelo (S)</b>	1.20
<b>Periodo (T<sub>p</sub> (S))</b>	1.0
<b>Periodo (T<sub>L</sub> (S))</b>	1.6

### 3.2. Registro de puntos de exploración:

Con la finalidad de determinar el perfil estratigráfico del área en estudio se realizó, por parte del solicitante, una (01) excavación a cielos abierto usando herramientas manuales. Esta calicata tiene un largo y ancho aproximado de 1.00 m x 1.00 m, y 3.00 m de profundidad.

Calicata N°	Descripción	Coordenadas	
		Este	Norte
C-01	PLATEA DE CIMENTACION	776550.00	9205280.00

### 3.3. Muestreo Disturbado.

El solicitante, tomó muestras inalteradas en bloque (Mib) de cada uno de los tipos de suelos encontrados, en cantidad suficiente, para realizar los ensayos de clasificación e identificación de suelos.

## 4. ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos estándar y especiales en Suelos se realizaron bajo las Normas A.S.T.M. (American Society For testing and Materials).

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

*Jhoany Páez Torres*  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIPN° 255746

Pág. 12

Este documento es propiedad intelectual de Guersan Ingenieros S.R.L. Se prohíbe su reproducción total o parcial. Documento no controlado al imprimirse. Verificar en la red antes de su uso.

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
	<p align="center"><b>“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”</b></p>	<p align="center"><b>GI-EMS-012-11-22</b></p>
		<p align="center"><b>Fecha:</b> <b>12/11/2022</b></p>

**4.1 Ensayos Estándar**

- 01 ensayo de Análisis granulométrico ASTM D 6913
- 01 ensayo de Límite líquido, Límite plástico ASTM D 4318
- 01 ensayo de Contenido de Humedad ASTM D 2216
- 01 ensayo de Densidad Húmeda en campo (Método volumétrico) NTP 339.139

**4.2 Ensayos Especiales.**

- 01 ensayo de Corte Directo ASTM D 3080

**4.3 Clasificación de Suelos**

Las clasificaciones de las muestras ensayadas en el laboratorio se han clasificado de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), bajo la Norma A.S.T.M. D 2487 y la Norma Técnica A.A.S.H.T.O. M 145, según se requiera.

**Cuadros de clasificación de suelos**

CALICATA	C – 01
Muestra	M - 1
Profundidad (m)	De 0.40 m a 3.00 m
% Pasa Tamiz N°4	75.01
% Pasa Tamiz N°200	67.45
Límite Líquido (%)	35.00
Índice Plástico (%)	10.00
Contenido de Humedad (%)	10.26
Clasificación S.U.C.S.	ML

**5. PERFIL DEL SUELO**

En base a los trabajos de campo y ensayos de laboratorio se deduce la siguiente conformación:

**La Calicata C-1,** Presenta un primer estrato hasta 0.40 m de profundidad constituido por materia orgánica. De 0.40 m hasta 3.00 m de profundidad existe un segundo estrato constituido por limo inorgánico de baja plasticidad, color marrón, mezclado con 24.99% de grava de TM 2" y 7.56% de arena gruesa a fina.

**6. ASPECTOS RELACIONADOS CON LA NAPA FREÁTICA.**

En la exploración de campo realizada no se encontró el nivel freático en la calicata en estudio.

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
  
 Jhony Vásquez Torres  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 255746

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
	<b>“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”</b>	<b>GI-EMS-012-11-22</b>
		<b>Fecha:</b> <b>12/11/2022</b>

## 7. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

### 7.1. Cálculo de la Capacidad de Carga Admisible

Para determinar la Capacidad de Carga Admisible, se ha considerado el ángulo de fricción interna, el valor de la cohesión, resistencia a la compresión simple de la roca y su peso específico.

CALICATA		C – 01
Muestra		M – 1
Tipo de Suelo		ML
Ángulo de Fricción Interna (°)	$\phi$	17.39
Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> )	c	0.182
Peso específico húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_H$	1.648

La capacidad portante del suelo se calculará teniendo en cuenta una cimentación tipo platea, y mediante el método de Meyerhof. La ecuación para la capacidad de carga es:

**Ecuación general de la capacidad de carga (Meyerhof):**

$$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Donde:

$c'$  = Cohesión del suelo

$\gamma$  = Peso específico del suelo

$q$  =  $\gamma D_f$  Esfuerzo efectivo al nivel de fondo de la cimentación.

$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$  = Factores de forma.

$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$  = Factores de profundidad.

$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$  = Factores de inclinación de la carga.

$N_c, N_q, N_\gamma$  = Factores de capacidad de carga.

$B$  = Ancho de la cimentación

Luego, la capacidad de carga admisible, se determina bajo la siguiente expresión:

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS}$$

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
  
 Joaquín Yáñez Torres  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 255746

Pág. 14

Este documento es propiedad intelectual de Guersan Ingenieros S.R.L. Se prohíbe su reproducción total o parcial. Documento no controlado al imprimirse. Verificar en la red antes de su uso.

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
	<b>“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”</b>	<b>GI-EMS-012-11-22</b>
		<b>Fecha:</b> <b>12/11/2022</b>

Las siguientes tablas resumen el cálculo de la capacidad portante para diferentes dimensiones de la platea:

❖ **CASO 1:**

CALICATA				<b>C-01</b>
MUESTRA				<b>M-1</b>
TIPO DE SUELO				<b>ML</b>
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA	( ° )	f =		<b>17.39</b>
COHESIÓN	(kg/cm <sup>2</sup> )	c =		<b>0.182</b>
PESO ESPECÍFICO DEL SUELO	(kg/cm <sup>3</sup> )	g =		0.00165
PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN	(cm)	Df =		60.00
ANCHO DE CIMIENTO	(cm)	B =		<b>1800.00</b>
LARGO DE CIMIENTO	(cm)	L =		<b>2200.00</b>
FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA:		Nc =		12.638
		Nq =		4.962
		Ny =		3.742
FACTORES DE FORMA		Fcs =		1.374
		Fqs =		1.298
		Fys =		0.619
FACTORES DE PROFUNDIDAD		Fcd =		1.025
		Fqd =		1.020
		Fyd =		1.000
FACTORES DE INCLINACION DE LA CARGA		Fci =		1.000
		Fqi =		1.000
		Fyi =		1.000
FACTOR DE SEGURIDAD		F.S. =		3.000

CALICATA		<b>C - 01</b>
Muestra		<b>M - 1</b>
Capacidad de carga admisible (kg/cm <sup>2</sup> )	<i>q<sub>adm</sub></i>	<b>2.38</b>

GUERSAN/INGENIEROS S.R.L.

  
 .....  
**Johnny Vásquez Torres**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 255746

Pág. 15

Este documento es propiedad intelectual de Guersan Ingenieros S.R.L. Se prohíbe su reproducción total o parcial. Documento no controlado al imprimirse. Verificar en la red antes de su uso.

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
	<p>“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”</p>	GI-EMS-012-11-22
		Fecha: 12/11/2022

❖ CASO 2:

CALICATA			<b>C-01</b>
MUESTRA			<b>M-1</b>
TIPO DE SUELO			<b>ML</b>
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA	( ° )	f =	<b>17.39</b>
COHESIÓN	(kg/cm <sup>2</sup> )	c =	<b>0.182</b>
PESO ESPECÍFICO DEL SUELO	(kg/cm <sup>3</sup> )	g =	0.00165
PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN	(cm)	Df =	60.00
ANCHO DE CIMIENTO	(cm)	B =	<b>1800.00</b>
LARGO DE CIMIENTO	(cm)	L =	<b>2255.00</b>
FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA:		Nc =	12.638
		Nq =	4.962
		Ny =	3.742
FACTORES DE FORMA		Fcs =	1.313
		Fqs =	1.250
		Fys =	0.681
FACTORES DE PROFUNDIDAD		Fcd =	1.024
		Fqd =	1.019
		Fyd =	1.000
FACTORES DE INCLINACION DE LA CARGA		Fci =	1.000
		Fqi =	1.000
		Fyi =	1.000
FACTOR DE SEGURIDAD		F.S. =	3.000

CALICATA		<b>C – 01</b>
Muestra		<b>M – 1</b>
Capacidad de carga admisible (kg/cm <sup>2</sup> )	<i>q<sub>adm</sub></i>	<b>2.50</b>

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

Jhony Vásquez Torres  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 255746

Pág. 16

Este documento es propiedad intelectual de Guersan Ingenieros S.R.L. Se prohíbe su reproducción total o parcial. Documento no controlado al imprimirse. Verificar en la red antes de su uso.

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
	<b>“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”</b>	<b>GI-EMS-012-11-22</b>
		<b>Fecha:</b> <b>12/11/2022</b>

### 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- El subsuelo del terreno destinado para la ejecución de la tesis: “COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”, ubicado en Jr. Perea B1, Cuadra 11, Sector 19, distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca, está clasificado mediante el sistema SUCS (Clasificación Unificada del Suelo), Norma ASTM D-2488, realizándose una (01) calicata, conformada por:

Nº CALICATA	DESCRIPCIÓN
C - 1	Presenta un primer estrato hasta 0.40 m de profundidad constituido por materia orgánica. De 0.40 m hasta 3.00 m de profundidad existe un segundo estrato constituido por limo inorgánico de baja plasticidad, color marrón, mezclado con 24.99% de grava de TM 2" y 7.56% de arena gruesa a fina.

- De acuerdo a los perfiles estratigráficos de los suelos, se encuentran conformados por limo inorgánico de baja plasticidad (ML). Ver Anexo 2: Perfiles Estratigráfico.
- La capacidad admisible de carga o de diseño del suelo de fundación, es de:

Calicata	C - 01	
	1	2
<b>Estructura</b>	PLATEA: 17.15 m x 18.00 m	PLATEA: 18.00 m x 22.55 m
<b>q<sub>ad</sub> (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>2.38</b>	<b>2.50</b>

Se recomienda que el nivel final o profundidad de excavación sea de 1.90 m. Este valor incluye un solado, una capa de afirmado y una capa de over/piedra entre la platea y el terreno natural. Ver Anexo 3: Croquis de detalle de cimentación. Entonces se tiene:

Nivel final de platea: 0.60 m  
 Solado de concreto ( $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ ): 0.10 m  
 Afirmado (Material Granular): 0.60 m  
 Over/Piedra grande (3"-8"): 0.60 m  
 Profundidad final de excavación: 1.90 m

- No se ha encontrado nivel freático en la calicata explorada.
- Se recomienda que estructuras como; falsos pisos, veredas, pavimentos interiores y exteriores, entre otros no se cimenten sobre turba, suelo orgánico, tierra vegetal, desmonte o relleno sanitario. Estos materiales inadecuados deberán ser removidos en su totalidad, antes de construir la cimentación y ser reemplazados con materiales seleccionados.

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
  
 .....  
 Johnny Vásquez Torres  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 255746

Pág. 17

Este documento es propiedad intelectual de Guersan Ingenieros S.R.L. Se prohíbe su reproducción total o parcial. Documento no controlado al imprimirse. Verificar en la red antes de su uso.

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
	<p>“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”</p>	GI-EMS-012-11-22
		Fecha: 12/11/2022

- El ingeniero estructurista estará a cargo de determinar las dimensiones de la cimentación, acorde a la capacidad admisible de carga del terreno de fundación compatible con las cargas transmitidas y la Norma Técnica E-060.
- El concreto a utilizar en la cimentación debe ser diseñado por un especialista en Tecnología del Concreto, empleando agregados que deben cumplir con la Norma A.S.T.M. C 33M-16. Además, el agua a ser utilizada para las mezclas de concreto debe cumplir con la Norma N.T.P. 339.088. Asimismo, utilizar agregados lavados, por cuanto, estos pueden contener sustancias deletéreas que influyen negativamente en las propiedades del concreto endurecido.
- Se recomienda, realizar muestreo de las mezclas de concreto a elaborar en la ejecución de la Obra, acorde a la Norma A.S.T.M. C 172. Asimismo, se debe utilizar un método de curado adecuado para el concreto acorde a la Norma A.S.T. M. C 31M-10 (temperatura de agua de curado:  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , humedad relativa 95%), con la finalidad de alcanzar el grado de hidratación y por ende la resistencia mecánica requerida en obra y los especímenes de concreto deberán ensayarse de acuerdo a la Norma A.S.T.M. C 39, con la finalidad de evaluar el control de calidad del concreto en concordancia con el Reglamento ACI 318S-14.

#### 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Braja, M. (2011). *Fundamento de Ingeniería de Cimentaciones* [7° Ed.]. Cimentaciones superficiales: capacidad de carga última, Cimentaciones superficiales: capacidad de carga y asentamiento permisible. México: CENCAGE Learning.

Norma E.030 (2019). *Diseño Sismorresistente*. Perú: Diario El Peruano

Norma E.050 (2019). *Suelo y Cimentaciones*. Perú: Diario El Peruano

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

.....  
*Jhony Páez Torres*  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIPN° 255746

Pág. 18

Este documento es propiedad intelectual de Guersan Ingenieros S.R.L. Se prohíbe su reproducción total o parcial. Documento no controlado al imprimirse. Verificar en la red antes de su uso.

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
	“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”	GI-EMS-012-11-22
		Fecha: 12/11/2022

## Anexo 1: Resultados de ensayos de laboratorio

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

*Jhony Rodríguez Torres*

INGENIERO CIVIL  
REG. CIPN° 255746

Este documento es propiedad intelectual de Guersan Ingenieros S.R.L. Se prohíbe su reproducción total o parcial. Documento no controlado al imprimirse. Verificar en la red antes de su uso.

