



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DEL  
HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS AYAVIRI, DE ACUERDO A  
NORMAS E.030 - 2003 Y E.030 - 2018**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. CHIPANA HANCCO JUAN JOSE**

**Bach. PARQUI MAMANI FIDEL**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PUNO – PERÚ**

**2022**



## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo de investigación a mis padres Florencio y Justina, por darme la existencia, por enseñarme a caminar y por esforzarse incansablemente en formarme con principios y valores acordes a la necesidad de esta sociedad. Siempre serán mis mayores pilares.*

*A mis hermanos Rubén, Virginia, Perkens Towar y David Starky, quienes pusieron su fe y su vida en mí para lograr crecer como familia y como seres humanos (siempre juntos), por poner su hombro incondicionalmente para extender mis horizontes. Siempre fueron y serán mi mayor motivación.*

***Juan Jose Chipana Hanco***



## DEDICATORIA

*Quiero dedicar este trabajo a mi abuelita Felipa Gutierrez, mis padres Ciro Parque y Rosalía Mamani, y mi hermano Luis Parque, les doy a gracias a ellos por apoyarme en cada elección y emprendimiento, por ayudarme a realizar y terminar con éxito mi carrera profesional, gracias a Dios por la vida, porque todos los días me revela lo hermosa y lo justa que es.*

***Fidel Parqui Mamani***



## AGRADECIMIENTO

*A Los mentores de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de nuestra alma mater Universidad Nacional del Altiplano de Puno, por dotarnos de las capacidades y herramientas necesarias para poder lograr nuestros objetivos como profesionales, y ser un aporte positivo para la sociedad y el país.*

*Al Ingeniero Fredy Franz Flores Abarca, por su influencia como ingeniero civil y en la especialidad de estructuras, por enseñarnos a palpar la realidad con lo académico y motivarnos a seguir superándonos como profesionales.*

*A todos los amigos y compañeros que compartieron aula con nosotros, el tiempo pasará, pero los recuerdos de aquellos momentos compartidos quedarán para siempre...*

***Juan Jose Chipana Hanco & Fidel Paqui Mamani***



## ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 16**

**ABSTRACT..... 17**

### **CAPÍTULO I**

#### **INTRODUCCIÓN**

**1.1 Planteamiento del problema..... 18**

**1.2 Formulación del problema ..... 20**

**1.3 Hipótesis de la investigación..... 20**

1.3.1 Hipótesis general ..... 20

**1.4 Justificación del estudio ..... 20**

**1.5 Objetivos de la investigación ..... 21**

1.5.1 Objetivo general ..... 21

1.5.2 Objetivos específicos ..... 21

**1.6 Matriz de consistencia..... 21**

### **CAPÍTULO II**

#### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1 Marco teórico..... 24**

2.1.1 Antecedentes de estudio ..... 24

**2.2 Bases teóricas ..... 36**



2.2.1	Evolución de los códigos de diseño y construcción del Perú.....	36
2.2.2	Diseño sísmico.....	38
2.2.3	Espectro sísmico.....	39
2.2.4	Espectro de diseño.....	40
2.2.5	Análisis estructural.....	41
2.2.6	Análisis estructural.....	42
2.2.7	Análisis dinámico.....	43
2.2.8	Respuesta estructural.....	45
2.2.9	Aislamiento Basal.....	48

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1</b>	<b>Ubicación geográfica del estudio.....</b>	<b>51</b>
<b>3.2</b>	<b>Periodo de duración del estudio.....</b>	<b>52</b>
<b>3.3</b>	<b>Recursos de la investigación.....</b>	<b>52</b>
3.3.1	Materiales utilizados.....	52
3.3.2	Equipos utilizados.....	53
<b>3.4</b>	<b>Método de investigación.....</b>	<b>53</b>
3.4.1	Tipo de investigación.....	53
3.4.2	Nivel de investigación.....	53
3.4.3	Diseño de investigación.....	54
3.4.4	Población.....	54
3.4.5	Muestra.....	55
3.4.6	Diseño estadístico.....	56
3.4.7	Variables de la investigación.....	56
3.4.8	Operacionalización de las variables.....	57



3.4.9 Técnicas de investigación.....	58
3.4.10 Procedimiento de evaluación de datos.....	60

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados .....	112
4.2 Discusión .....	141
4.2.1 Contrastación de hipótesis.....	141
4.2.2 Contraste de resultados con otras investigaciones.....	153
4.2.3 Cumplimiento de los objetivos.....	157
V. CONCLUSIONES .....	160
5.1 Conclusiones generales .....	160
5.2 Conclusiones específicas .....	160
VI. RECOMENDACIONES .....	163
6.1 Recomendaciones Generales .....	163
6.2 Recomendaciones Específicas .....	163
VII. REFERENCIAS.....	165
ANEXOS.....	169

**Tema:** Evaluación de comportamiento estructural del hospital San Juan de Dios.

**Área:** Estructuras.

**Línea de investigación:** Análisis y diseño estructural.



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Percepción del peligro sísmico en los años 1960 y 1977 .....	37
<b>Figura 2</b>	Sismicidad según norma de 2003 y 2018.....	38
<b>Figura 3</b>	Determinación del espectro de respuesta. ....	40
<b>Figura 4</b>	Objetivo del análisis estructural. ....	43
<b>Figura 5</b>	Desplazamiento y distorsión de entrepisos. ....	46
<b>Figura 6</b>	Representación de la Fuerza Cortante. ....	47
<b>Figura 7</b>	Comparación de Edificios de Base Fija y Aislada .....	50
<b>Figura 8</b>	Ubicación del Hospital San Juan de Dios .....	51
<b>Figura 9</b>	Hospital San Juan de Dios ingreso principal.....	54
<b>Figura 10</b>	Distribución en planta del Hospital San Juan de Dios de Ayaviri. ....	55
<b>Figura 11</b>	Imagen del pabellón A. ....	56
<b>Figura 12</b>	Imagen del pabellón B.....	56
<b>Figura 13</b>	Distribución del primer nivel del pabellón A.....	61
<b>Figura 14</b>	Distribución del segundo nivel del pabellón A. ....	61
<b>Figura 15</b>	Distribución del tercer nivel del pabellón A. ....	62
<b>Figura 16</b>	Distribución del primer nivel del pabellón B. ....	62
<b>Figura 17</b>	Distribución del segundo nivel del pabellón B. ....	63
<b>Figura 18</b>	Distribución del tercer nivel del pabellón B.....	63
<b>Figura 19</b>	Modelo matemático del pab. "A".....	69
<b>Figura 20</b>	Modelo matemático del pab. "B". ....	70
<b>Figura 21</b>	Asignación de espectro de pseudo aceleraciones pab. A. ....	73
<b>Figura 22</b>	Desplazamientos máximos pabellón A. ....	73
<b>Figura 23</b>	Asignación espectro de pseudo aceleraciones pabellón B. ....	75
<b>Figura 24</b>	Desplazamientos máximos pabellón A. ....	76
<b>Figura 25</b>	Vista en 3D del modelo matemático pab. A.....	84
<b>Figura 26</b>	Vista en 3D del modelo matemático pab. B.....	84
<b>Figura 27</b>	Cargas asignadas por tabiquería pab. A. ....	87
<b>Figura 28</b>	Cargas asignadas por tabiquería pab. B. ....	87
<b>Figura 29</b>	Definición del peso sísmico efectivo. ....	88
<b>Figura 30</b>	Asignación del espectro sísmico al modelo. ....	88
<b>Figura 31</b>	Desplazamientos máximos dir. x-x, pabellón A. ....	89
<b>Figura 32</b>	Desplazamientos máximos dir. y-y, pabellón A. ....	89





<b>Figura 33</b> Asignación del espectro sísmico al modelo pab. B.....	91
<b>Figura 34</b> Desplazamientos máximos dir. x-x pab. B.....	91
<b>Figura 35</b> Desplazamientos máximos dir. y-y pab. B.....	92
<b>Figura 36</b> Fuerza cortante de entrepiso dir. x-x, pab. B. ....	93
<b>Figura 37</b> Estructuración general modelo optimizado, pab. A .....	97
<b>Figura 38</b> Estructuración general modelo optimizado, pab. B .....	97
<b>Figura 39</b> Asignación del espectro sísmico al modelo pab. A.....	98
<b>Figura 40</b> Desplazamientos máximos dir. x-x, pab A. ....	98
<b>Figura 41</b> Desplazamientos máximos dir. y-y pab. A. ....	98
<b>Figura 42</b> Asignación del espectro sísmico al modelo pab. B.....	100
<b>Figura 43</b> Desplazamientos máximos dir. x-x, pab. B.....	101
<b>Figura 44</b> Desplazamientos máximos dir. y-y, pab. B.....	101
<b>Figura 45</b> Fuerza cortante de entrepiso dir. x-x, pab. B. ....	102
<b>Figura 46</b> Fuerza cortante de entrepiso dir. y-y, pab. B. ....	103
<b>Figura 47</b> Modelo del pabellón A con aisladores sísmicos. ....	105
<b>Figura 48</b> Desplazamientos en la dir. x-x, pab. A. ....	106
<b>Figura 49</b> Desplazamientos en la dir. y-y, pab. A. ....	106
<b>Figura 50</b> Modelo del pabellón B con aisladores sísmicos.....	108
<b>Figura 51</b> Desplazamientos en la dirección x-x, pab. B. ....	109
<b>Figura 52</b> Desplazamientos en la dirección y-y, pab. B. ....	110
<b>Figura 53</b> Desplazamientos máximos (mm) dir x-x, pabellón A.....	112
<b>Figura 54</b> Desplazamientos máximos (mm) dir y-y, pabellón A.....	113
<b>Figura 55</b> Desplazamientos máximos (mm) dir x-x, pabellón B.....	114
<b>Figura 56</b> Desplazamientos máximos (mm) dir y-y, pabellón B.....	115
<b>Figura 57</b> Histograma de frecuencia de desplazamientos máx. dir. x-x, pab. A. ....	117
<b>Figura 58</b> Histograma de frecuencia de desplazamientos máx. dir. y-y, pab. A. ....	118
<b>Figura 59</b> Histograma de frecuencia de desplazamientos máx. dir. x-x, pab. B. ....	119
<b>Figura 60</b> Histograma de Frecuencia de desplazamientos máx. dir. y-y, pab. B.....	120
<b>Figura 61</b> Máximas derivas dir. x-x, pabellón A. ....	122
<b>Figura 62</b> Máximas derivas dir. y-y, pabellón A. ....	123
<b>Figura 63</b> Máximas derivas dir. x-x, pabellón B. ....	124
<b>Figura 64</b> Máximas derivas dir. y-y, pabellón B. ....	125
<b>Figura 65</b> Histograma de frecuencia de máximas derivas dir. x-x, pab. A.....	127
<b>Figura 66</b> Histograma de frecuencia de máximas derivas dir. y-y, pab. A.....	128



<b>Figura 67</b> Histograma de frecuencia de máximas derivas dir. x-x, pab. B.....	129
<b>Figura 68</b> Histograma de frecuencia de máximas derivas dir. y-y, pab. B.....	130
<b>Figura 69</b> Fuerzas cortantes (Tn) dir. x-x, pabellón A. ....	131
<b>Figura 70</b> Fuerzas cortantes (Tn) dir. y-y, pabellón A. ....	132
<b>Figura 71</b> Fuerzas cortantes (Tn) dir. x-x, pabellón B.....	133
<b>Figura 72</b> Fuerzas cortantes (Tn) dir. y-y, pabellón B.....	134
<b>Figura 73</b> Histograma de frecuencia de fuerzas cortantes máximos dir. x-x, pab. A..	137
<b>Figura 74</b> Histograma de frecuencia de fuerzas cortantes máximos dir. y-y, pab. A..	138
<b>Figura 75</b> Histograma de frecuencia de fuerzas cortantes máximos dir. x-x, pab. B..	139
<b>Figura 76</b> Histograma de frecuencia de fuerzas cortantes máximos dir. y-y, pab. B..	140



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Matriz de consistencia. ....	22
<b>Tabla 2</b> Operacionalización de variables. ....	57
<b>Tabla 3</b> Datos arquitectónicos de los pabellones A y B.....	64
<b>Tabla 4</b> Características estructurales de los pabellones A y B.....	66
<b>Tabla 5</b> Elementos estructurales de pabellones A y B.....	66
<b>Tabla 6</b> Factor de zona de los pabellones A y B.....	70
<b>Tabla 7</b> Perfil de suelo S y $T_p$ pabellones A y B.....	70
<b>Tabla 8</b> Categoría de edificación pab. A y B.....	71
<b>Tabla 9</b> Sistema estructural pab. A y B.....	71
<b>Tabla 10</b> Coeficiente de reducción R pab. A y B. ....	71
<b>Tabla 11</b> Irregularidad pab. A y B. ....	71
<b>Tabla 12</b> Cargas para estimar el peso sísmico efectivo pab. A y B. ....	72
<b>Tabla 13</b> Datos para el espectro inelástico de pseudo – aceleraciones pab. A. ....	72
<b>Tabla 14</b> Desplazamientos máximos en el pabellón A. ....	73
<b>Tabla 15</b> Máximas derivas en el pabellón A.....	74
<b>Tabla 16</b> Fuerzas cortantes en el pabellón A. ....	74
<b>Tabla 17</b> Datos para el espectro inelástico de pseudo – aceleraciones pab. B.....	75
<b>Tabla 18</b> Desplazamientos máximos en el pabellón B. ....	76
<b>Tabla 19</b> Máximas derivas en el pabellón B.....	76
<b>Tabla 20</b> Fuerzas cortantes en el pabellón B. ....	77
<b>Tabla 21</b> Factor de zona de los pabellones A y B.....	77
<b>Tabla 22</b> Perfil de suelo pab. A y B. ....	77
<b>Tabla 23</b> Factor de suelo pab. A y B.....	78
<b>Tabla 24</b> Periodos “TP” Y “TL” pab. A y B.....	78
<b>Tabla 25</b> Categoría de edificación Pab. A y B.....	79
<b>Tabla 26</b> Sistema estructural pab. A y B.....	79
<b>Tabla 27</b> Coeficiente básico de reducción sísmico pab. A y B.....	79
<b>Tabla 28</b> Resumen de irregularidades en altura pabellón A. ....	80
<b>Tabla 29</b> Factor $I_a$ pabellón A. ....	80
<b>Tabla 30</b> Resumen de irregularidades en planta pabellón A.....	81
<b>Tabla 31</b> Factor $I_p$ pabellón A. ....	81
<b>Tabla 32</b> Resumen de irregularidades en altura pabellón B. ....	81



<b>Tabla 33</b> Factor $I_a$ pabellón B. ....	82
<b>Tabla 34</b> Resumen de irregularidades en planta pabellón B.....	82
<b>Tabla 35</b> Factor $I_p$ pabellón B. ....	82
<b>Tabla 36</b> Coeficiente de reducción sísmica R pabellón A. ....	83
<b>Tabla 37</b> Coeficiente de reducción sísmica R pabellón B. ....	83
<b>Tabla 38</b> Tipos y valores de carga a ser asignados pabellón A. ....	85
<b>Tabla 39</b> Tipos y valores de carga a ser asignados pabellón B.....	86
<b>Tabla 40</b> Desplazamientos máximos en el pabellón A. ....	90
<b>Tabla 41</b> Máximas derivas en el pabellón A.....	90
<b>Tabla 42</b> Fuerzas cortantes en el Pabellón A. ....	90
<b>Tabla 43</b> Desplazamientos máximos en el pabellón B. ....	92
<b>Tabla 44</b> Máximas derivas en el pabellón B.....	92
<b>Tabla 45</b> Fuerzas cortantes en el pabellón B. ....	93
<b>Tabla 46</b> Sistema estructural pab. A. ....	94
<b>Tabla 47</b> Sistema estructural pab. B. ....	94
<b>Tabla 48</b> Coeficiente básico de reducción sísmico pab. A. ....	94
<b>Tabla 49</b> Coeficiente básico de reducción sísmico pab. B.....	94
<b>Tabla 50</b> Factor $I_a$ . pabellón A. ....	95
<b>Tabla 51</b> Factor $I_p$ pabellón A.....	95
<b>Tabla 52</b> Factor $I_a$ . pabellón B. ....	95
<b>Tabla 53</b> Factor $I_p$ pabellón B. ....	95
<b>Tabla 54</b> Coeficiente de reducción sísmica R, pabellón A. ....	96
<b>Tabla 55</b> Coeficiente de reducción sísmica R pabellón B. ....	96
<b>Tabla 56</b> Desplazamientos máximos en el pabellón A. ....	99
<b>Tabla 57</b> Máximas derivas en el pabellón A.....	99
<b>Tabla 58</b> Fuerzas cortantes en el pabellón A. ....	100
<b>Tabla 59</b> Desplazamientos máximos en el pabellón B. ....	101
<b>Tabla 60</b> Máximas derivas en el pabellón B.....	102
<b>Tabla 61</b> Fuerzas cortantes en el pabellón B. ....	103
<b>Tabla 62</b> Propiedades mecánicas del aislador, pabellón A. ....	104
<b>Tabla 63</b> Parámetros para espectro de pseudo aceleraciones pab. A.....	105
<b>Tabla 64</b> Desplazamientos máximos en el pabellón A. ....	106
<b>Tabla 65</b> Máximas derivas en el pabellón A.....	107
<b>Tabla 66</b> Fuerzas cortantes en el pabellón A. ....	107



<b>Tabla 67</b> Propiedades mecánicas del aislador, pabellón B. ....	108
<b>Tabla 68</b> Parámetros para espectro de pseudo aceleraciones Pab. B.....	109
<b>Tabla 69</b> Desplazamientos máximos en el pabellón B. ....	110
<b>Tabla 70</b> Máximas derivas en el pabellón B.....	110
<b>Tabla 71</b> Fuerzas cortantes en el pabellón B. ....	111
<b>Tabla 72</b> Desplazamientos máximos (mm) dir x-x, pabellón A. ....	112
<b>Tabla 73</b> Desplazamientos máximos (mm) dir y-y, pabellón A. ....	113
<b>Tabla 74</b> Desplazamientos máximos (mm) dir x-x, pabellón B. ....	114
<b>Tabla 75</b> Desplazamientos máximos (mm) dir y-y, pabellón B. ....	115
<b>Tabla 76</b> Medidas de dispersión desplazamientos máximos. ....	116
<b>Tabla 77</b> Frecuencia de desplazamientos máx. dir. x-x, pab. A. ....	117
<b>Tabla 78</b> Frecuencia de desplazamientos máx. dir. y-y, pab. A. ....	118
<b>Tabla 79</b> Frecuencia de desplazamientos máx. dir. x-x, pab. B.....	119
<b>Tabla 80</b> Frecuencia de desplazamientos máx. dir. y-y, pab. B.....	120
<b>Tabla 81</b> Máximas derivas dir. x-x, pabellón A.....	121
<b>Tabla 82</b> Máximas derivas dir. y-y, pabellón A.....	122
<b>Tabla 83</b> Máximas derivas dir. x-x, pabellón B.....	123
<b>Tabla 84</b> Máximas derivas dir. y-y, pabellón B.....	124
<b>Tabla 85</b> Medidas de dispersión de máximas derivas.....	126
<b>Tabla 86</b> Frecuencia de máximas derivas dir. x-x, pab. A.....	126
<b>Tabla 87</b> Frecuencia de máximas derivas dir. y-y, pab. A.....	127
<b>Tabla 88</b> Frecuencia de máximas derivas dir. x-x, pab. B. ....	129
<b>Tabla 89</b> Frecuencia de máximas derivas dir. y-y, pab. B. ....	130
<b>Tabla 90</b> Fuerzas cortantes (kg) dir. x-x, pabellón A. ....	131
<b>Tabla 91</b> Fuerzas cortantes (kg) dir. y-y, pabellón A. ....	132
<b>Tabla 92</b> Fuerzas cortantes (kg) dir. x-x, pabellón B.....	133
<b>Tabla 93</b> Fuerzas cortantes (kg) dir. y-y, pabellón B.....	134
<b>Tabla 94</b> Medidas de dispersión de fuerzas cortantes máximas. ....	135
<b>Tabla 95</b> Frecuencia de fuerzas cortantes máximos dir. x-x, pab. A. ....	136
<b>Tabla 96</b> Frecuencia de fuerzas cortantes máximos dir. y-y, pab. A. ....	137
<b>Tabla 97</b> Frecuencia de fuerzas cortantes máximas dir. x-x, pab. B. ....	138
<b>Tabla 98</b> Frecuencia de fuerzas cortantes máximas dir. y-y, pab. B. ....	140
<b>Tabla 99</b> Estadísticas para una muestra de desplazamientos máx. dir. x-x, pab. A.....	141
<b>Tabla 100</b> Prueba para una muestra de desplazamientos máx. dir. x-x, pab. A. ....	142



<b>Tabla 101</b>	Estadísticas para una muestra de desplazamientos máx. dir. y-y, pab. A...	142
<b>Tabla 102</b>	Prueba para una muestra de desplazamientos máx. dir. y-y, pab. A. ....	143
<b>Tabla 103</b>	Estadísticas para una muestra de desplazamientos máx. dir. x-x, pab. B...	143
<b>Tabla 104</b>	Prueba para una muestra de desplazamientos máx. dir. x-x, pab. B.....	144
<b>Tabla 105</b>	Estadísticas para una muestra de desplazamientos máx. dir. y-y, pab. B...	144
<b>Tabla 106</b>	Prueba para una muestra de desplazamientos máx. dir. y-y, pab. B.....	145
<b>Tabla 107</b>	Estadísticas para una muestra de máx. derivas dir. x-x, pab. A.....	145
<b>Tabla 108</b>	Prueba para una muestra de máx. derivas dir. x-x, pab. A. ....	146
<b>Tabla 109</b>	Estadísticas para una muestra de máx. derivas dir. y-y, pab. A.....	146
<b>Tabla 110</b>	Prueba para una muestra de máx. derivas dir. y-y, pab. A. ....	147
<b>Tabla 111</b>	Estadísticas para una muestra de máx. derivas dir. x-x, pab. B.....	147
<b>Tabla 112</b>	Prueba para una muestra de máx. derivas dir. x-x, pab. B.....	148
<b>Tabla 113</b>	Estadísticas para una muestra de máx. derivas dir. y-y, pab. B.....	148
<b>Tabla 114</b>	Prueba para una muestra de máx. derivas dir. y-y, pab. B.....	149
<b>Tabla 115</b>	Estadísticas para una muestra de fuerza cortante max. dir. x-x, pab. A. ....	149
<b>Tabla 116</b>	Prueba para una muestra de fuerza cortante max. dir. x-x, pab. A. ....	150
<b>Tabla 117</b>	Estadísticas para una muestra de fuerza cortante max. dir. y-y, pab. A. ....	150
<b>Tabla 118</b>	Prueba para una muestra de fuerza cortante max. dir. y-y, pab. A. ....	151
<b>Tabla 119</b>	Estadísticas para una muestra de fuerza cortante max. dir. x-x, pab. B. ....	151
<b>Tabla 120</b>	Prueba para una muestra de fuerza cortante max. dir. x-x, pab. B. ....	152
<b>Tabla 121</b>	Estadísticas para una muestra de fuerza cortante max. dir. y-y, pab. B. ....	152
<b>Tabla 122</b>	Prueba para una muestra de fuerza cortante max. dir. y-y, pab. B. ....	153



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

CM	: Carga Muerta.
CN	: Carga de Nieve.
CSH	: Carga Sísmica Horizontal.
CSV	: Carga Sísmica Vertical
CV	: Carga Viva.
$F_c$	: Resistencia a la Compresión
$F_y$	: Esfuerzo de Fluencia
IGP	: Instituto Geofísico del Perú
LRB	: Aislador Elastomérico de Núcleo de Plomo.
RNE	: Reglamento Nacional de Edificaciones
$S_a$	: Pseudo Aceleración
SMC	: Sismo Máximo Considerado SMC
$M_w$	: Magnitud de Momento
NTE	: Norma Técnica de Edificaciones



## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es la evaluación del comportamiento sísmico mediante Norma E.030 2003 y 2018 del Hospital San Juan de Dios de Ayaviri, el cual está situado en la provincia de Melgar del departamento de Puno. La metodología utilizada fue un diseño no experimental transversal y de alcance descriptivo. Se empleó la Norma E.030 2003 y 2018 como instrumento de evaluación y el software Etabs para el procesamiento de las variables. Asimismo, se utilizó un muestreo de tipo no probabilístico para la selección del Pabellón A y B, cada uno de tres pisos, para lograr el propósito planteado. Se procedió a la recolección de datos en función a los requerimientos para la realización de un análisis dinámico modal espectral establecido en la Norma E.030, donde se recurrió a los archivos de documentos existentes correspondientes a la edificación para la obtención de la información técnica, los cuales fueron corroborados in situ, a fin de descartar variaciones en la estructuración planteada a nivel de proyecto. Los resultados obtenidos de los parámetros que miden la respuesta estructural con Norma E.030 2018 disminuyeron en comparación a los obtenidos con la versión del 2003 en un rango de 26.19% y 37.77%. Los desplazamientos máximos y máximas derivas de piso incrementan su valor entre 0.17% y 200.00% en modelos optimizados de los Pabellones A y B, y disminuyen en las fuerzas cortantes entre 2.11% y 27.11%. La incorporación de aisladores sísmicos en la base de las estructuras presenta un incremento entre 21.53% y 39.57% en el valor de los desplazamientos máximos y una disminución entre 71.34% y 85.28% en las máximas derivas de piso, sin embargo, en el Pabellón A las fuerzas cortantes máximas disminuyen en 21.34% y 18.42% y en el Pabellón B se incrementan en 3.59% y 2.14%. Finalmente los resultados obtenidos rechazaron la hipótesis alterna planteada, pues al realizar el contraste del mismo se rechaza la variación del comportamiento sísmico en función de los parámetros de desplazamientos máximos y máximas derivas de piso, sin embargo; respecto a la fuerza cortante máxima (cortante basal) se admite la variación del parámetro, pero; al ser una variación de decremento se concluye que el comportamiento sísmico de las estructuras existentes del Hospital San Juan de Dios, no presentarán variaciones significativas frente a posibles movimientos telúricos que impliquen daños en los elementos estructurales.

**Palabras clave:** Respuesta estructural, análisis dinámico modal espectral, desplazamientos máximos, máximas derivas de piso, fuerza cortante.





## ABSTRACT

The objective of this research is to evaluate the seismic behavior of the San Juan de Dios de Ayaviri Hospital, which is located in the province of Melgar in the department of Puno, using the E.030 2003 and 2018 Standards. The methodology used was a non-experimental cross-sectional design with descriptive scope. Standard E.030 2003 and 2018 was used as the evaluation instrument and Etabs software was used to process the variables. Likewise, non-probabilistic sampling was used for the selection of Pavilion A and B, each with three floors, to achieve the proposed purpose. Data collection was carried out according to the requirements for performing a spectral modal dynamic analysis established in the E.030 Standard, where the existing document files corresponding to the building were used to obtain the technical information, which were corroborated in situ in order to rule out variations in the structuring proposed at the project level. The results obtained for the parameters that measure the structural response with Standard E.030 2018 decreased compared to those obtained with the 2003 version in a range of 26.19% and 37.77%. The maximum displacements and maximum floor drifts increase their value between 0.17% and 200.00% in optimized models of Pavilions A and B, and decrease in shear forces between 2.11% and 27.11%. The incorporation of seismic isolators at the base of the structures presents an increase between 21.53% and 39.57% in the value of the maximum displacements and a decrease between 71.34% and 85.28% in the maximum floor drifts, however, in Pavilion A the maximum shear forces decrease by 21.34% and 18.42% and in Pavilion B they increase by 3.59% and 2.14%. Finally, the results obtained rejected the alternative hypothesis proposed, since when contrasting it, the variation of seismic behavior as a function of the parameters of maximum displacements and maximum floor drifts is rejected; however, with respect to the maximum shear force (Basal Shear), the variation of the parameter is admitted, but since it is a decreasing variation, it is concluded that the seismic behavior of the existing structures of the San Juan de Dios Hospital will not present significant variations in the face of possible telluric movements that imply damage to the structural elements.

**Keywords:** Structural response, dynamic modal spectral analysis, maximum displacements, maximum story drifts, shear force.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Planteamiento del problema

Según Norabuena et al. (1999) el territorio peruano se encuentra ubicado en el denominado Cinturón de Fuego del Pacífico, donde anualmente en el borde occidental del país se desarrolla un proceso de convergencia y subducción de la placa de Nazca (Oceánica) por debajo de la Sudamericana (Continental) una distancia de entre 7 a 8 centímetros. Por lo que Tavera (2014), manifiesta que el proceso de fricción entre las placas Nazca y Sudamericana son los que originan los sismos de diferentes magnitudes y focos ubicados a diferentes profundidades.

Otro estudio sostiene que:

La principal fuente sismogénica en el Perú considera el área comprendida entre la línea de costa y la fosa peruano-chilena, aquí la frecuencia de sismos es mayor y muchos de ellos alcanzaron magnitudes superiores a 8,0 Mw, llegando a producir en las ciudades costeras destrucción y gran mortandad. En el interior del continente, destaca la zona Subandina entre las ciudades de Moyobamba y Satipo. Hacia el sur, destacan la zona de Ayacucho, Cusco y Arequipa. Aquí los sismos presentaron magnitudes menores, pero los daños que causaron en áreas relativamente pequeñas, fueron similares a las zonas costeras (Tavera, 2014, p. 38).

Por otra parte, Tavera et al. (2016) en el sismo ocurrido en la provincia de Lampa el 1 de diciembre del 2016, en las localidades de Ocuvi, Santa Lucía, Lampa, Paratía, Vilavila, ocurrieron movimientos fuertes con vibración de paredes y ventanas y daños en colegios e iglesias, además del desprendimiento de rocas en los cerros. Asimismo,



manifiesta que, en las localidades de Juliaca, Ayaviri, Ocoruro se presentaron movimientos fuertes y vibración de paredes y ventanas, rotura de ventanas y caída de objetos pequeños, y que las personas tuvieron que salir a resguardarse a las calles por varios minutos.

Además, los constantes registros sísmicos que reporta el Instituto Geofísico del Perú, en las diferentes provincias de la región de Puno como son: La provincia de Melgar, Lampa, Puno, San Román, entre otros. Sugiere que la actividad sísmica en los sectores mencionados va en incremento.

Para el análisis y diseño de edificaciones el Perú cuenta con la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente, el cual desde el año 2003 no ha tenido cambios relevantes hasta el año 2016, sin embargo, en ese periodo de tiempo se diseñaron y construyeron edificaciones importantes referidos a la educación y la salud, los mismos que a la fecha vienen prestando servicio. Asimismo, haciendo énfasis en las edificaciones de salud de categoría esencial en la región de Puno, según el registro del MINSA se cuenta con 11 edificaciones de nivel II, entre ellos el Hospital San Juan De Dios De Ayaviri, siendo este último construido bajo la Norma de Diseño Sismorresistente del año 2003.

En ese sentido la edificación del Hospital San Juan de Dios de Ayaviri que presta servicio a la población de la provincia de Ayaviri, tendría una incertidumbre respecto al comportamiento sísmico, ya que, en vista de las nuevas solicitudes sísmicas requeridas en la Norma de Diseño Sismorresistente del año 2018, su diseño no estaría prestando las garantías de su función particular, que consiste en el tratamiento de los enfermos y heridos antes, durante y después del sismo.

Por lo manifestado anteriormente, la presente tesis de investigación plantea someter a evaluaciones de respuesta sísmica a la edificación existente del Hospital San



Juan de Dios de Ayaviri mediante modelos matemáticos, para garantizar la continuidad del mismo y/o proponerse una intervención de reforzamiento estructural a fin de cumplir con lo requerido.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cuál será el comportamiento sísmico de la edificación hospitalaria San Juan de Dios de Ayaviri, frente a las sollicitaciones sísmicas de la Norma E.030 2003 y E.030 2018?

## **1.3 Hipótesis de la investigación**

### **1.3.1 Hipótesis general**

Al evaluar el comportamiento sísmico del Hospital San Juan de Dios de Ayaviri de acuerdo a normas E.030 2003 y E.030 2018, presentaría variaciones significativas en su respuesta estructural con el consecuente peligro de daños físicos sobre los elementos estructurales y no estructurales.

## **1.4 Justificación del estudio**

Los establecimientos de salud juegan un papel importante y significativo en la atención, durante y tras un movimiento telúrico, debido a su particular función en el tratamiento de los heridos y enfermos. Por lo cual los hospitales requieren consideraciones especiales desde el momento de su concepción en relación al diseño estructural, debido a los siguientes factores.

- a. Su complejidad y sus características de ocupación.
- b. Su papel durante situaciones de desastre, en relación con la preservación de la vida y la salud, especialmente en el diagnóstico y tratamiento de lesiones y enfermedades.



- c. La función de un hospital no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo.

Por otra parte, la evaluación sísmica del Hospital San Juan de Dios de Ayaviri, permitirá hacer una proyección respecto del comportamiento y/o respuestas sísmicas de edificaciones de salud similares en la región de Puno, como en otras regiones del país, para prever y/o intervenir de ser necesarios con tecnologías de reforzamiento estructural en bien de la población y del país. Asimismo, poner en conocimiento la respuesta sísmica de edificaciones hospitalarias permitirá realizar análisis y diseños futuros más óptimos en cuestión de diseño sismorresistente.

## **1.5 Objetivos de la investigación**

### **1.5.1 Objetivo general**

Evaluar el comportamiento sísmico del Hospital San Juan de Dios de Ayaviri, de acuerdo a normas E.030 2003 y E.030 2018.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- a. Realizar un análisis estructural del Hospital San Juan de Dios de Ayaviri, según Normas E.030 2003 y E.030 2018.
- b. Realizar un análisis estructural óptimo del Hospital San Juan de Dios de Ayaviri de acuerdo a la Norma E.030 2018.
- c. Realizar un análisis estructural con aisladores sísmicos del Hospital San Juan de Dios de Ayaviri de acuerdo a la Norma E.030 2018.

## **1.6 Matriz de consistencia**

**Tabla 1**

*Matriz de consistencia.*

<b>Problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Indicadores</b>
¿Cuál será el comportamiento sísmico de la edificación hospitalaria San Juan de Dios de Ayaviri frente a las solicitaciones sísmicas de la Norma E.030 2003 y E.030 2018?	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Evaluar el comportamiento sísmico del Hospital San Juan de Dios de Ayaviri de acuerdo a normas E.030 2003 y E.030 2018.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>a. Realizar un análisis estructural del Hospital San Juan de Dios de Ayaviri según Normas E.030 2003 y E.030 2018.</p> <p>b. Realizar un análisis estructural óptimo del Hospital San</p>	<p>Al Evaluar el comportamiento sísmico del Hospital San Juan de Dios de Ayaviri de acuerdo a normas E.030 2003 y E.030 2018, presentará variaciones significativas en su respuesta estructural con el consecuente peligro de daños físicos sobre los elementos estructurales y no estructurales.</p>	<p><b>Variables independientes:</b></p> <p>1. Análisis estructural (Norma E.030 2003)</p> <p>2. Análisis estructural (Norma E.030 2018)</p> <p>3. Análisis estructural óptimo (Norma E.030 2018)</p> <p>4. Análisis estructural con aisladores sísmicos (Norma E.030 2018)</p> <p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>4. Comportamiento sísmico</p>	<p>Norma E.030 2003</p> <p>Norma E.030 2018</p> <p>Norma E.030 2018</p> <p>Norma E.030 2018, E.031 2019</p> <p>Etabs</p>



<b>Problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Indicadores</b>
	Juan de Dios de Ayaviri de acuerdo a la Norma E.030 2018.			
	c. Realizar un análisis estructural con aisladores sísmicos del Hospital San Juan de Dios de Ayaviri de acuerdo a la norma E.030 2018.			



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 Marco teórico

##### 2.1.1 Antecedentes de estudio

Rizabal (2018), en su investigación “Análisis sismorresistente comparativo entre Normas E.030 - 2016 y su predecesora aplicado en el proyecto de Hospital Hermilio Valdizan en Huánuco”, con el objetivo principal de determinar el análisis comparativo sismorresistente de la norma E.030 2016 y su predecesora, donde seleccionó a dos módulos representativos que comprende dicho hospital a fin de lograr el objetivo planteado, siendo el “SECTOR A” edificación de 5 pisos y el “SECTOR B” edificación de 3 pisos. Llegando a las siguientes conclusiones:

Para el “SECTOR A” se obtuvieron una variación porcentual máxima de -21% del cortante basal, mientras que para el “SECTOR B” se obtuvieron una variación porcentual máxima de 17% del cortante basal.

Para el “SECTOR A” se obtuvieron una variación porcentual máxima de -43% en la deriva con dirección de análisis XX y de -20% en la deriva con dirección de análisis YY; mientras que para el “SECTOR B” se obtuvo la variación porcentual máxima de 39% en la deriva con dirección de análisis XX y de 28% en la deriva de con dirección de análisis YY.

Al comparar las normas E.030 vigente y su predecesora en el análisis sismorresistente del “SECTOR A” se determina que no tendrá incidencia por presentar valores menores en cortante y derivas al de norma predecesora, mientras que en el “SECTOR B” se determina que sí tendrá incidencia por presentar valores mayores en cortante y derivas al de la norma predecesora. (p. 88)





Leon y Gutierrez (2018), en la investigación realizada “Comparación estructural y económica de edificio de 7 pisos ante cambio de la Norma E.030 Diseño Sismorresistente”, en la que realizan el análisis y diseño estructural de una edificación de oficinas ubicada en el distrito de Miraflores - Lima, usando la norma sismorresistente E.030 aprobada en el año 2003 y la aprobada en enero del año 2016, para realizar una comparación estructural y económica, llegando a las conclusiones siguientes:

Al realizar el análisis sísmico de la edificación con la Norma Sismorresistente vigente (E.030-2016), se verificó que la deriva máxima fue de 0.0038 el cual se encuentra por debajo del límite permisible que exige la norma de 0.007; por otro lado, se verificó que con las nuevas condiciones que exige la Norma Técnica E.030-2016 vigente, no existe ningún tipo de irregularidad en altura ni en planta en la estructura.

El parámetro sísmico que tuvo mayor influencia en el análisis realizado, por la variación que presentó con respecto a la Norma NTE E.030, fue el factor de zona (Z), paso de tener un valor de  $Z=0.40$  a  $Z=0.45$  lo cual representa un incremento de 12.5%. Este valor incidió en el espectro de análisis de la estructura, dando como resultado el incremento de las fuerzas internas y con ello un nuevo diseño de la estructura de concreto armado.

Las fuerzas internas en las placas, vigas y columnas presentan un incremento entre 10% y 20% con respecto al análisis realizado con la norma NTE E.030 del 2003. La mayor variación se dio en los elementos resistentes a fuerzas laterales en la dirección YY, la menor variación se dio en los elementos resistentes en la dirección XX, debido a que las placas absorbieron la mayor parte de esfuerzos laterales. (p. 81)



Quispe y Terry (2017), en su investigación “Análisis comparativo del diseño sismorresistente de una edificación de 7 pisos en Lima empleando la Norma E.030 (versión 2016 vs versión 2003)”, donde realizaron el análisis y diseño de 3 edificaciones de características similares, la primera con la versión anterior de la norma sismorresistente E.030-2003, la segunda teniendo la edificación en la zona 4 con la norma E.030-2016 y la tercera también con la norma E.030-2016 cambiando a zona sísmica 3 la edificación, con el propósito de saber que influencia tienen los cambios que presentan la versión de la norma E.030-2016 en volumen y cantidad de acero y concreto para las edificaciones analizadas. Concluyendo de la siguiente forma:

La nueva versión de la norma E.030 (2016) ha introducido nuevos cambios respecto a la versión anterior. Entre ellos uno de los más importantes es la introducción de una nueva zona sísmica. Se ha incorporado una nueva zona sísmica 4 a lo largo de la costa del Perú. Una edificación que con la versión de norma anterior se encuentra en la zona 3, correspondiente a un parámetro  $Z = 0.40$ , podría estar en la zona 4 o en la zona 3 de la zonificación introducida en la nueva norma, obteniendo valores del parámetro  $Z$  de 0.45 y 0.35 respectivamente.

Otro de los cambios importantes introducidos por la versión vigente (E.030 2016) de la norma es la dependencia de la zonificación sísmica para poder obtener el factor de suelo  $S$ . Con la versión anterior el parámetro  $S$ , dependía solo del tipo de suelo mientras que ahora depende también de la zonificación sísmica, donde se ubicará la estructura. Esto se debe a que por más que se tenga el mismo perfil de suelo, las aceleraciones recibidas, que a su vez dependen de la zonificación, se van a comportar de manera distinta por los daños producidos en el mismo perfil durante el sismo. Por ejemplo, para el caso en cuestión específico, un suelo blando



de perfil S3 en la costa va a recibir una gran aceleración que va a dañar el perfil impidiendo que acelere mucho.

Los valores que establece la versión vigente de la norma para el parámetro S, no se pueden comparar directamente con el parámetro S de la versión anterior, puesto que ambos valores corresponden a conceptos distintos. En la versión vigente este valor indica cómo varía la aceleración del perfil de suelo respecto al suelo rígido en función de una aceleración probable, mientras que en la versión anterior se tiene un coeficiente por perfil de suelo independiente de la aceleración recibida.