	<b>GUERSAN INGENIEROS S.R.L.</b>				
	GI-EMS-012-11-22			FECHA: 12/11/2022	
	CONTENIDO DE HUMEDAD			ASTM D2216 AASHTO T 265	
TESIS:	“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022” .				
UBICACIÓN:	JR. PEREA B1, CUADRA 11, SECTOR 19 - CAJAMARCA.				
TESISTA:	PATRICIA LIZBETH ABANTO LINARES.				
ASESOR:	DR. ING. MOSQUEIRA MORENO, MIGUEL ANGEL.			COORDENADAS DE CALICATA C - 01	
CALICATA:	C - 01	ESTRUCTURA:	LOSA DE CIMENTACIÓN	ESTE	NORTE
MUESTRA:	M-1	PROFUNDIDAD:	De 0.40m a 3.00m	776550.00	9205280.00

CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE SECADO DE MUESTRA			
TEMPERATURA DE SECADO	110 °C	TIEMPO DE SECADO	16 h

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Identificación de Tara	D-4
Masa de tara (g)	1876.00
M. Tara + M. Húmeda (g)	1712.00
M. Tara + M. Seca (g)	164.00
Masa de agua (g)	113.70
Masa de Muestra Seca (g)	1598.30
W (%)	10.26%

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

  
 Jhosley Páez Torres  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 255746

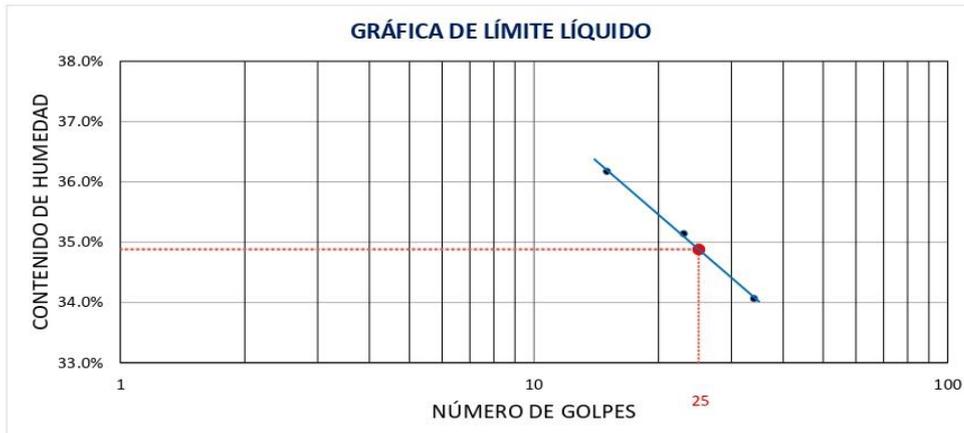
LABORATORIO RESPONSABLE: GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
 REGISTRO INDECOPI N°: 00102926 RUC: 20602101488  
 CORREO: guersaningenieros@gmail.com DIRECCION: Psje. Diego Ferre N° 295. CEL: 939 291 809

	GUERSAN INGENIEROS S.R.L.				
	GI-EMS-012-11-22			FECHA: 12/11/2022	
	LÍMITES DE ATTERBERG			ASTM D4318 AASHTO T 89	
TESIS:	“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022” .				
UBICACIÓN:	JR. PEREA B1, CUADRA 11, SECTOR 19 - CAJAMARCA.				
TESISTA:	PATRICIA LIZBETH ABANTO LINARES.				
ASESOR:	DR. ING. MOSQUEIRA MORENO, MIGUEL ANGEL.			COORDENADAS DE CALICATA C-01	
CALICATA:	C - 01	ESTRUCTURA:	LOSA DE CIMENTACIÓN	ESTE	NORTE
MUESTRA:	M-1	PROFUNDIDAD:	De 0.40m a 3.00m	776550.00	9205280.00

CONDICIONES DEL ENSAYO			
MUESTRA A ENSAYAR		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)	
TEMP. DE SECADO:	60 °C	TEMP. DE SECADO:	110 °C
TIPO DE MATERIAL:	Pasa la malla N° 40	TIEMPO DE SECADO:	16 h
AGUA USADA:	Potable		

TARA N°	LÍMITE LÍQUIDO			TARA N°	LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3		4	5
M tara (g)	14.38	17.23	16.72	M tara (g)	15.34	13.02
Mt+ M.Húmeda (g)	30.68	32.42	31.99	Mt+ M.Húmeda (g)	20.07	19.83
Mt+ M. Seca (g)	26.35	28.47	28.11	Mt+ M. Seca (g)	19.12	18.47
M agua (g)	4.33	3.95	3.88	M agua (g)	0.95	1.36
M M.Seca (g)	11.97	11.24	11.39	M. Muestra Seca (g)	3.78	5.45
W(%)	36.17%	35.14%	34.06%	W(%)	25.13%	24.95%
N.GOLPES	15	23	34	Contenido de Humedad Promedio: 25.04%		

LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
35.00%	25.00%	10.00%



GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
  
 Jhoany Páez Torres  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 255746

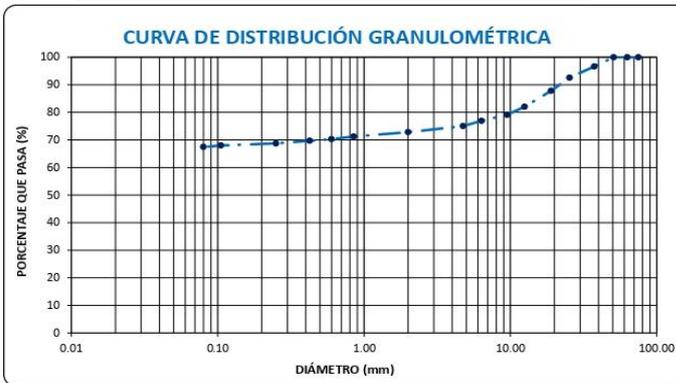
LABORATORIO RESPONSABLE: GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
 REGISTRO INDECOPI N°: 00102926 RUC: 20602101488  
 CORREO: guersaningenieros@gmail.com DIRECCIÓN: Psje. Diego Ferre N° 295. CEL: 939 291 809

GI-EMS-012-11-22			FECHA: 12/11/2022		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			ASTM D6913/D6913M-17 AASHTO T 88		
<b>TESIS:</b> "COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022".					
<b>UBICACIÓN:</b> JR. PEREA B1, CUADRA 11, SECTOR 19 - CAJAMARCA.					
<b>TESISTA:</b> PATRICIA LIZBETH ABANTO LINARES.					
<b>ASESOR:</b> DR. ING. MOSQUEIRA MORENO, MIGUEL ANGEL				<b>COORDENADAS DE CALICATA C - 01</b>	
<b>CALICATA:</b> C - 01		<b>ESTRUCTURA:</b> LOSA DE CIMENTACIÓN		<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
<b>MUESTRA:</b> M-1		<b>PROFUNDIDAD:</b> De 0.40m a 3.00m		776550.00	9205280.00

CONDICIONES DEL ENSAYO	
TEMPERATURA DE SECADO DE LA MUESTRA:	110 °C
CONDICIONES INICIALES DE LA MUESTRA	
PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	4250.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (g)	3188.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (g)	1062.00
PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (g)	4254.36
CONDICIONES INICIALES FRACCIÓN FINA	
PESO SECO FRACCIÓN FINA (g)	250.00
CORRECCIÓN DE MUESTRA CUARTEADA	0.3000

ANÁLISIS FRACCIÓN GRUESA					
Tamiz		Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
N°	Abertura (mm)				
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	143.00	3.36	3.36	96.64
1"	25.40	172.00	4.05	7.41	92.59
¾"	19.05	202.00	4.75	12.16	87.84
½"	12.70	247.00	5.81	17.98	82.02
3/8"	9.52	123.00	2.89	20.87	79.13
¼"	6.35	94.00	2.21	23.08	76.92
N°4	4.75	81.00	1.91	24.99	75.01
TOTAL WG =		1062.00			

ANÁLISIS FRACCIÓN FINA					
Tamiz		Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
N°	Abertura (mm)				
N 10	2.00	7.30	2.19	27.18	72.82
N 20	0.85	5.30	1.59	28.77	71.23
N 30	0.60	3.20	0.96	29.73	70.27
N 40	0.43	1.90	0.57	30.30	69.70
N 60	0.25	3.20	0.96	31.26	68.74
N 140	0.11	2.50	0.75	32.01	67.99
N 200	0.08	1.80	0.54	32.55	67.45
Cazoleta	--	--	--	--	--
TOTAL					



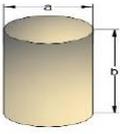
PROPIEDADES DE LA MUESTRA		
PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS		% TOTAL
GRAVA (%):	24.99	100.00
ARENA GRUESA (%):	5.31	
ARENA FINA (%):	2.3	
FINOS (%):	67.45	
COEFICIENTES		DIÁMETROS EFECTIVOS
Cu =	-	D60 = 0.000
Cc =	-	D30 = 0.000
		D10 = 0.000
LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318 / AASHTO T 89		
LÍMITE LÍQUIDO:		35.00%
LÍMITE PLÁSTICO:		25.00%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP):		10.00%
CLASIFICACIÓN		
S.U.C.S.:		ML

OBSERVACIONES:	LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO S.U.C.S. Y CORRESPONDE A UN
	LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR MARRÓN, MEZCLADO CON 24.99% DE GRAVA DE TM 2" Y 7.56% DE ARENA GRUESA A FINA.

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
 .....  
 Jhoan Vázquez Torres  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 255746

LABORATORIO RESPONSABLE: GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
 REGISTRO INDECOPI N°: 00102926 RUC: 20602101488  
 CORREO: guersaningenieros@gmail.com DIRECCIÓN: Psje. Diego Ferré N° 295. CEL: 939 291 809

GUERSAN INGENIEROS S.R.L					
GI-EMS-012-11-22			FECHA: 12/11/2022		
DENSIDAD HÚMEDA EN CAMPO (MÉTODO VOLUMÉTRICO)			NTP 339.139		
TESIS:	“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022” .				
UBICACIÓN:	JR. PEREA B1, CUADRA 11, SECTOR 19 - CAJAMARCA.				
TESISTA:	PATRICIA LIZBETH ABANTO LINARES.				
ASESOR:	DR. ING. MOSQUEIRA MORENO, MIGUEL ANGEL.			COORDENADAS DE CALICATA C-01	
CALICATA:	C - 01	ESTRUCTURA:	LOSA DE CIMENTACIÓN	ESTE	NORTE
MUESTRA:	M-1	PROFUNDIDAD:	De 0.40m a 3.00m	776550.00	9205280.00

DENSIDAD HÚMEDA		
PROPIEDADES	CILINDRO METÁLICO	
	Peso del anillo (Wc) (g)	75.84
	Diámetro (a) (cm)	5.96
	Altura (b) (cm)	1.82
	Volumen del anillo (Vc) (cm <sup>3</sup> )	50.78
Peso de la muestra + anillo (Wh+c) (g)		159.51
Peso de la muestra (Wh) (g)		83.7
<b>Dh (g/cm<sup>3</sup>)</b>		<b>1.648</b>

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
  
 .....  
 Joaquin Vásquez Torres  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 255746

LABORATORIO RESPONSABLE: GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
 REGISTRO INDECOPI N°: 00102926 RUC: 20602101488  
 CORREO: guersaningenieros@gmail.com DIRECCIÓN: Psje. Diego Ferre N° 295. CEL: 939 291 809

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.					
GI-EMS-012-11-22			FECHA: 12/11/2022		
ENSAYO DE CORTE DIRECTO ESTÁNDAR EN SUELOS			ASTM D 3080		
TESIS:	"COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022".				
UBICACIÓN:	JR. PEREA B1, CUADRA 11, SECTOR 19 - CAJAMARCA.				
TESISTA:	PATRICIA LIZBETH ABANTO LINARES.				
ASESOR:	DR. ING. MOSQUEIRA MORENO, MIGUEL ANGEL.			COORDENADAS DE CALICATA C - 01	
CALICATA:	C - 01	ESTRUCTURA:	LOSA DE CIMENTACIÓN		ESTE NORTE
MUESTRA:	M-1	PROFUNDIDAD:	De 0.40m a 3.00m		776550.00 9205280.00

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA		DATOS DEL MOLDE			
CLASIFICACIÓN S.U.C.S. :	ML	MOLDE	CIRCULAR	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	27.899
ESTADO :	INALTERADO	DIÁMETRO (cm)	5.96	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	50.78
		ALTURA (cm)	1.82	PESO (g)	75.84

DATOS DEL ENSAYO						
ESFUERZO NORMAL (kg/cm <sup>2</sup> )	0.50 Kg/cm <sup>2</sup>		1.00 Kg/cm <sup>2</sup>		2.00 Kg/cm <sup>2</sup>	
VELOCIDAD ENSAYO (mm/min)	0.152		0.102		0.064	
PESO DEL ANILLO MÁS MUESTRA (g)	159.570		159.530		159.810	
PESO MUESTRA (g)	83.730		83.690		83.970	
DEFORMACIÓN FINAL (mm)	-0.157		-0.36		-0.562	
ETAPA	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
TARA	1	2	3	4	5	6
PESO DE LA TARA (g)	10.52	10.37	10.44	10.49	10.57	10.55
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA (g)	94.25	95.39	94.13	95.28	94.54	95.63
PESO TARA + MUESTRA SECA (g)	86.45	86.81	86.35	86.66	86.73	86.99
ALTURA (cm)	1.82	1.80	1.82	1.78	1.82	1.76
DIÁMETRO (cm)	5.96	5.96	5.96	5.96	5.96	5.96
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.27%	11.22%	10.25%	11.32%	10.25%	11.30%
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm <sup>3</sup> )	1.649	1.663	1.648	1.681	1.654	1.706

ETAPA DE APLICACIÓN DE CARGA									
DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL (mm)	0.50 Kg/cm <sup>2</sup>			1.00 Kg/cm <sup>2</sup>			2.00 Kg/cm <sup>2</sup>		
	CARGA		ESFUERZO DE CORTE	CARGA		ESFUERZO DE CORTE	CARGA		ESFUERZO DE CORTE
	N	kg	Kg (cm <sup>2</sup> )	N	kg	Kg (cm <sup>2</sup> )	N	kg	Kg (cm <sup>2</sup> )
0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.100	10.59	1.080	0.039	21.35	2.177	0.078	50.14	5.113	0.183
0.200	19.62	2.001	0.072	35.24	3.594	0.129	73.73	7.518	0.269
0.300	29.66	3.024	0.108	47.76	4.870	0.175	94.50	9.636	0.345
0.400	39.14	3.991	0.143	61.30	6.251	0.224	114.34	11.659	0.418
0.500	48.06	4.900	0.176	72.90	7.434	0.266	131.52	13.411	0.481
1.000	64.00	6.526	0.234	95.97	9.787	0.351	161.35	16.454	0.590
1.500	73.70	7.515	0.269	108.37	11.051	0.396	181.97	18.556	0.665
2.000	80.17	8.175	0.293	116.75	11.905	0.427	194.47	19.830	0.711
2.500	84.07	8.573	0.307	123.07	12.549	0.450	202.90	20.690	0.742
3.000	87.19	8.891	0.319	127.77	13.029	0.467	209.46	21.359	0.766
3.500	89.09	9.084	0.326	131.22	13.380	0.480	213.99	21.821	0.782
4.000	90.09	9.187	0.329	133.74	13.638	0.489	217.27	22.156	0.794
4.500	91.32	9.312	0.334	135.12	13.778	0.494	219.77	22.411	0.803
5.000	92.10	9.391	0.337	136.04	13.872	0.497	220.87	22.522	0.807
5.500	92.10	9.391	0.337	136.04	13.872	0.497	220.87	22.522	0.807
6.000	92.10	9.391	0.337	136.04	13.872	0.497	220.87	22.522	0.807

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

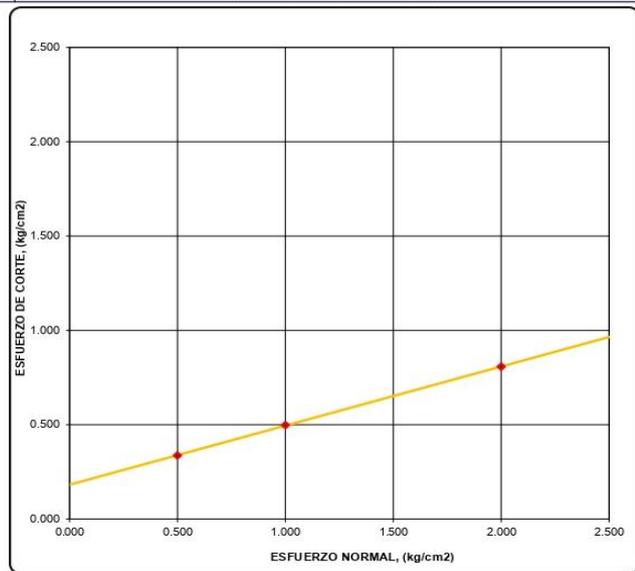
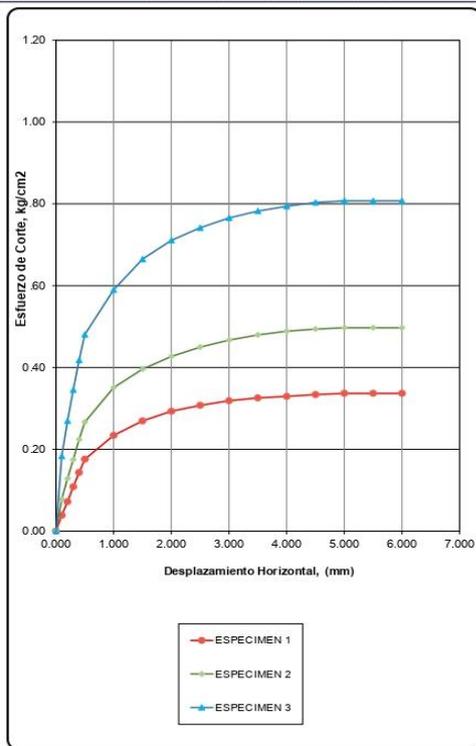
Jhony Páez Torres  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 255746

LABORATORIO RESPONSABLE: GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
REGISTRO INDECOPI N°: 00102926 RUC: 20602101488  
CORREO: guersaningenieros@gmail.com DIRECCIÓN: Psje. Diego Ferre N° 295. CEL: 939 291 809

<b>GUERSAN INGENIEROS S.R.L.</b>					
GI-EMS-012-11-22			FECHA: 12/11/2022		
ENSAYO DE CORTE DIRECTO ESTÁNDAR EN SUELOS			ASTM D 3080		
TESIS:	“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”.				
UBICACIÓN:	JR. PEREA B1, CUADRA 11, SECTOR 19 - CAJAMARCA.				
TESISTA:	PATRICIA LIZBETH ABANTO LINARES.				
ASESOR:	DR. ING. MOSQUEIRA MORENO, MIGUEL ANGEL			COORDENADAS DE CALICATA C - 01	
CALICATA:	C - 01	ESTRUCTURA:	LOSA DE CIMENTACIÓN	ESTE	NORTE
MUESTRA:	M-1	PROFUNDIDAD:	De 0.40m a 3.00m	776550.00	9205280.00

CLASIFICACIÓN S.U.C.S. :	ML	ESTADO :	INALTERADO
--------------------------	----	----------	------------

APLICACIÓN DEL ESFUERZO CORTANTE	ENVOLVENTES DE RESISTENCIA
----------------------------------	----------------------------



ESPECIMEN	ESFUERZO NORMAL (kg/cm²)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm²)
1	0.500	0.337
2	1.000	0.497
3	2.000	0.807

PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE		
COHESIÓN (C) =	0.182	kg/cm <sup>2</sup>
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (φ) =	17.39	°

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
  
 Johnny Vasquez Torres  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 255746

LABORATORIO RESPONSABLE: GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
 REGISTRO INDECOPI N°: 00102926 RUC: 20602101488  
 CORREO: guersaningenieros@gmail.com DIRECCIÓN: Psje. Diego Ferre N° 295. CEL: 939 291 809

	<b>GUERSAN INGENIEROS S.R.L</b>			
	GI-EMS-012-11-22		FECHA: 12/11/2022	
<b>CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE - LOSA DE CIMENTACION</b>				
<b>TESIS:</b>	"COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022".			
<b>UBICACIÓN:</b>	JR. PEREA B1, CUADRA 11, SECTOR 19 - CAJAMARCA.			
<b>TESISTA:</b>	PATRICIA LIZBETH ABANTO LINARES.			
<b>ASESOR:</b>	DR. ING. MOSQUEIRA MORENO, MIGUEL ANGEL.			COORDENADAS DE CALICATA
<b>CALICATA:</b>	C - 01	<b>ESTRUCTURA:</b>	LOSA DE CIMENTACIÓN - CASO 1	ESTE: NORTE:
<b>MUESTRA:</b>	M-1	<b>PROFUNDIDAD:</b>	De 0.40m a 3.00m	776550.00 9205280.00
<b>DATOS</b>				

$$q_{ad} = \frac{c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}}{3}$$

$$q_{ad} = 2.38 \text{ Kg/cm}^2$$

**DONDE:**

TIPO DE SUELO			ML
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA	(°)	f =	17.39
COHESIÓN	(kg/cm2)	c =	0.182
PESO ESPECÍFICO DEL SUELO	(kg/cm3)	g =	0.00165
PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN	(cm)	Df =	60.00
ANCHO DE CIMIENTO	(cm)	B =	1715.00
LARGO DE CIMIENTO	(cm)	L =	1800.00
FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA:		Nc =	12.638
		Nq =	4.962
		N $\gamma$ =	3.742
FACTORES DE FORMA		Fcs =	1.374
		Fqs =	1.298
		F $\gamma$ s =	0.619
FACTORES DE PROFUNDIDAD		Fcd =	1.025
		Fqd =	1.020
		F $\gamma$ d =	1.000
FACTORES DE INCLINACION DE LA CARGA		Fci =	1.000
		Fqi =	1.000
		F $\gamma$ i =	1.000
FACTOR DE SEGURIDAD		F.S. =	3.000

  
 GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
 .....  
 Joaquín Páez Torres  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 255746

LABORATORIO RESPONSABLE: GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
 REGISTRO INDECOPI N°: 00102926 RUC: 20602101488  
 CORREO: guersaningenieros@gmail.com DIRECCIÓN: Psje. Diego Ferre N° 295. CEL: 939 291 809

	<b>GUERSAN INGENIEROS S.R.L.</b>				
	GI-EMS-012-11-22			FECHA: 12/11/2022	
	<b>CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE - LOSA DE CIMENTACION</b>				
<b>TESIS:</b>	"COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022".				
<b>UBICACIÓN:</b>	JR. PEREA B1, CUADRA 11, SECTOR 19 - CAJAMARCA.				
<b>TESISTA:</b>	PATRICIA LIZBETH ABANTO LINARES.				
<b>ASESOR:</b>	DR. ING. MOSQUEIRA MORENO, MIGUEL ANGEL.			COORDENADAS DE CALICATA 01	
<b>CALICATA:</b>	C - 01	<b>ESTRUCTURA:</b>	LOSA DE CIMENTACIÓN - CASO 2	<b>ESTE:</b>	<b>NORTE:</b>
<b>MUESTRA:</b>	M-1	<b>PROFUNDIDAD:</b>	De 0.40m a 3.00m	776550.00	9205280.00
<b>DATOS</b>					

$$q_{ad} = \frac{c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}}{3}$$

$$q_{ad} = 2.50 \text{ Kg/cm}^2$$

**DONDE:**

TIPO DE SUELO			ML
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA	(°)	f =	17.39
COHESIÓN	(kg/cm2)	c =	0.182
PESO ESPECÍFICO DEL SUELO	(kg/cm3)	g =	0.00165
PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN	(cm)	Df =	60.00
ANCHO DE CIMENTO	(cm)	B =	1800.00
LARGO DE CIMENTO	(cm)	L =	2255.00
FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA:			
		Nc =	12.638
		Nq =	4.962
		N <sub>γ</sub> =	3.742
FACTORES DE FORMA			
		F <sub>cs</sub> =	1.313
		F <sub>qs</sub> =	1.250
		F <sub>γs</sub> =	0.681
FACTORES DE PROFUNDIDAD			
		F <sub>cd</sub> =	1.024
		F <sub>qd</sub> =	1.019
		F <sub>γd</sub> =	1.000
FACTORES DE INCLINACION DE LA CARGA			
		F <sub>ci</sub> =	1.000
		F <sub>qi</sub> =	1.000
		F <sub>γi</sub> =	1.000
FACTOR DE SEGURIDAD			
		F.S. =	3.000

  
**GUERSAN INGENIEROS S.R.L.**  
 .....  
**Jhonny Vásquez Torres**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 255746

LABORATORIO RESPONSABLE: GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
 REGISTRO INDECOPI N°: 00102926 RUC: 20602101488  
 CORREO: guersaningenieros@gmail.com DIRECCIÓN: Psje. Diego Ferre N° 295. CEL: 939 291 809

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
	“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”	GI-EMS-012-11-22
		Fecha: 12/11/2022

## Anexo 2: Perfiles Estratigráficos

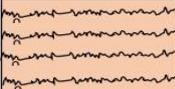
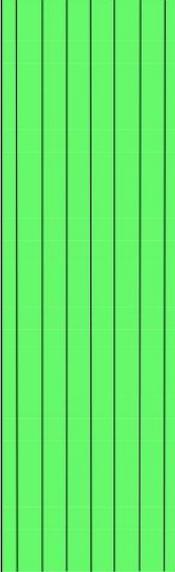
GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

*Jhony Fábquez Torres*

INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 255746

Este documento es propiedad intelectual de Guersan Ingenieros S.R.L. Se prohíbe su reproducción total o parcial.  
Documento no controlado al imprimirse. Verificar en la red antes de su uso.

						
GI-EMS-012-11-22			FECHA: 12/11/2022			
<b>PERFIL ESTRATIGRÁFICO EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA</b>						
TESIS:	“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”					
UBICACIÓN:	JR. PEREA B1, CUADRA 11, SECTOR 19 - CAJAMARCA.					
TESISTA:	PATRICIA LIZBETH ABANTO LINARES.					
ASESOR:	DR. ING. MOSQUEIRA MORENO, MIGUEL ANGEL.					
CALICATA:	C - 01	ESTRUCTURA:	LOSA DE CIMENTACIÓN	COORDENADAS	ESTE:	776550.00
MUESTRA:	M-1	PROFUNDIDAD:	De 0.40m a 3.00m		NORTE:	9205280.00

Profundidad (m)	Muestra	DESCRIPCIÓN	Clasificación		Contenido de humedad	Límites de Consistencia	
			Símbolo	Símbolo Gráfico		LL (%)	IP (%)
0.10 0.20 0.30 0.40	S/M	MATERIA ORGÁNICA.	-		-	-	-
0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20 1.30 1.40 1.50 1.60 1.70 1.80 1.90 2.00 2.10 2.20 2.30 2.40 2.50 2.60 2.70 2.80 2.90 3.00	M - 1	LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR MARRON, MEZCLADO CON 24.99% DE GRAVA DE TM <sup>2</sup> Y 7.56% DE ARENA GRUESA A FINA.	ML		10.26%	35.00	10.00
3.10 3.20 3.30 3.40 3.50 3.60 3.70 3.80 3.90 4.00							

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
  
 Joaquín Vásquez Torres  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 255746

LABORATORIO RESPONSABLE: GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
 REGISTRO INDECOPI N°: 00102926 RUC: 20602101488  
 CORREO: guersaningenieros@gmail.com DIRECCIÓN: Psje. Diego Ferre N° 295. CEL: 939 291 809

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
	“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”	GI-EMS-012-11-22
		Fecha: 12/11/2022

## Anexo 3: Croquis de detalle de cimentación

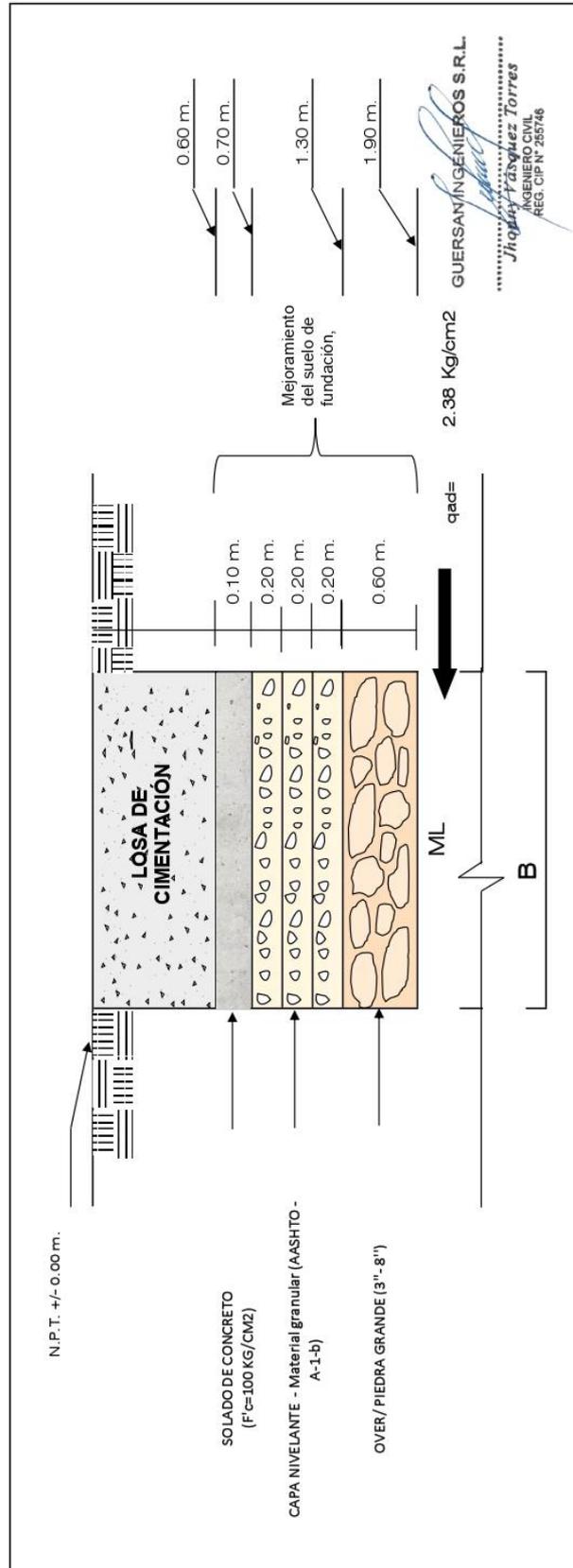


GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

*José Ríos Torres*  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIPN° 255746