Para edificios de estas características la versión anterior de la norma E030 es más demandante en cuanto a fuerzas sísmicas a lo largo de todo el espectro. Esto se debe principalmente al parámetro correspondiente al factor de suelo S, que con la versión anterior de la norma, tenía un valor de 1.4 mientras que con la norma vigente se tienen valores de S de 1.1 y 1.2 para la zona 4 y zona 3 respectivamente. Este parámetro S, tanto en la norma vigente como en la Versión anterior de la norma, corresponde al mismo Factor de Amplificación del Suelo, sin embargo, como se ha mencionado en una de las conclusiones anteriores, en la versión anterior de la norma, este sólo dependía del perfil de suelo y con la norma vigente depende del perfil de suelo y de la zonificación sísmica donde se encuentra ubicada la edificación.

En la zona de plataforma del espectro se tiene que la aceleración espectral con la versión anterior de la norma es de 2.23, mientras que con la norma vigente en zona 4 y zona 3 se tiene 2.02 y 1.72 respectivamente. Estos valores representan el 88% y 75% del valor con la versión anterior de la norma y se verá reflejado en desplazamientos y fuerzas de sismo en elementos a lo largo de toda la



investigación. Este mismo porcentaje se verá reflejado en resultados globales de las edificaciones, tal como la fuerza cortante en la base, pero al haberse modificado las secciones de las placas en los casos analizados, las fuerzas a las que está sometida cada elemento ni los desplazamientos se verán afectados exactamente en este mismo porcentaje.

Se obtuvo una fuerza cortante en la base de 555Ton para el caso de versión anterior de la norma, 468 Ton para el caso de norma vigente en zona 4 y 384 Ton para el caso de norma vigente en zona 3. (p. 121)

Calahuille (2019), realiza la investigación “Análisis y diseño estructural comparativo basado en la Norma E.030 del 2016 y 2006 para un edificio de uso hotel”, con el propósito de obtener las respuestas sísmicas y compararlas, fue que desarrolló un análisis en base al planteamiento arquitectónico del edificio de uso hotel de cinco pisos y azotea, con el apoyo del software ETABS 2015. Llegando a las siguientes conclusiones:

El proyecto de desarrollo con las Normas E.030 del 2006 y E.030 del 2016, el análisis sísmico muestra diferentes modificaciones las cuales describen mejor las características geométricas de la estructura, así como el lugar donde se encuentra. La zonificación sísmica del factor Z en la Norma E.030 del 2006 a la Norma E.030 del 2016 varía de tener tres a cuatro zonas; Tacna anteriormente presentaba un valor de 0,40 y ahora de 0,45 incrementándose en 12,5 %. Para caracterizar el suelo se requiere estudiar los primeros 30 m, teniendo como patrón el suelo intermedio, notándose que una caracterización del suelo en zona cuatro, tres, dos o uno tiene diferentes amplificaciones como se aprecia en la Norma E.030 del 2016. Para nuestro proyecto en Tacna el valor de S varía de 1,20 con la antigua Norma E.030 del 2016 a 1,05 con la nueva Norma E.030 del 2016 reduciéndose



en 12,5 %. En la antigua Norma E.030 del 2006 solo se consideraba aplicar por cualquier irregularidad presentada en la estructura un factor de  $\frac{3}{4} R$ , siendo  $R = 4,5$ , sin embargo, la nueva Norma E.030 del 2016 cuantifica el nivel de irregularidad en planta y elevación a través de emplear los factores  $I_a$  e  $I_p$ , los cuales influyen directamente en el valor del coeficiente de reducción  $R$ , siendo  $R = 5,4$ , aumentando en un 20 %.

La máxima deriva hallada en el análisis estático con la Norma E.030 del 2006 es de  $D = 0,005$ , y con la Norma E.030 del 2016 es de  $D = 0,066$  aumentando en 32 %. Estos resultados muestran consistentemente que el análisis realizado fue correcto por estar dentro de los límites máximos permisibles de  $D = 0,007$ . Como consecuencia de todos estos resultados, el diseño de la estructura no se verá afectada, utilizando las mismas secciones de concreto al desarrollar el diseño estructural con las dos normas de diseño sismorresistente.

En el proyecto al desarrollar la cortante estática con la Norma E.030 del 2006 se obtuvo  $V = 412$  t y para el análisis estático con la Norma E.030 del 2016 se obtuvo  $V = 337,97$  t, dándose una reducción de sus fuerzas del 17,96 %. (p. 249)

Lezama (2017), en su investigación “Comparación de derivas por solicitaciones sísmicas según Normas e.030 de 2003 y 2016 en proyecto de una nueva edificación”, realiza una evaluación bajo Normas E.030 del 2003 y 2016 de las edificaciones del proyecto “Mejoramiento y ampliación de los servicios de enseñanza e investigación en ordenamiento territorial y desarrollo sostenible de la facultad de ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria de la Molina - Lima, que consta de 3 bloques independientes, llegándose a concluir en los puntos siguientes:



La diferencia porcentual entre el promedio de derivas calculadas según la norma E.030 de 2003 y la deriva máxima indicada en dicha norma (0.007), las cuales son 41.43% en el sentido X y 60.79% en el sentido Y. Cabe señalar que la menor diferencia porcentual por piso es 15.71%. Considerando lo antes señalado, se puede concluir que los 3 bloques analizados cumplen con el control de derivas indicado en la norma E.030 de 2003.

La diferencia porcentual entre el promedio de derivas calculadas según la norma E.030 de 2016 y la deriva máxima indicada en dicha norma (0.007), las cuales son 48.02% en el sentido X y 66.19% en el sentido Y. Cabe señalar que la menor diferencia porcentual por piso es 26.85%. Considerando lo antes señalado, se puede concluir que los 3 bloques analizados cumplen con el control de derivas indicado en la norma E.030 de 2016, es decir cumple con la norma E.030 de 2016.

De las derivas calculadas, para los 3 bloques analizados, cumplen satisfactoriamente con ser menores a la deriva máxima, es decir cumplen con el control de derivas de la Norma E.030 de 2016. Por lo tanto, no es necesario realizar modificaciones estructurales para rigidizar la estructura. (p. 82)

Sajami y Talexio (2019), realizaron el “Estudio comparativo del análisis sísmico de un edificio de 8 pisos según las Normas E.030-2006 y E.030-2018 – Iquitos 2019”, enfocado principalmente en la variación de las respuestas sísmicas estático y dinámico con respecto a la Norma E.030 2018, logrando las siguientes conclusiones:

Con relación a las derivas al analizar la estructura bajo la Norma E.030 2018, respecto a la Norma E.030 2006, resultó en 29% inferior en XX y 39% en YY para cada piso, debido a que el factor para determinar las derivas de entrepiso para



la Norma E.030-2018, resulta del valor 0.85R y para la Norma E.030-2006 de 0.75R.

Con relación a la cortante basal al analizar la estructura bajo la Norma E.030 2018 respecto a la Norma E.030 2006, resultó que para el análisis estático la cortante es 30% superior en dirección XX y 72% superior en la dirección de análisis YY, asimismo, para el análisis dinámico la cortante basal es 62% superior en la dirección de análisis XX y 52% superior en la dirección YY.

El estudio demuestra que la edificación cumple con los parámetros de la norma E-030 2018, debido a que las derivas de entre piso no excede del 0.007. (p. 61)

De la cruz (2021), en su investigación de “Análisis comparativo del diseño estructural de una edificación regular e irregular de ocho niveles en sistema de pórticos aplicando la norma E. 030 2003, 2016 y 2018 diseño sismorresistente en la ciudad de Lima”, concluye que:

La estructura regular presenta una variación máxima de periodos fundamentales de 17,61% comparando el periodo modal y alternativo, así mismo, la estructura irregular en la dirección X-X de 30,42% y en Y-Y de 27,27% comparando el periodo normativo y alternativo. El cotejo se realizó considerando que las normas del 2016 y 2018 son iguales para estructuras regulares con una variación de cortantes de 6,17% entre periodos y 12,50% según la norma del 2003 en comparación del 2016-2018. En consecuencia, la fuerza lateral según el periodo normativo tendrá un incremento de 17,16% en el último nivel, variación de 13,59% de distorsión en el tercer nivel y la fuerza de acuerdo al periodo modal de -1,62% para el último nivel, incremento de 22,68% en el penúltimo nivel y una variación de 13,12% de distorsión en el tercer nivel según la norma del 2003 en



comparación del 2016-2018. El análisis dinámico para estructuras regulares tiene un incremento en los espectros de diseño en 12,20% y un ligero descenso de la curvatura para periodos largos. Por tanto, incremento de distorsión máxima en el tercer nivel de 13,16% según la norma del 2003 en comparación del 2016-2018. (p. 69)

Del Rosario (2018), realizó una investigación basada en “Desempeño sísmico de aisladores: Estudio de un hospital de concreto armado”, en el cuál evalúa el comportamiento inelástico y no lineal de un hospital de concreto armado diseñado con aisladores sísmicos de base, además; busca revisar su desempeño y capacidad de ductilidad a partir de la comparación de las derivas de entrepiso con y sin aisladores sísmico. Llegando a las conclusiones siguientes:

Para lograr una reducción notable en los desplazamientos de entrepiso, se flexibiliza el sistema total y se aumentan los desplazamientos totales hasta el orden de los 24 cm. En comparación, los desplazamientos absolutos en la azotea de la estructura de base fija se muestran alrededor de los 7.6 cm a pesar que los desplazamientos de entrepiso son cercanos al doble en esta estructura con respecto a la aislada.

Los resultados permiten observar de manera más completa el efecto de los aisladores sísmicos en esta estructura. De esta manera, es posible confirmar la hipótesis inicial acerca de que el uso de sistemas de aislación sísmica, permite verificar que la estructura permanezca completamente operativa durante y después de un sismo severo. (p. 82)

Olivos (2020) en el estudio de investigación “Protección sísmica de edificaciones hospitalarias peruanas por aislamiento sísmico.” concluye que:





Los resultados de la revisión del diseño del edificio típico de hospital con sistemas de aislamiento indican que estos sistemas producen una reducción del cortante basal al 30% - 40% de un sistema convencional (empotrado en la base).

La respuesta estructural es la esperada para edificaciones con sistema de protección sísmica con aislamiento, ya que del análisis no lineal tiempo historia se obtuvieron derivas máximas del orden de 2.6% y 3.8% para el sismo de diseño (DBE) y el sismo máximo creíble (MCE), respectivamente, las cuales son menores a los límites establecidos en el proyecto de norma E.031 de 3,5% y 4,5%, respectivamente. (p. 127)

Así mismo Gavino (2019). Mediante los resultados obtenidos en su proyecto de investigación obtuvo las siguientes conclusiones:

La aislación sísmica es determinante por las frecuencias altas de sismos, implicando que estructuras con periodos altos, como las estructuras con aislación no amplifican las aceleraciones.

El diseño logra su eficacia debido a que con aislantes sísmicos elastoméricos no se esperan daños por su comportamiento estructural.

Las características geométricas directamente vinculadas a la capacidad de carga de los aislantes sísmicos, se convierten en el factor para controlar la eficiencia en el diseño estructural de los hospitales que reduzcan su vulnerabilidad sísmica.

La aplicación de aislantes sísmicos alcanza una reducción de sus esfuerzos internos para la sismicidad en su diseño de orden 2, generando una reducción mayor a 10.



De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluyó que el uso de aislantes elastoméricos optimizaron las propiedades de la edificación esencial de acuerdo a los resultados obtenidos.

Se determinó por los resultados, que en efecto el uso de Aisladores Sísmicos Elastoméricos DHR mejoraron el diseño sismo resistente de la edificación, de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica Peruana E.030.2016 de diseño sismo resistente. (p. 64)

De igual manera Mantilla y Apaza (2019), en su proyecto de investigación “Análisis y diseño estructural con aislamiento sísmico en la base del hospital en el Distrito de Yarabamba”. Realiza las siguientes conclusiones:

El periodo fundamental de la estructura convencional es  $T=0.289$  segundos, al incorporar el sistema de aislamiento sísmico en la base incrementa el periodo a  $T= 2.331$  segundos, una relación de 8.06 veces al periodo fundamental de la estructura convencional en la dirección XX; se reduce las aceleraciones de piso, fuerzas cortantes, desplazamientos relativos, derivas, daños en elementos estructurales y equipamiento.

La deriva máxima para la estructura convencional es de 0.00278 y 0.00264 en la dirección XX e YY respectivamente y para la estructura con base aislada es de 0.00066 y 0.00058 en la dirección XX e YY respectivamente, se concluye una reducción en la deriva de 4.48 y 4.89 veces en la dirección XX e YY respectivamente.

La fuerza cortante para la estructura convencional en la dirección XX es de 1229.595 tonf, YY es de 1206.912 tonf y para la estructura con base aislada en la



dirección XX de 751.785 tonf, YY de 751.734 tonf, habiendo una reducción considerable 1.64 y 1.61 veces en la dirección XX e YY respectivamente. (p. 112)

En su segunda conclusión Meléndez y Gutiérrez (2019), afirma que:

Para una estructura sin aislamiento el periodo de vibración más alto es de 0.60 segundos, mientras que para la estructura aislada este valor se incrementa a 3.69 segundos. Como se observa el periodo se ha incrementado a 615%. Asimismo, los desplazamientos en el último nivel para la estructura sin aislamiento son de 6.24cm en el eje XX y 6.97cm en el eje YY, ambos en el último piso, este valor también se ha reducido a con el uso de aisladores a 1.83cm y 1.72cm en los ejes X e Y respectivamente, lo que significa una reducción del 70% aproximadamente. (p. 85)

En el trabajo de investigación Ruiz et al. (2021). Realiza las siguientes conclusiones:

Los parámetros para llevar a cabo la comparación de manera congruente del modelo con y sin aisladores fueron las distorsiones y cortante de entrepiso. Con base en los resultados se hacen las siguientes conclusiones y observaciones para los siguientes parámetros:

Distorsiones de entrepiso: La reducción fue de 69.08% y 34.20% para sismo de diseño con y sin aisladores, respectivamente, mientras que la reducción fue de 70.19% y 33.89% para sismo máximo considerado con y sin aisladores.

Fuerzas cortantes: la reducción fue de 52.10% y 14.88% para sismo de diseño con y sin aisladores, respectivamente, y en el caso del sismo máximo considerado con y sin aisladores la reducción fue de 53.15% y 14.89%.



En general, se concluye que utilizar aisladores de base en edificaciones permite reducir de manera considerable las demandas sísmicas de edificios. (p. 44)

Respecto a las distorsiones Ramírez (2020). Concluye lo siguiente:

Las distorsiones de piso son menores a lo establecido del límite (0.007) según el sismo de diseño, ya que la máxima deriva conseguida fue de 0.0065 que fue en el eje x, y 0.0062 en el eje y. y comprobando con el análisis tiempo historia vemos que los aisladores se comportan de mejor manera teniendo como resultado (0.0003 ‰ y 0 en el eje Y). (p. 88)

Respecto a fuerza cortante Carrera (2018). En su análisis dinámico modal espectral concluye lo siguiente:

Luego de realizar el análisis dinámico modal espectral en el sistema con aisladores sísmicos se encontró una fuerza cortante basal máxima en  $V_x = 690.2$  Tn y en  $V_y = 692.7$  Tn; por consiguiente, para el sistema de base empotrada se encontró la fuerza cortante basal máxima en  $V_x = 1953.24$  Tn y en  $V_y = 2147.58$  Tn; por lo tanto, se determinó que la fuerza cortante basal máxima en el sistema aislado, disminuye en promedio un 75% en ambas direcciones “X-X” y “Y-Y”, con respecto del sistema de base fija. (p. 158)

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 Evolución de los códigos de diseño y construcción del Perú

Torrealva (2012) sostiene que:

En el Perú, los códigos de diseño y construcción son relativamente jóvenes. Hasta la primera mitad del siglo XX, los diseños de las obras de infraestructura y vivienda se realizaban empíricamente o aplicando

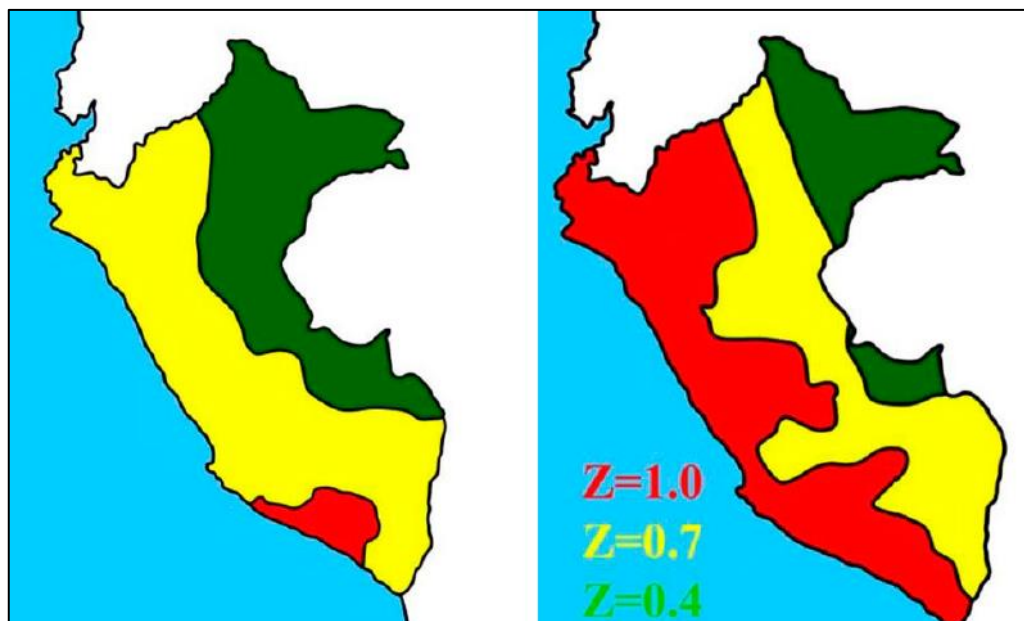
reglamentos y recomendaciones de Europa y Estados Unidos. El primer código peruano de diseño sísmico data de 1967 y la última versión corresponde al año 2003 (p. 2).

Muños (2020), da conocer en su libro “Comentarios de la Norma E.030 Diseño Sismorresistente” los cambios y evolución de la zonificación sísmica en el territorio nacional expresando lo siguiente:

En la década de 1960 se reconocía la menor sismicidad de la selva, pero se atribuía la sismicidad más alta del país al departamento de Arequipa. Luego la norma peruana de 1977 (Reglamento Nacional de Edificaciones) reconoce una sismicidad relativamente similar en toda la costa y parte de la sierra y divide el territorio peruano en tres zonas sísmicas a las que asigna valores de sismicidad relativos 1.0, 0.7 y 0.4. (p. 14)

### Figura 1

*Percepción del peligro sísmico en los años 1960 y 1977*

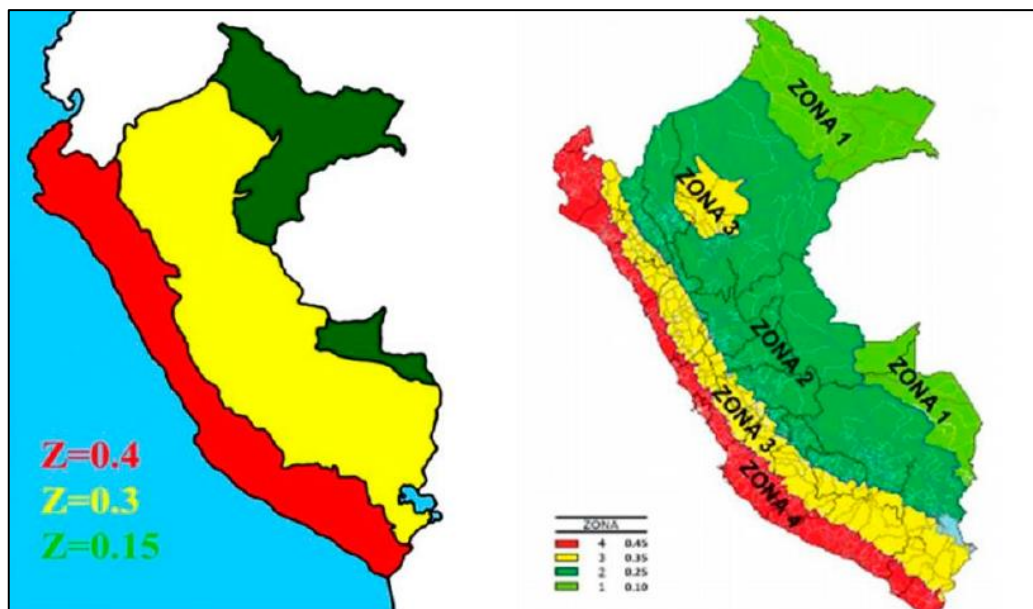


**Nota.** En la figura se muestra la percepción del peligro sísmico en la década de los 60 (izquierda) y la sismicidad según norma de 1977 (derecha). Tomado de Muños. (p. 14)

Desde la norma de 1997 el factor Z corresponde a un valor de aceleración asociada a sismos con periodo de retorno de 475 años. En las normas de 1997 y 2003, Z correspondía a la aceleración en el lecho rocoso, en la actual norma (2018) Z corresponde a la aceleración esperada en suelo bueno. (p. 14)

## Figura 2

*Sismicidad según norma de 2003 y 2018*



**Nota.** Tomado de Muños. (p.14)

### 2.2.2 Diseño sísmico

Acerca del diseño sísmico Bozzo y Barbat (2004) indican lo siguiente:

Con el objetivo de construir edificios económicos, las normativas modernas de diseño aceptan, generalmente, que para un sismo severo las estructuras alcancen el rango no lineal. De hecho, la acción correspondiente a un sismo de este tipo es varias veces superior a la acción considerada en un diseño práctico, cuando se emplean normativas de



diseño sísmico. Por este motivo las estructuras entran en el rango inelástico y sufren deformaciones remanentes.

Los criterios actuales de diseño sismorresistente requieren que la estructura soporte un sismo severo sin que llegue al colapso, aunque puedan producirse daños locales importantes. Para ello, la estructura se diseña y construye proporcionándole detalles que permitan las deformaciones inelásticas esperadas durante un sismo severo, sin pérdida significativa de resistencia y de ahí la importancia de su estudio. (p. 102)

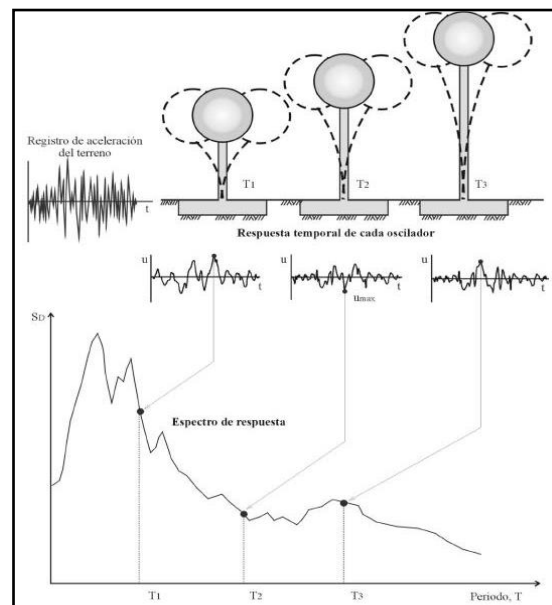
### 2.2.3 Espectro sísmico

Según Crisafulli y Villafane (2002):

Los espectros de respuesta fueron inicialmente propuestos por Biot en el año 1932 y luego desarrollados por Housner, Newmark y muchos otros investigadores. Actualmente, el concepto de espectro de respuesta es una importante herramienta de la dinámica estructural, de gran utilidad en el área del diseño sismorresistente. En forma general, podemos definir espectro como un gráfico de la respuesta máxima (expresada en términos de desplazamiento, velocidad, aceleración, o cualquier otro parámetro de interés) que produce una acción dinámica determinada en una estructura u oscilador de un grado de libertad. En estos gráficos, se representa en abscisas el periodo propio de la estructura (o la frecuencia) y en ordenadas la respuesta máxima calculada para distintos factores de amortiguamiento (p. 1)

**Figura 3**

*Determinación del espectro de respuesta.*



*Nota.* Tomada de Crisafulli y Villafane (2002).

#### 2.2.4 Espectro de diseño

Según Crisafulli y Villafane (2002):

las construcciones no pueden diseñarse para resistir un terremoto en particular en una zona dada, puesto que el próximo terremoto probablemente presentará características diferentes. Por lo tanto, los espectros de respuesta elástica o inelástica, no pueden utilizarse para el diseño sismorresistente. Por esta razón, el diseño o verificación de las construcciones sismorresistentes se realiza a partir de espectros que son suavizados (no tienen variaciones bruscas) y que consideran el efecto de varios terremotos, es decir que representan una envolvente de los espectros de respuesta de los terremotos típicos de una zona. (p. 34)



### 2.2.5 Análisis estructural

Camba et al. (1994) respecto al análisis estructural indica:

El objetivo del análisis estructural consiste en calcular las fuerzas internas y las deflexiones en un punto cualquiera de una estructura.

1. Equilibrio entre fuerzas internas y externas en todos los elementos de la estructura.
2. Compatibilidad de deformaciones de todos los elementos estructurales.
3. Relación fuerza desplazamiento. (p. 4)

#### 2.2.5.1 Equilibrio entre fuerzas internas y externas

Camba et al. (1994), “Una estructura, sujeta a un sistema de acciones externas definido, estará en equilibrio si las reacciones de la misma cumplen las condiciones de equilibrio”, que se expresan como:

$$\sum F_x = 0; \sum M_x = 0 \quad (1)$$

$$\sum F_y = 0; \sum M_y = 0 \quad (2)$$

$$\sum F_z = 0; \sum M_z = 0 \quad (3)$$

De esta forma, sí se cumplen las condiciones mencionadas, bajo la acción del sistema de fuerzas externo y el sistema de reacciones, la estructura está en equilibrio. Los elementos que forman la estructura estarán sujetos a fuerzas internas que se desarrollen en ellos, provocadas por el sistema de fuerzas externo aplicado. (p. 4)



### **2.2.5.2 Compatibilidad de deformaciones**

“Al aplicar un sistema de fuerzas a una estructura, esta se deforma, pero conserva las condiciones de continuidad iniciales. Así mismo, los desplazamientos finales en la estructura deberán ser compatibles con las condiciones de deformación de los diferentes tipos de apoyos”. (Camba et al., 1994, p. 5)

### **2.2.5.3 Relación fuerza - desplazamiento**

“De acuerdo con los objetivos mencionados del análisis estructural, es necesario conocer para una estructura de geometría definida, la relación que existe entre las fuerzas y los desplazamientos”. (Camba et al., 1994, p. 5)

## **2.2.6 Análisis estructural**

Insuma (2004) manifiesta lo siguiente:

Este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas horizontales actuando en los centros de masas de cada piso, en dos direcciones ortogonales. Estas fuerzas se obtienen distribuyendo en cada nivel, la fuerza cortante en la base de la estructura, calculada a partir de los parámetros definidos líneas atrás. En este análisis no es necesario el cálculo del período fundamental de vibración de una manera precisa, ya que los códigos establecen fórmulas aproximadas para la estimación del mismo. (p. 38)

Según la Norma E.030 (2018) indica:

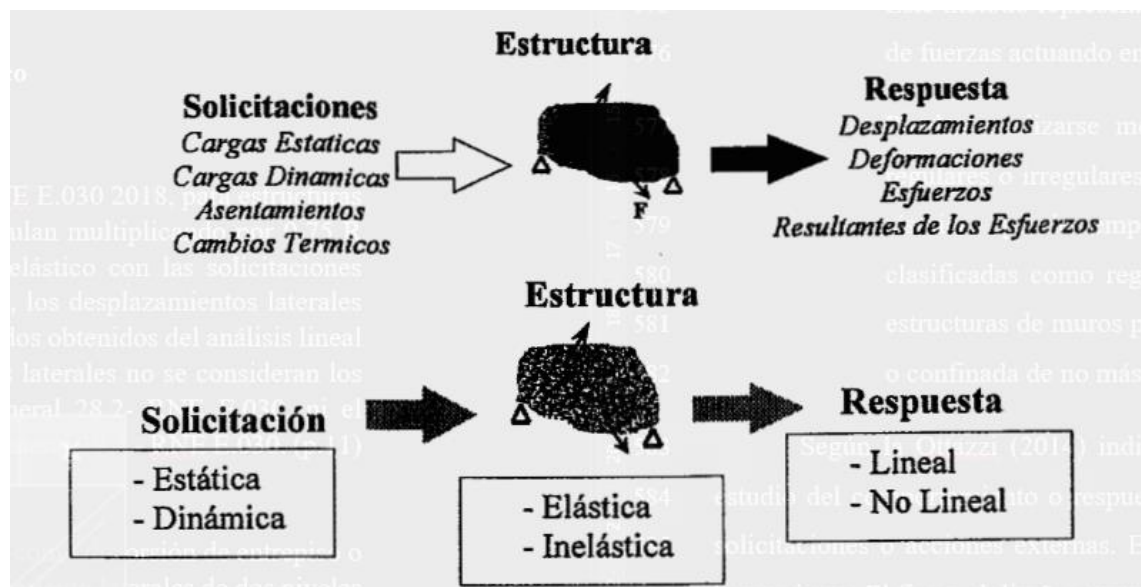
Este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masas de cada nivel de la edificación.

Pueden analizarse mediante este procedimiento todas las estructuras regulares o irregulares ubicadas en la zona sísmica 1. En las otras zonas sísmicas puede emplearse este procedimiento para las estructuras clasificadas como regulares, de no más de 30 m de altura, y para las estructuras de muros portantes de concreto armado y albañilería armada o confinada de no más de 15 m de altura, aun cuando sean irregulares.

Según la Ottazzi (2014) indica: “que el objetivo del análisis estructural es el estudio del comportamiento o respuesta sísmica de la estructura frente a determinadas sollicitaciones o acciones externas. El análisis estructural no es un fin, es un medio o herramienta. El fin es el diseño estructural.”

**Figura 4**

*Objetivo del análisis estructural.*



*Nota.* Tomada de Ottazzi (2014).

### 2.2.7 Análisis dinámico

Salinas (2001) indica lo siguiente:



Las estructuras, cuando están sujetas a cargas o desplazamientos en la base, en realidad actúan dinámicamente, es decir, desarrollan acciones opuestas al movimiento impuesto por tales cargas o desplazamientos. Si éstos son aplicados muy lentamente, las fuerzas de inercia son bastante pequeñas (al ser las aceleraciones muy bajas) y por lo tanto se puede justificar un análisis de tipo estático. Por otro lado, las estructuras son un continuo y tienen un infinito número de grados de libertad. La masa del sistema estructural es concentrada en los nudos o a nivel de los centros de masa de cada piso, según el modelo utilizado. Asimismo, si los análisis se realizan considerando que el material estructural tendrá un comportamiento elástico y lineales, las propiedades de rigidez de la estructura pueden aproximarse con un alto grado de confiabilidad, con ayuda de información experimental. Lo mismo puede asumirse para las propiedades de amortiguamiento. Las cargas dinámicas y las condiciones en la base de la cimentación suelen ser difíciles de estimar, sobre todo en el caso de cargas sísmicas. (p. 17)

#### **2.2.7.1 Análisis modal espectral**

Salinas (2001) manifiesta lo siguiente:

El análisis modal espectral (o método de la respuesta espectral) es un método ventajoso para estimar los desplazamientos y fuerzas en los elementos de un sistema estructural. El método implica el cálculo solamente de los valores máximos de los desplazamientos - y las aceleraciones - en cada modo usando un espectro de diseño, el mismo que representa el promedio o la envolvente de espectros de respuesta para diversos sismos, con algunas consideraciones



adicionales expuestas en los códigos de diseño. Luego se combinan estos valores máximos, por ejemplo, mediante un promedio ponderado entre la media y la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de tales valores máximos; otro método es el de la combinación cuadrática completa (método CQC), que considera además una correlación entre los valores modales máximos. De este modo, se obtienen los valores más probables de desplazamientos y fuerzas. (p. 20)

### **2.2.8 Respuesta estructural**

Ottazzi (2014), define que: “La respuesta de una estructura hay que entenderla en un sentido amplio y comprende diversos aspectos, entre ellos la de terminación de: Deformaciones, desplazamientos de determinados puntos, esfuerzos (medios continuos), fuerzas internas en barras, axial cortante, flexión, torsión, vibraciones, estabilidad, carga de colapso (análisis límite), fatiga, comportamiento bajo condiciones de servicio (fisuraciones, deflexiones).”

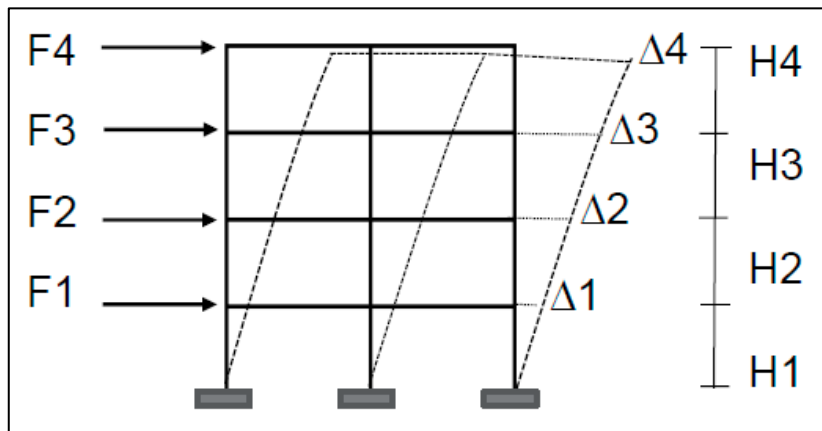
#### **2.2.8.1 Derivas de piso**

García y Moscoso (2016), indican que se conoce como distorsión de entrepiso o deriva al cociente entre la diferencia de desplazamiento laterales de dos niveles consecutivos de la estructura entre la altura de dicho entrepiso (p. 6)

Según Norma E.030 (2018), se debe verificar la deriva máxima de entrepisos que se obtiene en la estructura con los desplazamientos calculados, de no cumplir se revisa la estructuración y se repite el análisis hasta cumplir con el requerimiento establecido.

**Figura 5**

*Desplazamiento y distorsión de entrepisos.*



$$Deriva = \frac{\Delta_i - \Delta_{i-1}}{H_i} \quad (4)$$

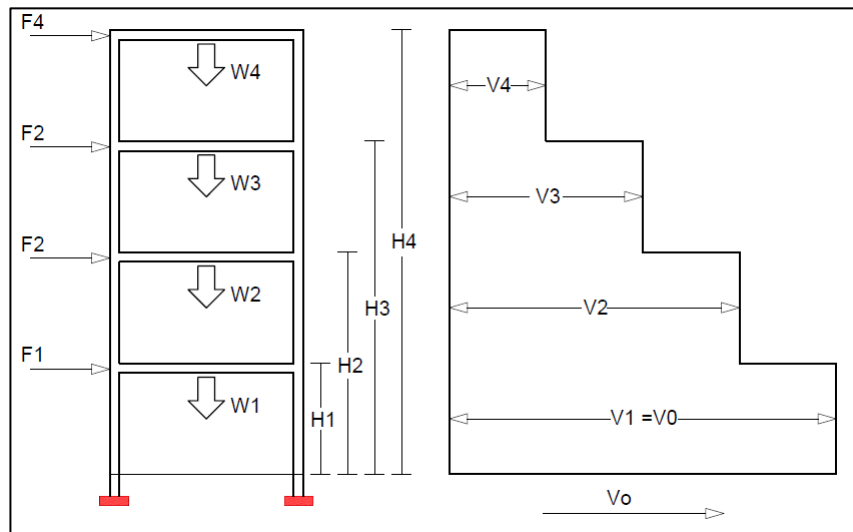
#### 2.2.8.2 Fuerza cortante

Saavedra (2001), da a conocer que:

El cortante basal en una edificación es la acumulación progresiva de las fuerzas cortantes de cada piso, el cual se refleja en la base del mismo. Estos cortantes en cada piso no son más que la aplicación de la fuerza sísmica en un nivel determinado y que se va acumulando a medida que nos vamos acercando a la base. Este procedimiento es muy útil cuando las edificaciones son regulares en todo aspecto (elevación, cargas y plantas) y se desea utilizar el método estático equivalente. (p. 1)

**Figura 6**

*Representación de la Fuerza Cortante.*



**Nota.** Como se observa en la imagen, deben tomarse en cuenta todas las cargas participativas (permanentes y variables), además incluir efectos sísmicos. Tomado De Saavedra (2001).

### 2.2.8.3 Periodos

En una publicación Reboredo (1996) indica lo siguiente:

La dinámica estructural clásica enseña que los vibradores elásticos (lineales) apartados de la posición de equilibrio por una perturbación momentánea inician un movimiento vibratorio armónico, es decir que la deformación de la estructura en un instante cualquiera se reproduce idénticamente luego de un lapso fijo: el período del movimiento. También enseña que ese movimiento se puede considerar resultante de la superposición de movimientos armónicos simples (senoidales) cada uno con un período y una forma características y que el número de movimientos simples es igual al número de grados de libertad del sistema. Cada uno de esos movimientos simples es un “modo



natural de vibración” y el período correspondiente es un “período natural”. Cuando hay amortiguamiento (pequeño) estas consideraciones son válidas con la salvedad de que el movimiento no se repite idénticamente al cabo de un período, sino que la forma es semejante porque la amplitud del movimiento disminuye exponencialmente. El modo natural de vibración de período más largo se llama “Modo fundamental” o primer modo, por el hecho que es el primero que aparece en la mayoría de los métodos de análisis y que generalmente da una descripción bastante buena del comportamiento de las construcciones corrientes sometidas a terremotos. (p. 9)

### **2.2.9 Aislamiento Basal**

Dynamic Isolation Systems, (2007), da a conocer lo siguiente:

El aislamiento sísmico proporciona un rendimiento superior en comparación con el tradicional diseño estructural. Los esfuerzos y desplazamientos en la estructura se reducen hasta en un 75%. El sistema de aislamiento logra deformarse lateralmente durante el terremoto.

Después del terremoto, el resultado es una estructura funcional con poco o ningún daño. El diseño estructural tradicional está orientado a prevenir las fallas y pérdida de vidas. Este enfoque de diseño no tiene en cuenta la ocupación inmediata, el mantenimiento del funcionamiento, ni asegura una fácil reparación. Para disipar la energía de un terremoto, el diseño tradicional se basa en la ocurrencia de daños a la estructura, tales como deformaciones elásticas y plásticas. El diseño dúctil de los elementos a





flexión ayuda a evitar el colapso de la estructura. Inherente a este diseño, está la posibilidad de un daño significativo a la estructura, al contenido y una inoperativa e inservible estructura luego de un terremoto. El aislamiento sísmico proporciona un desempeño superior en comparación con el diseño estructural tradicional. Los esfuerzos y desplazamientos en la estructura se reducen hasta en un 75%. El sistema de aislamiento logra deformarse lateralmente durante un sismo. Después del sismo, el resultado es una estructura operativa y funcional con poco o ningún daño.

Un caso a mencionar es el del Hospital USC fue aislado utilizando aisladores DIS (Dynamic Isolation Systems). El edificio se mantuvo operativo durante todo el terremoto de Northridge de 1994. No hubo daños en el Hospital USC. En contraste, el Centro Médico del Condado de Los Ángeles ubicado a menos de una milla de distancia, sufrió daños valorizados en 400 millones de dólares y no continuó en funcionamiento después del terremoto. (p. 5)

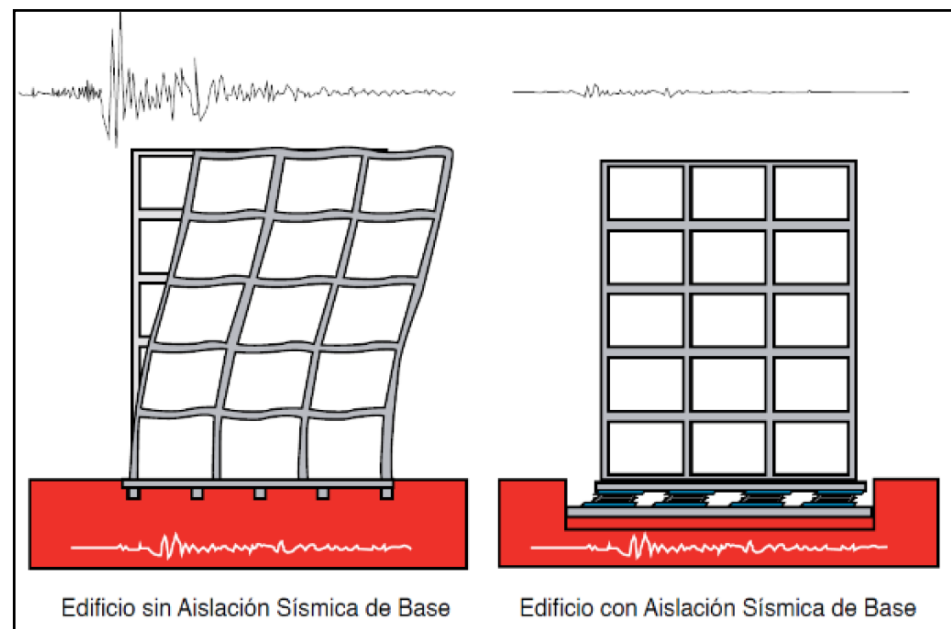
Genatios et al. (2016), Define el funcionamiento de un aislador como sigue.