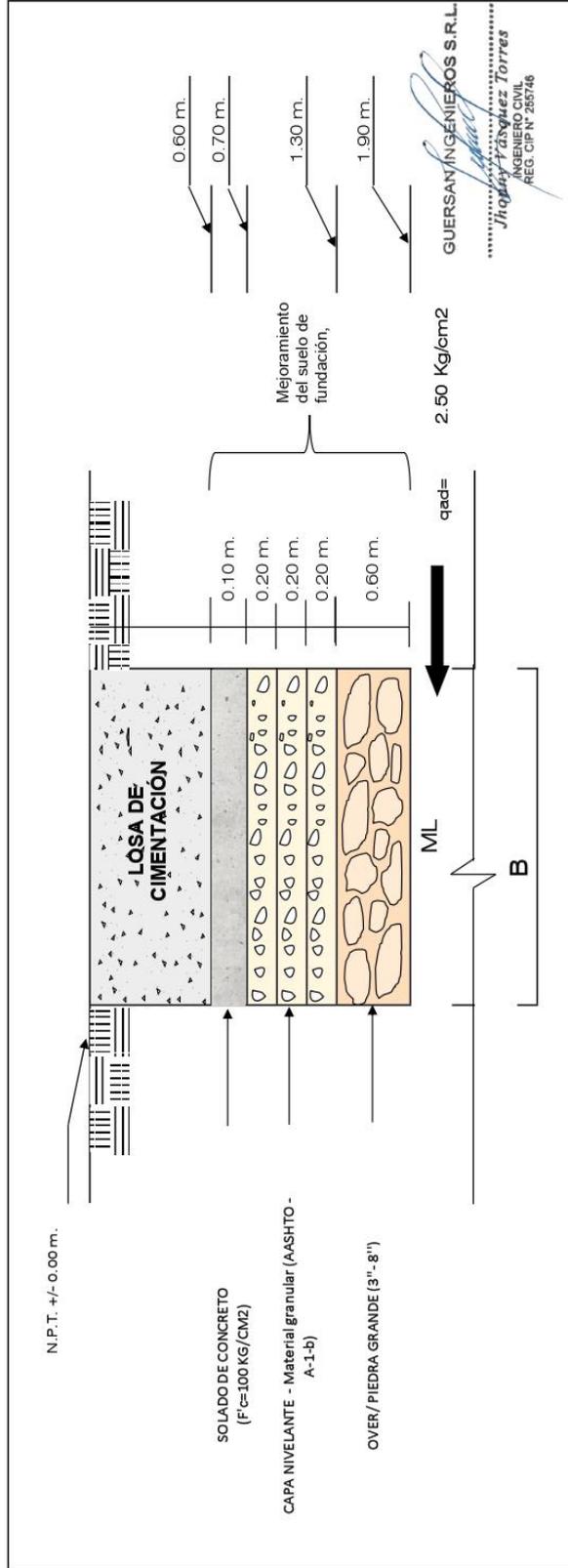
Este documento es propiedad intelectual de Guersan Ingenieros S.R.L. Se prohíbe su reproducción total o parcial. Documento no controlado al imprimirse. Verificar en la red antes de su uso.

<b>GUERSAN INGENIEROS S.R.L.</b>		FECHA: 12/11/2022	
GI-EMS-012-11-22		COORDENADAS	
<b>CROQUIS TÍPICO DE DETALLE DE CIMENTACIÓN</b>			
“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”			
TESIS:	LOSA DE CIMENTACIÓN-CASO 1		
UBICACIÓN:	JR. PEREA BL, CUADRA 11, SECTOR 19 - CAJAMARCA.		
TESISTA:	PATRICIA LIZBETH ABANTO LINARES.		
ASESOR:	DR. ING. MOSQUEIRA MORENO, MIGUEL ANGEL.		
CALICATA:	C - 01	ESTRUCTURA	776550.00
MUESTRA:	-	PROFUNDIDAD:	9205280.00



LABORATORIO RESPONSABLE: GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
 REGISTRO INDECOPH N°: 00102926 RUC: 20602101488  
 CORREO: guersaningenieros@gmail.com DIRECCIÓN: Psje. Diego Ferré N° 295. CEL: 939 291 809

<b>GUERSAN INGENIEROS S.R.L.</b>		FECHA: 12/11/2022	
GI-EMS-012-11-22			
<b>CROQUIS TÍPICO DE DETALLE DE CIMENTACIÓN</b>			
<b>TESIS:</b>	"COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022".		
<b>UBICACIÓN:</b>	JR. PEREA B1, CUADRA 11, SECTOR 19 - CAJAMARCA.		
<b>TESISTA:</b>	PATRICIA LIZBETH ABANTO LINARES.		
<b>ASESOR:</b>	DR. ING. MOSQUEIRA MORENO, MIGUEL ANGEL.		
<b>CALICATA:</b>	C - 01	<b>ESTRUCTURA</b>	LOSA DE CIMENTACIÓN-CASO 2
<b>MUESTRA:</b>	-	<b>PROFUNDIDAD:</b>	-
		<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE:</b> 776550.00 <b>NORTE:</b> 9205280.00



LABORATORIO RESPONSABLE: GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
REGISTRO INDECOPI N°: 00102926 RUC: 20602101488  
CORREO: guersaningenieros@gmail.com DIRECCIÓN: Psje. Diego Ferré N° 295. CEL: 939 291 809

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
	“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”	GI-EMS-012-11-22
		Fecha: 12/11/2022

## Anexo 4: Panel fotográfico



GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

*Jhony Vásquez Torres*  
.....  
Jhony Vásquez Torres  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIPN° 255746

Este documento es propiedad intelectual de Guersan Ingenieros S.R.L. Se prohíbe su reproducción total o parcial.  
Documento no controlado al imprimirse. Verificar en la red antes de su uso.

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
	“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”	GI-EMS-012-11-22
		Fecha: 12/11/2022

Anexo 4: Panel fotográfico



GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

*Jhony Vásquez Torres*  
Jhony Vásquez Torres  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 255746

Este documento es propiedad intelectual de Guersan Ingenieros S.R.L. Se prohíbe su reproducción total o parcial.  
Documento no controlado al imprimirse. Verificar en la red antes de su uso.

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
	<p>“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS PROYECTADO MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”</p>	<p>GI-EMS-012-11-22</p>
		<p>Fecha: 12/11/2022</p>



**Fotografía N° 01:** Ubicación de la calicata C-1.



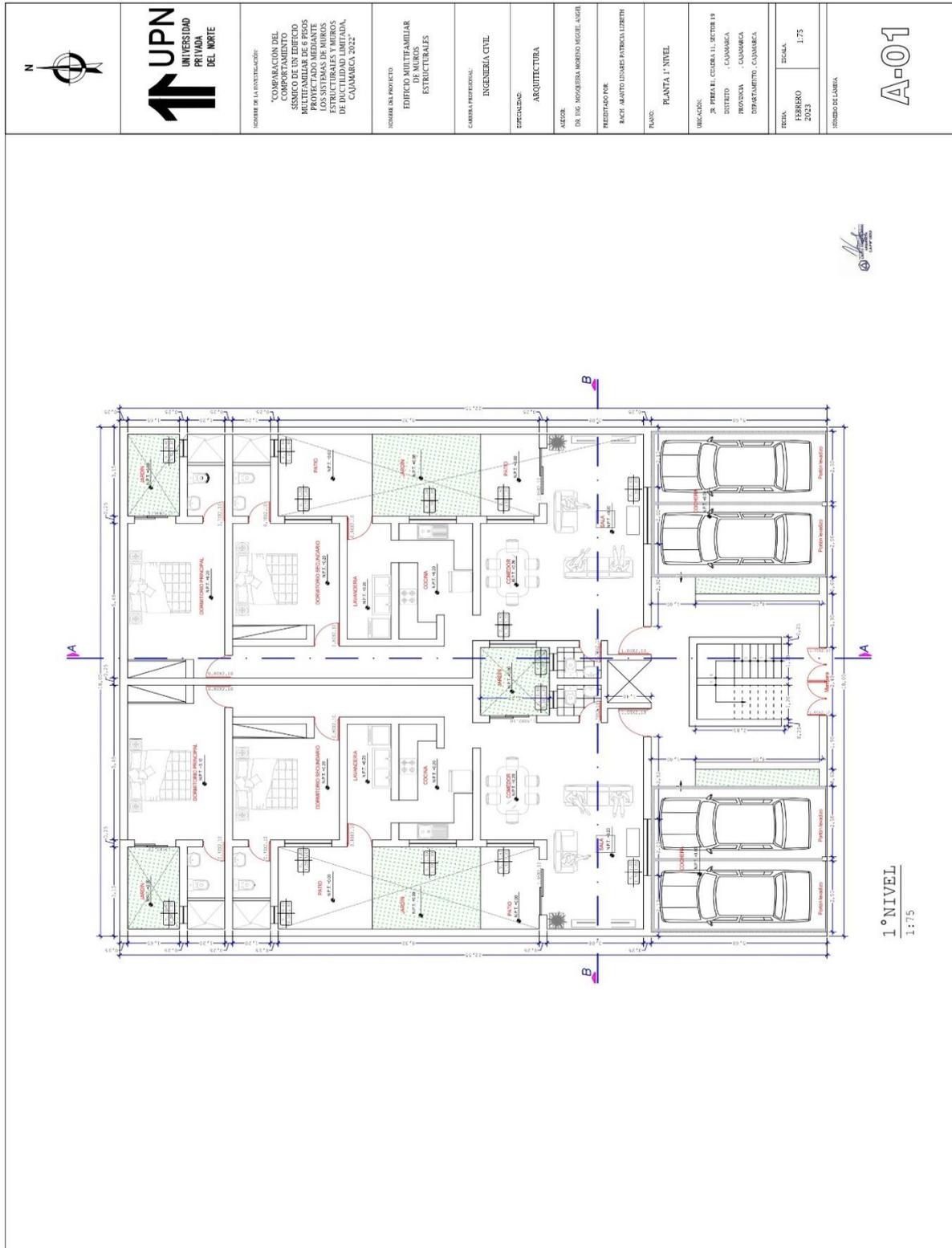
**Fotografía N° 02:** Vista de perfil estratigráfico de la calicata C-1.

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

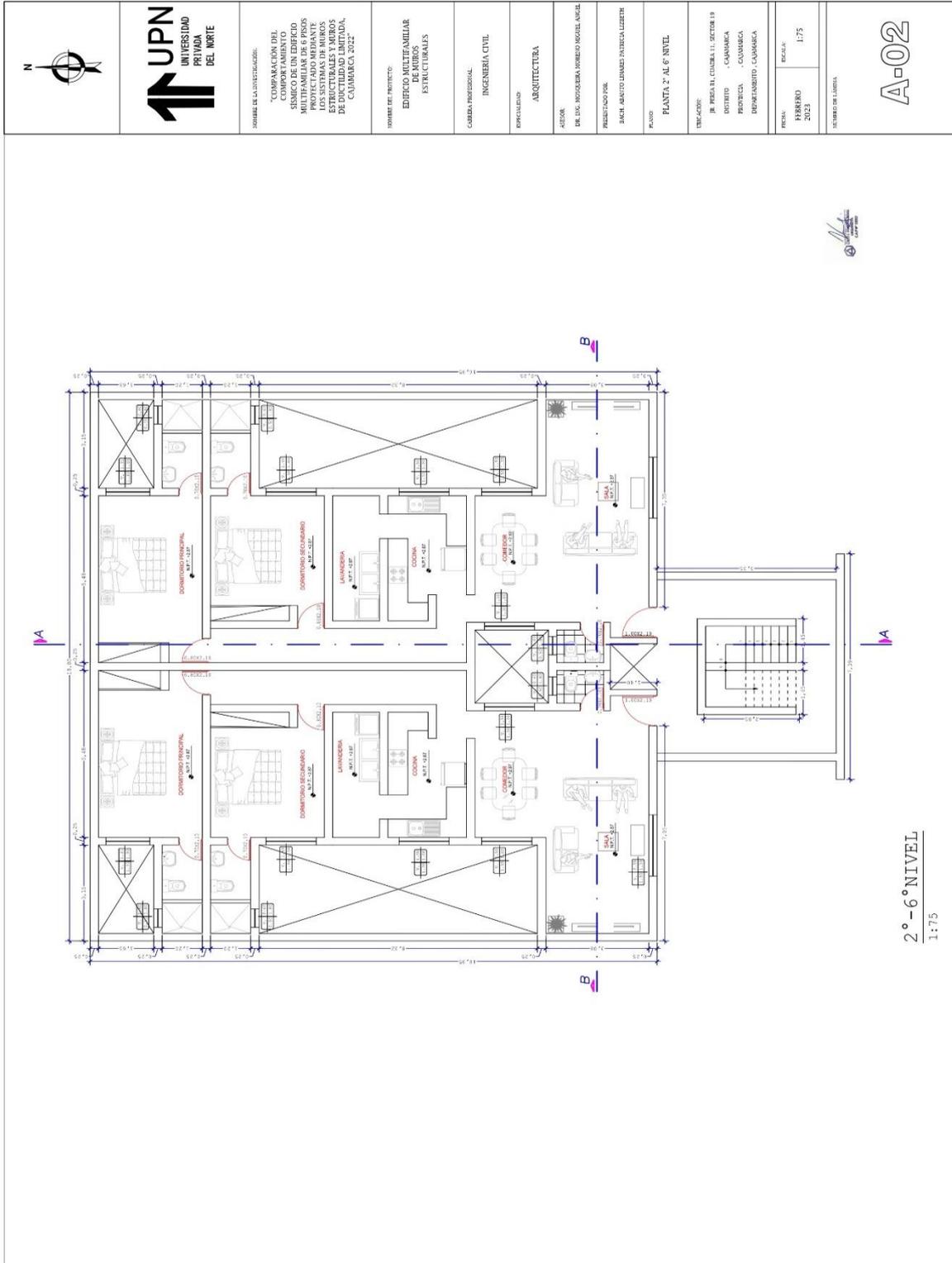
*Jhony Vázquez Torres*  
.....  
Jhony Vázquez Torres  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 255746

Este documento es propiedad intelectual de Guersan Ingenieros S.R.L. Se prohíbe su reproducción total o parcial.  
Documento no controlado al imprimirse. Verificar en la red antes de su uso.

**ANEXO N° 1: Plano en planta de la arquitectura del primer – ME.**



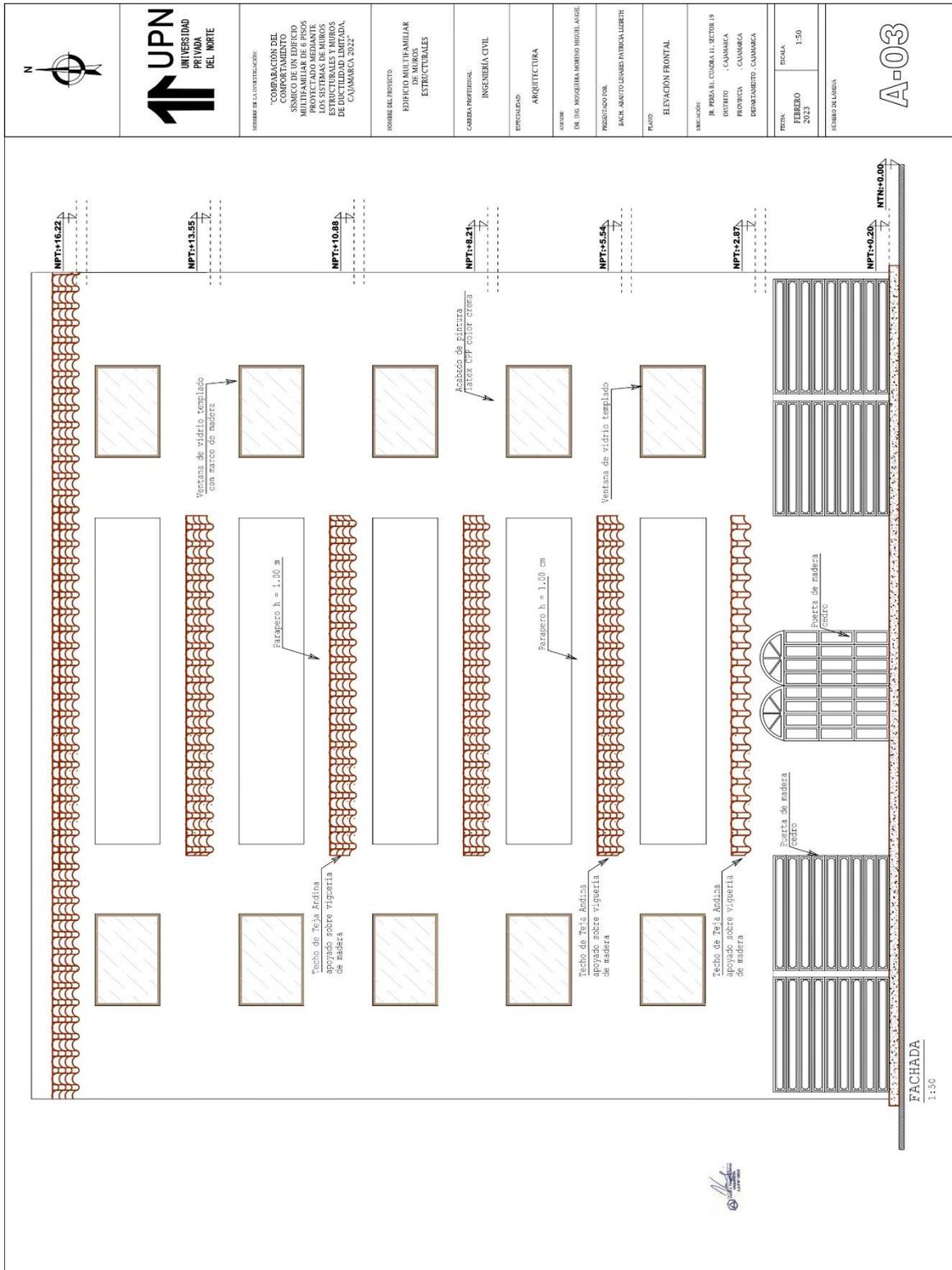
**ANEXO N° 2: Plano en planta de la arquitectura del segundo al sexto nivel – ME.**



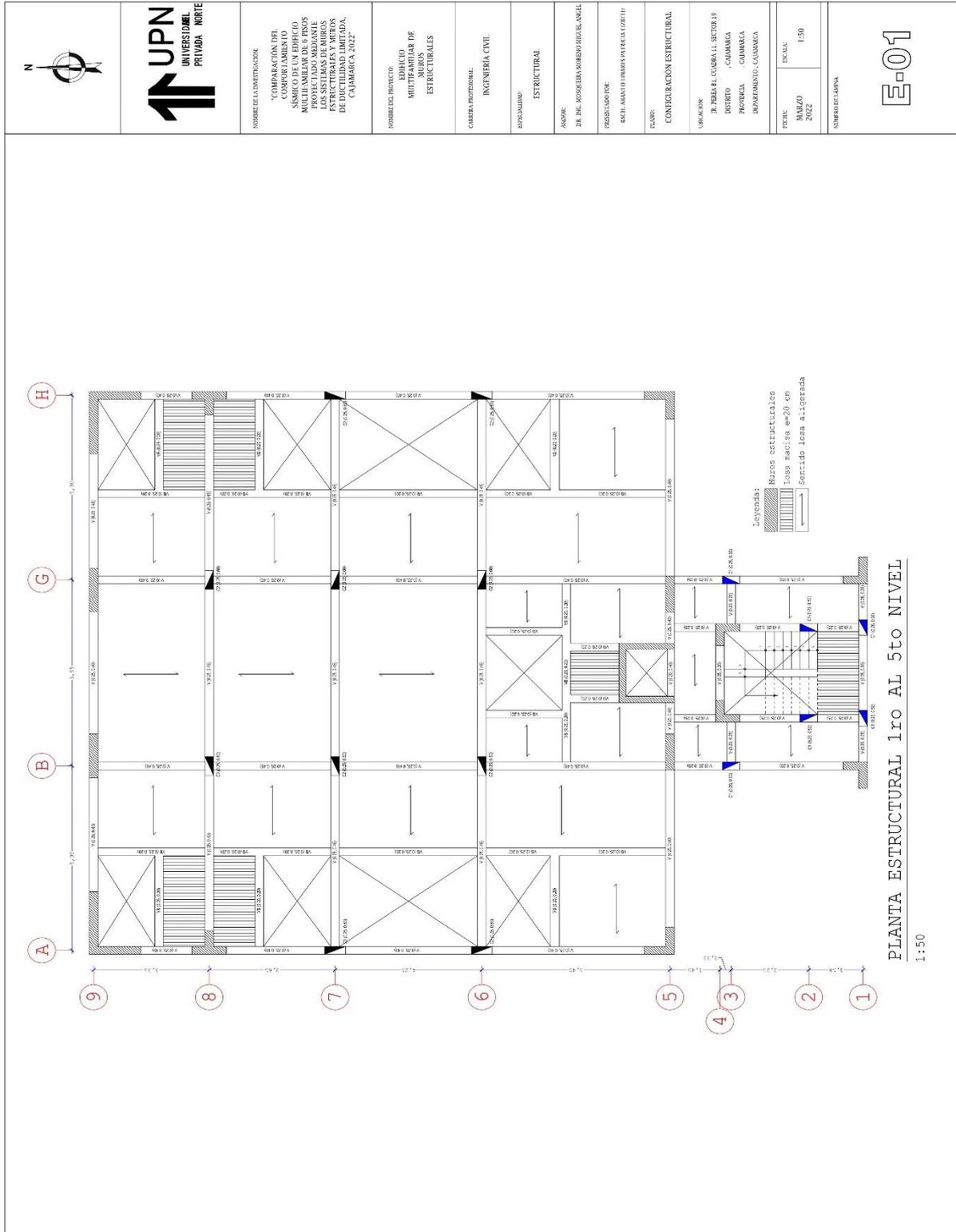
ANEXO N° 3: Plano de cortes y elevaciones – ME.



ANEXO N° 4: Plano de elevación de fachada – ME.

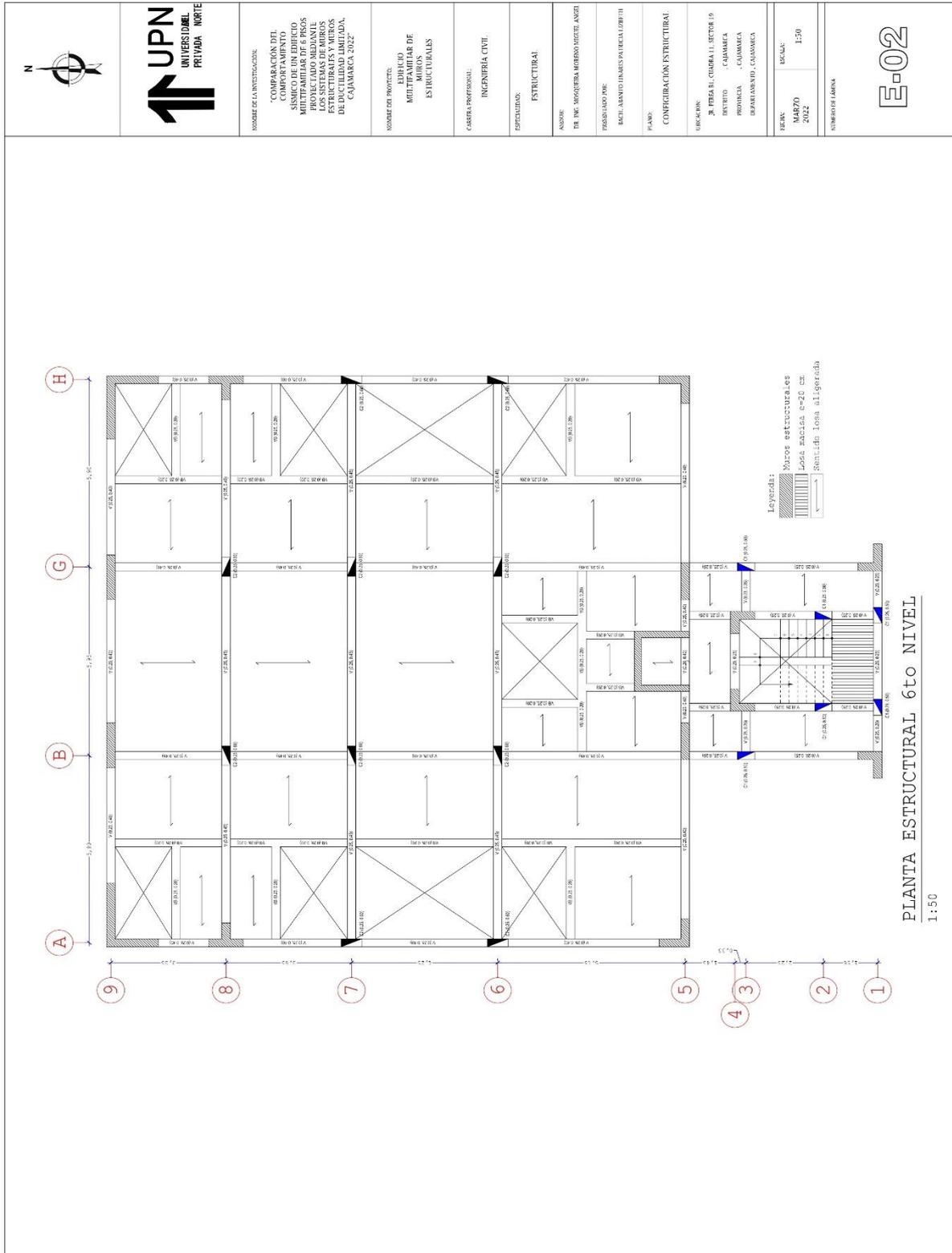


ANEXO N° 5: Plano de configuración estructural – Sistema de ME.

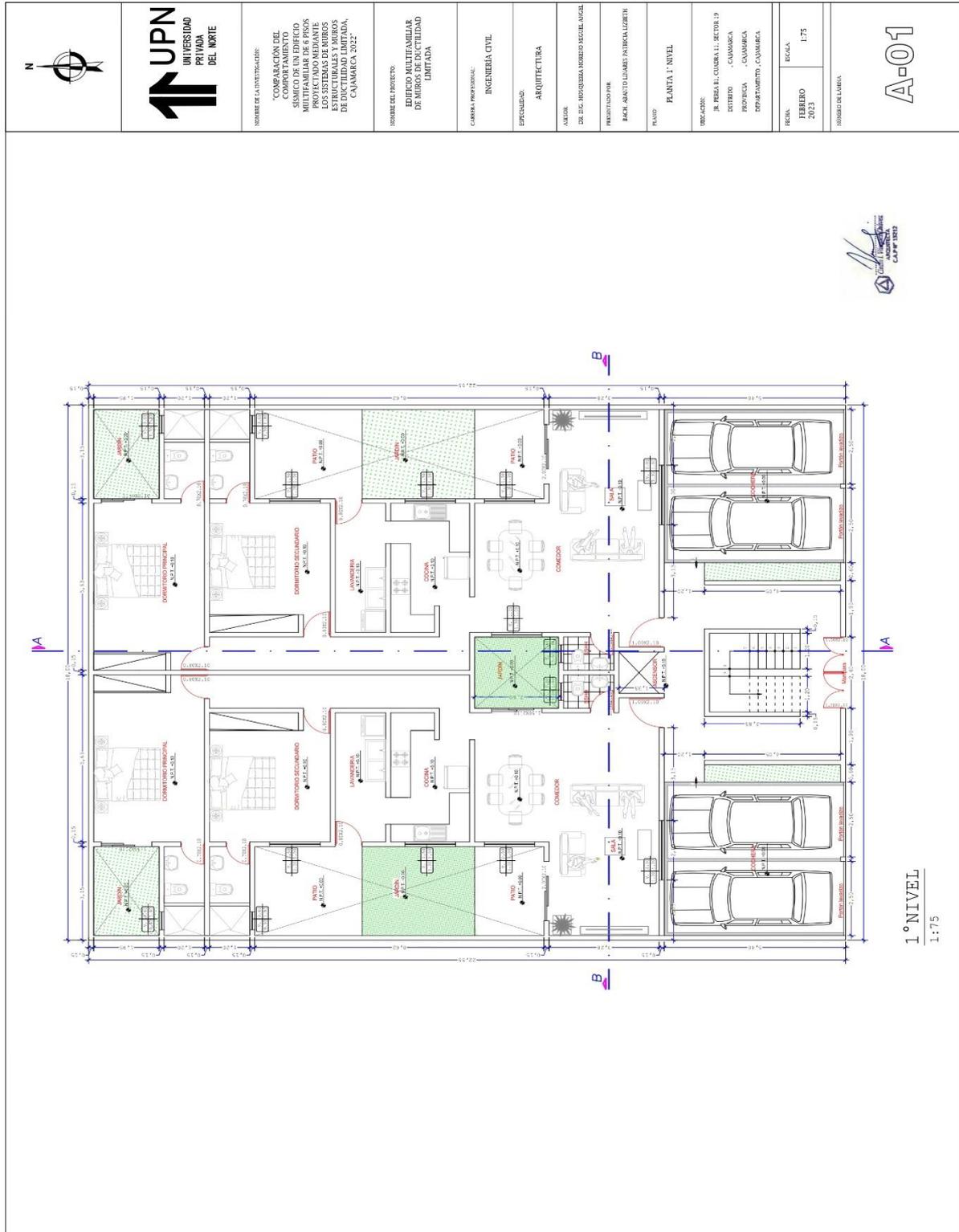


		NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN: "COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022"	NOMBRE DEL PROYECTO: EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS ESTRUCTURALES	CARRERA PROFESIONAL: INGENIERÍA CIVIL	ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAL	AUTOR: DR. ING. ROSAQUEHA NORBONDO RUCHE, ANGEL	PRESENTADO POR: ING. JAVIER L. FERRERES VALENTIN (JZFV17)	PLAN DE: CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL	UBICACIÓN: JR. FERRERES L. COBARRAL 11, SECTOR 19 DISTRITO CAJAMARCA PROVINCIA CAJAMARCA DEPARTAMENTO CAJAMARCA	ESCALA: 1:50	<b>E-01</b>
										FECHA: MARZO 2022	