El funcionamiento de un aislador sísmico se basa en generar una discontinuidad en la transmisión del movimiento de la fundación a la estructura. De esta manera no se transfiere la totalidad de la energía del sismo a la estructura; sólo se transmite una pequeña porción de ese movimiento de la fundación por lo que la estructura sufre pequeñas deformaciones y se limitan los daños. La estructura mantiene su respuesta mayormente en el régimen elástico, y hasta puede llegar a comportarse como un cuerpo rígido. De esta manera, se reducen las demandas de

ductilidad de la estructura aislada, lo cual trae importantes simplificaciones en el detallado de los miembros estructurales, y en la protección de elementos no estructurales. Esto también trae ventajas que incluyen, por ejemplo, menores restricciones para el diseño arquitectónico y mayores posibilidades en la utilización de una amplia variedad de materiales y componentes estructurales. (p. 36)

### Figura 7

#### *Comparación de Edificios de Base Fija y Aislada*



*Nota.* Tomado de Nahin Collazos-2019

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

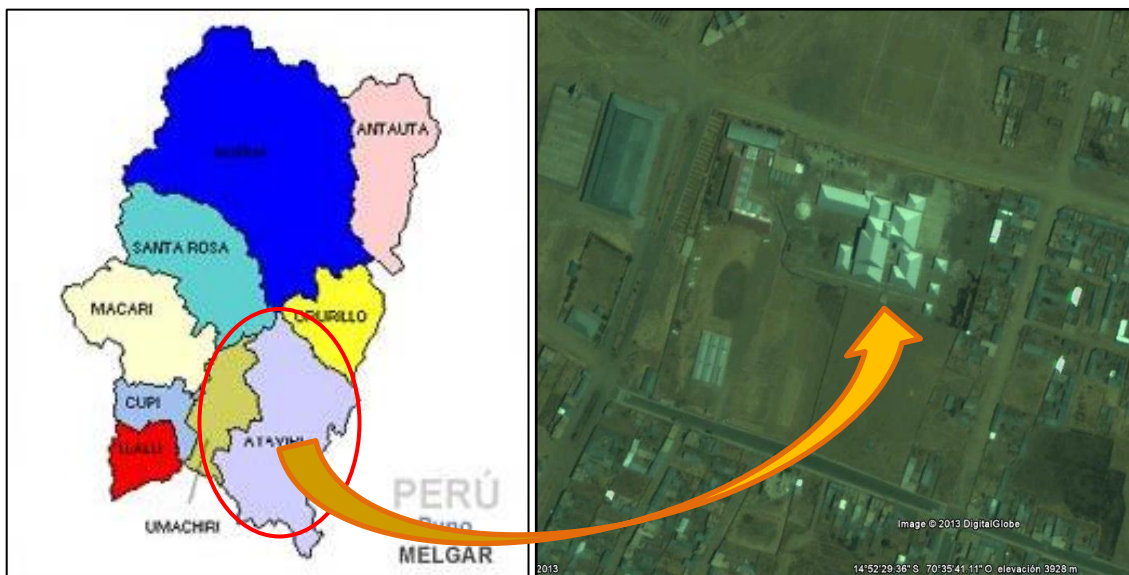
#### 3.1 Ubicación geográfica del estudio

Geográficamente el área de estudio se encuentra situada en el distrito de Ayaviri, provincia de Melgar, departamento de Puno. El Hospital San Juan de Dios de Ayaviri se ubica en el Jr. Progreso de la zona urbana entre las coordenadas de  $14^{\circ}52'29.79''$  de latitud sur y  $70^{\circ}35'44.76''$  de longitud oeste, se adjunta plano de Ubicación en ANEXO B.

- Localidad : Ayaviri
- Distrito : Ayaviri
- Provincia : Melgar
- Departamento : Puno

#### Figura 8

*Ubicación del Hospital San Juan de Dios*





### **3.2 Periodo de duración del estudio**

El estudio tuvo una duración de ejecución de 05 meses, situado entre los meses de octubre del 2019 hasta el febrero del 2020.

### **3.3 Recursos de la investigación**

#### **3.3.1 Materiales utilizados**

Los materiales utilizados para el desarrollo de la presente investigación básicamente fueron:

1. Norma E.030 Diseño Sismorresistente 2018.
2. Norma E.030 Diseño Sismorresistente 2003
3. Norma E.020 Cargas.
4. Norma E.060 Concreto Armado.
5. Norma E.031 Aislamiento Sísmico.
6. Software Microsoft Office (Versión prueba). - Para la realización de cálculos, síntesis y procesamiento de datos correspondientes a la investigación.
7. Software Etabs (Versión prueba). - Para el cálculo y análisis de los modelos matemáticos correspondiente al Hospital San Juan de Dios de Ayaviri.
8. Software Autodesk AutoCAD (Versión prueba). - Para la realización de cálculos, síntesis y procesamiento de datos correspondientes a la investigación.
9. Software SPSS v26 (Versión prueba). - Para el procesamiento de resultados y contraste de hipótesis.



10. Planos Arquitectónicos de la Edificación del Hospital San Juan de Dios de Ayaviri.

11. Planos Estructurales de la Edificación del Hospital San Juan de Dios de Ayaviri.

### **3.3.2 Equipos utilizados**

Los equipos utilizados para el desarrollo de la presente investigación básicamente fueron:

1. Computadoras portátiles. Se dispusieron de 02 computadoras portátiles (laptops) para el procesamiento de datos y aplicación de softwares de cálculo.
2. Impresora. Se dispuso de 01 impresora para realizar las presentaciones físicas de la investigación.
3. Plotter. Se dispuso de 01 plotter para la presentación física de planos adjuntos en la investigación.

## **3.4 Método de investigación**

### **3.4.1 Tipo de investigación**

El tipo de investigación de la presente, corresponde a la investigación básica o pura. Según Ñaupas et al (2014) es pura porque no tiene intereses lucrativos y su motivación es el gozo y la curiosidad de descubrir nuevos conocimientos. Por otra parte, es básica porque sirve de base para las investigaciones de tipo aplicadas o tecnológicas Ñaupas et al (2014).

### **3.4.2 Nivel de investigación**

El nivel de investigación al que corresponde la siguiente investigación, es la básica descriptiva. Según Ñaupas et al (2014) “Es una investigación de segundo nivel, inicial,

cuyo objetivo principal es recopilar datos e informaciones sobre características, propiedades, aspectos o dimensiones, clasificación de objetos, personas, agentes e instituciones o de los procesos naturales o sociales” (p. 92).

### 3.4.3 Diseño de investigación

Según Hernández (2014), La metodología más idónea para cumplir con los objetivos fijados estableciendo una estrategia y obtener la información que se desea con el fin de responder al planteamiento del problema es que se elige un “diseño no experimental” porque la investigación no realizará la manipulación intencional de las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables, asimismo el tipo de diseño no experimental corresponde a “transversal o transeccional” por qué se recopilarán datos y evaluará una situación o fenómeno para un momento o momentos específicos en el tiempo.

Por otra parte, los modelos matemáticos se analizarán bajo un análisis dinámico modal espectral para cada caso planteado.

### 3.4.4 Población

El estudio se va a realizar específicamente en el Hospital San Juan De Dios De Ayaviri, por lo que viene a ser la población en cuestión.

## Figura 9

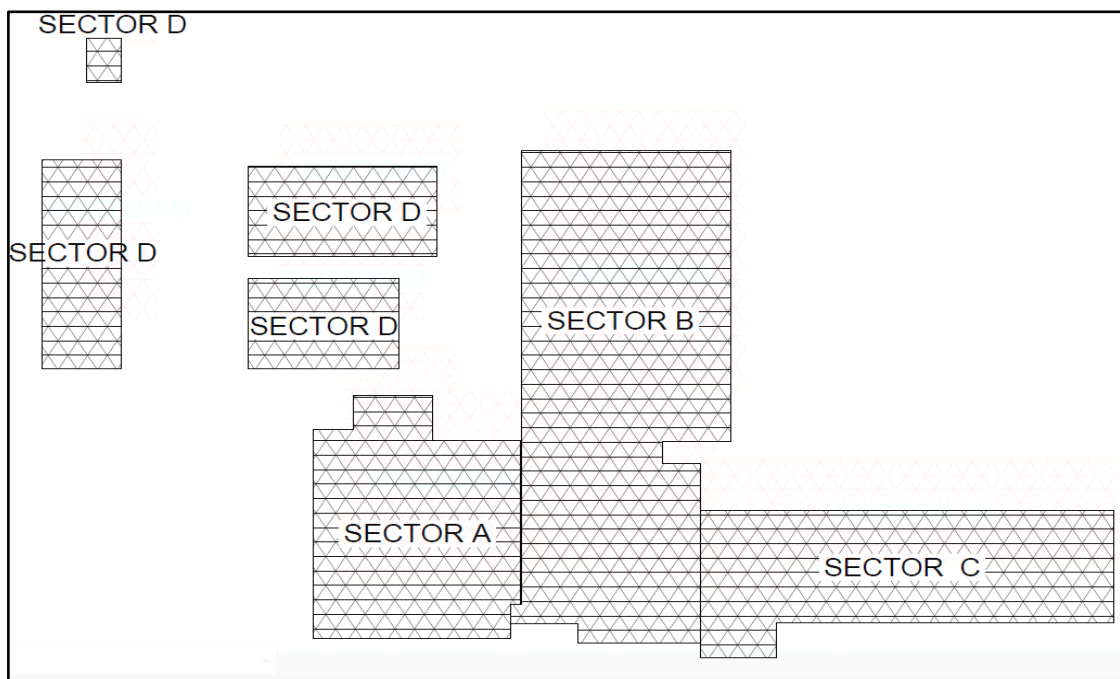
*Hospital San Juan de Dios ingreso principal.*



El hospital está distribuido por sectores A, B, C, y D. donde el Sector “A” está constituido por un pabellón de tres niveles, el sector “B” de la misma forma se encuentra constituido por un pabellón de tres niveles, el sector “C” se encuentra constituido por un pabellón de un solo nivel, el Sector D se encuentra constituido por cinco edificaciones de un solo nivel.

### Figura 10

*Distribución en planta del Hospital San Juan de Dios de Ayaviri.*



#### 3.4.5 Muestra

Habiéndose descrito la población de la investigación, se procede a la selección de la muestra en función al grado de la importancia estructural de las edificaciones del hospital.

En ese sentido se ha tomado como muestra para esta investigación, los pabellones de los sectores “A” y “B” respectivamente.



**Figura 11**

*Imagen del pabellón A.*



**Figura 12**

*Imagen del pabellón B.*



### **3.4.6 Diseño estadístico**

Para el procedimiento de muestreo se optó por un muestreo tipo no probabilístico. Donde Borja (2016) indica que en el muestreo tipo no probabilístico, la selección de los elementos depende del criterio del investigador y no de la probabilidad

### **3.4.7 Variables de la investigación**

#### **a. Variable independiente**





- Análisis estructural (Norma E.030 2003)
- Análisis estructural (Norma E.030 2018)
- Análisis estructural óptimo (Norma E.030 2018)
- Análisis estructural con aisladores sísmicos (Norma E.030 2018)

**b. Variable dependiente**

- Comportamiento sísmico

**3.4.8 Operacionalización de las variables**

**Tabla 2**

*Operacionalización de variables.*

Variable (s)	Tipo	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
V.I. Análisis estructural (Norma E.030 2003)	Variable nominal	“El análisis estructural es el primer paso en el proceso de diseño de una estructura, ya que permite determinar sus fuerzas y desplazamientos por el efecto de las cargas actuantes en ella” (Salazar, 2018, p. 3).	Serán medidos a través de los parámetros de diseño sismorresistente	Factor de zona, factor de uso, coeficiente de amplificación sísmica, factor se suelo, coeficiente de reducción, peso de la edificación.	Norma E.030 2003
V.I. Análisis estructural (Norma E.030 2018)	Variable nominal				Norma E.030 2018
V.I. Análisis estructural óptimo (Norma E.030 2018)	Variable nominal				Norma E.030 2018



Variable (s)	Tipo	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
V.I. Análisis estructural con aisladores sísmicos (Norma E.030 2018)	Variable nominal	Según Salazar (2018) Es la respuesta estructural de una estructura sometida a fuerzas estáticas y/o dinámicas.	Serán medidos a través de la respuesta estructural.	Cortante basal, desplazamientos laterales y derivas.	Norma E.030 2018, Norma E.031 2019  Software Etabs

### 3.4.9 Técnicas de investigación

Para el procedimiento de muestreo se optó por un muestreo tipo no probabilístico. Donde Borja (2016) indica que en el muestreo tipo no probabilístico, la selección de los elementos depende del criterio del investigador y no de la probabilidad

#### a. Recopilación de información existente

Para la recaudación de la información necesaria se va a tener que recurrir a documentos existentes como: planos arquitectónicos, planos estructurales, estudios previos de ingeniería, especificaciones técnicas y memorias de cálculo los cuales serán solicitados a las oficinas y entidades correspondientes.



Seguidamente se realizará una verificación y/o contrastación de la información recopilada con la información in situ, a fin de evaluar las posibles modificaciones que se pudo haber tenido en el proceso constructivo.

#### **b. Evaluación de variables**

Las variables serán evaluadas de acuerdo a las etapas de análisis estructural establecidas en las Normas de Diseño Sismorresistente E.030 y Norma de Aislación Sísmica E.031, como se describe a continuación.

#### **Etapas 1: Peligro sísmico**

Paso 1: Determinar el Factor de Zona Z

Paso 2: Determinar el Perfil de Suelo

Paso 3: Parámetros de Sitio S,  $T_P$ , y  $T_L$

Paso 4: Construir la función Factor de Amplificación Sísmica C versus el Periodo T.

#### **Etapas 2: Realizar la caracterización del edificio**

Paso 5: Identificar la Categoría de la edificación y el Factor de Uso U

Paso 6: Determinar el Sistema Estructural

Paso 7: Determinar el Coeficiente básico de Reducción de fuerzas sísmicas,  $R_0$

Paso 8: Determinar los Factores de Irregularidad  $I_a$ ,  $I_p$

Paso 9: Verificar las Restricciones a la Irregularidad

Paso 10. Determinar el Coeficiente de Reducción Sísmica R

#### **Etapas 3: Análisis estructural**

Paso 11: Desarrollar modelos de análisis



Paso 12: Estimar del peso P del modelo de análisis

Paso 13: Procedimiento de Análisis Sísmico (Análisis Estático, Análisis dinámico)

#### **Etapa 4: Validación de la estructura**

Paso 14: Revisión de las hipótesis del análisis

Paso 15: Verificar las Restricciones de la irregularidad

Paso 16: Determinación de desplazamientos laterales

Paso 17: Verificar la Distorsión Admisible

#### **c. Procesamiento y análisis de datos y resultados**

El procesamiento y el análisis de la información recopilada y los resultados, se realizará mediante la aplicación de los siguientes softwares: Microsoft Office, Etabs, AutoCAD, SPSS.

### **3.4.10 Procedimiento de evaluación de datos**

#### **3.4.10.1 Recolección de datos**

Se recurrió a documentos existentes solicitados al Gobierno Regional de Puno, mediante el cual se tuvo acceso al expediente técnico del proyecto denominado: “Hospital San Juan de Dios de Ayaviri – Puno”, con el cual fue ejecutado la construcción de los pabellones del hospital en mención, a partir del cual se extrajo la siguiente información:

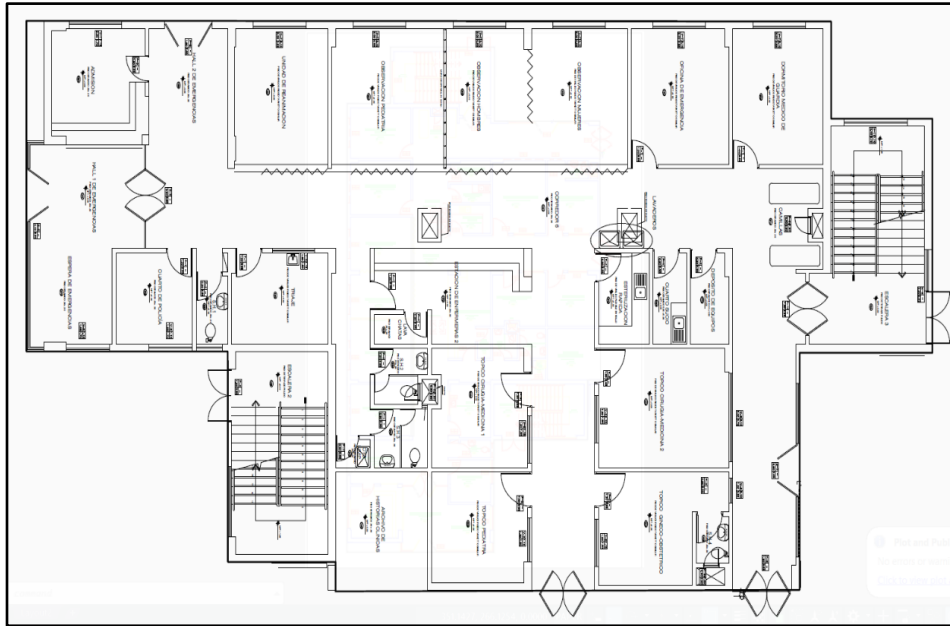
#### **a. Distribución arquitectónica en planta pabellón A**

En la Figura 13, Figura 14 y figura 15, se muestran las distribuciones correspondientes a los tres niveles del pabellón A, los cuales fueron obtenidos de

los documentos existentes (Expediente Técnico del Proyecto del hospital),  
específicamente de los planos de Arquitectura.

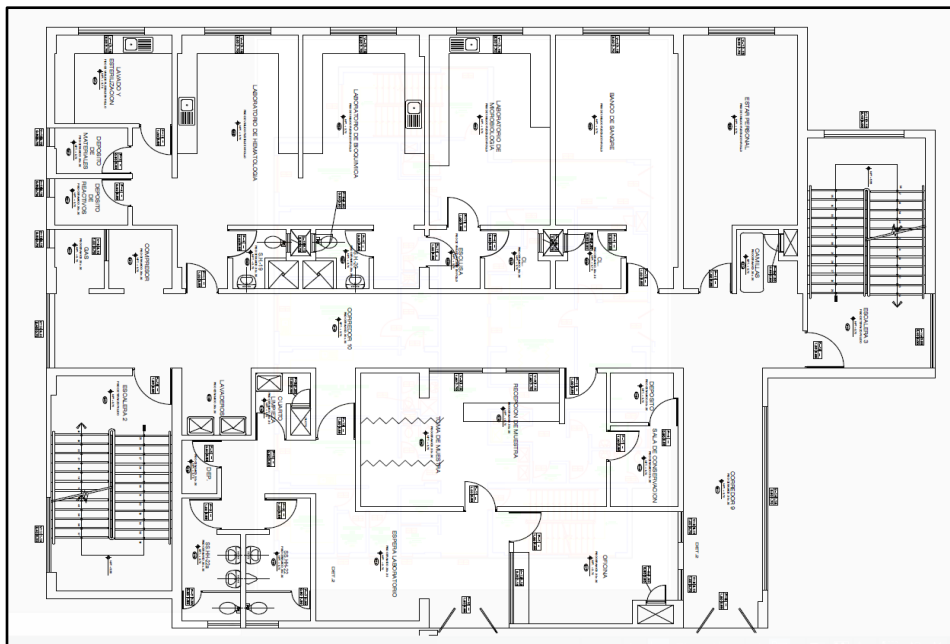
**Figura 13**

*Distribución del primer nivel del pabellón A.*



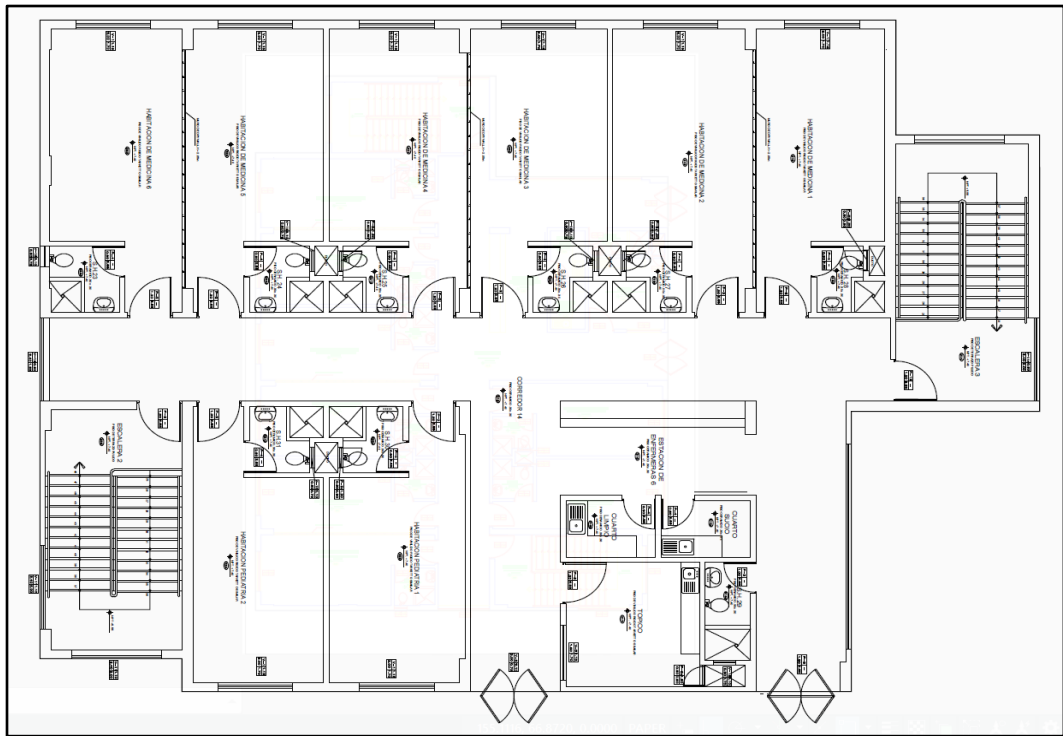
**Figura 14**

*Distribución del segundo nivel del pabellón A.*



**Figura 15**

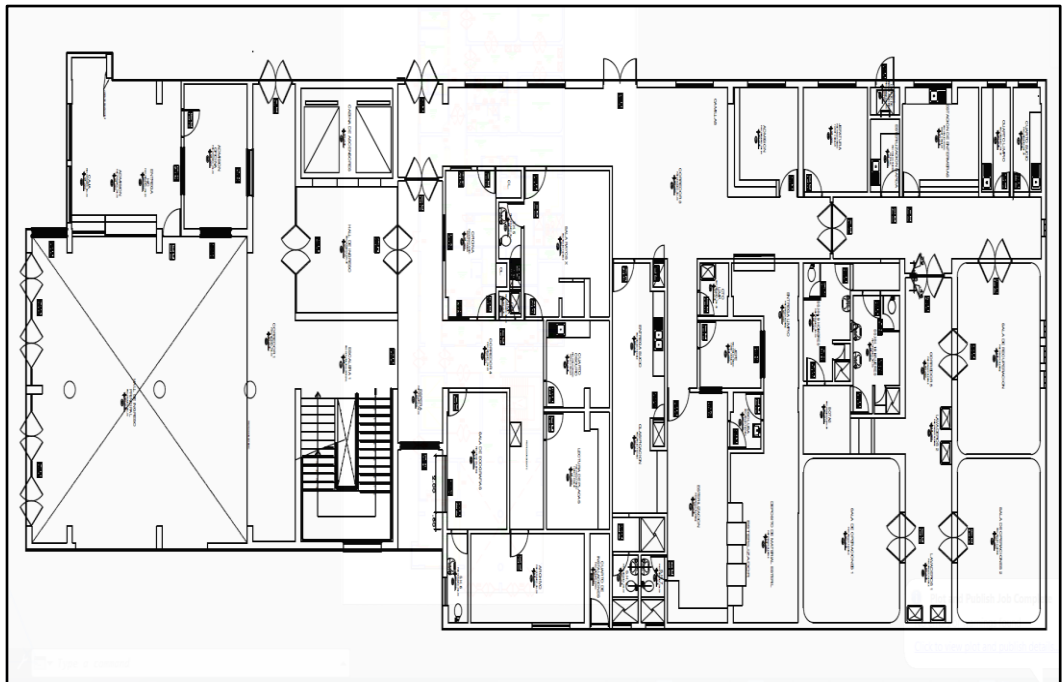
*Distribución del tercer nivel del pabellón A.*



**b. Distribución arquitectónica en planta pabellón B**

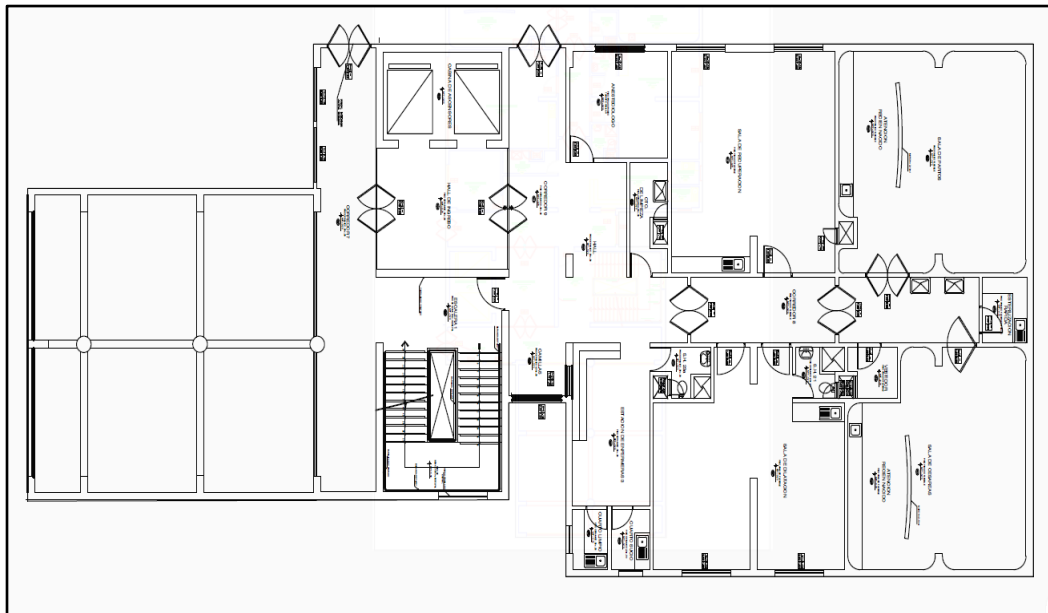
**Figura 16**

*Distribución del primer nivel del pabellón B.*



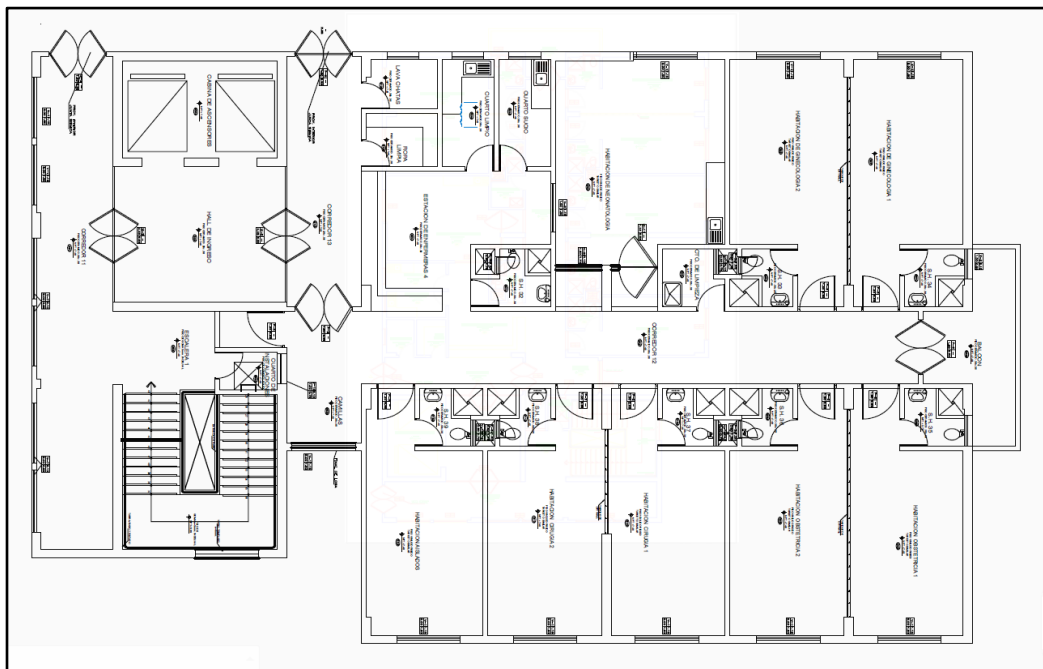
**Figura 17**

*Distribución del segundo nivel del pabellón B.*



**Figura 18**

*Distribución del tercer nivel del pabellón B.*



**c. Datos arquitectónicos**

De la revisión de los planos arquitectónicos correspondientes al expediente técnico del proyecto, se extrajo la información que se muestra en la Tabla 3:

**Tabla 3**

*Datos arquitectónicos de los pabellones A y B.*

Sector	N° de edificaciones	Niveles o pisos	Área construida (m <sup>2</sup> )	Descripción de ambientes
A	1	1er nivel	546.62	Constituido por: cuartos de observación, oficinas, tópicos, estación de enfermeras, admisión de emergencias, cuartos de policías, ambientes de limpieza y servicios higiénicos.
		2do nivel	460.28	Constituido por: laboratorios, banco de sangre, estar personal, salas de observación, oficinas, recepción y toma de muestras, ambientes de limpieza y servicios higiénicos.
		3er nivel	460.28	Constituido por: habitaciones de medicina, habitaciones de pediatría, estación de enfermería, tópicos y servicios higiénicos.
B	1	1er nivel	983.08	constituido por: salas de recuperación, salas de operación, estación de enfermeras, oficinas, rayos x, lectura de placas, hall de ingreso. principal,





Sector	N° de edificaciones	Niveles o pisos	Área construida (m <sup>2</sup> )	Descripción de ambientes
		2do nivel	671.64	ambientes de limpieza y servicios higiénicos constituido por: salas de partos, salas de cesáreas, salas de recuperación, salas de dilatación, anestesiólogo, estación de enfermeras, hall de ingreso y servicios higiénicos.
		3er nivel	537.86	constituido por: habitaciones de ginecología, habitaciones de obstetricia, habitaciones de cirugía, habitación de aislados, habitaciones de neonatología, estación de enfermeras, hall de ingreso cuartos de limpieza y servicios higiénicos.

#### d. Características estructurales

De la revisión de los planos estructurales y memorias de cálculos correspondientes al expediente técnico del proyecto, se extrajo información que se detalla en la Tabla 4:

**Tabla 4***Características estructurales de los pabellones A y B.*

Sector	N° de pisos	Altura de entrepiso	Mat. de construcción.	Sistema Estructural
A	3	3.70 m. 1er y 2do entrepiso, 3.65 m. 3er entrepiso	Concreto armado + albañilería	Dual
B	3	3.70 m. 1er y 2do entrepiso, 3.65 m. 3er entrepiso	Concreto armado + albañilería	Dual

**e. Elementos estructurales**

De la revisión de los planos estructurales correspondientes al expediente técnico del proyecto, se extrajo la información que se presenta en la Tabla 5:

**Tabla 5***Elementos estructurales de pabellones A y B.*

Pabellón	Elemento estructural	Base (m)	Altura (m)	Recubrimiento (cm)
A	Vigas	0.30	0.80	4.00
	Columnas (C-01)	0.30	0.85	4.00
	Columnas (C-02)	0.30	0.95	4.00
	Placa (PL-1)	0.30	3.60	4.00
	Placa (PL-2)	0.30	8.35	4.00
	Placa (PL-3)	0.30	5.75	4.00
	Placa (PL-4)	0.30	5.20	4.00
	Placa (PL-5)	0.30	3.70	4.00



<b>Pabellón</b>	<b>Elemento estructural</b>	<b>Base (m)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Recubrimiento (cm)</b>
	Losa aligerada	---	0.35	2.50
	Losa aligerada	---	0.30	2.50
	Vigas	0.30	0.80	4.00
	Columnas (C-01)	0.30	0.85	4.00
	Columnas (C-02)	0.30	0.95	4.00
	Placa (PL-1)	0.30	13.71	4.00
	Placa (PL-2)	0.30	10.95	4.00
	Placa (PL-3)	0.30	3.65	4.00
	Placa (PL-4)	0.30	5.45	4.00
	Placa (PL-5)	0.30	1.10	4.00
B	Placa (PL-6)	0.30	4.15	4.00
	Placa (PL-7)	0.30	4.15	4.00
	Placa (PL-8)	0.30	2.00	4.00
	Placa (PL-9)	0.30	3.60	4.00
	Placa (PL-10)	0.30	1.50	4.00
	Placa (PL-11)	0.30	1.50	4.00
	Losa aligerada	---	0.35	2.50
	Losa aligerada	---	0.30	2.50

#### **f. Características de los materiales de construcción**



De la revisión de los planos estructurales, memorias de cálculo, especificaciones técnicas y estudios de laboratorio correspondientes al expediente técnico del proyecto, se extrajo la siguiente información:

### **Propiedades del concreto**

- Peso específico :  $\gamma_m = 2400 \text{ Kg/m}^3$
- Resistencia a compresión :  $f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad :  $E'_c = 250,998.0080 \text{ Kg/cm}^2$
- Módulo de corte :  $G_c = 109,129.57 \text{ Kg/cm}^2$
- Módulo de Poisson : 0.15

### **Propiedades del acero de refuerzo**

- Nombre del material : Acero corrugado Grado 60
- Esfuerzo de fluencia :  $f'_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad :  $E = 2'000,000 \text{ Kg/cm}^2$
- Deformación al inicio de la fluencia :  $\mu = 0.0021$

### **g. Características del terreno de fundación**

De la revisión de especificaciones técnicas y estudios de suelos correspondientes al expediente técnico del proyecto, se extrajo la siguiente información:

- $Q_{adm}$  :  $3.00 \text{ kg/cm}^2$
- Prof. Máx. de cimentación : -5.09 m.

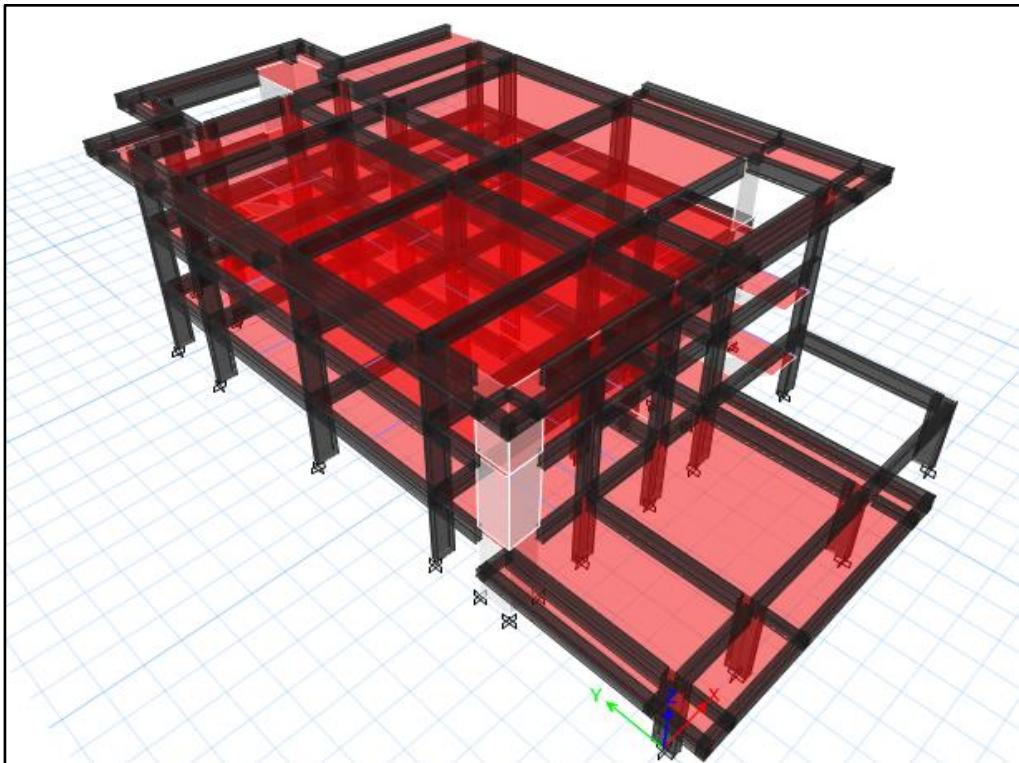
- Tipo de suelo : Gravo Arenoso P.G.

### 3.4.10.2 Procesamiento y análisis de datos

Posteriormente a la recopilación de información existente y la contrastación con la información in situ de los datos correspondiente a los pabellones A y B, se procedió al procesamiento y análisis de los mismos mediante el software Etabs, generando de esta manera modelos matemáticos que se muestran en la Figura 19 y Figura 20.

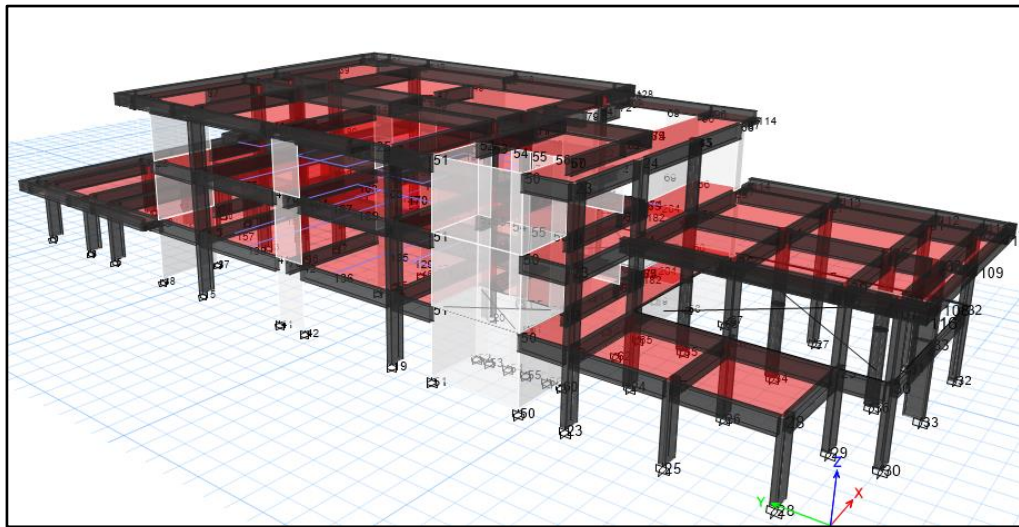
#### Figura 19

*Modelo matemático del pab. "A".*



**Figura 20**

*Modelo matemático del pab. "B".*



### 3.4.10.3 Evaluación de variables

#### A. Análisis estructural de los pabellones A y B (Norma E.030 2003)

##### Etapa 1: Peligro sísmico

**Tabla 6**

*Factor de zona de los pabellones A y B.*

Factor de zona	Zona	Z
"Z"	2	0.30

*Nota.* Fuente: RNE. E.030-2003.

**Tabla 7**

*Perfil de suelo S y  $T_p$  pabellones A y B.*

Factor de suelo	Descripción	S	$T_p$
S2	suelos intermedios	1.20	0.60

*Nota.* Fuente: RNE. E.030-2003.

##### Etapa 2: Caracterización del edificio

**Tabla 8**

*Categoría de edificación pab. A y B.*

<b>CATEGORÍA</b>	<b>U</b>
"A" Edificaciones esenciales	1.50

*Nota.* Fuente: RNE. E.030-2003.

**Tabla 9**

*Sistema estructural pab. A y B.*

<b>Dirección de análisis</b>	<b>Sistema estructural</b>
x-x	Muros estructurales.
y-y	Muros estructurales.

*Nota.* Fuente: RNE. E.030-2003.

**Tabla 10**

*Coefficiente de reducción R pab. A y B.*

<b>Dirección de análisis</b>	<b>Sistema estructural</b>	<b>R</b>
x-x	Muros estructurales.	6.00
y-y	Muros estructurales.	6.00

*Nota.* Fuente: RNE. E.030-2003.

**Tabla 11**

*Irregularidad pab. A y B.*

<b>Dirección de análisis</b>	<b>Pabellón</b>	<b>Irregularidad</b>
x-x	A	Irregularidad de esquina entrante
y-y	B	Irregularidad geométrica vertical

*Nota.* Fuente: RNE. E.030-2003.

### Etapa 3: Análisis estructural

**Tabla 12**

*Cargas para estimar el peso sísmico efectivo pab. A y B.*

Tipo de carga	Nombre	Patron	Valor asignado	
			Pab A	Pab B
Muerta	CM	SuperDead	425 kg/m <sup>2</sup>	425 kg/m <sup>2</sup>
Muerta techo	CM	SuperDead	400 kg/m <sup>2</sup>	400 kg/m <sup>2</sup>
Viva entrepiso	CV	ReducibleLive	300 kg/m <sup>2</sup>	300 kg/m <sup>2</sup>
Viva techo	CVT	Roof Live	100 kg/m <sup>2</sup>	100 kg/m <sup>2</sup>

*Nota.* Donde: CM es carga muerta, CV es carga viva y CVT es carga viva de techo.

### Análisis dinámico modal espectral del pabellón A

**Tabla 13**

*Datos para el espectro inelástico de pseudo – aceleraciones pab. A.*

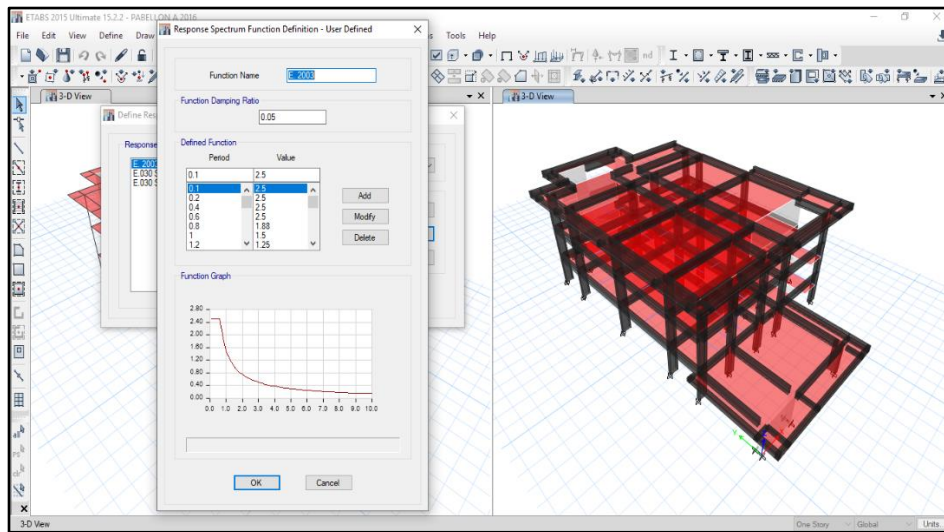
Factor	Valor numérico
Factor de zona "Z"	Zona 2 $Z = 0.3$
Factor de suelo "S"	S2 $T_p = 0.6$ $S = 1.2$
Factor de uso "U"	$U = 1.5$
Sistema estructural "R"	Dir x-x $R = 6^{3/4} = 4.5$
	Dir y-y $R = 6^{3/4} = 4.5$
Factor de amplificación sísmica "C"	2.5

*Nota.* Donde: Dir x-x y Dir y-y es la dirección de análisis respectivamente.



**Figura 21**

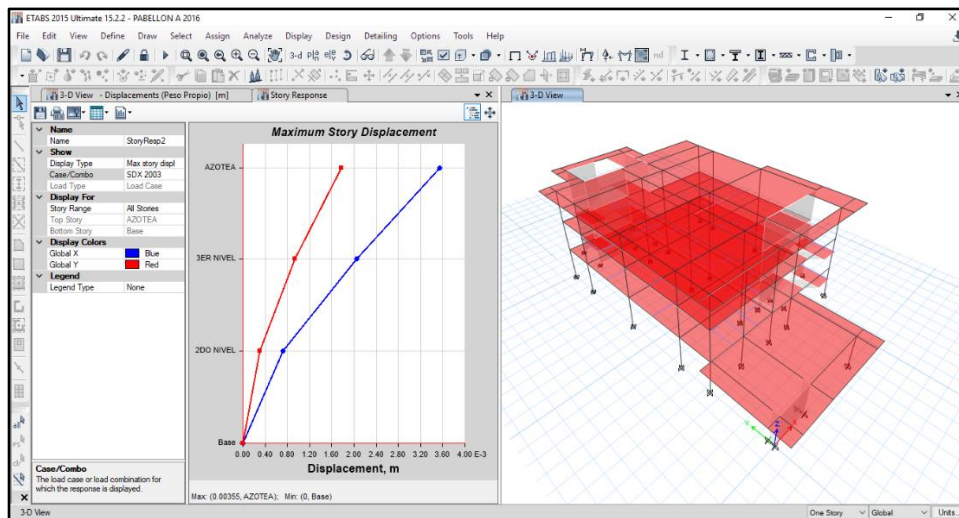
*Asignación de espectro de pseudo aceleraciones pab. A.*



**Desplazamientos máximos obtenidos.**

**Figura 22**

*Desplazamientos máximos pabellón A.*



**Tabla 14**

*Desplazamientos máximos en el pabellón A.*

Nivel	Desplazamiento máximo (mm)	
	Dir x-x	Dir y-y
Azotea	1.70	8.36

Nivel	Desplazamiento máximo (mm)	
	Dir x-x	Dir y-y
2do nivel	1.05	5.06
1er nivel	0.36	1.81
Base	0.00	0.00

#### Determinación de derivas máximas

**Tabla 15**

*Máximas derivas en el pabellón A.*

Nivel	Máximas derivas	
	Dir x-x	Dir y-y
Azotea	$1.68 \times 10^{-3}$	$4.40 \times 10^{-3}$
2do nivel	$1.62 \times 10^{-3}$	$4.20 \times 10^{-3}$
1er nivel	$0.87 \times 10^{-3}$	$2.30 \times 10^{-3}$
Base	0.00	0.00

#### Determinación de fuerzas cortantes

**Tabla 16**

*Fuerzas cortantes en el pabellón A.*

Nivel	Fuerza cortante (kg)	
	Dir x-x	Dir y-y
Azotea	164,910.00	209,030.00
2do nivel	286,330.00	368,130.00
1er nivel	369,100.00	463,420.00
Base	0.00	0.00

#### Análisis dinámico modal espectral del pabellón B

#### Cálculo del espectro de pseudo aceleraciones

**Tabla 17**

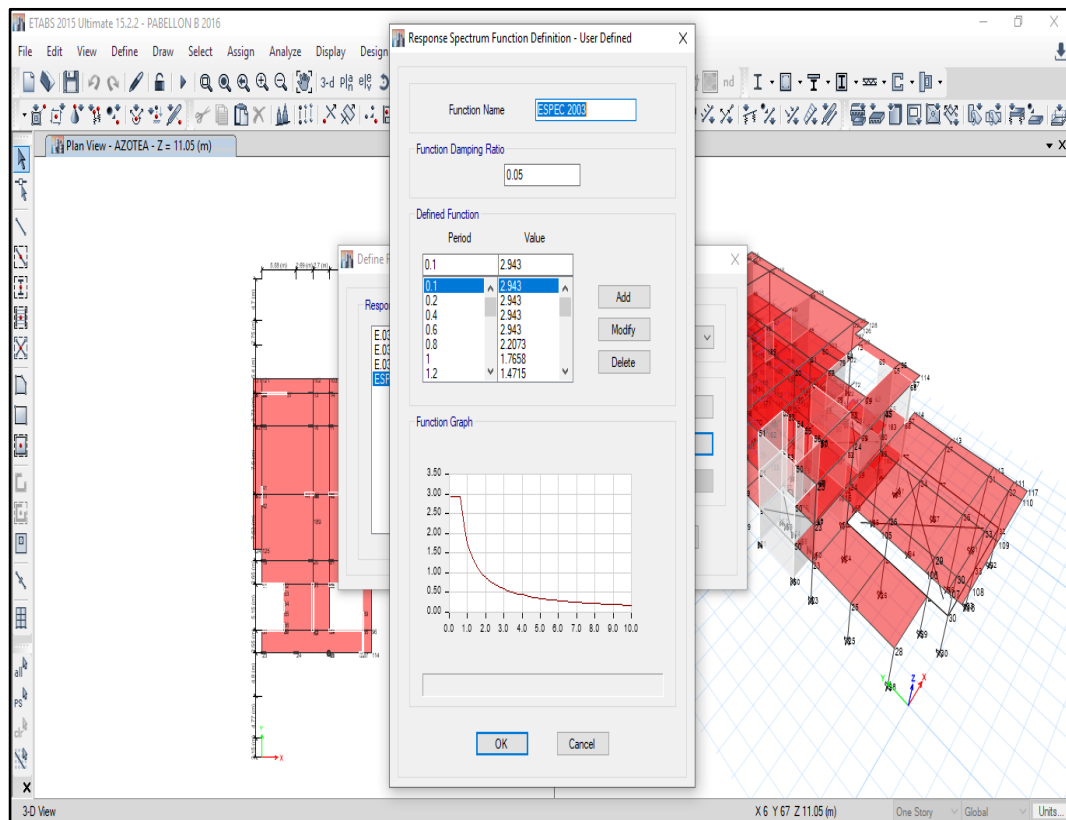
*Datos para el espectro inelástico de pseudo – aceleraciones pab. B*

Factor	Valor numérico
Factor de zona "Z"	Zona 2 $Z = 0.3$
Factor de suelo "S"	S2 $T_p = 0.6$ $S = 1.2$
Factor de uso "U"	$U = 1.5$
Sistema estructural "R"	Dir x-x $R = 6^{*}3/4 = 4.5$
	Dir y-y $R = 6^{*}3/4 = 4.5$
Factor de amplificación sísmica "C"	2.5

*Nota.* Donde: Dir x-x y Dir y-y es la dirección de análisis respectivamente

**Figura 23**

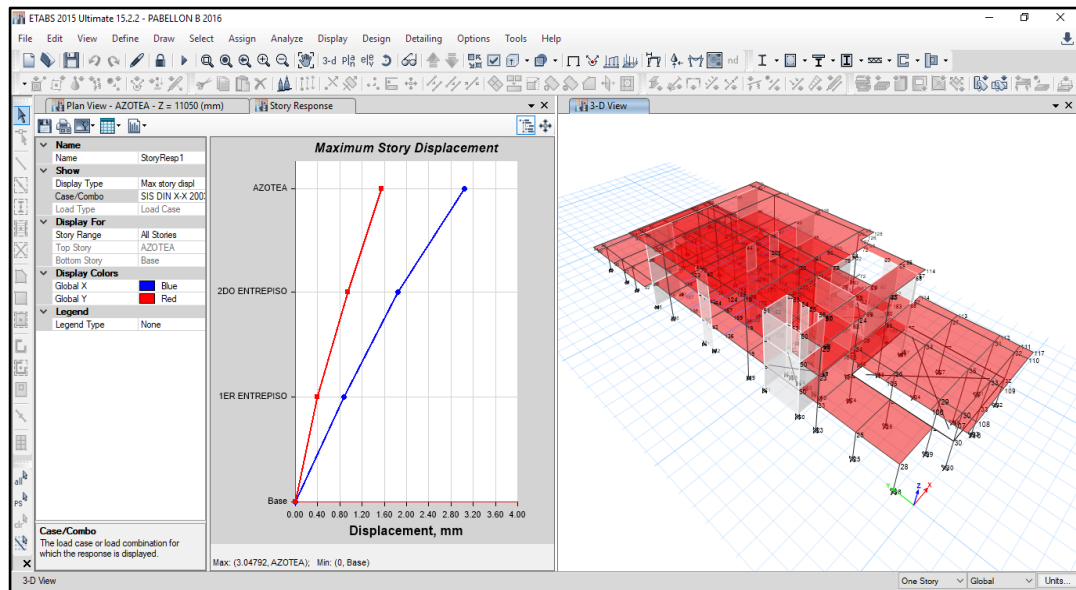
*Asignación espectro de pseudo aceleraciones pabellón B.*



**Desplazamientos máximos obtenidos.**

**Figura 24**

*Desplazamientos máximos pabellón A.*



**Tabla 18**

*Desplazamientos máximos en el pabellón B.*

Nivel	Desplazamiento máximo (mm)	
	Dir x-x	Dir y-y
Azotea	1.91	2.78
2do nivel	1.01	1.71
1er nivel	0.44	0.64
Base	0.00	0.00

**Determinación de derivas máximas**

**Tabla 19**

*Máximas derivas en el pabellón B.*

Nivel	Máximas derivas	
	Dir x-x	Dir y-y
Azotea	$1.42 \times 10^{-3}$	$1.97 \times 10^{-3}$
2do nivel	$1.40 \times 10^{-3}$	$1.89 \times 10^{-3}$
1er nivel	$1.03 \times 10^{-3}$	$1.07 \times 10^{-3}$
Base	0.00	0.00

## Determinación de Fuerzas cortantes

**Tabla 20**

*Fuerzas cortantes en el pabellón B.*

Nivel	Fuerza cortante (kg)	
	Dir x-x	Dir y-y
Azotea	195,860.00	193,960.00
2do nivel	387,530.00	388,960.00
1er nivel	497,050.00	503,090.00
Base	0.00	0.00

### B. Análisis estructural de pabellones A y B (Norma E.030 2018)

#### Etapa 1: Peligro sísmico

#### Paso 1: Determinación del factor de zona Z

**Tabla 21**

*Factor de zona de los pabellones A y B.*

Factor de zona	Zona	Z
"Z"	2	0.25

Nota. Fuente: RNE E.030 2018.

#### Paso 2: Determinación del perfil de suelo

**Tabla 22**

*Perfil de suelo pab. A y B.*

Perfil	Tipo
Suelos intermedios	S <sub>2</sub>

Nota. Fuente: RNE E.030 2018.

#### Paso 3: Determinación de los parámetros de sitio S, T<sub>P</sub> y T<sub>L</sub>

**Tabla 23**

*Factor de suelo pab. A y B.*

Tipo de suelo	Descripción	S
S <sub>2</sub>	Suelos intermedios	1.20

Nota. Fuente: RNE E.030 2018.

**Tabla 24**

*Periodos "TP" Y "TL" pab. A y B.*

Tipo	Descripción	T <sub>P</sub>	T <sub>L</sub>
S2	Suelos intermedios	0.6	2.0

Nota. Fuente: RNE E.030 2018.

#### **Paso 4: Construcción de la función Factor de Amplificación Sísmica *C* versus Periodo *T***

Depende de los parámetros de sitio T<sub>P</sub> y T<sub>L</sub>. Se define tres tramos, períodos cortos, intermedios y largos, y se aplica para cada tramo las expresiones de este numeral.

$$SI = T < T_P \rightarrow C = 2.5 \quad (5)$$

$$SI = T_P < T < T_L \rightarrow C = 2.5 * \left(\frac{T_P}{T}\right) \quad (6)$$

$$SI = T > T_L \rightarrow C = 2.5 * \left(\frac{T_P * T_L}{T}\right) \quad (7)$$

Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo.

#### **Etapas 2: Caracterización del edificio**

#### **Paso 5: Categorización de la edificación y el factor de uso U**

### Tabla 25

*Categoría de edificación Pab. A y B.*

Categoría	U
"A1" Edificaciones esenciales	1.50

Nota. Fuente: RNE E.030 2018.

### Paso 6: Determinación del sistema estructural

#### Tabla 26

*Sistema estructural pab. A y B.*

Material predominante	Tipo
Concreto armado	Muros estructurales

Nota. Fuente: RNE E.030 2018.

### Paso 7: Determinación del coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas

$R_0$

#### Tabla 27

*Coficiente básico de reducción sísmico pab. A y B.*

Dirección de análisis	Sistema estructural	$R_0$
x-x	Concreto armado: de muros estructurales	6.00
y-y	Concreto armado: de muros estructurales	6.00

### Paso 8: Determinación del factor de irregularidad $I_a$ , $I_p$

**Tabla 28**

*Resumen de irregularidades en altura pabellón A.*

Descripción de irregularidad	Dirección de análisis x-x		Dirección de análisis y-y	
	Condición	Factor $I_a$	Condición	Factor $I_a$
	Irregularidad de rigidez – Piso blando	Regular	1.00	Regular
Irregularidad de resistencia – Piso débil	Regular	1.00	Regular	1.00
Irregularidad extrema de rigidez	Regular	1.00	Regular	1.00
Irregularidad extrema de resistencia	Regular	1.00	Regular	1.00
Irregularidad de masa o peso	Regular	1.00	Regular	1.00
Irregularidad geométrica vertical	Regular	1.00	Regular	1.00
Discontinuidad en los sistemas resistentes	Regular	1.00	Regular	1.00
Discontinuidad extrema de los sistemas resistentes	Regular	1.00	Regular	1.00

**Tabla 29**

*Factor  $I_a$  pabellón A.*

Dirección de análisis x-x	Dirección de análisis y-y
$I_a = 1.00$	$I_a = 1.00$



**Tabla 30**

*Resumen de irregularidades en planta pabellón A.*

Descripción de irregularidad	Dirección de análisis x-x		Dirección de análisis y-y	
	Condición	Factor $I_p$	Condición	Factor $I_p$
Irregularidad torsional	Regular	1.00	Regular	1.00
Irregularidad torsional extrema	Regular	1.00	Regular	1.00
Esquinas entrantes	Irregular	0.90	Irregular	0.90
Discontinuidad del diafragma	Regular	1.00	Regular	1.00
Sistemas no paralelos	Regular	1.00	Regular	1.00

**Tabla 31**

*Factor  $I_p$  pabellón A.*

Dirección de análisis x-x	Dirección de análisis y-y
$I_p = 0.90$	$I_p = 0.90$

**Tabla 32**

*Resumen de irregularidades en altura pabellón B.*

Descripción de irregularidad	Dirección de análisis x-x		Dirección de análisis y-y	
	Condición	Factor $I_a$	Condición	Factor $I_a$
Irregularidad de rigidez – Piso blando	Regular	1.00	Regular	1.00
Irregularidad de resistencia – Piso débil	Regular	1.00	Regular	1.00
Irregularidad extrema de rigidez	Regular	1.00	Regular	1.00
Irregularidad extrema de resistencia	Regular	1.00	Regular	1.00
Irregularidad de masa o peso	Regular	1.00	Regular	1.00
Irregularidad geométrica vertical	Irregular	0.90	Regular	1.00

Descripción de irregularidad	Dirección de análisis x-x		Dirección de análisis y-y	
	Condición	Factor $I_a$	Condición	Factor $I_a$
Discontinuidad en los sistemas resistentes	Regular	1.00	Regular	1.00
Discontinuidad extrema de los sistemas resistentes	Regular	1.00	Regular	1.00

**Tabla 33**

*Factor  $I_a$  pabellón B.*

Dirección de análisis x-x	Dirección de análisis y-y
$I_a = 0.90$	$I_a = 1.00$

**Tabla 34**

*Resumen de irregularidades en planta pabellón B.*

Descripción de irregularidad	Dirección de análisis x-x		Dirección de análisis y-y	
	Condición	Factor $I_p$	Condición	Factor $I_p$
Irregularidad torsional	Regular	1.00	Regular	1.00
Irregularidad torsional extrema	Regular	1.00	Regular	1.00
Esquinas entrantes	Regular	1.00	Regular	1.00
Discontinuidad del diafragma	Regular	1.00	Regular	1.00
Sistemas no paralelos	Regular	1.00	Regular	1.00

**Tabla 35**

*Factor  $I_p$  pabellón B.*

Dirección de análisis x-x	Dirección de análisis y-y
$I_p = 1.00$	$I_p = 1.00$

### Paso 9: Coeficiente de reducción de la fuerza sísmica R

El pabellón A del hospital no cumple con las exigencias de la restricción a la irregularidad que presentan, ya que para la categoría y zona esta no debería presentar ningún tipo de irregularidades.

El pabellón B del hospital no cumple con las exigencias de la restricción a la irregularidad que presentan, ya que para la categoría y zona esta no debería presentar ningún tipo de irregularidades.

### Paso 10: Coeficiente de reducción de la fuerza sísmica R

**Tabla 36**

*Coeficiente de reducción sísmica R pabellón A.*

Dirección de análisis x-x		Dirección de análisis y-y	
<b>Ia</b>	1.00	<b>Ia</b>	1.00
<b>Ip</b>	0.90	<b>Ip</b>	0.90
<b>Ro</b>	6.00	<b>Ro</b>	6.00
<b>Rx-x</b>	<b>5.40</b>	<b>Ry-y</b>	<b>5.40</b>

**Tabla 37**

*Coeficiente de reducción sísmica R pabellón B.*

Dirección de análisis x-x		Dirección de análisis y-y	
<b>Ia</b>	0.90	<b>Ia</b>	1.00
<b>Ip</b>	1.00	<b>Ip</b>	1.00
<b>Ro</b>	6.00	<b>Ro</b>	6.00
<b>Rx-x</b>	<b>5.40</b>	<b>Ry-y</b>	<b>6.00</b>

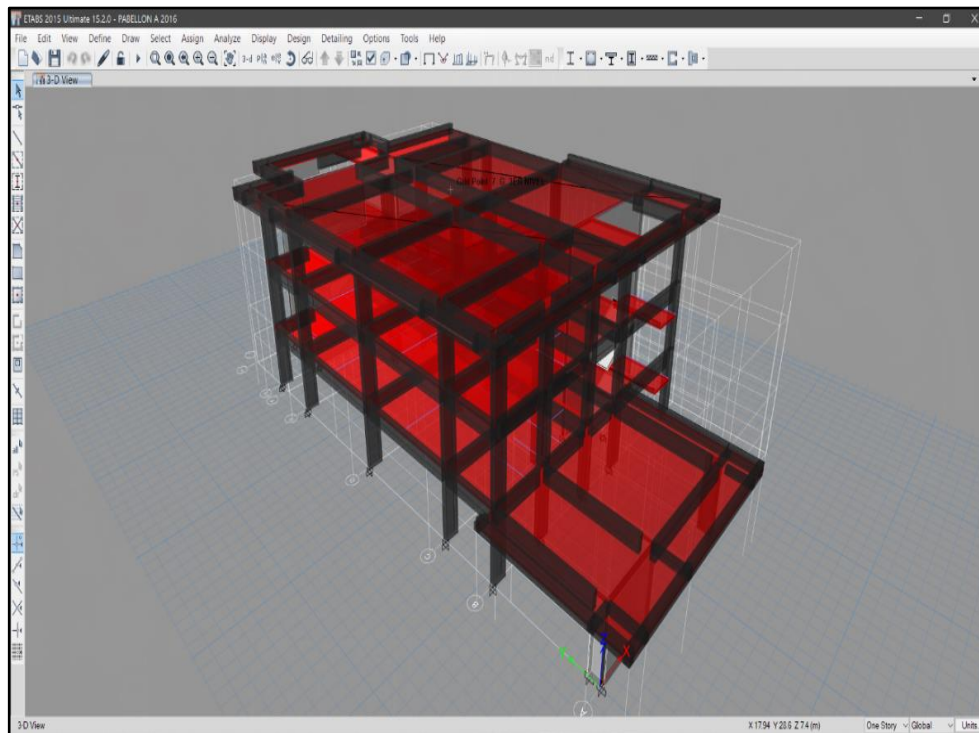
### Etapa 3: Análisis estructural

#### Paso 11: Elaboración de modelos matemáticos

Se realiza los modelos matemáticos de los Pabellones A y B, haciendo uso del software Etabs como se muestra en las imágenes de la Figura 25 y Figura 26.

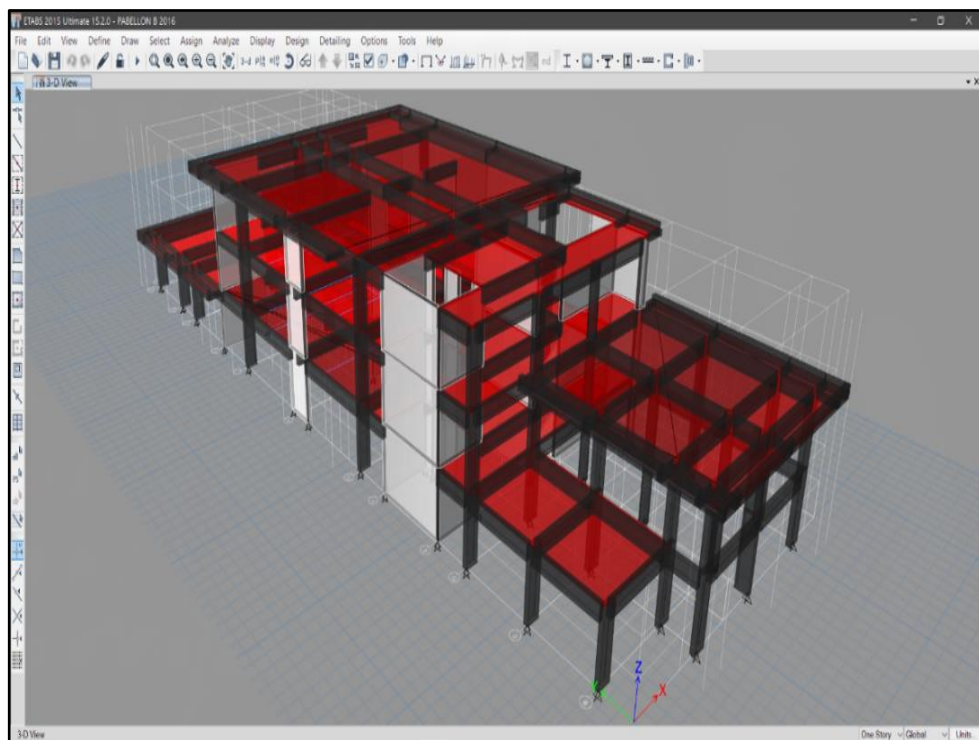
**Figura 25**

*Vista en 3D del modelo matemático pab. A.*



**Figura 26**

*Vista en 3D del modelo matemático pab. B.*





## Paso 12: Cálculo del peso sísmico efectivo P

**Tabla 38**

*Tipos y valores de carga a ser asignados pabellón A.*

Nivel	Tipo de carga	Nombre	Patron	Valor	Descripción
	Muerta	CM	SuperDead	275 kg/m <sup>2</sup>	P. Alig. + P. Acabado
	Muerta techo	CM	SuperDead	235 kg/m <sup>2</sup>	P. Alig. + P. Cobertura
2do Nivel	Viva entrepiso	CV	ReducibleLive	400 kg/m <sup>2</sup>	Corredores y escaleras
	Viva entrepiso	CV	ReducibleLive	300 kg/m <sup>2</sup>	Salas de operación
	Viva techo	CVT	Roof Live	100 kg/m <sup>2</sup>	Azotea
	Muerta	CM	SuperDead	275 kg/m <sup>2</sup>	P. Alig. + P. Acabado
3er Nivel	Viva entrepiso	CV	ReducibleLive	400 kg/m <sup>2</sup>	Corredores y escaleras
	Viva entrepiso	CV	ReducibleLive	300 kg/m <sup>2</sup>	Zonas de servicio
	Viva entrepiso	CV	ReducibleLive	200 kg/m <sup>2</sup>	Cuartos
Azotea	Muerta	CM	SuperDead	210 kg/m <sup>2</sup>	P. Alig. + P. Acabado
a	Viva techo	CVT	Roof Live	100 kg/m <sup>2</sup>	Azotea

**Tabla 39**

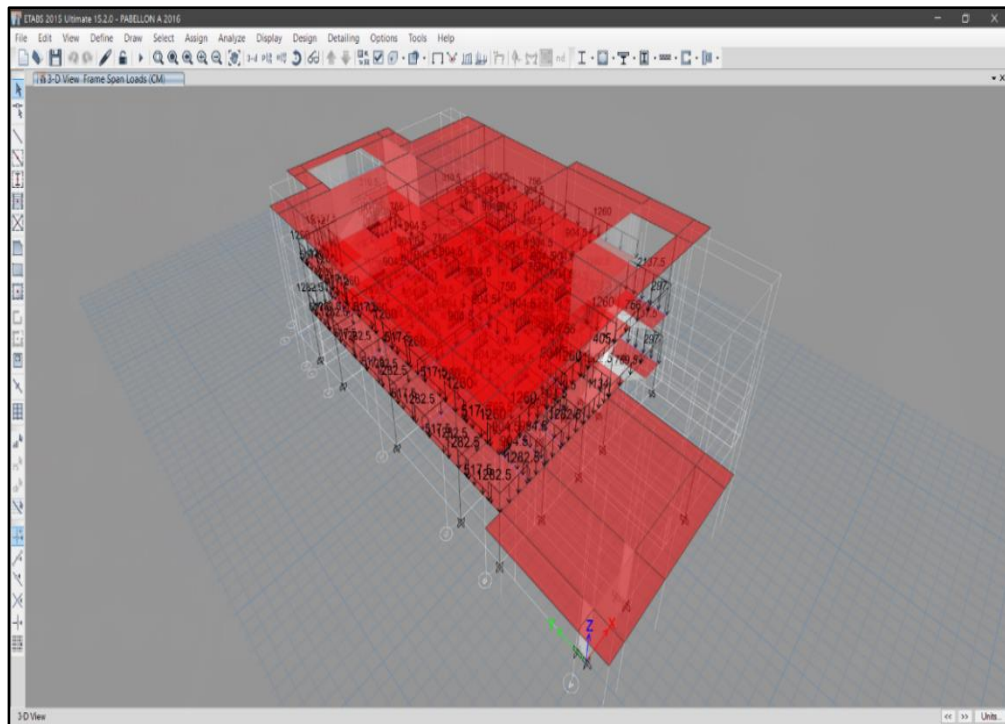
*Tipos y valores de carga a ser asignados pabellón B.*

<b>Nivel</b>	<b>Tipo de carga</b>	<b>Nombre</b>	<b>Patron</b>	<b>Valor</b>	<b>Descripción</b>
2do Nivel	Muerta	CM	SuperDead	275 kg/m <sup>2</sup>	P. Alig. + P. Acabado
	Muerta techo	CM	SuperDead	235 kg/m <sup>2</sup>	P. Alig. + P. Cobertura
	Viva entrepiso	CV	ReducibleLive	400 kg/m <sup>2</sup>	Corredores y escaleras
	Viva entrepiso	CV	ReducibleLive	300 kg/m <sup>2</sup>	Salas de operación
	Viva techo	CVT	Roof Live	100 kg/m <sup>2</sup>	Azotea
3er Nivel	Muerta	CM	SuperDead	275 kg/m <sup>2</sup>	P. Alig. + P. Acabado
	Muerta techo	CM	SuperDead	235 kg/m <sup>2</sup>	P. Alig. + P. Cobertura
	Viva entrepiso	CV	ReducibleLive	400 kg/m <sup>2</sup>	Corredores y escaleras
	Viva entrepiso	CV	ReducibleLive	200 kg/m <sup>2</sup>	Cuartos
	Viva techo	CVT	Roof Live	100 kg/m <sup>2</sup>	Azotea
Azotea	Muerta	CM	SuperDead	210 kg/m <sup>2</sup>	P. Alig. + P. Acabado
	Viva techo	CVT	Roof Live	100 kg/m <sup>2</sup>	Azotea



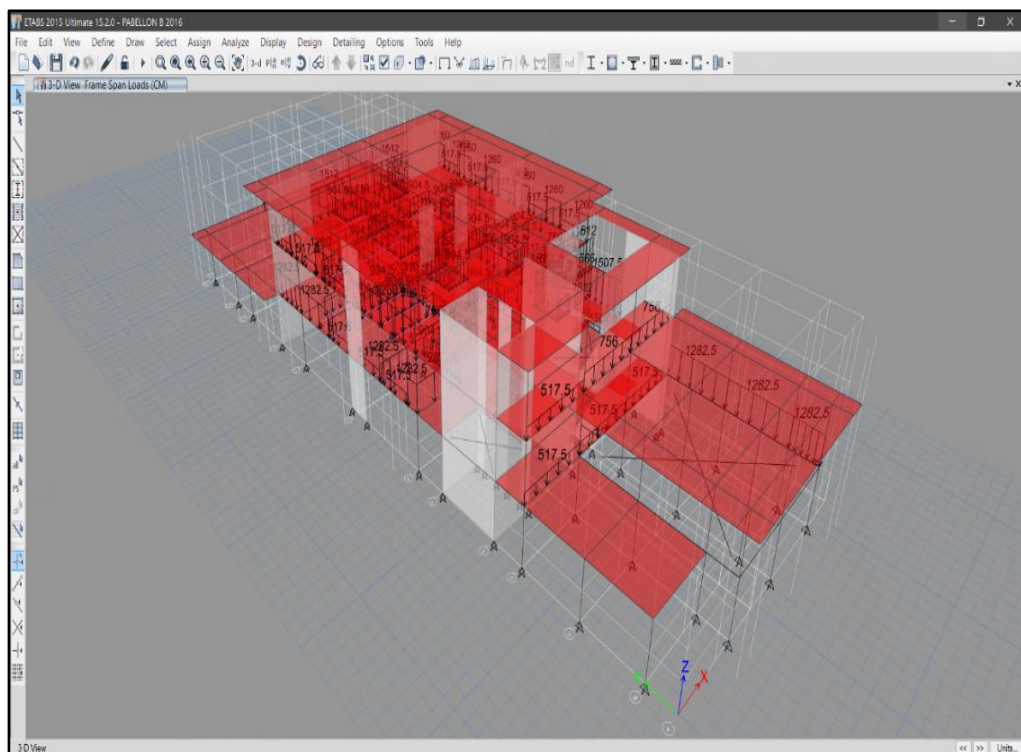
**Figura 27**

*Cargas asignadas por tabiquería pab. A.*



**Figura 28**

*Cargas asignadas por tabiquería pab. B.*

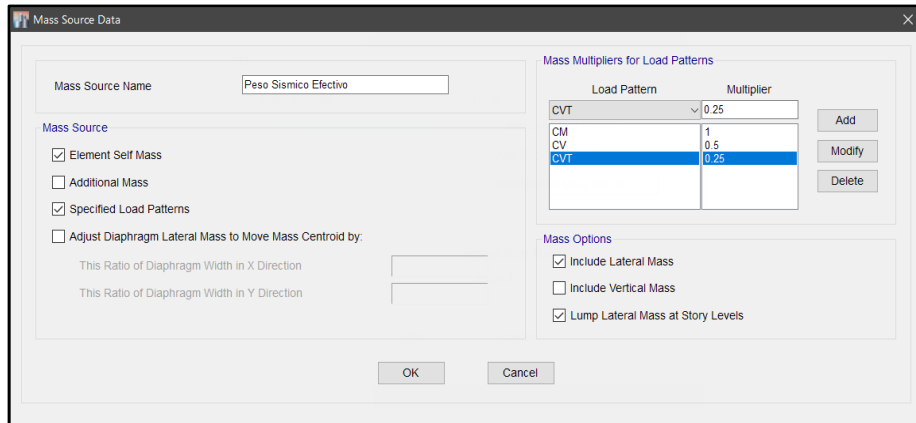


A manera de fórmula, el Peso “P” Sísmico Efectivo del Edificio, se determinó con la Formula (8):

$$P = (\text{Peso Propio} + CM) + 0.50CV + 0.25CVT \quad (8)$$

### Figura 29

*Definición del peso sísmico efectivo.*

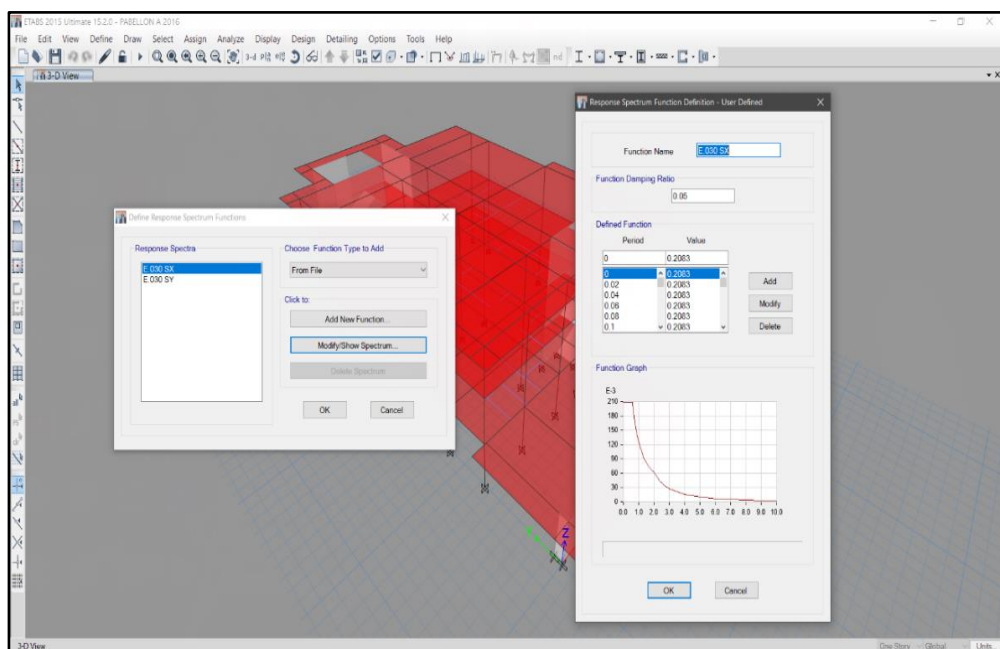


### Paso 13: Análisis dinámico

#### Análisis dinámico modal espectral del pabellón A

### Figura 30

*Asignación del espectro sísmico al modelo.*

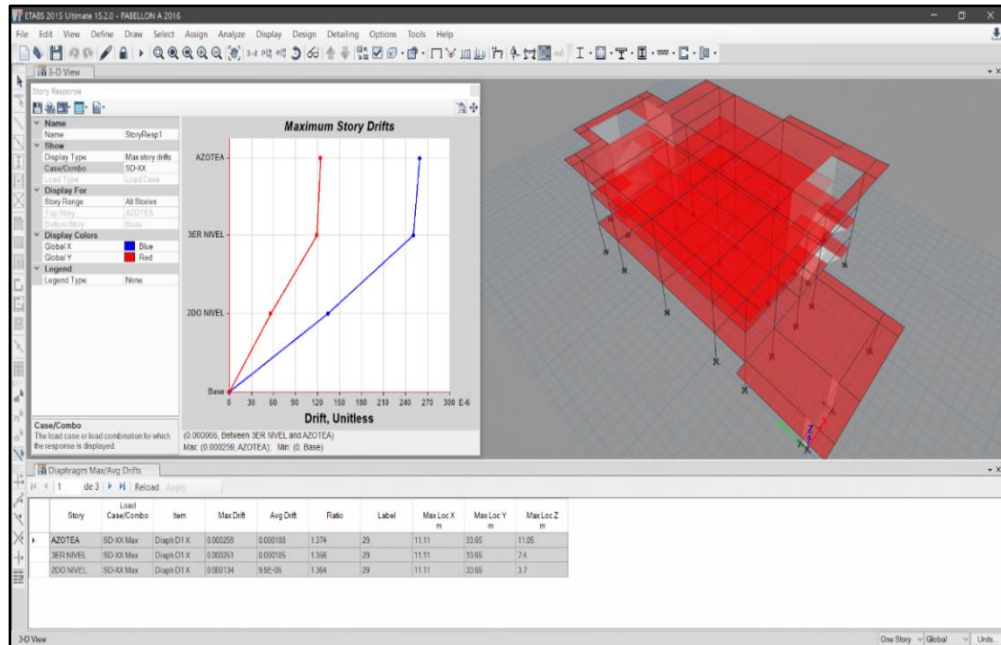




## Determinación de Desplazamientos Máximos

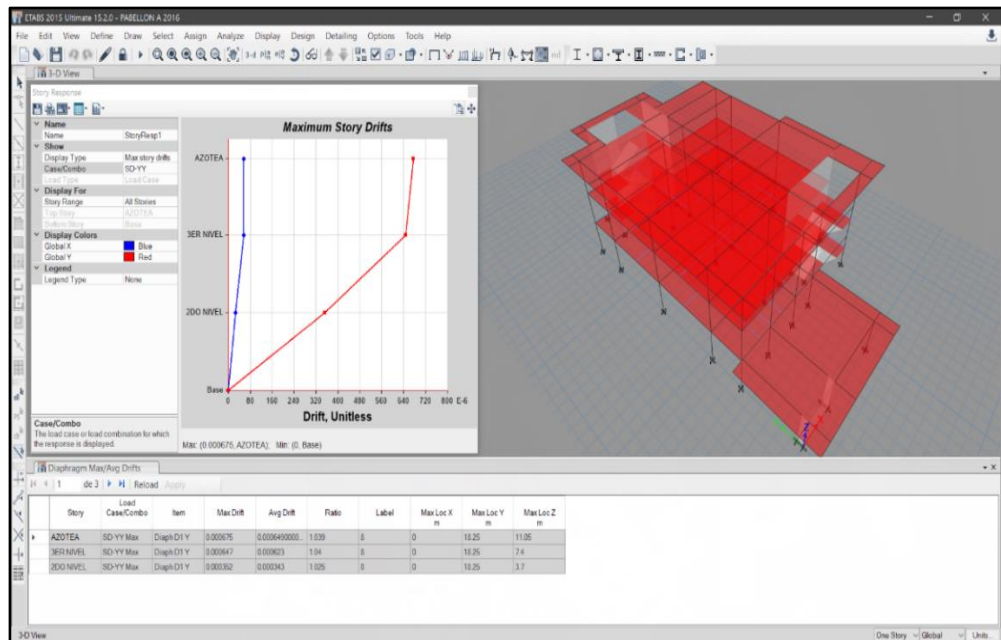
**Figura 31**

*Desplazamientos máximos dir. x-x, pabellón A.*



**Figura 32**

*Desplazamientos máximos dir. y-y, pabellón A.*



**Tabla 40***Desplazamientos máximos en el pabellón A.*

Nivel	Desplazamiento máximo (mm)	
	Dir x-x	Dir y-y
Azotea	1.18	5.81
2do nivel	0.73	3.50
1er nivel	0.25	1.25
Base	0.00	0.00

**Determinación de derivas máximas****Tabla 41***Máximas derivas en el pabellón A.*

Nivel	Máximas derivas	
	Dir x-x	Dir y-y
Azotea	$1.19 \times 10^{-3}$	$3.10 \times 10^{-3}$
2do nivel	$1.15 \times 10^{-3}$	$2.97 \times 10^{-3}$
1er nivel	$0.62 \times 10^{-3}$	$1.62 \times 10^{-3}$
Base	0.00	0.00