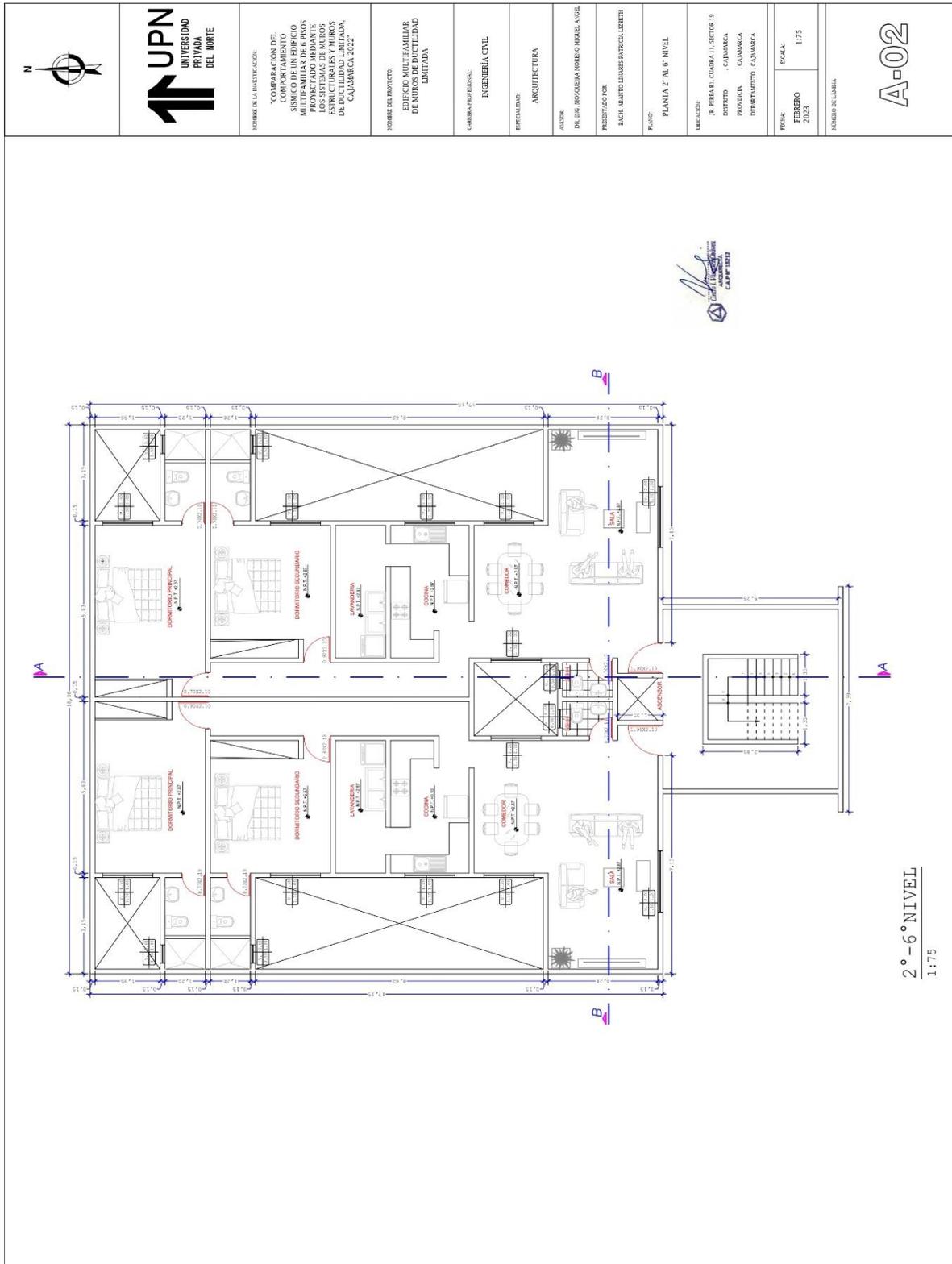
**ANEXO N° 6: Plano de configuración estructural – Sistema de ME.**



ANEXO N° 7: Plano en plata de arquitectura del primer nivel – sistema de MDL.

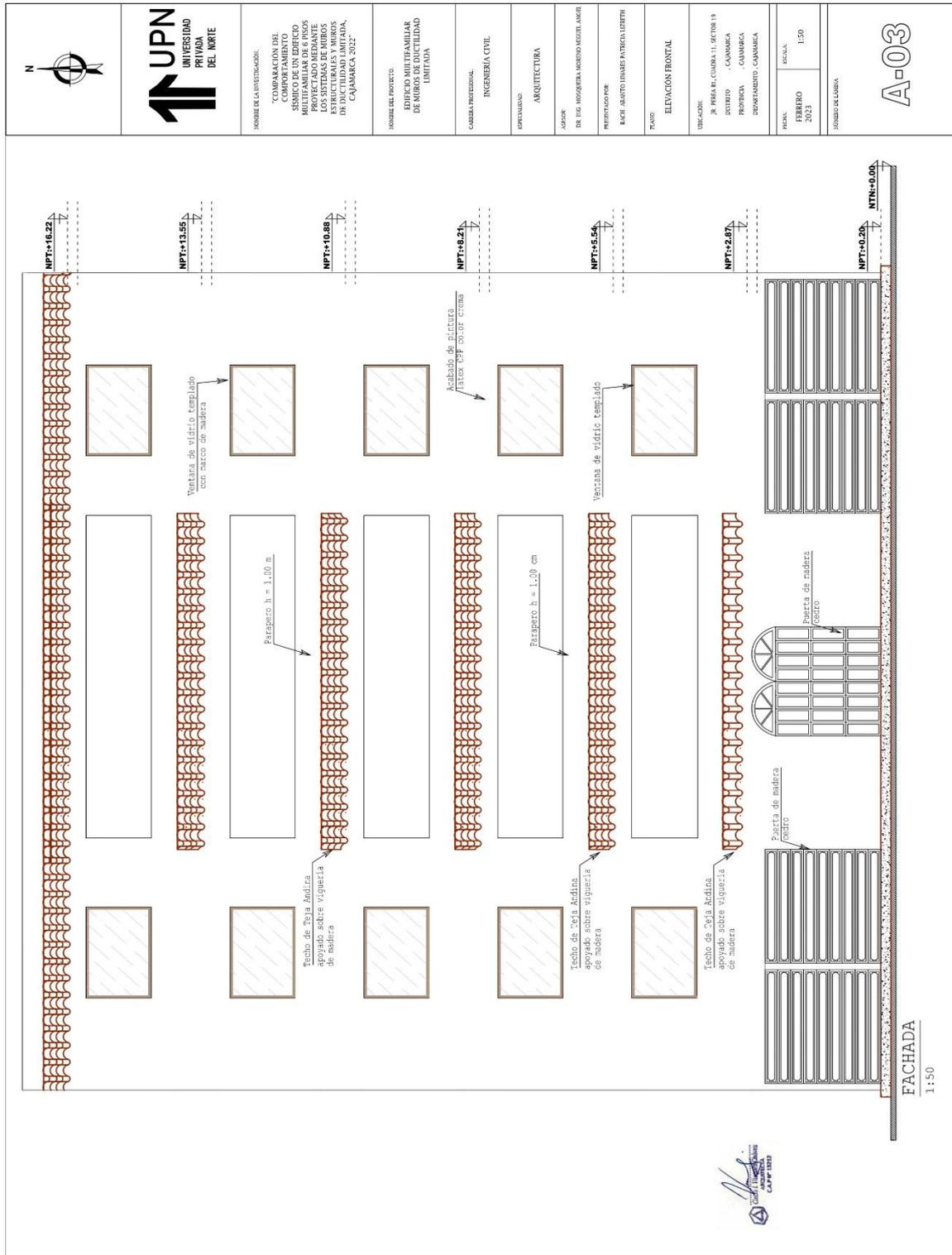


ANEXO N° 8: Plano en plata de arquitectura del segundo al sexto nivel – sistema de MDL.

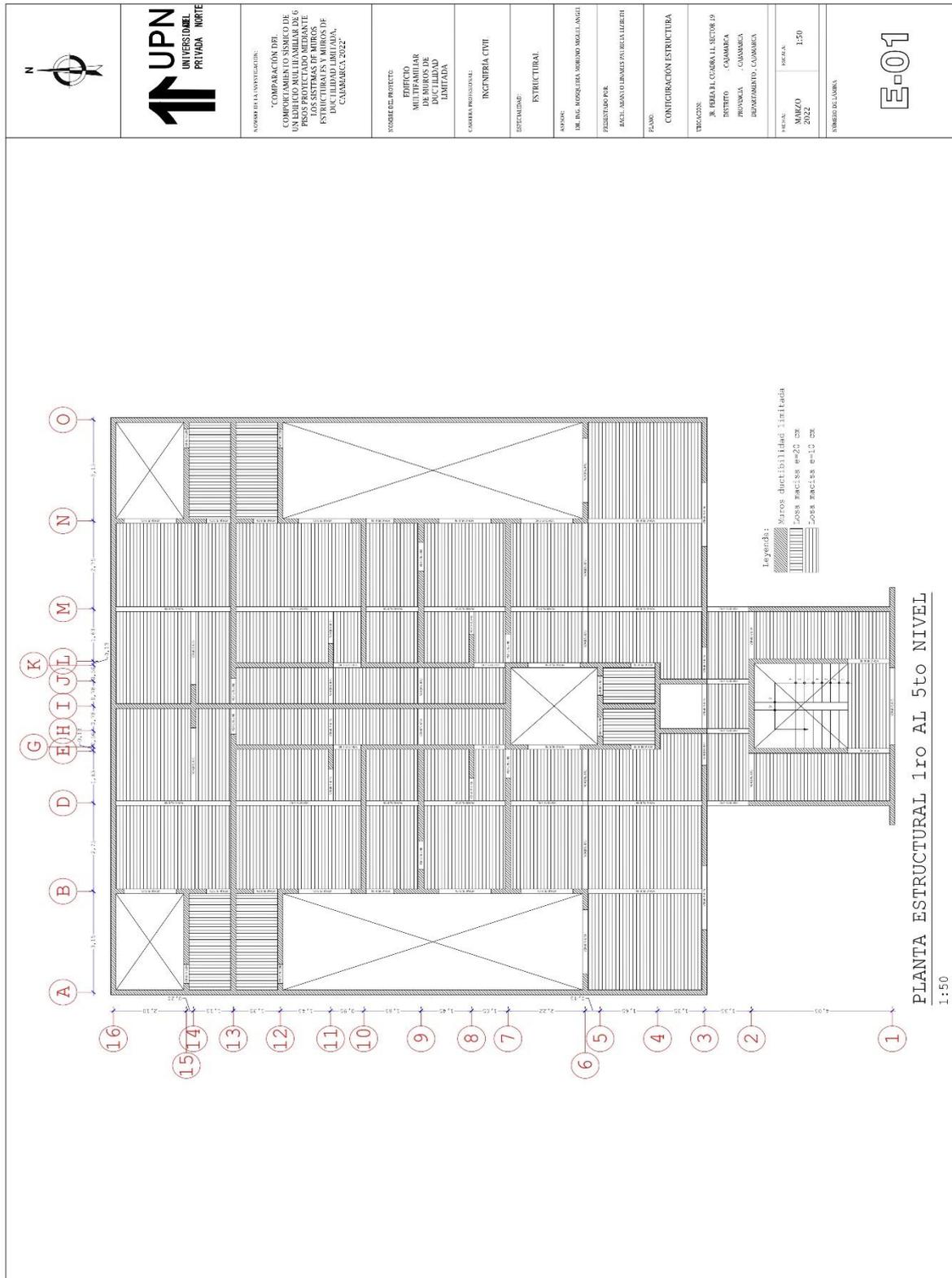




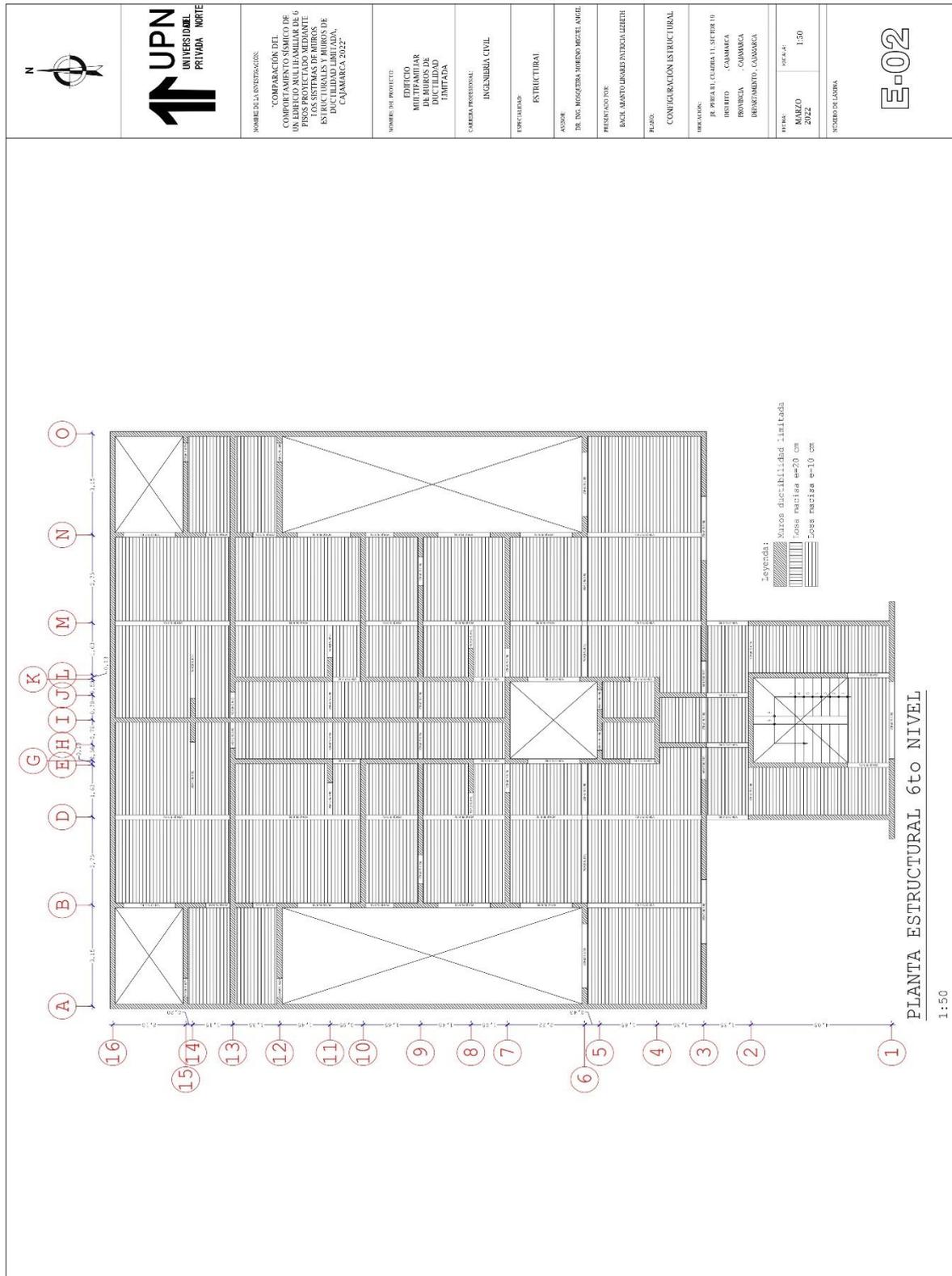
ANEXO N° 10: Plano de elevación de fachada – sistema de MDL



**ANEXO N° 11: Plano de configuración estructural – sistema MDL.**



**ANEXO N° 12: Plano de configuración estructural – sistema MDL.**



ANEXO N° 13 Parámetros generales de los materiales

	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> Escuela Profesional de Ingeniería Civil		
	<b>FICHA – PARÁMETROS DE LOS MATERIALES</b>		
	<b>TESIS:</b>	<b>"COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 6 PISOS PROYECTADOS MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022"</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>	Cajamarca	<b>SISTEMA:</b>	Muros Estructurales
<b>RESPONSABLE:</b>	Patricia Lizbeth Abanto Linares	<b>ASESOR:</b>	Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

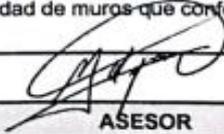
  

**1. PARÁMETROS GENERALES DE LOS MATERIALES**

PARÁMETROS DE LOS MATERIALES			
MATERIALES	PARÁMETROS	MUROS ESTRUCTURALES	MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA
Concreto	Resistencia a la compresión del concreto:	210 kg/cm <sup>2</sup>	175 kg/cm <sup>2</sup>
	Peso del concreto por unidad de volumen:	2400 kg/m <sup>3</sup>	2400 kg/m <sup>3</sup>
	Módulo de elasticidad del concreto:	2173706.51 Tn/m <sup>2</sup>	1984313.48 Tn/m <sup>2</sup>
	Módulo de Poisson:	0.15	0.15
	Módulo de corte	905711.05 Tonf/m <sup>2</sup>	826797.28 Tonf/m <sup>2</sup>
	Propiedad mecánica direccional:	Isotrópico	Isotrópico
Acero	Esfuerzo de fluencia del acero:	4200 kg/cm <sup>2</sup>	4200 kg/cm <sup>2</sup>
	Resistencia a la tracción del acero:	6300 kg/cm <sup>2</sup>	6300 kg/cm <sup>2</sup>
	Peso por unidad de volumen del acero:	7849.05 kg/m <sup>3</sup>	7849.05 kg/m <sup>3</sup>
	Módulo de elasticidad del acero:	2038901.92 kg/cm <sup>2</sup>	2038901.92 kg/cm <sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:** El sistema de muros estructurales utiliza un concreto de resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> por lo que difiere del sistema de muros de ductilidad limitada que utiliza un concreto de compresión de 175 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual es recomendable debido a la rigidez lateral que presentan y a la gran densidad de muros que conforman la estructura con ellos los módulos de corte y elasticidad varían.

	
<b>RESPONSABLE</b>	<b>ASESOR</b>
NOMBRE: Patricia Lizbeth Abanto Linares FECHA: Julio 2023	NOMBRE: Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno FECHA: Julio 2023

ANEXO N° 14: Análisis de irregularidades

	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA Escuela Profesional de Ingeniería Civil		
	FICHA – ANÁLISIS DE IRREGULARIDADES		
	TESIS:	"COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 6 PISOS PROYECTADOS MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022"	
UBICACIÓN:	Cajamarca	SISTEMA:	Muros Estructurales
RESPONSABLE:	Patricia Lizbeth Abanto Linares	ASESOR:	Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

**1. Análisis de Irregularidades**

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA (Ia)		
TIPOS	MUROS ESTRUCTURALES	MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA
Irregularidad de rigidez (piso blando)	Regular	Regular
Irregularidad de rigidez (piso débil)	Regular	Regular
Irregularidad de masa o pesos	Regular	Regular
Irregularidad en geometría vertical	Regular	Regular
Discontinuidad de los sistemas estructurales	Regular	Regular

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA (Ip)		
TIPOS	MUROS ESTRUCTURALES	MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA
Irregularidad torsional	Regular	Regular
Esquinas entrantes	Irregular factor = 0.90	Irregular factor = 0.90
Discontinuidad de diafragma	Regular	Regular
Sistemas no paralelos	Regular	Regular

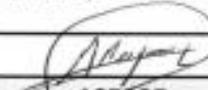
**1.1 Irregularidad esquinas entrantes**

NIVEL	LONG. TOTAL (X)m	LONG. REDUCIDA (X)m	LONG. TOTAL (Y)m	LONG. REDUCIDA (Y)m	VARIACIÓN (X) > 20%	VARIACIÓN (Y) > 20%	lpx/lpy
6	18	11.8	22.55	5.6	65.56%	24.83%	<b>0.9</b>
5	18	11.8	22.55	5.6	65.56%	24.83%	
4	18	11.8	22.55	5.6	65.56%	24.83%	
3	18	11.8	22.55	5.6	65.56%	24.83%	
2	18	11.8	22.55	5.6	65.56%	24.83%	
2	18	11.8	22.55	5.6	65.56%	24.83%	

Factor de irregularidad para ambos sistemas

←

**OBSERVACIONES:** Del análisis ambos sistemas presentan irregularidad de esquinas entrantes, pues las dimensiones generales de las estructuras entre la longitud de las esquinas no son diferentes y las dos estructuras presentan una variación en (X = 65.56%) y en (Y=24.83%) siendo superior al 20% que establece la Norma E.030 Diseño Sismorresistente.

<b>RESPONSABLE</b>	 <b>ASESOR</b>
NOMBRE: Patricia Lizbeth Abanto Linares	NOMBRE: Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno
FECHA: Julio 2023	FECHA: Julio 2023

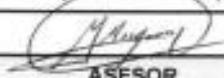
ANEXO N° 15: Parámetros sísmicos

	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> Escuela Profesional de Ingeniería Civil		
	<b>FICHA – PARÁMETROS SÍSMICOS</b>		
	<b>TESIS:</b>	<b>"COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 6 PISOS PROYECTADOS MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022"</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>	Cajamarca	<b>SISTEMA:</b>	Muros Estructurales / Muros de Ductilidad limitada
<b>RESPONSABLE:</b>	Patricia Lizbeth Abanto Linares	<b>ASESOR:</b>	Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

**1. Parámetros sísmicos generales**

PARÁMETROS		MUROS ESTRUCTURALES	MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA
Zonificación	Zona	3	3
	Z	0.35	0.35
Parámetros de sitio	Suelo	S3	S3
	S	1.2	1.2
	T <sub>p</sub> (seg)	1	1
	T <sub>l</sub> (seg)	1.6	1.6
Factor de ampliación sísmica	T <sub>x</sub> (seg)	0.421	0.177
	T <sub>y</sub> (seg)	0.46	0.108
	C	2.5	2.5
Uso	Categoría	C	C
	U	1	1
Factor de reducción sísmica	R <sub>0</sub>	6	4
	I <sub>a</sub>	1	1
	I <sub>p</sub>	0.9	0.9
	R	5.4	3.6
ZUCS/R		0.19	0.29

**OBSERVACIONES:** Los parámetros sísmicos difieren en el coeficiente básico de reducción  $R_0$ , pues la norma dispone que para el sistema de muros estructurales  $R_0 = 6$  y para el sistema de muros de ductilidad limitada  $R_0 = 4$  de esta variación el factor de reducción sísmico (R) para los muros de ductilidad limitada es de 3.6 siendo menor que el de muros estructurales debido a la limitada posibilidad de desarrollar desplazamientos importantes.

<b>RESPONSABLE</b>	 <b>ASESOR</b>
NOMBRE: Patricia Lizbeth Abanto Linares FECHA: Julio 2023	NOMBRE: Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno FECHA: Julio 2023

ANEXO N° 16: Masa y peso de la edificación

	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</b>			
	<b>FICHA – MASA Y PESO DE LA EDIFICACIÓN</b>			
	<b>TESIS:</b>	<b>"COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 6 PISOS PROYECTADOS MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022"</b>		
<b>UBICACIÓN:</b>	Cajamarca	<b>SISTEMA:</b>	Muros Estructurales / Muros de Ductilidad limitada	
<b>RESPONSABLE:</b>	Patricia Lizbeth Abanto Linares	<b>ASESOR:</b>	Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno	

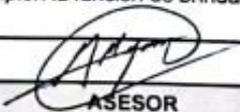
  

**1. Masa y peso de los sistemas estructurales**

Para su cálculo se toma en cuenta que estos sistemas pertenecen a la categoría (C) y se adiciona al total de la carga de toda la estructura el 25% de la carga viva.

NIVEL	MUROS ESTRUCTURALES		MUROS DE DUCTILIDAD LIMITAS	
	MASA (Tn-s2/m)	Peso (Tn)	MASA (Tn-s2/m)	Peso (Tn)
6	21.599	211.886	20.421	200.331
5	23.699	232.487	30.745	301.606
4	23.484	230.375	30.886	302.991
3	23.484	230.375	30.886	302.991
2	23.484	230.375	30.886	302.991
2	23.601	231.528	31.239	306.457
<b>Total</b>	<b>1367.025</b>		<b>1717.366</b>	

**OBSERVACIONES:** El sistema de muros de ductilidad limitada tiene como peso 1717.366 Tn lo que lo hace mayor respecto al peso del sistema de muros estructurales, esto se debe a la ubicación de su elemento principal (muros de concreto) pues los distribuye en los puntos que son necesarios y que cumplen la función de brindar rigidez a la estructura y a su vez evitar una estructura sobredimensionada.

	
<b>RESPONSABLE</b>	<b>ASESOR</b>
NOMBRE: Patricia Lizbeth Abanto Linares	NOMBRE: Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno
FECHA: Julio 2023	FECHA: Julio 2023

ANEXO N° 17: Cortante basal – análisis estático

	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
	<b>FICHA – ANÁLISIS ESTÁTICO / FUERZA SÍSMICA Y CORTANTE BASAL</b>			
	<b>TESIS:</b>	<b>"COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 6 PISOS PROYECTADOS MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022"</b>		
<b>UBICACIÓN:</b>	Cajamarca	<b>SISTEMA:</b>	Muros Estructurales / Muros de Ductilidad limitada	
<b>RESPONSABLE:</b>	Patricia Lizbeth Abanto Linares	<b>ASESOR:</b>	Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno	

**1. Fuerza sísmica y cortante basal estático**

CONSIDERAR			
E:	1	Peso ME:	1367.025
		Peso MDL:	1717.366

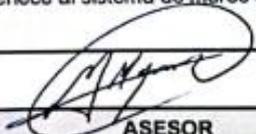
FUERZA SÍSMICA Y CORTANTE BASAL EN AMBAS DIRECCIONES - SISTEMA DE MUROS ESTRUCTURALES								
PISO	PESO SÍSMICO (Tn)	ALTURA "H"		H <sup>a</sup>	PxH <sup>a</sup>	ax	Fx (Tn) / Fy (Tn)	Vx (Tn) / Vy (Tn)
		H (m)	H ACUMULADO (m)					
6	211.886	2.670	16.120	16.120	22036.447	0.284	75.611	75.611
5	232.487	2.670	13.450	13.450	18386.490	0.237	63.087	138.698
4	230.375	2.670	10.780	10.780	14736.532	0.190	50.564	189.262
3	230.375	2.670	8.110	8.110	11086.575	0.143	38.040	227.301
2	230.375	2.670	5.440	5.440	7436.617	0.096	25.516	252.818
1	231.528	2.770	2.770	2.770	3786.660	0.049	12.993	265.810
<b>Total</b>	<b>1367.025</b>	<b>16.120</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>77469.322</b>	<b>-</b>	<b>265.810</b>	

FUERZA SÍSMICA Y CORTANTE BASAL EN AMBAS DIRECCIONES - SISTEMA DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA								
PISO	PESO SÍSMICO (Tn)	ALTURA "H"		H <sup>a</sup>	PxH <sup>a</sup>	ax	Fx (Tn) / Fy (Tn)	Vx (Tn) / Vy (Tn)
		H (m)	H ACUMULADO (m)					
6	200.331	2.670	16.120	16.120	27683.933	0.284	142.482	142.482
5	301.606	2.670	13.450	13.450	23098.567	0.237	118.883	261.365
4	302.991	2.670	10.780	10.780	18513.201	0.190	95.283	356.648
3	302.991	2.670	8.110	8.110	13927.835	0.143	71.683	428.331
2	302.991	2.670	5.440	5.440	9342.469	0.096	48.083	476.415
1	306.457	2.770	2.770	2.770	4757.103	0.049	24.484	500.898
<b>Total</b>	<b>1717.366</b>	<b>16.120</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>97323.107</b>	<b>-</b>	<b>500.898</b>	

**NOTA:** Por el análisis sísmico obtenemos en los muros estructurales la cortante basal de 265.810 Tn en ambas direcciones y con una cortante superior de 500.898 Tn valor que pertenece al sistema de muros de ductilidad limitada.