**Determinación fuerzas cortantes****Tabla 42***Fuerzas cortantes en el Pabellón A.*

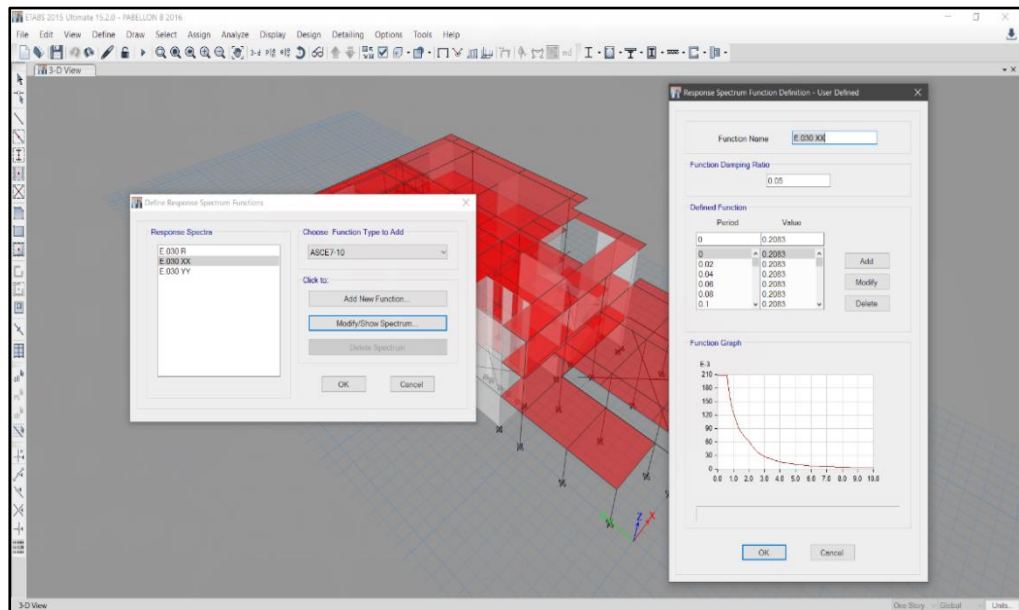
Nivel	Fuerza cortante (kg)	
	Dir x-x	Dir y-y
Azotea	114,501.40	145,137.41
2do nivel	198,807.48	255,607.13
1er nivel	256,278.98	321,769.74
Base	0.00	0.00

**Análisis dinámico modal espectral del pabellón B**

Inserción del espectro sísmico en Etabs

**Figura 33**

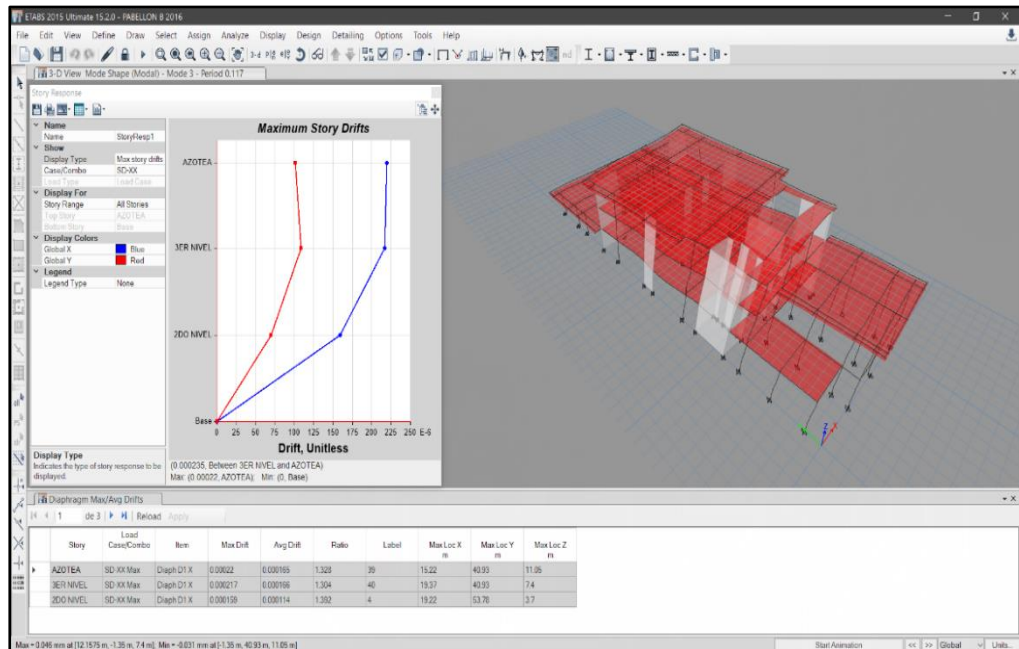
*Asignación del espectro sísmico al modelo pab. B.*



**Determinación de desplazamientos máximos**

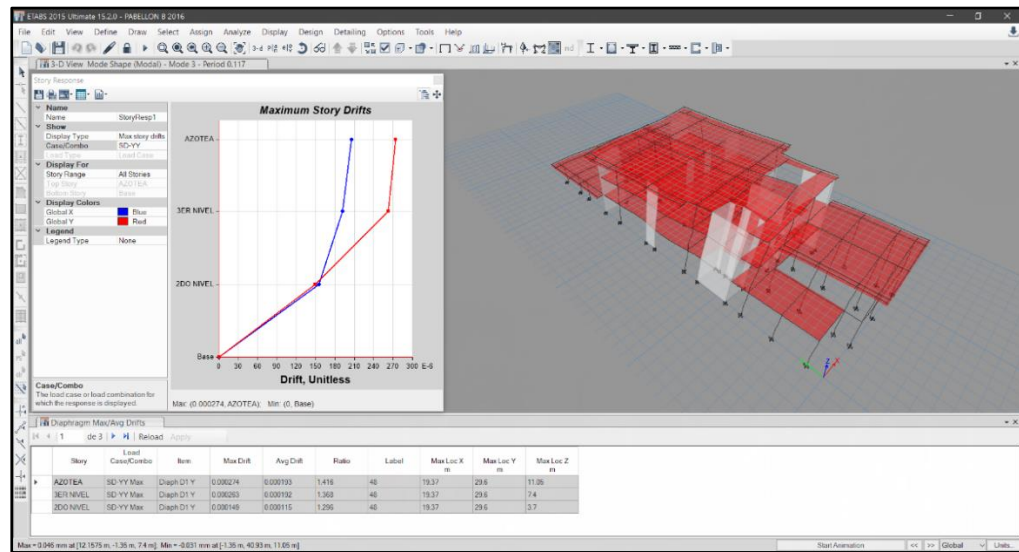
**Figura 34**

*Desplazamientos máximos dir. x-x pab. B.*



**Figura 35**

*Desplazamientos máximos dir. y-y pab. B.*



**Tabla 43**

*Desplazamientos máximos en el pabellón B.*

Nivel	Desplazamiento máximo (mm)	
	Dir x-x	Dir y-y
Azotea	1.32	1.73
2do nivel	0.70	1.07
1er nivel	0.30	0.40
Base	0.00	0.00

**Determinación de derivas máximas**

**Tabla 44**

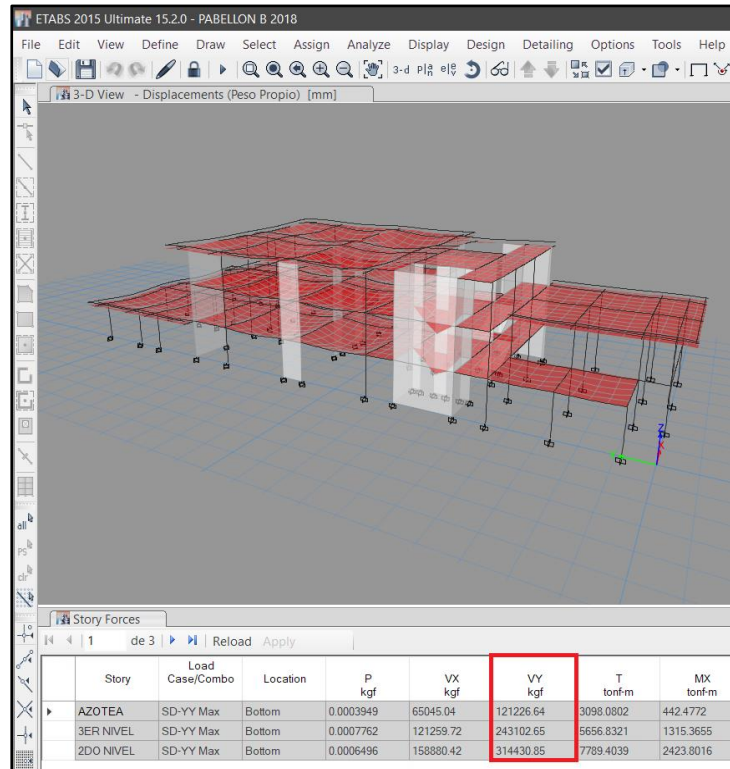
*Máximas derivas en el pabellón B.*

Nivel	Derivas máximas	
	Dir x-x	Dir y-y
Azotea	$1.01 \times 10^{-3}$	$1.23 \times 10^{-3}$
2do nivel	$1.00 \times 10^{-3}$	$1.18 \times 10^{-3}$
1er nivel	$0.73 \times 10^{-3}$	$0.67 \times 10^{-3}$
Base	0.00	0.00

## Determinación fuerzas cortantes

**Figura 36**

*Fuerza cortante de entrepiso dir. x-x, pab. B.*



**Tabla 45**

*Fuerzas cortantes en el pabellón B.*

Nivel	Fuerza cortante (kg)	
	Dir x-x	Dir y-y
Azotea	135,993.40	121,226.64
2do nivel	269,071.95	243,102.65
1er nivel	345,115.54	314,430.85
Base	0.00	0.00

### C. Análisis estructural óptimo de los pabellones A y B (Norma E.030 2018)

#### Etapa 1: Peligro sísmico

No presentan variación respecto al análisis anterior.

#### Etapa 2: Caracterización del edificio

### Paso 5: Categorización de la edificación y el factor de uso U

No presentan variación respecto al análisis anterior.

### Paso 6: Determinación del sistema estructural

**Tabla 46**

*Sistema estructural pab. A.*

Material predominante	Tipo
Concreto armado	Dual

*Nota.* Fuente: RNE E.030 2018.

**Tabla 47**

*Sistema estructural pab. B.*

Material predominante	Tipo
Concreto armado	Dual
Concreto armado	Muros estructurales

*Nota.* Fuente: RNE E.030 2018.

### Paso 7: Determinación del coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas $R_0$

**Tabla 48**

*Coefficiente básico de reducción sísmico pab. A.*

Dirección de análisis	Sistema estructural	$R_0$
x-x	Concreto armado: Dual	7.00
y-y	Concreto armado: Dual	7.00

**Tabla 49**

*Coefficiente básico de reducción sísmico pab. B.*

Dirección de análisis	Sistema estructural	$R_0$
x-x	Concreto armado: Dual	7.00



Dirección de análisis	Sistema estructural	$R_0$
y-y	Concreto armado: Muros estructurales	6.00

### Paso 8: Determinación del factor de irregularidad $I_a$ , $I_p$

#### Tabla 50

Factor  $I_a$  pabellón A.

Dirección de análisis x-x	Dirección de análisis y-y
$I_a = 1.00$	$I_a = 1.00$

#### Tabla 51

Factor  $I_p$  pabellón A.

Dirección de análisis x-x	Dirección de análisis y-y
$I_p = 1.00$	$I_p = 1.00$

#### Tabla 52

Factor  $I_a$  pabellón B.

Dirección de análisis x-x	Dirección de análisis y-y
$I_a = 1.00$	$I_a = 1.00$

#### Tabla 53

Factor  $I_p$  pabellón B.

Dirección de análisis x-x	Dirección de análisis y-y
$I_p = 1.00$	$I_p = 1.00$

### Paso 9: Verificación de las restricciones de irregularidad

El pabellón A del hospital cumple con las exigencias de la restricción a la irregularidad que presentan, ya que para la categoría y zona esta no debería presentar ningún tipo de irregularidades.



El pabellón B del hospital cumple con las exigencias de la restricción a la irregularidad que presentan, ya que para la categoría y zona esta no debería presentar ningún tipo de irregularidades.

### Paso 10: Coeficiente de reducción de la fuerza sísmica R

**Tabla 54**

*Coeficiente de reducción sísmica R, pabellón A.*

Dirección de análisis x-x		Dirección de análisis y-y	
<b>Ia</b>	1.00	<b>Ia</b>	1.00
<b>Ip</b>	1.00	<b>Ip</b>	1.00
<b>Ro</b>	7.00	<b>Ro</b>	7.00
<b>Rx-x</b>	<b>7.00</b>	<b>Ry-y</b>	<b>7.00</b>

**Tabla 55**

*Coeficiente de reducción sísmica R pabellón B.*

Dirección de análisis x-x		Dirección de análisis y-y	
<b>Ia</b>	1.00	<b>Ia</b>	1.00
<b>Ip</b>	1.00	<b>Ip</b>	1.00
<b>Ro</b>	7.00	<b>Ro</b>	6.00
<b>Rx-x</b>	<b>7.00</b>	<b>Ry-y</b>	<b>6.00</b>

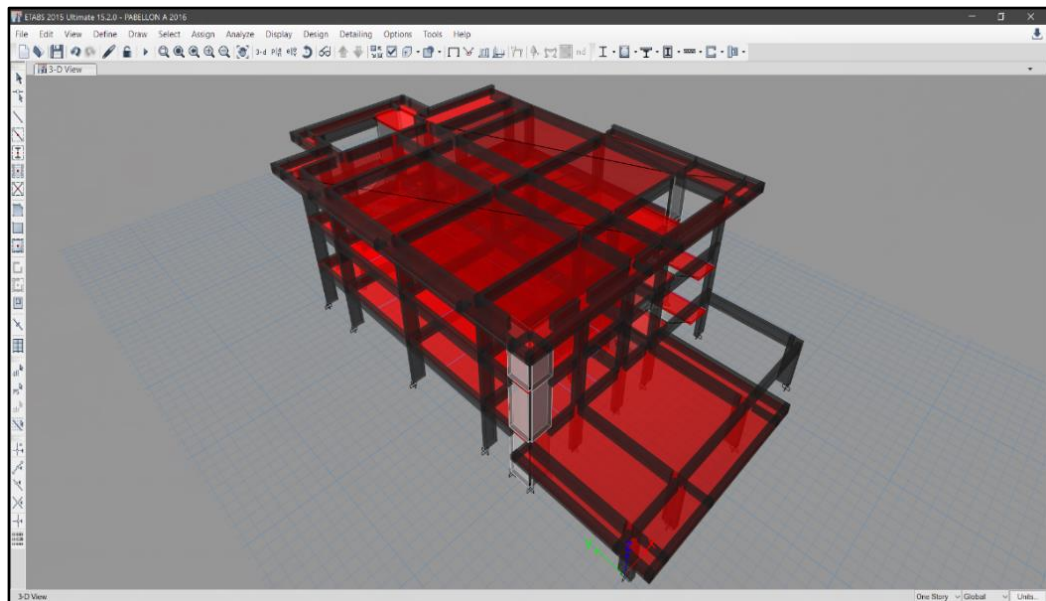
### **Etapas 3: Análisis estructural**

### **Paso 11: Elaboración de modelos matemáticos**



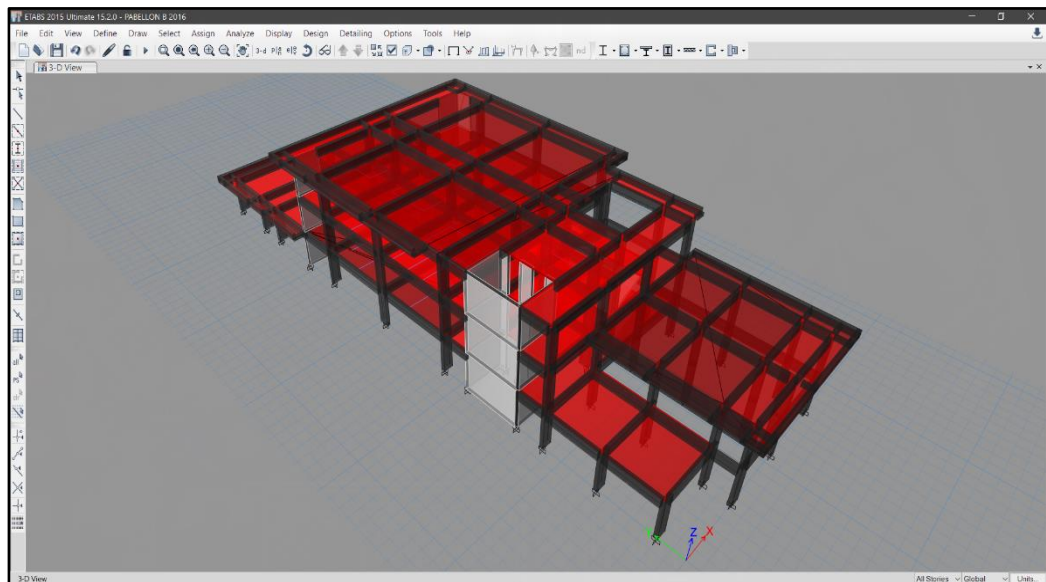
**Figura 37**

*Estructuración general modelo optimizado, pab. A*



**Figura 38**

*Estructuración general modelo optimizado, pab. B*



## **Paso 12: Cálculo del peso sísmico efectivo P**

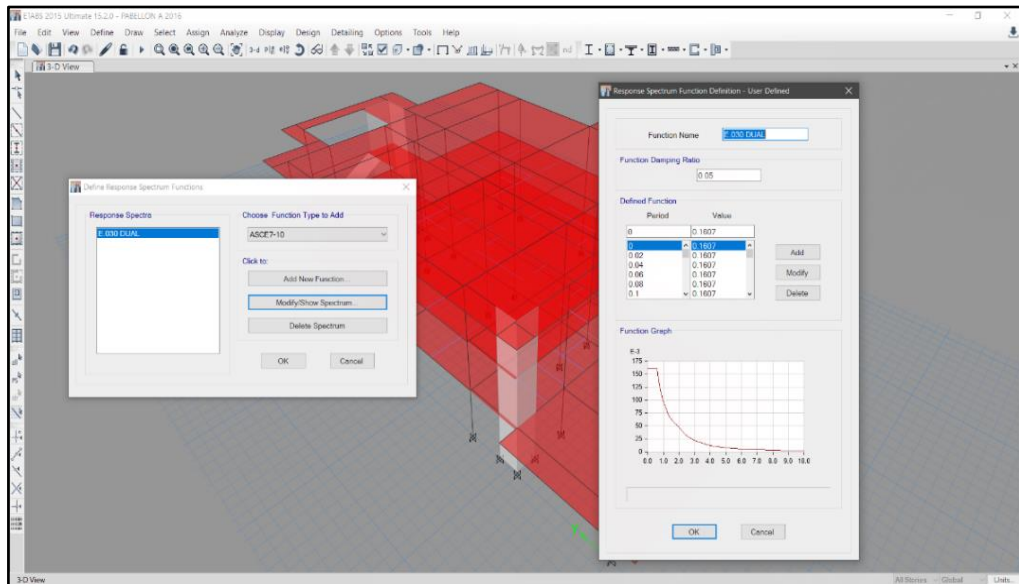
No presentan variación respecto al análisis anterior respecto a cargas asignadas sin embargo el peso propio varía con el modelo matemático óptimo.

## Paso 13: Análisis dinámico

### Análisis dinámico modal espectral del pabellón A

**Figura 39**

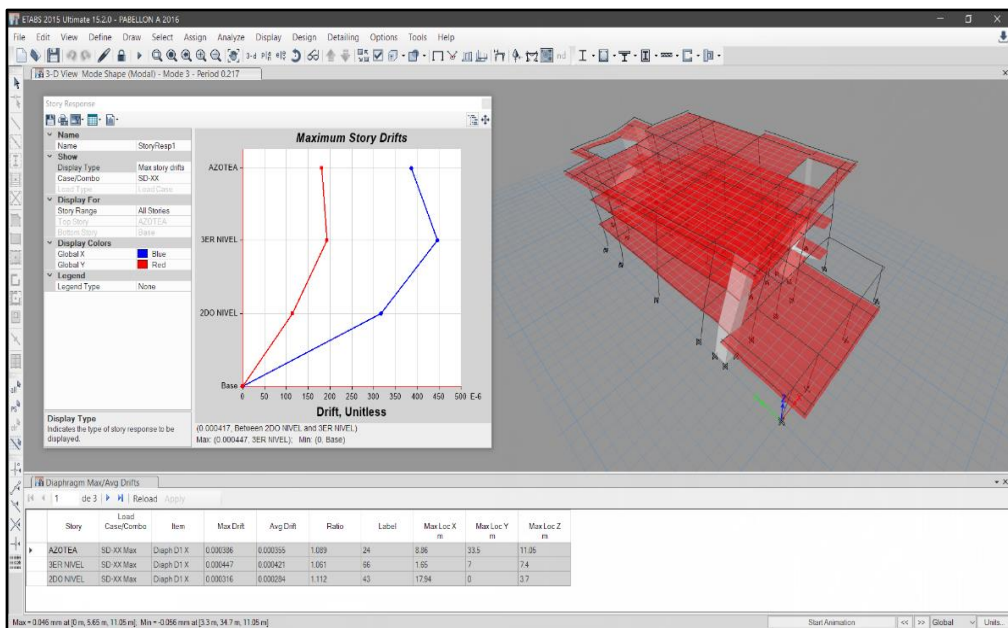
*Asignación del espectro sísmico al modelo pab. A.*



## Determinación de desplazamientos máximos

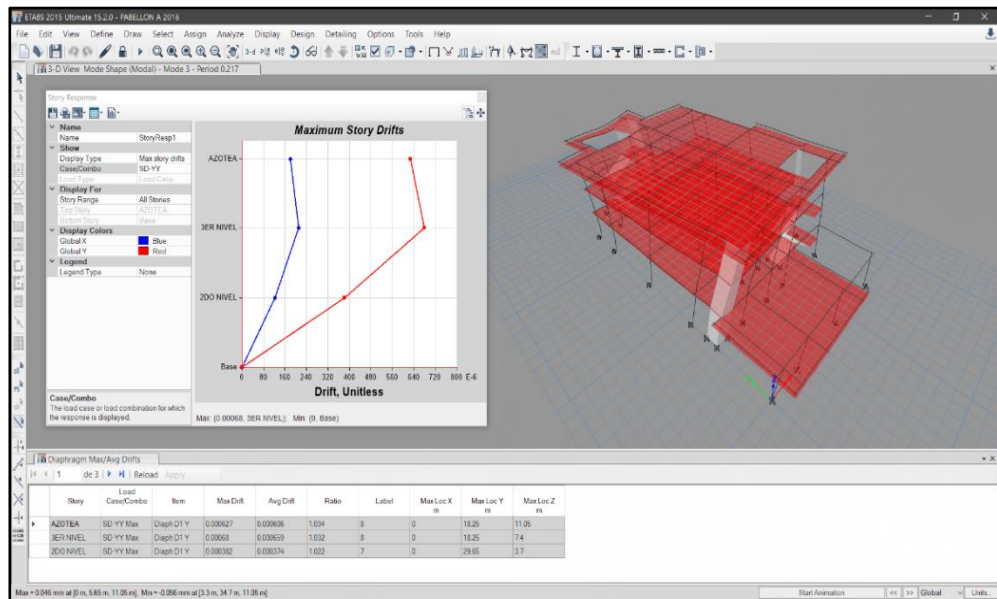
**Figura 40**

*Desplazamientos máximos dir. x-x, pab A.*



**Figura 41**

Desplazamientos máximos dir. y-y pab. A.



**Tabla 56**

Desplazamientos máximos en el pabellón A.

Nivel	Desplazamiento máximo (mm)	
	Dir x-x	Dir y-y
Azotea	3.54	5.82
2do nivel	2.37	3.70
1er nivel	0.96	1.35
Base	0.00	0.00

**Determinación de derivas máximas**

**Tabla 57**

Máximas derivas en el pabellón A.

Nivel	Máximas derivas	
	Dir x-x	Dir y-y
Azotea	$2.03 \times 10^{-3}$	$3.29 \times 10^{-3}$
2do nivel	$2.35 \times 10^{-3}$	$3.57 \times 10^{-3}$
1er nivel	$1.66 \times 10^{-3}$	$2.01 \times 10^{-3}$

Base	0.00	0.00
------	------	------

### Determinación fuerzas cortantes

**Tabla 58**

*Fuerzas cortantes en el pabellón A.*

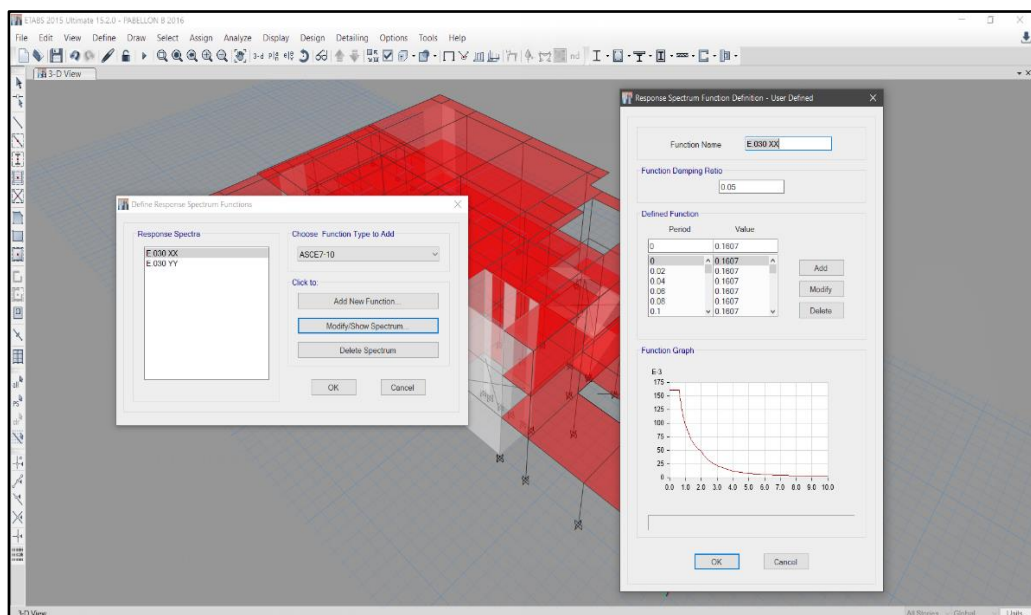
Nivel	Fuerza cortante (kg)	
	Dir x-x	Dir y-y
Azotea	102,341.03	104,649.87
2do nivel	190,895.77	187,297.60
1er nivel	240,802.90	234,552.35
Base	0.00	0.00

### Análisis dinámico modal espectral del pabellón B

Inserción del espectro sísmico en Etabs.

**Figura 42**

*Asignación del espectro sísmico al modelo pab. B.*

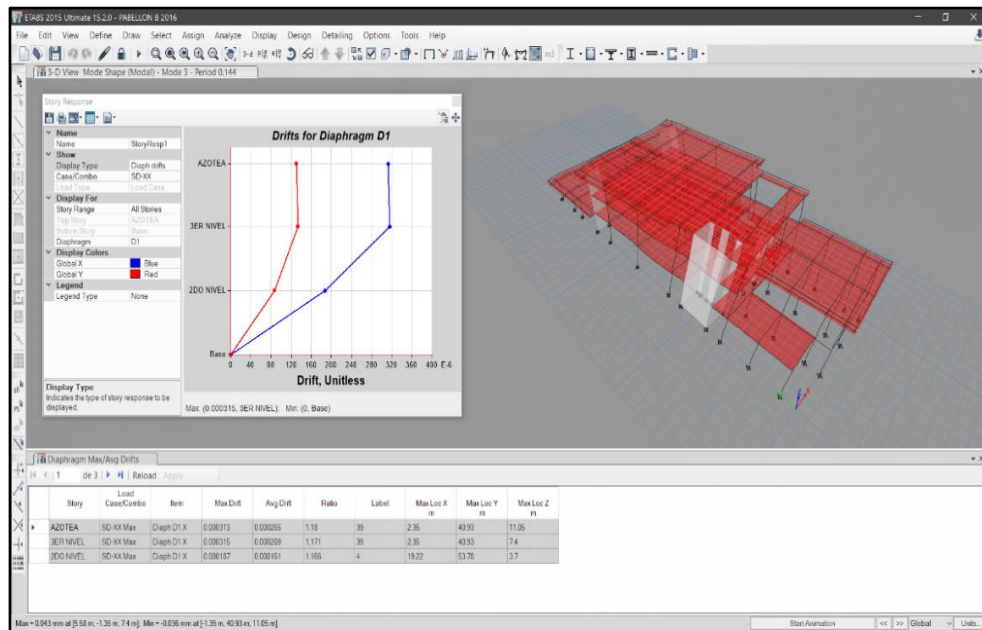


### Determinación de desplazamientos máximos



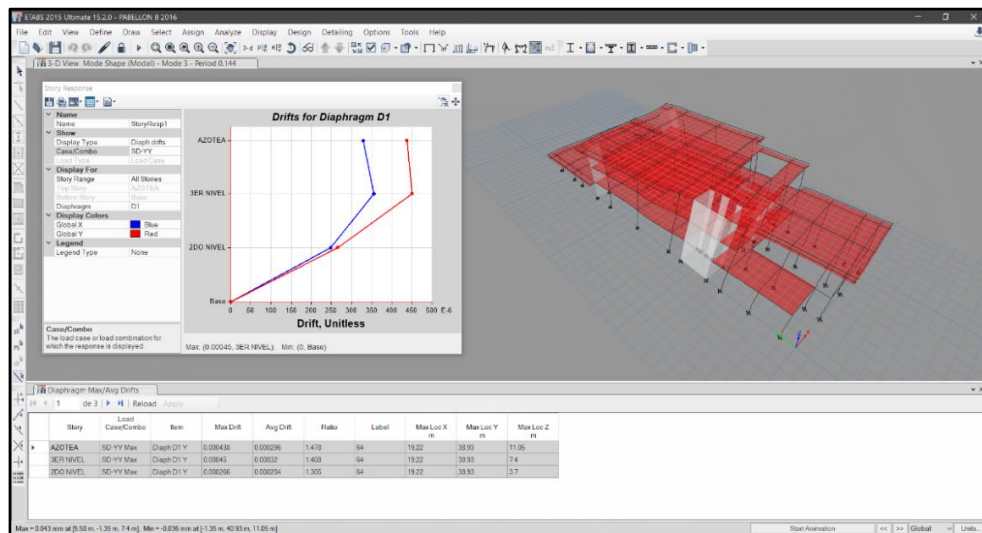
**Figura 43**

*Desplazamientos máximos dir. x-x, pab. B.*



**Figura 44**

*Desplazamientos máximos dir. y-y, pab. B.*



**Tabla 59**

*Desplazamientos máximos en el pabellón B.*

Nivel	Desplazamiento máximo (mm)	
	Dir x-x	Dir y-y
Azotea	2.30	2.88

Nivel	Desplazamiento máximo (mm)	
	Dir x-x	Dir y-y
2do nivel	1.33	1.85
1er nivel	0.52	0.72
Base	0.00	0.00

### Determinación de derivas máximas

Tabla 60

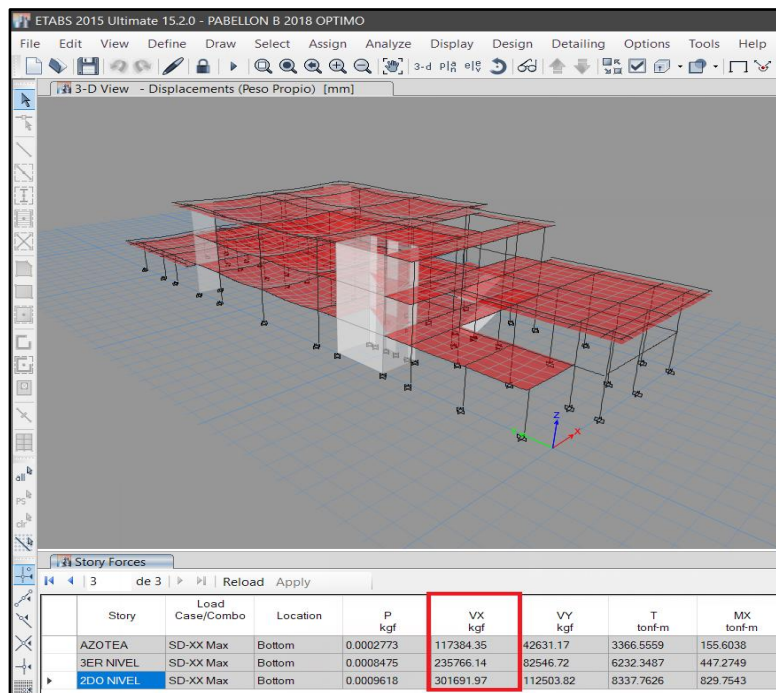
Máximas derivas en el pabellón B.

Nivel	Máximas derivas	
	Dir x-x	Dir y-y
Azotea	$1.64 \times 10^{-3}$	$1.97 \times 10^{-3}$
2do nivel	$1.65 \times 10^{-3}$	$2.03 \times 10^{-3}$
1er nivel	$0.98 \times 10^{-3}$	$1.20 \times 10^{-3}$
Base	0.00	0.00

### Determinación fuerzas cortantes

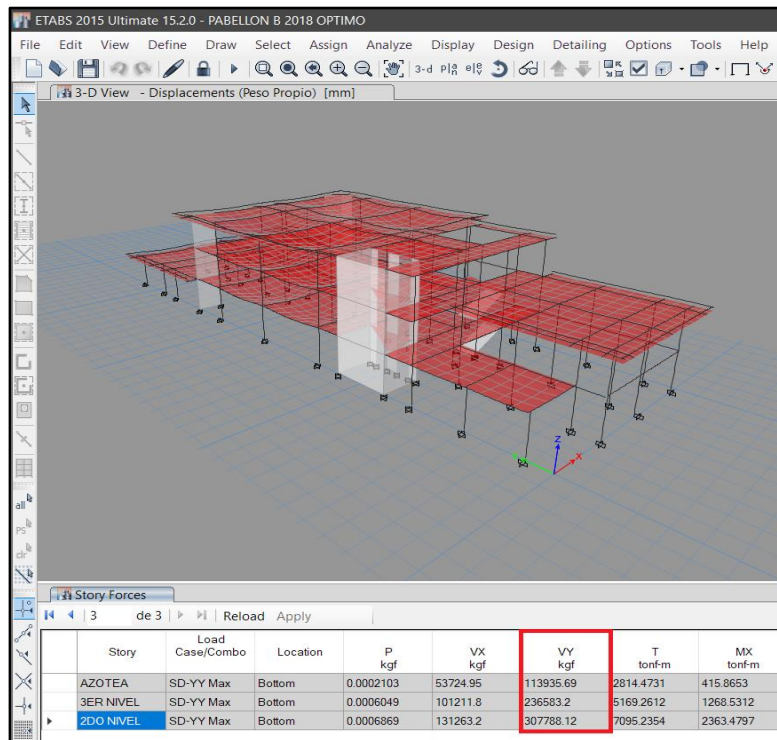
Figura 45

Fuerza cortante de entrepiso dir. x-x, pab. B.



**Figura 46**

*Fuerza cortante de entrepiso dir. y-y, pab. B.*



**Tabla 61**

*Fuerzas cortantes en el pabellón B.*

Nivel	Fuerza cortante (kg)	
	Dir x-x	Dir y-y
Azotea	117,384.35	113,935.69
2do nivel	235,766.14	236,583.20
1er nivel	301,691.97	307,788.12
Base	0.00	0.00

**D. Análisis estructural con aisladores sísmicos de pabellones A y B (Norma E.030 2018)**

La Norma E.030 (2018) en el artículo 15 indica: “Las nuevas edificaciones de categoría A1, tienen aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2 la entidad responsable puede decidir si usa o no aislamiento sísmico” (p. 13).

Por otra parte, la Norma E.030 (2018) en el artículo 23 indica: que para la utilización de sistemas de aislamiento sísmico en la medida que sean aplicables su utilizará el Código Estadounidense “Minimum Design Loads for Building and Other Structures”, ASCE/SEI 7. Sin embargo, habiendo entrado en vigencia la Norma Técnica de Aislamiento Sísmico E.031 en fecha 06 de noviembre del 2019.

En la presente investigación se optó por la utilización de la Norma Técnica E.031, a fin de realizar el análisis estructural con aisladores sísmicos de los pabellones A y B.

### **Análisis dinámico modal espectral del pabellón A**

Acorde a las características estructurales de la edificación y a las solicitaciones de la Norma E.031 se determinaron las propiedades mecánicas del aislador sísmico los cuales se presentan en la Tabla 62.

**Tabla 62**

*Propiedades mecánicas del aislador, pabellón A.*

<b>Aislador tipo LBR determinado para el pabellón A</b>			
$K_{eff}$	Effective Stiffness	Rigidez efectiva	1.56 KN/mm
C	Effective Damping	Amortiguación efectiva	0.218 KN.seg/mm
$K^{A_2}$	Stiffness	Rigidez post fluencia	1.047 KN/mm
$F_Y$	Yield Strength	Fuerza de fluencia	97.653 KN
r	Post Yield Stiffness Ratio	Razón de rigidez post rendimieto	0.09778

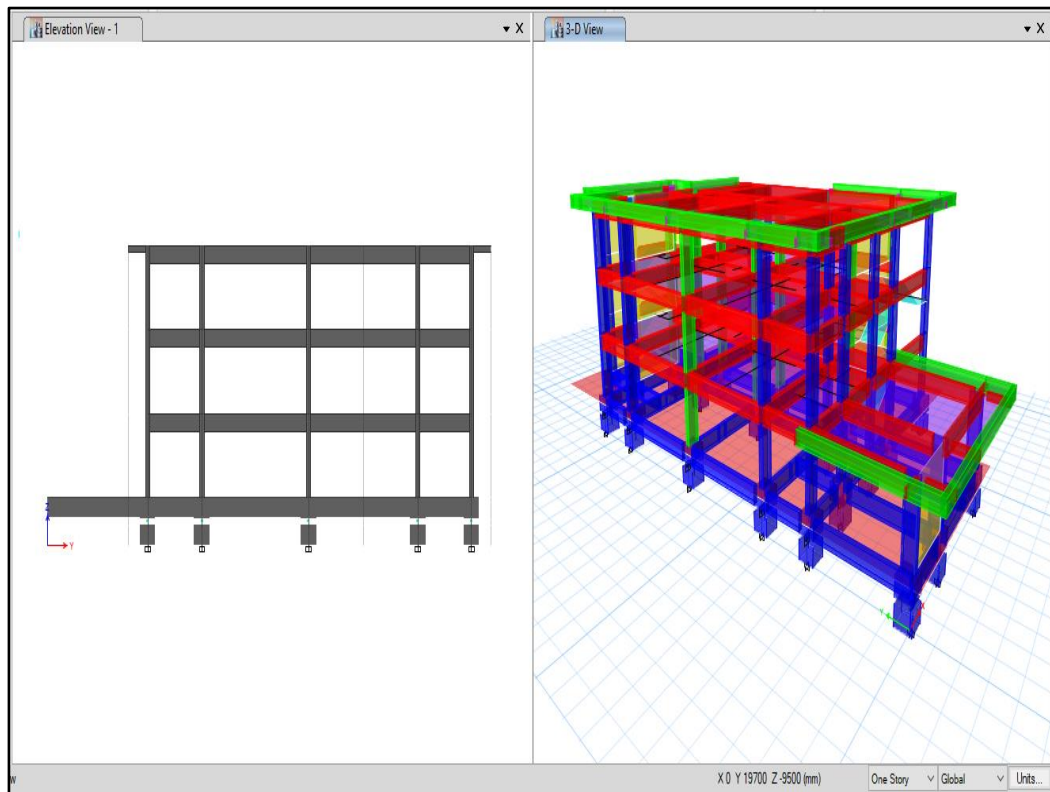
### **Modelamiento matemático con aislador tipo LRB**

Se realizó el modelamiento matemático del pabellón A, mediante el software Etabs, considerando el sistema de aislación sísmica al modelo convencional como se muestra en la Figura 48.



**Figura 47**

*Modelo del pabellón A con aisladores sísmicos.*



### Determinación de la función espectral

**Tabla 63**

*Parámetros para espectro de pseudo aceleraciones pab. A*

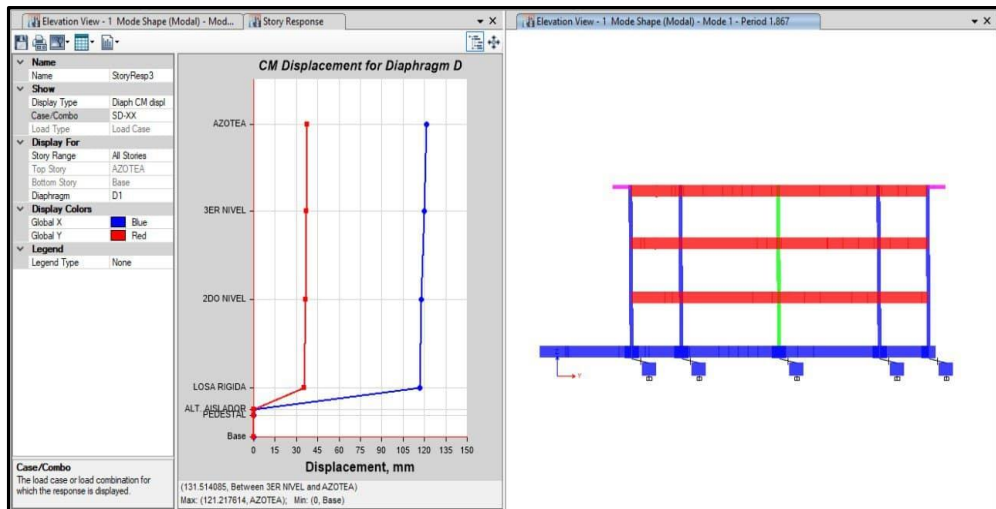
Factores sísmicos según Norma E.031 -2019	
Z = 0.25	Zona 2
U = 1.00	Esencial A1
C = 2.50	$T_P < T < T_L$
S = 1.20	S2
R = 1.00	Coficiente "R"
$SaM = 1.5 Z U C S g$	

**Fuente:** Elaboración propia

### Determinación de desplazamientos máximos

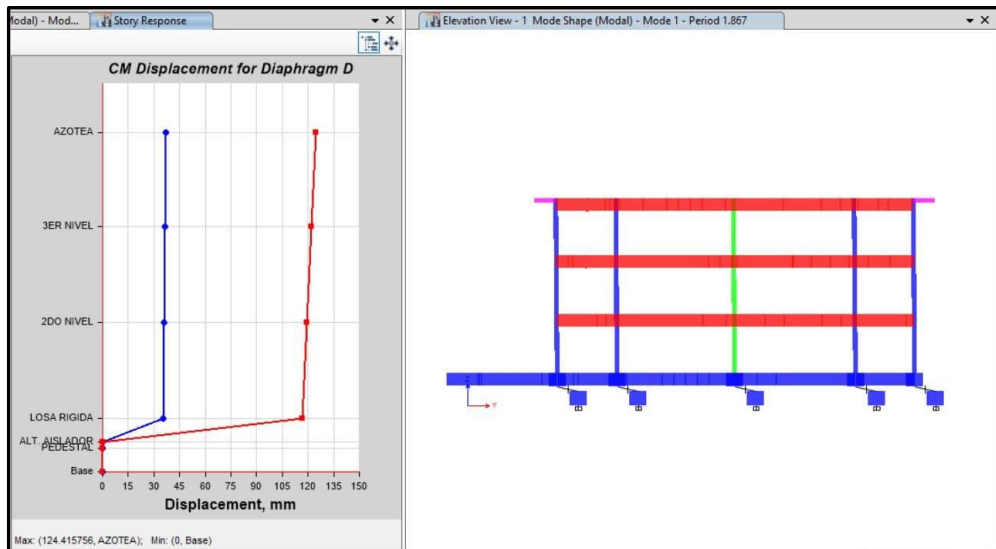
**Figura 48**

*Desplazamientos en la dir. x-x, pab. A.*



**Figura 49**

*Desplazamientos en la dir. y-y, pab. A.*



**Tabla 64**

*Desplazamientos máximos en el pabellón A.*

Nivel	Desplazamiento máximo (mm)	
	Dir x-x	Dir y-y
Azotea	121.22	124.42
2do nivel	119.90	122.09

Nivel	Desplazamiento máximo (mm)	
	Dir x-x	Dir y-y
1er nivel	117.65	119.46
Base	116.67	116.72

### Determinación de derivas máximas

**Tabla 65**

*Máximas derivas en el pabellón A.*

Nivel	Máximas derivas	
	Dir x-x	Dir y-y
Azotea	$3.61 \times 10^{-4}$	$6.38 \times 10^{-4}$
2do nivel	$6.08 \times 10^{-4}$	$7.11 \times 10^{-4}$
1er nivel	$2.65 \times 10^{-4}$	$7.41 \times 10^{-4}$
Base	0.00	0.00

### Determinación de fuerzas cortantes

**Tabla 66**

*Fuerzas cortantes en el pabellón A.*

Nivel	Fuerza cortante (kg)	
	Dir x-x	Dir y-y
Azotea	44,450.00	46,230.00
2do nivel	109,780.00	112,430.00
1er nivel	189,410.00	191,350.00
Base	273,030.00	273,210.00

### Análisis dinámico modal espectral del pabellón B

Acorde a las características estructurales de la edificación y a las sollicitaciones de la Norma E.031 se determinaron las propiedades mecánicas del aislador sísmico del pabellón B.

**Tabla 67**

*Propiedades mecánicas del aislador, pabellón B.*

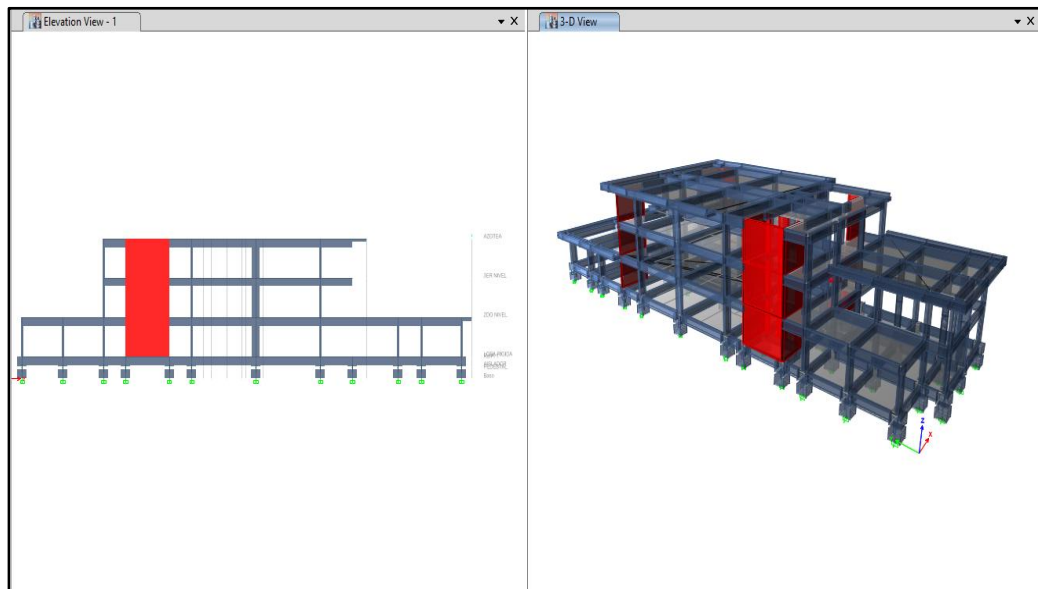
<b>Aislador tipo LBR determinado para el pabellón B</b>			
$K_{eff}$	Effective Stiffness	Rigidez efectiva	1.64 KN/mm
C	Effective Damping	Amortiguación efectiva	0.190 KN.seg/mm
$K^{A_2}$	Stiffness	Rigidez post fluencia	1.095 KN/mm
$F_Y$	Yield Strength	Fuerza de fluencia	120.160 KN
r	Post Yield Stiffness Ratio	Razón de rigidez post rendimiento	0.09327

### **Modelamiento matemático con aislador tipo LRB**

Se realizó el modelamiento matemático del pabellón B mediante el software Etabs, considerando el sistema de aislación sísmica al modelo convencional como se muestra en la Figura 51.

**Figura 50**

*Modelo del pabellón B con aisladores sísmicos.*



### **Determinación de la función espectral**

**Tabla 68**

*Parámetros para espectro de pseudo aceleraciones Pab. B*

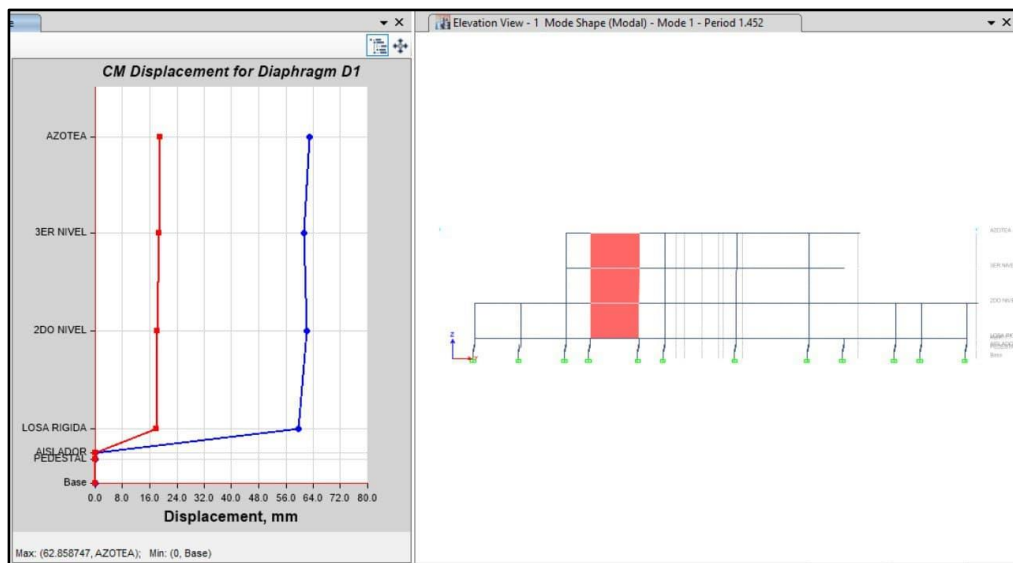
Parámetros sísmicos según Norma E.031 -2019	
Z = 0.25	Zona 2
U = 1.00	Esencial A1
C = 2.50	TP < T < TL
S = 1.20	S2
R = 1.00	Coficiente "R"
$SaM = 1.5 Z U C S g$	

**Fuente:** Elaboración propia

### Determinación de desplazamientos máximos

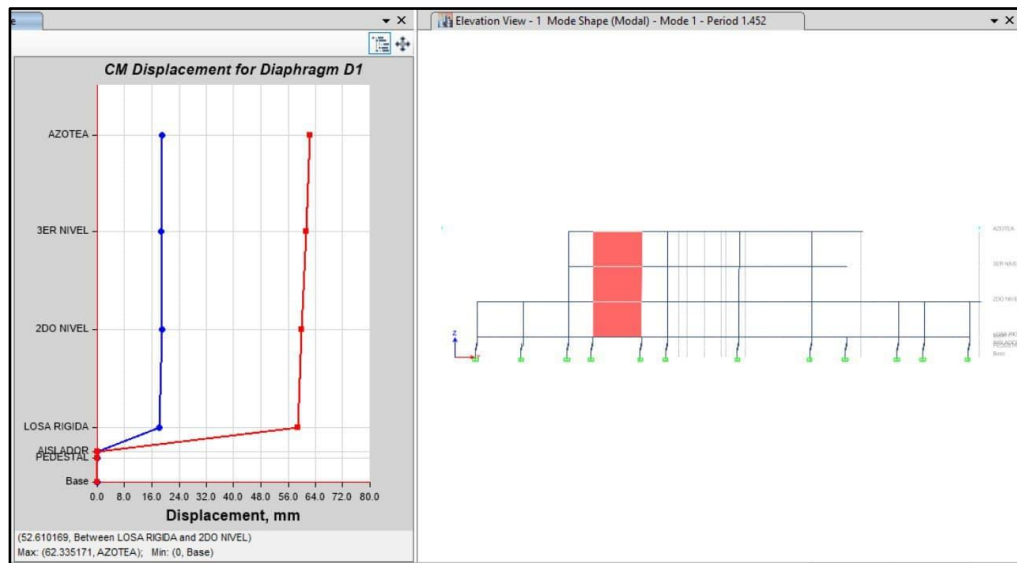
**Figura 51**

*Desplazamientos en la dirección x-x, pab. B.*



**Figura 52**

*Desplazamientos en la dirección y-y, pab. B.*



**Tabla 69**

*Desplazamientos máximos en el pabellón B.*

Nivel	Desplazamiento máximo (mm)	
	Dir x-x	Dir y-y
Azotea	62.86	62.34
2do nivel	61.16	61.26
1er nivel	62.13	60.36
Base	59.65	58.84

**Determinación de máximas derivas**

**Tabla 70**

*Máximas derivas en el pabellón B.*

Nivel	Máximas derivas	
	Dir x-x	Dir y-y
Azotea	$4.70 \times 10^{-4}$	$2.90 \times 10^{-4}$
2do nivel	$2.60 \times 10^{-4}$	$3.30 \times 10^{-4}$
1er nivel	$6.70 \times 10^{-4}$	$3.20 \times 10^{-4}$
Base	0.00	0.00



## Determinación de fuerzas cortantes

**Tabla 71**

*Fuerzas cortantes en el pabellón B.*

Nivel	Fuerza cortante (kg)	
	Dir x-x	Dir y-y
Azotea	61,850.00	62,590.00
2do nivel	175,87.00	117,150.00
1er nivel	312,530.00	314,390.00
Base	490,250.00	492,100.00

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados

Luego de procesar y analizar los datos en función a los objetivos y la hipótesis planteada originalmente y aplicando los estadísticos para cada situación, a continuación, se presentan los principales resultados obtenidos.

##### a. Desplazamientos máximos obtenidos

En los siguientes cuadros se muestra los resultados obtenidos para cada caso de análisis con la normativa correspondiente como se indican.

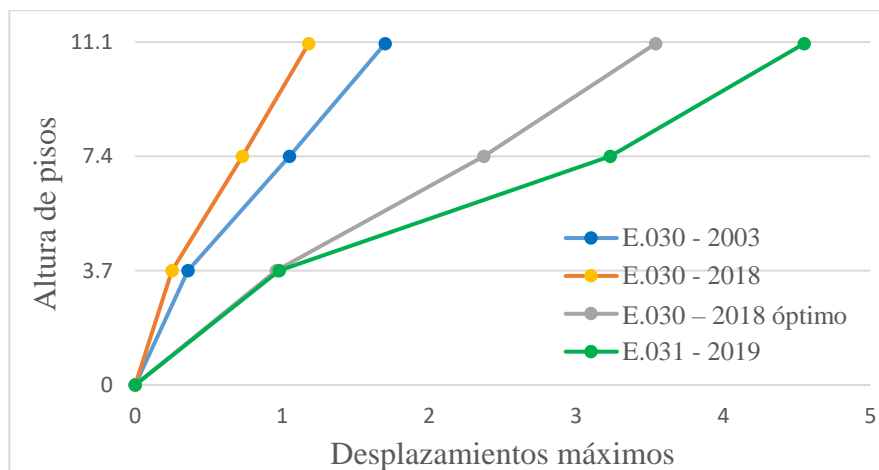
**Tabla 72**

*Desplazamientos máximos (mm) dir x-x, pabellón A.*

Nivel	E.030 - 2003	E.030 - 2018	E.030 – 2018 óptimo	E.031 - 2019
Azotea	1.70	1.18	3.54	121.22
2do nivel	1.05	0.73	2.37	119.90
1er nivel	0.36	0.25	0.96	117.65
Base	0.00	0.00	0.00	116.67

**Figura 53**

*Desplazamientos máximos (mm) dir x-x, pabellón A.*





En la Tabla 72 y la Figura 53, se verifica que en el pabellón A y en la dirección de análisis X-X los desplazamientos máximos obtenidos en cada nivel o piso según la aplicación de las normas indicadas presentan el siguiente orden: Los mayores desplazamientos se obtienen en el modelo matemático con aislación sísmica bajo Norma E.031 2019, seguido por el modelo optimizado bajo norma E.030 2018, seguido por el modelo original evaluado bajo Norma E.030 2003 y donde se genera los menores desplazamientos es en el modelo original evaluado bajo Norma E.030 2018.

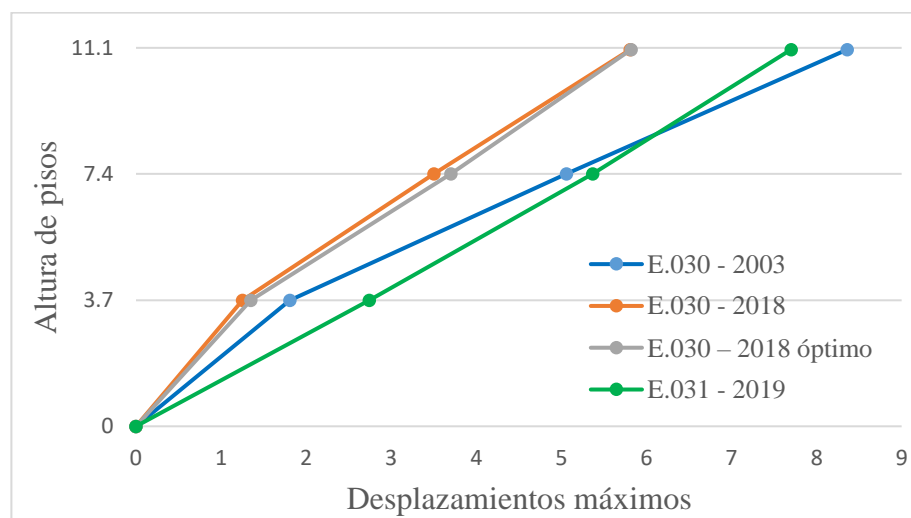
**Tabla 73**

*Desplazamientos máximos (mm) dir y-y, pabellón A.*

Nivel	E.030 - 2003	E.030 - 2018	E.030 – 2018 óptimo	E.031 - 2019
Azotea	8.36	5.81	5.82	124.42
2do nivel	5.06	3.50	3.70	122.09
1er nivel	1.81	1.25	1.35	119.46
Base	0.00	0.00	0.00	116.72

**Figura 54**

*Desplazamientos máximos (mm) dir y-y, pabellón A.*



En la Tabla 73 y la Figura 54, se verifica que en el pabellón A y en la dirección de análisis Y-Y los desplazamientos máximos obtenidos en cada nivel o piso según la aplicación de las normas indicadas presentan el siguiente orden: Los mayores desplazamientos se obtienen en el modelo matemático con aislación sísmica bajo Norma E.031 2019 por lo menos en los dos primeros pisos, seguido por el modelo original evaluado bajo Norma E.030 2003, seguido por el modelo optimizado bajo Norma E.030 2018, y donde se genera los menores desplazamientos es en el modelo original evaluado bajo Norma E.030 2018.

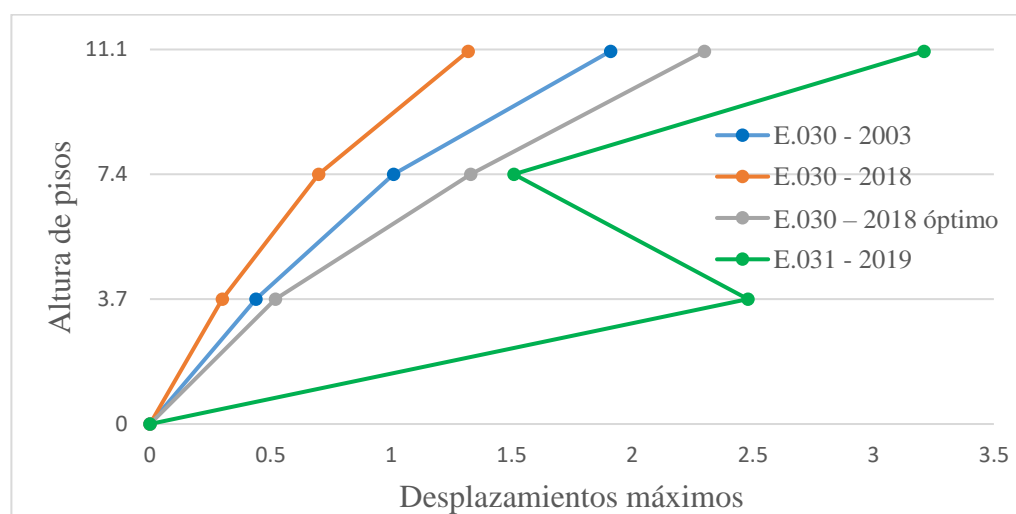
**Tabla 74**

*Desplazamientos máximos (mm) dir x-x, pabellón B.*

Nivel	E.030 - 2003	E.030 - 2018	E.030 – 2018 óptimo	E.031 - 2019
Azotea	1.91	1.32	2.30	62.86
2do nivel	1.01	0.70	1.33	61.16
1er nivel	0.44	0.30	0.52	62.13
Base	0.00	0.00	0.00	59.65

**Figura 55**

*Desplazamientos máximos (mm) dir x-x, pabellón B.*



En la Tabla 74 y la Figura 55, se verifica que en el pabellón B y en la dirección de análisis X-X los desplazamientos máximos obtenidos en cada nivel o piso según la aplicación de las normas indicadas presentan el siguiente orden: Los mayores desplazamientos se obtienen en el modelo matemático con aislación sísmica bajo Norma E.031 2019, seguido por el modelo optimizado bajo Norma E.030 2018, seguido por el modelo original evaluado bajo Norma E.030 2003 y donde se genera los menores desplazamientos es en el modelo original evaluado bajo Norma E.030 2018.

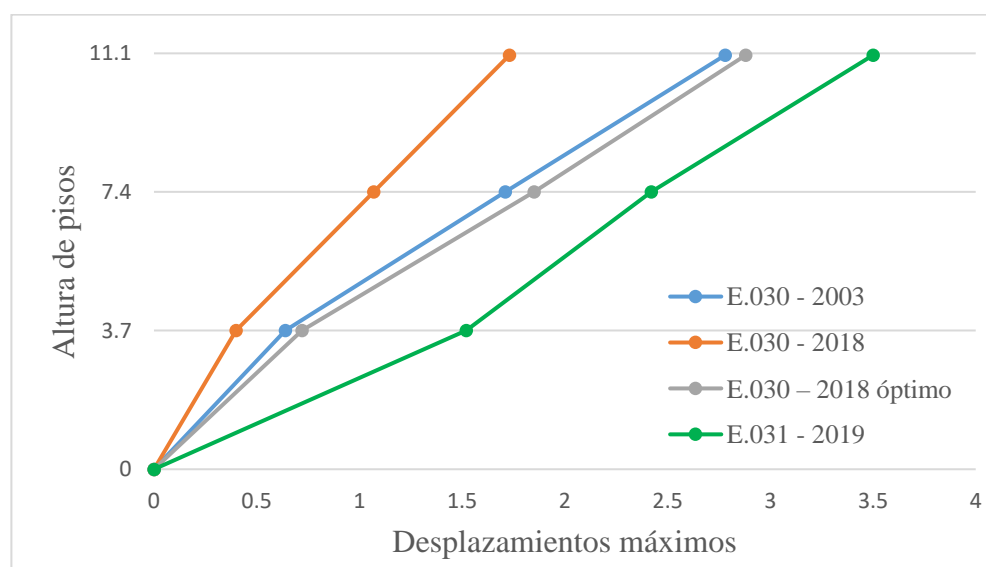
**Tabla 75**

*Desplazamientos máximos (mm) dir y-y, pabellón B.*

Nivel	E.030 - 2003	E.030 - 2018	E.030 – 2018 óptimo	E.031 - 2019
Azotea	2.78	1.73	2.88	62.34
2do nivel	1.71	1.07	1.85	61.26
1er nivel	0.64	0.40	0.72	60.36
Base	0.00	0.00	0.00	58.84

**Figura 56**

*Desplazamientos máximos (mm) dir y-y, pabellón B.*



En la Tabla 75 y la Figura 56, se verifica que en el pabellón B y en la dirección de análisis y-y los desplazamientos máximos obtenidos en cada nivel o piso según la aplicación de las normas indicadas presentan el siguiente orden: Los mayores desplazamientos se obtienen en el modelo matemático con aislación sísmica bajo Norma E.031 2019, seguido por el modelo optimizado bajo Norma E.030 2018, seguido por el modelo original evaluado bajo Norma E.030 2003 y donde se genera los menores desplazamientos es en el modelo original evaluado bajo Norma E.030 2018.

### Resultados estadísticos

Para el tratamiento estadístico de los datos obtenidos se ha seleccionado los valores máximos de desplazamientos, los cuales se manifiestan en el último nivel (Azotea) de cada modelo matemático evaluado, según las normas indicadas, cuya distribución y variación de los resultados se reflejan en las Tabla 77, Tabla 78 y Figura 58, Figura 59.

### Tabla 76

*Medidas de dispersión desplazamientos máximos.*

<b>Medidas de dispersión</b>					
		Desplazamientos en el pabellón A		Desplazamientos en el pabellón B	
		dir. x-x	dir. y-y	dir. x-x	dir. y-y
N	Válido	4.00	4.00	4.00	4.00
	Perdidos	0.00	0.00	0.00	0.00
Media		2.74	6.92	2.19	2.72
Mediana		2.62	6.76	2.11	2.83
Desv. estándar		1.57	1.31	0.79	0.73
Varianza		2.48	1.71	0.63	0.54
Rango		3.37	2.55	1.89	1.77

Mínimo	1.18	5.81	1.32	1.73
Máximo	4.55	8.36	3.21	3.50

**Nota:** Las desviaciones estándar son mayores en los resultados del pabellón A con respecto al pabellón B esto implica que los desplazamientos obtenidos en el pabellón A presentan una mayor dispersión respecto al pabellón B.

### Tablas de frecuencias e histogramas

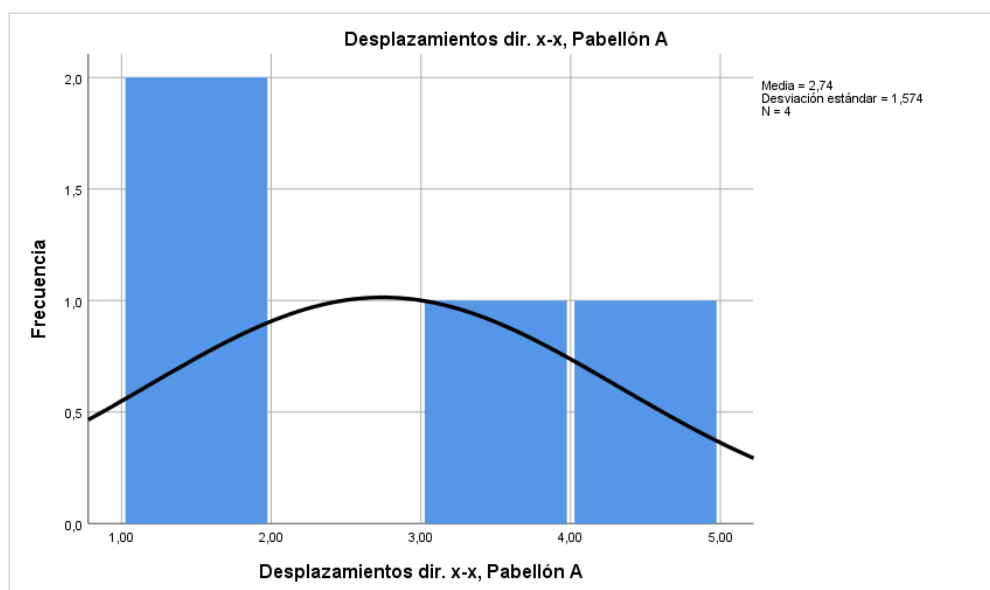
**Tabla 77**

*Frecuencia de desplazamientos máx. dir. x-x, pab. A.*

Desplazamientos dir. x-x, pabellón A					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	1.18	1.00	25.0	25.0	25.0
	1.70	1.00	25.0	25.0	50.0
Válido	3.54	1.00	25.0	25.0	75.0
	4.55	1.00	25.0	25.0	100.0
	Total	4.00	100.0	100.0	

**Figura 57**

*Histograma de frecuencia de desplazamientos máx. dir. x-x, pab. A.*



De la Tabla 77 y la Figura 57, se puede inferir que los datos procesados de los desplazamientos máximos en el último nivel del pabellón A, en la dirección de análisis x-x se presenta una mayor frecuencia en el intervalo de 1.00 a 2.00 respecto a los demás intervalos, esto significa que la variación del modelo original evaluado con Norma E.030 2018 respecto al modelo original evaluado con Norma E.030 2003 es menor en comparación a los demás modelos cuyos valores se encuentran en los intervalos de 3.00 a 4.00.

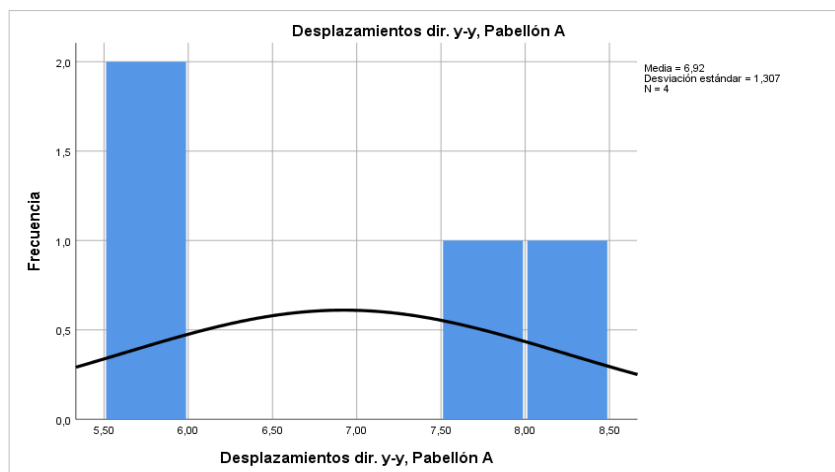
**Tabla 78**

*Frecuencia de desplazamientos máx. dir. y-y, pab. A.*

<b>Desplazamientos dir. y-y, pabellón A</b>					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	5.81	1.00	25.0	25.0	25.0
	5.82	1.00	25.0	25.0	50.0
Válido	7.70	1.00	25.0	25.0	75.0
	8.36	1.00	25.0	25.0	100.0
	Total	4.00	100.0	100.0	

**Figura 58**

*Histograma de frecuencia de desplazamientos máx. dir. y-y, pab. A.*



De la Tabla 78 y la Figura 58, se puede inferir que los datos procesados de los desplazamientos máximos en el último nivel del pabellón A, en la dirección de análisis y-y se presenta una mayor frecuencia en el intervalo de 5.50 a 6.00 respecto a los demás intervalos, esto significa que la variación del modelo original evaluado con Norma E.030 2018 respecto al modelo original evaluado con Norma E.030 2003 es menor en comparación a los demás modelos cuyos valores se encuentran en los intervalos de 7.50 a 8.50.

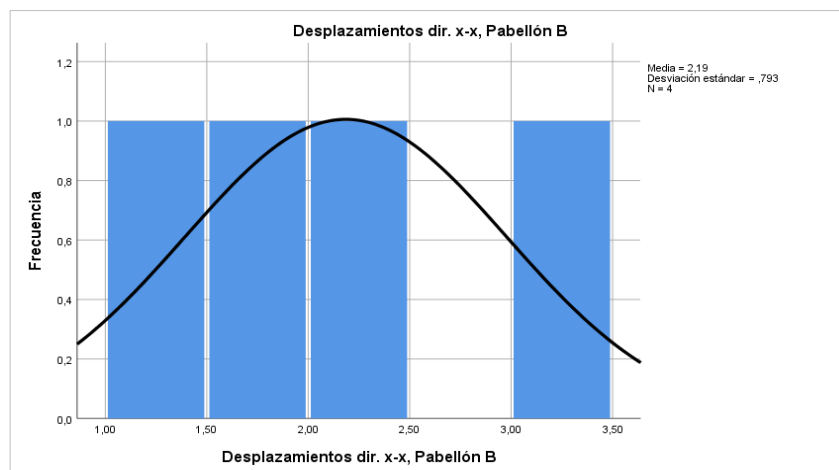
**Tabla 79**

*Frecuencia de desplazamientos máx. dir. x-x, pab. B.*

<b>Desplazamientos dir. x-x, pabellón B</b>					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	1.32	1.00	25.0	25.0	25.0
	1.91	1.00	25.0	25.0	50.0
Válido	2.30	1.00	25.0	25.0	75.0
	3.21	1.00	25.0	25.0	100.0
	Total	4.00	100.0	100.0	

**Figura 59**

*Histograma de frecuencia de desplazamientos máx. dir. x-x, pab. B.*



De la Tabla 79 y la Figura 59, se puede inferir que los datos procesados de los desplazamientos máximos en el último nivel del pabellón B, en la dirección de análisis x-x, presentan igual frecuencia en el intervalo de 1.00 a 2.50 de la misma forma en el intervalo 3.00 a 3.50, esto significa que la variación de los modelos evaluados con Norma E.030 2018 y E.031 2019 respecto al modelo evaluado con Norma E.030 2003 disminuye o aumenta en intervalos diferentes, sin embargo presentan una menor dispersión respecto al pabellón A.

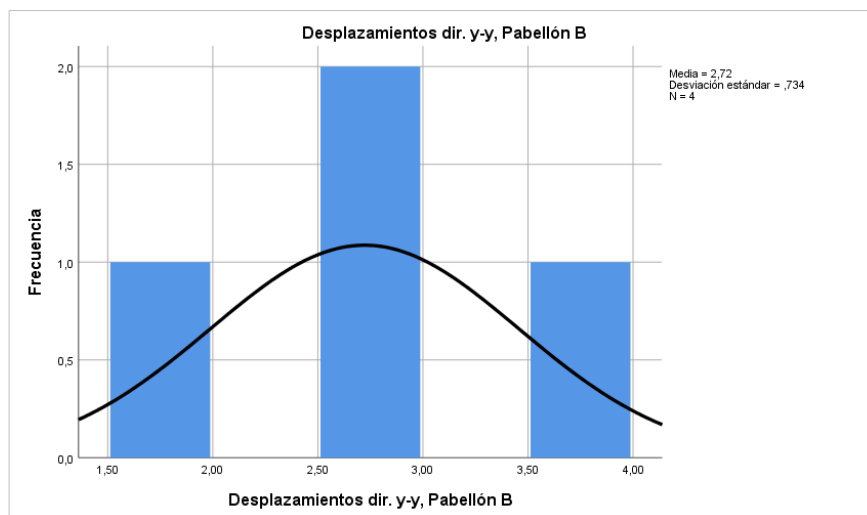
**Tabla 80**

*Frecuencia de desplazamientos máx. dir. y-y, pab. B.*

<b>Desplazamientos dir. y-y, pabellón B</b>					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	1.73	1.00	25.0	25.0	25.0
	2.78	1.00	25.0	25.0	50.0
Válido	2.88	1.00	25.0	25.0	75.0
	3.50	1.00	25.0	25.0	100.0
	Total	4.00	100.0	100.0	

**Figura 60**

*Histograma de Frecuencia de desplazamientos máx. dir. y-y, pab. B.*





De la Tabla 80 y la Figura 60, se puede inferir que los datos procesados de los desplazamientos máximos en el último nivel del pabellón B en la dirección de análisis y-y, presentan una mayor frecuencia en el intervalo de 2.50 a 3.00 en comparación a los intervalos 1.50 a 2.00 y 3.50 a 4.00 donde la frecuencia es de uno, esto significa que la variación del modelo optimizado evaluado con Norma E.030 2018, respecto al modelo original evaluado con Norma E.030 2003, es menor en comparación a los demás modelos cuyos valores se encuentran en los intervalos de 1.50 a 2.00 y 3.50 a 4.00.

#### b. Máximas derivas obtenidas

En los siguientes cuadros se muestra los resultados obtenidos para cada caso de análisis con la norma correspondiente como se indican.

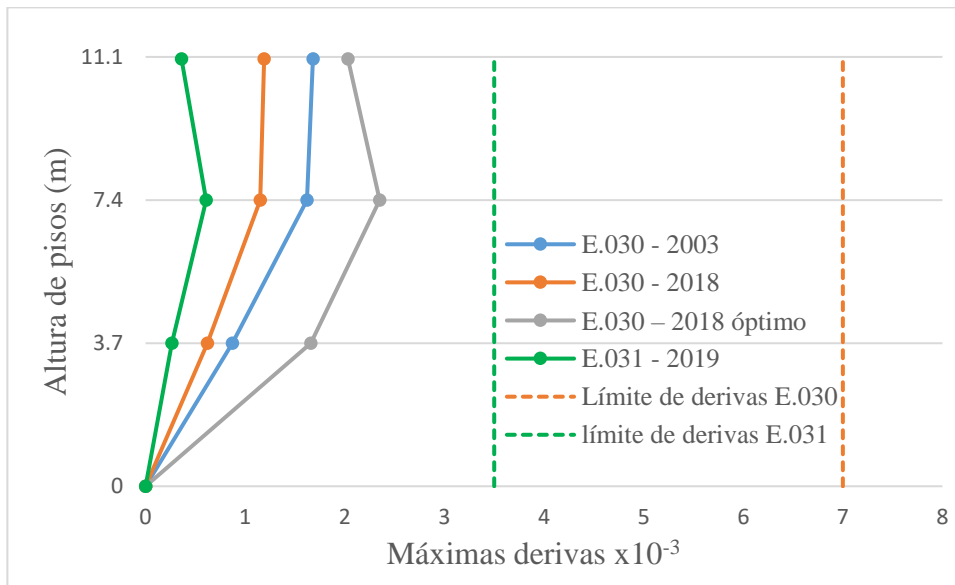
**Tabla 81**

*Máximas derivas dir. x-x, pabellón A.*

Nivel	E.030 - 2003	E.030 - 2018	E.030 – 2018 óptimo	E.031 - 2019
Azotea	$1.68 \times 10^{-3}$	$1.19 \times 10^{-3}$	$2.03 \times 10^{-3}$	$3.61 \times 10^{-4}$
2do nivel	$1.62 \times 10^{-3}$	$1.15 \times 10^{-3}$	$2.35 \times 10^{-3}$	$6.08 \times 10^{-4}$
1er nivel	$0.87 \times 10^{-3}$	$0.62 \times 10^{-3}$	$1.66 \times 10^{-3}$	$2.65 \times 10^{-4}$
Base	0.00	0.00	0.00	0.00

**Figura 61**

*Máximas derivas dir. x-x, pabellón A.*



En la Tabla 81 y la Figura 61, se verifica que en el pabellón A en la dirección de análisis x-x, las máximas derivas obtenidos en cada nivel o piso según la aplicación de las normas indicadas presentan el siguiente orden: El modelo optimizado evaluado con Norma E.030 2018 presenta las mayores derivas de piso seguido por el modelo original evaluado con Norma E.030 2003, seguido por el modelo original evaluado con Norma E.030 2018 y el modelo con aislación sísmica evaluado con Norma E.031 2019, es donde se generan las menores derivas de piso.

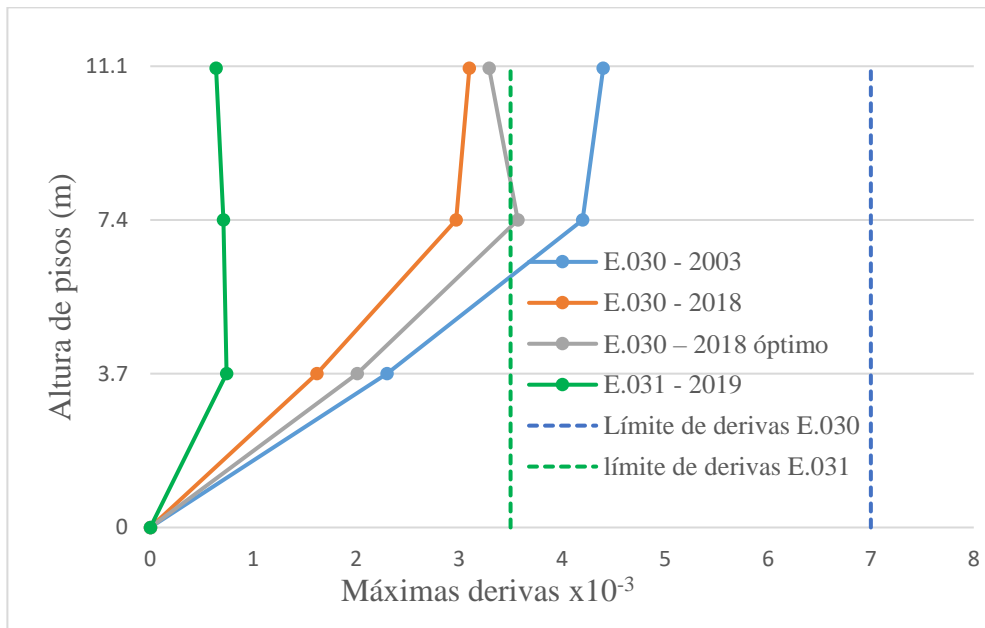
**Tabla 82**

*Máximas derivas dir. y-y, pabellón A.*

Nivel	E.030 - 2003	E.030 - 2018	E.030 - 2018 óptimo	E.031 - 2019
Azotea	4.40 x10 <sup>-3</sup>	3.10x10 <sup>-3</sup>	3.29x10 <sup>-3</sup>	6.38x10 <sup>-4</sup>
2do nivel	4.20 x10 <sup>-3</sup>	2.97x10 <sup>-3</sup>	3.57x10 <sup>-3</sup>	7.11x10 <sup>-4</sup>
1er nivel	2.30 x10 <sup>-3</sup>	1.62x10 <sup>-3</sup>	2.01x10 <sup>-3</sup>	7.41x10 <sup>-4</sup>
Base	0.00	0.00	0.00	0.00

**Figura 62**

*Máximas derivas dir. y-y, pabellón A.*



En la Tabla 82 y la Figura 62, se verifica que en el pabellón A en la dirección de análisis y-y, las máximas derivas obtenidos en cada nivel o piso según la aplicación de las normas indicadas presentan el siguiente orden: El modelo original evaluado con Norma E.030 2003 presenta las mayores derivas de piso seguido por el modelo optimizado evaluado con Norma E.030 2018, seguido por el modelo original evaluado con Norma E.030 2018 y el modelo con aislación sísmica evaluado con Norma E.031 2019, es donde se generan las menores derivas de piso.