	
<b>RESPONSABLE</b>	<b>ASESOR</b>
NOMBRE: Patricia Lizbeth Abanto Linares	NOMBRE: Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno
FECHA: Julio 2023	FECHA: Julio 2023

ANEXO N° 18: Derivas máximas – análisis estático

	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</b>			
	<b>FICHA – ANÁLISIS ESTÁTICO / DERIVAS</b>			
	<b>TESIS:</b>	<b>"COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 6 PISOS PROYECTADOS MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURAS Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022"</b>		
<b>UBICACIÓN:</b>	Cajamarca	<b>SISTEMA:</b>	Muros Estructurales / Muros de Ductilidad limitada	
<b>RESPONSABLE:</b>	Patricia Lizbeth Abanto Linares	<b>ASESOR:</b>	Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno	

**1. Derivas de los sistemas estructurales en ambas direcciones**

DERIVAS PERMISIBLES POR LA NORMA E.030	ME	MDL
	Deriva < 0.007	Deriva < 0.005

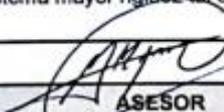
SISTEMAS	DERIVAS MÁXIMAS	
ME	X-X: 0.0013	Y-Y: 0.0014
MDL	X-X: 0.0004	Y-Y: 0.0001

DERIVAS EN LA DIRECCIÓN X-X					
PISOS	ALTURA "H" (m)	MUROS ESTRUCTURALES		MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA	
		Δ RELATIVO (m)	DISTORSIÓN DE ENTREPISO	Δ RELATIVO (m)	DISTORSIÓN DE ENTREPISO
6	2.670	0.003	0.0011	0.001	0.0004
5	2.670	0.003	0.0012	0.001	0.0004
4	2.670	0.003	0.0013	0.001	0.0004
3	2.670	0.003	0.0012	0.001	0.0004
2	2.670	0.003	0.0010	0.001	0.0003
1	2.770	0.001	0.0005	0.0005	0.0002

DERIVAS EN LA DIRECCIÓN Y-Y					
PISOS	ALTURA "H" (m)	MUROS ESTRUCTURALES		MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA	
		Δ RELATIVO (m)	DISTORSIÓN DE ENTREPISO	Δ RELATIVO (m)	DISTORSIÓN DE ENTREPISO
6	2.670	0.002	0.0009	0.0002	0.0001
5	2.670	0.003	0.0011	0.0002	0.0001
4	2.670	0.004	0.0013	0.0003	0.0001
3	2.670	0.004	0.0014	0.0003	0.0001
2	2.670	0.003	0.0013	0.0003	0.0001
1	2.770	0.002	0.0007	0.0002	0.0001

En ambos sistemas y direcciones de estudio sus derivas son menores a lo establecido por la Norma de Diseño Sismorresistente.

**OBSERVACIONES:** El sistema de muros de ductilidad limitada presenta desplazamientos o derivas mínimas en comparación al sistema de muros estructurales, puede que de ambos sistemas sus valores sean permisibles por Norma E.030, pero el tener desplazamientos mínimos genera en el sistema mayor rigidez tal es el caso del sistema de muros de ductilidad limitada.

	
<b>RESPONSABLE</b>	<b>ASESOR</b>
NOMBRE: Patricia Lizbeth Abanto Linares	NOMBRE: Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno
FECHA: Julio 2023	FECHA: Julio 2023

ANEXO N° 19: Cortante basal – análisis dinámico

	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</b>			
	<b>FICHA – ANÁLISIS DINÁMICO / CORTANTE BASAL</b>			
	<b>TESIS:</b>	<b>"COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 6 PISOS PROYECTADOS MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022"</b>		
<b>UBICACIÓN:</b>	Cajamarca	<b>SISTEMA:</b>	Muros Estructurales / Muros de Ductilidad limitada	
<b>RESPONSABLE:</b>	Patricia Lizbeth Abanto Linares	<b>ASESOR:</b>	Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno	

**1. Verificación de cortante y factor de escala**

SISTEMA DE MUROS ESTRUCTURALES					
DIRECCIÓN DE ANÁLISIS	V ESTÁTICA (Tn)	V DINÁMICA (Tn)	VERIFICACIÓN	FACTOR DE ESCALA	V DIN. (afectado por factor de escala) (Tn)
Dirección X	265.810	239.193	76%	1.184	239.193
Dirección Y	265.810	240.059	79%	1.146	240.059

La verificación de la cortante dinámica para ambos sistemas deberá superar el 90% por ser una estructura irregular, de no cumplir se calcula un factor de escala

SISTEMA DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA					
DIRECCIÓN DE ANÁLISIS	V ESTÁTICA (Tn)	V DINÁMICA (Tn)	VERIFICACIÓN	FACTOR DE ESCALA	V DIN. (afectado por factor de escala) (Tn)
Dirección X	500.898	288.799	58%	1.561	450.818
Dirección Y	500.898	363.343	73%	1.241	451.911

- Tener en cuenta que este factor de escala no afecta ni se ve implicado en el cálculo de desplazamientos.

**OBSERVACIONES:** Para ambos sistemas se tiene en cuenta un factor de escalamiento, pues no logran pasar el noventa 90% de la relación entre la cortante estática y la cortante dinámica, esto es fundamental porque son parámetro para la cortante mínima que deben cumplir, el caso más considerable se presente en el sistema de muros de ductilidad limitada porque sus factores de escalamiento representan como mínimo el 58%.

<b>RESPONSABLE</b>	<b>ASESOR</b>
NOMBRE: Patricia Lizbeth Abanto Linares	NOMBRE: Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno
FECHA: Julio 2023	FECHA: Julio 2023

ANEXO N° 20: Derivas – análisis dinámico

	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
	<b>FICHA – ANÁLISIS DINÁMICO / DERIVAS</b>			
	<b>TESIS:</b>	<b>"COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 6 PISOS PROYECTADOS MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURAS Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022"</b>		
<b>UBICACIÓN:</b>	Cajamarca	<b>SISTEMA:</b>	Muros Estructurales / Muros de Ductilidad limitada	
<b>RESPONSABLE:</b>	Patricia Lizbeth Abanto Linares	<b>ASESOR:</b>	Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno	

**1. Derivas de los sistemas estructurales en ambas direcciones**

DERIVAS PERMISIBLES POR LA NORMA E.030	ME	MDL
	Deriva < 0.007	Deriva < 0.005

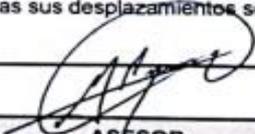
SISTEMAS	DERIVAS MÁXIMAS	
ME	X-X: 0.0011	Y-Y: 0.0011
MDL	X-X: 0.0003	Y-Y: 0.0001

DERIVAS EN DIRECCIÓN X-X					
PISOS	ALTURA "H" (m)	MUROS ESTRUCTURALES		MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA	
		Δ RELATIVO (m)	DISTORSIÓN DE ENTREPISO	Δ RELATIVO (m)	DISTORSIÓN DE ENTREPISO
6	2.670	0.002	0.0009	0.001	0.0003
5	2.670	0.003	0.0010	0.001	0.0003
4	2.670	0.003	0.0011	0.001	0.0003
3	2.670	0.003	0.0010	0.001	0.0003
2	2.670	0.002	0.0008	0.001	0.0002
1	2.770	0.001	0.0004	0.000	0.0001

DERIVAS EN DIRECCIÓN Y-Y					
PISOS	ALTURA "H" (m)	MUROS ESTRUCTURALES		MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA	
		Δ RELATIVO (m)	DISTORSIÓN DE ENTREPISO	Δ RELATIVO (m)	DISTORSIÓN DE ENTREPISO
6	2.670	0.002	0.0007	0.0002	0.0001
5	2.670	0.002	0.0009	0.0002	0.0001
4	2.670	0.003	0.0011	0.0003	0.0001
3	2.670	0.003	0.0011	0.0003	0.0001
2	2.670	0.003	0.0010	0.0003	0.0001
1	2.770	0.002	0.0006	0.0002	0.0001

**OBSERVACIONES:** Las derivas de ambos sistemas presentan valores muy similares y estos están dentro de lo permisible por la Norma E.030 Diseño Sismorresistente. en los dos sistemas sus desplazamientos son mínimos.

	
<b>RESPONSABLE</b>	<b>ASESOR</b>
NOMBRE: Patricia Lizbeth Abanto Linares	NOMBRE: Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno
FECHA: Julio 2023	FECHA: Julio 2023

ANEXO N° 21: Espectro de pseudo-aceleración

	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</b>			
	<b>FICHA – ANÁLISIS DINÁMICO / ESPECTRO DE PSEUDO ACELERACIÓN HORIZONTAL</b>			
	<b>TESIS:</b>	<b>“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 6 PISOS PROYECTADOS MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURAS Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022”</b>		
<b>UBICACIÓN:</b>	Cajamarca	<b>SISTEMA:</b>	Muros Estructurales	
<b>RESPONSABLE:</b>	Patricia Lizbeth Abanto Linares	<b>ASESOR:</b>	Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno	

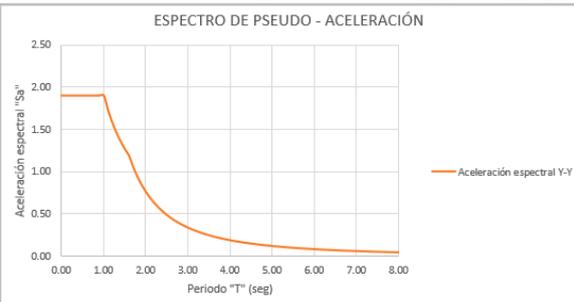
  

PERIODO	DIRECCIÓN X-X		DIRECCIÓN Y-Y	
	FACTOR "C"	PSEUDO - ACELERACIÓN	FACTOR "C"	PSEUDO - ACELERACIÓN
0.00	2.500	1.908	2.500	1.908
0.10	2.500	1.908	2.500	1.908
0.20	2.500	1.908	2.500	1.908
0.30	2.500	1.908	2.500	1.908
0.40	2.500	1.908	2.500	1.908
0.50	2.500	1.908	2.500	1.908
0.60	2.500	1.908	2.500	1.908
0.70	2.500	1.908	2.500	1.908
1.00	2.500	1.908	2.500	1.908
2.00	1.000	0.763	1.000	0.763
3.00	0.444	0.339	0.444	0.339
3.10	0.416	0.318	0.416	0.318
3.20	0.391	0.298	0.391	0.298
3.30	0.367	0.280	0.367	0.280
3.40	0.346	0.264	0.346	0.264
3.50	0.327	0.249	0.327	0.249
3.60	0.309	0.235	0.309	0.235
3.70	0.292	0.223	0.292	0.223
3.80	0.277	0.211	0.277	0.211
3.90	0.263	0.201	0.263	0.201
4.00	0.250	0.191	0.250	0.191
5.00	0.160	0.122	0.160	0.122
6.00	0.111	0.085	0.111	0.085
7.00	0.082	0.062	0.082	0.062
8.00	0.063	0.048	0.063	0.048

Fórmulas que consideran los datos de los parámetros sísmicos para cálculo de pseudo-aceleración.

$$S_a = \frac{Z I C_a}{R} g$$

$T < T_f$  -----  $C = 2.5$   
 $T_f < T < T_1$  ----  $C = 2.50(T_f/T)$   
 $T > T_1$  -----  $C = 2.50(T_f^2/T_1 / T^2)$

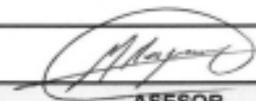


ESPECTRO DE PSEUDO - ACELERACIÓN

Aceleración espectral "Sa"

Aceleración espectral Y-Y

Periodo "T\*" (seg)

<b>OBSERVACIONES:</b> Con la ficha de los parámetros sísmicos tomados por cada sistema nos permite desarrollar el espectro de pseudo – aceleración.	
<b>RESPONSABLE</b>	 <b>ASESOR</b>
NOMBRE: Patricia Lizbeth Abanto Linares	NOMBRE: Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno
FECHA: Julio 2023	FECHA: Julio 2023

ANEXO N° 22: Resultados modales

 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> Escuela Profesional de Ingeniería Civil		
	<b>FICHA – RESULTADOS MODALES</b>		
	<b>TESIS:</b>	<b>"COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 6 PISOS PROYECTADOS MEDIANTE LOS SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA, CAJAMARCA 2022"</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>	Cajamarca	<b>SISTEMA:</b>	Muros Estructurales / Muros de Ductilidad limitada
<b>RESPONSABLE:</b>	Patricia Lizbeth Abanto Linares	<b>ASESOR:</b>	Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

**1. Periodos de vibración**

PERIODOS DE VIBRACIÓN - SISTEMA DE MUROS ESTRUCTURALES							
MODOS	PERIODO "T" (seg)	MASA PARTICIPATIVA					
		Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz
1	0.462	0.002	0.770	0.000	0.270	0.001	0.000
2	0.421	0.740	0.002	0.000	0.001	0.286	0.008
3	0.342	0.013	0.000	0.000	0.000	0.002	0.737

El porcentaje de participación de la masa modal alcanza el 100%

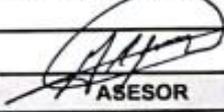
CASO MODAL	MASA PARTICIPATIVA	ESTÁTICO (%)	DINÁMICO (%)
Modal	Ux	100	100
Modal	Uy	100	100

PERIODOS DE VIBRACIÓN - SISTEMA DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA							
MODOS	PERIODO "T" (seg)	MASA PARTICIPATIVA					
		Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz
1	0.176	0.605	0.000	0.000	0.000	0.308	0.125
2	0.106	0.000	0.792	0.000	0.296	0.000	0.000
5	0.071	0.126	0.000	0.000	0.000	0.050	0.706

El porcentaje de participación de la masa modal es superior al 90% que establece la Norma.

CASO MODAL	MASA PARTICIPATIVA	ESTÁTICO (%)	DINÁMICO (%)
Modal	Ux	99.80	90.40
Modal	Uy	99.71	93.10

**OBSERVACIONES:** El sistema de muros estructurales alcanza el 100% de participación de la masa modal lo que implica que toda su masa participa en los 18 modos de vibración (3 modos por piso) lo que sería lo más ideal, mientras el sistema de muros de ductilidad limitada trabaja con 24 modos de vibración para poder superar el 90% de participación de su masa modal.

	
<b>RESPONSABLE</b>	<b>ASESOR</b>
NOMBRE: Patricia Lizbeth Abanto Linares	NOMBRE: Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno
FECHA: Julio 2023	FECHA: Julio 2023