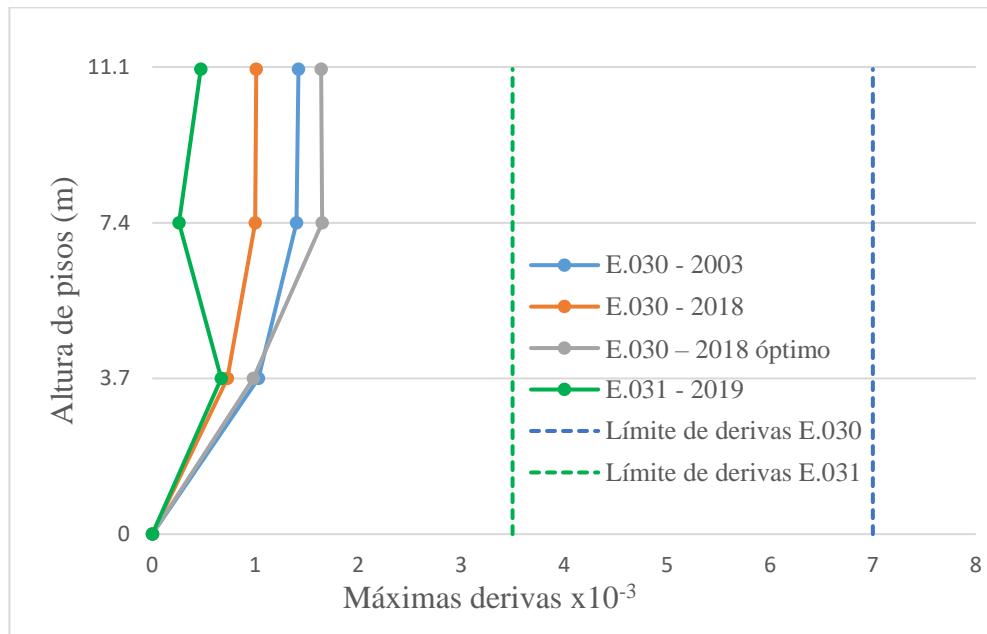
**Tabla 83**

*Máximas derivas dir. x-x, pabellón B.*

Nivel	E.030 - 2003	E.030 - 2018	E.030 - 2018 óptimo	E.031 - 2019
Azotea	$1.42 \times 10^{-3}$	$1.01 \times 10^{-3}$	$1.64 \times 10^{-3}$	$4.70 \times 10^{-4}$
2do nivel	$1.40 \times 10^{-3}$	$1.00 \times 10^{-3}$	$1.65 \times 10^{-3}$	$2.60 \times 10^{-4}$
1er nivel	$1.03 \times 10^{-3}$	$0.73 \times 10^{-3}$	$0.98 \times 10^{-3}$	$6.70 \times 10^{-4}$
Base	0.00	0.00	0.00	0.00

**Figura 63**

*Máximas derivas dir. x-x, pabellón B.*



En la Tabla 83 y la Figura 63, se verifica que en el pabellón B en la dirección de análisis x-x las máximas derivas obtenidos en cada nivel o piso según la aplicación de las normas indicadas presentan el siguiente orden: El modelo optimizado evaluado con Norma E.030 2018, presenta las mayores derivas de piso seguido por el modelo original evaluado con Norma E.030 2003, seguido por el modelo original evaluado con Norma E.030 2018 y el modelo con aislación sísmica evaluado con Norma E.031 2019, es donde se generan las menores derivas de piso.

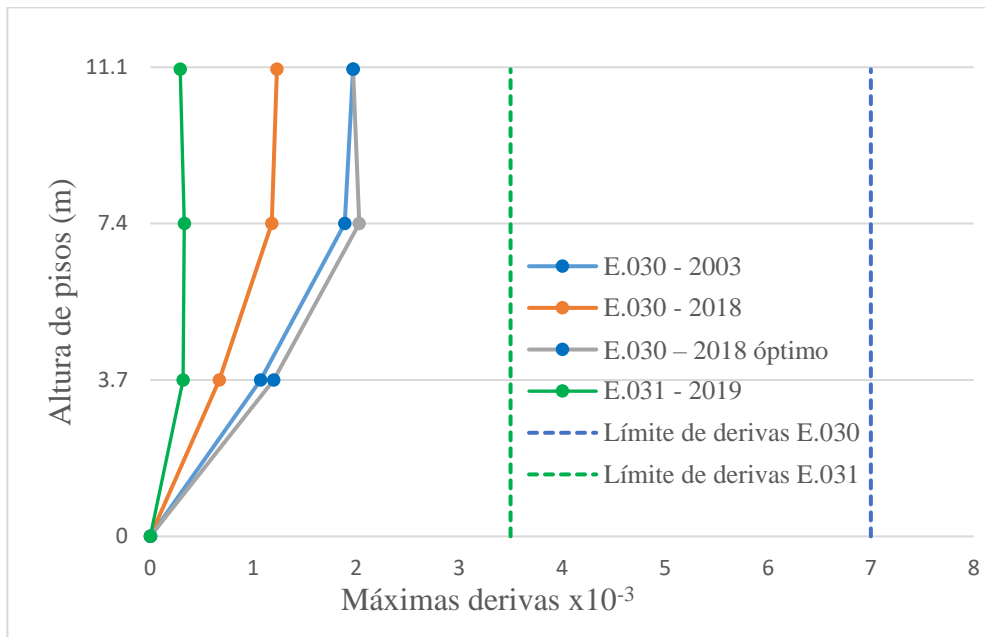
**Tabla 84**

*Máximas derivas dir. y-y, pabellón B.*

Nivel	E.030 - 2003	E.030 - 2018	E.030 - 2018 óptimo	E.031 - 2019
Azotea	$1.97 \times 10^{-3}$	$1.23 \times 10^{-3}$	$1.97 \times 10^{-3}$	$2.90 \times 10^{-4}$
2do nivel	$1.89 \times 10^{-3}$	$1.18 \times 10^{-3}$	$2.03 \times 10^{-3}$	$3.30 \times 10^{-4}$
1er nivel	$1.07 \times 10^{-3}$	$0.67 \times 10^{-3}$	$1.20 \times 10^{-3}$	$3.20 \times 10^{-4}$
Base	0.00	0.00	0.00	0.00

**Figura 64**

*Máximas derivas dir. y-y, pabellón B.*



En la Tabla 84 y la Figura 64, se verifica que en el pabellón B en la dirección de análisis y-y, las máximas derivas obtenidos en cada nivel o piso según la aplicación de las normas indicadas presentan el siguiente orden: El modelo optimizado evaluado con Norma E.030 2018, presenta las mayores derivas de piso seguido por el modelo original evaluado con Norma E.030 2003, seguido por el modelo original evaluado con Norma E.030 2018 y el modelo con aislación sísmica evaluado con Norma E.031 2019, es donde se generan las menores derivas de piso.

### Resultados estadísticos

Para el tratamiento estadístico de los datos obtenidos se ha seleccionado los valores de máximas derivas del último nivel o piso (Azotea) debido a que muestran una mejor representatividad de lo que sucede en los diferentes niveles, cuya distribución y variación de resultados obtenidos se reflejan en las Tabla 85, Tabla 86, Tabla 87 y Figura 66, Figura 67.

**Tabla 85**

*Medidas de dispersión de máximas derivas.*

		<b>Medidas de dispersión</b>			
		Derivas en el pabellón A		Derivas en el pabellón B	
		dir. x-x	dir. y-y	dir. x-x	dir. y-y
N	Válido	4.00	4.00	4.00	4.00
	Perdidos	0.00	0.00	0.00	0.00
Media		1.32	2.85	1.14	1.37
Mediana		1.44	3.20	1.22	1.60
Desv. estándar		0.72	1.59	0.51	0.80
Varianza		0.52	2.51	0.27	0.64
Rango		1.67	3.76	1.17	1.68
Mínimo		0.36	0.64	0.47	0.29
Máximo		2.03	4.40	1.64	1.97

**Nota:** Las desviaciones estándar son mayores en los resultados del pabellón A con respecto al pabellón B esto implica que las derivas obtenidas en el pabellón A presentan una mayor dispersión respecto al pabellón B.

### Tablas de frecuencias e histogramas

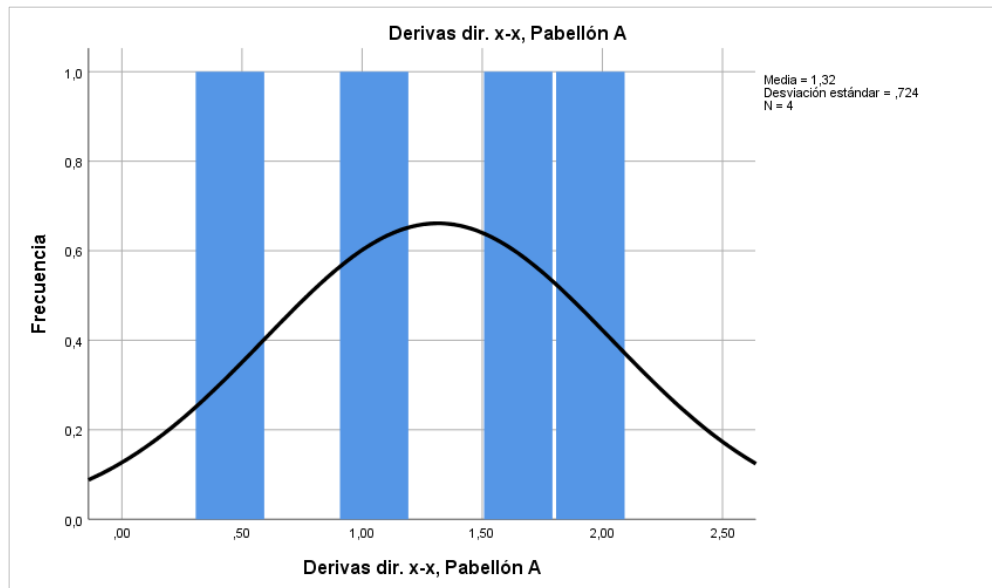
**Tabla 86**

*Frecuencia de máximas derivas dir. x-x, pab. A.*

<b>Máximas derivas dir. x-x, pabellón A</b>					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	0.36	1.00	25.0	25.0	25.0
	1.19	1.00	25.0	25.0	50.0
Válido	1.68	1.00	25.0	25.0	75.0
	2.03	1.00	25.0	25.0	100.0
	Total	4.00	100.0	100.0	

**Figura 65**

*Histograma de frecuencia de máximas derivas dir. x-x, pab. A.*



De la Tabla 86 y la Figura 65, se puede inferir que los datos procesados de las derivas en el último nivel del pabellón A en la dirección de análisis x-x, presentan igual frecuencia en el intervalo de 0.00 a 0.50 y 1.00 a 1.50 de la misma forma en el intervalo 1.00 a 1.50 y 1.50 a 2.00, esto significa que la variación de los modelos evaluados con Norma E.030 2018 y E.031 2019, respecto al modelo evaluado con Norma E.030 2003, disminuye o aumenta en intervalos diferentes.

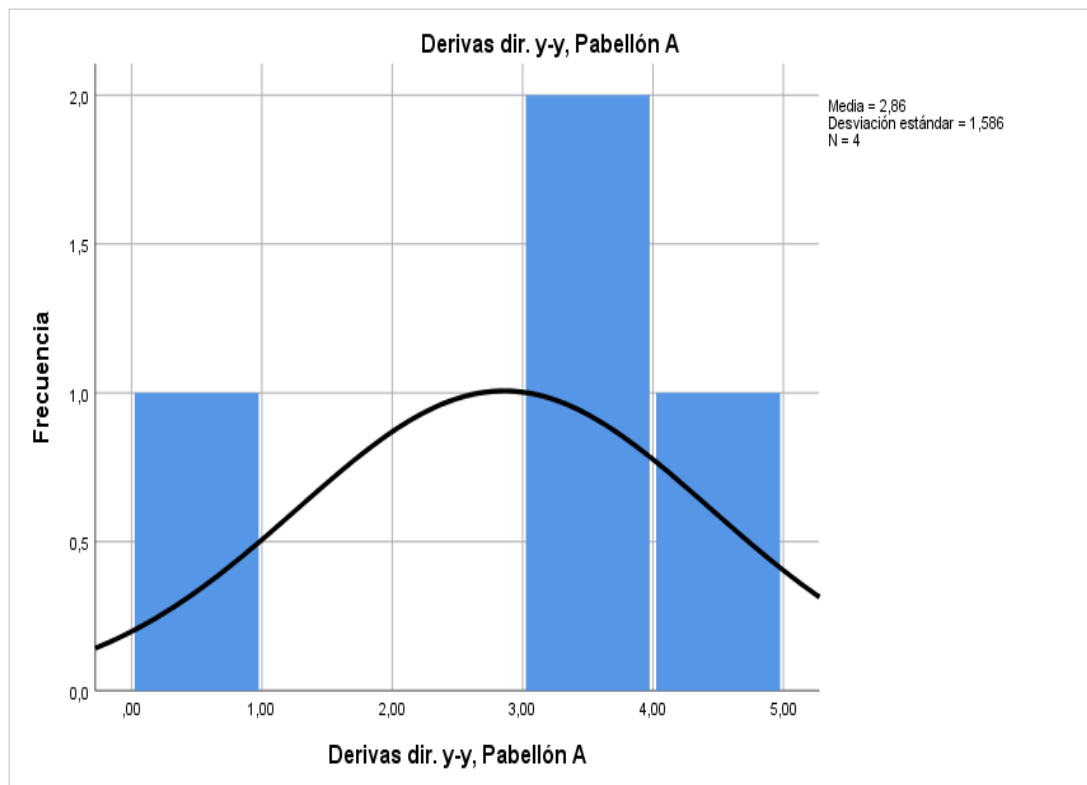
**Tabla 87**

*Frecuencia de máximas derivas dir. y-y, pab. A.*

<b>Máximas derivas dir. y-y, pabellón A</b>				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	0.64	1.00	25.0	25.0
	3.10	1.00	25.0	50.0
Válido	3.29	1.00	25.0	75.0
	4.40	1.00	25.0	100.0
Total	4.00	100.0	100.0	

**Figura 66**

*Histograma de frecuencia de máximas derivas dir. y-y, pab. A.*



De la Tabla 87 y la Figura 66, se puede inferir que los datos procesados de las derivas en el último nivel del pabellón A en la dirección de análisis y-y, presentan una mayor frecuencia en el intervalo de 3.00 a 4.00, en comparación a los intervalos 0.00 a 1.00 y 4.00 a 5.00, donde la frecuencia es de uno, esto significa que la variación del modelo optimizado evaluado con Norma E.030 2018 y el modelo original evaluado con Norma E.030 2018, varían similarmente respecto al modelo original evaluado con Norma E.030 2003, sin embargo, el modelo evaluado con Norma E.031 presenta una mayor variación lo cual se refleja en el incremento de la desviación estándar.



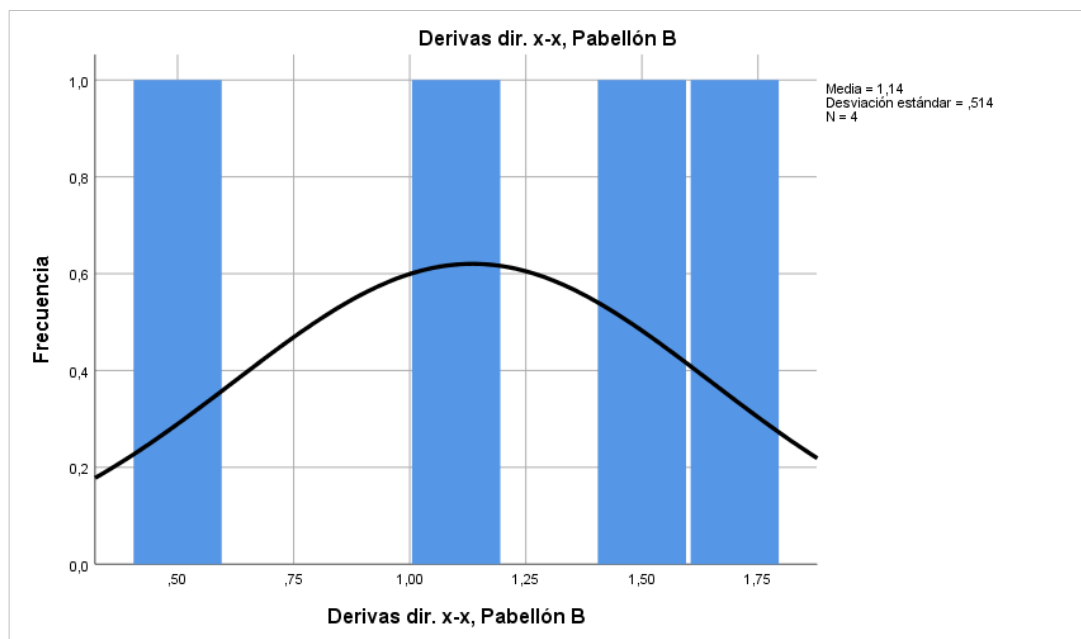
**Tabla 88**

*Frecuencia de máximas derivas dir. x-x, pab. B.*

<b>Máximas derivas dir. x-x, pabellón B</b>					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	0.47	1.00	25.0	25.0	25.0
	1.01	1.00	25.0	25.0	50.0
Válido	1.42	1.00	25.0	25.0	75.0
	1.64	1.00	25.0	25.0	100.0
Total		4.00	100.0	100.0	

**Figura 67**

*Histograma de frecuencia de máximas derivas dir. x-x, pab. B.*



De la Tabla 88 y la Figura 67, se puede inferir que los datos procesados de las derivas en el último nivel del pabellón B en la dirección de análisis x-x, presentan igual frecuencia los intervalos 0.25 a 0.50 y 1.00 a 1.25, de la misma forma en el intervalo 1.25 a 1.50 y 1.50 a 1.75, esto significa que la variación de los modelos evaluados con Norma E.030 2018 y E.031 2019, respecto al modelo original

evaluado con Norma E.030 2003, disminuye o aumenta en intervalos diferentes y en valores próximos por lo que indica la desviación estándar.

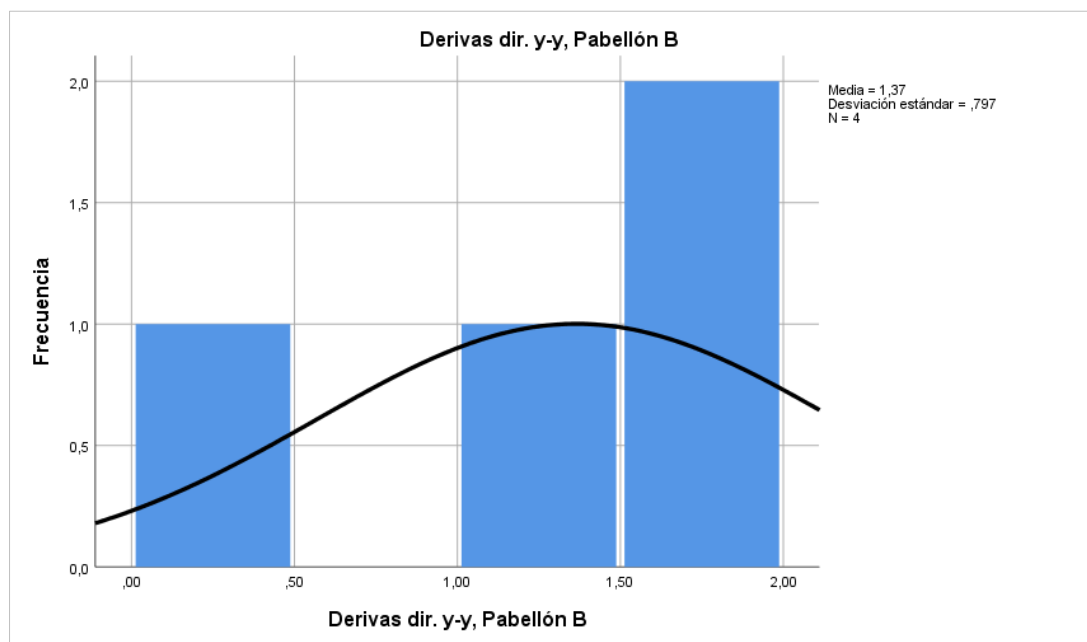
**Tabla 89**

*Frecuencia de máximas derivas dir. y-y, pab. B.*

<b>Máximas derivas máximas dir. y-y, pabellón B</b>					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	0.29	1.00	25.0	25.0	25.0
	1.23	1.00	50.0	50.0	75.0
	1.97	2.00	25.0	25.0	100.0
	Total	4.00	100.0	100.0	

**Figura 68**

*Histograma de frecuencia de máximas derivas dir. y-y, pab. B.*



De la Tabla 89 y la Figura 68, se puede inferir que los datos procesados de las derivas en el último nivel del pabellón B, en la dirección de análisis y-y, presentan una mayor frecuencia en el intervalo de 1.50 a 2.00, en comparación a los intervalos 0.00 a 0.50 y 1.00 a 1.50 donde la frecuencia es de uno, esto significa que la variación

del modelo optimizado evaluado con Norma E.030 2018, presenta una menor variación respecto al modelo original evaluado con Norma E.030 2003, no siendo así en los otros dos modelos que presentan una mayor variación, el cual se refleja en el incremento de la dispersión respecto a la dirección de análisis x-x.

### c. Fuerzas cortantes Obtenidos

En los siguientes cuadros se muestra los resultados obtenidos para cada caso de análisis con la norma correspondiente como se indican.

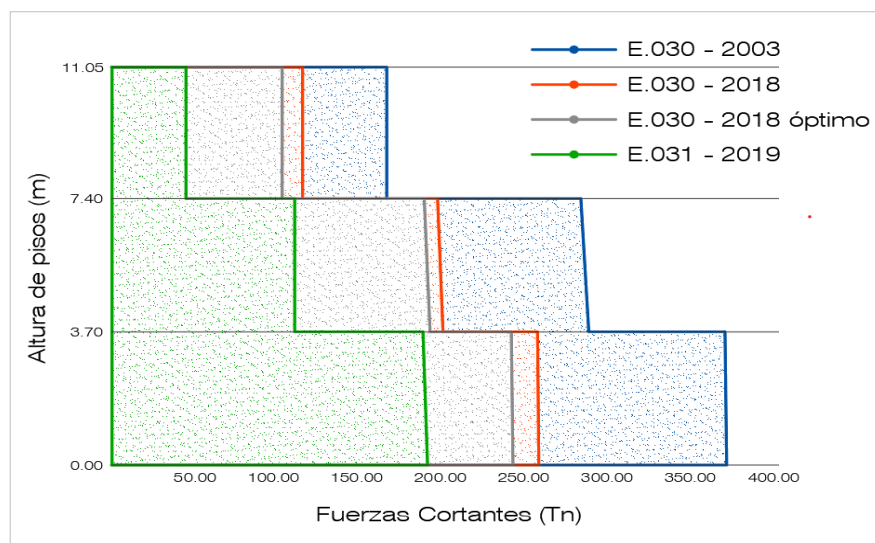
**Tabla 90**

*Fuerzas cortantes (kg) dir. x-x, pabellón A.*

Nivel	E.030 - 2003	E.030 - 2018	E.030 – 2018 óptimo	E.031 - 2019
Azotea	164,910.00	114,501.40	102,341.03	44,450.00
2do nivel	286,330.00	198,807.48	190,895.77	109,780.00
1er nivel	369,100.00	256,278.98	240,802.90	189,410.00
Base	0.00	0.00	0.00	273,030.00

**Figura 69**

*Fuerzas cortantes (Tn) dir. x-x, pabellón A.*



En la Tabla 90 y la Figura 69, se observa que en el pabellón A en la dirección de análisis x-x, las fuerzas cortantes que actúan en cada nivel o piso según la aplicación de las normas indicadas presentan el siguiente orden: En el modelo original evaluado con Norma E.030 2003, actúan las mayores fuerzas cortantes, seguido por el modelo original evaluado con Norma E.030 2018, seguido por el modelo optimizado evaluado con Norma E.030 2018, y el modelo con aislación sísmica evaluado con Norma E.031 2019 es donde actúan las menores fuerzas cortantes.

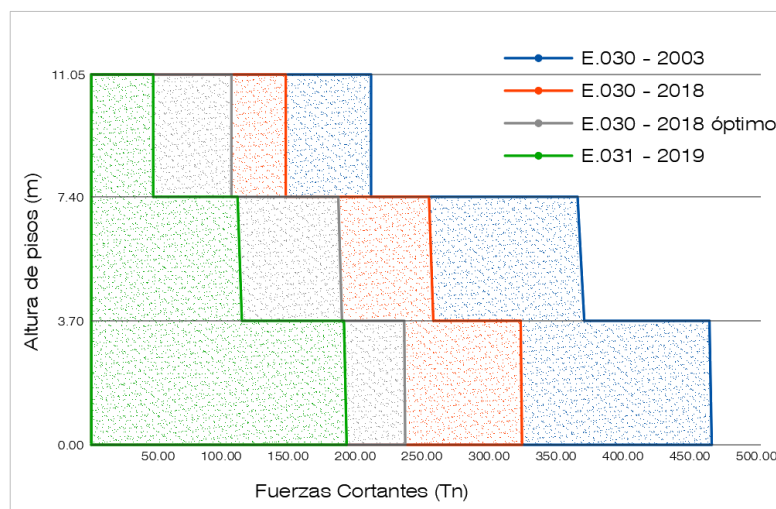
**Tabla 91**

*Fuerzas cortantes (kg) dir. y-y, pabellón A.*

Nivel	E.030 - 2003	E.030 - 2018	E.030 – 2018 óptimo	E.031 - 2019
Azotea	209,030.00	145,137.41	104,649.87	46,230.00
2do nivel	368,130.00	255,607.13	187,297.60	112,430.00
1er nivel	463,420.00	321,769.74	234,552.35	191,350.00
Base	0.00	0.00	0.00	273,210.00

**Figura 70**

*Fuerzas cortantes (Tn) dir. y-y, pabellón A.*



En la Tabla 91 y la Figura 70, se observa que en el pabellón A en la dirección de análisis y-y, las fuerzas cortantes que actúan en cada nivel o piso según la aplicación de las normas indicadas presentan el siguiente orden: En el modelo original evaluado con Norma E.030 2003, actúan las mayores fuerzas cortantes, seguido por el modelo original evaluado con Norma E.030 2018, seguido por el modelo optimizado evaluado con Norma E.030 2018, y el modelo con aislación sísmica evaluado con Norma E.031 2019, es donde actúan las menores fuerzas cortantes, sin embargo, los valores de las fuerzas cortantes son mayores en comparación con la dirección de análisis x-x.

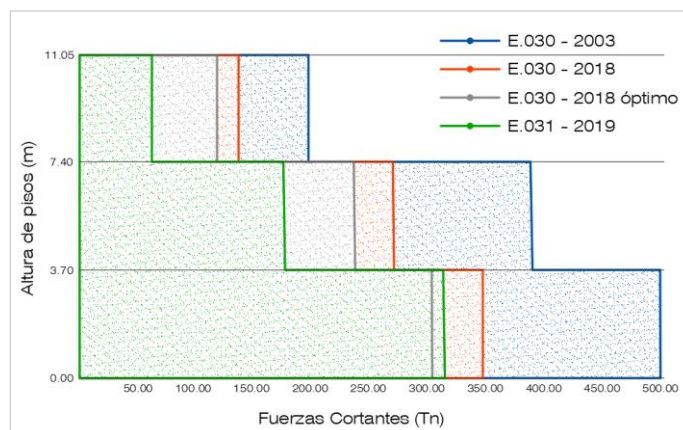
**Tabla 92**

*Fuerzas cortantes (kg) dir. x-x, pabellón B.*

Nivel	E.030 - 2003	E.030 - 2018	E.030 – 2018 óptimo	E.031 - 2019
Azotea	195,860.00	135,993.40	117,384.35	61,850.00
2do nivel	387,530.00	269,071.95	235,766.14	175,87.00
1er nivel	497,050.00	345,115.54	301,691.97	312,530.00
Base	0.00	0.00	0.00	490,250.00

**Figura 71**

*Fuerzas cortantes (Tn) dir. x-x, pabellón B.*



En la Tabla 92 y la Figura 71, se observa que en el pabellón B en la dirección de análisis x-x, las fuerzas cortantes que actúan en cada nivel o piso según la aplicación de las normas indicadas presentan el siguiente orden: En el modelo original evaluado con Norma E.030 2003, actúan las mayores fuerzas cortantes, seguido por el modelo original evaluado con Norma E.030 2018, seguido por el modelo optimizado evaluado con Norma E.030 2018, y el modelo con aislación sísmica evaluado con Norma E.031 2019, es donde actúan las menores fuerzas cortantes, sin embargo, en el primer nivel la fuerza cortante que actúan en el modelo con aislamiento sísmico es mayor que en el modelo optimizado.

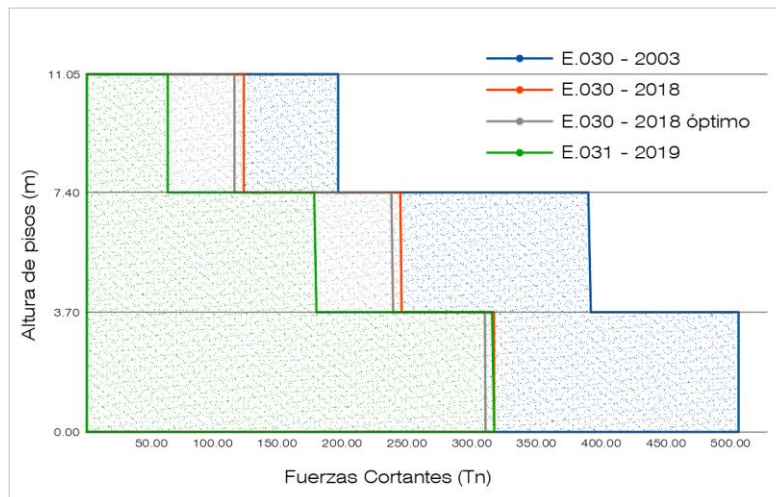
**Tabla 93**

*Fuerzas cortantes (kg) dir. y-y, pabellón B.*

Nivel	E.030 - 2003	E.030 - 2018	E.030 – 2018 óptimo	E.031 - 2019
Azotea	193,960.00	121,226.64	113,935.69	62,590.00
2do nivel	388,960.00	243,102.65	236,583.20	117,150.00
1er nivel	503,090.00	314,430.85	307,788.12	314,390.00
Base	0.00	0.00	0.00	492,100.00

**Figura 72**

*Fuerzas cortantes (Tn) dir. y-y, pabellón B.*



En la Tabla 93 y la Figura 72, se observa que en el pabellón B en la dirección de análisis y-y, las fuerzas cortantes que actúan en cada nivel o piso según la aplicación de las normas indicadas presentan el siguiente orden: En el modelo original evaluado con Norma E.030 2003, actúan las mayores fuerzas cortantes, seguido por el modelo original evaluado con Norma E.030 2018, seguido por el modelo optimizado evaluado con Norma E.030 2018, y el modelo con aislación sísmica evaluado con Norma E.031 2019, es donde actúan las menores fuerzas cortantes, sin embargo, los valores de fuerzas cortantes en los modelos evaluados con Norma E.030 2018 son muy cercanos.

### Resultados estadísticos

Para el tratamiento estadístico de los datos obtenidos se ha seleccionado los valores de fuerzas cortantes máximos actuantes en el primer nivel o piso debido a que representan a la cortante basal actuante en la edificación de los pabellones A y B, cuya distribución y variación de resultados obtenidos se reflejan en la Tabla 94, Tabla 95, Tabla 96 y Figura 74, Figura 75.

**Tabla 94**

*Medidas de dispersión de fuerzas cortantes máximas.*

<b>Medidas de dispersión</b>					
		Fuerza cortante en el pabellón A		Fuerza cortante en el pabellón B	
		dir. x-x	dir. y-y	dir. x-x	dir. y-y
N	Válido	4.00	4.00	4.00	4.00
	Perdidos	0.00	0.00	0.00	0.00
Media		263,897.97	302,773.02	364,096.88	359,924.74
Mediana		248,540.94	278,161.04	328,822.77	314,410.43
Desv. estándar		75,734.96	120,052.04	90,536.07	95,494.55



<b>Medidas de dispersión</b>				
	Fuerza cortante en el pabellón A		Fuerza cortante en el pabellón B	
	dir. x-x	dir. y-y	dir. x-x	dir. y-y
Varianza	$0.57 \times 10^{10}$	$1.44 \times 10^{10}$	$0.82 \times 10^{10}$	$0.91 \times 10^{10}$
Rango	179,690.00	272,070.00	195,358.03	195,301.88
Mínimo	189,410.00	191,350.00	301,691.97	307,788.12
Máximo	369,100.00	463,420.00	497,050.00	503,090.00

**Nota:** La desviación estándar de los datos evaluados del pabellón A en la dirección de análisis x-x, es mucho menor que en la dirección de análisis y-y, lo que indica que existe mayor dispersión de datos en una con respecto a la otra, sin embargo, las desviaciones estándar del pabellón B son similares lo que indica menor variación de los datos evaluados.

### Tablas e histogramas de frecuencias

#### Tabla 95

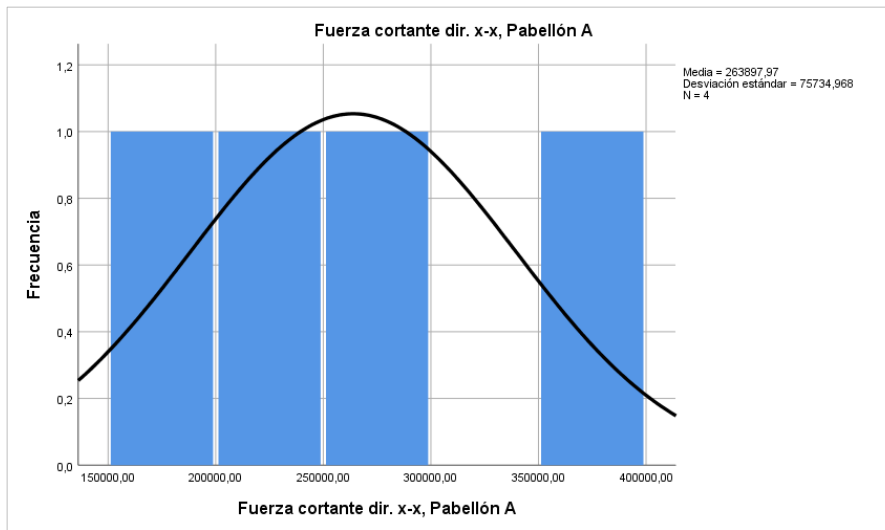
*Frecuencia de fuerzas cortantes máximos dir. x-x, pab. A.*

<b>Fuerza cortante dir. x-x, pabellón A</b>					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	189,410.00	1.00	25.0	25.0	25.0
	240,802.90	1.00	25.0	25.0	50.0
Válido	256,278.98	1.00	25.0	25.0	75.0
	369,100.00	1.00	25.0	25.0	100.0
	Total	4.00	100.0	100.0	



**Figura 73**

*Histograma de frecuencia de fuerzas cortantes máximos dir. x-x, pab. A.*



De la Tabla 95 y la Figura 73, se puede inferir que los datos procesados de las fuerzas cortantes que actúan en el primer nivel del pabellón A en la dirección de análisis x-x, presentan igual frecuencia en el intervalo de  $150.00 \times 10^3$  a  $200.00 \times 10^3$  y  $200.00 \times 10^3$  a  $250.00 \times 10^3$  de la misma forma en el intervalo  $250.00 \times 10^3$  a  $300.00 \times 10^3$  y  $350.00 \times 10^3$  a  $400.00 \times 10^3$ , esto significa que la variación de los modelos evaluados con Norma E.030 2018 y E.031 2019, respecto al modelo evaluado con Norma E.030 2003, disminuyen en intervalos diferentes.

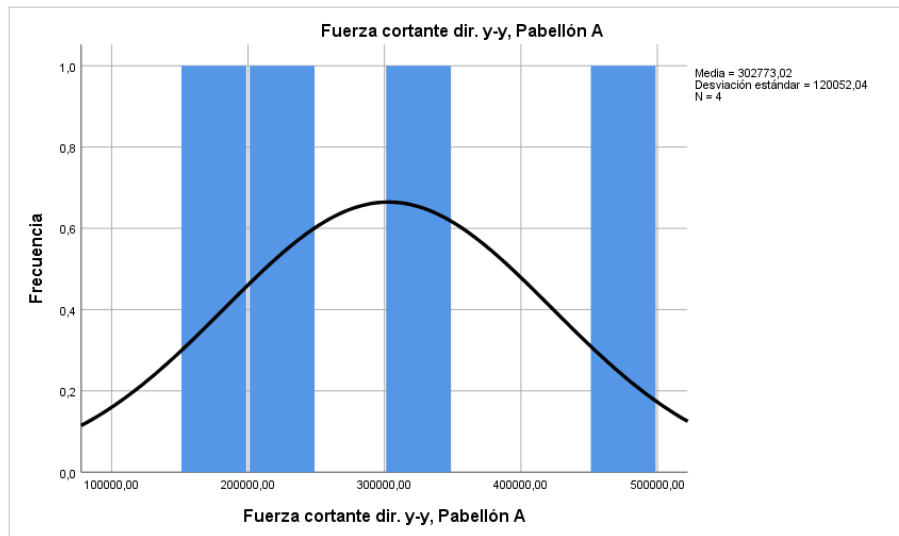
**Tabla 96**

*Frecuencia de fuerzas cortantes máximos dir. y-y, pab. A.*

<b>Fuerza cortante dir. y-y, pabellón A</b>				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	191,350.00	1	25.0	25.0
	234,552.35	1	25.0	50.0
Válido	321,769.74	1	25.0	75.0
	463,420.00	1	25.0	100.0
	Total	4	100.0	100.0

**Figura 74**

*Histograma de frecuencia de fuerzas cortantes máximos dir. y-y, pab. A.*



De la Tabla 96 y la Figura 74, se puede inferir que los datos procesados de las fuerzas cortantes que actúan en el primer nivel del pabellón A en la dirección de análisis y-y, presentan igual frecuencia en el intervalo de  $100.00 \times 10^3$  a  $200.00 \times 10^3$  y  $200.00 \times 10^3$  a  $300.00 \times 10^3$  de la misma forma en el intervalo  $300.00 \times 10^3$  a  $400.00 \times 10^3$  y  $400.00 \times 10^3$  a  $500.00 \times 10^3$ , esto significa que la variación de los modelos evaluados con Norma E.030 2018 y E.031 2019, respecto al modelo evaluado con Norma E.030 2003, disminuyen en intervalos diferentes y con una mayor dispersión respecto a la dirección de análisis x-x.

**Tabla 97**

*Frecuencia de fuerzas cortantes máximas dir. x-x, pab. B.*

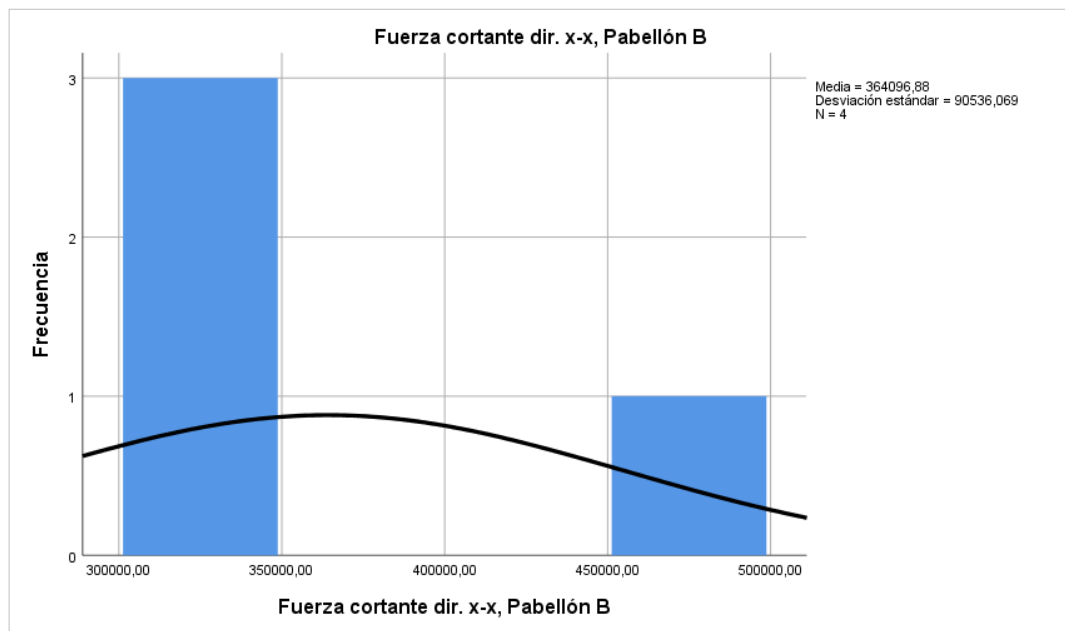
<b>Fuerza cortante dir. x-x, pabellón B</b>					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	301,691.97	1	25.0	25.0	25.0
Válido	312,530.00	1	25.0	25.0	50.0
	345,115.54	1	25.0	25.0	75.0

**Fuerza cortante dir. x-x, pabellón B**

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
497,050.00	1	25.0	25.0	100.0
Total	4	100.0	100.0	

**Figura 75**

*Histograma de frecuencia de fuerzas cortantes máximos dir. x-x, pab. B.*



De la Tabla 97 y la Figura 75, se puede inferir que los datos procesados de las fuerzas cortantes que actúan en el primer nivel del pabellón B en la dirección de análisis x-x, presentan una mayor frecuencia en el intervalo de  $300.00 \times 10^3$  a  $350.00 \times 10^3$  en comparación al intervalo de  $450.00 \times 10^3$  a  $500.00 \times 10^3$  que presenta una frecuencia de uno, esto significa que la variación de los modelos evaluados con Norma E.030 2018 y E.031 2019, respecto al modelo evaluado con Norma E.030 2003 disminuyen de manera similar.

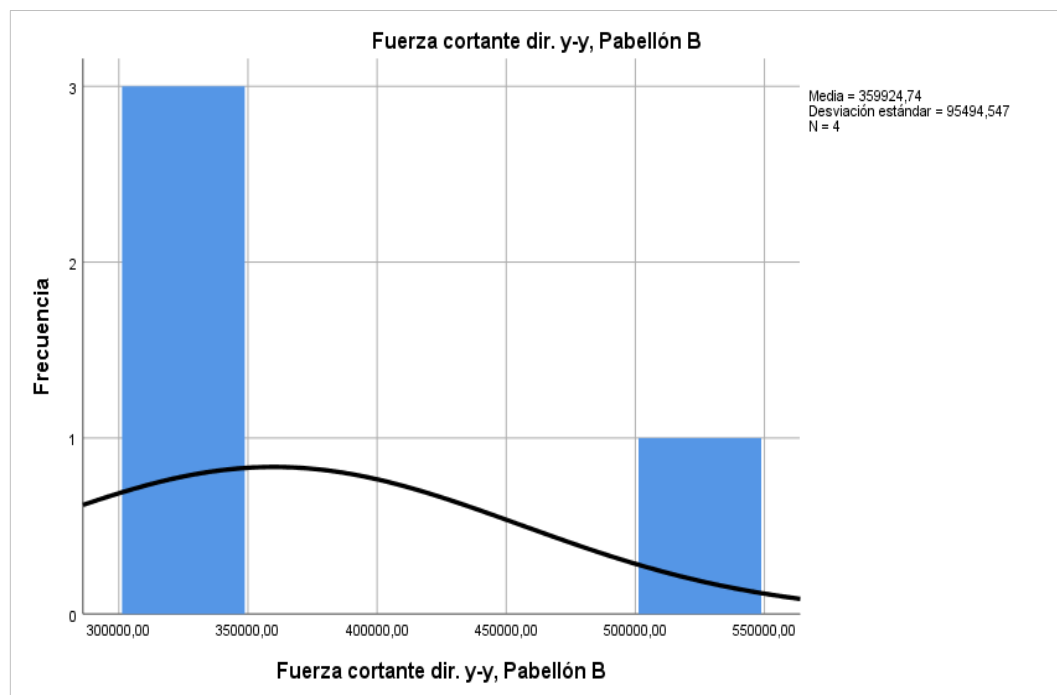
**Tabla 98**

*Frecuencia de fuerzas cortantes máximas dir. y-y, pab. B.*

<b>Fuerza cortante dir. y-y, pabellón B</b>					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	307,788.12	1	25.0	25.0	25.0
	314,390.00	1	25.0	25.0	50.0
Válido	314,430.85	1	25.0	25.0	75.0
	503,090.00	1	25.0	25.0	100.0
	Total	4	100.0	100.0	

**Figura 76**

*Histograma de frecuencia de fuerzas cortantes máximos dir. y-y, pab. B.*



De la Tabla 98 y la Figura 76, se puede inferir que los datos procesados de las fuerzas cortantes que actúan en el primer nivel del pabellón B en la dirección de análisis y-y, presentan una mayor frecuencia en el intervalo de  $300.00 \times 10^3$  a  $350.00 \times 10^3$  en comparación al intervalo de  $500.00 \times 10^3$  a  $550.00 \times 10^3$  que presenta una frecuencia de uno, esto significa que la variación de los modelos evaluados con

Norma E.030 2018 y E.031 2019, respecto al modelo evaluado con Norma E.030 2003, disminuyen de manera similar.

## 4.2 Discusión

### 4.2.1 Contrastación de hipótesis

$H_0$  = Al Evaluar el comportamiento sísmico del Hospital San Juan de Dios de Ayaviri de acuerdo a normas E.030 2003 y E.030 2018, no presentará variaciones significativas en su respuesta estructural con el consecuente peligro de daños físicos sobre los elementos estructurales y no estructurales.

$H_1$  = Al Evaluar el comportamiento sísmico del Hospital San Juan de Dios de Ayaviri de acuerdo a normas E.030 2003 y E.030 2018, presentará variaciones significativas en su respuesta estructural con el consecuente peligro de daños físicos sobre los elementos estructurales y no estructurales.

#### 4.2.1.1 En función al parámetro de desplazamiento

##### Pabellón A

##### Tabla 99

*Estadísticas para una muestra de desplazamientos máx. dir. x-x, pab. A.*

	N	Media	Desv. estándar	Desv. Error promedio
Desplazamientos máximos dir. x-x, pabellón A	3	3.09	1.73	0.998

**Tabla 100**

*Prueba para una muestra de desplazamientos máx. dir. x-x, pab. A.*

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
					Valor de prueba = 1.70	
Desplazamientos máximos dir. x-x, pabellón A	1.39	2	0.298	1.390	-2.906	5.686

Si: El nivel de significancia ( $\alpha > 5\%$  (0.05) entonces no se rechaza  $H_0$ , o se acepta  $H_0$

Si: El nivel de significación ( $\alpha \leq 5\%$  (0.05) entonces se rechaza  $H_0$ , o no se acepta  $H_0$

De la Tabla 99 y Tabla 100 se infiere que el nivel de significancia es mayor que 5% por tanto se acepta la  $H_0$  y se Rechaza  $H_1$

**Tabla 101**

*Estadísticas para una muestra de desplazamientos máx. dir. y-y, pab. A.*

	N	Media	Desv. estándar	Desv. Error promedio
Desplazamientos máximos dir. y-y, pabellón A	3	6.443	1.088	0.628

**Tabla 102**

*Prueba para una muestra de desplazamientos máx. dir. y-y, pab. A.*

Valor de prueba = 8.36						
					95% de intervalo	
	t	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Desplazamientos máximos dir. y-y, pabellón A	-3.050	2	0.093	-1.917	-4.620	0.787

Si: El nivel de significancia ( $\alpha > 5\%$  (0.05) entonces no se rechaza  $H_0$ , o se acepta  $H_0$

Si: El nivel de significación ( $\alpha \leq 5\%$  (0.05) entonces se rechaza  $H_0$ , o no se acepta  $H_0$

De la Tabla 101 y Tabla 102 se infiere que el nivel de significancia es mayor que 5% por tanto se acepta la  $H_0$  y se Rechaza  $H_1$

**Pabellón B****Tabla 103**

*Estadísticas para una muestra de desplazamientos máx. dir. x-x, pab. B.*

	N	Media	Desv. estándar	Desv. Error promedio
Desplazamientos máximos dir. x-x, pabellón B	3	2.277	0.945	0.546

**Tabla 104***Prueba para una muestra de desplazamientos máx. dir. x-x, pab. B.*

Valor de prueba = 1.91						
t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia		
				Inferior	Superior	
Desplazamientos máximos dir. x-x, pabellón B						
0.672	2	0.571	0.367	-1.981	2.715	

Si: El nivel de significancia ( $\alpha$ ) > 5% (0.05) entonces no se rechaza  $H_0$ , o se acepta  $H_0$

Si: El nivel de significación ( $\alpha$ )  $\leq$  5% (0.05) entonces se rechaza  $H_0$ , o no se acepta  $H_0$

De la Tabla 103 y Tabla 104 se infiere que el nivel de significancia es mayor que 5% por tanto se acepta la  $H_0$  y se Rechaza  $H_1$

**Tabla 105***Estadísticas para una muestra de desplazamientos máx. dir. y-y, pab. B.*

	N	Media	Desv. Estándar	Desv. Error promedio
Desplazamientos máximos dir. y-y, pabellón B				
	3	2.703	0.898	0.519



**Tabla 106**

*Prueba para una muestra de desplazamientos máx. dir. y-y, pab. B.*

Valor de prueba = 2.78						
t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia		
				Inferior	Superior	
Desplazamientos						
máximos dir. y-y, pabellón B	-0.148	2	0.896	-0.077	-2.308	2.154

Si: El nivel de significancia ( $\alpha > 5\%$  (0.05) entonces no se rechaza  $H_0$ , o se acepta  $H_0$

Si: El nivel de significación ( $\alpha \leq 5\%$  (0.05) entonces se rechaza  $H_0$ , o no se acepta  $H_0$

De la Tabla 105 y Tabla 106 se infiere que el nivel de significancia es mayor que 5% por tanto se acepta la  $H_0$  y se Rechaza  $H_1$

#### 4.2.1.2 En función al parámetro de derivas

##### Pabellón A

**Tabla 107**

*Estadísticas para una muestra de máx. derivas dir. x-x, pab. A.*

	N	Media	Desv. estándar	Desv. Error promedio
Máximas derivas dir. x-x, pabellón A	3	1.194	0.835	0.482

**Tabla 108**

*Prueba para una muestra de máx. derivas dir. x-x, pab. A.*

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Valor de prueba = 1.68	
					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Máximas derivas dir. x-x, pabellón A	-1.009	2	0.419	-0.486	-2.559	1.587

Si: El nivel de significancia ( $\alpha$ ) > 5% (0.05) entonces no se rechaza  $H_0$ , o se acepta  $H_0$

Si: El nivel de significación ( $\alpha$ )  $\leq$  5% (0.05) entonces se rechaza  $H_0$ , o no se acepta  $H_0$

De la Tabla 107 y Tabla 108 se infiere que el nivel de significancia es mayor que 5% por tanto se acepta la  $H_0$  y se Rechaza  $H_1$

**Tabla 109**

*Estadísticas para una muestra de máx. derivas dir. y-y, pab. A.*

	N	Media	Desv. estándar	Desv. Error promedio
Máximas derivas dir. y-y, pabellón A	3	2.343	1.479	0.854

**Tabla 110**

*Prueba para una muestra de máx. derivas dir. y-y, pab. A.*

Valor de prueba = 4.40						
t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia		
				Inferior	Superior	
Máximas derivas						
dir. y-y, pabellón A	-0.409	2	0.138	-2.057	-5.732	1.618

Si: El nivel de significancia ( $\alpha$ ) > 5% (0.05) entonces no se rechaza  $H_0$ ,  
o se acepta  $H_0$

Si: El nivel de significación ( $\alpha$ )  $\leq$  5% (0.05) entonces se rechaza  $H_0$ , o no  
se acepta  $H_0$

De la Tabla 109 y Tabla 110 se infiere que el nivel de significancia es  
mayor que 5% por tanto se acepta la  $H_0$  y se Rechaza  $H_1$

**Pabellón B****Tabla 111**

*Estadísticas para una muestra de máx. derivas dir. x-x, pab. B.*

	N	Media	Desv. estándar	Desv. Error promedio
Máximas derivas dir. x-x, pabellón B	3	1.040	0.586	0.338

**Tabla 112***Prueba para una muestra de máx. derivas dir. x-x, pab. B.*

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
					Valor de prueba = 1.42	
Máximas derivas dir. x-x, pabellón B	-1.124	2	0.378	-0.380	-1.835	1.075

Si: El nivel de significancia ( $\alpha$ ) > 5% (0.05) entonces no se rechaza  $H_0$ , o se acepta  $H_0$

Si: El nivel de significación ( $\alpha$ )  $\leq$  5% (0.05) entonces se rechaza  $H_0$ , o no se acepta  $H_0$

De la Tabla 111 y Tabla 112 se infiere que el nivel de significancia es mayor que 5% por tanto se acepta la  $H_0$  y se Rechaza  $H_1$

**Tabla 113***Estadísticas para una muestra de máx. derivas dir. y-y, pab. B.*

	N	Media	Desv. estándar	Desv. Error promedio
Máximas derivas dir. y-y, pabellón B	3	1.163	0.842	0.486

**Tabla 114**

*Prueba para una muestra de máx. derivas dir. y-y, pab. B.*

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
					Valor de prueba = 1.97	
Máximas derivas dir. y-y, pabellón B	-1.659	2	0.239	-0.807	-2.898	1.285

Si: El nivel de significancia ( $\alpha > 5\%$  (0.05) entonces no se rechaza  $H_0$ , o se acepta  $H_0$

Si: El nivel de significación ( $\alpha \leq 5\%$  (0.05) entonces se rechaza  $H_0$ , o no se acepta  $H_0$

De la Tabla 113 y Tabla 114 se infiere que el nivel de significancia es mayor que 5% por tanto se acepta la  $H_0$  y se Rechaza  $H_1$

#### 4.2.1.3 En función al parámetro de fuerza cortante

##### Pabellón A

**Tabla 115**

*Estadísticas para una muestra de fuerza cortante max. dir. x-x, pab. A.*

	N	Media	Desv. estándar	Desv. Error promedio
Fuerza cortante dir. x-x, pabellón A	3	228,830.63	35,005.24	20,210.28

**Tabla 116**

*Prueba para una muestra de fuerza cortante max. dir. x-x, pab. A.*

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Valor de prueba = 369,100.00	
					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Fuerza cortante dir. x-x, pabellón A	-6.94	2	0.02	-140,269.37	-227,227.20	-53,311.54

Si: El nivel de significancia ( $\alpha$ ) > 5% (0.05) entonces no se rechaza  $H_0$ , o se acepta  $H_0$

Si: El nivel de significación ( $\alpha$ )  $\leq$  5% (0.05) entonces se rechaza  $H_0$ , o no se acepta  $H_0$

De la Tabla 115 y Tabla 116 se infiere que el nivel de significancia es menor que 5% por tanto se rechaza la  $H_0$  y se acepta  $H_1$

**Tabla 117**

*Estadísticas para una muestra de fuerza cortante max. dir. y-y, pab. A.*

	N	Media	Desv. estándar	Desv. Error promedio
Fuerza cortante dir. y-y, pabellón A	3	249,224.03	66,436.22	38,356.97

**Tabla 118**

*Prueba para una muestra de fuerza cortante max. dir. y-y, pab. A.*

Valor de prueba = 463,420.00						
t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia		
				Inferior	Superior	
Fuerza cortante dir. y-y, pabellón A	-5.584	2	0.03	-214,195.97	-379,232.67	-49,159.26

Si: El nivel de significancia ( $\alpha$ ) > 5% (0.05) entonces no se rechaza  $H_0$ , o se acepta  $H_0$

Si: El nivel de significación ( $\alpha$ )  $\leq$  5% (0.05) entonces se rechaza  $H_0$ , o no se acepta  $H_0$

De la Tabla 117 y Tabla 118 se infiere que el nivel de significancia es menor que 5% por tanto se rechaza la  $H_0$  y se acepta  $H_1$

**Pabellón B**

**Tabla 119**

*Estadísticas para una muestra de fuerza cortante max. dir. x-x, pab. B.*

	N	Media	Desv. estándar	Desv. Error promedio
Fuerza cortante dir. x-x, Pabellón B	3	319,779.17	22,601.20	13,048.81

**Tabla 120**

*Prueba para una muestra de fuerza cortante max. dir. x-x, pab. B.*

Valor de prueba = 497,050.00						
t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia		
				Inferior	Superior	
Fuerza cortante dir. x-x, pabellón B						
-13.585	2	0.005	-177,270.83	-233,415.33	-121,126.32	

Si: El nivel de significancia ( $\alpha$ ) > 5% (0.05) entonces no se rechaza  $H_0$ , o se acepta  $H_0$

Si: El nivel de significación ( $\alpha$ )  $\leq$  5% (0.05) entonces se rechaza  $H_0$ , o no se acepta  $H_0$

De la Tabla 119 y Tabla 120 se infiere que el nivel de significancia es menor que 5% por tanto se rechaza la  $H_0$  y se acepta  $H_1$

**Tabla 121**

*Estadísticas para una muestra de fuerza cortante max. dir. y-y, pab. B.*

	N	Media	Desv. estándar	Desv. Error promedio
Fuerza cortante dir. y-y, Pabellón B				
	3	312,202.99	3,823.44	2,207.47



**Tabla 122**

*Prueba para una muestra de fuerza cortante max. dir. y-y, pab. B.*

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Fuerza cortante dir. y-y, pabellón B	-86,473	2	0.00	-190,887.01	-200,384.97 -181,389.04	

Si: El nivel de significancia ( $\alpha$ ) > 5% (0.05) entonces no se rechaza  $H_0$ , o se acepta  $H_0$

Si: El nivel de significación ( $\alpha$ )  $\leq$  5% (0.05) entonces se rechaza  $H_0$ , o no se acepta  $H_0$

De la Tabla 121 y Tabla 122 se infiere que el nivel de significancia es menor que 5% por tanto se rechaza la  $H_0$  y se acepta  $H_1$

#### 4.2.2 Contraste de resultados con otras investigaciones

De las investigaciones similares citadas en los antecedentes, se realiza la contrastación respectiva a fin de evidenciar los logros de la investigación.

Rizabal (2018), en su investigación concluyó que la edificación del Sector A evaluado con Norma E.030 2016, respecto a la norma predecesora obtuvo una variación porcentual máxima de -21.00% en los valores de la cortante, lo cual se confirma con los resultados obtenidos en la presente investigación puesto que los modelos evaluados con Normas E.030 2018, presentan una disminución respecto al modelo evaluado, sin



embargo también indica que para la edificación del Sector B obtuvo un incremento porcentual de la fuerza cortante en un máximo de 17.00%.

Por otra parte, Rizabal (2018) en su investigación concluyó que al evaluar la edificación del Sector A con Norma E.030 2016 los valores de la deriva de piso disminuyeron en ambas direcciones de análisis en comparación con la norma predecesora, sin embargo en la edificación del Sector B, obtuvo incrementos en los valores de la deriva contrariamente al Sector A, en la presente investigación los modelos de los Pabellones A y B evaluados con Norma E.030 2018, presentaron una disminución en los valores de las derivas de piso para ambas direcciones de análisis, con lo cual se confirma lo concluido por Rizabal (2018) en el Sector A, mas no lo obtenido en el Sector B.

Asimismo, Rizabal (2018) determina que para el Sector A de su investigación al evaluar con Norma E.030 2016, respecto a su predecesora este no tendrá incidencia por presentar valores menores en fuerzas cortantes y derivas, lo cual es afirmado en la presente investigación puesto que al realizar la prueba de hipótesis a los valores de las derivas este determina que respecto a la Norma E.030 2003, la variación se considera mínima por lo que se admite la hipótesis nula  $H_0$ . Y por otra parte respecto a la contrastación de la hipótesis mediante la fuerza cortante determina que la variación es considerable por lo que se admite la hipótesis alterna  $H_1$ , sin embargo, esta variación implica disminución de las fuerzas cortantes por lo que las edificaciones existentes del pabellón A y B no están expuestas a presentar daños estructural y mucho menos colapso ante un eventual sismo.

Leon y Gutierrez (2018) en su investigación concluyen que la edificación de siete pisos evaluada con Norma E.030 2016, en comparación con la evaluación bajo Norma E.030 2003 las fuerzas cortantes que actúan en elementos resistentes placas y columnas



presentan un incremento de entre 10.00% a 20.00%, lo cual es contradictorio a lo obtenido en la presente tesis de investigación, sin embargo es necesario mencionar que la edificación evaluada de siete pisos por Leon y Gutierrez (2018) corresponden a la zona sísmica cuatro y el Hospital San Juan de Dios de Ayaviri pertenece a la zona dos ambos en la norma E.030 2018.

Quispe y Terry (2017), en su investigación realizan un análisis comparativo del diseño sismorresistente de una edificación de siete pisos ubicado en la ciudad de Lima, llegando a la siguiente conclusión respecto a las fuerzas cortante de la base: Al evaluar la edificación de siete pisos con Norma E.030 2003 se obtiene una fuerza cortante de 555.00 Tn, y al evaluar con Norma E.030 2016, se obtiene una fuerza cortante en la base de 468.00 Tn para la zona sísmica cuatro y 384.00 Tn para la zona sísmica tres, de donde se puede inferir que para ambas zonas sísmicas se presenta una disminución en la fuerza cortante basal, lo cual se confirma con la presente investigación puesto que al evaluar los pabellones A y B del hospital con Norma E.030 2018 y Norma E.031 2019 presentan una disminución en el valor de la fuerza cortante.

Calahulle (2019), en su investigación analiza y compara la Norma E.030 2006 y 2016 en un edificio de hotelería en la ciudad de Tacna, donde obtiene derivas de piso mayores con Norma E.030 2016, en comparación con la Norma E.030 2006, en un porcentaje de 32.00%, lo cual es inverso a lo obtenido en la presente investigación debido que los valores de derivas obtenidos en los Pabellones A y B del hospital y en ambas direcciones de análisis son menores con Norma E.030 2018, en comparación a los obtenidos con la versión del 2003, esto puede ser ocasionado por el cambio de la zona sísmica y del factor Z. Por otra parte, respecto a la fuerza cortante obtiene una reducción del valor en un 17.96%, el cual es concordante en cuanto a la disminución de las fuerzas cortantes obtenidos en la presente investigación.



Lezama (2017), en su investigación compara las derivas sísmicas según Normas E.030 2003 y 2016, en una edificación que consta de tres bloques independientes en la ciudad de Lima, donde obtuvo que la diferencia porcentual entre el promedio de derivas calculadas según Norma E.030 2003 y la deriva máxima indicada (0.007) en la dirección de análisis x-x es 41.43% y en la dirección de análisis y-y es 60.79%, de la misma forma la diferencia porcentual entre el promedio de derivas calculadas según Norma E.030 2016 y la deriva máxima indicada (0.007) en la dirección de análisis x-x es 48.02% y en la dirección de análisis y-y es 66.19%, por lo tanto, las derivas obtenidas con Norma E.030 2016, son menores a las obtenidas con la Norma E.030 2003, Esta afirmación es coherente con lo alcanzado en la presente investigación debido a que los Pabellones A y B evaluados con Norma E.030 2018, presentan menores derivas a comparación de la evaluación con Norma E.030 2003.

Olivos (2020), respecto a la protección sísmica de edificaciones hospitalarias peruanas indica que los resultados obtenidos en fuerzas cortantes disminuyen en un 30.00% a 40.00% respecto a un sistema convencional, lo cual se confirma en la presente investigación con los resultados obtenidos en los modelos de los Pabellones A y B del hospital San Juan de Dios de Ayaviri, que para ambas direcciones de análisis las fuerzas cortantes presentan una disminución considerable según prueba de hipótesis respecto al modelo convencional evaluado con Norma E.030 2003 y 2018.

Mantilla y Apaza (2019), en su investigación de aislamiento sísmico del hospital de Yarabamba obtuvo reducción en la deriva máxima de piso de 4.48 en la dirección de análisis x-x y 4.89 veces en la dirección de análisis y-y, respecto a un modelo convencional de base empotrada, de manera similar a lo obtenido en la presente investigación donde los modelos de los Pabellones A y B en ambas direcciones de análisis presentan un disminución de las derivas de piso respecto a los modelos convencionales



evaluados con Norma E.030 2003 y 2018. Por otra parte, Mantilla y Apaza (2019) concluyeron que la fuerza cortante de la estructural aislada respecto a la estructura convencional disminuye considerablemente en 1.64 veces en la dirección de análisis x-x y en 1.61 veces en la dirección de análisis y-y, los mismos que se pueden confirmar en la presente investigación.

Meléndez y Gutiérrez (2019) concluyeron que los desplazamientos en el último nivel de la estructura aislada disminuyen en un 70.00% aproximadamente ambas direcciones de análisis con respecto a la estructura convencional de base empotrada. Sin embargo, en la presente investigación los desplazamientos hallados en los Pabellones A y B para ambas direcciones de análisis incrementan su valor con respecto a los modelos convencionales evaluados con norma E.030 2003 y 2018.

Ruiz et al. (2021) y Carrera (2018), concluyen coherentemente con la presente investigación al indicar en sus respectivas investigaciones tanto las fuerzas cortantes como las derivas de pisos, disminuyen en una estructura de base aislada con respecto a una convencional de base empotrada.

#### **4.2.3 Cumplimiento de los objetivos**

De los objetivos planteados en la presente investigación se verifica el cumplimiento de las mismas.

- **Del objetivo general**

Se logró evaluar el comportamiento sísmico del Hospital San Juan de Dios de Ayaviri, mediante modelos matemáticos de los Pabellones A y B de acuerdo a las Normas E.030 2003, E.030 2018 y E.031 2019 y la aplicación del software Etabs, obteniéndose de esta manera las respuestas estructurales reflejados en fuerzas cortantes, desplazamientos laterales y derivas, asimismo, se determinó la variación



correspondiente para cada caso de análisis los cuales se describen en el cumplimiento de cada objetivo específico.

- **De los objetivos específicos**

Mediante la aplicación del software Etabs y la inserción de los datos obtenidos en el Capítulo III, se realizó el análisis estructural de los Pabellones A y B mediante modelos matemáticos según Norma E.030 2003 y Norma E.030 2018, donde se logró verificar que los desplazamientos máximos obtenidos con Norma E.030 2018, disminuyen respecto a los obtenidos mediante Norma E.030 2003, en ambas direcciones de análisis de los Pabellón A y B los cuales se muestran en la Tabla 72, Tabla 73, Tabla 74, Tabla 75 y Figura 53, Figura 54, Figura 55, Figura 56. Asimismo, respecto a las derivas de piso se verificó que las derivas obtenidas con Norma E.030 2018, son menores a los obtenidos con Norma E.030 2003, en ambas direcciones de análisis de los Pabellones A y B lo cual se puede ver en la Tabla 81, Tabla 82, Tabla 83, Tabla 84 y Figura 61, Figura 62, Figura 63, Figura 64. Asimismo, las fuerzas cortantes obtenidos con Norma E.030 2018 presentan una disminución respecto a los obtenidos con Norma E.030 2003, en ambas direcciones de análisis y en ambos pabellones, ver Tabla 90, Tabla 91, Tabla 92, Tabla 93 y Figura 69, Figura 70, Figura 71, Figura 72.

Se realizó el análisis estructural de modelos optimizados de los Pabellones A y B según Norma E.030 2018, bajo del criterio de corrección (Regularidad) y cumplimiento de los nuevos requerimientos de la Norma E.030 donde se vio por conveniente la disminución de la densidad de elementos estructurales resistentes (muros estructurales) siendo que en el pabellón A se logró disminuir la participación de muros estructurales en 73.85 % y en 23.76 % en las direcciones de análisis x-x, y-



y respectivamente. Mientras tanto en el pabellón B la participación de los muros estructurales disminuyó en 79.79 % y 84.52 % en las direcciones de análisis x-x, y- y respectivamente, cabe indicar que los muros estructurales fueron reemplazados por columnas con el objetivo de disminuir la rigidez de todo el sistema, por otra parte, a nivel de respuesta estructural se logró determinar que los desplazamientos y derivas aumentan respecto al modelo original evaluado con Norma E.030 2018, los cuales se observan en la Tabla 72, Tabla 73, Tabla 74, Tabla 75, Tabla 81, Tabla 82, Tabla 83, Tabla 84 y Figura 53, Figura 54, Figura 55, Figura 56, Figura 61, Figura 62, Figura 63, Figura 64, sin embargo, las fuerzas cortantes que actúan en cada nivel y en cada dirección de análisis de los pabellones A y B, disminuyen respecto al modelo original evaluado con Norma E.030 2003 y 2018, ver Tabla 90, Tabla 91, Tabla 92, Tabla 93 y Figura 69, Figura 70, Figura 71, Figura 72.

Se realizó el análisis estructural de modelos con aisladores sísmicos de los Pabellones A y B según Norma E.030 2018 y E.031 2019, donde se logró determinar, que los desplazamientos obtenidos en los diferentes niveles incrementan su valor en comparación a los modelos evaluados con Normas E.030 2003 y 2018, Tabla 72, Tabla 73, Tabla 74, Tabla 75 y Figura 53, Figura 54, Figura 55, Figura 56, sin embargo respecto a los valores de las derivas, estos disminuyen en comparación a los modelos evaluados con Normas E.030 2003 y 2018, como de observa en la Tabla 81, Tabla 82, Tabla 83, Tabla 84 y Figura 61, Figura 62, Figura 63, Figura 64, por otra parte las fuerzas cortantes que actúan en los modelos aislados disminuyen su valor en comparación a los modelos evaluados bajo Normas E.030 2003 y 2018 los que se verifican en la Tabla 90, Tabla 91, Tabla 92, Tabla 93 y Figura 69 Figura 70, Figura 71, Figura 72.



## V. CONCLUSIONES

### 5.1 Conclusiones generales

En la investigación realizada de los Pabellones A y B del Hospital San Juan de Dios de Ayaviri se llegó a la conclusión general de que las estructuras existentes del Hospital San Juan de Dios de Ayaviri proyectadas y construidas bajo los requerimientos sismorresistentes de la Norma E.030 2003, no presentarán variaciones significativas en su comportamiento sísmico que puedan comprometer a los elementos estructurales o llevarlos al colapso en un eventual movimiento telúrico.

### 5.2 Conclusiones específicas

Los resultados de la evaluación mediante modelos de los pabellones A y B con Norma E.030 2018, presentan una disminución en los valores de los desplazamientos máximos respecto a la evaluación de los mismos modelos con Norma E.030 2003, tanto en la dirección de análisis x-x como en la dirección de análisis y-y, el cual de manera cuantitativa expresa una disminución de 30.58% y 30.50% en la dirección de análisis x-x, y-y respectivamente en el Pabellón A, y una disminución de 30.89% y 37.77% en la dirección de análisis x-x, y-y respectivamente en el Pabellón B. Asimismo, las derivas máximas presentan una disminución en su valor en ambas direcciones de análisis, cuantitativamente disminuye en un 26.19% y 29.55% en las direcciones de análisis x-x, y-y respectivamente en el Pabellón A, y una disminución de 28.87% y 37.56% en las direcciones de análisis x-x, y-y respectivamente en el Pabellón B. Por otra parte, las fuerzas cortantes máximas (cortante basal) disminuyen en 30.56% y 30.57% en la dirección de análisis x-x, y-y respectivamente en el Pabellón A, y una disminución de 30.57% y 37.50% en la dirección de análisis x-x, y-y respectivamente en el Pabellón B,





de lo cual se puede concluir que las respuestas sísmicas de los Pabellones A y B disminuyen al ser evaluados con la Norma E.030 2018.

Los resultados de la evaluación de modelos optimizados de los Pabellones A y B con Norma E.030 2018, en comparación con el modelo original evaluado con la misma norma, los desplazamientos máximos obtenidos en el Pabellón A se incrementan en un 200.00% y 0.17% en la dirección de análisis x-x, y-y respectivamente, y en el Pabellón B se incrementan en 74.24% y 66.47% en las direcciones de análisis x-x, y-y respectivamente. Asimismo, las máximas derivas obtenidas en el Pabellón A, presentan un incremento de 70.59% y 6.13% en las direcciones de análisis x-x, y-y respectivamente, y en el Pabellón B se incrementan en 62.38% y 60.16% en las direcciones de análisis x-x, y-y respectivamente. Por otra parte, las fuerzas cortantes máximas (cortante basal) en el Pabellón A, disminuyen en 6.04% y 27.11% en la dirección de análisis x-x, y-y respectivamente, y en el Pabellón B disminuyen en 12.58% y 2.11% en la dirección de análisis x-x, y-y respectivamente, donde se puede concluir que los modelos optimizados presentan mejor comportamiento respecto a los modelos originales de los Pabellones A y B.

Los resultados obtenidos de la evaluación de modelos con la incorporación de aisladores sísmicos en los Pabellones A y B, con Norma E.031 2019, en comparación con los modelos optimizados convencionales de base fija evaluado con Norma E.030 2018, los desplazamientos máximos obtenidos en el Pabellón A, presentan un incremento de 28.53% y 32.30% en la dirección de análisis x-x, y-y respectivamente, y en el Pabellón B presentan un incremento de 39.57% y 21.53% en la dirección de análisis x-x, y-y respectivamente. Asimismo, las máximas derivas obtenidas en el Pabellón A, disminuyen en 82.22% y 80.61% en la dirección de análisis x-x, y-y respectivamente, y en el Pabellón B disminuyen en 71.34% y 85.28% en la dirección de análisis x-x, y-y respectivamente.



Por otra parte, las fuerzas cortantes máximas (cortante basal) obtenidas en el Pabellón A, disminuyen en un 21.34% y 18.42% en las direcciones de análisis x-x, y-y respectivamente, y en el Pabellón B presentan un incremento de 3.59% y 2.14% en la dirección de análisis x-x, y-y respectivamente, por lo que se concluye que el modelo con incorporación de aisladores sísmicos respecto al modelo optimizado presenta una mejora en el comportamiento sísmico de los pabellones A y B. Por otra parte, la incorporación del sistema de aislación sísmica en conjunto, implicaría un costo directo aproximado de S/. 1,001,857.02 y S/. 1,938,838.17 para el pabellón A y B respectivamente.



## VI. RECOMENDACIONES

### 6.1 Recomendaciones Generales

A las entidades correspondientes, se recomienda tomar como punto de referencia la presente investigación, a fin de evaluar las estructuras de los hospitales de categoría igual o similar bajo los requerimientos exigidos en las normas vigentes de diseño sismorresistente, esto a fin de descartar posibles variaciones en su comportamiento sísmico que puedan afectar a los elementos estructurales existentes, o en su defecto proponer tecnologías de reforzamiento a los elementos estructurales.

### 6.2 Recomendaciones Específicas

Respecto a las estructuras de categoría igual o similar proyectadas y construidas bajo los requerimientos de la Norma E.030 en la Región de Puno, se recomienda poner énfasis en las estructuras donde la zonificación de peligro sísmico, según norma vigente pasó de una zona de menor peligro sísmico a una de mayor a diferencia de la estructura evaluada en la presente investigación.

Respecto a las nuevas edificaciones correspondientes al sector de salud, se recomienda optimizar en análisis estructural de las nuevas estructuras proyectadas debido a como se pudo concluir en la presente investigación los parámetros de respuesta estructural disminuyen de una manera que pueden incidir a nivel de costo y presupuesto de ejecución del proyecto.

Se recomienda a las entidades del sector salud, tomar una mayor consideración de la utilización de aisladores sísmicos en las nuevas estructuras de salud, proyectadas en zonas de peligro sísmico dos, puesto que la norma E.030 2018, indica el uso alternativo de los mismos, sin embargo, enfocándonos en la función de un hospital que antes durante y después de la ocurrencia de un mismo no debe verse afectada ni interrumpida, es que



sería viable la incorporación de aisladores sísmicos, a fin de minimizar los daños en las personas y profesionales que la habitan, asimismo minimizar los daños al equipamiento hospitalario que implica una gran inversión.



## VII. REFERENCIAS

- Aburto, C. F., Ruiz, J. M. O., Meza, A. P., Gerardo, D. P., & Baca, V. (2021). Reducción de la respuesta sísmica mediante el uso de aisladores de base elastoméricos con núcleo de plomo en una estructura de ocho niveles. *Revista Ingeniería y Tecnología UAS*, (4), 33-45.
- Alcocer Gavino, O. R. (2019). Análisis de sistemas de protección sísmica con aislador elastómero (HDR) en Hospital de Villa El Salvador, Lima 2018.
- Andrade Insúa, L. E. (2004). Control de la deriva en las normas de diseño sismorresistente.
- Basualdo, R. S. (2001). Fundamentos del análisis dinámico de estructuras (Doctoral dissertation, Doctoral dissertation, Tesis de postgrado, Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado de <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc2177/doc2177-contenido.pdf>).
- Bazán, E., & Meli, R. (2002). Diseño sísmico de edificios. Limusa/Noriega Editores.
- Borja Suárez, M. "Metodología de la investigación científica para ingenieros." (2016).
- Bozzo Rotondo, L. M., & Barbat, A. H. (2004). Diseño sismorresistente de edificios.
- Calahulle Carbajal, A. C. (2019). Análisis y diseño estructural comparativo basado en la Norma E. 030 del 2016 y 2006 para un edificio de uso hotel en la ciudad de Tacna.
- Cámara Chilena de la Construcción (2017). *Sistemas de Aislación Sísmica y Disipación de Energía*
- Carrera Herrera, Y. N. (2018). Evaluación de los parámetros sísmicos con la incorporación de aisladores elastómeros con núcleo de plomo en el edificio José Quiñones Lima-2018.
- De Estudio, G., Crisafulli, F., & Villafañe, E. espectros de respuesta y de diseño no de hojas: 22.
- De la Cruz Alvarez, J. E. (2021). Análisis comparativo del diseño estructural de una edificación regular e irregular de ocho niveles en sistema de pórticos aplicando la norma E. 030 2003, 2016 y 2018 diseño sismorresistente en la ciudad de Lima.



- Definición de Sismología. Recuperado de: <https://conceptodefinicion.de/sismologia/>.  
Consultado el 13 de mayo del 2022
- Dynamic Isolation Systems (2007). Aislamiento Sísmico Para Edificios y Puentes.
- Fernández Collado, C., Baptista Lucio, P., & Hernández Sampieri, R. (2014). Metodología de la Investigación. Editorial McGraw Hill.
- García, M., & Moscoso, D. (2016). Análisis comparativo de la respuesta sísmica de distorsiones de entrepiso-deriva y fuerzas cortantes de una edificación de concreto armado con sistema dual, mediante los análisis sísmico dinámico, aplicado con la norma de diseño sismorresistente E. 030 del 2016 y la norma chilena de diseño sísmico de edificios NCh 433. of1996 modificada en 2012. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Andina del Cusco. Cusco: sn.
- Genatios, C., & Lafuente, M. (2016). Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras.
- Gianfranco Ottazzi P. (2014). Apuntes del curso Análisis Estructural I.
- José Luis Camba. C., Francisco Chacón A. & Francisco Pérez A. “Apuntes de análisis estructural I” (1994).
- León Ingaruca, M. H., & Gutierrez Morales, S. D. (2018). Comparación estructural y económica de edificio de 7 pisos ante cambio de la norma E. 030 diseño sismorresistente.
- Lezama Romero, E. I. (2017). Comparación de derivas por solicitaciones sísmicas según normas e-030 de 2003 y 2016 en proyecto de una nueva edificación.
- Mantilla Cjuro, J., & Apaza Quispe, R. B. (2019). Análisis y diseño estructural con aislamiento sísmico en la base del hospital en el Distrito de Yarabamba.
- Meléndez Machaca, E., & Gutiérrez Cáceres, M. Á. (2019). Diseño y Proceso Constructivo de Instalación de los Aisladores Sísmicos Elastoméricos en la Base, en los Bloques A y B del Nuevo Hospital Hipólito Unanue de Tacna.
- Mendo Rodríguez, A. R. (2015). Bases para la implementación de la norma peruana de análisis y diseño de edificios con aislación sísmica.



- Muños, Alejandro (2020). Cometarios a la Norma Peruana E.030 Diseño Sismorresistente
- Naeim, F., & Kelly, J. M. (1999). Design of seismic isolated structures: from theory to practice. John Wiley & Sons.
- Norabuena, E., Dixon, T., Stein S. y Harrison, C. (1999). Decelerating Nazca\_south America and Nazca-Pacific plate motions. Geophys. Res. Lett. 26, 3405-3408.
- Olivos Lara, O. E. (2020). Protección sísmica de edificaciones hospitalarias peruanas por aislamiento sísmico.
- Paitán, H. Ñ., Mejía, E. M., Ramírez, E. N., & Paucar, A. V. (2014). Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis. Ediciones de la U.
- Quispe Enciso, M. A., & Terry Rajkovic, L. F. (2017). Análisis comparativo del diseño sismorresistente de una edificación de concreto armado de 7 pisos en lima empleando la Norma E030 (versión 2016 vs versión 2003).
- Ramírez Gonzales, A. (2020). Análisis sísmico del almacén central del Instituto Mental Noguchi implementando los aisladores elastoméricos, SMP-Lima 2020.
- Reboredo, A. B. (1996). El análisis dinámico de construcciones sismo resistentes. Monografía. Mendoza, AR.
- Rizábal Gamarra, L. A. (2018). Análisis sismorresistente comparativo entre las normas E. 030-2016 y su predecesora aplicada en el proyecto de Hospital Hermilio Valdizan en Huánuco.
- Rosario Gamero, M. R. D. Desempeño sísmico de aisladores: estudio de un hospital de concreto armado.
- Sajami Vilcherez, M. L., & Talexio Orbe, K. A. (2019). Estudio comparativo del análisis sísmico de un edificio de 8 pisos según las normas E030-2006 y E030-2018–Iquitos 2019.
- Salazar Moreno, Iván Alberto. "Ejemplos de modelos de análisis estructural usando OpenSees." (2018).
- Tavera, H. (2014). Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú.



Tavera, H., Fernández, E., & Cuya Crispin, Á. A. (2016). Sismo de Lampa del 1 de diciembre del 2016 (6.0 ML) (Puno): aspectos sismológicos.





## ANEXOS